



Der Beitrag regenerativer Energien und rationeller Energienutzung zur wirtschaftlichen Entwicklung in Nordrhein-Westfalen

Analyse und Bewertung von Zukunftstechnologien, deren
Auswirkungen auf die Wirtschaftsstruktur und Ableitung
technologischer Handlungsempfehlungen

Endbericht I

Wuppertal, Juni 2004

Bearbeiter:

Dr.-Ing. Manfred Fishedick, Dr.-Ing. Stephan Ramesohl, Dipl.-Phys. Frank Merten,
Dipl.-Ing. Dietmar Schüwer, Dr. Claus Barthel, Dipl.-Ing. Thomas Hanke

Unter Mitarbeit von:

Dipl.-Ing. Vanessa Grimm, Dipl.-Ing. Dirk Mitze, Dipl.-Ing. Gerhard Wohlauf

Inhaltverzeichnis

1	Einleitung – Zukunftsfähige Energiesysteme als Chance für neue Energietechnologien aus NRW	1
2	Screening und Auswahl von Schlüsseltechnologien für ein zukunftsfähiges Energiesystem	4
2.1	Eingrenzung des Untersuchungsfeldes "Zukunftsenergien"	4
2.1.1	Vorauswahl durch das Projektteam	4
2.1.2	Expertenreview	8
2.1.3	Endauswahl der zu betrachtenden Schlüsseltechnologien	8
2.2	Zusammenfassung der Endauswahl an Schlüsseltechnologien und Systemlösungen	9
3	Vertiefende Analyse der ausgewählten Schlüsseltechniken und Systemlösungen	11
3.1	Effiziente Kohlenutzung/-verstromung	11
3.2	Biomasse-Vergasung (feste biogene Energieträger)	21
3.3	Brennstoffzellen und andere dezentrale KWK-Technologien	24
3.3.1	Dezentrale KWK-Anlagen	24
3.3.2	Stationäre Brennstoffzellen (BZ)	28
3.3.3	Mikrogasturbine	32
3.3.4	Mini-BHKW	34
3.3.5	Stirlingmotor	35
3.3.6	Dampf(schrauben-)motor	36
3.4	Geothermische Stromerzeugung	39
3.5	Solarthermische Kraftwerke (Parabolrinnenanlagen)	43
3.6	Windenergie (Großanlagen)	47
3.7	Photovoltaik	52
3.8	Kleinmotoren	56
3.9	LED Technologie	58
3.10	Dezentrale Energiesysteme und -netze	60
	Exkurs: Virtuelle Kraftwerke -- Zusätzliche Marktpotenziale für DES	61
	Exkurs: Speicher für elektrische Energie als integrative Technik	62

3.11	Inselsysteme in Entwicklungsländern: kombinierte „Baukästen“ zur Versorgung von Krankenhäusern, -stationen, Dörfern, Schulen	67
3.12	Haus der Zukunft (Wohn- und Bürogebäude)	71
3.13	Gewerbliche Kühlmöbel	74
3.14	Neue Kraftstoffe und Energieträger (insbesondere Wasserstoff)	76
4	Vergleichende Analyse und zusammenfassende technologisch-ökonomische Bewertung der ausgewählten Schlüsseltechnologien und Systemlösungen	85
4.1	Technische Bewertung	85
4.1.1	Rolle der untersuchten Technologien im zukünftigen Energiesystem	85
4.1.2	Technologischer Status und resultierender Weiterentwicklungsbedarf	93
4.1.3	Einbettung der Technologieentwicklung in eine langfristige Gesamtstrategie	108
4.1.4	Synergien als Ergebnis einer Bündelung zu marktfähigen Systemlösungen	109
4.2	Wirtschaftliche Bewertung	111
4.2.1	Marktperspektiven und Strategien zur Markteinführung	111
4.2.2	Perspektiven für die Erschließung von Exportmärkten	117
4.2.3	Auswirkungen auf Wertschöpfung und Beschäftigung in NRW	120
4.3	Fazit zu den technologischen und ökonomischen Perspektiven der untersuchten Schlüsseltechnologien und Systemlösungen	128
5	Neue Schwerpunkte der Energieforschung der Bundesregierung, der EU, der USA und in Japan	130
5.1	Neue Schwerpunkte der Energieforschung der Bundesregierung	133
5.2	Übersicht der konzeptionellen Leitlinien und inhaltlichen Schwerpunkte des 6. Forschungsrahmenprogramm der EU	135
5.2.1	Thematische Prioritäten	136
5.2.2	Neue Förderinstrumente des 6. FRP	136
5.3	Schwerpunkte der Budgetplanung 2003 des US Department of Energy	137
5.3.1	Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE)	138
5.3.2	Office for Fossil Energy	142
5.3.3	Office for Electric Transmission and Distribution	143
5.3.4	Technology Roadmapping als methodische Grundlage der strategischen Forschungsplanung in den USA	143
5.4	Energieforschung in Japan	144
5.5	Forschungsaktivitäten in den Niederlanden, Schweiz, Österreich und Dänemark	146

5.6	Schlussfolgerungen zur Positionierung der untersuchten Schlüsseltechnologien im internationalen Vergleich	148
6	Handlungsoptionen für NRW	151
6.1	Übersicht über Optionen und Instrumente	151
6.2	Technologiespezifische Handlungsoptionen	153
7	Schlussfolgerungen	164
7.1	Technologiespezifische Ansatzpunkte	165
	7.1.1 Beteiligung des Landes an F&E-, Pilot- und Demonstrationsprojekten	165
	7.1.2 Impulsfunktion und Vernetzung (Workshops)	169
7.2	Technologieübergreifende Instrumente	171
	7.2.1 Exportmarktunterstützung	171
	7.2.2 Nutzung von europäischen Initiativen	175
	7.2.3 Koordinierte Strategiediskussion zur Sicherung und Lenkung der F&E-Dynamik (Roadmapping)	176
	7.2.4 Strategische Technologievorausschau	177
8	Fazit	180
9	Literatur	183

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Übersicht t der Schlüsseltechnologien und Systemlösungen	10
Tab. 3.1:	Funktion und Bedeutung effizienter Kohlenutzung/-verstromung im Energiesystem	11
Tab. 3.2:	Funktion und Bedeutung der Biomasse-Vergasung im Energiesystem	21
Tab. 3-3	Funktion und Bedeutung dezentraler KWK-Anlagen im Energiesystem	25
Tab. 3-4:	Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung von KWK-Technologie	26
Tab. 3-5:	Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung von KWK-Technologie	27
Tab. 3.6:	Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung von BZ	29
Tab. 3.7:	Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung von BZ	29
Tab. 3-8:	Funktion und Bedeutung von HDR-Kraftwerken im Energiesystem	39
Tab. 3-9:	Übersicht über aktuelle Aktivitäten zur kombinierten geothermischen Strom- und Wärmeerzeugung in Deutschland bzw. mit deutscher Beteiligung	41
Tab. 3.10:	Funktion und Bedeutung Solarthermischer Kraftwerke im Energiesystem	43
Tab. 3.11:	Funktion und Bedeutung der Windenergie im Energiesystem	48
Tab. 3.12:	Funktion und Bedeutung von PV-Anlagen im Energiesystem	52

Tab. 3-13:	Funktion und Bedeutung von Kleinmotoren im Energiesystem	56
Tab. 3.14:	Funktion und Bedeutung der LED Technologie im Energiesystem	58
Tab. 3.15:	Funktion und Bedeutung von Inselsystemen (Baukastenlösungen) im Energiesystem	67
Tab. 3.16:	Funktion und Bedeutung von Häusern der Zukunft im Energiesystem	71
Tab. 3.17:	Funktion und Bedeutung von gewerblichen Kühlmöbeln im Energiesystem	74
Tab. 4.1:	Kurz-, mittel- und langfristige Handlungserfordernisse für eine nachhaltige Energieversorgung und Ansatzpunkte für den Einsatz der Zukunftstechnologien	87
Tab. 4.2:	Voraussetzungen für technischen und ökonomischen Fortschritt bei den ausgewählten neuen dezentralen Energietechnologien	94
Tab. 4.3:	Abschätzung der Größenordnung und Struktur der möglichen Beschäftigungseffekte bei den untersuchten Zukunftstechnologien	125
Tab. 5-1:	Der Haushaltentwurf für das BMWA nach Zweckbestimmungen (2002-2006)	134
Tab. 5-2	Übersicht über das DoE- Budget von 2001 bis 2005	137
Tab. 5-3:	Übersicht der Schwerpunkte des beantragten Budgets 2005 des US DO	139
Tab. 5-4	Übersicht über das Budget des Fossil Energy Research & Development Program von 2001 bis 2005	142
Tab. 5-5:	Perspektiven und Zielsetzungen der japanischen Energieversorgung bis zum Jahr 2010	146
Tab. 6.1:	Übersicht über technologiespezifische Handlungsoptionen	154

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1:	Darstellung der Projektphasen und der Struktur des Endberichts (Band I)	3
Abb. 2-1:	Darstellung der schrittweisen Auswahl der Schlüsseltechnologien und Systemlösungen	5
Abb. 2-2:	Das Auswahlverfahren zur Selektion und Kategorisierung der Einzeltechnologien	6
Abb. 2-3:	Ergänzung von einzeltechnologischen und systemorientierten Ansätzen bei der Endauswahl von Zukunftstechnologien und Systemlösungen	9
Abb. 3-1:	Kohlekraftwerke können mehr als nur Stromerzeuger sein – der Einstieg in die kohlebasierte Synthesegas- und Wasserstoffwirtschaft (Polygeneration)	16
Abb. 3-2	Zubau an KWK-Leistung bis 2050 (Enquete-Nachhaltigkeitsszenario)	25
Abb. 3-3	Entwicklung der jährlich installierten Windkraftleistungen in Deutschland (Prognose bis 2030)	47
Abb. 3-4	Entwicklung der jährlich installierten Windkraftleistungen weltweit (Prognose bis 2030)	48
Abb. 3-5	Gliederung und Leistungsbereiche von Inselsystemen	67

Abb. 3 -6:	Minderung der klimarelevanten Emissionen und Herstellungskosten von neuen Kraftstoffen (Höhlein 2003)	79
Abb. 3 -7:	Ansatzpunkte für die internationale Positionierung von NRW	82
Abb. 3 -8:	Exemplarische Darstellung von möglichen Marktphasen beim Aufbau einer H ₂ -Wirtschaft und deren Treiberfaktoren	83
Abb. 4 -1:	Rolle der ausgewählten Technologien im Energiesystem	86
Abb. 4 -2:	Entwicklung der Nettostromerzeugung in Deutschland am Beispiel verschiedener Szenarien für die Enquête-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ (Enquête 2002)	90
Abb. 4 -3:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland am Beispiel verschiedener Szenarien für die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“	91
Abb. 4 -4:	Verschiedene Entwicklungsperspektiven des globalen Energiesystems für das Jahr 2050	92
Abb. 4 -5:	Übersicht über die ausgewählten Technologiefelder und Identifikation marktfähiger Lösungen	110
Abb. 4 -6:	Darstellung des erwarteten Ersatzbedarfs bei Kraftwerken der öffentlichen Stromerzeugung in Deutschland	112
Abb. 4 -7:	Übersicht über die Marktperspektive bei den ausgewählten Energietechnologien 113	
Abb. 4 -8:	Darstellung der gegenwärtigen Kostensituation der ausgewählten Optionen zur Stromerzeugung und erwartete Fortschritte bis 2010	115
Abb. 4 -9:	Schlüsselregionen und Zielmärkte für ausgewählte Zukunftsenergien	119
Abb. 4 -10:	Rückläufige Bedeutung der Beschäftigung bei der Kohlegewinnung und perspektivische Zugewinne bei erneuerbaren Energien	122
Abb. 4 -11:	Unterscheidung der Effekte Arbeitsplatzschaffung und Beschäftigungssicherung bei den untersuchten Zukunftsenergien	123
Abb. 4 -12:	Wechselwirkungen des Bereichs der "Zukunftsenergien" mit anderen Branchen 127	
Abb. 5 -1:	Entwicklung der Ausgaben für Energieforschung in ausgewählten OECD Ländern (in % des Bruttoinlandsprodukts)	130
Abb. 5 -2:	Anteil der nicht-nuklearen Forschung an den Gesamtausgaben der Energieforschung in ausgewählten OECD Ländern (in %)	131
Abb. 5 -3:	Aufwendungen des Bundes für die Energieforschung	133
Abb. 5 -4:	Förderschwerpunkte der nicht-nuklearen Energieforschung des BMWA und BMU	135
Abb. 5 -5:	Darstellung der Entwicklungstendenzen der (künftigen) Förderschwerpunkte in Deutschland, Europa und den USA	150
Abb. 6 -1:	Übersicht der grundsätzlichen Handlungsmöglichkeiten und Instrumente der Landesregierung zur Förderung von neuen Energietechnologien	152
Abb. 7 -1:	Übersicht der technologiespezifischen Ansatzpunkte	166

Abb. 7 -2: Grundstruktur eines vertieften Austauschprozesses im Bereich Technologie- und Komponentenexport	173
Abb. 7 -3: Darstellung der Ergänzung der vorhandenen Aktivitäten im Land NRW im Bereich Zukunftsenergien durch eine strategische Technologievorausschau und koordinierte Strategiediskussion zur Forschungsplanung	178
Abb. 8 -1: Ergänzung der bestehenden Instrumente und Aktivitäten des Landes NRW durch die identifizierten technologiespezifischen und übergreifenden Ansatzpunkte	181
Abb. 8 -2: Einordnung der identifizierten, besonders relevanten Handlungsmöglichkeiten nach ihrer strategischen Bedeutung und dem erforderlichen Umsetzungsaufwand	182

Zusammenfassung

1. Zukunftsmärkte für neue Energietechnologien aus NRW

Angesichts der globalen Herausforderungen zum Klima- und Ressourcenschutz werden in den nächsten Jahren neue Märkte für innovative Lösungen der Energiegewinnung, Umwandlung und Nutzung entstehen. Unstrittig ist dabei, dass die Zukunft stärker von erneuerbaren Energien und Techniken zur Steigerung der Energieeffizienz geprägt sein wird. Zugleich wird die zukünftige Energieversorgung in weit stärkerem Maße als heute dezentral organisiert sein. Die Vielzahl neuer Optionen erfordert zusätzliche Maßnahmen, um eine optimale Verknüpfung und Vernetzung der steigenden Anzahl von Einzelanlagen untereinander und mit den auch weiterhin notwendigen großen Kraftwerken zu gewährleisten.

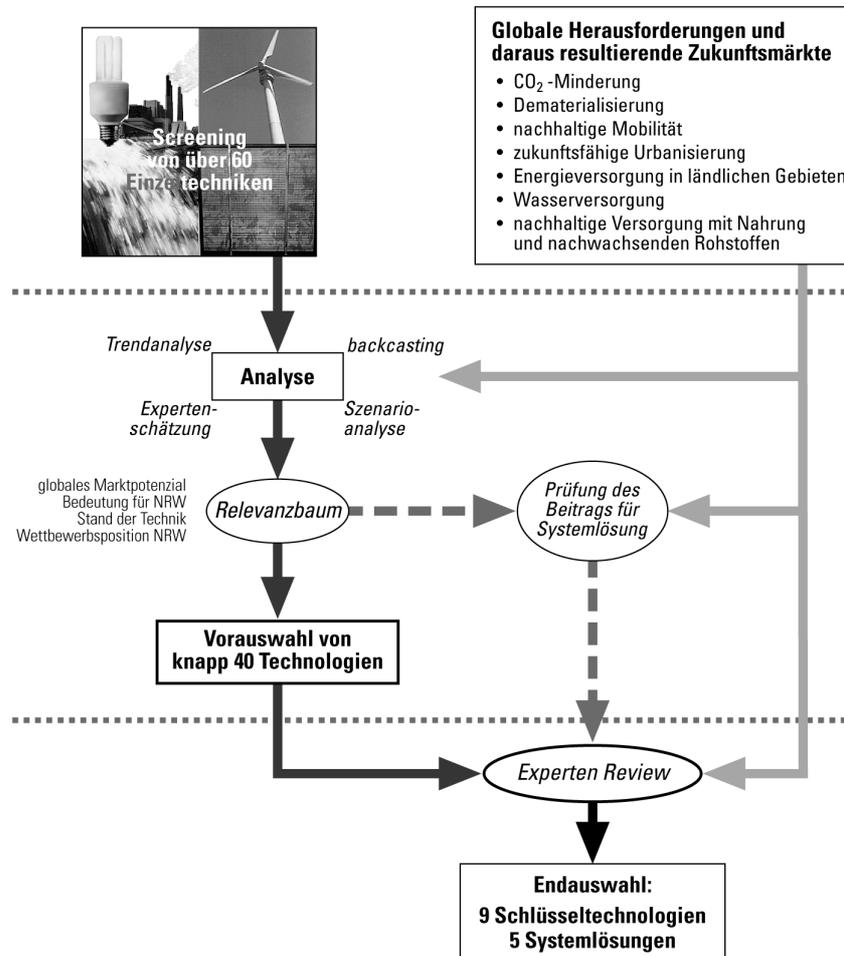
Für das Energieland Nordrhein-Westfalen besteht die strategische Herausforderung darin, sich auf diese Entwicklungen frühzeitig einzustellen und als Vorreiter neue innovative Technologiebereiche und Zukunftsmärkte zu erschließen. Dies erfordert, in der Energieforschung und Technologiepolitik rechtzeitig Prioritäten zu setzen und die vorhandenen Ressourcen gezielt in besonders attraktive Zukunftstechnologien zu lenken. Das Ministerium für Verkehr, Energie und Landesplanung (MVEL) in Nordrhein-Westfalen hat deshalb das Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie beauftragt, den möglichen Beitrag von Technologien zur rationellen Energienutzung und der regenerativen Energieerzeugung zur wirtschaftlichen Entwicklung in Nordrhein-Westfalen zu analysieren.

Ausgehend von den vielfältigen schon existierenden bzw. in Vorbereitung befindlichen Maßnahmen des Landes wurden die für NRW wichtigsten Schlüsseltechniken identifiziert, deren technisches und wirtschaftliches Potenzial analysiert und daraus Hinweise und Vorschläge für Handlungsmöglichkeiten von Politik, Forschung und Wirtschaft im Land abgeleitet. Die vorliegende Studie ist eine im Juni 2004 aktualisierte Version von **Band I** des Endberichts des im August 2002 beendeten Projekts. Band I beschreibt die Vorgehensweise und Untersuchungsergebnisse der Studie, während **Band II** eine ausführliche Darstellung der einzel- und systemtechnologischen Analysen enthält.

2. Auswahl von Schlüsseltechnologien für ein zukunftsfähiges Energiesystem

Angesichts der Vielzahl von neuen umweltfreundlichen Energietechnologien ist es für eine zukunftsweisende Energiepolitik erforderlich, die technologische Vielfalt zu sichern und Optionen soweit wie möglich offen zu halten. Gleichzeitig ist es für ein erfolgreiches Vorgehen angesichts der nur begrenzt zu Verfügung stehenden Mittel jedoch unerlässlich, die Kräfte zu bündeln und auf strategische Schwerpunktaktivitäten zu konzentrieren. Um beiden Anforderungen gerecht zu werden, wurden in der ersten Projektphase hierfür aus einer Gesamtmenge von über 60 relevanten Energietechniken die - aus Perspektive von NRW besonders wichtigen - Schlüsseltechniken ausgewählt¹. Dazu wurde zunächst eine umfangreiche Technologievorausschau durchgeführt, die auf der Kombination verschiedener technologieorientierter Methoden (*technology-push*) mit problem- bzw. nachfrageorientierten Verfahren (*demand-pull*) aufbaut (Abb. I).

Abb. I: Ergänzung von einzeltechnologischen und systemorientierten Ansätzen bei der Endauswahl von Zukunftstechnologien und Systemlösungen



Das Ergebnis dieser ganzheitlichen Betrachtung von angebots- wie auch nachfrage-seitigen Aspekten war die Identifikation von zehn besonders relevanten Schlüsseltechniken und vier damit verbundenen Systemlösungen (Tab. I). Letztere stellen besondere Anforderungen an technische, organisatorische und infrastrukturelle Innovationen und deren Kombination mit marktfähigen Produkten.

1 Das Auswahlverfahren konzentrierte sich auftragsgemäß auf die rationelle Energieanwendung und –bereitstellung sowie die erneuerbaren Energien. Prozessbedingte Energieanwendungen in der Industrie sowie der Verkehrsbereich waren ausgenommen.

Tab. I: Übersicht der Schlüsseltechnologien und Systemlösungen

Einzeltechniken	Systemlösungen
Effiziente Kohlenutzung/-verstromung (inkl. Grubengasnutzung, CO ₂ -Abscheidung und -Entsorgung)	Dezentrale Energiesysteme (Netzanbindung, Systemintegration, Stromspeicher, Virtuelle Kraftwerke)
Brennstoffzellen und dezentrale KWK im kW- bis MW-Bereich <ul style="list-style-type: none"> • Brennstoffzelle (stationär) • Mikrogasturbinen, Stirling, Mini-BHKW, Dampfmotoren 	Modulare Lösungen für Inselsysteme und spezifische Anwendungen in Entwicklungsländern (z.B. Krankenstationen)
Solarthermische Kraftwerke (Strom und Prozesswärme)	Neue Kraftstoffe und Energieträger (insbesondere Wasserstoff)
Windenergie (vor allem offshore)	Gebäude der Zukunft <ul style="list-style-type: none"> • Wohnhaus mit Fokus Passivhaus • energieeffiziente Büro- und Dienstleistungsgebäude (inkl. Klimatechnik, KW(K)K, Energiemanagement)
Photovoltaik	
Biomassevergasung (feste Biomasse)	
Geothermische Stromerzeugung	
LED-Beleuchtung	
Gewerbliche Kühlmöbel	
Kleinmotoren/elektrische Antriebe (< 1 kW)	

Für die ausgewählten Optionen fand eine systematische Bewertung der Entwicklungsperspektiven, Marktchancen und Handlungsnotwendigkeiten statt. Die Untersuchung zeichnete sich dabei durch einen systemorientierten Ansatz aus, wodurch eine neue Qualität der Technologie- und Politikanalyse erreicht wurde. Von Beginn an wurden nicht nur einzeltechnologische Fragen zum Stand der Technik, zu Akteuren und Marktstrukturen usw. bearbeitet, sondern vor allem auch Wechselwirkungen und Konkurrenzbeziehungen im Energiesystem untersucht. Hierdurch konnten neue Erkenntnisse zu robusten Entwicklungsperspektiven unter veränderten Rahmenbedingungen, zu strategischen Handlungsschwerpunkten und zu Synergiepotenzialen zwischen den Technologien gewonnen werden und damit letztlich wesentliche Informationen für (dynamische) Markteinschätzungen.

3. Techno-ökonomische Bewertung der Schlüsseltechniken und Systemlösungen

Jede der Optionen im untersuchten Portfolio leistet für sich genommen einen sinnvollen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung des Energiesystems. Die Auswahl der betrachteten Technologien deckt dabei eine große Bandbreite von Lösungen für die unterschiedlichen Handlungsfelder im Energiesystem ab (vgl. Abb. II). Dies betrifft z.B.:

- **Grund- bzw. Mittellaststromerzeugung** auf der Basis fossiler Brennstoffe (Effiziente Kohlenutzung) bzw. erneuerbarer Energien (z.B. geothermische und solarthermische Kraftwerke, Biomassekraftwerke mit vorgeschalteter Vergasung)
- neue **dezentrale Anwendungen** für die gekoppelte Strom- und Wärmebereitstellung (z.B. Brennstoffzellen, Mikrogasturbinen, Stirling oder Mini-BHKW)

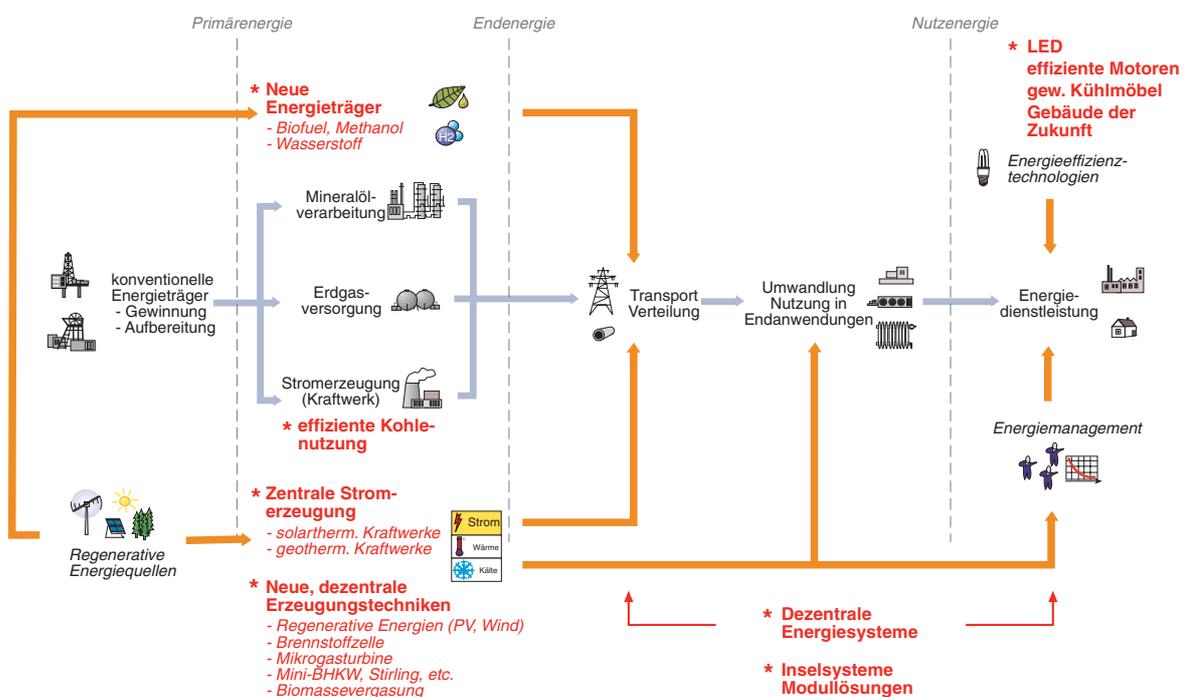
- **Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien** mit z.T. fluktuierender Angebotscharakteristik (Wind, Photovoltaik)
- **innovative und sparsame Anwendungen** von Strom und/oder Wärme (z.B. LED, effiziente Motoren, gewerbliche Kühlmöbel, Gebäude der Zukunft)
- Beiträge zur **integrierten Optimierung von Energiesystemen** und Anwendungen (z.B. für dezentrale Energiesysteme, Inselsysteme) und
- **neue Energieträger und Kraftstoffe** wie z.B. Wasserstoff

Szenarioanalysen zeigen dabei, dass auch unter verschiedenen Randbedingungen alle hier betrachteten Technologien einen festen Platz in der zukünftigen Energieversorgung haben werden. Dies gilt auch für Optionen, die heute weniger im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses stehen (z.B. geothermische Kraftwerke). In diesem Sinne sind die hier ausgewählten Technologien und Systemlösungen bereits für sich genommen **robuste Lösungen**.

Auf Grundlage der Einzelanalysen ergibt sich folgendes Fazit zu den technologischen und ökonomischen Perspektiven der untersuchten Schlüsseltechnologien und Systemlösungen in NRW:

- Neue **Kohlekraftwerkstechnik** ist eine Schlüsseloption für eine zukunftsfähige globale Energieversorgung mit sehr guter Marktperspektive. Neben der Entwicklung eines hocheffizienten konventionellen Kraftwerks (Wirkungsgrad nahe 50%) für den kurzfristigen Ersatzbedarf ab 2010 besteht mittel-/langfristig Bedarf nach innovativen Technologien für eine deutlich effizientere 2. Generation, sowie ggf. die Einbindung der Kohleverstromung in eine zukünftige Synthesegas-/Wasserstoffwirtschaft (Polygeneration) und möglicherweise den Anschluss an CO₂-Entsorgungskonzepte.

Abb. II: Rolle der ausgewählten Technologien im Energiesystem



- Bei der **Biomassevergasung** bieten sich nach Lösung der noch bestehenden technischen Probleme (z.B. Gasreinigung) mittelfristig Marktpotenziale, vor allem für kleine, brennstoff-flexible Anlagen auch im Ausland, die durch eine fokussierte und stärker exportmarktorientierte Produktentwicklung erschlossen werden können.
- **Brennstoffzellen und dezentrale KW(K)K:**
 - Mit **Stirling-Motoren, Mini-BHKW und Dampfmotoren** stehen neue Optionen für die dezentrale Energieversorgung von Objekten zur Verfügung, die teilweise besondere Chancen zur Nutzung alternativer Brennstoffe bieten. Sie können zudem eine wichtige Türöffnerfunktion im Markt für KWK-Anwendungen im kleinen Leistungsbereich (z.B. für Einfamilienhäuser) übernehmen und damit u.a. auch den Weg für Brennstoffzellen bereiten.
 - Die **Mikrogasturbine** ist eine marktreife Option zum Aufbau dezentraler Energiesysteme. Angesichts der starken Kostenkonkurrenz zu BHKW bieten sich Marktchancen, neben der Prozesswärmebereitstellung in industriellen und gewerblichen Anwendungen auch in spezifischen Anwendungsnischen wie Gewächshäuser, KW(K)K, Nutzung alternativer Brennstoffe und langfristig im Verbund mit Hochtemperatur-Brennstoffzellen.
 - Die **Brennstoffzelle zur Hausenergieversorgung** steht am Beginn der vor-kommerziellen Feldtestphase und kann ab 2010 in größerem Umfang in einem Markt mit guter Wachstumsperspektive eingesetzt werden. Hierfür müssen einerseits die technischen Voraussetzungen (Standfestigkeit, Produktionskapazitäten etc.) und andererseits die energiewirtschaftlichen Randbedingungen geschaffen werden (Markteinführungs- und Anreizprogramme).
 - Vor allem die Nutzung von **Hochtemperaturbrennstoffzellen** als (KWK-)Kraftwerk mit hohen elektrischen Wirkungsgraden (60 - 70 %) bietet mittel- bis langfristig gute Marktperspektiven, u.a. auch für die Nutzung alternativer Brennstoffe oder von Kohlegas.
- **Solarthermische Kraftwerke** können mittel- bis langfristig eine zentrale Rolle für eine regenerative Energieversorgung von Entwicklungs- und Schwellenländern sowie für Europa (Stromimport) spielen. Die Technik ist marktnah entwickelt und es bestehen noch gute Chancen, NRW als Fertigungsstandort der Kernkomponenten (Spiegel, Keramiken) zu etablieren. Weitere Optionen ergeben sich hier zukünftig vor allem auch in der Kopplung mit zusätzlichen Anwendungen wie z.B. solare Kühlung, Meerwasserentsalzung und Hybridsystemen (GuD-Anlagen).
- Aufgrund der Grund- und Mittellastfähigkeit können **geothermische Kraftwerke** eine wichtige Funktion in einem zukunftsfähigen Energiesystem übernehmen. Auf Grundlage der in NRW verfügbaren Kompetenzen (z.B. Bohrtechnik, Anlagenbau, Planung) bieten sich mittelfristig gute Marktchancen in (Ost-)Europa und auf dem Balkan. Voraussetzung hierfür ist ein umfassendes Engagement bei den anstehenden Pilot-/Demonstrationsprojekten der nächsten Generation.
- Bei der **Windenergie** bestehen für NRW-Unternehmen robuste Marktpotenziale im Bereich Repowering und Sonderanwendungen sowie insbesondere bei Zulieferern und Dienstleistern für offshore- und Exportanwendungen. Dies erfordert vor allem

eine bessere Unterstützung, Koordination und Kooperation von Auslandsaktivitäten der Zulieferindustrie. Mit Blick auf einen zukünftigen Secondhandmarkt könnte der Bereich der Anlagenbewertung Bedeutung erlangen. Darüber hinaus dürften Hybridlösungen zwischen Windkraftwerken und fossilen Kraftwerken an Bedeutung gewinnen und das Windenergieangebot „veredeln“.

- Im Bereich der **Photovoltaik** bestehen mit Blick auf die langfristigen Marktperspektiven gute Möglichkeiten, die gute Position von NRW in Bezug auf die siliziumbasierte Technik, Fertigungstechnik sowie Gebäude- und Siedlungsintegration durch die nächsten Entwicklungsschritte (z.B. Stärkung der produktions- und anwendungsnahen F&E, vgl. Abb. VI) zu erhalten. Zur Absicherung der Investitionen ist allerdings eine starke Fokussierung auf die Exportmärkte notwendig.
- Die Entwicklung von Konzepten und Technologien zur Realisierung von **dezentralen Energiesystemen** - insbesondere der Netzintegration – ist die unverzichtbare Voraussetzung für die angestrebte kommerzielle Nutzung von innovativen Technologien. Für NRW bieten sich kurz- bis mittelfristig gute Chancen, durch eine Vorreiterrolle eine starke Wettbewerbsposition in Europa zu schaffen, die Synergien mit den Einzeltechniken ermöglicht. Im Verbund mit den erneuerbaren Energien ergibt sich zunehmend ein Bedarf nach intelligenten Demand-Side-Management Maßnahmen (z.B. steuerbare Lasten) und ggf. Stromspeicher.
- Modulare Konzepte zur **Energieversorgung in Inselsystemen** können einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung von netzfernen Regionen insbesondere in Entwicklungs- und Schwellenländern leisten. Auf Grundlage vorhandener Komponenten können durch Kooperation der verschiedenen Anbieter kurzfristig marktfähige Produktpakete entwickelt werden, deren Marktchancen u.a. von der Möglichkeit profitieren, internationale Finanzierungsmechanismen zu nutzen.
- Der Bereich **effizienter Kleinantriebe** stellt ein großes, kurzfristig adressierbares ökologisches Potenzial dar und bietet den Anbietern von Antriebstechnik und Endgeräten die Möglichkeit, die Qualität ihrer Produkte zu steigern. Angesichts der Akteursstrukturen im Land bieten sich Schwerpunkte z.B. im Bereich Lüftungstechnik, Servoantriebe und gewerbliche Kühlmöbel an.
- **Gewerbliche Kühlmöbel** eröffnen hinsichtlich Stromverbrauch und FKW-Freiheit ein enormes Einsparpotenzial, das bislang wenig Beachtung fand. Da in NRW einige wichtige Hersteller von Kühlmöbeln und Zulieferer ansässig sind, kann eine Entwicklung hin zu mehr Ökoeffizienz sowohl die Qualität der Kühlmöbel als auch die Wettbewerbsfähigkeit für diese in Zukunft wichtiger werdende Anforderung verbessern.
- Die **LED-Technologie** bietet in vielfältigen Beleuchtungsanwendungen deutliche technische, ökonomische und ökologische Vorteile. Die starke Position der Akteure aus NRW bei der derzeitigen F&E zur Fertigungstechnik und vor allem Produktintegration bietet gute Perspektiven für eine mittelfristige Markterschließung und erfolgreiche Kommerzialisierung.
- Sowohl bei **effizienten Wohn- als auch Bürogebäuden** bestehen umfangreiche ökologische Potenziale, die durch marktreife Konzepte und Technologien im Rahmen einer integrierten Planung erschlossen werden können. Für NRW ergibt sich die Perspektive, durch fokussierte Maßnahmen zum Hemmnisabbau sowohl einen signifikanten Innovationsschub in der Bauwirtschaft anzustoßen als auch einen wesent-

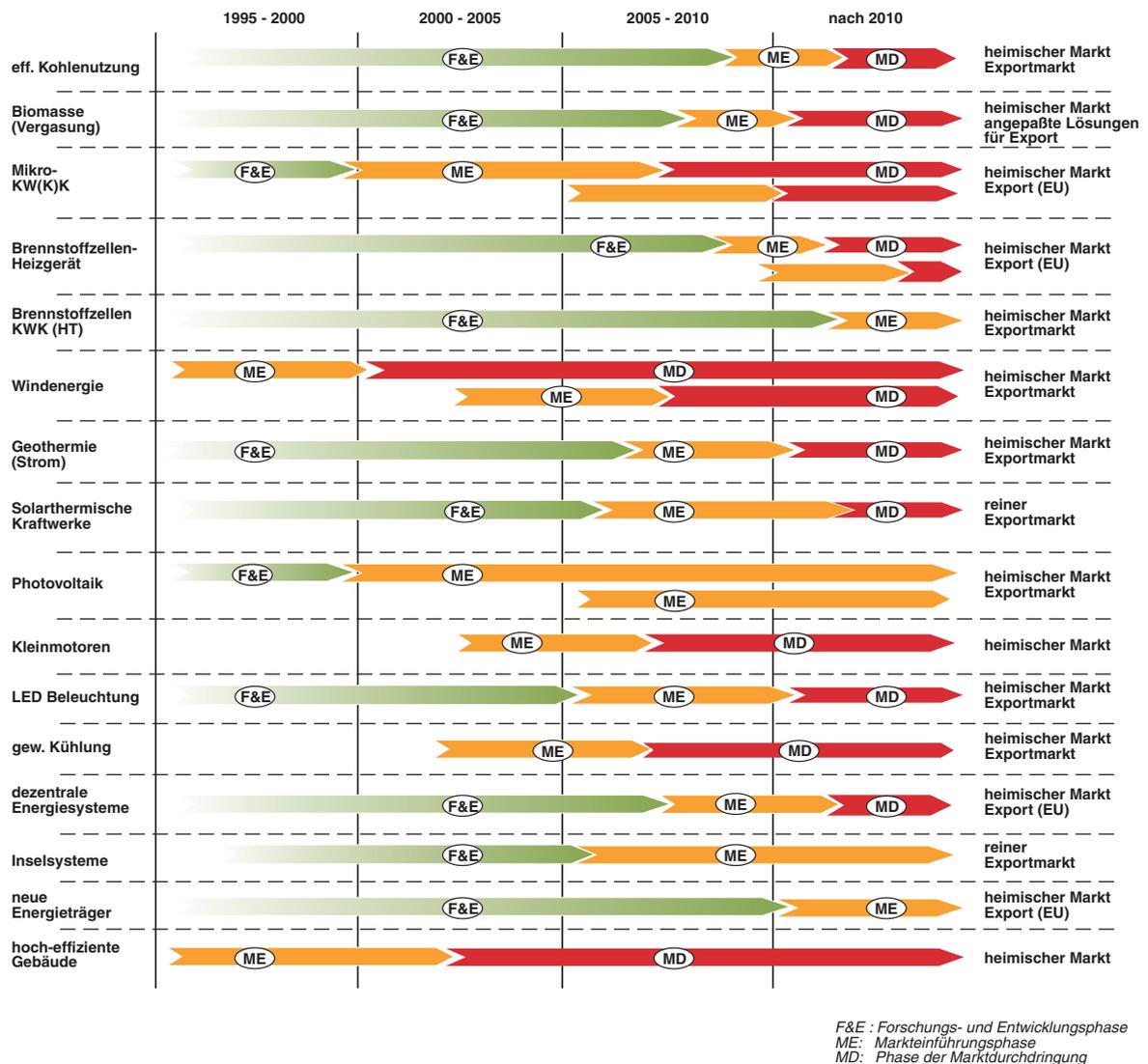
lichen Beitrag zur Beschäftigungssicherung und zu den Klimaschutzzielen des Landes zu leisten.

- **Neue Energieträger und Kraftstoffe** sind in Verbindung mit sparsameren Fahrzeugen und innovativen Antriebstechniken einerseits eine Option zur Senkung der Umweltbelastungen im Verkehr. Andererseits können durch die Verbindung von Erzeugungs-Infrastrukturen, Distributionskonzepten und Anwendungen in NRW die Voraussetzungen für den Einstieg in eine langfristig regenerative Wasserstoffwirtschaft geschaffen werden. Die hohe Bedeutung der Fahrzeug- und Zulieferindustrie sowie der Energiewirtschaft in NRW erfordert zwingend ein Engagement des Landes, um die künftigen Rahmenbedingungen dieses volkswirtschaftlichen Schlüsselsektors aktiv mitzugestalten. Insbesondere mit Blick auf die schon existierenden Wasserstoffstrukturen sind die technologischen und industriellen Voraussetzungen für eine führende Rolle von NRW in Europa gut bis sehr gut, wenn es gelingt, Kräfte zu bündeln und die Aktivitäten in einer Langfriststrategie zu koordinieren.

Marktperspektiven

Die Mehrzahl der betrachteten Optionen hat ihre **Praxistauglichkeit als marktnahe Prototypen oder Vorserienprodukte bereits bewiesen**. Die Abschätzung der künftigen Marktperspektiven verdeutlicht, dass in den meisten Fällen spätestens nach 2010 die Markteinführung erfolgt sein bzw. eine unter gegebenen energiepolitischen Randbedingungen selbsttragende Marktdurchdringung eingesetzt haben kann (Abb. III).

Abb. III: Übersicht über die Marktperspektiven bei den ausgewählten Optionen

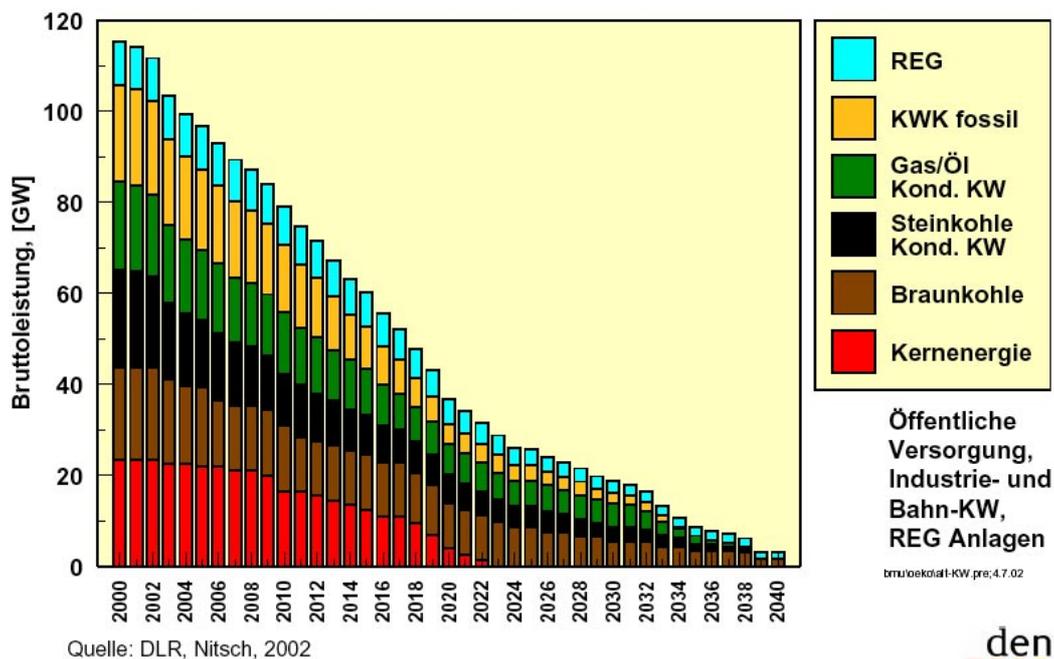


Weiterhin kann festgehalten werden, dass mit Ausnahme der - naturgemäß stark an der lokalen Bauwirtschaft orientierten - Passivhaustechnologie und des Bereichs der Kleinantriebe für alle betrachteten Zukunftsenergien **mittel- bis langfristig neue Exportmärkte außerhalb Deutschlands** entstehen. Es wäre daher zu kurz gegriffen, die anstehenden Entwicklungsschritte alleine auf die heimischen Märkte zu beschränken. In den kurz- bis mittelfristig erschließbaren Schlüsselmärkten in Deutschland und Europa können die Erfahrungen zur langfristigen Etablierung in Zukunftsmärkten vor allem in Asien – sowie ggf. Lateinamerika – genutzt werden. Besondere Perspektiven bestehen auch in den neuen EU-Beitrittsländern. Hier besteht neben dem energiewirtschaftlichen Nachholbedarf auch ein zunehmender politischer Druck zur ökonomischen und ökologischen Modernisierung der Energieinfrastrukturen als Beitrag zur Angleichung an die EU-Standards. Die traditionell guten Beziehungen von NRW zu einzelnen Ländern bzw. Regionen der Welt bieten hierfür gute Ansatzpunkte.

Handlungschancen durch den Ersatzbedarf bei Kraftwerken und Netzen nach 2010

Die identifizierten Chancen zur Markteinführung und Integration neuer Technologien sollten zügig und konsequent genutzt werden, da sich **zwischen 2010 und 2020** in Teilbereichen besonders günstige **energiewirtschaftliche Gestaltungsspielräume** ergeben werden. Bis spätestens zum Ende des Jahrzehnts wird in Deutschland und Europa der **Ersatz- und Erneuerungsbedarf bei Kraftwerken und Stromnetzen deutlich zunehmen** (Abb. IV). Unter Trendbedingungen wird der Zubaubedarf im Kraftwerkspark in Deutschland bis zum Jahr 2020 auf rund 70% der nachgefragten Leistung abgeschätzt. In der praktischen Realisierung kann u.a. aufgrund lebensdauerverlängernder Maßnahmen eine tatsächliche Ersatzleistung von 30.000 bis 40.000 MW erwartet werden. Für die Europäische Union wird bis zu diesem Zeitpunkt im gesamten Kraftwerkspark von einem reinen Ersatzbedarf von rund 200.000 bis 300.000 MW ausgegangen. Unter Voraussetzung entsprechender technischer Fortschritte bietet sich somit die Möglichkeit, neue leistungsfähige dezentrale und erneuerbare Energieoptionen in den Kraftwerkspark zu integrieren. Mit der Ende 2003 vorgelegten Machbarkeitsstudie Referenzkraftwerke NRW ist hierfür ein wichtiger Schritt gemacht worden.

Abb. IV: Darstellung des erwarteten Ersatzbedarfs bei Kraftwerken der öffentlichen Stromerzeugung in Deutschland (Quelle: STE FZ Jülich)



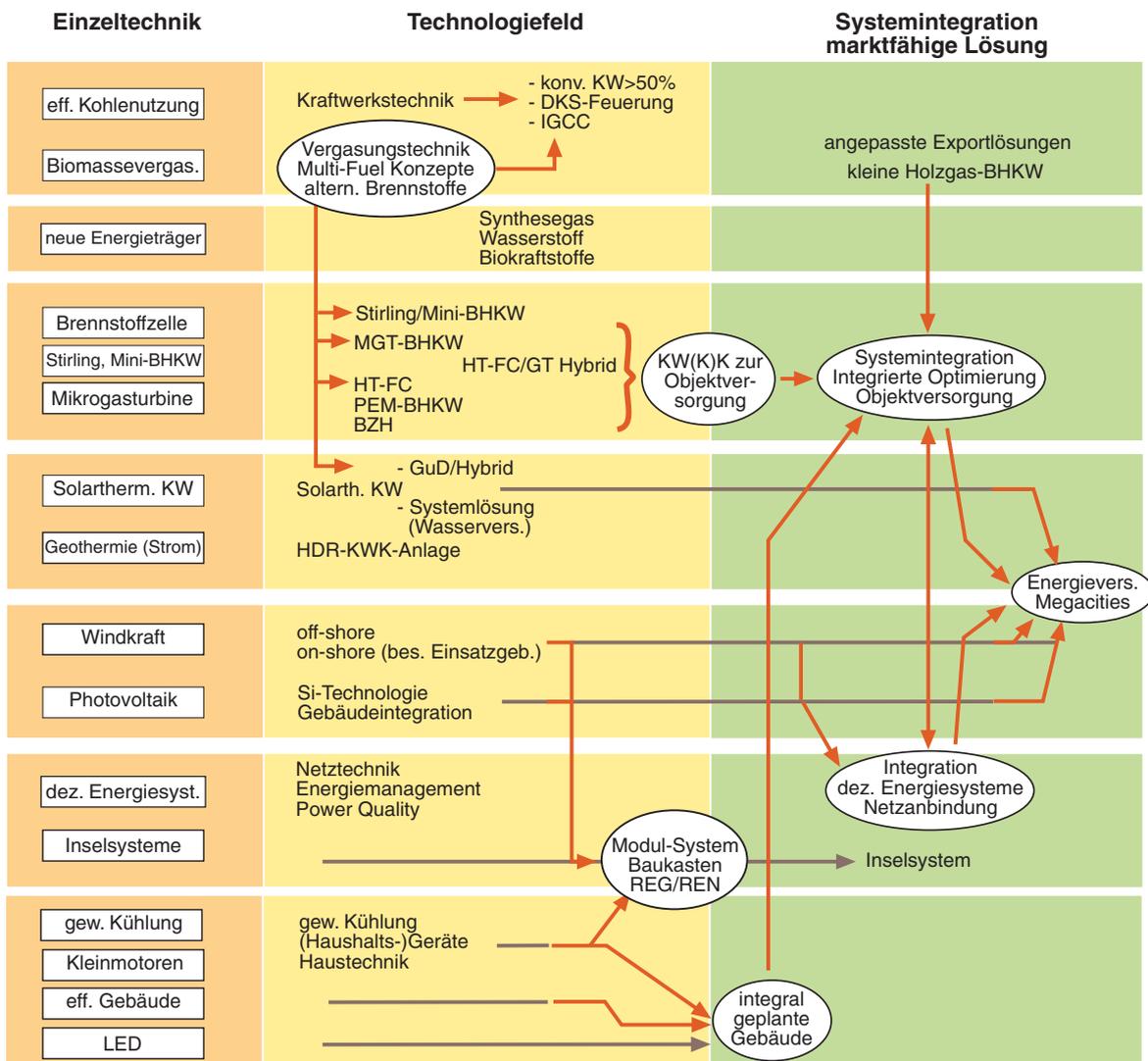
Der Umbau der Stromerzeugung ist damit eine energiepolitische Herausforderung für die Einführung neuer Technologien. Gegenüber der heutigen, durch gesättigte Märkte geprägten Situation besteht die **historische Chance** darin, dass die neuen Technologien nicht mehr gegen größtenteils abgeschriebene Anlagen konkurrieren müssen, sondern gegen die ohnehin anfallenden, umfangreichen Ersatzinvestitionen in konventionelle

Technik antreten. In dieser Situation darf bei der Analyse der Kostenentwicklung und Konkurrenzfähigkeit der neuen Technologien jedoch nicht der Fehler gemacht werden, nur die Einzeltechniken mit ihren etablierten Alternativen zu vergleichen. Die innovativen Lösungen zeichnen sich im Gegenteil häufig gerade dadurch aus, dass sie neue Perspektiven für die **ganzheitliche Optimierung von Objekten und Systemen** bieten. Anstatt die vorhandenen Strukturen durch den Austausch von konventionellen Techniken beizubehalten, können durch die neuen Technologien schrittweise auch neue wettbewerbsfähige, kostengünstige und umweltfreundliche Systemstrukturen realisiert werden. Derartige Vorleistungen sind heute notwendig, um die Dividende von Morgen zu sichern, gerade vor dem Hintergrund voraussichtlich zukünftig ansteigender Energieträgerpreise.

Synergien zwischen Technologien nutzen

Die Analyse hat gezeigt, dass an verschiedenen Stellen **Synergien** zwischen den Einzeltechnologien ausgeschöpft und die notwendigen Entwicklungsanstrengungen gebündelt werden können (Abb. V).

Abb. V: Übersicht über mögliche Synergien zwischen den ausgewählten Technologiefeldern



Dies gilt vor allem für die Bereitstellung marktgängiger bzw. marktfähiger Lösungen auch auf den Exportmärkten, wo zum Teil übergreifende Lösungen aus einer Hand notwendig sind. Die besonderen Chancen – aber auch speziellen Probleme und Anforderungen – derartiger Systemlösungen müssen bei der F&E und Markteinführung von Technologien von Beginn an berücksichtigt werden. Über einzeltechnologische Aktivitäten hinaus, ergibt sich somit in den identifizierten Synergiebereichen ein besonderes Potenzial für die Akteure in NRW, **im Rahmen von Verbundprojekten Technologien zusammenzuführen und neue Märkte zu erschließen**. Beispiele sind moderne Kraftwerkssysteme, Multi-Fuel-Konzepte, dezentrale Energiesysteme, integral geplante Gebäude mit effizienter Objektversorgung durch KW(K)K-Anlagen. Über Kompetenznetzwerke könnte in diesen Bereichen das industrielle Potenzial des Landes gebündelt werden.

Abschätzung der Beschäftigungswirkung

Eine quantitative Abschätzung der Arbeitsplatzwirkungen der untersuchten Technologien wird dadurch erschwert, dass keine aussagekräftigen Datengrundlagen zu den einzelnen Technologiebereichen vorliegen. Im Rahmen der statistischen Erfassung der betroffenen Branchen Maschinenbau, Elektrotechnik usw. können die hier untersuchten Produkte kaum von anderen Erzeugnissen isoliert werden, so dass eine detaillierte Aufschlüsselung der Beschäftigungseffekte in den Einzeltechnologien deshalb nicht geleistet werden kann. Trotz dieser gravierenden Einschränkungen wurde zumindest der Versuch gemacht, auf Grundlage der verfügbaren statistischen Daten, der vertiefenden Analyse der Einzeltechnologien und der damit verbundenen Gespräche mit Experten aus der Industrie einige grobe Tendenzaussagen zur Größenordnung und Struktur der Beschäftigungseffekte unter Voraussetzung einer positiven Marktentwicklung der Technologien abzuschätzen. Die Aussagen treffen hierbei keine Abwägung von Arbeitsplatzgewinnen gegenüber möglichen Verlusten. Sie beziehen sich im Wesentlichen nur auf die Planung und Herstellung durch den Anlagenbau und Dienstleister, während mit Ausnahme der Photovoltaik und effizienten Gebäuden die Anwendung der Technologien im Land selber mit den teilweise sehr beschäftigungsintensiven Effekten z.B. im Handwerk nicht berücksichtigt wird.

Beispiele für Bereiche mit größeren Beschäftigungswirkungen sind demnach Brennstoffzellenheizgeräte, effiziente Kohlekraftwerke oder auch die Spiegelfertigung für solarthermische Kraftwerke. Vergleichbare Beschäftigungswirkungen sind über die Fertigung hinaus auch bei einem weiteren großflächigen Ausbau der Photovoltaik sowie in der arbeitsplatzintensiven Errichtung von effizienten Gebäuden zu erwarten. Die Zulieferindustrie (inkl. Dienstleistern) für Windenergieanlagen birgt ein vergleichbares Potenzial bei Komponenten, Engineering und Dienstleistungen, das allerdings wesentlich von dem Erfolg der NRW-Anbieter auf den Auslandsmärkten abhängen wird.

In anderen Bereichen wie z.B. der Mikrogasturbine oder auch bei den dezentralen Energiesystemen bestehen eher mittelgroße Beschäftigungspotenziale, da auch in Zukunft die Kernkomponenten eher außerhalb von NRW hergestellt werden. Sicher ist allerdings, dass diese Bereiche hohe Schlüsselkompetenz- und Wertschöpfungspotenziale aufweisen und insbesondere die Innovationsimpulse im Handwerk und bei Planern, Baurägern, Entwicklern, Kommunen, etc. positive Effekte mit sich bringen werden.

Im Fall der effizienten Kleinmotoren und der Inselsysteme wird das Beschäftigungspotenzial in den nächsten Jahren aufgrund der begrenzten Marktgröße eher vergleichsweise gering sein. Auch bei der Biomassevergasung ist der heimische Markt zunächst begrenzt, zusätzliche Arbeitsplätze könnten jedoch nach entsprechenden technischen Fortschritten durch die Erschließung von Exportmärkten z.B. in Osteuropa stimuliert werden.

Für alle Bereiche gilt hierbei, dass bei einer erfolgreichen Etablierung im Markt nach 2010 mit einem dynamischen Wachstum und entsprechend deutlich größeren Beschäftigungseffekten gerechnet werden kann. Für die langfristige Stärkung des Industriestandortes NRW ergeben sich darüber hinaus besondere Entwicklungschancen in den Bereichen, in denen sich Kompetenzen über die verschiedenen Vorleistungs- und Wertschöpfungsstufen kombinieren und Synergien zwischen Technologiebereichen nutzen lassen (s. o.). Eine gute Ausgangslage zur **Bildung bzw. Erhaltung einer kritischen Masse im Sinne**

einer Clusterbildung liegt bei effizienten Kohlekraftwerken, Multi-Fuel-Brennstoffkonzepten (inkl. Synthesegasrouten), der Einbindung von Brennstoffzellen und anderen Technologien in die integrierte Optimierung der Objektversorgung (KW(K)K), Photovoltaik (Siliziumtechnik), dezentralen Energiesystemen, neuen Energieträgern (wie z.B. Wasserstoff) sowie LED-Beleuchtungslösungen vor. Durch die Bündelung und Kooperation der unterschiedlichen Akteure im Land hat NRW hier günstige Aussichten, eine führende Marktposition zu erlangen, zu behaupten und auszubauen.

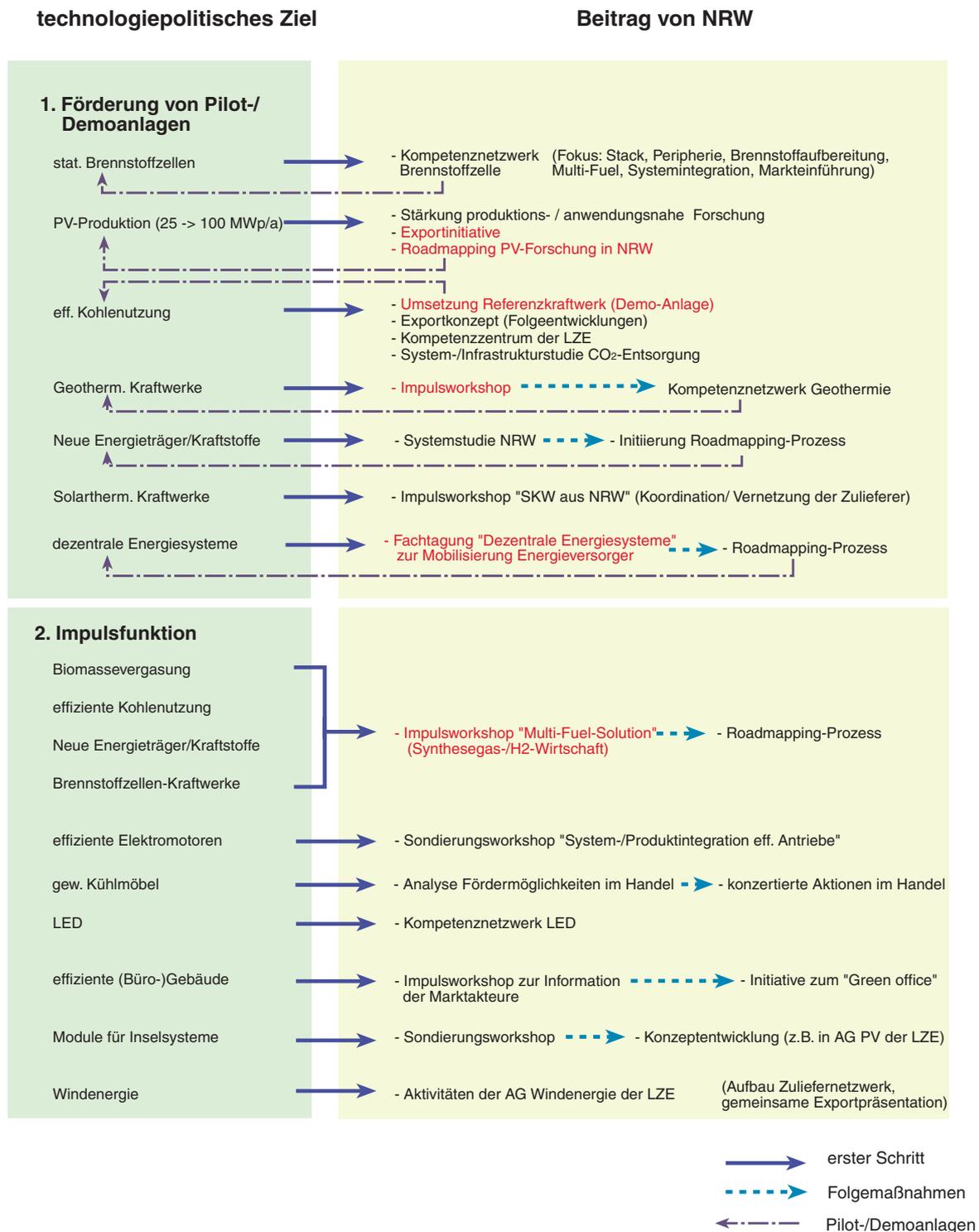
4. Handlungsoptionen für NRW und strategische Schlussfolgerungen

Die grundsätzlich positiven Marktperspektiven der untersuchten Technologien können nur dann ausgeschöpft werden, wenn einerseits in der Forschung und Entwicklung sowie andererseits während der Markteinführungsphase unterstützende Maßnahmen ergriffen werden. Für die Mehrzahl der Technologien besteht dabei die günstige Ausgangslage, dass das Land NRW nicht nur bereits über eine gute technologische Basis verfügt, sondern auch die Weiterentwicklung und Markteinführung schon seit längerem aktiv unterstützt (z.B. bei der Förderung der Photovoltaik, der Brennstoffzelle, der Windenergienutzung, Solarsiedlungen). Zudem sind zahlreiche Instrumente und konzeptionelle Ansätze in den Bereichen selber oder an anderer Stelle bereits erprobt, so dass auf diesen Erfahrungen in NRW (z.B. Kompetenznetzwerk Brennstoffzelle) aufgebaut werden kann. In einigen Feldern wird es deshalb in Zukunft weniger darum gehen, völlig neue Konzepte zu entwerfen, als schon vorhandene Aktivitäten z.B. der Landesinitiative Zukunftsenergien weiterzuführen, zu vertiefen und zu verbessern. Im Rahmen der Untersuchung wurden vor diesem Hintergrund eine Vielzahl von Handlungsoptionen aufgezeigt und konkrete Vorschläge entwickelt, die teilweise schon vom Land umgesetzt werden bzw. in Angriff genommen wurden. Für die ausgewählten Bereiche wurde dabei zwischen technologiespezifischen und übergreifenden Maßnahmen unterschieden.

Technologiespezifische Ansatzpunkte

Die wichtigsten Möglichkeiten einer technologiespezifischen Förderungen sind vor allem eine aktive Beteiligung des Landes am Bau von Demonstrationsanlagen sowie die Initiierung von Forschungsverbänden/-netzwerken (Impulsfunktion). In beiden Bereichen ist das Engagement des Landes durch die nur begrenzt zur Verfügung stehenden finanziellen und personellen Ressourcen zwangsläufig limitiert. Vor diesem Hintergrund liegt es nahe, die Mittel auf wenige Bereiche zu bündeln und in den anderen Feldern zunächst weniger mittelintensive Maßnahmen durchzuführen bzw. die Suche nach privatem Kapital für die Umsetzung der anstehenden Maßnahmen zu unterstützen (Abb. VI).

Abb. VI: Übersicht der technologiespezifischen Ansatzpunkte



Gerade im Fall der sehr kostenintensiven Entwicklung von **effizienten Kohlekraftwerken** hat das Land mit der Unterstützung der Entwicklung des Konzeptes Referenzkraftwerk NRW in den Jahren 2002 und 2003 schon einen wesentlichen Beitrag geleistet. Mit Blick auf den zeitkritischen Handlungsbedarf war es das vorrangige Ziel, zügig die Entschei-

Grundlagen für die weiteren Entwicklungsschritte zu schaffen, den Prozess anzustoßen und ein zukunftsweisendes, ausbaufähiges Entwicklungsziel zu formulieren. Hierfür wurde von der Industrie (Anlagenbau), potenziellen Betreibern und der Wissenschaft eine Arbeitsgruppe gebildet. Dabei geht es weniger darum, der Energiewirtschaft Investitionsentscheidungen abzunehmen, sondern vor dem Hintergrund des in wenigen Jahren entstehenden massiven Erneuerungsbedarfs im Kraftwerkspark energie- und technologiepolitischen Gestaltungswillen zu demonstrieren (Investitionen im größeren Umfang stehen in NRW also ohnehin an). Mit Blick auf die kommenden Anforderungen an ein „Modernes Kohlekraftwerk der 2. Generation“ (ggf. inkl. CO₂-Abscheidung und Entsorgung) sollte dieser erfolgreich verlaufende Prozess fortgesetzt werden. Hierzu könnte mit einem Kompetenzzentrum Kraftwerkstechnik in der Landesinitiative ein neuer Schwerpunkt gebildet werden.

Bei der **Brennstoffzellentechnik** ist das Land heute schon z.B. mit dem Kompetenznetzwerk Brennstoffzelle aktiv, das als positiver Standortfaktor für die Ansiedlung spezifischer Unternehmen angesehen werden kann. Gute Chancen, die Attraktivität des Standortes NRW langfristig zu sichern und sich gegen die vielfältigen Aktivitäten anderer Bundesländer weiter positiv abzugrenzen, bestehen z.B. bei den mittel- bis langfristig sehr viel versprechenden Hochtemperatur-Brennstoffzellen, der Integration der Brennstoffzellen in marktnahe Anwendungen (z.B. integrierte Optimierung der Objektversorgung), der Brennstoffzellenperipherie (vor allem Brennstoffaufbereitung) sowie deren Systemeinbindung im erweiterten Bereich „Dezentrale Energiesysteme“. Hierzu zählt auch die Kopplung von Brennstoffzellen mit **Mikrogasturbinen** als eine Option mit hohem Entwicklungspotenzial.

Die brennstoffzellen-spezifischen Maßnahmen sollten durch eine grundsätzliche Förderung von innovativen Verbundprojekten ergänzt werden, in denen dezentrale KW(K)K-Techniken in Verbindung mit hocheffizienten Gebäudekonzepten, alternativer Brennstoffnutzung usw. eingesetzt werden. Ziel sollte es dabei sein, die Türöffnerfunktion der früh verfügbaren Optionen wie Mini-BHKW oder Stirling zu nutzen, um den Weg für dezentrale KWK-Techniken generell zu bereiten, und damit insgesamt zur Erschließung der nennenswerten Potenziale für Kleinst-KWK beizutragen.

Bei der **Geothermie (HDR)** ist es zunächst notwendig, Interesse für die weiteren Möglichkeiten der Stromerzeugung aus Erdwärme im Land zu wecken, um Anschluss an die vielfältigen Aktivitäten anderer Bundesländer zu gewinnen. Hierfür bietet sich ein Impulsworkshop an, aus dem bei einem ausreichenden Interesse potenzieller Geldgeber ein neues Kompetenznetzwerk entstehen könnte. Ziel sollte sein, eines der ersten größeren bundesdeutschen Demonstrationskraftwerke in NRW anzusiedeln. Dabei sollte ein besonderer Wert auf der Übertragbarkeit wesentlicher Komponenten auf potenzielle Exportmärkte liegen.

Bei der **Photovoltaik** ist die Errichtung von sehr großen Produktionsanlagen (Kapazität >100 MWp/a) ein entscheidender Schritt für eine effektive und rasche Reduktion der Produktionskosten. Hier kann und sollte das Land den an der Solarzellenproduktion beteiligten (Groß-)Unternehmen (d.h. vor allem Shell) nicht das unternehmerische Risiko für eine derartige Ausweitung der Produktionskapazitäten abnehmen. Ansatzpunkte sind eher die Schaffung bzw. Stärkung günstiger Standortbedingungen wie die Sicherstellung eines adäquaten (produktions- und anwendungsnahen) Forschungsniveaus, Qualifikationsmöglichkeiten für die Arbeitskräfte und vor allem die Zusammenarbeit bei der Ausweitung

des Marktes (Exportinitiative). Darüber hinaus gilt es, neue Anwendungsformen **solarthermischer Kraftwerke** zu identifizieren und ggf. in Demoprojekten zu testen.

Als **Fazit** kann damit zusammenfassend festgehalten werden, dass die begrenzten Fördermittel für Forschungs-, Entwicklungs- und Demoprojekte zunächst auf den Bereich der Brennstoffzellen und der Entwicklung dezentraler Energiesysteme sowie der Nutzung der Geothermie zur Stromerzeugung konzentriert werden sollten. Um das volle Potenzial der einzelnen Technologien realisieren zu können, müssen hierbei allerdings auch **Verbundaufgaben** von Beginn an in die Förderstrategien einfließen. Beispiele sind die Systemintegration, die Erschließung neuer Brennstoffpfade, die Entwicklung von Peripherietechnik oder neuer Dienstleistungskonzepte sowie die Qualifizierung. Im Rahmen der Technologieförderung sollten derartige Systemfragen und Verbundaufgaben somit ein expliziter Pflichtbestandteil der Projektdefinition sein.

Neben der klassischen Technologieförderung können auch über eine **Vernetzung der Aktivitäten und eine Bündelung der bestehenden Kompetenzen** von Akteuren im Land neue Akzente gesetzt werden. Hierdurch können zudem neue, bisher weitgehend unbeachtete Marktsegmente erschlossen werden. Dabei stehen vor allem Optionen mit langfristiger-strategischer Bedeutung im Blickpunkt, die wegen der kurzfristigen Perspektive des Tagesgeschäfts häufig vernachlässigt werden.

Besonders interessant für das Land erscheint in diesem Zusammenhang eine Initiative „**Multi-Fuel-Kompetenz NRW**“, die an die Weiterentwicklung der Kohlekraftwerkstechnik und der Biomassevergasung anknüpft. Eine besondere Rolle kann hierbei eine Synthesegasroute spielen, bei der Biomasse- und Reststoffnutzung und Kohletechniken (Vergasung, CO₂-Abtrennung) mit der Herstellung synthetischer Kraftstoffe und Stromerzeugung kombiniert werden. Dazu sind verschiedene Herstellungsverfahren wie auch innovative Strom- und Wärmebereitstellungsoptionen (z.B. Hochtemperatur-Brennstoffzelle, Mikrogasturbine) in der Entwicklung, die sehr unterschiedliche Brennstoffe nutzen können bzw. zumindest an deren Nutzung angepasst werden könnten. Mit der in NRW starken Kraftwerks- und Vergasungstechnikkompetenz sind die Schlüsselkomponenten für den Multi-Fuel Ansatz verfügbar und die Ausgangsposition ist besonders gut, sich in diesem Bereich positiv gegenüber anderen Ländern abgrenzen zu können.

Im Bereich der **neuen Energieträger und Kraftstoffe mit Schwerpunkt auf Wasserstoff** kann das Land als regionaler Wirtschaftsraum ein eigenständiges Profil bilden, das auf einer konsistenten Langfriststrategie beruht und damit Orientierung für Partner und Investoren bietet. Dies umfasst u.a. die Entwicklung und offensive internationale Kommunikation der Vision eines zukunftsfähigen Energiesystems in NRW und der Rolle von H₂/BZ darin (Wasserstoff-Modellregion NRW als mögliches Kernelement der EU-Strategie). Weitere Aspekte sind Identifikation geeigneter, kommerziell tragfähiger Pioniermärkte und die Definition konkreter Entwicklungs- und Ausbauziele auf der Grundlage politischer Willenserklärungen sowie die Präzisierung von Maßnahmen, Programmen und Förderpolitiken im Zeitverlauf. Einen wichtigen Beitrag hierzu wird der "H₂-Wegweiser NRW" leisten, der im Auftrag des MVEL bis Ende des Jahres 2004 erarbeitet wird.

Auch in anderen Bereichen kann das Land mit begrenztem Aufwand die notwendigen Impulse zur weiteren Bearbeitung der Themenfelder und Erschließung neuer Märkte leisten, wie das Beispiel des im Jahr 2001 gestarteten LED-Kompetenznetzwerks zeigt. Weitere Beispiele für Aktivitäten wären:

- die Durchführung eines **Sondierungsworkshops "System- und Produktintegration von effizienten Kleinantrieben"** mit dem Ziel, die Technologieanbieter und Marktteilnehmer zusammenzuführen, ihre Handlungsmöglichkeiten und Interessen zu analysieren und die Möglichkeiten zum verstärkten Einsatz von Effizienzmotoren in Endanwendungen zu diskutieren.
- eine **Fachtagung "Versorgungssicherheit und netzseitiger Handlungsbedarf in dezentralen Energiesystemen"** zur Sensibilisierung und Mobilisierung der Energieversorgungsunternehmen und Netzbetreiber in NRW. Mit Schwerpunkt auf der Zielgruppe Stadtwerke und Regionalversorger sollte die Tagung dazu beitragen, einen Roadmapping-Prozess zur strategischen Koordination von Projekten und Aktivitäten im Bereich dezentraler Energietechniken in NRW zu etablieren.
- der Anstoß einer **moderierten Strategiedebatte** zur Realisierung einer **"H₂-Modellregion NRW"**. Aufbauend auf der, kürzlich in das Kompetenznetzwerk Brennstoffzelle eingebundenen, Arbeitsgruppe Wasserstoffwirtschaft der Landesinitiative wäre es erforderlich, die besonderen Chancen und Synergien herauszuarbeiten, die mit einer abgestimmten, strategisch orientierten Vorgehensweise der Akteure im Land verbunden sind.
- eine **Unterarbeitsgruppe "Modulare Lösungen für Inselssysteme"** des AK Photovoltaik der Landesinitiative, die für die nordrhein-westfälischen Akteure einen Rahmen zur Erarbeitung von Konzepten für eine modulare (autarke) Energieversorgung von Krankenstationen etc. bietet.

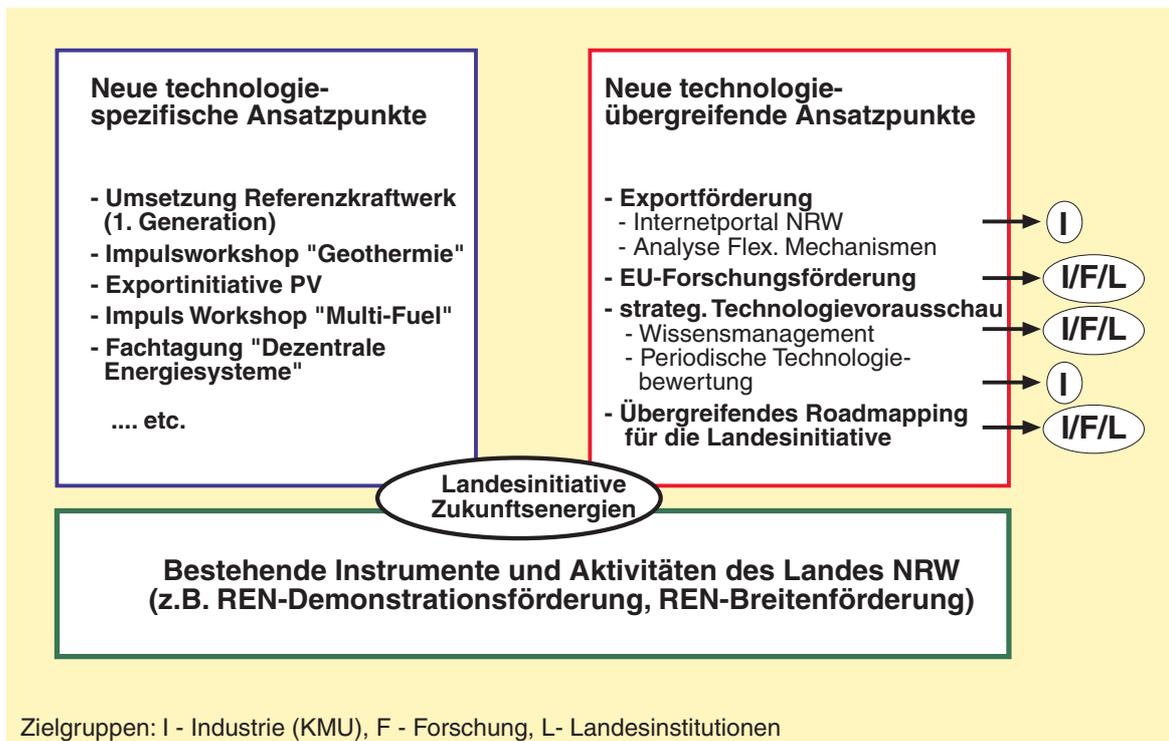
Letztlich besteht die Möglichkeit, durch die Bündelung der bestehenden Kräfte den Produktionsstandort NRW zu stärken. Von Bedeutung ist dies insbesondere für den Bereich der **Windenergie**, in dem die Wachstumschancen von NRW Akteuren im wesentlichen auf den Zuliefermarkt beschränkt sind. Ein koordinierter Auftritt und eine gemeinsame Außendarstellung der Zulieferkompetenz der Akteure im Land kann ihre Position im weltweiten Wettbewerb stärken (s. u.). Darüber hinaus können durch Fachtagungen zu neuen Anwendungsfeldern (Hybridsysteme, Kopplung mit DSM-Maßnahmen) und Dienstleistungen (Anlagenbewertung im Rahmen eines potenziellen Secondhand-Anlagenmarktes) wesentliche Impulse für den Windenergiemarkt gegeben werden.

Technologieübergreifende Maßnahmen

Während sich die technologiespezifischen Ansatzpunkte in der Regel an ausgewählte Adressaten richten, zielen die vorgeschlagenen übergreifenden Maßnahmen auf breitere Akteursgruppen ab. Nutznießer sind hier neben den Landesinstitutionen (z.B. Ministerien und Projektträger), die Hilfsmittel für die Technologiebewertung und vernetzte Forschungsplanung an die Hand bekommen, vor allem der industrielle und mittelständische Anlagenbau (inkl. Zulieferindustrie) und die vielfältigen Forschungseinrichtungen

des Landes (Abb. VII). Auch für die Landesinitiative Zukunftsenergien, als zentralem Netzwerk für die Weiterentwicklung von Energietechnologien, ergeben sich zahlreiche Verknüpfungspunkte.

Abb. VII: Ergänzung der bestehenden Instrumente und Aktivitäten des Landes NRW durch die identifizierten technologiespezifischen und übergreifenden Ansatzpunkte



Als Handlungsmöglichkeiten werden vorgeschlagen:

- Einrichtung von bzw. Vernetzung mit bestehenden **länder- bzw. regionenspezifischen Internetportalen** als Informationsbasis und Kooperationsplattform für exportorientierte Unternehmen
- Analyse der Möglichkeiten zur Markt- und Technologieförderung durch **Nutzung der internationalen Finanzierungsmechanismen** (Flexible Mechanismen), d.h. Prüfung der Projektanforderungen und Ableitung von daraus resultierenden robusten Handlungsstrategien für die Unternehmen des Landes
- Unterstützung von Akteuren aus NRW bei der **Beteiligung an europäischen Initiativen und Programmen** (z.B. 6. FRP) und frühzeitige Ideensammlung für das kommende 7. Rahmenprogramm
- Schaffung eines Forums für eine **koordinierte Strategiediskussion zur Forschungsplanung** in NRW und zur ergebnisorientierten Weiterentwicklung der Landesinitiative Zukunftsenergien (**Roadmapping**)
- **Verstetigung der strategischen Technologievorausschau** durch ein Wissensmanagement auf Basis von Technologiescreening und Trendbeobachtung sowie durch richtungweisende, periodische Technologiebewertungen (Experten Reviews).

5. Fazit

In der Untersuchung wurden die Maßnahmen und Ansatzpunkte abgeleitet, die aus Sicht der Gutachter von besonderer Relevanz für die künftige technologische Entwicklung sein werden und als Orientierung für eine Schwerpunktsetzung des Landes herangezogen werden sollten (Abb. VIII).

Abb. VIII: Einordnung der identifizierten besonders relevanten Handlungsmöglichkeiten nach ihrer strategischen Bedeutung und dem erforderlichen Umsetzungsaufwand

<p>★ herausragende Bedeutung (besonders zeitkritisch bzw. langfristig-strategisch prioritär)</p>	<p>Exportstudie Eff. Kohlekraftwerk (JI/CDM Nutzung)</p> <p>Impulsworkshop Geotherm. KW NRW</p> <p>Stärkung Standortfaktoren für PV-Massenfertigung (100 MWp/a)</p>	<p>Impuls & Unterstützung für NRW-Beteiligungen an den EU-FRP</p> <p>Strategiediskussion (Roadmap) als Orientierungsrahmen für Energieforschung und LZE-Aktivitäten</p>	<p>Referenzkraftwerk Eff. Kohlenutzung (Demo-Anlage)</p> <p>Verbundprojekte "Systemintegration DEA"</p>
	<p>Mobilisierung der EVU insbes. Stadtwerke für "Dezentrale Energiesysteme"</p> <p>Impulsworkshop & Initiative "Multi-Fuel-Kompetenz NRW"</p> <p>Kompetenzzentrum Eff. Kraftwerkstechnik für Kohle-KW 2. Generation</p> <p>System-/Infrastrukturanalyse CO₂-Entsorgung NRW</p>	<p>Roadmap "Dezentrale Energiesysteme"</p> <p>Roadmap "Neue Energieträger/ Kraftstoffe"</p>	<p>F&E Förderung Hochtemperatur-Brennstoffzelle</p> <p>Geotherm.-Demokraftwerk in NRW</p> <p>Eff. Kohle-KW F&E Förderung 2. Generation</p>
	<p>Potenzialanalyse "Flex. Mechanismen zur Exportfinanzierung"</p> <p>Sondierungsworkshop "effiziente Antriebe"</p> <p>Stärkung Standortfaktoren für SKW-Fertigung</p>	<p>NRW-Internetportal für Technologieexport</p> <p>Regelmäßige Technologievorausschau</p>	<p>Markteinführungs-Programm BZH (nach 2010)</p>
<p>★ sehr wichtige Bedeutung</p>			
<p>★ wichtige Bedeutung (bzw. wenig zeitkritisch)</p>			
	niedriger Aufwand	mittlerer Aufwand	hoher Aufwand

SKW: solarthermisches Kraftwerk
DEA: dezentrale Energieerzeugungsanlage
BZH: Brennstoffzellenheizgerät
FRP: EU-Forschungsrahmenprogramm
LZE: Landesinitiative Zukunftsenergien
KW: Kraftwerk

Eine Differenzierung der Maßnahmen untereinander verdeutlicht, dass neben wichtigen und sehr wichtigen Ansätzen einige Handlungsoptionen aufgrund der zeitkritischen Ausgangssituation oder der langfristig-strategischen Perspektive von herausragender Bedeutung sind. Gleichzeitig zeigt sich allerdings, dass die Maßnahmen nicht zwangsläufig mit hohem Aufwand (z.B. Investitionskosten) verbunden sind, sondern auch weniger aufwendige Maßnahmen ein hohes strategisches Potenzial aufweisen können.

Die im Rahmen dieser Untersuchung beschriebene Sammlung von Maßnahmen ist somit als Handlungsbaukasten für die Landesregierung zu verstehen, in den ausgewählten Technologiefeldern zusätzliche oder neue Akzente zu setzen. Natürlich können nicht alle Maßnahmen gleichzeitig umgesetzt werden, soweit möglich sollten aber die sich zum Teil selbstverstärkenden Effekte genutzt werden. Der Landesregierung wird mit dem Baukasten die Möglichkeit gegeben, vor dem Hintergrund der jeweils spezifischen Rahmenbedingungen und ihrer energie- und technologiepolitischen Handlungsspielräume einen Abwägungsprozess durchzuführen und eigene (zeitliche) Schwerpunktsetzungen zu treffen.

1 Einleitung – Zukunftsfähige Energiesysteme als Chance für neue Energietechnologien aus NRW

Der Aufbau von ressourcenschonenden, umweltverträglichen und risikominimierenden Energiesystemen ist eine zentrale Grundvoraussetzung für eine zukunftsfähige Entwicklung in Industrie- und Entwicklungsländern. Angesichts

- der allgemein anerkannten Notwendigkeit, die Treibhausgasemissionen drastisch zu senken (globale Halbierung bis zum Jahr 2050);
- der Begrenztheit der heute bekannten und sicher nutzbaren Reserven fossiler Energien;
- der zunehmenden Preisrisiken auf den globalen Öl- und Gasmärkten aufgrund der geo-politisch bedenklichen Konzentration von Reserven in Spannungsgebieten und deutlichen Nachfragesteigerungen insbesondere in großen Schwellenländern wie China;
- dem verstärkten Drängen heute noch nicht elektrifizierter Regionen auf die Energiemärkte und
- der zunehmenden Umweltbelastung durch die traditionelle Energienutzung (insbesondere in den „Megacities“)

steht die globale Energiewirtschaft in den kommenden Jahrzehnten vor enormen Anpassungserfordernissen. Zur Lösung der Probleme sind heute bereits eine Vielzahl von Technologien verfügbar und zusätzliche Optionen befinden sich im fortgeschrittenen Entwicklungsstadium. Unstrittig ist dabei, dass die Zukunft stärker von erneuerbaren Energien und der Ausschöpfung der umfangreichen Energieeffizienzpotenziale auf der Nachfrage- und Angebotsseite geprägt sein wird. Zugleich werden die neu entwickelten Energiebereitstellungsoptionen in weit stärkerem Maße einen dezentralen Charakter als die heute verwendeten Technologien haben. Ihre Anwendung erfordert zusätzliche Maßnahmen, um eine optimale Verknüpfung und Vernetzung der steigenden Anzahl von Einzelanlagen untereinander und mit den auch weiterhin notwendigen großen Kraftwerken zu gewährleisten. Als Konsequenz werden sich die nationalen und internationalen Märkte für Energietechnologien verändern. Stärker als bisher werden Technologieanbieter und Dienstleister herausgefordert sein, innovative Techniken in marktfähige Konzepte und Produkte einzubinden.

Dieser vorhersehbare Strukturwandel wird insbesondere für Nordrhein-Westfalen als Energieregion Nr. 1 in Europa von strategischer Bedeutung für die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung des Landes sein. Die Bedeutung neuer Energietechnologien für NRW wird steigen - sowohl für eine umweltverträgliche Energieversorgung im Land selber wie auch als Geschäftsfeld für nordrhein-westfälische Unternehmen. Es ist deshalb die Aufgabe für Politik und Industrie in NRW, die bevorstehenden technischen, wirtschaftlichen und sozialen Entwicklungen frühzeitig zu erkennen und als Vorreiter innovative Technologiefelder zu erschließen. Die Chancen dazu sind hoch, wenn es gelingt, die vorhandenen Stärken von NRW zu nutzen, darauf aufbauend zügig neue Kompetenzen zu erwerben und die Wettbewerbsfähigkeit in den Zukunftsmärkten zu sichern.

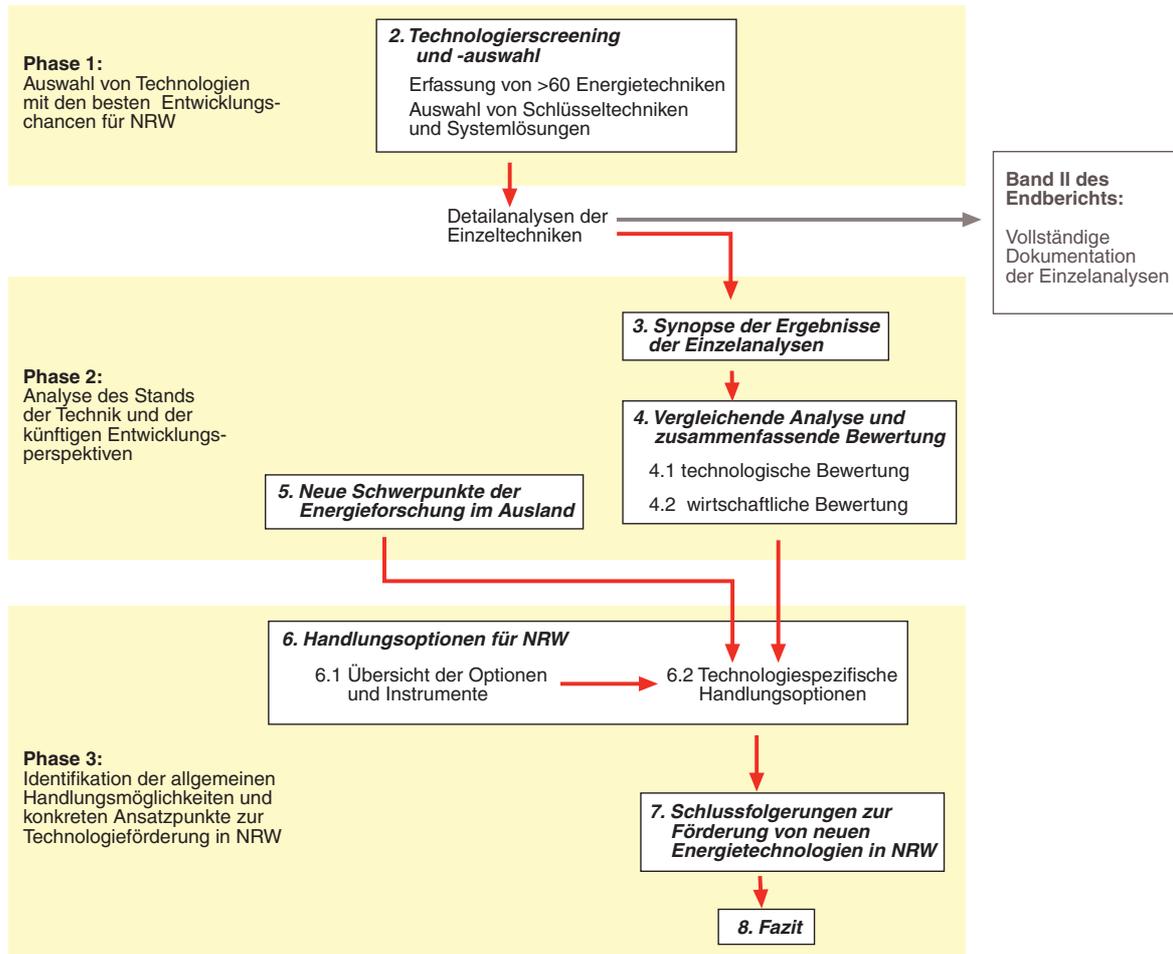
Vor diesem Hintergrund ist das Ziel dieser Untersuchung, den Beitrag von Technologien zur rationellen Energienutzung und der regenerativen Energieerzeugung zur wirtschaftlichen Entwicklung in Nordrhein-Westfalen zu analysieren.

Die Untersuchung soll einen Beitrag zur Fortführung und weiteren Entwicklung der umfangreichen Aktivitäten in Nordrhein-Westfalen leisten. Ausgehend von den vielfältigen schon existierenden bzw. in Vorbereitung befindlichen Maßnahmen des Landes bestand die Aufgabe darin, die für NRW wichtigsten Schlüsseltechniken zu identifizieren, deren technisches und wirtschaftliches Potenzial zu analysieren und daraus Hinweise und Vorschläge für Handlungsmöglichkeiten von Politik, Forschung und Wirtschaft im Land abzuleiten. Die Studie wurde in drei Projektphasen bearbeitet und orientierte sich an den folgenden Forschungsfragen:

- Welche Energietechnologien bieten aus der Perspektive von NRW die interessantesten technischen, ökonomischen und ökologischen Entwicklungspotenziale (Kap. 2)?
- Wie ist der gegenwärtige Entwicklungsstand bei diesen Schlüsseltechniken, welche Position haben Akteure aus NRW im internationalen Vergleich und welche Perspektiven für künftige Fortschritte lassen sich absehen (Kap. 3 und Band II des Endberichts)?
- Wie sind die ausgewählten Schlüsseltechniken aus technischer Sicht zu bewerten (Kap. 4.1) und welche Perspektiven gibt es für eine kommerzielle Markterschließung und die damit verbundenen Beschäftigungswirkungen in NRW (Kap. 4.2)?
- Welche Schwerpunkte werden in internationalen Forschungsprogrammen z.B. der EU, USA und Japan gesetzt und welche Schlussfolgerungen ergeben sich daraus für die Position von NRW (Kap. 5)?
- Welche allgemeinen Handlungsmöglichkeiten (Kap. 6.1) und konkreten, technologiespezifischen Ansatzpunkte (Kap. 6.2) gibt es für Politik und Wirtschaft in NRW, die weitere Entwicklung der Zukunftstechnologien zu fördern?
- Welche Optionen und strategische Prioritäten für die zukünftige Förderung von neuen Energietechnologien ergeben sich aus Sicht der Gutachter für Politik, Forschung und Wirtschaft im Land (Kap. 7)?

Der vorliegende Band I des Endberichts des Projekts beschreibt die Vorgehensweise und die zusammenfassenden Untersuchungsergebnisse der Studie, während der Band II eine ausführliche Darstellung der einzeltechnologischen Analysen enthält. Dabei stellt die hier vorliegende Fassung eine im Juni 2004 **aktualisierte Version von Band I** des erstmals im August 2002 aufgelegten Endberichts dar. Die folgende Abb. 1.1 gibt einen Überblick des Aufbaus dieses Berichts.

Abb. 1-1: Darstellung der Projektphasen und der Struktur des Endberichts (Band I)



2 Screening und Auswahl von Schlüsseltechnologien für ein zukunftsfähiges Energiesystem

2.1 Eingrenzung des Untersuchungsfeldes "Zukunftsenergien"

Angesichts der Vielzahl von neuen ressourcenschonenden und umweltfreundlichen Energietechnologien ist es für eine zukunftsorientierte Energiepolitik erforderlich, die technologische Vielfalt zu sichern und Zukunftsoptionen offen zu halten. Gleichzeitig ist es für ein erfolgreiches und zielorientiertes Vorgehen jedoch unerlässlich, auf dieser breiten technischen Grundlage die Kräfte zu bündeln und strategische Schwerpunktaktivitäten auf zentrale Handlungsbereiche zu konzentrieren. Im Rahmen dieser Untersuchung bestand die Aufgabe daher zunächst darin, geeignete Handlungsbereiche zu identifizieren und vertieft zu untersuchen. In der ersten Projektphase wurden hierfür aus einer Gesamtmenge von gut 60 Energietechniken die im Folgenden dargestellten, besonders relevanten Schlüsselbereiche ausgewählt (Abb. 2.1). Die Identifikation der Schlüsselbereiche erfolgte in den drei Schritten Vorauswahl durch das Projektteam, Experten-Review und Endauswahl.

Es muss hierbei betont werden, dass sich das Auswahlverfahren auftragsgemäß auf die Bereiche der rationellen Energieanwendung und –bereitstellung sowie der erneuerbaren Energien konzentriert². Alle Technologien der ursprünglichen Gesamtauswahl führen zu einer Senkung der Umweltbelastungen und Treibhausgasemissionen des Energiesystems. Auch die im weiteren Verlauf nicht mehr prioritär betrachteten Optionen stellen somit wichtige technologische Beiträge zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz dar und tragen zur technologischen Flexibilität bei. Neben den hier besonders herausgestellten Schlüsselbereichen ist ihre Entwicklung und Anwendung aus diesem Grund auch weiterhin voranzutreiben.

2.1.1 Vorauswahl durch das Projektteam

Die Vorauswahl der besonders relevanten Technologiebereiche erfolgte in einem zweistufigen Verfahren (Relevanzbaumverfahren), in dem Ansätze der Trend- und Szenarioanalyse, des Backcastings und der Expertenschätzung miteinander verbunden wurden:

- **Selektion:** In den ersten beiden Teilschritten fand eine sequentielle Selektion statt; die Technologien wurden zuerst nach ihrem Marktpotenzial und dann nach der strategischen Bedeutung für NRW (Arbeitsplatzpotenzial, Wertschöpfung, Klimaschutz) bewertet und weniger aussichtsreiche Optionen aussortiert. Dies führte zu einer Konzentration der Auswahl auf erfolgversprechende Kernbereiche.

² Prozessbedingte Energieanwendungen in der Industrie sowie der Verkehrsbereich waren ausgenommen.

Abb. 2-1: Darstellung der schrittweisen Auswahl der Schlüsseltechnologien und Systemlösungen

<p>innovative Kohlenutzung verbesserte Kraftwerkstechnik Organic Rankine Cycle Grubengasnutzung CO₂ Deponierung Kohleverflüssigung Kohlevergasung</p>	<p>verbesserte Kraftwerkstechnik Grubengasnutzung CO₂ Deponierung Kohlevergasung</p>	<p>effiziente Kohlenutzung</p>
<p>Kraft-Wärme/Kälte-Kopplung KWK-Dampfturbinen KWK-Dampfmotoren BHKW (motorisch) Mikro-Gasturbine Gasturbine Stirlingmotor Absorptionskälte</p>	<p>KWK-Dampfmotoren BHKW (motorisch) Mikro-Gasturbine Stirlingmotor Absorptionskälte</p>	<p>dezentrale KW(K)K</p>
<p>Erneuerbare Energien Biomasse fest (Wärme) Biomasse fest (KWK) Biomasse fest (Vergasung) Biogas Windkraft (klein) Windkraft (groß) Solarthermische Kraftwerke Paraboloid Kraftwerk Solarkollektoren Photovoltaik (Dach/Fassade) Photovoltaik (Insel) Photovoltaik Kraftwerk Geothermie (Strom) Geothermie (Oberfläche) Wasserkraft (Standard) Wasserräder Altern. Wasserkraft (kl. Höhe) Altern. Wasserkraft (Gezeiten)</p>	<p>Biomasse fest (KWK) Biomasse fest (Vergasung) Biogas Windkraft (groß) Solarthermische Kraftwerke Paraboloid Kraftwerk Solarkollektoren Photovoltaik (Dach/Fassade) Photovoltaik (Insel) Geothermie (Strom) Geothermie (Oberfläche) Altern. Wasserkraft (kl. Höhe)</p>	<p>Biomasse fest (Vergasung) Windkraft (offshore) Solarthermische Kraftwerke Photovoltaik (Dach/Fassade/Insel) Geothermie (Strom) Inselssysteme/hybride Systeme</p>
<p>Brennstoffzelle BZ stationär Kraftwerk BZ stationär KWK BZ mobil BZ portabel</p>	<p>BZ stationär Kraftwerk BZ stationär KWK BZ mobil BZ portabel</p>	<p>stationäre Brennstoffzelle (dezentrale KWK)</p>
<p>Neue Energieträger Wasserstoff Methanol Bioöle/-treibstoffe Silizium</p>	<p>Wasserstoff Biokraftstoffe Methanol</p>	<p>neue Energieträger und Kraftstoffe</p>
<p>Energieübertragung HGÜ gasisolierte Leitungen Supraleitung</p>	<p><i>Supraleitung</i></p>	<p>Dezentrale Energiesysteme (inkl. Energiespeicher)</p>
<p>Energiespeicher Wärmespeicher (klein) Wärmespeicher (Untergrund) elektr. Kurzzeitspeicher H₂ (Druck/Kryotanks) H₂ (Untertagespeicher) H₂ (Metallhydrid) H₂ (Adsorbat)</p>	<p>Wärmespeicher (klein) Wärmespeicher (Untergrund) H₂ (Druck/Kryotanks) <i>H₂ (sonstige Konzepte)</i></p>	
<p>Effizienztechnologien Altbausanierung Passivhaus LED Beleuchtung Steuer- & Regelelemente Beleuchtungssysteme Elektromotoren < 750W Elektromotoren 750W-15kW Elektromotoren > 15 kW Lüftungstechnik-Steuerung IuK-Technologie (Bereitschaft) Stand-By Verbräuche allg. Effizienz bei Haushaltsgeräten gewerbliche Kühlmöbel Energiemanagement Haushalt Energiemanagement Kleinverbrauch</p>	<p>Altbausanierung Passivhaus LED Beleuchtung Steuer&Regelelemente Beleuchtungssysteme Elektromotoren < 750W Elektromotoren 750W-15kW Lüftungstechnik-Steuerung IuK-Technologie (Bereitschaft) Stand-By Verbräuche allg. Effizienz bei Haushaltsgeräten gewerbliche Kühlmöbel Energiemanagement Kleinverbrauch</p>	<p>Gebäude der Zukunft LED Beleuchtung Elektromotoren < 1 kW gewerbliche Kühlmöbel</p>

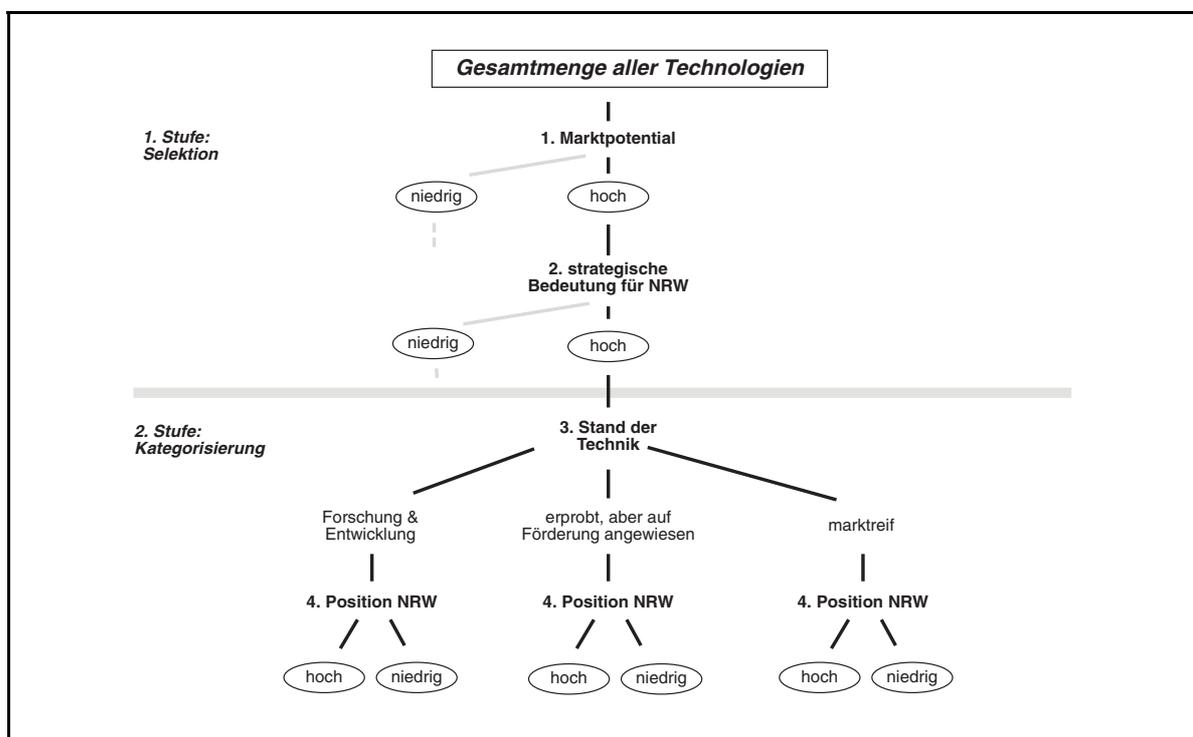
Legende für den ersten Auswahlschritt:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| Brennstoffzelle stationär KWK | - weiter verfolgen |
| Wärmespeicher (Untergrund) | - Nischenmarkt, Nebenprodukt bzw. Technologiebrücke, energiepolitische Förderung |
| <i>H₂ (sonstige)</i> | - als (Grundlagen-)forschung interessant |

- **Kategorisierung:** Die verbleibende Restmenge wurde nach dem allgemeinen Stand der Technik sowie nach der relativen Position des Landes (Entwicklungsstand in NRW) strukturiert. Durch den Auswahlprozess ergaben sich entsprechend sechs Kategorien von Technologien, die sich hinsichtlich des bestehenden Handlungsbedarfs und der besonderen Herausforderungen für NRW voneinander unterscheiden.

Mit der transparenten Vorgehensweise sind die notwendigen Voraussetzungen geschaffen, um aus den resultierenden Kategorien entsprechend der forschungs- und technologiepolitischen Schwerpunktsetzung relevante Technologien auszuwählen (Abb. 2.2).

Abb. 2-2: Das Auswahlverfahren zur Selektion und Kategorisierung der Einzeltechnologien



Die Kriterien der einzelnen Teilschritte waren:

Kriterium 1: Markterwartungen/Potenziale (hoch/mittel/niedrig):

Im ersten Teilschritt wurden die Technologien mit einem hohem Marktpotenzial von weniger aussichtsreichen Optionen getrennt. Es werden hierbei gleichermaßen heimische Anwendungen wie auch Exportmärkte in anderen Industrieländern bzw. Entwicklungsländern berücksichtigt. Die Marktentwicklung für unterschiedliche politische Rahmenbedingungen wird betrachtet und gemessen an Indikatoren wie monetäres Marktvolumen und/oder Stückzahlen bzw. Anwendungsfällen. Für die Einschätzung hinreichend robuster Marktpotenziale wurde zwischen einer Trendentwicklung (sog. Business-as-Usual, BAU) und einer stärker an Nachhaltigkeitszielen orientierte Energiepolitik differenziert. Im letzteren Fall wurde unterstellt, dass verstärkte Klimaschutzan-

strebungen, hierdurch bedingte politische Förderungen oder strategische Entscheidungen von Unternehmen, zu verbesserten Rahmenbedingungen führen. Soweit möglich sind die Abschätzungen zudem zeitlich gestaffelt in kurz- bis mittelfristig (5-10 Jahre) und mittel- bis langfristig (>10 Jahre). Das Kriterium Marktentwicklung wird als Ausschlusskriterium betrachtet, d.h. eine Technologieoption, die auch unter Förderbedingungen langfristig nur niedrige Marktpotenziale erwarten lässt, wird nicht weiter verfolgt.

Kriterium 2: Strategische Bedeutung für Entwicklung in NRW (hoch/mittel/niedrig):

Im zweiten Teilschritt werden die Technologien nach ihrer strategischen Bedeutung für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung in NRW bewertet. Zentrales Kriterium ist erstens der erwartete Beitrag zur Beschäftigungssicherung/-schaffung in NRW. Neben der heimischen Produktion für nationale und internationale Märkte spielt hierbei auch die Wertschöpfung durch Dienstleistungen, Beratung und Engineering-Know-how eine Rolle. Bei der Abschätzung werden auch Zeithorizonte und Übergangsphasen betrachtet, in denen im betrachteten Technologiebereich noch Produktion und Wertschöpfung in NRW wahrscheinlich ist. Neben den vorgenannten ökonomischen Kriterien wird an dieser Stelle weiterhin berücksichtigt, ob eine Technologie selbst zu einer zukunftsfähigen Energieversorgung im Land NRW beiträgt. Der Aspekt wird als Ausschlusskriterium betrachtet, d.h. eine Technologieoption, die nur eine niedrige strategische Bedeutung für NRW erwarten lässt, wird nicht weiter verfolgt.

Kriterium 3: Stand der Technik:

Im dritten Teilschritt wird nach der technologischen Entwicklungsreife unterschieden und nach drei Kategorien getrennt, d.h. nach Technologien, die im F&E Stadium sind, solchen die erprobt sind, aber noch auf Förderung angewiesen sind und marktreifen Optionen. Für Technologien, die in diese Kategorien eingeordnet sind, können verschiedene Handlungsfelder und Steuerungsmöglichkeiten der Technologie- und Wirtschaftspolitik unterschieden werden (F&E-Förderung, Markteinführung, Exporthilfe).

Kriterium 4: Entwicklungsstand in NRW (hoch / niedrig):

Im vierten Teilschritt werden die Bereiche, in denen NRW eine starke Position - und damit gute Marktchancen besitzt – von denjenigen Optionen getrennt, in denen eher technologischer und industriepolitischer Nachholbedarf besteht. Die Einschätzung "hoch" bedeutet hierbei, dass NRW international technologisch führend ist bzw. eine gute F&E Position hat und Produktions-Know-how und Kapazitäten im Land vorhanden sind. Die Bewertung "niedrig" wird vergeben, wenn die Technik in NRW nicht selber entwickelt oder produziert bzw. nur in Teilbereichen weiterentwickelt wird und eine unterdurchschnittliche F&E Position vorliegt.

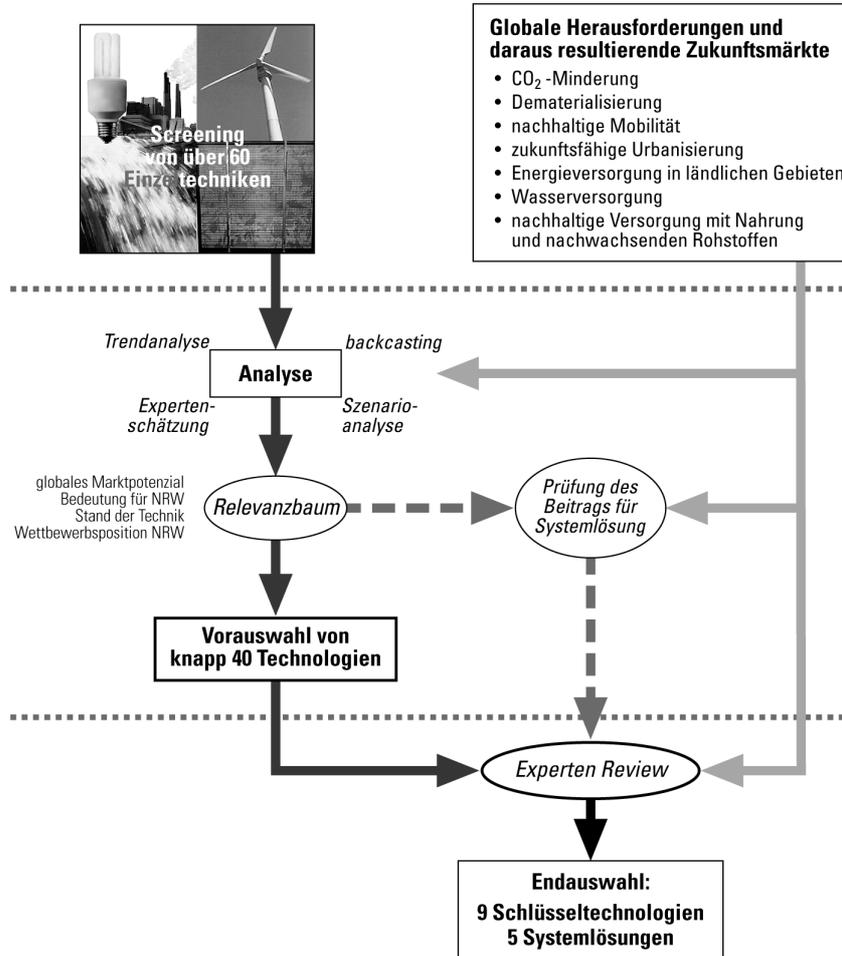
2.1.2 Expertenreview

Auf Grundlage der Vorauswahl durch das Projektteam wurde die strategische Bedeutung der einzelnen Technologiefelder in einem Expertenworkshop in Wuppertal diskutiert. Durch die umfangreiche Expertise und Erfahrung der Teilnehmer konnte die Technologieauswahl in einigen Punkten modifiziert und ergänzt werden, wobei das Feedback der Experten die Vorauswahl im Wesentlichen bestätigte.

2.1.3 Endauswahl der zu betrachtenden Schlüsseltechnologien

Die Endauswahl berücksichtigt zum einen das Feedback des Expertenworkshop zu den verschiedenen Optionen. Zum anderen wurde bei der Analyse und Diskussion der Einzeltechnologien deutlich, dass die Vielzahl an Techniken zur Energieerzeugung und -nutzung nicht isoliert betrachtet werden können. In den Technologiebeschreibungen traten häufig als **Systemeffekte** bezeichnete Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Technologien und ihren Entwicklungsmöglichkeiten auf. Der Aspekt der Integration von Einzellösungen in den systemischen Zusammenhang wird deshalb eine wichtige Rolle bei der zukunftsfähigen Entwicklung der Energiesysteme spielen. Aus diesem Grund wurden die einzeltechnologischen Analysen aus dem Relevanzbaumverfahren um nachfrageorientierte Überlegungen ergänzt (Abb. 2.3). Mit Blick auf die wesentlichen globalen Herausforderungen (Megatrends) wurde nach marktfähigen und bedarfsangepassten Lösungen gesucht. Die hierdurch aufgedeckten Systemlösungen ergänzen die zuvor identifizierten Schlüsseltechnologien.

Abb. 2-3: Ergänzung von einzeltechnologischen und systemorientierten Ansätzen bei der Endauswahl von Zukunftstechnologien und Systemlösungen



2.2 Zusammenfassung der Endauswahl an Schlüsseltechnologien und Systemlösungen

Bei der Endauswahl handelt es sich um neun Einzeltechnologien sowie vier Bereiche, in denen innovative Technologien und Dienstleistungen zu Systemlösungen gebündelt werden (Tab. 2.1).

Tab. 2.1: Übersicht der Schlüsseltechnologien und Systemlösungen³

Einzeltechniken
Effiziente Kohlenutzungs-/verstromungs-Technologien (inkl. Grubengasnutzung, CO ₂ -Abscheidung und Entsorgung)
Brennstoffzellen und dezentrale KWK im kW- bis MW-Bereich - Brennstoffzelle (stationär) - Mikrogasturbinen, <i>Stirling</i> , <i>Mini-BHKW</i> , <i>Dampf(schrauben)motoren</i>
Solarthermische Kraftwerke (Strom und Prozesswärme)
Windenergie (vor allem offshore)
Photovoltaik
Biomassevergasung (feste Biomasse)
Geothermische Stromerzeugung
LED-Beleuchtung
<i>Gewerbliche Kühlmöbel</i>
Kleinmotoren/elektrische Antriebe (< 1 kW)
Systemlösungen
dezentrale Energiesysteme (Netzanbindung, Systemintegration, <i>Stromspeicher</i> , <i>Virtuelle Kraftwerke</i>)
modulare Lösungen für Inselssysteme und spezifische Anwendungen in Entwicklungsländer (z.B. Krankenstationen)
Neue Kraftstoffe und Energieträger (insbesondere Wasserstoff)
Gebäude der Zukunft - Wohnhaus mit Fokus Passivhaus - energieeffiziente Büro- und Dienstleistungsgebäude (inkl. Klimatechnik, KWKK, Energiemanagement)

³ Im Rahmen der Aktualisierung dieses Berichtsbandes wurden die betrachteten Technologien und Systemlösungen zum Teil um neue wichtige Aspekte und insgesamt um einen neuen Technologiebereich ergänzt. Die entsprechenden Aspekte/Technologien sind kursiv gekennzeichnet.

3 Vertiefende Analyse der ausgewählten Schlüsseltechniken und Systemlösungen

In der zweiten Untersuchungsphase wurden die ausgewählten Schlüsseltechnologien und Systemlösungen hinsichtlich ihres technischen Status, den Marktperspektiven, den relevanten Akteuren sowie den resultierenden Ansätzen für die Forschungs- und Technologiepolitik des Landes weitergehend analysiert. Die Ergebnisse dieser Einzelanalysen sind im Band 2 des Endberichts zusammengestellt. Im folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse zur Charakteristik der Technologien, zur Position von NRW sowie den hemmenden und fördernden Faktoren der Marktentwicklung kurz dargestellt. Diese Synopse bietet die Grundlage für die nachfolgende vergleichende Bewertung und Diskussion übergreifender Aspekte.

3.1 Effiziente Kohlenutzung/-verstromung

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

Mit seinem traditionell starken Anlagenbau steht Deutschland (und vor allem NRW) heute an der Weltspitze in der Erforschung und Anwendung moderner und effizienter Kohlekraftwerkstechniken. Diese Wettbewerbsposition droht gerade in einer Situation verloren zu gehen, wo der Bedarf nach effizienter Kraftwerkstechnik weltweit wächst. Der Ersatzbedarf wird in Deutschland unter Trendbedingungen bis zum Jahr 2020 auf rund 30.000 bis 40.000 MW abgeschätzt, für die Europäische Union wird bis zu diesem Zeitpunkt im gesamten Kraftwerkspark selbst bei nur moderaten Nachfragezuwächsen von einem reinen Ersatzbedarf von rund 300.000 MW ausgegangen.

Tab. 3.1: Funktion und Bedeutung effizienter Kohlenutzung/-verstromung im Energiesystem

Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme/Kältesystem	sonstige Funktionen	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
Grund- und Mittellast Beitrag zur Stromerzeugung in Deutschland: <ul style="list-style-type: none"> • heute 52 % • im Trend steigend bis auf 60 bis 70 % in 2030 • unter Klimaschutzbedingungen rückläufig auf 40% (2020) bzw. 20% (2030) Einbindung ins Hochspannungsnetz	Wärmenutzung auf allen Temperaturniveaus möglich	Beitrag zur Versorgungssicherheit (Nutzbarkeit heimischer Energieträger) Multifunktionalität durch Erzeugung von Industriegasen (IGCC) Multi-Fuel Fähigkeit	Beitrag zu heimischen Energiesockel hoher absoluter Minderungsbeitrag wg. weltweit sehr hoher Bedeutung Einkopplung erneuerbarer Energien (Biomassezu- feuerung, -kovergasung) möglich

Position von NRW im Technologiewettbewerb

Die Forschung und Entwicklung im Bereich der kohlebasierten Kraftwerkstechnik gehört zu den traditionellen und etablierten Forschungsfeldern in NRW. Besondere Schwerpunkte liegen bei der fortgeschrittenen Braun- und Steinkohlekraftwerkstechnik auf

konventioneller Dampfkraftwerksbasis sowie der Druckkohlenstaubfeuerung (Versuchsanlage Dorsten). Zudem sind Unternehmen des Landes auch in der Erprobung von Hochtemperatur-Brennstoffzellen aktiv, die potenziell auch mit Kohlegas betrieben werden können. Darüber hinaus verfügt NRW über den Sitz leistungsfähiger Unternehmen des Anlagenbaus und der international tätigen Versorgungswirtschaft sowie ausgewiesener Forschungsinstitute mit Kompetenzen im Kraftwerksbereich. Am niederrheinischen Standort Niederaußem wurde das erste Braunkohlekraftwerk mit optimierter Anlagentechnik (BoA – Nettowirkungsgrad 43%) in Betrieb genommen und im ersten Betriebsjahr 2003 bereits unter Dauerbedingungen mit 7.500 Betriebsstunden erfolgreich eingesetzt. Im Rahmen der Konzeptstudie „Referenzkraftwerk Nordrhein Westfalen“ ist unter Beteiligung der relevanten Industrieunternehmen mit wissenschaftlicher Begleitung bis Ende 2003 ein Konzept für das aus heutiger Sicht effizienteste Steinkohlekraftwerk erstellt worden. Der Wirkungsgrad einer derartigen Anlage würde 45,9% und unter Einbeziehung weiterer Wirkungsgrad steigernder Maßnahmen (z.B. Verringerung des Kondensatordruckes, Rauchgasabwärmenutzung) sogar 47,3% betragen. Derartige Anlagen würden damit den bisher erreichten Stand der Technik für Steinkohlekraftwerke (Wirkungsgradniveau von 43%), insbesondere aber das heutige Effizienzniveau der bestehenden Anlagen (ca. 38%), deutlich übertreffen.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Unsicherheiten bestehen heute vor allem über die Entwicklung der nationalen und europäischen Märkte. Ursächlich hierfür ist der vergleichsweise geringe Unterschied zwischen den resultierenden Stromgestehungskosten von Erdgas-GUD- und Kohlekraftwerken und das Ausmaß, in dem die Nutzung erneuerbarer Energien weiter dynamisch ausgebaut wird und die bestehenden Stromeinsparpotenziale aufgegriffen werden. Maßgebliche Einflussgrößen sind die Entwicklung der Energieträgerpreise sowie energie- und vor allem umweltpolitische Vorgaben (z.B. Entwicklung der CO₂-Zertifikatspreise). Kurz- bis mittelfristig führt das zum Jahr 2005 eingeführte Emissionshandelssystem in Folge der im April 2004 getroffenen Zuteilungsregeln⁴ zu signifikanten Anreizen für den Ersatz bestehender Anlagen mit hohem Betriebsalter, wodurch gerade Kohlekraftwerke profitieren dürften. Je nach Festlegung weitergehender Klimaschutzziele für die nächste Verpflichtungsperiode (2012 bis 2020) können sich die Gewichte jedoch deutlich verschieben. Weltweit ist hingegen relativ unabhängig von Klimaschutzaspekten auch über die erste Verpflichtungsperiode hinaus von einer robusten Nachfrage auszugehen. Moderne und energieeffiziente Kohlekraftwerkstechnik aus NRW könnten damit einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, den mit dem weiteren Ausbau der Kohlenutzung (nach Einschätzung der Internationalen Energie Agentur rund 1.400 GW bis zum Jahr 2030, davon etwa die Hälfte allein in China und Indien) verbundenen Anstieg der CO₂-Emissionen zu begrenzen.

Hemmnisse und Probleme bei der Markteinführung sind vor allem zu sehen in folgenden Bereichen:

- Beginnender Dezentralisierungstrend in der Energie- und Elektrizitätswirtschaft und sinkende Investitionsbereitschaft aufgrund Wettbewerbsdruck in liberalisierten Märkten für fixkostenintensive Anlagen.

⁴ Basis: Entwurf des Gesetzes über den Nationalen Allokationsplan. Die genauen Zuteilungsregeln werden erst nach Abschluss des Gesetzgebungsverfahrens endgültig fixiert sein.

- Signifikanter weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf bei Konzepten, die besonders hohen Wirkungsgrad versprechen (Druckkohlenstaubfeuerung: Schlackeabscheidung, Alkalireinigung; Zirkulierende Druck-Wirbelschichtfeuerung (ZDWSF): Heißgasentstaubung, Kohlekraftwerke mit integrierter Kohlevergasung (IGCC): Steigerung der Anlagenverfügbarkeit, Hochtemperatur-Brennstoffzellen: Langzeitstabilität und Kosten).
- Langer Entwicklungszeitraum für eine (massen-)marktfähige Großkraftwerkstechnologie und hoher Investitionsaufwand für Demoanlagen.
- Mangelnde Schwerpunktsetzung bei der Forschung und Entwicklung in Deutschland und fehlende konkrete Zielvorgaben, dagegen massive Entwicklungsanstrengungen in anderen Ländern (vor allem USA: Vision 21/ Roadmapping Prozess, President's Clean Coal Initiative, Zero Emission Coal Alliance ZECA) und zunehmender Auf- und Ausbau technologischer Erfahrungen in Entwicklungs- und Schwellenländern (z.B. China).
- Von wenigen Akteuren beherrschter Markt für die Kernkomponenten Dampf- und Gasturbinen⁵, dazu begrenzter Wertschöpfungsanteil in Deutschland, der bei konventioneller Technik durch zunehmende Fertigungsanteile im Ausland stetig sinkt.
- Finanzierungsschwierigkeiten bei der Umsetzung von Projekten in Ländern mit hoher Nachfrage (z.B. Türkei).

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

- Massiver Erneuerungsbedarf des Kraftwerksparks in Deutschland und EU ab 2010 führt vor allem unter Trendbedingungen (Business-as-Usual) zu einer hohen Nachfrage.
- Die Zuteilungsregelungen im Rahmen der nationalen Ausgestaltung des Emissionshandelssystems setzen Anreize für einen „rechtzeitigen“ Anlagenersatz. Darüber hinaus steigt ggf. das Interesse, Ertüchtigungsmaßnahmen im Bestand durchzuführen, um das im Zeitverlauf entsprechend der Fortentwicklung des Erfüllungsfaktors (EF) resultierende Absinken der Emissionsrechte auszugleichen. Besonders hohe Anreize bestehen da, wo mit Ertüchtigungs- und Verbesserungsmaßnahmen Altanlagen, die an der Grenze für eine nur limitierte Zuweisung von Altrechten liegen (z.B. 36% Wirkungsgrad bei Steinkohlekraftwerken) über diese Schwelle hinweg gehoben werden können.
- Geringere Volatilität der Brennstoffpreise im Vergleich etwa zu Erdgas.
- Zunehmende Nachfrage nach Systemlösungskompetenz im internationalen Wettbewerb (Errichtung, Betrieb, Wartung, Finanzierung aus einer Hand).
- Internationale Klimaschutzbemühungen erfordern neue Konzepte für Kohlenutzung, machen neue Finanzierungsmöglichkeiten für Exporte durch flexible Instrumente des Kyoto Protokolls (vor allem JI, CDM) möglich, sofern diese einen Wirkungsgradvorteil versprechen.

⁵ In Europa u.a. vertreten durch den Verband für gas- und Dampfturbinen.

- Intensive Forschungsanstrengungen im Bereich der CO₂-Abtrennung und –entsorgung im 6. EU-Forschungsrahmenprogramm sowie in den USA und Japan könnten der Kohle – Klärung der Vielzahl noch offener Fragen vorausgesetzt - neue ökologische Potenziale eröffnen. Bündelung der deutschen Entwicklungsanstrengungen im Förderprogramm COORETEC des BMWa.

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Der Ausgangspunkt für die Entwicklung einer neuen Kohletechnologie-Offensive ist aufgrund der vorhandenen Kompetenzen im Land gut, jedoch fehlte es bislang häufig an einer gemeinsamen Zielbestimmung und einer hinreichenden Kooperation der relevanten Akteure. Mit der Gemeinschaftsinitiative Referenzkraftwerk NRW ist hier ein wichtiger Schritt gemacht worden.

Besondere Chancen können kurzfristig in der Entwicklung und Vermarktung eines derartigen fortgeschrittenen konventionellen Steinkohlekraftwerkes (Wirkungsgradniveau 46 bis 47%) gesehen werden, wenn dieses einsatzbereit und erprobt bis zum Jahr 2010 zur Verfügung steht. Für diese eher evolutionäre Weiterentwicklung der Kraftwerkstechnik (modernes Kohlekraftwerk der 1.Generation) stellt das Referenzkraftwerkskonzept NRW eine Art Machbarkeitsstudie dar. Perspektivisch ist unter Einbeziehung von Klimaschutz Gesichtspunkten der Hauptmarkt für derartige Kraftwerke vor allem im Export zu sehen. Hier können signifikante technologische Impulse gegenüber den Vergleichstechniken erzielt werden. Für eine erfolgreiche Positionierung auf den Exportmärkten ist eine vertiefte Ermittlung der potenziellen (robusten) Zielmärkte und die sich an den Anforderungen der Märkte orientierenden technologischen Performanceziele (z.B. Wirkungsgrad, Verfügbarkeit Brennstoffband) notwendig. Auch für die nationale Ebene spielen neben Kosten- und Verfügbarkeitsaspekten Klimaschutzargumente eine große Rolle. Diese betreffen nicht nur direkte Effekte (hoher Wirkungsgrad), sondern stellen unter Bezugnahme der ebenfalls aus Klimaschutzgründen stark steigenden Anteile fluktuierender Stromerzeugungsquellen (z.B. Windenergie) auch Anforderungen an die Systemkompatibilität. Die aus heutiger Sicht sich an derartige Kohlekraftwerke stellenden Anforderungen können wie folgt zusammengefasst werden:

- hohe Regelfähigkeit, d. h. hinreichend hohe Teillastwirkungsgrade, breites Leistungsband und hohe Leistungsdynamik (Laständerungsgeschwindigkeit, An- und Abfahrzeiten) sowie mechanische Lastwechselbeständigkeit (d. h. Auslegung auf Teillastbetrieb mit entsprechend hoher Zahl von Lastwechseln).
- Einbeziehung weiterer Brennstoffe (insbesondere biogene Energieträger) soweit wirtschaftliche Potenziale für z. B. eine entsprechende Zufeuerung verfügbar sind. Für den Exportmarkt könnte perspektivisch auch die Einbindung solarer Komponenten (z.B. solare Speisewasservorwärmung) interessant sein.

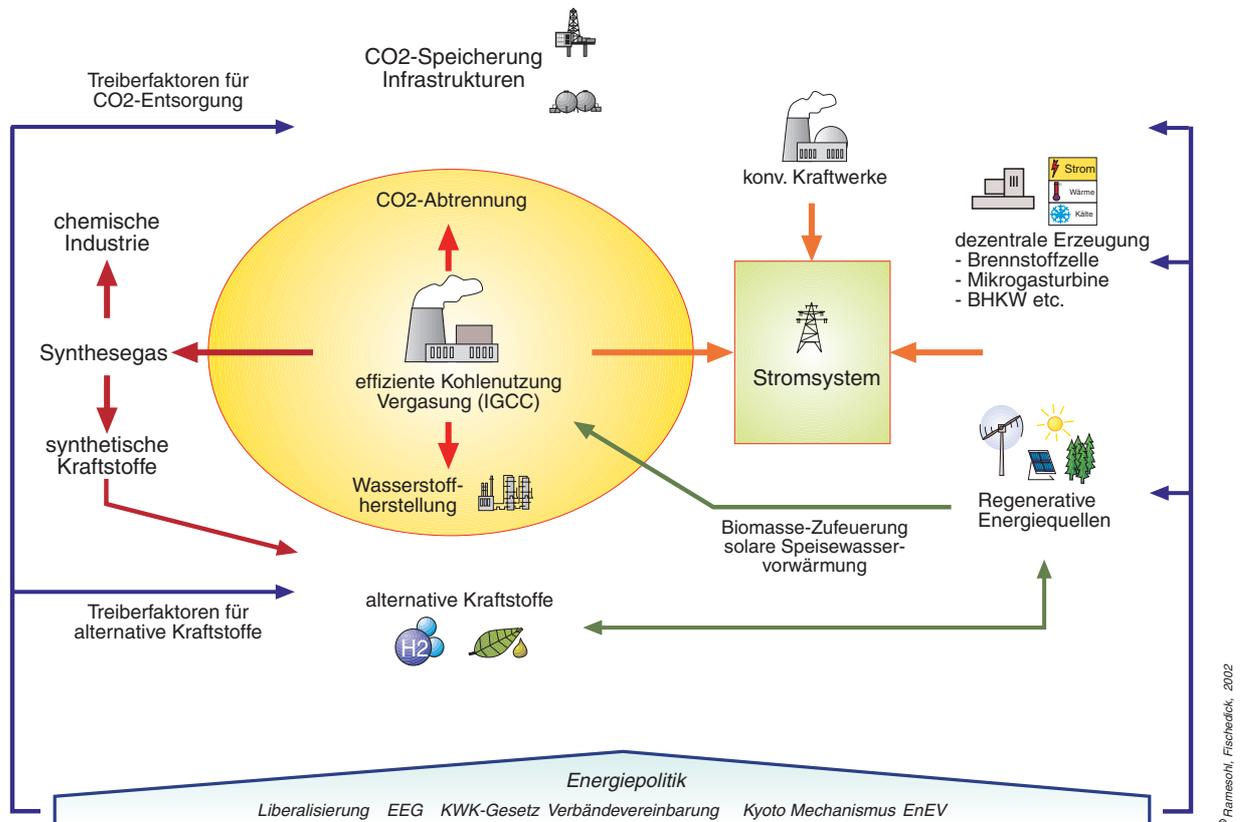
Mittel- bis langfristig ist aus der Fortentwicklung und weiteren Profilierung im Bereich der Kohletechnik nur dann erhebliches Kapital zu ziehen sein, wenn es gelingt, im weiteren Verlauf der Ersatzbauphase im Kraftwerkspark moderne Kohlekraftwerke der zweiten Generation mit einem Wirkungsgradpotenzial von 50% und deutlich mehr zur Verfügung zu stellen. Dies erfordert weitere Entwicklungsanstrengungen in der Materialtechnik (hochtemperaturfeste, korrosionsbeständige Materialien) und Komponentenverbesserungen, wie sie in den laufenden nationalen und internationalen Programmen KOMET

650, MARCKO II und AD700 angelegt sind. Darüber hinaus ist zu prüfen, inwieweit weitere Wirkungsgradsprünge durch den Übergang auf alternative Kraftwerkskonzepte erreicht werden können und die notwendige Entwicklungskaskade erweitert werden kann. Aufgrund des erreichten Know-How Vorsprungs bietet die Druckkohlenstaubfeuerung für NRW diesbezüglich Möglichkeiten. Vor allem im Verbund mit einer späteren Einführung der CO₂-Entsorgung könnte sich strategisch insbesondere aber auch der Übergang auf Kohlekraftwerke mit integrierter Vergasung (IGCC) als positiv erweisen, die eine einfachere und damit ggf. kostengünstigere Abtrennung des CO₂ vor der eigentlichen Verbrennung erlauben. Aufgrund des hohen Aufwandes bei der Erforschung neuer Kraftwerkstechnologien und insbesondere der späteren Erprobung und Demonstration sollte geprüft werden, inwieweit signifikante Beiträge aus NRW in nationale bzw. internationale Forschungsk Kooperationen einfließen und diese auch maßgeblich bestimmen können. Ziel sollte es sein, Synergieeffekte zu nutzen und Parallelarbeiten (vor allem bei der Errichtung eines Demokraftwerks) zu vermeiden.

Im Kontext der Weiterentwicklung der IGCC-Technik bietet sich auch die Möglichkeit mit dem verfügbaren Know-How im Land über den Einstieg in die kohlebasierte Synthesegas- bzw Wasserstoffwirtschaft wesentliche Impulse für die Ausweitung der Wertschöpfungskette über die reine Stromerzeugung hinaus zu setzen und auch industrielle Rohstoffe oder Ausgangsprodukte für die Kraftstoffsynthese bereitzustellen (vgl. Abb. 3-1). Strategische Chancen sind daher insbesondere auch in der Fokussierung auf die kohlespezifische Peripherietechnik und die Brennstoffversorgung zu sehen (Kohlevergasung, Kohlegas für Brennstoffzellen, Biomassemitverbrennung, Multi-Fuel Konzepte). Hier könnte außerhalb des klassischen - weitgehend durch wenige Unternehmen besetzten - Kraftwerkmarkts ein neues Markenzeichen des Landes entstehen und zusätzliche Beschäftigungsimpulse induziert werden. Gerade auf dem Weltmarkt mit seinen unterschiedlichsten Anforderungen würden derartige „Multi-Funktionsanlagen“ vermutlich auf hohes Interesse stoßen. Schon heute besteht beispielsweise eine hohe Nachfrage nach Kohlevergasungsanlagen (u.a. zur Bereitstellung von Wasserstoff) zur Begrenzung der zunehmenden Abhängigkeit von Ölimporten⁶.

⁶ Allein aus verfahrenstechnischen Gründen ist hierbei eine CO₂-Abtrennung erforderlich, was letztlich als strategischer Einstiegspunkt (bei entsprechenden Anreizsystemen) für die CO₂-Entsorgung genutzt werden könnte.

Abb. 3-1: Kohlekraftwerke können mehr als nur Stromerzeuger sein – der Einstieg in die kohlebasierende Synthesegas- und Wasserstoffwirtschaft (Polygeneration)



Eine besondere Bedeutung hat die Errichtung eines hocheffizienten Demo-Kraftwerks in NRW (vor allem hinsichtlich der Wirkung im Ausland und damit auf die Exportchancen). Mit der Fertigstellung der Konzeptstudie Referenzkraftwerk sind hierfür wesentliche Vorbedingungen erfüllt. Darüber hinaus erscheinen folgenden Maßnahmen und Aktivitäten sinnvoll:

- Sicherung der Forschungs- und Entwicklungskompetenz im Bereich effizienter Kohlekraftwerkstechnologie entlang einer Entwicklungskaskade und Entwicklung innovativer Systemlösungen (Multi Fuel, innovative KW(K)K, Bereitstellung von (flexiblen) Nebenprodukten).
- Impulsgeberfunktion des Landes (mit Ziel Bundesregierung und EU) für eine zielorientierte Bündelung der Forschungskompetenz auf aussichtsreiche Kohlekraftwerkstechnologien (Einfluss auf und Nutzung des 6. und die Vorbereitung des 7. Rahmenprogramms der EU).
- Fortsetzung der Impulsgeberfunktion (Referenzkraftwerkskonzept, Kohlefachtagungen) für konzertierte Aktionen in NRW/Deutschland (Politik, Anlagenbau, Energiewirtschaft) mit dem Ziel:
 - kurz-, mittel- und langfristige Entwicklungsschwerpunkte zu spezifizieren und gemeinsame Performance Ziele festzusetzen,

- Forcierung der Werkstoffforschung zur Entwicklung hochtemperaturfester Werkstoffe (mit Dampfparametern $>700^{\circ}\text{C}$ und $>300\text{ bar}$)
- durch gemeinsame Anstrengungen eine marktorientierte Pilot-/Demoanlage zu errichten und deren Exportfähigkeit nachzuweisen.
- Entsprechend angepasste Technologien für den Exportmarkt anzubieten und damit signifikante technologische Innovationsimpulse auf globaler Ebene zu setzen.
- Systematische Prüfung des Potenzials, internationale Klimaschutzmaßnahmen (flexible Mechanismen) als Instrumente zur Förderung des Exports effizienter Kraftwerkstechnologie zu nutzen
- Aufbau besonderer Kompetenzen in NRW in der Prozessstufe Brennstoffaufbereitung für Kraftwerke auf der Grundlage von Kohle (z.B. Kohlegas für Brennstoffzellen, Multi-Fuel-Konzepte, Biomassezuführung)
- Fokussierung der Aktivitäten in einem Kompetenznetzwerk Kraftwerke im Rahmen der Landesinitiative Zukunftsenergien: Dabei sukzessive Erarbeitung einer Markt- und Machbarkeitsstudie für moderne Kohlekraftwerke der nächsten Generation, möglichst im Verbund mehrerer potenzieller Betreiber nach dem Vorbild der Konzeptstudie Referenzkraftwerk NRW und speziell im Bereich der IGCC-Technik mit Anknüpfung zu: Multi-Fuel/Multi-Purpose (Polygeneration), Nebenprodukte, CO_2 Entsorgung
- Überprüfung der Einbindung des Teilthemas „Gasturbine in NRW“ in das Kompetenznetzwerk. In Abgrenzung zu Initiativen anderer Bundesländer wäre hier eine Profilbildung im Bereich einzelner Komponenten sinnvoll (z.B. Verdichter, Turbine)
- Identifikation der Chancen und Grenzen der CO_2 -Entsorgung für das Bundesland Nordrhein-Westfalen (heimische Nutzung, industriepolitisches Potenzial), vgl. nachfolgenden Exkurs

Exkurs: CO_2 -Abtrennung und -entsorgung

Zuvor ist die Notwendigkeit der Orientierung an einer stetigen Entwicklungskaskade dargestellt worden, um den steigenden Ansprüchen des Klimaschutzes einerseits aber auch den Anforderungen des Exportmarktes andererseits gerecht werden zu können. Am Ende dieser Kaskade könnte ein quasi „ CO_2 -freies Kohle-Kraftwerk⁷“ stehen, auf dessen Hinentwicklung vor allem die USA aber auch andere Länder große Hoffnungen setzen und zum Teil ihre gesamte Klimaschutzstrategie darauf ausrichten.

Mit der Realisierung der CO_2 -Entsorgung wären möglicherweise aber erhebliche technologische Anstrengungen und zwar nicht nur auf der Seite der CO_2 -Entsorgung selber, sondern auch kraftwerksseitig erforderlich:

⁷ CO_2 -frei hat sich in der Diskussion als Synonym durchgesetzt, auch wenn zu beachten ist, dass 10 bis 15% des ursprünglichen CO_2 -Ausstoßes in der Regel nicht abgeschieden werden kann. Zudem ist ein gegebenenfalls nicht unerheblicher Brennstoffmehraufwand zu berücksichtigen.

- Für den Entsorgungsbereich (Senken) werden derzeit unterschiedlichste Optionen diskutiert, etwa Einlagerung in leer geförderte Erdgasfelder, nicht wirtschaftlich betreibbare Kohleflöze, Salzwasser haltige Aquifere, Mineralisierung etc.. Die ersten praktischen Erfahrungen in Deutschland sollen im Rahmen eines von der EU geförderten Projektes (CO₂SINK) in Ketzin, 25 km westlich von Berlin, gemacht werden. Falls die Vorprüfung zu einem positiven Ergebnis kommt, soll in diesem Projekt CO₂ in einen Hohlraum unterhalb eines ehemaligen Gasspeichers eingelagert werden. Vor diesem Hintergrund sollten im Rahmen einer Vorstudie, mit dem Blickwinkel Chancen und Grenzen der CO₂-Entsorgung für NRW, zunächst die heute diskutierten Optionen dargestellt und in ihren jeweiligen Möglichkeiten bewertet werden. Hierfür ist ein einheitlicher Kriterienkatalog zu entwickeln, der eine vergleichende Gegenüberstellung erlaubt, ökologische und ökonomische Kriterien einbezieht und auch Rückschlüsse auf Risiken und Chancen zulässt.
- Mit der Einführung der CO₂-Entsorgung könnte ein grundsätzlicher Übergang auf eine andere als heute übliche Kraftwerkstechnologie notwendig werden. **Rauchgaswäschen zur CO₂-Abscheidung** als Bindeglied zur herkömmlichen Kraftwerkstechnik sind zwar prinzipiell bekannt und in der chemischen Prozesstechnik erprobt. Sie führen jedoch zu erheblichen finanziellen Aufwendungen und einem erheblichen energetischen Mehrbedarf von 10 bis 35 %.

Etwas günstiger ist dagegen die Kohlevergasung mit Sauerstoff unter Druck und die CO₂-Abtrennung auf der Brennstoffseite zu beurteilen, die durch den Einsatz von Kohlekraftwerken mit **integrierter Kohlevergasung (IGCC)** möglich wird.

Heute sind weltweit verschiedene Anlagen auf Basis der IGCC-Technik (wenngleich auch noch ohne CO₂-Abtrennung) in Betrieb (z.B. Buggenum in den Niederlanden, Puertollano in Spanien). Darüber hinaus sind europaweit keine Anlagen in Betrieb oder Entwicklung. Hierdurch droht die ehemals hohe technologische Kompetenz in diesem Verfahrensbereich vollständig verloren zu gehen. Das über die Diskussion um die CO₂-Entsorgung neu gewonnene Interesse könnte diesen Prozess stoppen. Nachteilig wirkt sich bei diesen Anlagen bisher die noch unzureichende Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit unter Kraftwerksbedingungen (Lastwechsel, Teillastbetrieb) aus. Soll die CO₂-Entsorgung ernsthaft weiterverfolgt werden, sind diesbezüglich weitere Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen notwendig.

Als ergänzende Entwicklungslinien sind die Oxyfuel-Verfahren zu betrachten. Das Prinzip beruht auf einer Abtrennung von Sauerstoff aus der Atmosphäre mit einer Sauerstoff leitenden Membran unter hohen Temperaturen. Der Sauerstoff kann dann nicht nur zur Vergasung, sondern auch für die Verbrennung eingesetzt und das Wasser aus dem letztendlich entstehenden CO₂/H₂O-Gemisch am kalten Ende auskondensiert werden.

Aufgrund der Vielzahl von technologischen Möglichkeiten ist heute noch nicht eindeutig absehbar, welche Abtrennungs- und Entsorgungsform sich durchsetzen können.

Kraftwerksseitig sind dabei neben technischen Fragen auch Aspekte des spezifischen Flächenbedarfs an den häufig relativ beengten Standorten zu berücksichtigen, da insbesondere Rauchgaswäschen sehr flächenintensiv sind⁸. Es erscheint jedoch wahrscheinlich, dass dem Synthesegas als Zwischenprodukt eine verstärkte Bedeutung zukommen wird. Der Weg über das Synthesegas führt letztlich zu einer Erhöhung der Flexibilität, da es nicht nur zur Stromerzeugung in IGCC-Kraftwerken Verwendung finden kann, sondern auch für die Wasserstoffbereitstellung. Damit ist davon auszugehen, dass mit dem Einstieg in die CO₂-Entsorgung mit hoher Wahrscheinlichkeit auch der Einstieg in eine Wasserstoffwirtschaft zumindest aber in die Synthesegaswirtschaft verbunden sein dürfte. Als zusätzlicher Treiberfaktor hierfür ist der Verkehrsbereich anzusehen, der auf die Einführung von „umwelt- und klimafreundlichem Kraftstoff“ drängt. Außer für die Kohlewirtschaft könnten sich aus diesen Entwicklungsschritten neben dem Transport und des Handlings von CO₂ damit auch Ansatzpunkte für die Gaswirtschaft ergeben (z.B. durch Erzeugung, Transport und Verteilung des Wasserstoffs).

Für eine Entsorgung von CO₂ werden derzeit noch verschiedene Optionen diskutiert, die ggf. auch aus industriepolitischer Sicht interessante Ansatzpunkte bieten können. Am viel versprechendsten erscheint aus heutigem Kenntnisstand die Entsorgung in leer geförderten Erdgasfeldern, die in Deutschland hauptsächlich in Niedersachsen lokalisiert sind, und in Salzwasser führende Aquifere. Andere Optionen, die sich derzeit in der Diskussion befinden, werden zu großen Teilen kritisch beurteilt. Dies betrifft die Tiefseeentsorgung aufgrund des damit verbundenen hohen Energieaufwandes und des infolge des einsetzenden Diffusionsprozesses wieder (mit Zeitverzug) zu erwartendem Wiederaustritts des CO₂. Ferner sind die Auswirkungen auf das Ökosystem „Meer/Tiefsee“ noch völlig unzureichend bekannt. Der Mineralisierung werden die hohen Massenumsätze entgegen gehalten (schon allein das Ausgangsprodukt für die Mineralisierung, z.B. Serpentin, weist ein Mehrfaches der Masse des eingebrachten Kohlenstoffs auf) und bei der Einbringung in nicht wirtschaftliche Kohleflöze ist bisher nicht hinreichend aufgeklärt, warum die Kohle nach der CO₂-Injektion aufquillt und ihre Adsorptionseigenschaften verliert. Grundlagenforschungsbedarf besteht zusätzlich hinsichtlich der CO₂-Abtrennung aus der Luft mit Hilfe von Membrantrennverfahren.⁹

Insgesamt bestehen hinsichtlich der Möglichkeiten und Perspektiven der CO₂-Entsorgung noch viele technologische Fragen, die systematisch aufgegriffen werden sollen. Das vom BMWa aufgelegte Programm COORETEC bietet hierzu aus technologischer Perspektive einen maßgeblichen Ansatzpunkt, so dass eine ausreichende Beteiligung von Akteuren aus NRW daran sichergestellt werden sollte.

Parallel zu dieser ausschließlich technischen Ausrichtung sollte allerdings eine energiewirtschaftliche Gesamtbetrachtung der CO₂-Entsorgung, ihrer Einsatzchancen aber auch Grenzen mit dem spezifischen Blickwinkel NRW durchgeführt werden. Denn ob die CO₂-Entsorgung als Strategiepfad überhaupt geeignet ist, hängt nicht nur von den noch notwendigen technologischen Entwicklungen ab, sondern auch von ökonomischen und ökologischen Fragen. Zudem kommt den Infrastrukturaspekten und Akzeptanzfragen eine entscheidende Rolle zu.

⁸ Insgesamt kann es durchaus bis zu einer Verdopplung des Flächenbedarfs der Kraftwerkseinheit kommen.

⁹ Derzeit erfolgt die Gewinnung von CO₂ aus der Luft zu kommerziellen Zwecken sehr energieaufwändig über einen kältetechnischen Prozess.

Da es sich bei der CO₂-Entsorgung um ein erst seit kurzem fokussiertes Forschungsfeld handelt, liegen bisher zwar erste Potenzialüberlegungen vor, die aber zum Teil nicht räumlich disaggregiert sind. Hier besteht Untersuchungsbedarf (Durchführung einer Regionalstudie unter Beteiligung des geologischen Landesamtes). Es fehlt aber beispielsweise noch eine detaillierte Auseinandersetzung mit den ökologischen Auswirkungen über die gesamte Prozesskette (z. B. Energiebilanz, kumulierte Energieaufwendungen, Umweltwirkungen, Rohstoffeinsatz). Dies ist notwendig und bei anderen neuen Energietechnologien, z.B. den erneuerbaren Energien, bereits in selbstverständlicher Weise in Angriff genommen bzw. schon durchgeführt. Auch ein systematischer Kosten- und Potenzialvergleich (unter Einschluss ökologischer Vergleichsrechnungen) verschiedener zukünftig nutzbarer Optionen der CO₂-Rückhaltung mit anderen CO₂-Minderungsoptionen hat bis heute noch nicht stattgefunden.

Zudem spielen gerade aus nordrhein-westfälischer Sicht Infrastrukturaspekte eine wesentliche Rolle. Dabei ist zunächst zu klären, in welchem geografischen Zusammenhang die möglichen Entsorgungsoptionen mit den in Nordrhein-Westfalen vorliegenden Punktquellen (geografische Verteilung von Quellen und Senken) stehen und inwieweit in Abhängigkeit der bestimmenden Kostenfaktoren für den Transport (grundsätzlich können sowohl der Strom- oder CO₂-Transport treibender Kostenfaktor sein) mit der CO₂-Entsorgung ggf. Verlagerungseffekte (der Kraftwerksstandorte an die Senken) verbunden sein können.

Letztlich spielt auch die Frage eine Rolle, welche Landesunternehmen an der Einführung der CO₂-Entsorgung aufgrund ihres industriellen Potenzials im positiven Sinne partizipieren könnten.

3.2 Biomasse-Vergasung (feste biogene Energieträger)

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

Biomasse ist ein erneuerbarer Energieträger, der aus einer Vielzahl verschiedener Primär- oder Sekundärquellen gewonnen werden kann (Land- und Forstwirtschaft, Reststoffe aus der Industrie etc.). Die Speicherbarkeit des Brennstoffs ermöglicht z.B. den Einsatz regelbarer Biomasse-Kraftwerke für eine Ausgleichsfunktion zwischen Stromangebot und -nachfrage. Dies gewinnt insbesondere bei steigenden Anteilen fluktuierender erneuerbarer Energieträger an Bedeutung. Die Biomassevergasung bietet darüber hinaus die Möglichkeit der Effizienzsteigerung bei der Verstromung fester biogener Energieträger gegenüber der bisher üblichen Form des Einsatzes in Dampfkraftwerken.

Tab. 3.2: Funktion und Bedeutung der Biomasse-Vergasung im Energiesystem

Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme/Kältesystem	sonstige Funktionen	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
Grund- und Mittellast Beitrag zur Stromerzeugung steigt im Trend (EEG) Einbindung ins Mittelspannungsnetz	KW(K)K-fähig, alle Temperaturbereiche und Wärmenutzungen möglich	erneuerbare Energiequelle mit Regel- und Ausgleichsoption (Speicherbarkeit) Versorgungssicherheit Multi - Fuel Fähigkeit Integrierbarkeit in dezentrale Inselsysteme	Heimische, klimaverträgliche Energiequelle

Position von NRW im Technologiewettbewerb

Mit mehreren in Entwicklung befindlichen Vergasungsverfahren liegt im Land NRW eine hohe Kompetenz vor, wobei allerdings die außerhalb von NRW, z.B. in Sachsen oder Österreich, entwickelten Verfahren ebenfalls zu den derzeit führenden Technologien gezählt werden müssen.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

F&E-Bedarf besteht im Bereich der Gasqualität (hinreichende Beseitigung von Teeren und Phenolen aus den Vergasungsprodukten für den Einsatz in BHKW¹⁰), auch fehlen ausreichende Langzeiterfahrungen im Betrieb und es existieren bisher eine Vielzahl von Entwicklungslinien.

Noch besitzen Vergasungsanlagen hohe spezifische Investitionskosten, welche sich durch den Kostendruck durch ausgereifte konventionelle Konkurrenzprodukte (Gasmotor-BHKW) negativ bemerkbar machen. Damit sehen sich Vergasungsanlagen einer starken Konkurrenz ausgesetzt. Dies betrifft insbesondere kleinere Anlagengrößen.

¹⁰ Obwohl einige Verfahren (z.B. das Freiburger Verfahren) das Problem gelöst haben sollen, fehlt auch hier der Dauerbetriebsnachweis.

Zudem behindert das kurzfristige Ausschöpfen der günstigen Biomassepotenziale durch konventionelle Biomassedampfkraftwerke im Rahmen derzeit bestehender energiepolitischer Anreize (Erneuerbare Energien Gesetz, Biomasseverordnung) die Markteinführung von Vergasungsanlagen.

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Grundsätzlich existieren hohe Biomassepotenziale (vor allem auch weltweit), die mögliche Ausgleichsfunktion von regelbaren Biomasse-Kraftwerken gewinnt bei steigenden Anteilen fluktuierender erneuerbarer Energieträger an Bedeutung (speicherbarer erneuerbarer Energieträger).

Die Hauptkomponente "Vergasung" ist universell nutzbar und wird im Zusammenhang mit "Synthesegasrouten" sowohl bei der Erzeugung von biogenem Wasserstoff als auch Biokraftstoffen (BTL) eingesetzt. Hierfür sind jedoch größere Anlagen sinnvoll.

Durch eine mögliche geringere Einheitenleistung ($< 5 \text{ MW}_{el}$) im Vergleich zu Dampfkraftwerken ergibt sich eine bessere Anpassung der Biomassenutzung an KWK-Potenziale. Durch die Novellierung des Erneuerbare Energien Gesetzes vom April 2004 wurden zusätzliche Anreize für KWK-Anlagen auf Biomassebasis geschaffen und insgesamt die Rolle der Biomasse als Erneuerbare Energieoption gestärkt.

Internationale Klimaschutzbemühungen erfordern die effiziente Nutzung CO_2 -neutraler Brennstoffe und ergeben neue Finanzierungsmöglichkeiten für Exporte durch die so genannten flexiblen Instrumente (JI und CDM).

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Der heimische Markt bietet aufgrund der bestehenden Konkurrenz zu konventionellen Dampfkraftwerken zur Zeit nur Erfolgsaussichten in Nischen. Neue Impulse können hier allerdings aus der Novellierung des Erneuerbare Energien Gesetzes kommen, was effiziente KWK-Anlagen fördert. Auch weisen neue Systemanalysen zur langfristigen Perspektive erneuerbarer Energien darauf hin, dass in den kommenden Jahrzehnten sowohl aus Klimaschutz- wie auch Kostengründen die Verstromung von Biomasse Vorteile gegenüber der Nutzung als Kraftstoff aufweist¹¹.

Weitgehend unerschlossen ist in jedem Fall der internationale Markt, gerade in Entwicklungs- und Schwellenländern, der mit entsprechend adaptierten Technologien ein hohes Entwicklungspotenzial besitzt (Voraussetzung: wartungsarm, einfache Technik, Multi-Fuel-Tauglichkeit).

Größtes technisches Problem ist die noch unzureichende Gasqualität für motorische Anwendungen. Die Mikrogasturbinen-, Stirling- und Brennstoffzellentechnik könnten hier ggf. neue Potenziale bieten (vgl. Kap. 3.3). Hier lassen sich möglicherweise Synergieeffekte zwischen den verschiedenen Techniken erzielen, da für die dezentrale KWK im Bereich alternativer Brennstoffe (Biomassevergasung, Kohlevergasung) mittelfristig ein interessanter Markt entstehen könnte.

¹¹ DLR, Ifeu, WI (2004): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland, Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit,

Grundsätzlich zeichnet sich ab, dass bei kleinen Anlagengrößen auch weiterhin Probleme bestehen werden, die notwendige Kostendegression zu erreichen. Es sollte deshalb das Potenzial für größere Vergasungsanlagen und deren technische Synergien mit anderen Synthesegasrouten (z.B. im Bereich Kraftstoffherstellung und Wasserstoffherzeugung) geprüft werden (vgl. Kap. 3.14). In diesem Kontext besteht ein Bedarf für flexible Vergasungstechnologien (Multi-Fuel verträgliche Konzepte), der in Zukunft durch die Ansätze aus NRW bedient werden könnte.

3.3 Brennstoffzellen und andere dezentrale KWK-Technologien

Einen besonderen Schub hat die dezentrale KWK von den Fortschritten bei der Brennstoffzellentechnologie erhalten, die auch im Land NRW eine herausragende Stellung einnimmt. Parallel dazu konnten jedoch zwischenzeitlich auch weitere neue Technologien, insbesondere aus dem Bereich der Mikro-KWK, an die Marktreife herangeführt werden, die sich ebenfalls zu Schlüsseltechnologien der dezentralen KWK entwickeln können.

Im folgenden werden daher zunächst die Gemeinsamkeiten der Technologien in ihrer Nutzung als Kraft-Wärme-(Kälte-)Kopplungs-Anlagen besprochen, bevor in den Kap. 3.3.2 bis 3.3.6 auf die Einzeltechnologien

- Brennstoffzelle,
- Mikrogasturbine,
- Mini-Blockheizkraftwerke (BHKW),
- Stirling- und
- Dampfmotor

näher eingegangen wird.

3.3.1 Dezentrale KWK-Anlagen

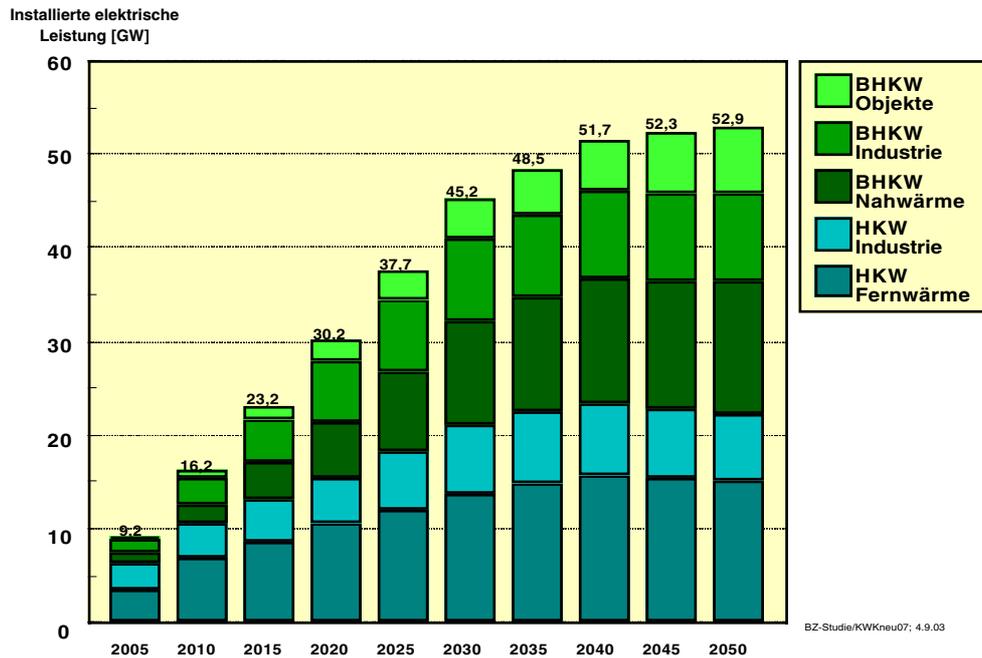
Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

Neben dem Ausschöpfen der nachfrage- und angebotsseitigen Effizienzpotenziale und dem konsequenten Ausbau erneuerbarer Energien ist die Entwicklung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) die dritte wichtige Säule für eine nachhaltige Energieversorgung. Hierbei werden in Zukunft vor allem neue Techniken mittleren und kleiner Leistungsgröße eine wichtige Rolle spielen. Sie ermöglichen eine bessere Anpassung der Wärme- und auch Kälteerzeugung an den Energiebedarf von Objekten bis hin zur Versorgung von Einfamilienhäusern.

Die Szenarienanalysen der Enquete Kommission und des Umweltbundesamts unterstreichen hierbei den wichtigen Beitrag der KWK für das Erreichen der langfristigen Klimaschutzziele der Bundesregierung. Abb. 3-2 verdeutlicht, wie groß mittelfristig (+ 30 GW_{el} bis 2020) und langfristig (+ 53 GW_{el} bis 2050) das KWK-Ausbaupotenzial im Nachhaltigkeitspfad¹² ist. Bei Realisierung des bundesweiten Potenzials kämen rund 40 % des gesamten Stroms aus KWK-Anlagen (incl. Biomasse). Wie zu erkennen ist, nimmt vor allem die Bedeutung dezentraler BHKWs (mit einer Zubauleistung von rund 31 GW_{el} bis 2050) gegenüber den zentralen Heizkraftwerken (+ ca. 22 GW_{el}) stark zu. Doch selbst im Trendfall ist mit einem nennenswerten Zubau an KWK-Anlagen zu rechnen.

¹² Nachhaltigkeits-Szenario aus der Studie von Fishedick, M., Nitsch, J. et al.: „Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland“ im Auftrag des Umweltbundesamtes, Wuppertal / Stuttgart 2002

Abb. 3-2 Zubau an KWK-Leistung bis 2050 (Enquete-Nachhaltigkeitsszenario)



In Tab. 3-3 werden die Funktion und Bedeutung der dezentralen KWK-Anlagen allgemein aufgeführt, wobei zwischen kleineren Hausenergieanlagen (< 10 kW_{el}) und größeren stationären KWK-Anlagen (10 kW_{el} ... 1 MW_{el}) unterschieden wurde.

Tab. 3-3 Funktion und Bedeutung dezentraler KWK-Anlagen im Energiesystem

	Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme- / Kälte-System	sonstige Funktionen	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
Hausenergieversorgung (< 10 kW_{el}) - BZ (PEM und SOFC) - Mini-BHKW - Stirling - Dampfmotor	Mittel- / Spitzenlast Einbindung in das Niederspannungsnetz	Raumwärme / Warmwasser	Objektversorgung Lastmanagement Versorgungssicherheit (USV) Qualitätssicherung Regelfunktionen im dezentralen Verbund Nutzung alternativer Brennstoffe	je nach Technik: - Nutzung regenerativer Brennstoffe - Übergang zur Wasserstoffwirtschaft möglich Ggf. Ausgleich fluktuierender Erzeugung
Größere stationäre KWK-Anlagen (10 kW_{el} ... 1 MW_{el}) - BZ (PEM, MCFC, SOFC) - Motor-BHKW - Mikro-Gasturbine - Dampfmotor	Grund- / Mittellast Einbindung in das Nieder- u. Mittelspannungsnetz	Vor allem NT und MT bis 500°C: - Raumwärme / Warmwasser - Dampf - Heißluft - Mit Absorptionskältemaschinen auch Kälte		

Position von NRW im Technologiewettbewerb

In NRW bestehen Kompetenzen für viele Einzeltechnologien (s. dort) insbesondere im Bereich F&E, Engineering, Packaging und Systemintegration. Es besteht die Möglichkeit zum Aufbau einer europaweit führenden Position insbesondere im Bereich der Systemintegration, bei der Erschließung von spezifischen Anwendungsfeldern (KMU) und beim Aufbau der Systemlösungskompetenz bei der Einbindung in Stromnetz- und IT-Infrastrukturen (vgl. Kap. 3.10).

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Die Hemmnisse und Probleme bei der Einführung dezentraler KWK-Technologien sind im Überblick in Tab. 3-4 wiedergegeben.

Tab. 3-4: Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung von KWK-Technologie

Hausenergieversorgung (< 10 kW _{el})	Größere KWK-Anwendungen (10 kW _{el} ... 1 MW _{el})
Überwindung der Anfangskosten bis Kostendegression durch Massenfertigung erreicht ist	F&E Bedarf bei
Offene Fragen zur Integration ins Stromnetz	- Integration der Komponenten, Balance of Systems
Zeitbedarf für Standardisierung, Normung, Zertifizierung	- Nutzung alternativer Brennstoffe
Noch unzureichende Einbettung in marktfähige Dienstleistungskonzepte (Contracting)	- Bildung von Hybridsystemen (z.B. Kopplung BZ mit Gasturbine)
Rechtliche Hemmnisse (u.a. Mietrecht)	- Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
Mobilisierung und Qualifizierung des Handwerks als Schlüsselakteur	Kosten für F&E (Prototypen) sind sehr hoch
F&E Bedarf bei Steuerung, Kontrolle, Fahrweise und Integration als virtuelles Kraftwerk	Abhängigkeit bei Schlüsseltechnik von wenigen Anbietern weltweit
Problem der "Überhitzung" der öffentlichen BZ-Euphorie mit Risiko des langfristigen Imageschadens für dezentrale KWK allgemein	Kostensenkungspotenzial durch Massenfertigung unklar

Der Überblick verdeutlicht, dass nicht nur technisch-wirtschaftliche Barrieren bestehen, sondern auch strukturelle Hemmnisse im Mietrecht, im Handwerk und im Contractingbereich überwunden werden müssen, um KWK-Technologien in der Breite etablieren zu können. Dabei ist es wichtig, nicht die gesamte Aufmerksamkeit z.B. auf die Technologie der Brennstoffzelle zu legen, sondern die gesamte Vielfalt der dezentralen Erzeugungstechniken zu entwickeln und im Markt zu implementieren. Früher verfügbare Optionen, wie z.B. der Stirling-Motor oder das Mini-BHKW, bieten die Chance für einen Einstieg in dieses neue Marktfeld.

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Für den Einsatz dezentraler KWK sprechen sowohl ökologische als auch ökonomische Gründe: Auf der einen Seite führen die Minderung von Ressourcenverbrauch und Treibhausgasemissionen sowie die Schonung von Gewässern (Kraftwerkskühlung) zu positiven Umwelteffekten. Auf der anderen Seite können mit KWK aufgrund gegenwärtig steigender Strompreise, mit Hilfe der KWK-Bonus-Vergütung und - insbesondere bei

Unternehmen - durch eine erhöhte Versorgungssicherheit (Produktionsausfall) und einen Imagegewinn finanzielle Vorteile erzielt werden.

Interessante Optionen ergeben sich ferner durch den Einsatz von dezentralen Energiesystemen als virtuelles Kraftwerk sowie die Nutzung von KWK-Abwärme zur Kälteproduktion (KWKK). Bei der Entwicklung von Absorptionskälteanlagen sind mittlerweile Aggregate mit einer Kälteleistung bereits ab 15 kW_{th} verfügbar.

Zu beobachten ist zudem ein Trend hin zur Entwicklung auch kleinster Anlagen (Mikro-KWK < 10 kW_{el}), so dass in Zukunft zu erwarten ist, dass auch kleinere Wohneinheiten mit gekoppelter Wärme versorgt werden können.

Tab. 3-5: Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung von KWK-Technologie

Hausenergieversorgung (< 10 kW _{el})	Größere KWK-Anwendungen (10 kW _{el} ... 1 MW _{el})
<p>Ökologische Vorteile auch bei der Mikro-KWK</p> <p>Massenmarkt lässt Kostendegression erwarten</p> <p>Haushaltsstrompreise sind relativ hoch, Tendenz steigend</p> <p>Starke Rolle von Erdgas bei Raumwärme / Warmwasser</p> <p>Potenzieller Einsatz von regenerativen Brennstoffen</p> <p>Einsatz dezentraler Energiesysteme als virtuelles Kraftwerk, Ausgleich fluktuierender Erzeugung aus REG etc.</p> <p>Politische Förderung (KWK-Gesetz, Holzabsatzförderung, KfW-Kredite)</p> <p>Exportmöglichkeiten in (Mittel-)Europa</p>	<p>Ökologische Vorteile der KWK, Ausweitung auf kleine hocheffiziente Einheiten</p> <p>Möglichkeit der Nutzung von HT-Abwärme</p> <p>Nutzung alternativer Brennstoffe</p> <p>Einsatz dezentraler Energiesysteme als virtuelles Kraftwerk, Ausgleich fluktuierender Erzeugung aus REG etc.</p> <p>Politische Förderung (KWK-Gesetz)</p>

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Die technischen Fortschritte bei den dezentralen KWK-Techniken bieten die Chance, die Umweltbelastungen der Energieversorgung in NRW zu senken. Gleichzeitig können sich Hersteller und Dienstleister aus NRW in diesem wachsenden Zukunftsmarkt positionieren, der weltweit an Bedeutung gewinnen wird. Die Vielfalt der Optionen ermöglicht es, angepasste Lösungen für die spezifischen Anwendungsfälle bereitzustellen. Brennstoffzellen stehen dabei im produktiven Technologiewettbewerb mit Alternativen wie Mini-BHKW, Mikroturbinen oder Stirlingmotoren. Da früher verfügbare Techniken den Einsatz der Brennstoffzellen nicht behindern sondern im Gegenteil eine wichtige Türöffnerfunktion für den neuen Markt der dezentralen Energieversorgung haben werden, sollte die gesamte Vielfalt der dezentralen Techniken gefördert werden.

In NRW bietet es sich zudem an, die günstige Startposition in zahlreichen KWK-Technologien zum Aufbau eines Kompetenzzentrums "Systemintegration von dezentralen Energieerzeugungsanlagen" zu nutzen. Der Fokus sollte dabei auf Aspekten der elektrischen Einbindung, des dezentralen Energie- und Netzmanagement und des Aufbaus geeigneter Kommunikationsinfrastrukturen durch innovative Pilotprojekte im Kontext einer Gesamtstrategie "Dezentrale Energiesysteme NRW" liegen (s. Kap. 3.10 und Kap. 7).

Dazu bieten sich Möglichkeiten zur Erschließung neuer innovativer Anwendungsfelder wie z.B. integrierter KW(K)K-Konzepte für Industrie und Gewerbe (z.B. Brauereien) mit dem Ziel der Entwicklung von Systemlösungen und der dafür notwendigen Komponenten (z.B. geeignete Absorptionskältemaschinen).

Als einen weiteren Schwerpunkt könnte die Nutzung von alternativen Brennstoffen in verschiedenen Technologievarianten (Pflanzenöl, Vergasung fester Biomasse, externe Verbrennung etc.) ausgeweitet werden.

3.3.2 Stationäre Brennstoffzellen (BZ)

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

Brennstoffzellen bieten die Chance, einerseits bislang ungenutzte Potenziale der Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung in kleinen Leistungsbereichen zu erschließen (Hausenergieversorgung) und andererseits in größeren stationären Anwendungen hohe elektrische Wirkungsgrade zu erzielen (Hochtemperaturzellen in Kombination mit Gasturbinen). Sie können eine wichtige Rolle als effiziente und flexible Brückentechnologie für den langfristigen Aufbau einer regenerativen Wasserstoffwirtschaft spielen.

Position von NRW im Technologiewettbewerb

Für die künftige kommerzielle Nutzung sind vor allem die drei Brennstoffzellentypen PEMFC, MCFC und SOFC¹³ von Interesse. Die technologische Position von NRW ist in den Bereichen unterschiedlich:

Hausenergieversorgung SOFC: Die Technologie wird derzeit von Sulzer-Hexis (Schweiz) als einzigem Anbieter dominiert, Möglichkeiten bieten sich für Akteure aus NRW im Bereich der Systemintegration, Kommerzialisierung der Geräte, Einbindung in Dienstleistungskonzepte etc.

Hausenergieversorgung PEMFC: starke Position in NRW durch einen bundesweit führenden Entwickler von Brennstoffzellenheizgeräten (BZH). Die Schlüsseltechnologien rund um den PEMFC-Stack werden mittlerweile nicht mehr nur von amerikanischen Anbietern dominiert, sondern japanische und europäische Akteure gewinnen an Boden.

In NRW konnte durch intensive Anstrengungen (z.B. im Rahmen des Kompetenznetzwerks Brennstoffzelle, am ZBT Duisburg, FZ Jülich usw.) die Position der im Land vorhandenen F&E-Kapazitäten und Zulieferindustrien gestärkt werden. Auch beim BZH bieten sich große Möglichkeiten im Bereich der Integration in das Energiesystem, Kommerzialisierung der Geräte, Einbindung in Dienstleistungen etc. Bundesweite Konkurrenz besteht vor allem zu den umfangreichen BZ-Aktivitäten in Baden-Württemberg.

KWK-Anwendung PEM: Die kurz-/mittelfristigen Perspektiven von PEM-BHKW ist derzeit nicht eindeutig abzuschätzen, da die Aktivitäten in diesem Segment weltweit

¹³ PEMFC: Proton-Exchange-Membrane Fuel Cell, MCFC: Molten Carbonate Fuel Cell, SOFC: Solid Oxid Fuel Cell

etwas an Schwung verloren haben. Grundsätzlich bestehen gute Möglichkeiten für Akteure aus NRW, wenn die Position als Kompetenzzentrum sowohl für PEMFC als auch für dezentrale Energiesysteme ausgebaut werden kann (s.o.).

KWK-Anwendungen MCFC/SOFC: die Hochtemperaturtechnologien werden von Anbietern außerhalb NRWs dominiert (z.B. MTU, Siemens-Westinghouse). Trotz vorhandener F&E Kapazitäten (z.B. FZ Jülich) liegt im Moment eine unzureichende industrielle Basis zur Endproduktentwicklung in NRW vor. Mittel-/langfristige Chancen bieten sich mit Blick auf künftige Marktsegmente bei der F&E im Bereich alternativer Brennstoffe (Kohlevergasung, Biomasse, Sondergase etc.) sowie der Erschließung innovativer Anwendungsfelder und der Integration in das Energiesystem (vgl. Kap. 3.10).

Tab. 3.6: Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung von BZ

Hausenergieversorgung (< 10 kW _{el}) (PEMFC, SOFC)	Größere KWK-Anwendungen (10 kW _{el} ... 1 MW _{el}) (SOFC, MCFC, PEMFC)
<p>Leistungssteigerung PEMFC Stack (z.B. Hochtemperatur-PEM, neue Membranen)</p> <p>F&E Bedarf bei Integration der Komponenten (Balance of Systems)</p> <p>Teilweise Abhängigkeit bei Schlüsseltechnik von ausländischen Anbietern</p> <p>Nachweis von Standfestigkeit und elektr. Wirkungsgrad im Praxisbetrieb steht noch aus</p> <p>Überwindung der Anfangskosten bis Kostendegression durch Massenfertigung erreicht ist</p> <p>Offene Fragen zur massenhaften Integration ins Stromnetz</p> <p>F&E Bedarf bei Steuerung, Kontrolle, Fahrweise und Integration als virtuelles Kraftwerk</p> <p>Zeitbedarf für Standardisierung, Normung, Zertifizierung</p> <p>Problem der "Überhitzung" der öffentlichen BZ-Euphorie mit Risiko des langfristigen Imageschadens</p>	<p>F&E Bedarf bei</p> <ul style="list-style-type: none"> - Werkstoffen, Komponenten, Integration der Komponenten, Balance of Systems - Nutzung alternativer Brennstoffe - Kopplung mit Gasturbine <p>Kosten für F&E (spez. für Prototypen) sind sehr hoch</p> <p>Abhängigkeit bei Schlüsseltechnik von wenigen Anbietern weltweit</p> <p>Kostensenkungspotenzial durch Massenfertigung unklar</p> <p>Starker Kostenwettbewerb mit alternativen KWK Techniken (Gasmotor, Gasturbine)</p>

Tab. 3.7: Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung von BZ

Hausenergieversorgung (< 10 kW _{el}) (PEMFC, SOFC)	Größere KWK-Anwendungen (10 kW _{el} ... 1 MW _{el}) (SOFC, MCFC, PEMFC)
<p>Massenmarkt lässt Kostendegression erwarten, Konkurrenzfähigkeit zu Alternativen ist realistisch</p> <p>Technologische Vorteile (elektr. Wirkungsgrad, Emissionen, Schall, Vibrationen, Teillastfähigkeit usw.)</p> <p>Starke Rolle von Erdgas bei Raumwärme / Warmwasser</p> <p>Ökologische Vorteile der KWK auch im kleinen Leistungsbereich</p> <p>Schlüsseltechnik für dezentrale Energiesysteme (virtuelles Kraftwerk, Ausgleich der fluktuierenden Erzeugung aus REG, etc.)</p> <p>Positive öffentliche Resonanz, positives Image der BZ</p> <p>Exportmöglichkeiten in (Mittel-)Europa</p>	<p>Hoher elektrischer Wirkungsgrad, vor allem als SOFC-GT Hybrid</p> <p>Möglichkeit der Nutzung von HT-Abwärme</p> <p>Nutzung alternativer Brennstoffe</p> <p>Schlüsseltechnik für dezentrale Energiesysteme (virtuelles Kraftwerk, Ausgleich der fluktuierenden Erzeugung aus REG, etc.)</p>

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Bei allen Brennstoffzellentypen besteht eine Technologiekonkurrenz vor allem zu den USA und Japan, wo hohe öffentliche und industrielle Mittel in die Technologieentwicklung und Demonstrationsprojekte investiert werden. Die eigentliche Kerntechnologie (Stack) ist damit im industriellen Maßstab zur Zeit nicht im Land verfügbar. Bei den für Europa relevanten Anwendungstechniken und im Bereich Systemintegration ist die Position insbesondere gegenüber den USA allerdings deutlich stärker. Da der Fokus dort auf der reinen Stromerzeugung liegt, bietet sich für NRW die Chance, sich im Bereich der KWK-Anwendungen und Systemintegration zu profilieren und so den Schwerpunkt auf die für Europa relevanten, marktnahen Bereiche der Wertschöpfungskette zu legen. Mögliche strategische Handlungsoptionen für NRW sind:

1. Ausbau und Stärkung der Aktivitäten im Bereich PEMFC als Grundlage eines nationalen/europäischen Kompetenzzentrums

Ein mögliches strategisches Ziel wäre es, NRW zu einer führenden Region in Europa bei PEMFC-Anwendungen kleiner und mittlerer Leistung aufzubauen. Angesichts der traditionell starken Position der deutschen Heizungsindustrie in Verbindung mit dem Engagement im Land NRW erscheint es realistisch zu sein, den Vorsprung gegenüber den europäischen Nachbarstaaten zu halten, die interessante Exportmärkte darstellen aber keine vergleichbaren Akteursstrukturen aufweisen (z.B. Österreich, Schweiz, Dänemark, Holland). Erforderliche Maßnahmen umfassen die Stärkung der F&E-Infrastruktur und der Zulieferindustrie sowie die Profilierung bei Anwendungstechnik und Entwicklung von Brennstoffzellen-Systemlösungen für spezifische Marktsegmente. In diesen Bereichen hat das Land zu den schon vorhandenen Aktivitäten mit der Gründung des „Kompetenznetzwerk Brennstoffzelle NRW“¹⁴ und des Zentrums für Brennstoffzellentechnologie (ZBT) wichtige Impulse gesetzt. Angesichts der zu erwartenden Konkurrenz um die Standorte der Stackfertigung in Europa liegt somit eine grundsätzliche günstige Ausgangsposition vor, die durch die konsequente Entwicklung der Märkte zusätzlich gestärkt werden kann (marktfähige Systemlösungen).

Weiterhin bestehen in diesen Leistungsklassen besondere Chancen für technologische Synergien zwischen stationären Anwendungen und mobilen bzw. portablen Applikationen wie z.B. Klein- und Sonderfahrzeuge, mobile Stromversorgungen etc. Gerade mit Blick auf die in der EU forcierten Anstrengungen zur langfristigen Einführung von Wasserstoff im Verkehr können derartige, früher adressierbare Nischenmärkte zur (Re)finanzierung der Entwicklungsaufwendungen beitragen (vgl. Kapitel 3.14).

Weitere Impulse können durch die Unterstützung der Markteinführung durch begleitende Aktivitäten, Förderung von Dienstleistungsinnovationen, Schaffung der Qualifikationsvoraussetzungen im Handwerk usw. gesetzt werden.

2. Fokussierung bei Hochtemperaturbrennstoffzellen auf Brennstoffversorgung und Entwicklung hocheffizienter KWK-Anlagen

¹⁴ Seit 2004 erweitert zum „Kompetenznetzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW“

Angesichts der wenigen Technologieanbieter und der intensiven Aktivitäten in den USA (z.B. im Rahmen der Solid State Energy Conversion Alliance – SECA, etc.) erscheint es kurz- bis mittelfristig wenig realistisch, das Land NRW als führende Region der Herstellung von HT-Brennstoffzellen zu positionieren. In Kooperation mit den Technologieanbietern wie z.B. MTU, SWPC (s.o.) sowie engagierten Akteuren wie z.B. RWE können jedoch Akzente in Teilbereichen gesetzt werden. Hierfür bietet sich an, einen Schwerpunkt auf die Entwicklung und Vermarktung der wesentlichen Systemtechniken zur Nutzung alternativer Brennstoffe zu legen (Biomassevergasung, Grubengas, Sondergase, Kohlevergasung), um von möglichen Synergieeffekten im Bereich der effizienten Kohlenutzung, Mikrogasturbinen, BHKW usw. zu profitieren. Eine weitere mittel-/langfristige Option ist die Nutzung hocheffizienter SOFC/Mikrogasturbinen Hybridsysteme und hier insbesondere ihre Integration in dezentrale Energiesysteme.

3. Systemintegration im Rahmen dezentraler Energiesysteme

Eine besondere Rolle für die Kommerzialisierung aller Brennstoffzellentypen wird deren Integration als dezentrale Energieerzeugungsanlagen (DEA) in das Energiesystem spielen, vor allem in das Stromnetz. Hier bieten sich aufgrund der umfangreichen Aktivitäten in NRW besondere Synergien mit anderen DEA-Technologien, dem Know-How bei Planung, Engineering und Dienstleistungen und der allgemeinen Systemlösungskompetenz im Bereich dezentrale Energiesysteme (s. Kapitel 3.10).

3.3.3 Mikrogasturbine

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

Mikrogasturbinen (MGT) versprechen neue Möglichkeiten für KW(K)K im kleineren Leistungsbereich zwischen 30 und 100 kW_{el} und Temperaturen von 200-300°C. Neben Vorteilen bei Betrieb und Wartung sowie niedrigen Emissionen bietet die MGT Chancen als flexible Erzeugungstechnik in dezentralen Energiesystemen.

Position von NRW im Technologiewettbewerb

Die Kerntechnologie (Turbine/Generator) wird nicht in NRW hergestellt (Abhängigkeit von USA/S). Es liegen jedoch Kompetenzen im Land bei Engineering, Packaging und Systemintegration vor.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Es besteht noch F&E-Bedarf bei Komponenten (z.B. Entwicklung Gaskompressor für Anschluss an ND-Hausversorgungsnetz).

MGT stehen unter doppelter Konkurrenz zu derzeit billigeren Motor-BHKW und künftig zu Brennstoffzellen-BHKW und es ist unsicher, ob im kritischen Zeitfenster Wirtschaftlichkeit bzw. Wettbewerbsfähigkeit erreicht wird. Eine technisch realistisch erscheinende Kostensenkung um den Faktor 2 wird aufgrund der geringen Stückzahlen noch nicht erreicht. Es besteht eine Abhängigkeit von der Entwicklung des größten Markts USA (dort reine Stromerzeugung für USV¹⁵, power quality etc.).

MGT haben technikbedingte Nachteile beim elektrischen Wirkungsgrad (η_{el}) gegenüber Gasmotoren. Die spezifischen Vorteile bei Emissionen, Betrieb und Wartung usw. kompensieren die Mehrkosten noch nicht. Vorteile bei Standzeiten/Wartungsintervallen müssen in der Praxis noch nachgewiesen werden.

Die Vorteile der MGT bei der Auskopplung von MT-Wärme (Dampf) werden noch nicht ausreichend genutzt (Industrie- / Gewerbeanwendung). KWK-Anwendungen stehen allgemein unter dem Preisdruck der getrennten Erzeugung.

Für KW(K)K im kleineren Leistungsbereich sind geeignete Komponenten für angepasste Systemlösungen (z.B. Absorptions-Kältemaschinen) noch nicht in der nötigen Breite verfügbar.

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Vorteile bei Emissionen (kein Kat erforderlich) und wichtigen Qualitätskriterien (Wartungskosten, Verfügbarkeit, Lastwechseleigenschaften), weiterhin bestehen gute Voraussetzungen zur Nutzung alternativer Brennstoffe (z.B. biogene Gase, Deponiegas).

KWK-Gesetz (Bonusregelung) bzw. Tendenz ansteigender Strombezugskosten fördern gewerblichen Einsatz.

¹⁵ Unterbrechungsfreie Stromversorgung

Langfristig interessante Entwicklungsperspektive der Kopplung von MGT mit Brennstoffzellen (z.B. SOFC), wodurch ein hoher elektrischer Wirkungsgrad erzielt werden kann (η_{el} bis zu 70%).

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Die Mikrogasturbinen sind eine mögliche Komponente der dezentralen Energieerzeugung mit KWK. Ihr Einsatz in innovativen KW(K)K-Anwendungen zur Objektversorgung, z.B. wie bei der neuen Landesvertretung von NRW in Berlin, sollte vorangetrieben werden.

Es bietet sich weiterhin an, in Verbindung mit anderen Technologien die günstige Startposition in NRW zum Aufbau eines Kompetenzzentrums "Systemintegration von dezentralen Energieerzeugungsanlagen" zu nutzen. Hier kann die MGT eine Option neben anderen sein (BZ, BHKW, Stirling, Dampfmotor, REG). Der Fokus sollte auf Aspekten der elektrischen Einbindung, des dezentralen Energie- und Netzmanagement und des Aufbaus geeigneter Kommunikationsinfrastrukturen durch innovative Pilotprojekte im Kontext einer Gesamtstrategie "Dezentrale Energiesysteme NRW" liegen (s. Kap. 3.10 und 7).

Dazu bieten sich Möglichkeiten zur Erschließung neuer innovativer Anwendungsfelder für MGT durch Pilot- / Demomaßnahmen wie z.B. Gewächshäuser mit gleichzeitiger Nutzung der Abgase als CO₂-Düngung oder integrierte KW(K)K-Konzepte für Industrie und Gewerbe (z.B. Brauereien) mit dem Ziel der Entwicklung von Systemlösungen und der dafür notwendigen Komponenten (z.B. geeignete Absorptionskältemaschinen).

Ein weiterer Schwerpunkt könnte die Nutzung der technologiespezifischen Vorteile bei der Nutzung alternativer Brennstoffe sein. Dies könnte dazu beitragen, den Übergangszeitraum bis zu einer stärkeren Nachfrage nach derartigen Turbinen (z.B. im Verbund mit Hochtemperaturbrennstoffzellen) zu schließen.

3.3.4 Mini-BHKW

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

Die BHKW-Technologie ist die am weitesten etablierte Technik im Bereich der dezentralen KWK. Durch die fortschreitende Entwicklung und Markteinführung von Kleinst-BHKWs unterhalb von 10 kW_{el} können nun erstmals auch Anlagen zur Hausenergieversorgung mit vergleichsweise geringem Wärmebedarf realisiert werden. Insbesondere aufgrund der verzögerten Markteinführung von Brennstoffzellen kommt dem motorisch betriebenen Mini-BHKW eine besondere Bedeutung zu als Wegbereiter und Brücke für einen späteren Einsatz von Brennstoffzellen-KWK-Anlagen.

Position von NRW im Technologiewettbewerb

Der Markt der Kleinst-BHKWs wird zur Zeit von zwei führenden Herstellern dominiert. Neben einem KWK-Hersteller aus dem süddeutschen Raum (Tochter eines europäischen Konzerns) ist auch ein international bedeutender Heizungsanlagenbauer aus NRW engagiert. Die Aufnahme der Mini-BHKWs in das Portfolio der ebenfalls in der Brennstoffzellenforschung aktiven Unternehmen verdeutlicht die Synergien, da sich - wie oben bereits erwähnt - beide Technologien vor allem technisch, nicht aber so sehr in ihrer strukturellen Funktion als KWK-Anlage unterscheiden. Akteure aus NRW sind weiterhin in den Bereichen Planung, Packaging, Dienstleistungen, Contracting etc. gut aufgestellt.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Ein großes Hemmnis für die Einführung der Mini-BHKW liegt darin, dass diese Option z.B. im Vergleich zur Brennstoffzellentechnologie unterbewertet und vielfach nicht als heute schon verfügbare Alternative wahrgenommen wird. Neben den allgemeinen strukturellen Problemen von KWK-Anlagen (s. Tab. 3-4) haben Motor-BHKW mehr oder weniger stark ausgeprägte technisch bedingte Nachteile hinsichtlich Lärm, Schwingungen, Emissionen, Regelbarkeit und Wartungsbedarf.

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Hauptvorteil ist, dass es sich bei Motor-BHKWs um eine zuverlässige und erprobte Technologie handelt. Mit ihr können bereits jetzt elektrische Wirkungsgrade und Standzeiten realisiert werden, die beispielsweise von BZ-Systemen in der Praxis erst noch demonstriert werden müssen.

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Die Förderung von Mini-BHKWs als derzeit am weitesten fortgeschrittenen dezentralen KWK-Technologie sollte in NRW als Chance begriffen werden, die strukturellen Probleme der Etablierung von dezentralen KWK-Anlagen zu überwinden. Gerade Mini-BHKW können eine Türöffnerfunktion für weitere Optionen, vor allem aber auch für die Brennstoffzelle wahrnehmen. Wenn es gelingt, im Fall der Mini-BHKW die entsprechenden Marktstrukturen von Handwerk, Finanzierung/Contracting, Dienstleistung und Netzintegration zu schaffen, können weitere KWK-Technologien (wie Brennstoffzellen,

Stirling oder Dampfmotoren) umso leichter in das bestehende Energiesystem integriert werden.

3.3.5 Stirlingmotor

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

Das bestechende an dem bereits im Jahr 1816 entwickelten Stirlingmotor ist das Prinzip der externen Verbrennung, das eine Reihe von Vorteilen insbesondere gegenüber konventionellen Motor-BHKW mit interner Verbrennung verspricht: Hervorragende Schadstoff-Emissionswerte (bei katalytischer Verbrennung von Erdgas¹⁶), hohe Flexibilität bei der Wahl der Brennstoffe (Erdgas, Biogas, Klärgas, Holzgas, Erdöl, Rapsöl, etc.) incl. der Möglichkeit zur Nutzung von Abwärme und Solarwärme, geringe Geräuschemissionen und Vibrationen, hohe Wartungsintervalle (kein Ölverbrauch und Ölwechsel).

Position von NRW im Technologiewettbewerb

Der wichtigste Stirlingmotor-Hersteller (9,5 kW_{el}-Serienmodell) ist im süddeutschen Raum ansässig, in NRW finden sich z. Zt. keine Hersteller. Akteure aus NRW sind jedoch in den Bereichen Planung, Packaging, Dienstleistungen, Contracting etc. gut positioniert.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Die Verbreitung von Stirlingmotoren leidet unter anderem an der mangelnden Lobby für diese - in den Augen vieler Akteure - exotische Technologie. Obwohl Serienmodelle bereits auf dem Markt verfügbar sind, leidet diese KWK-Option unter unzureichender Bekanntheit und Akzeptanz.

Entwicklungspotenziale bestehen noch im elektrischen Wirkungsgrad, welcher knapp unterhalb derer von Mini-BHKWs vergleichbarer Größe liegt. Ferner ist für eine Marktdurchdringung das Ausschöpfen der Kostensenkungspotenziale (bei Serienfertigung) erforderlich. Bei der Nutzung von Biomasse in Form von vergastem Holzpellets müssen noch Forschungsleistungen zur Begrenzung der Feststoffablagerungen an den Wärmetauscherflächen erbracht werden. F&E-Bedarf besteht auch noch bei der Nutzung industrieller Abwärme als mögliche Wärmequelle zur Stromerzeugung.

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Die leise und vibrationsarme Betriebsweise in Kombination mit den sehr geringen Emissionswerten (NO_x, CO und HC) prädestinieren den Stirlingmotor u.a. für den Einsatz in Wohngebäuden. Günstig für die Akzeptanz dürften sich ebenfalls die prinzipbedingten hohen Wartungsintervalle und die gute Regelbarkeit auswirken.

Besondere Perspektiven und Synergieeffekte ergeben sich durch die erweiterten Möglichkeiten hinsichtlich alternativer Brennstoffe (flüssig / gasförmig / fest), der potenziellen Nutzung von Abwärme (Industrie / Gewerbe) und Solarwärme (Nutzung der Direktstrahlung in südlichen Ländern mit Dish-Stirling-Systemen) sowie der Möglichkeit

¹⁶ z.B. im speziell entwickelten FLOX-Brenner[®]

zur Erzeugung von Tieftemperaturkälte bis -200°C in Stirling-Kältemaschinen mit umweltfreundlichem Kältemittel.

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Angesichts der oben aufgeführten prinzipbedingten Vorteile des Stirlingmotors sollten Forschung und Anwendung in NRW in diesem Bereich verstärkt werden. Da es z.Zt. keinen Hersteller in NRW gibt, könnten Schwerpunkte beispielsweise auf Peripherietechnologien wie Biomassenutzung (z.B. beim FhG Umsicht, Oberhausen), Komponenten und Know-how für solare Dish-Stirling-Systeme (als Exportartikel, z.B. beim DLR Köln) sowie dem bereits erwähnten Aufbau eines Kompetenzzentrums "Systemintegration von dezentralen Energieerzeugungsanlagen" gelegt werden.

3.3.6 Dampf(schrauben-)motor

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

In letzter Zeit ist eine gewisse Renaissance dieser seit über hundert Jahren genutzten, seit langer Zeit aber von Verbrennungsmotoren verdrängten Technik festzustellen. Zwei zukunftssträchtige Entwicklungen sollen besonders herausgestellt werden: Zum einen ermöglicht - ähnlich wie beim Stirlingmotor - die externe Verbrennung den flexiblen Einsatz von Brennstoffen, insbesondere die Nutzung von Biomasse. Zum anderen erlaubt der Trend zur Miniaturisierung die zukünftige Erschließung von Kleinst-KWK-Potenzialen z.B. im Wohnungsbau. Dies ist angesichts des zu erwartenden stark sinkenden Wärmebedarfs von energieeffizienten Gebäuden besonders wichtig.

Position von NRW im Technologiewettbewerb

Im Bereich der Dampfmotorentechnik sind sowohl bei der Biomasseanwendung als auch bei der Kleinst-KWK-Technologie Unternehmen aus NRW maßgeblich involviert:

In Österreich läuft ein mit Holzhackschnitzeln betriebener Dampfschraubenmotor mittlerer Leistung ($710\text{ kW}_{\text{el}}$) in weltweit erstmaliger Anwendung, dessen Prinzip von Akteuren aus dem Ruhrgebiet (Dortmund) entwickelt wurde. Hersteller von Schraubenmotor und Getriebe kommen ebenfalls aus NRW (Oberhausen).

Im sauerländischen Olsberg wird z.Zt. ein Dampf-Linearmotor im Kleinstleistungsbereich ($0,2 - 3,0\text{ kW}_{\text{el}}$) entwickelt. Derzeit werden Feldtests durchgeführt, eine Vermarktung ist bereits ab 2004 bzw. 2005 vorgesehen.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Generell führen Dampfmotoren ein Schattendasein im Vergleich zu etablierten Technologien (wie BHKWs) als auch zu anderen neuen Technologien (insbesondere der BZ). Dies führte dazu, dass trotz interessanter Ansätze und Stärken dieser KWK-Technologie der Durchbruch noch nicht gelungen ist.

Entwicklungspotenziale bestehen insbesondere noch bei der Verbesserung des elektrischen Wirkungsgrades, die deutlich unterhalb derjenigen von Verbrennungsmotoren liegen.

Bei größeren Anlagen müssen ggf. sicherheitstechnische Auflagen beim Umgang mit HD-Dampf erfüllt werden (Personalaufwand).

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Sofern der elektrische Wirkungsgrad nicht das Hauptkriterium bei der Auswahl einer KWK-Technologie ist und in Einsatzbereichen, wo bisher gar nicht oder nur mit großem Aufwand (z.B. durch Biomassevergasung) Strom und Wärme gekoppelt erzeugt werden konnten, kann der Dampf- bzw. Dampfschraubenmotor eine sehr interessante Alternative darstellen.

Dies gilt beispielsweise für die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme aus Biomasse als Alternative zur reinen Biomasseverbrennung in Heizkesseln oder aber die KWK-Nutzung in Kleinstanlagen für Einfamilienhäusern als Alternative zur ausschließlichen Wärmebereitstellung im konventionellen Erdgaskessel.

Neben dem ökologischen Nutzen kann sich - vor allem durch die verbesserten Einspeisebedingungen im novellierten EEG- und KWK-Gesetz - zusätzlich ein finanzieller Mehrwert ergeben.

Technologisch gesehen bietet insbesondere das erwähnte Konzept des kleinen 3,0 kW_{el}-Dampf-Linearmotors weitere Vorteile: Sicherheitstechnisch unbedenklich aufgrund geringer Dampfmengen (vergleichbar Espresso-Maschine); wartungsarm durch freischwingenden Kolben mit Lineargenerator (d.h. Ausführung ohne Getriebe, Lager und Ölschmierung); modulierende Fahrweise möglich; niedriges Geräuschniveau (vergleichbar Kühlschrank). Thermisch können maximal 16 kW Leistung ausgekoppelt werden, so dass für ein Einfamilienhaus die Anschaffung eines zusätzlichen Spitzenheizkessels entfällt.

Für größere Anlagen hat der *Dampfschraubenmotor* (s.o.) Vorteile gegenüber dem Dampfmotor, da dieser besonders robust ist und eine Dampfexpansion bis in das Nassdampfgebiet erlaubt.

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Die beiden aufgezeigten innovativen Konzepte sollten in NRW unterstützt und weiterentwickelt werden.

Die Nutzung des Dampfschraubenmotors mittlerer Größe kann - als Alternative zur reinen Biomasseverbrennung - in Konzepte zur Nah- und Fernwärmeversorgung (in größeren Siedlungen, Gewerbebetrieben, Schulzentren, Schwimmbädern etc.) eingebunden werden und somit der Biomassenutzung in NRW neue Impulse geben. Mit der Holzabsatzförderrichtlinie der Landesforstverwaltung NRW (Hafö 2003)¹⁷ ist bereits ein

¹⁷ Holzabsatzförderrichtlinie Hafö 2003: Richtlinien über die Gewährung von Zuwendungen zur Verbesserung der Verarbeitungs- und Vermarktungsbedingungen forstwirtschaftlicher Erzeugnisse und des Einsatzes von Holz bei der energetischen Verwertung

Förderrahmen gesteckt und der politische Wille zur strategischen Entwicklung der (Holz-)Biomassepotenziale dokumentiert.

Die Entwicklung des Kleinst-Lineardampfmotors durch ein nordrhein-westfälisches Klein-Unternehmen ist eine deutschlandweite Premiere. Wenn die Ergebnisse des z. Zt. laufenden Feldtests positiv ausfallen, dann ergeben sich außerordentlich große KWK-Anwendungs- und Wachstumspotenziale im Wohnungsbau und gewerblichen Bereich, sofern es gelingt, in Serienfertigung marktfähige Anlagenpreise zu erzielen.

3.4 Geothermische Stromerzeugung

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

Die Hot-Dry-Rock-Technologie (HDR) bietet umfangreiche ökologische und ökonomische Potenziale für Anwendungen sowohl in NRW als auch in Exportmärkten.

Tab. 3-8: Funktion und Bedeutung von HDR-Kraftwerken im Energiesystem

Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme/Kältesystem	sonstige Funktionen	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
Grund- und Mittellast Beitrag zur Stromerzeugung: mittelfristig 5% möglich Einbindung ins Mittel-/Hochspannungsnetz	Temperaturbereich NT<200°C: <ul style="list-style-type: none"> • Raumwärme / Warmwasser • Dampf • Heißluft • Kälte 		regenerative Stromerzeugung im Grund- und Mittellastbereich, kurzzeitig auch Spitzenlast möglich, da schnell regelbar Beitrag zur Versorgungssicherheit, da unabhängig von fossilen Brennstoffen

Position von NRW im Technologiewettbewerb

Das Land hat mit der vorhandenen Kompetenz und Bohrtechnologie aus dem Kohlebergbau, mit der Landesinitiative Geothermie und mit verschiedenen geothermischen Institutionen und Forschungseinrichtungen gute Voraussetzungen für einen Einstieg in die HDR-Technologie. Auch Fachfirmen für die Erstellung des oberirdischen Teils einer solchen Anlage und für die Wärmenutzung sind in NRW angesiedelt. Generalunternehmer, die ein solches Projekt leiten und koordinieren könnten, sind ebenso in NRW vertreten. Es werden allerdings nicht alle Kerntechnologien in NRW hergestellt. So befinden sich die Fachfirmen zur Erstellung des Wärmetauschers in Niedersachsen, die Komponenten zur Verrohrung kommen überwiegend aus der Schweiz.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Es besteht noch F&E-Bedarf zur Optimierung vor allem bei der Errichtung und dem Betrieb leistungsfähiger untertägiger Wärmetauscher sowie bei den Werkstoffen zur besseren thermischen Anbindung bzw. Entkopplung des Wärmetauschers und der Sonden.

Mit der Errichtung eines HDR-Kraftwerks sind hohe Investitionskosten verbunden und das finanzielle Risiko von Fehlbohrungen ist nicht abgesichert. Hier wäre ein Fonds, in den alle Beteiligten einzahlen, zur Absicherung denkbar. Auch eine Fündigkeitsversicherung, wie sie in Unterhaching pilothaft abgeschlossen wurde, ist eine denkbare Lösung dieses Problems.

Ein HDR-Kraftwerk ist als KWK-Anlage dort besonders sinnvoll, wo auch Wärmeabnahme erfolgt, und steht damit in Standortkonkurrenz zu Biomasse und konventionellen KWK-Techniken. Der Ausbau von Nah-/Fernwärmenetzen fördert also auch die Geothermie bzw. ist umgekehrt essentiell für die möglichst breite Nutzung der

geothermischen Stromerzeugungspotenziale, deren Ausbeute in der Regel nur mit Wärmeauskopplung wirtschaftlich erscheint.

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Im Moment sind die Strom- und Wärmegestehungspreise zwar noch nicht konkurrenzfähig zu konventionellen Alternativen, aber schon recht nahe an der Wirtschaftlichkeit. Bei leicht steigenden Energiepreisen wäre ein HDR-Kraftwerk ohne Förderung wirtschaftlich. Diese Lücke schließt seit kurzem das EEG mit einer Einspeisevergütung für geothermisch erzeugten Strom, abgestuft von 15,00 Cent/kWh bei Anlagen unter 5 MW bis zu 7,16 Cent/kWh bei Anlagen über 20 MW elektrische Leistung.

Die geothermische Stromerzeugung kann zur CO₂-freien Stromerzeugung im Bereich der elektrischen Grundlast und evtl. auch zur Mittellast beitragen. In einem dezentralen Energiesystem könnte sie daher eine ausgleichende Funktion zu anderen, ausgeprägter fluktuierenden Quellen spielen.

Die geothermische Energie wird zu den regenerativen Energien gerechnet, weil sie – in menschlichen Zeiträumen gemessen – unerschöpflich ist. Sie kann daher von dem öffentlichen Image für REG profitieren.

Mit einem aktuellen Forschungsprogramm aus dem Zukunftsinvestitionsprogramm der Bundesregierung (11 Mio. Euro für Geothermie) soll ein wesentlicher Beitrag zur Erreichung wirtschaftlicher Rahmenbedingungen geleistet werden. Geothermie wird auch in den USA stark gefördert und ist ein Teil des mit 13 Mio. US\$ geförderten REG–Ausbauprogramms in Kalifornien.

Gute Exportaussichten bestehen wegen der hohen Potenziale für den Balkan und für Osteuropa, auch sind dort die auf dem Weltmarkt führenden Amerikaner und Japaner noch nicht aktiv geworden. Die Akteure können sich dabei unter geeigneten Rahmenbedingungen eine CO₂ Gutschrift erarbeiten, d.h. Möglichkeiten zur Exportfinanzierung durch die flexiblen Instrumente des Kyoto-Protokolls.

Die derzeitigen Aktivitäten zur kombinierten geothermischen Strom- und Wärmeerzeugung in Deutschland bzw. mit deutscher Beteiligung sind in der folgenden Tab. 3-9 zusammengefasst.

Tab. 3-9: Übersicht über aktuelle Aktivitäten zur kombinierten geothermischen Strom- und Wärmeerzeugung in Deutschland bzw. mit deutscher Beteiligung

Standort / Akteur	Geothermische Leistung [MW]	Elektrische Leistung [MW]	(Geplanter) Betriebsbeginn
Bemerkungen / derzeitige Projektphase			
Neustadt-Glewe im Norddeutschen Becken (Sandstein)	6,5	0,21	2003
	Integration einer Stromerzeugungsanlage in ein bestehendes Geothermisches Heizwerk		
Groß Schönebeck im Norddeutschen Becken (Sandstein) / Geoforschungszentrum Potsdam			2004
	Probebohrungen		
Soulz-sous-Forêts	30	6	2001
	Wissenschaftliche HDR-Pilotanlage		
Bad Urach / Stadtwerke	6 - 10	1	2004/05
	HDR-Projekt, im Moment eingestellt wegen unerwarteter Bohrsatzkosten von 2 Mio. EURO		
Bruchsal	4	0,5	2004
	Nutzung hoch-saliner hochtemperierter Tiefenwässer		
Offenbach / Pfalz	25 - 30	4,8	?
	Stromerzeugung mittels eines ORC-Prozesses		
Speyer	24 - 50	5,4	2005 ?
	Erstes rein kommerzielles Projekt		
Unterhaching	16	3,9	2005
Bochum, Zentrum für Geothermie und Zukunftsenergien			?
	Machbarkeitsstudien zur Versorgung von ganzen Stadtteilen mit Strom und Wärme aus Geothermie in Gelsenkirchen, Dortmund und Castrop-Rauxel		
Bremerhaven / Versorgung des Alfred-Wegener-Instituts			
	Stromerzeugung aus Nieder-temperatur-wärme (KALINA-Cycle)		
TU Berlin / Institut für Angewandte Geowissenschaften			
	Nachweis der technisch-wirtschaftlichen Realisierbarkeit		

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Die HDR-Technologie bietet eine interessante Option zur regenerativen Stromerzeugung in NRW und in den Exportmärkten. Da die in NRW noch vorhandene Bohrtechnologie aufgrund der abnehmenden Nachfrage aus dem Kohlesektor vom Markt zu verschwinden droht, besteht dringender Handlungsbedarf. Dieser wird durch das aggressive Auftreten amerikanischer Akteure (z.B. durch Aufkaufen der weltweiten Bestände an Bohrgestängen) verschärft.

Um den notwendigen Entwicklungsschritt von den vorhandenen Forschungsprojekten zu einem marktnahen Prototyp zu vollziehen, müsste eine entsprechende Pilotanlage errichtet werden. Konkrete Ansatzpunkte wären dabei die Initiierung und Förderung eines Pilotprojekts unter der Leitung eines kompetenten Generalunternehmers aus NRW und Bündelung von entsprechenden F&E-Vorhaben mit dem Ziel der Standardisierung und Kostendegression. Durch die Gründung des Zentrums für Geothermie und Zukunftsenergien in Bochum und dessen erste Potenzialstudien für die Versorgung einzelner Stadtteile ist bereits ein wichtiger Schritt in diese Richtung getan worden.

Weitere Maßnahmen umfassen Landesbürgschaften oder andere Modelle, um das Risiko von Fehlbohrungen abzusichern, eine tiefen-geothermische Potenzialstudie als Voraussetzung einer optimalen Standortwahl in NRW sowie die Forschungsförderung zur Weiterentwicklung von Werkstoffen zur besseren thermischen Anbindung bzw. Entkopplung des Wärmetauschers und der Sonden.

3.5 Solarthermische Kraftwerke (Parabolrinnenanlagen)

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

Solarthermische Kraftwerke stellen eine vergleichsweise effektive und kostengünstige Stromerzeugungsoption aus Solarenergie dar, die in sonnenreichen Regionen (hoher Direktstrahlungsanteil) weltweit über ein hohes Potenzial verfügt. Auch wenn die maßgeblich in Deutschland entwickelte Technik nicht vorrangig in unseren Breitengraden zum Einsatz kommt, ist sie außerordentlich wichtig als zukünftiger Exportartikel. Ferner kann der Import von solarthermischem Strom aus dem Mittelmeerraum über HGÜ¹⁸-Leitungen eine wichtige zukünftige Ergänzung innerhalb eines nachhaltigen Energieversorgungssystem darstellen.

In Verbindung mit thermischen Speichern oder mit fossiler Zusatzfeuerung (z.B. als GuD-Hybrid-Kraftwerk) können solarthermische Kraftwerke grundlastfähig betrieben werden.

Durch die Vielzahl möglicher solarer Kraftwerks-Technologien (Parabolrinnen-KW, Turm-KW, Dish-Stirling-System, Aufwind-KW) erschließen sich breite Anwendungsbereiche (u.a. Inselsysteme und Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung). Neue Technologien (z.B. Fresnel-linsen und SKALET-Kollektoren) sind in der Entwicklung und ebenfalls vielversprechend.

Tab. 3.10: Funktion und Bedeutung Solarthermischer Kraftwerke im Energiesystem

Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme/Kältesystem	sonstige Funktionen	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
<p>Mittel- bis Grundlast (hybrider Betrieb)</p> <p>Beitrag zur Stromerzeugung</p> <ul style="list-style-type: none"> - in Deutschland keine - weltweit im Trend verhalten, unter Klimaschutzbedingungen hoch <p>Netzeinbindung nach Deutschland über Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ)</p>	<p>KW(K)K-geeignet, alle Temperaturbereiche möglich</p> <ul style="list-style-type: none"> - Raumwärme / Warmwasser - Dampf - Heißluft - Kälte 	<p>Integrierbarkeit in Systemlösungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Multi-Fuel-Konzepte - Meerwasserentsalzung - Solare Abwasserbehandlung - Synthese von solarem Kraftstoff / Solarchemie <p>Inselsysteme</p> <p>Versorgungssicherheit</p>	<p>Langfristig zentrale Rolle in internationalen Klimaschutzkonzepten</p> <p>Klimaverträgliche Stromerzeugungsoption mit hoher Gleichmäßigkeit</p> <p>Strategische Ergänzung deutscher regenerativer Quellen durch Import von Solarstrom</p>

Position von NRW im Technologiewettbewerb

Sowohl die Errichtung der bisher bestehenden Parabolrinnenkraftwerke als auch die Analysen zur Realisierung neuer Anlagen (Turmkraftwerke) basieren wesentlich auf dem Know-How nordrhein-westfälischer Akteure aus den Bereichen Forschung, Dienstleistung und Industrie. Darüber hinaus sind zahlreiche Komponentenlieferanten in NRW beheimatet und mittlerweile werden auch Keramiken für Hochtemperaturreceiver in NRW gefertigt.

¹⁸ HGÜ = Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (verlustarme Technik zur Übertragung großer Leistungen über weite Entfernungen)

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Es bestehen noch Forschungs- und Entwicklungslücken z.B. bei thermischen Speichern, solarer Hochtemperatur-Direktverdampfung, effizienter Einkopplung in den konventionellen Kraftwerksteil (solare Heißluft- bzw. Brenngaserzeugung für GuD-Kraftwerke).

Ein hoher absoluter Finanzierungsbedarf für die Errichtung der Kraftwerke und die noch fehlende Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu konventionellen Alternativen erschweren bei derzeitig alles in allem moderaten Energieträgerpreisen die Markteinführung. Trotz der weitgehend ausgereiften Parabolrinnen-Technik sind seit Mitte der 80er Jahre (Errichtung von neun Anlagen mit insgesamt 354 MW_{el} in Kalifornien) deshalb keine Kraftwerke mehr gebaut worden. Eine kommerzielle Demonstration der übrigen Technologien (Turm-KW, Dish-Stirling-System, Aufwind-KW) steht bisher noch aus.

In den potenziellen Zielländern bestehen zudem z.T. noch große administrative Hemmnisse in Bezug auf den gesamten Planungsprozess (Beantragung, Ausschreibung, Genehmigung etc.) und die Netzeinbindung dieser noch nicht etablierten Technologie.

Geringe öffentliche Ausstrahlung und Schattendasein gegenüber der photovoltaischen Stromerzeugung, dazu auch ungeklärte Akzeptanz des Baus von HGÜ-Leitungen für den Stromtransport aus sonnenreichen Gegenden nach Deutschland sind weitere Gründe für die zögerliche Entwicklung.

Im Vergleich zu anderen Technologien finden - mit Ausnahmen wie der kostendeckenden Einspeisevergütung in Spanien - bisher kaum spezifische Förderungen des Endproduktes Strom in Ländern mit hohem Solarenergiepotenzial statt. Allerdings sind für die Errichtung der Anlagen selber Fördermöglichkeiten in verschiedener Form gegeben (z.B. KfW, GEF).

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Es besteht eine deutlich geringere Wirtschaftlichkeitslücke gegenüber der solaren Stromerzeugung aus Photovoltaik. Dazu ergeben sich erweiterte Möglichkeiten durch Einkopplung solarthermischer Energie in hybriden Kraftwerkskonzepten (z.B. REFOS-Konzept: hocheffiziente Solarturmanlagen mit volumetrischem Druckreceiver zur solaren Hochtemperatur-Einspeisung in GuD-Anlagen).

Mehr als 50 weitgehend ausgearbeitete Machbarkeitsstudien für verschiedenste Standorte und diverse konkrete Finanzierungs-/Förderzusagen seitens der Weltbank (über die Global Environmental Facility: GEF) und der KfW existieren bereits, so dass bei einer grundsätzlichen Verbesserung der politischen Rahmenbedingungen zahlreiche Projekte kurzfristig umgesetzt werden könnten.

Die Verabschiedung einer kostendeckenden Einspeiseregelung für Strom aus solarthermischen Kraftwerken durch den spanischen Ministerrat¹⁹ ebnet den Weg für die Realisierung der beiden ersten kommerziell in Europa betriebenen Parabolrinnenkraftwerke (AndaSol 1 und 2 mit 2 x 50 MW_{el} in der Provinz Granada/ Spanien,

¹⁹ Das Gesetz vom September 2002 mit ergänzendem Dekret vom März 2004 gewährt eine Einspeisevergütung von rund 22 Cent/kWh_{el}.

Baubeginn 2004²⁰). Verbesserte energiepolitische Rahmenbedingungen wurden mittlerweile auch in sonnenreichen Staaten der USA (Kalifornien mit dem „Energy Action Plan“ vom Mai 2003, Nevada, Texas, New Mexiko und Arizona) geschaffen. Der sogenannte „Renewable Portfolio Standard“ verpflichtet Stromversorger, einen bestimmten, ansteigenden Anteil der Elektrizität aus erneuerbaren Energien zu erzeugen und anzubieten. Auch auf amerikanischer Bundesebene wird die Solarthermie unterstützt. Kongress und Senat haben 2002 ein Budget für solarthermische Kraftwerksentwicklung bewilligt und die Energiebehörde, das Department of Energy (DOE), aufgefordert, ein Programm zum Bau von Solarkraftwerken mit einer Leistung von 1.000 MW_{el} im Südwesten der USA zu verabschieden.

Deutsche Unternehmen entwickeln gemeinsam mit Investoren und weiteren Industriepartnern neue Solarkraftwerksprojekte in Griechenland, Marokko, Ägypten, Algerien, Jordanien, Indien, Mexiko und im Iran²¹. Die Mitfinanzierung von konkreten Projekten geschieht z.T. in offenen Publikumsfonds.

Die Aufnahme der solarthermischen Kraftwerke als wichtiges strategisches Feld in die Energieforschung im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms des Bundes (ZIP) ist ein weiteres positives Signal (Fördervolumen: 10,5 Mio. Euro). Ziel war unter anderem die Entwicklung einer deutschen Schlüsseltechnologie für den Absorber im Parabolrinnenkraftwerk (Absorberrohr), die bisher nur im Ausland hergestellt wurde. Die im Rahmen des ZIP geförderten Projekte befinden sich derzeit in der Abschlussphase.

Relativ einfache Kraftwerkstechnik mit guten Einsatzmöglichkeiten in Entwicklungs- und Schwellenländern prädestinieren den Einsatz solarthermischer Kraftwerke vor allem mit Blick auf die klimaverträgliche Deckung bestehender Versorgungslücken und die Versorgung von „Mega-Cities“ (Grundlastfähigkeit).

Hohe Synergieeffekte können sich durch die Verknüpfung der Stromerzeugung mit anderen Problemfeldern (Meerwasserentsalzung, Klimatisierung, Wärmeauskopplung) ergeben: In Empoli / Italien wird z.Zt. ein kleines Solarturmkraftwerk zur dezentralen Versorgung eines Krankenhauses mit Strom, Wärme und Kälte gebaut. Im Erfolgsfall könnten sich mit diesem modularen System - ebenso wie mit den für die dörfliche Stromversorgung prädestinierten und bereits demonstrierten Dish-Stirling-Systemen - bedeutende Exportmärkte für Inselsysteme eröffnen. In einem großen Hotel in der Türkei wurde eine von einem in NRW ansässigen Unternehmen entwickelte und auf Parabolrinnentechnik basierende solare Klimatisierungsanlage in Betrieb genommen. Die Anlage kühlt das Hotel, heizt das Schwimmbad und trocknet mit Dampf die Hotelwäsche. Die mit dem internationalen R.I.O.-Innovationspreis 2004 ausgezeichnete Technik soll

²⁰ Auf der Renewables 2004 in Bonn wurde im Beisein des Bundesumweltministers ein Rahmenvertrag zur Lieferung von solarthermischen Absorbern für die beiden AndaSol-Kraftwerke in Höhe von 40 Mio. EUR zwischen dem deutschen Projektentwickler (Solar Millennium AG, Erlagen) und der deutschen Schott-Rohrglas GmbH (Mitterteich) ratifiziert. Das Technologie-Unternehmen Flagsol GmbH in Köln ist für das Design, die ingenieurtechnische Auslegung, das Engineering und die Bauüberwachung verantwortlich.

²¹ u.a. das Parabolrinnen-Kraftwerksprojekt THESEUS auf der Insel Kreta/Griechenland (50 MW_{el}); Solar / Gas-Kombi-Kraftwerksprojekte in Kuraymat / Ägypten (135 MW_{el}), Ain-Benimathar / Nordost-Marokko (180 MW_{el}) und Yazd / Zentral-Iran (400 MW_{el}); Aufwind-Kraftwerksprojekte in Ägypten und in Dubai / Vereinigte Arabische Emirate (100 MW_{el})

schon bald in Serie produziert werden und verspricht Amortisationszeiten von nur wenigen Jahren.

Insgesamt herrscht im weltweiten Vergleich bei deutschen Unternehmen ein einmalig hoher Kenntnisstand bei Systemdesign, Kernkomponenten und wichtigen Nebenaggregaten, erst allmählich steigt auch in anderen Ländern das Interesse, sich ebenfalls mit dieser Technologie zu beschäftigen.

Als ein wichtiger politischer Schritt ist die auf der Renewables 2004 in Bonn verabschiedete „Initiative zur Markteinführung solarthermischer Kraftwerke“ („Global Market Initiative“ - GMI) anzusehen. Ziel der Initiative ist das Erlangen der Marktreife innerhalb von rund zehn Jahren (Aufbau von 5.000 MW_{el} bis zum Jahr 2015) mittels geeigneter Gesetzgebungen, Anreizprogramme (u.a. zur Förderung der Einspeisevergütungen im nationalen, transnationalen und interkontinentalen Stromaustausch), CO₂-Zertifikate und bi- und multilaterale Finanzierungsprogramme. Partner der Initiative sind bedeutende Institutionen wie ESTIA, SolarPACES, SEIA, Global Environmental Facility der Weltbank, UNEP, UBA und KfW²². Darüber hinaus wurden vom deutschen Umweltministerium Vereinbarungen mit verschiedenen Ländern unterschrieben, gemeinsam eine Verbesserung der energiepolitischen Rahmenbedingungen für den Betrieb von solarthermischen Kraftwerksanlagen anzustreben.

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Das Konzept der solarthermischen Kraftwerke steht an der Schwelle zur Kommerzialisierung und bietet vielfältige Anwendungsmöglichkeiten mit lukrativen Marktchancen. Kommt es zu einem Markteintritt und einer späteren Marktdurchdringung, ist damit ein nennenswertes Arbeitsplatzpotenzial verbunden. Da die Standortentscheidungen für die in Zukunft benötigten Produktionsanlagen z.T. noch offen sind, ergibt sich die Chance, gute Standortbedingungen und Anreize für die Unternehmen zu schaffen. Für NRW sind dabei insbesondere Chancen im Bereich der Komponentenfertigung (z.B. Spiegel, keramische Receiver) und der Gesamtanlagenplanung zu sehen. Hier gilt es im Dialog mit den relevanten Unternehmen frühzeitig das Interesse des Landes zu demonstrieren und durch, die Markteinführung begleitende Maßnahmen (Workshop, Systemstudien) zu flankieren. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Analyse der zusätzlichen Finanzierungsmöglichkeiten durch die Ausschöpfung der flexiblen Instrumente des Kyoto-Protokolls (JI und CDM), Bürgschaften und Exportkreditfinanzierungen sowie publikumsoffene Fondslösungen. Letztlich kommt der Demonstration der Anlagentechnik im eigenen Land – trotz der nicht optimalen solaren Einstrahlungsbedingungen – eine entscheidende Bedeutung zu. Projekte mit Demonstrationscharakter (kleine Anlagenleistung) sollten daher unterstützt werden²³.

²² ESTIA (European Solar Thermal Power Industry Association); SolarPACES (internationale Organisation zur Förderung von Concentrating Solar Power and Chemical Energy Systems); SEIA (U.S. Solar Energy Industries Association); UNEP (United Nation Environment Programm); BMU (Bundesministerium für Umwelt und Naturschutz); KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau)

²³ Die Möglichkeiten der Errichtung eines Demonstrationskraftwerkes (Basis: keramischer Hochtemperaturreceiver) in NRW werden derzeit im Rahmen einer Vorstudie mit finanzieller Unterstützung des BMU untersucht.

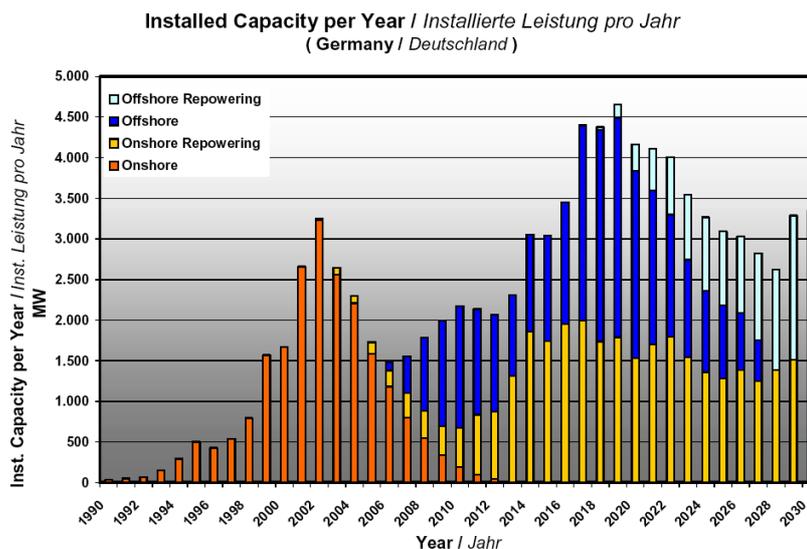
3.6 Windenergie (Großanlagen)

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

Unter den erneuerbaren Energien ist die Windenergie eine der kostengünstigsten Stromerzeugungsoptionen bei zugleich sehr hohen nationalen wie auch internationalen Potenzialen. Mit der Offshore-Windenergienutzung und dem Repowering im Onshore-Bereich stehen zwei viel versprechende neue Märkte am Anfang der Entwicklung.

Eine im Frühjahr 2004 veröffentlichte Studie des DEWI²⁴ prognostiziert für Deutschland - nach einer vierjährigen Schrumpfungsphase - ab 2008 wieder ein lang anhaltendes Wachstum, welches zu noch größeren Zubauraten führen wird als im bisherigen Rekordjahr 2003. Wie in Abb. 3-3 zu erkennen ist, beruht der Zuwachs insbesondere auf den in 2003 erstmalig in nennenswertem Umfang eingeleiteten Ersatz von Altanlagen (Onshore-Repowering) in Verbindung mit der beginnenden Erschließung der Offshore-Potenziale ab etwa 2006.

Abb. 3-3 Entwicklung der jährlich installierten Windkraftleistungen in Deutschland (Prognose bis 2030)

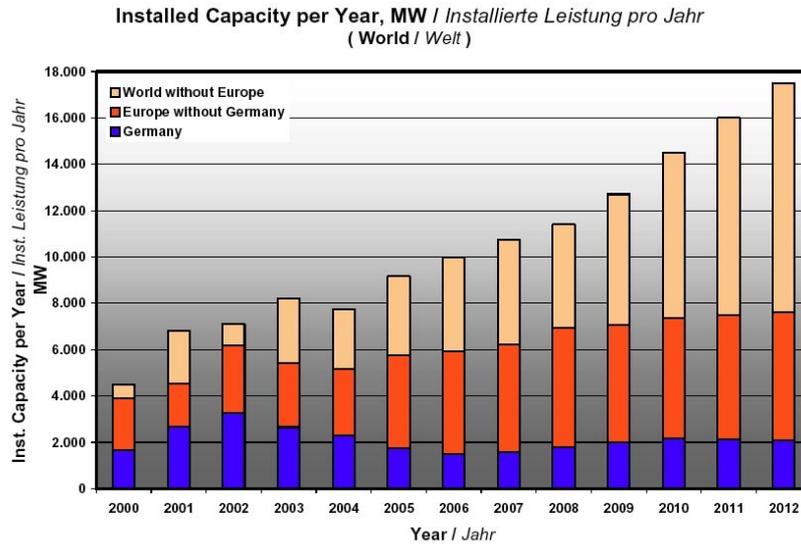


[Grafik: Hamburg Messe und Congress GmbH]

Die Ergebnisse der Studie zeigen ferner, dass auch in den zunehmend wichtiger werdenden Exportmärkten europa- und weltweit mit starken Wachstumsraten zu rechnen ist: Abb. 3-4 dokumentiert die Erwartung mindestens einer Verdoppelung der Zubauleistung innerhalb der nächsten acht Jahre.

²⁴ Die Ergebnisse der „Windenergy-Study 2004“ des Deutschen Windenergie-Instituts GmbH (DEWI) im Auftrag der Hamburg Messe und Congress GmbH beruhen auf Befragungen von in der Windbranche tätigen Firmen zur mittel- bis langfristigen Markteinschätzung.

Abb. 3-4 Entwicklung der jährlich installierten Windkraftleistungen weltweit (Prognose bis 2030)



[Grafik: Hamburg Messe und Congress GmbH]

Tab. 3.11: Funktion und Bedeutung der Windenergie im Energiesystem

Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme/Kältesystem	sonstige Funktionen	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
Vorwiegend Substitution von Mittellaststrom Beitrag zur Stromerzeugung: - ca. 3 % (2002), Trend: steigend - Klimaschutz: massiv steigend Einbindung in das Mittelspannungsnetz, bei großen (Offshore-)Windparks auch Hochspannungsnetz	keine	Integrierbarkeit in dezentrale Inselsysteme Blindleistungskompensation / Netzstabilisierung Hybridsysteme: - mit GuD als Base-load - mit Diesel als Stand-alone - mit Meerwasserentsalzungsanlage	Heimischer Energieträger Strategischer Eckpfeiler für eine klimaverträgliche Energieversorgung in Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländern

Position von NRW im Technologiewettbewerb

In NRW ist nur ein Hersteller beheimatet (deutscher Marktanteil 2003: rund 5 %), wobei dieser im wesentlichen nur seinen Geschäftssitz in NRW hat, während die Fertigung in Rostock erfolgt. Dagegen weist NRW eine breite Palette an Komponentenlieferanten, Projektentwicklern und sonstigen Dienstleistern²⁵ im Umfeld der Windenergie auf. Zudem

²⁵ u.a. ein Mess- und Prüfinstitut für Windenergieanlagen und Anbieter eines breiten Spektrums von Dienstleistungen, Gutachten und Beratung im Bereich der Windenergie (unterstützt durch das Land NRW über die Landesinitiative Zukunftsenergien)

besteht ein wichtiger Anknüpfungspunkt über die Grundstoffindustrie (vor allem die Stahlindustrie)²⁶.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

F&E-Bedarf bei 5 MW-Anlagen und Sonderanwendungen (z.B. Hybrid- und Inselsysteme, Systemlösungen für schwieriges Gelände, Rotortechnik für Meeresströmungskraftwerke).

Technische bzw. ökonomische Probleme bei der Netzeinbindung (Kapazität, Anpassung an Netze, fluktuierendes Windangebot) und bei Windanlagenkomponenten (insbesondere Schäden an Getriebe und Rotorblättern).

Wachsende Widerstände vor allem gegenüber der Onshore-Nutzung der Windenergie (allein in NRW bestehen 150 Bürgerinitiativen gegen den Ausbau der Windkraftnutzung).

Abhängigkeit des nationalen Marktes (vor allem des Anfangsmarktes der Offshore-Nutzung) von energiepolitischer Unterstützung.

Fehlendes Kapital in potenziellen Exportmärkten mit hohem Windenergiepotenzial.

Erfahrungsvorsprung anderer Länder (bes. Dänemark) in der praktischen Offshore-Nutzung und auf Exportmärkten (inkl. Aufbau eines weltweiten Vermarktungsnetzwerkes).

Vielfältig schon gegründete Forschungsnetzwerke in anderen Bundesländern (z.B. ForWind in Niedersachsen, Kompetenzzentrum Schleswig-Holstein) mit dem Versuch ein eigenständiges Profil zu bilden

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Vergleichsweise kostengünstige Stromerzeugungsoption aus erneuerbaren Energien.

Einstieg international erfolgreicher Großunternehmen in den Kraftwerkmarkt und damit Anknüpfung an international etablierte Vermarktungsstrukturen. Energiepolitisch positives Klima für die Windenergie durch das Ziel der Bundesregierung und der EU Kommission, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung in Deutschland bzw. in Europa bis 2010 zu verdoppeln²⁷.

Mit dem Repowering steht die Möglichkeit einer weiteren – unter Landschaftsaspekten schonenden - Leistungserhöhung auch in schon stärker mit Windenergiekonvertern durchsetzten Gebieten zur Verfügung²⁸.

Erfahrungen heimischer Hersteller in für Exportmärkte relevanten spezifischen robusten Anwendungen (hohe Windgeschwindigkeiten, raues Gelände).

²⁶ Kommt es zu einer Realisierung der optimistischen Ausbauprogramme der Offshore-Windenergienutzung, kann dies einen nennenswerten Impuls auf die Stahlnachfrage haben. Für die Produktion von 4.000 Anlagen der 5 MW-Klasse kann eine Stahlnachfrage von rund 12 Mio. t veranschlagt werden, dies ist insgesamt etwa 26 % der derzeitigen deutschen Jahresproduktion.

²⁷ EU-Ziel: 12% Anteil erneuerbarer Energien bis 2010

²⁸ Als Faustformel kann hier gelten: Halbierung der Anlagenzahl bei einer Vervielfachung der Leistung im Ersatzfall. Bei einem Ersatz der 2.200 bis 1995 installierten Windenergiekonverter ermittelt sich hieraus ein Zubaupotenzial von rund 1.500 MW.

Internationale Klimaschutzbemühungen (Kyoto-Protokoll) bieten neue Finanzierungsmöglichkeiten für Export durch flexible Instrumente (JI, CDM).

International verstärken sich die Einsatzbemühungen erneuerbarer Energien, insbesondere der Windenergie, und erlangen mehr und mehr energiepolitische Unterstützung auf breiter Front (z.B. im Rahmen der Renewables 2004 in Bonn). Hierdurch können nicht nur regional zusätzliche Märkte entstehen, sondern auch ganz neue Nachfrageformen. Erfolgversprechend erscheinen so z.B. auch Second Hand Märkte für Windkraftwerke, die zudem das Repowering im heimischen Markt verstärken.

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Aufgrund der gegebenen Akteursstruktur und der zunehmenden geografischen Entfernung von den heimischen Zukunftsmärkten liegt die große Chance des Landes in der Stärkung der Zulieferindustrie und der Unterstützung des Aufbaus effizienter Exportstrukturen (für die heimischen Komponentenlieferanten aber auch die Projektentwickler). Als strategische Optionen bietet sich eine Fokussierung auf den Exportmarkt an. Ziel sollte es sein, strategische Allianzen mit Produzenten zu etablieren und so die vorhandene Zulieferindustrie und Dienstleister zu stärken. Ansatzpunkte sind:

- Internetdatenbank mit Informationen über potenzielle Auslandsmärkte (Windenergie Potenziale, relevante energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen und wichtige Akteure) als Ergänzung zu nationalen Angeboten z.B. im Rahmen der Exportinitiative der Deutschen Energie Agentur (dena)
- Das Initiieren von Gemeinschaftsaktionen der Zulieferindustrie „Der Komponentenmarkt NRW – alles aus einer gemeinsamen Hand“ mit Blick auf nationale und internationale Partner
- Die Unterstützung der Kooperation mit ausländischen Herstellern durch die bestehenden Außenwirtschaftsbeziehungen (Gemeinschaftsmessestände) und die Entwicklung neuer Informations- und Kooperationsstools (z.B. Internetportal und länderspezifische Kooperationsbörsen auf der Internetplattform der Landesinitiative Zukunftsenergien)
- Unterstützung von System- und Marktstudien für Entwicklungs- und Schwellenländer (Systemlösungen mit Windenergie, Übersicht Finanzierungsformen) und Entwicklung entsprechender technischer Angebote für die Zukunftsmärkte (z.B. Versorgung netzferner Regionen)
- Bereitstellung der notwendigen Informationen und offensives Bewerben von Finanzierungsmöglichkeiten durch JI und CDM
- Offensive Förderung der Verbreitung von effizienten, in Deutschland wirksamen Fördermechanismen (z.B. EEG, REN-Programm) in Zielländer für Technologieexporte, insbesondere in Länder mit traditionell guten Kontakten zum Land NRW (bi- / multilateraler Aktionsplan)
- F&E-Unterstützung im Bereich der Netz- und Systemintegration (Optimierung von Windprognosesystemen, Entwicklung von Speichersystemen etc.)
- Sicherung von bestehenden Standorten durch Unterstützung der Bemühungen, ein Vorrangrecht für Altanlagenbesitzer im Baugesetz zu verankern

- Prüfung der Notwendigkeit (mit definierten Kriterien), die Kompetenzen des Landes in Forschungsnetzwerken ziel-/themenorientiert zu bündeln
- Stärkung der Kompetenz in Sonderanwendungen (z.B. Insel- und Hybridsysteme) und Systemlösungen durch die Unterstützung spezifischer Forschungsprogramme
- Frühzeitiges Entwickeln von neuen Dienstleistungsangeboten (z.B. Bewertung von Altanlagen im Second Hand Markt)
- Ausbau der Qualifizierungs- und Weiterbildungsangebote zur Deckung des Fachkräftebedarfs (in Kooperation mit den Unternehmen), Angebot von Vertiefungsstudiengängen mit spezifischem Profil (Energiesystemanalyse, Projektentwicklung) als wichtiges Standortargument für die Ansiedlung in diesem Bereich tätiger Unternehmen.
- Verstärkung angrenzender Aktivitätsfelder (z.B. Aufbau Netztechnik / Systemangebote / Konzepte auf Basis des umfangreichen NRW-Know-Hows in diesem Feld (s. Kap. 3.11)

3.7 Photovoltaik

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

Die Photovoltaik (PV) ist eine nachhaltige und vielseitig anwendbare Energietechnik. Sie hat langfristig – national wie international – ein hohes Klimaschutzpotenzial und kann insbesondere entscheidend zur Elektrifizierung von nicht stromversorgten Gebieten in Schwellen- und Entwicklungsländern beitragen.

Tab. 3.12: Funktion und Bedeutung von PV-Anlagen im Energiesystem

Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme/Kältesystem	sonstige Funktionen	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
Angebotsabhängige Substitution vor allem von Mittel- und Spitzenlast Beitrag zur Stromerzeugung in D <ul style="list-style-type: none"> • Heute: ca. 0,03% • bis 2010 <0,3%, d.h. absolut geringe Beiträge aber hohe Steigerungsraten Einbindung ins Niederspannungsnetz, vereinzelt auch Mittelspannungsnetz	Im Raumwärmebereich ggf. als sommerlicher Überhitzungsschutz	Dezentrale Versorgung Verwendung als Bauelement (Dach, Fassade) möglich Basiselektrifizierung in Schwellen- und Entwicklungsländern	Erschließung der solaren Energiepotenziale Heimischer Energieträger Stärkung dezentraler Versorgungsstrukturen Minderungspotenziale für: <ul style="list-style-type: none"> - Treibhausgase - Luftschadstoffe

Position von NRW im Technologiewettbewerb

Mit Ausnahme der Siliziumscheiben-Produktion ist die gesamte Wertschöpfungskette der PV-Industrie in NRW vertreten. Die Anzahl der Akteure und die volkswirtschaftliche Bedeutung nimmt dabei in Richtung Endkunden stark zu. Im Bereich Solarzellen gibt es in NRW einen international bedeutsamen Hersteller von polykristallinen Solarzellen (Produktionsanteil in Deutschland schätzungsweise 8 %), der seine Produktionskapazität zuletzt auf 25 MW_p erhöht hat. Im Bereich Solarmodule sind dagegen mehrere Hersteller in NRW beheimatet, die zusammen einen Anteil von etwa 10 % an der Gesamtproduktion in Deutschland haben. Zudem haben bedeutsame Firmen ihren Sitz in NRW, die über ihre Firmenbeteiligungen einen nennenswerten Einfluss auf wichtige deutsche Hersteller von Silizium-Scheiben, Solarzellen und Wechselrichtern haben.

Die Stärken der PV-Industrie in NRW liegen insbesondere im Bereich von Sondermodulen, Architekturwendungen und Gebäudeintegration. Dagegen sind die eher mittelständisch geprägten Sektoren elektronische PV-Komponenten, Systemtechnik und Fertigungstechnik insgesamt nur schwach vertreten. Die Dünnschicht-Technologien, wie z.B. a-Silizium-, CdTe- oder CIS-Solarzellen, innovative Zellstrukturen und Farbstoffzellen spielen derzeit in der nordrhein-westfälischen PV-Industrie keine Rolle.

Allerdings hat NRW im letztgenannten Bereich (Farbstoffzellen, auch unter Grätzelzelle bekannt) eine gute Position bei der Forschung und Entwicklung. Die Stärken der nordrhein-westfälischen Forschung und Entwicklung liegen darüber hinaus insbesondere

im Bereich von Silizium-Dünnschichtzellen, Silizium-Materialkunde und Messtechnik. Die ehemals sehr stark beforschten Bereiche Solar-Silizium und Silizium-Scheiben sind durch den Rückzug der treibenden Kraft (Bayer AG) aus dem PV-Geschäft und die Verlagerung der zugehörigen Tätigkeiten außerhalb von NRW deutlich geschwächt worden. Das in diesem Zusammenhang in der Forschungslandschaft aufgebaute Know-How könnte aber noch eine gewisse Zeit lang als möglicher Standortvorteil für zukünftige Firmenansiedlungen dienen.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Zu hohe Produktions- bzw. Stromgestehungskosten: Die PV gehört derzeit (noch) zu den teuersten Technologien der umweltfreundlichen Stromerzeugung auf der Basis von Erneuerbaren Energien (ca. 0,60 - 0,90 €/kWh²⁹). Weiterhin fehlt in Exportmärkten mit hohem Solarenergiepotenzial (z.B. Afrika) oft das erforderliche Investitionskapital. Der PV-Markt ist damit weiterhin in starkem Maße von Fördergeldern bzw. Einspeisevergütungen abhängig.

Die Stromerzeugung via PV ist vergleichsweise flächenintensiv, allerdings bestehen hohe Potenziale auch außerhalb der Belegung von Freiflächen, z.B. auf Dach- und Fassadenflächen.

Eine nennenswerte Kostendegression ist von weiteren technischen Entwicklungen (Zellen und Herstellungsprozess), aber vor allem auch von einer stufenweisen Erhöhung der Produktionskapazitäten abhängig. Die potenziellen Produzenten müssen hierfür hohe Vorleistungen aufbringen.

Die Verfügbarkeit und die Kosten von, für die PV geeignetem, Silizium (Solar-Silizium) sind gegenwärtig noch vollkommen abhängig von der technischen und wirtschaftlichen Entwicklung bei den Herstellern von *Prime-Silizium* und der Elektronikindustrie. Mit der Inbetriebnahme von ersten großtechnischen Produktionsanlagen für Solar-Silizium ist nicht vor Ende 2005 zu rechnen. Die geplanten Standorte – z.B. Antwerpen (Joint Solar Silicon³⁰) – liegen außerhalb von NRW.

Die bestehenden technischen Regeln/Anforderungen für den Netzanschluss von PV-Anlagen können von den zuständigen Akteuren unterschiedlich ausgelegt und gehandhabt werden.

Zunehmend drängen (neue) Solarmodulanbieter aus Asien – vor allem Japan – auf den europäischen und deutschen Markt, die Solarmodule zu deutlich günstigeren Preisen als heimische Hersteller anbieten. Dadurch geraten die Ausbaupläne der europäischen Hersteller unter Druck.

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Das positive Image der PV (Symbolkraft der Solarenergienutzung) und die Sichtbarkeit von PV-Anlagen fördert die Verbreitung und die Marktentwicklung. Hinzu kommt die geräuschlose und (bei netzgekoppelten Anlagen) wartungsarme Betriebsweise.

²⁹ Für Anlagen im kWp-Bereich und in Mitteleuropa (Stand 2002).

³⁰ Joint Venture von Solarworld und Degussa

Im Vergleich zu den anderen Bundesländern verfügt NRW über das größte technische Stromerzeugungspotenzial für PV auf Hausdächern. Zudem kann NRW auf eine lange und erfolgreiche Fördertradition (REN-Programm) in diesem Bereich zurückblicken.

Die politisch geplanten Ausbauziele in Deutschland, der EU, den USA und in Japan sowie die bestehenden Förderprogramme insbesondere für die Markteinführung sorgen für anhaltend hohe Wachstumsraten. Von besonderer Bedeutung ist hierbei die Einspeisevergütung von PV-Strom aus netzgekoppelten PV-Anlagen nach dem Erneuerbaren Energie Gesetz³¹ (EEG) in Deutschland, die Deutschland zum wichtigsten PV-Markt in Europa macht. Hinzu kommen staatliche Förderprogramme auf Bundes-, Länder- und kommunaler Ebene (insbesondere das REN-Programm in NRW).

Verbesserte Rahmenbedingungen für Netzanschlussbegehren durch die verabschiedete EEG-Novelle für die Photovoltaik (Vorschaltgesetz, Anfang 2004). Zu den positiven Veränderungen gehören u.a.³²:

- Definition des Stromnetzes (inkl. Stickleitung), mit der Folge, dass die Kosten für eine Netzverstärkung im Regelfall zu Lasten des Netzbetreibers gehen
- Netzanschluss auch bei zeitweise vollständig mit REG-Strom belasteten Netzen erlaubt, wenn Anlage technisch drosselbar ist (Stand der Technik)
- EEG-Anlagen genießen Vorrang vor allen anderen (dezentralen) Stromerzeugungsanlagen, insbesondere was die verfügbare Netzanschlusskapazität angeht
- Beschleunigung von Ansprüchen der Anlagenbetreiber durch Erleichterung der Durchsetzung von einstweiligen Anordnungen für vorläufigen Netzanschluss

Die PV-Industrie ist aufgrund ihrer hohen Wachstumsraten und der steigenden Nachfrage nach dem Rohstoff Silizium mittlerweile aber auch zu einem wichtigen Standbein der Siliziumhersteller geworden (vgl. oben). Dies hat zum einen zur Reservierung von Produktionskapazitäten für die PV-Industrie geführt. Zum anderen arbeiten manche Siliziumhersteller (z.B. Wacker Siltronic, Burghausen) nun verstärkt an neuen Produktionsverfahren/-anlagen für Solarsilizium.

Internationale Klimaschutzbemühungen (Kyoto-Protokoll) bieten neue Finanzierungsmöglichkeiten für das Erschließen von Exportmärkten durch flexible Instrumente (JI, CDM).

³¹ Während die Vergütungssätze für PV-Strom – nach Auslaufen des 100.000 Dächer Programms – bereits Anfang 2004 deutlich verbessert wurden (Vorschaltgesetz), wurde die Novellierung des EEG Mitte Juni 2004 vom Bundestag beschlossen.

³² Photon Mai 2004, S.88ff

Fazit - Strategische Handlungsoptionen für NRW zur Realisierung des Potenzials

Die Akteure im Land NRW verfügen in dem wirtschaftlich wie technologisch dominanten Bereich der konventionellen PV-Technik auf Si-Basis (Weltmarktanteil über 89 %) über eine gute Wettbewerbsposition. Diese Situation kann durch Fortsetzung und Weiterentwicklung des bisherigen Engagements gehalten werden. Konkrete Optionen sind:

- Beibehaltung des – das EEG flankierenden – erfolgreichen Breiten-Förderprogramms REN und hier insbesondere der bevorzugten Förderung von dach- und fassadenintegrierten Anlagen
- Fortsetzung der Demonstrationsförderung im Rahmen des REN-Programms insbesondere im Hinblick auf gebäudeintegrative Anwendungen und von Projekten mit starkem Exportbezug (innovative Insel- und Hybridlösungen mit PV)
- Mitgestaltung/Unterstützung bei der Einführung eines europaweiten EEG im Rahmen der entsprechenden EU-Richtliniengestaltung sowie die Verbreitung von „good policy“ Beispielen über Europa hinaus
- Unterstützung bei der Erschließung von Exportmärkten (z.B. Wirtschaftsreisen, Info-Datenbank, Studien) sowie Förderung von Projekten mit starkem Exportbezug (Insel- und Hybridlösungen mit PV) z.B. auf der Basis der bestehenden Außenwirtschaftsbeziehungen des Landes; Insbesondere des Erschließens der flexiblen Instrumente JI/CDM des Kyoto-Protokolls für den Aufbau von Exportmärkten – Identifikation einschlägig zielorientierter Technologieangebote und Erarbeitung von bi-/multilateralen Aktionsplänen
- Erhalt und möglichst Stärkung der aufgebauten Kompetenz im Bereich Solar-Silizium, hierzu auch Vermittlung von Gesprächen zwischen potenziellen Solar-Silizium Herstellern und der chemischen Industrie zwecks möglicher Kooperation
- Förderung von Verbundvorhaben (Industrie und Forschung) insbesondere in den angestammten Bereichen der Silizium- und Farbstoff-Solarzellen, innovativer Prozesstechniken sowie im Bereich elektronischer Systemkomponenten
- Initiierung/Unterstützung einer Vernetzung der verschiedenen FuE-Einrichtungen in NRW zu einem Forschungsverbund (vgl. PV-Netzwerk in Baden - Württemberg) sowie Stärkung der internationalen FuE-Kooperation
- Fortsetzung und Stärkung der spezifischen Ausbildung und Qualifizierung (z.B. „Solarteure“, Solararchitekten) in NRW als Standortfaktor für die Branche sowie der unabhängigen Verbraucherberatung im Bereich erneuerbarer Energien.

3.8 Kleinmotoren

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

Elektrische Antriebe und Kleinmotoren (< 1kW) sind oft sehr ineffizient und bieten bei konsequentem Einsatz bestehender, ausgereifter Technologie ein Einsparpotenzial von bis zu einem Faktor 4 (ca. 80 %), das sich aufgrund der großen Stückzahlen zu einem erheblichen Reduktionspotenzial summiert.

Tab. 3-13: Funktion und Bedeutung von Kleinmotoren im Energiesystem

Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme/Kältesystem	sonstige Funktionen	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
Effizienzgewinne durch bessere Motoren verringern die Anforderungen an die Gesamtleistung des Kraftwerksparks, insbesondere im Grund- und Mittellastbereich			Beitrag zur Versorgungssicherheit und Klimaschutz

Position von NRW im Technologiewettbewerb

In NRW ist die Kompetenz im Bereich der innovativen Kleinantriebe und der Antriebs-elektronik (Stromrichter) nur teilweise vorhanden. Dafür bestehen deutliche Stärken bei den erforderlichen magnetischen Materialien; hier zählen einzelne Firmen durchaus zu den Marktführern. Defizite bestehen derzeit dagegen immer noch bei den permanent erregten elektronisch kommutierten Kleinmotoren (EC-Motoren). Ein großer Hersteller innovativer Kleinantriebe ist in NRW angesiedelt, wobei ein Teil der Einzelkomponenten aus benachbarten Bundesländern stammen³³.

Die potenziellen Endkunden (Erstausrüster) für hocheffiziente Kleinmotoren wie z.B. führende Hersteller von hochwertigen Haushaltsgeräten und aus der Lüftungsbranche sind jedoch in NRW stark vertreten.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Die Technologie effizienter Kleinantriebe ist ausgereift, die ineffizienten aber etablierten Alternativen sind jedoch zu preiswert und die Stromkosten zu gering für eine ausreichend schnelle Amortisation. Es liegt zudem ein Nutzer-Investor-Dilemma vor, da bei den Herstellern von Haushaltsgeräten für den Einsatz hocheffizienter Motoren und im Bereich kontrollierter Wohnungslüftung nur teilweise bis gar keine Anreize bestehen.

³³ Dieser Hersteller (Stand: 04.2004) hat allerdings zur Zeit zwei EC-Motorkonzepte in der Entwicklung (Ställlüftung, und Pumpenantrieb für Geschirrspüler (Haushaltgeräte)). Während die Markteinführung der ersteren schon Ende des Jahres 2004 erfolgt, soll der Umwälzpumpenantrieb erst im Jahre 2006 eingeführt werden.

In NRW fehlt teilweise die Kompetenz zur gezielten Optimierung des Gesamtsystems und bei der Antriebselektronik (Stromrichter).

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Haushaltsstrompreise werden in Zukunft tendenziell steigen, dadurch sinken die Amortisationszeiten effizienter Antriebe.

Bei Massenfertigung wird die Technik auch noch etwas billiger, obwohl Kostendifferenzen nicht vollständig kompensiert werden können,

Der Zusatznutzen wie verlängerte Lebensdauer und bessere Überwachung und Regelung des Einsatzes können in Zukunft den verstärkten Einsatz effizienter Antriebe fördern.

Im Bereich der kontrollierten Wohnungs- und Gebäudelüftung wird durch die EnEV 2002 der bei der kontrollierten Wohnungslüftung verbrauchte Strom bewertet, dadurch wird diesem Verbrauchsbereich nicht zuletzt wegen der neuen Niedrigenergie- und Passivhausbauweisen mehr Aufmerksamkeit zuteil.

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Bei effizienten Kleinantrieben haben die einschlägigen Hersteller in NRW immer noch einen Forschungsrückstand, der nur unter großen Anstrengungen aufgeholt werden kann. Durch ein Verbundprojekt oder eine imageträchtige Leitaktion bei einem renommierten Erstausrüster im Bereich Haushaltgeräte oder bei einem Hersteller von z.B. Kraftfahrzeug-Technikkomponenten ließe sich hier jedoch ein Impuls setzen.

Mehr Erfolg verspricht die Förderung des Einsatzes von effizienten Antrieben in Gebäudetechnik wie Lüftungs- und Klimaanlageanlagen. Hier existiert Know-How und eine Unternehmensstruktur in NRW, die durch geeignete Anreize ausgebaut werden könnte. Als erster Schritt zur Identifizierung konkreter Handlungsoptionen und zur Vernetzung der teilweise versprengten Szene in NRW bietet sich die Durchführung eines Sondierungs-Workshops an.

Daneben bietet sich dem Land die grundsätzliche Option, sich im Bereich der Label von Haushaltsgeräten auf EU-Ebene und bei Lüftungsanlagen sowie bei Umwälzpumpen auf nationaler Ebene für eine Implementierung geeigneter Effizienz-Grenzwerte einzusetzen und damit die Nachfrage nach effizienten Produkten zu stimulieren. Auch die eigene Beschaffung für landeseigene Gebäude bietet Möglichkeiten zur Förderung der Technik.

3.9 LED Technologie

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

LED bieten langfristig ein erhebliches Stromeinsparpotenzial bei gesteigerter Lichtausbeute. Besonders Anwendungen im Verkehrs-, im Signal- und im Allgemeinbeleuchtungsbereich weisen ein großes Potenzial auf. Da NRW auf dem Beleuchtungssektor eine Reihe von großen und mittelständischen Firmen beherbergt, bedeutet eine zukunftsfähige Entwicklung auf diesem Gebiet einen Beitrag zur Standortsicherung und damit zum Erhalt und zur Schaffung von Arbeitsplätzen.

Tab. 3.14: Funktion und Bedeutung der LED Technologie im Energiesystem

Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme/Kältesystem	sonstige Funktionen	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
Effizienzgewinne durch effizientere Beleuchtung verringern die Anforderungen an die Gesamtleistung des Kraftwerksparks	Reduktion von Kühllasten in klimatisierten Gebäuden		Beitrag zur Versorgungssicherheit und Klimaschutz

Position von NRW im Technologiewettbewerb

Während die eigentliche LED Produktion auf Basis der Halbleitertechnik nicht in NRW stattfindet und in der Hand internationaler Konzerne liegt, sind zahlreiche Maschinenhersteller für die Produktionsanlagen von LED sowie Hersteller von potenziellen LED-Anwendungen in NRW vorhanden.

Langfristig werden sehr große Marktchancen bei der organischen LED Technik (OLED) für Beleuchtungszwecke gesehen. Hier steht die Entwicklung noch ganz am Anfang, Firmen aus NRW haben aber schon erste Entwicklungsschritte unternommen, so dass eine Positionierung in diesem Zukunftsfeld möglich erscheint.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Weißer LED stehen erst am Beginn der Markterschließung. Erste Produkte haben sich aber bereits erfolgreich am Markt etabliert (Taschenlampen, Objektbeleuchtung), wobei der Weltmarktführer von LED-Metalltaschenlampen seinen Sitz in NRW hat. Es besteht insbesondere noch Forschungsbedarf bei der thermischen, elektrischen und mechanischen Ankopplung von LED. Auch die Lichtausbeute muss noch erhöht und die Lichtfarbe der weißen LED verbessert werden.

Auch wenn bereits eine Kostendegression eingesetzt hat, sind weiße LED in der Anschaffung noch deutlich teurer als herkömmliche Beleuchtungssysteme.

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Die LED-Technologie eröffnet einen breiten Zusatznutzen (geringere Wartungskosten, bis zu 50fach höhere Lebensdauer, größere Gestaltungsmöglichkeiten, designorientiertere Gestaltung, bessere Performance, geringere thermische Lasten)

Die Preise der weißen LED werden zukünftig aufgrund der Kostendegression durch Massenproduktion weiter fallen.

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Bei der LED Technologie handelt es sich um eine völlig neue Beleuchtungstechnologie mit hohem Innovationsgrad. Die Perspektive einer mittel- bis langfristig sehr dynamischen Marktentwicklung spricht für ein intensives Engagement in diesem Bereich, wie es die Landesregierung bereits eingegangen ist. Mit der Initiierung des LED-Kompetenznetzwerks ist NRW einen entscheidenden Schritt zur Entwicklung des LED-Marktes in NRW gegangen. Ein zentrales Projekt stellt die Entwicklung der Power LED dar, sie dient als Grundlage vieler Anwendungen im Kfz-Bereich, Signalbereich und Allgemeinbeleuchtungsbereich.

Ein weiteres langfristig angelegtes Projekt befasst sich mit der Entwicklung der OLED-Technologie für Beleuchtungszwecke. Hier kann durch Förderung der ersten Schritte eine strategische Weichenstellung für die Zukunft dieser Technologie in NRW erfolgen.

Damit dieser begonnene Weg erfolgreich bleibt und sich ein Nutzen über die Projekte hinaus ergibt, sollte das Land die Koordination im Netzwerk und der hierdurch initiierten Projekte weiter fördern.

Daneben können flankierende Maßnahmen zur rascheren Marktfähigkeit von LED vom Land ergriffen werden. Insbesondere bei Normungsfragen besteht hier Handlungsbedarf. NRW kann sich z.B. im Verkehrsbereich (z.B. Initiierung von Ampelumrüstungen) und bei der Bürobeleuchtung dafür einsetzen, dass die vorhandenen Normen an die neue Technologie angepasst werden.

Auch können Marketingaktionen zur besseren Sichtbarkeit der LED-Technologie beitragen, z.B. im Rahmen der Kunst am Bau oder als Designwettbewerbe z.B. für LED-Schreibtischlampen.

3.10 Dezentrale Energiesysteme und -netze

Gründe für Auswahl als Systemlösung - Funktion im Energiesystem

Die Anpassung und Weiterentwicklung der technischen und organisatorischen Infrastrukturen im Elektrizitätsnetz ist die Voraussetzung für Versorgungssicherheit und –qualität in sich wandelnden Energiesystemen, insbesondere hinsichtlich der Integration des potenziell steigenden Anteils dezentraler Energieerzeugungsanlagen (DEA) und regenerativer Energiequellen (REG). Durch die zunehmende Einspeisung in die Mittel- und Niederspannungsebene wächst diesbezüglich die Bedeutung der Verteilnetze sowie der Bedarf an veränderten/verbesserten Technologien, neuen Konzepten und Systemlösungen. Dies betrifft eine Vielzahl an Technologien und Dienstleistungen.

Tabelle 1: Funktion und Bedeutung von DES im Energiesystem

Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme/Kältesystem	System im gesellschaftlichen Zusammenhang	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
Je nach Technologie: Grund-/Mittel- bzw. Spitzenlast Erzeugungsanteil (ca. 10%) infolge REG-Förderung tendenziell steigend Einbindung in Nieder- und Mittelspannungsnetze	Beitrag zum Ausbau von KW(K)K im unteren Leistungsbereich	Arbeitsplatzintensive Technologien	Potenziale zur Verringerung von: Treibhausgasen/Luftscha- dstoffen Netzverlusten Netzausbauten Reserveleistung Stromkosten Energieimporten Verbreitung und Stärkung dezentraler Infrastrukturen

Position von NRW im Technologiewettbewerb

DES umfassen eine Vielzahl an Technologien, Komponenten und Dienstleistungen (vgl. Tabelle 2) und bieten damit grundsätzlich vielfältige Ansatzpunkte für die verschiedensten Akteure. Die Akteure in und aus NRW können davon insgesamt eine große Bandbreite abdecken, stehen jedoch einer starken Konkurrenz durch Technologiekonzerne mit einer breiten Produktpalette gegenüber. Dies gilt besonders für den Bereich der Netztechnik, der hauptsächlich von internationalen Technologie- und Systemanbietern (z.B. Siemens, ABB, Alstom und General Electric) geprägt wird, deren Produktion z.B. von Leistungselektronik im wesentlichen außerhalb von NRW stattfindet. Ansatzpunkte in NRW bieten sich bei Stromkabeln (zumindest ein großer Hersteller), elektrotechnischen Komponenten sowie Steuer- und Regeltechnik (viele KMU³⁴). Für weitergehende Aussagen müsste die einschlägige Anbieterstruktur, angesichts der zahlreichen Technologien, hier noch tiefer und differenzierter analysiert werden.

³⁴ KMU: Kleine und mittelständische Unternehmen

Tabelle 2: Überblick über Technologien in DES

Dezentrale Stromerzeugung (vgl. Einzelkapitel)	Wasserkraft, Windkraft, Photovoltaik, Biomasse-Anlagen, Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung (Blockheizkraftwerke, Brennstoffzellen, Mikrogasturbinen < 1 MW _e), Virtuelle Kraftwerke
Stromtransport und -verteilung (Netztechnik)	Kabel und Leiter, Schalt- und Umspannstationen, Schutztechnik, Leittechnik, Steuer- und Regeltechnik, Energiespeicher, Halbleiter/Leistungselektronik, HGÜ/MGÜ ¹⁾ , Supraleiter, Netzanalysen, 'Power-Quality'-Systeme
Netzmanagement	Betriebssysteme und Software für Energie- und Netzmanagementsysteme, IT-Technik ²⁾
Energienutzung	(interaktive) Zähler, intelligente Gebäude- und Haustechnik, USV ²⁾
Sonstiges	Tiefbau- und Verlegetechniken für Energie- und Kommunikationstechnik

¹⁾ Hochspannungs- bzw. Mittelspannungs-Gleichstromübertragung; ²⁾ Information- und Telekommunikation; ³⁾ Unterbrechungsfreie Stromversorgung;

Eine gute Ausgangsposition für NRW findet sich bezüglich der Entwicklung von innovativen Konzepten und Systemlösungen für die Integration von DEA ins Stromsystem. Der Fortschritt wird hier stark durch Pilotprojekte und Feldversuche geprägt, die die Grundlage für den Aufbau von Systemlösungskompetenz und interdisziplinärem Know-how bilden. Durch die umfangreichen Aktivitäten im Land bei dezentralen Erzeugungstechnologien besteht die Chance, sich auch bei deren Integration europaweit zu profilieren und dadurch im internen Standortwettbewerb der Konzerne (s.o.) Anreize zur Bündelung entsprechender Aktivitäten in ihren Dependancen in NRW zu schaffen. Weitere nationale Schwerpunkte in diesem Bereich sind vor allem die Aktivitäten der EWE und E.ON, die Arbeiten des ISET (Kassel) und Baden-Württemberg (EnBw, FhG-ISE) als Standort für Pilotprojekte des BMBF-Leitprojekts Edison.

Einzig bei Tiefbauarbeiten für DES in NRW verfügen die heimischen Akteure quasi über eine Monopolstellung, da sie die Gegebenheiten vor Ort am besten kennen und daher bevorzugt zum Einsatz kommen werden. Dies gilt vor allem für etwaige Netzausbauten von Strom- und IT-Netz (Kabelverlegung).

Exkurs: Virtuelle Kraftwerke -- Zusätzliche Marktpotenziale für DES

DEA können autonom (siehe Kapitel 3.12) oder netzparallel betrieben werden. Mit dem Parallelbetrieb sind Netzurückwirkungen verbunden, die bei zunehmender Anlagenzahl die Integration weiterer DEA in einem Netzgebiet hemmen kann. Diesem Trend kann ein Virtuelles Kraftwerk (VK) durch die koordinierte Zusammenfassung von DEA entgegenwirken und dadurch sogar zu einer Erhöhung ihrer Integrationsfähigkeit beitragen. „Ziel [des virtuellen Kraftwerks] ist es, durch die koordinierte Steuerung vieler dezentraler kleiner Erzeugungseinheiten (BHKW, WKA, Brennstoffzellen, Photovoltaikanlagen etc.) und von Strom-Abnehmern (große und kleine Stromkunden) über intelligente Vernetzung diese Stromquellen zu integrieren und damit gleichsam ein verteiltes Großkraftwerk zu betreiben.“³⁵

Voraussetzung dafür ist zunächst jedoch eine hinreichend große Anzahl („kritische Masse“) an DEA. Ein etabliertes VK kann dann die Markterschließung von weiteren DEA

³⁵ Enquete (2002), S.577f sowie FfE (2000), S.5ff

beschleunigen, da sich seine Einsatzmöglichkeiten und Marktpotenziale mit zunehmender Leistung verbessern.

Von dem Aufbau von VK wird ein beachtliches Primärenergie- und CO₂-Einsparpotenzial erwartet ($\leq 20\%$).³⁶ Darüber hinaus bietet es prinzipiell die Möglichkeit, Netzlastspitzen und den Bezug von Ausgleichs- bzw. Regenergie zu vermindern und ab einer bestimmten Größe auch als Marktakteur am Stromhandel und Regenergiemarkt teilzunehmen, was zusätzliche Erlöspotenziale entstehen liesse. Ein VK kann damit insgesamt zu einer Senkung der Elektrizitätsversorgungskosten der betroffenen Bilanzkreise beitragen.

Die Transaktionskosten zur Koordination einer großen Zahl verteilter Anlagen sind allerdings noch ein wesentliches Hemmnis für den Einsatz von VK. Die Kosten der für die Vernetzung benötigten IT-Technologien spielen dabei eine wesentliche Rolle. Aufgrund der in diesem Bereich herrschenden technisch-ökonomischen Entwicklungsdynamik kann jedoch in absehbarer Zeit mit einem nennenswerten Beitrag zur Kostensenkung und damit der Wirtschaftlichkeit von VK gerechnet werden.

NRW besitzt für den Aufbau und Einsatz von virtuellen Kraftwerken wichtige strukturelle Vorteile, wie z.B. eine vergleichsweise hohe Bevölkerungsdichte (Einsatzpotenzial für dezentrale KWK- und PV-Anlagen), eine Vielzahl von Industriebetrieben (Laststeuerung) und eine große Elektrizitätsnachfrage (Netzlast). Darüber hinaus sind bereits zahlreiche Akteure aus NRW (Ingenieurbüros, Stadtwerke, BZ-Hersteller und EVU/Netzbetreiber) in dem Gebiet der Steuerung und Regelung von verteilten Erzeugungsanlagen, dem Aufbau von VK und in der Forschung & Entwicklung von DEA aktiv. Aus diesen Aktivitäten entstanden u.a. zwei Pilot-/Demonstrationsprojekte zu VK in zwei verschiedenen Städten in NRW.

Exkurs: Speicher für elektrische Energie als integrative Technik

Derzeit werden Stromspeicher – bis auf Pumpspeicherkraftwerke – nur für Nischenanwendungen eingesetzt. Unter der Annahme starker Veränderungen in den Organisationsstrukturen der Elektrizitätswirtschaft und in der Zusammensetzung des Kraftwerksparks, insbesondere bei einem hohen Anteil regenerativer Energien an der Energieerzeugung, wird der Bedarf an Speichertechnologien und ihre Bedeutung hinsichtlich Versorgungssicherheit und -qualität zunehmen. Die Marktfähigkeit und Wirtschaftlichkeit von Energiespeichersystemen ist dabei notwendige Voraussetzung für einen forcierten Ausbau erneuerbarer Energien.

Für Stromspeicher ist theoretisch eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten denkbar. Mögliche Anwendungsgebiete sind:

- Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)
- Verbesserung der Stromqualität (Leistungsglättung und Vermeidung von Spannungsschwankungen) und Stabilisierung von elektrischen Versorgungsnetzen
- Ausgleich von REG-Fluktuationen
- Versorgung von Inselsystemen

³⁶ Vgl. FfE (2002), S.2ff und S.40ff

- sowie Kurzzeitspeicher für Fahrzeuge

Das Spektrum der potentiell einsetzbaren Stromspeicher reicht von Batterien, Schwungrädern über Doppelschichtkondensatoren (sog. supercaps) und supraleitenden magnetischen Energiespeichern (SMES) bis hin zu Druckluft- und Pumpspeicherkraftwerken. Eine weitere, indirekte Stromspeicheroption ist die Herstellung von Wasserstoff mittels Elektrolyse. Die einzelnen Speichertechnologien weisen dabei unterschiedliche spezifische Wirkungsgrade und Selbstentladungsraten auf. Zum Beispiel speichern Schwungräder elektrische Energie mit einer Effizienz von rund 90% im Gegensatz zu konventionellen Blei-Säure-Batterien, deren Wirkungsgrade zwischen 70% und 85% liegen. Jedoch weisen Schwungräder gegenüber Batterien eine höhere Selbstentladungsrate auf. Doppelschichtkondensatoren haben mit rund 95% ebenfalls hohe Lade-/Entlade-Wirkungsgrade, sind jedoch auch nur für Kurzfristanwendungen einsetzbar. Somit müssen die Einsatzbereiche für Stromspeicher auf die jeweilige Anwendung genau abgestimmt sein.

In Nordrhein-Westfalen gibt es nur sehr wenig Akteure und Aktivitäten im Bereich der Stromspeichertechnik, mit Schwerpunkten im Bereich Batterien und SMES. Dabei werden die (innovativen) Aktivitäten bisher stark von den durchgeführten Demonstrationsprojekten geprägt. Zum Beispiel wurden zwei große Hochleistungs-Blei-Säure-Batterieanlagen (mit Leistungen bis zu rd. 1,6MW) zur Kompensation von Netzurückwirkungen durch Einspeisung von REG-Strom (Windpark, PV-Anlage) und zur Abdeckung von Spitzenlasten in Betrieb genommen. Neben Blei-Säure-Batterien werden aber auch andere Batterietypen (z.B. alkalische Batterien) sowohl für stationäre als auch mobile/portable Anwendungen in NRW gefertigt. Dabei können die Hersteller von Batterien für den stationären Einsatzbereich zukünftig ggf. von einem tendenziell steigenden Bedarf nach individuellen Power-Quality-Lösungen profitieren.

Bei der SMES-Technologie ist zwischen LTS- und HTS-SMES³⁷ zu unterscheiden. LTS-SMES sind kommerziell erhältlich und werden bis dato vor allem in den USA und Südafrika (z.B. in Papierfabriken) eingesetzt, um Spannungseinbrüche und –unterbrechungen im Sekundenbereich zu überbrücken³⁸. Insgesamt waren weltweit schätzungsweise 15 Mikro-LTS-SMES (1-3 MJ, 1 MW) im Jahr 1998 im Einsatz. Unlängst wurde auch in NRW ein LTS-SMES als USV-System bei einem Wasserwerk installiert. Die Antragstellung und Umsetzung dieses Projektes erfolgte nahezu ausschließlich durch mehrere Akteure aus NRW (Ingenieur-/Consultingbüros und Hersteller). Darüber hinaus entstand aus diesem Projekt ein Nachfolgeprojekt zur Untersuchung von HTS-SMES zu dem als weiterer Projektpartner die E.ON Bayern AG gestoßen ist. Die Akteure aus NRW knüpfen damit an ihre Vorreiterrolle an, die sie 1997 mit der Inbetriebnahme des weltweit ersten HTS-MikroSMES eingenommen hatten. Bis zur Marktreife von (leistungsfähigen) HTS-SMES sind allerdings noch erhebliche F&E-Arbeiten notwendig. Zusammen mit den weiteren Aktivitäten im Bereich Supraleiter (vor kurzem wurde der weltweit erste supraleitende Strombegrenzer im Mittelspannungsnetz eines nordrhein-westfälischen Netzbetreibers in Betrieb genommen) ist NRW im Bereich SMES und allgemein der

³⁷ LTS/HTS: Tieftemperatur/Hochtemperatur-Supraleiter; Unterscheidung u.a. nach ihrer kritischen Temperatur, ab der sie wieder normalleitend werden ($\ll 77$ K für LTS und ≥ 77 K für HTS)

³⁸ Der Einsatz von SMES als Spinning Reserve für Kraftwerke und als Tag-Nacht-Speicher im MWh- und GWh-Bereich wird dagegen gegenwärtig aus ökonomischen Gründen, mit Ausnahme einiger in Japan verfolgter Projekte, nicht in Betracht gezogen.

Supraleitung daher insgesamt gut positioniert und verfügt über ein beachtliches Kompetenz- und Akteurspotenzial.

In Bezug auf Supercaps, Druckluft- und Pumpspeicherkraftwerke sind in NRW dagegen keine Akteure oder besonderen Aktivitäten bekannt, wenn man von dem Betrieb der dem Tageslastausgleich dienenden zwei Pumpspeicherkraftwerke Koepchenwerk in (Herdecke) und Rönkhausen (Finnentrop) absieht. Und, last but not least, gibt es zwar keine Entwickler oder Hersteller von Schwungmassenspeichern in NRW, aber es sind zumindest zwei Akteure an laufenden Pilotvorhaben zu hochtourigen Schwungmassenspeichern mit Testaufgaben beteiligt. Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Anwendungsbeispielen im Land, die zur Entwicklung dieser Stromspeichertechnologie beitragen.

Von einer positiven Marktentwicklung bei Stromspeichern können neben den Herstellern auch die angrenzenden Geschäftsfelder wie z.B. Monitoring-Systeme zur Anlagenüberwachung, Leistungselektronik und Dienstleistungen (Beratung, Tagung) profitieren. Hier wird in/für NRW ein zumindest gleich großes Marktpotenzial wie im Kernbereich Stromspeicher vermutet.

Offene Fragen, Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Im Bereich dezentraler Energiesysteme besteht F&E-Bedarf hinsichtlich

- der künftigen Struktur des Gesamtsystems in Deutschland und Europa (Rolle, Funktionen und Wechselwirkungen der einzelnen Systemelemente)
- bei theoretischen Grundlagen und praxisnahen Konzepten bzgl. der Rolle flexibler DEA (BZ, MGT) als Regelkraftwerke für fluktuierende REG sowie im Bereich Systemdesign
- angepasster und kostengünstiger IT-Lösungen.

Die Bündelung von einzelnen Pilotprojekten zu großen Flächenversuchen mit signifikanten Anteilen der DEA an regionaler Erzeugung erfordern hohe Investitionssummen und Koordinationsaufwand bei den Partnern.

Unterschiedliche Marktbedingungen in Europa aufgrund verschiedener Marktzugangsregeln und Förderinstrumente für DEA, die sowohl technologiespezifisch als auch zeitlich starken Veränderungen unterliegen.

Notwendigkeit zur Kooperation mit Technologiekonzernen außerhalb von NRW und begrenzter Einfluss auf deren Technologieentwicklung.

Unterschiedliche, zum Teil sehr restriktive Anwendung der Netzanschlussanforderungen für DEA von Seiten der Netzbetreiber, die zu regionalen Marktverzerrungen führen.

Punktuelle Klärungsbedarf hinsichtlich rechtlicher Verantwortlichkeit bzw. Zuständigkeit bei Netzanschluss und -ausbau. Offene Rechtsfragen bzgl. Verantwortlichkeiten und Investitionsverpflichtungen der Erzeuger, Netzbetreiber und –nutzer erzeugen Investitionsunsicherheit.

Infolge der Marktliberalisierung besteht ein hoher Rationalisierungsdruck bei den EVU, Investitionen in die Netztechnik werden möglichst zurückgefahren bzw. verschoben, Wartungsintervalle verlängert und Betriebsmittel länger als bisher üblich in Betrieb gehalten. Daraus können Engpässe für DES entstehen.

Noch unzureichendes Problembewusstsein in Industrie und Politik sowohl für die Voraussetzungen für als auch die Auswirkungen von DES, stattdessen starke Fokussierung auf einzelne Erzeugungstechniken (gerade REG) unter Vernachlässigung der untrennbar damit verbundenen System-/Netzaspekte ("sperriges, abstraktes Thema"). Dies betrifft einerseits Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit/-qualität sowie andererseits die strategische Bedeutung der Netzintegration der Endkundengeräte als Voraussetzung für einen Massenmarkt DEA (z.B. bei Brennstoffzelle).

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Rolle von DEA wird weltweit zunehmen und damit Exportmöglichkeiten von Know-how und Technologie in Industrieländer (EU, USA) und als angepasste Lösungen auch für Schwellen- und Entwicklungsländer.

Derzeit gibt es mehr als 20 EU-Projekte zu DEA/DES, mit mehr als 100 Partnern und einem Budget von insgesamt mehr als 35 Mio. Euro, aus denen Impulse für die weitere Marktentwicklung hervorgehen werden.

Fortschritte bei DEA stimulieren bzw. erfordern Aktivitäten bei Netzen und umgekehrt, neue technische Optionen ermöglichen neue Geschäftsmodelle und Dienstleistungskonzepte mit Zusatznutzen.

Es gibt weiterhin Anreize für den Bau von DEA und damit zur Dezentralisierung durch die anstehende Novellierung und Fortsetzung des EEG. Eine leistungsabhängige Staffelung der Vergütungssätze bei Biomasse-KWK zugunsten kleiner Anlagen (≤ 150 kW) zuzüglich Boni für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe und innovativer Technik (z.B. BZ, MGT) setzt hierbei einen zusätzlichen Impuls für DEA.

Der politisch gewünschte Ausbau von REG und KWK erfordert neue Netzstrukturen und Betriebskonzepte, die von der Einbindung der Einzeltechnologien in intelligente Systemlösungen profitieren.

Dezentrale Systeme reduzieren Übertragungsentfernungen und damit auch Verluste, der Kapitalaufwand für DEA kann im Gegensatz zu zentralen Großkraftwerken besser verteilt und zeitlich gestreckt werden. Weitere Vorteile sind Risikodiversifizierung und unter Umständen geringerer Aufwand für Reservehaltung. Dezentrales Energie- und Lastmanagement kann zusätzlich Kostensenkungspotenziale erschließen (Stromhandel) und Lastspitzen absenken.

Steigende Anforderungen bestimmter Nutzer (sensible Produktionen, IT Business etc.) an Versorgungssicherheit und -qualität setzen eine Abstimmung der Systemelemente und Management der Wechselwirkungen auf allen Ebenen voraus.

Die Kosten für Leistungselektronik, Netztechnik und IT-Lösungen sinken bei Massenfertigung.

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Im europäischen Vergleich sind in Deutschland die Technologien und Konzepte zur Nutzung dezentraler Energiequellen insgesamt weit entwickelt, was u.a. durch die energiepolitische Förderung (insbesondere EEG) in den vergangenen Jahren unterstützt wurde. Die vielfältigen Aktivitäten in NRW schaffen eine gute Ausgangsposition, um bei

der Entwicklung dezentraler Energiesysteme mitzuwirken, die Systemlösungskompetenz zu stärken und die gute Wettbewerbsposition bei den Erzeugungstechnologien weiter aktiv auszubauen. Die Arbeitsgruppe "Dezentrale Energiesysteme" der Landesinitiative bietet hier einen weiteren Ansatzpunkt.

Herausforderungen für die Zukunft sind:

- Analyse der strategischen Anforderungen und Entwicklungsperspektiven des Gesamtsystems mit Schwerpunkt auf der Untersuchung der neuen Wechselwirkungen und Lösungen für die optimale Arbeitsteilung zwischen den verschiedenen Spannungsebenen und Systemelementen des Energie-/Stromsystems in NRW
- Identifikation der relevanten Akteure in NRW und Vernetzung der vielfältigen bestehenden öffentlichen und privaten Aktivitäten
- Analyse von Technologielücken und Spezifikation von strategischen Forschungszielen (Roadmapping), die durch gezielte Maßnahmen aktiv angegangen werden sollen
- Systematische Verknüpfung der einzeltechnologie-spezifischen F&E Förderung mit Fragen der Systemintegration (Mindestanforderungen an die Qualität integraler Planung im Design der Verbundprojekte inkl. der Kopplung mit Effizienzkonzepten z.B. bei Gebäuden/Siedlungen). Ziel sollte es sein, eine kritische Masse von integrierten Projekten zu schaffen, die dann aufgrund von Synergie- und Akkumulationseffekten die Attraktivität des Standorts NRW für weitere Pilotprojekte und Entwicklungsmaßnahmen erhöht
- Sensibilisierung und Information von Politik und Wirtschaft für dieses im Moment noch vernachlässigte Thema, insbesondere Aktivierung der EVU und Netzbetreiber (vor allem Stadtwerke und Regionalversorger als Hauptbetroffene)
- Stärkung der Sichtbarkeit und der Position NRW im Bund und vor allem in Europa als eine Kompetenzregion für dezentrale Energiesysteme, insbesondere mit Blick auf die Förderschwerpunkte in der EU
- Analyse der Potenziale der Anpassung der heimischen Konzepte an Exportmärkte und andere Anwendungen mit Blick auf den global stark wachsenden Bedarf nach dezentralen Energieinfrastrukturen bzw. Inselsystemen

3.11 Inselsysteme in Entwicklungsländern: kombinierte „Baukästen“ zur Versorgung von Krankenhäusern, -stationen, Dörfern, Schulen

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

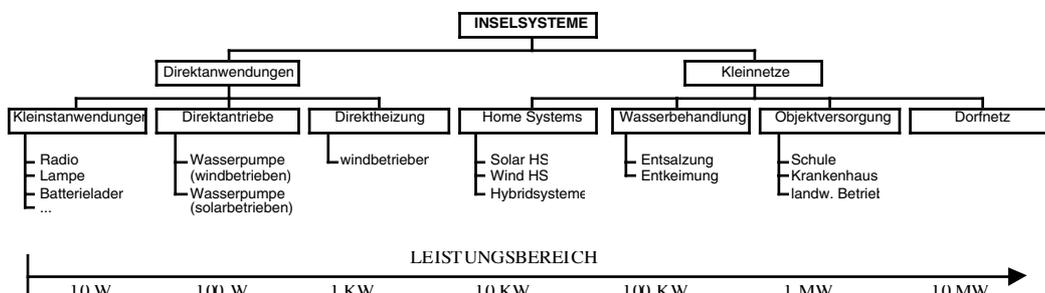
In Schwellen- und Entwicklungsländern (SL/EL) besteht eine wachsende Nachfrage nach Energie gepaart mit logistischen Problemen der konventionellen Versorgung (vor allem mit Brennholz) und zugleich großem Angebot an regenerativen Energiequellen. In netzfernen Gebieten besteht dabei Bedarf nach Insellösungen, die Erweiterungspotenziale besitzen.

Tab. 3.15: Funktion und Bedeutung von Inselsystemen (Baukastenlösungen) im Energiesystem

Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme/Kältesystem	System im gesellschaftlichen Zusammenhang	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
Netzunabhängige Versorgung als langfristige Option in entlegenen Gebieten	Wärme/Kälte kann als festes Element des Baukastens bereitgestellt werden	Beitrag zur nachhaltigen (industriellen und sozialen) Entwicklung Hebung der Lebensqualität und Senkung der Umweltbelastung und Gesundheitsgefährdung	Schaffung dezentraler Infrastrukturen

Inselsysteme haben sich ausgehend von zunächst einfachen dezentralen Dieselsystemen zu teilweise komplexen Hybridsystemen auf regenerativer Energiebasis entwickelt. Durch angepasste, modulare Konzepte zur Versorgung von Krankenhäusern, Krankenstationen, Dörfern, Schulen können wirtschaftliche Vorteile durch die Kombination von erneuerbaren Energietechniken mit energieeffizienten Anwendungen genutzt werden (Baukastensystem). Die Vielzahl möglicher Anwendungsfälle von der Versorgung einzelner elektrischer Verbraucher bis hin zur Bildung kleiner Netze zur Elektrifizierung von Haushalten, Einzelobjekten oder ganzer Dörfer ist in Abb. 3-5 dargestellt.

Abb. 3-5 Gliederung und Leistungsbereiche von Inselsystemen



Position von NRW im Technologiewettbewerb

Als Basistechnologie ist vor allem die Photovoltaik in NRW vertreten, während sich Anbieter für kleine Windkraftanlagen vereinzelt im Aufbau befinden. Weltweit große und vielfach noch ungenutzte Potenziale bieten sich auch im Bereich der Wasserkraft, wo in NRW u.a. ein etablierter Hersteller Wasserräder im Kleinstleistungsbereich anbietet. Große Zukunftschancen werden auch den solarthermischen Anwendungen - z.T. in Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung³⁹ - in Gegenden mit hohem Direktstrahlungsanteil zugesprochen. NRW hat hier insbesondere im Bereich der Forschung und des Engineerings, aber auch bei Zulieferern (z.B. der Absorber- und Spiegeltechnologie) Kompetenz vorzuweisen.

Da die Baukästen je nach Einsatzgebiet neben Energieerzeugungstechnologien auch energieeffiziente Anwendungen (Kühlschränke, Beleuchtung, Sterilisatoren etc.) enthalten, ergeben sich Kooperationsmöglichkeiten mit anderen Industriezweigen aus NRW.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Ungeachtet der ökologischen Vorteile muss bei der Versorgung größerer Systeme in entlegenen Gebieten ein regeneratives System gegenüber konventioneller (und oftmals subventionierter) Technik in erster Linie in wirtschaftlicher Hinsicht konkurrenzfähig sein. Insbesondere die hohen Anschaffungskosten sowie die zum Teil schlecht planbaren anfallenden Betriebskosten (Wartung, Reparatur) benachteiligen die regenerativen Techniken. Im Vergleich dazu verursachen konventionelle Dieselsysteme zwar über die gesamte Lebensdauer meist höhere dafür aber regelmäßig anfallende Kosten, die sich gut kalkulieren lassen.

Die Entwicklung von Verbundlösungen für die Baukästen erfordert die Zusammenführung verschiedener Akteure. Hierbei entstehen Probleme bei der Integration der verschiedenen technischen und sozioökonomischen Ebenen der Systemlösung (Entwicklung angepasster Techniken, Integration in bedienungsfreundliche Konzepte, Vorbereitung geeigneter sozio-ökonomischer Infrastrukturen).

Die Finanzierbarkeit von nachhaltigen Inselsystemen in Entwicklungsländern ist oft fraglich und es bestehen noch unklare Perspektiven für die Nutzung von internationalen Finanzierungsinstrumenten (Eignung als JI/CDM Projekt).

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Trotz zum Teil relativ hoher Stromgestehungskosten heutiger Inselsysteme, die in der Bandbreite von ca. 0,30 bis 1,00 EUR/kWh liegen, können diese wirtschaftlich sinnvoll anwendbar sein, wenn beispielsweise die Beschaffung von Kraftstoffen aufwändig oder unsicher ist.

Nicht immer sind ausschließlich wirtschaftliche Kriterien bei der Wahl eines Energiesystems entscheidend; bei vielen Kleinstanwendungen überwiegen praktische Vorteile. Nicht zu unterschätzen sind außerdem positive Effekte durch die Vermeidung von Brand-

³⁹ In Empoli/Italien ist z.Zt. ein Demonstrations-Solarturmkraftwerk in Bau, welches ein Krankenhaus mit Strom, Wärme und Kälte versorgen soll.

und Gesundheitsgefahren in Entwicklungsländern, die bei traditionellen Energiesystemen mit der Verbrennung von Kerosin, Diesel oder Paraffin einhergehen.

Eine ganzheitliche Bewertung regenerativer Inselsysteme im Vergleich zu konventionellen Techniken bzw. zur Netzanbindung erfordert daher neben der Betrachtung rein wirtschaftlicher Aspekte sehr viel stärker auch das Einbeziehen ökologischer und sozioökonomischer Kriterien.

Elektrifizierung als Mittel zur Armutsbekämpfung ist ein Ziel der internationalen Staatengemeinschaft (multinationale Entwicklungsprogramme: z.B. GEF, Least Developed Countries Fund, Weltbank und binationale Entwicklungszusammenarbeit). Auf der Renewables 2004 in Bonn wurde der Wille zum Erreichen des Zieles einer nachhaltigen Energiezukunft mit verbessertem und gerechterem Zugang zu Energie durch die Nutzung Erneuerbarer Energien und erhöhter Energieeffizienz in einer gemeinsamen politischen Erklärung dokumentiert.

Teilweise stellen bestehende Entwicklungsbanken zur Finanzierung zinsgünstige Kredite bereit (Grameen Bank in Bangladesh u.a.) und in einigen Ländern existieren Anreizprogramme (z.B. Steuer auf konventionelle Energieträger bzw. Pläne zur Aufhebung der Dieselsubventionen).

Hohe Kosten für die konventionelle Stromversorgung in ländlichen Gegenden und die grundsätzliche Eignung für internationale Finanzierungsinstrumente (CDM) durch Verrechnung der CO₂-Minderung sind günstige Faktoren für die Entwicklung von regenerativen Inselsystemen. Auf welche Weise die Markteinführung mit CDM verknüpft werden kann, ist jedoch noch nicht sicher. Prinzipiell scheinen sich über diesen Klimaschutz-Mechanismus jedoch weitreichende Möglichkeiten zu eröffnen.

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Prinzipiell ist für die Frage der Marktperspektiven eine Unterscheidung der Zielgruppen in Entwicklungs- bzw. Industrieländer erforderlich. Allgemein besteht noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf in Richtung Standardisierung und Modularisierung der Systemkomponenten. Dies wird als ein wichtiger Schritt angesehen, um eine kostengünstige Serienfertigung, aber auch einfachen und preiswerten Aufbau und Wartung von Anlagen realisieren zu können.

Für einen langfristigen Erfolg in Entwicklungsländern muss eine Infrastruktur für Reparaturen, für Qualifizierung des Handwerks und für Ersatzteilbeschaffung aufgebaut werden. Viele Projekte aus der Vergangenheit haben gezeigt, dass für das Gelingen eine sozioökonomische Einzelbetrachtung vor Ort unerlässlich ist. Finanzierungsmodelle spielen ebenfalls eine große Rolle, da die Menschen in der Regel nicht in der Lage sind, beispielsweise Solar-Home-Systems vorzufinanzieren.

Der theoretische Bedarf an modularen elektrischen Inselsystemen (Baukastensystemen) im ländlichen Bereich ist sehr groß. Sie könnten einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung im Sinne des Aufbaus industriell und sozial tragfähiger Strukturen leisten (Bildung, Gesundheitsversorgung, wirtschaftliche Entwicklung). Allein bei Krankenhäusern bzw. -stationen⁴⁰ beläuft sich der potenzielle Markt auf mehrere

⁴⁰ s.a. Fußnote 39

tausend Systeme weltweit, so dass die hohen Anfangskosten durch entsprechende Stückzahlen gesenkt werden könnten. Der Substitutionsmarkt von Dieselsystemen (und anderen Energieträgern auf fossiler Basis) ist dabei ein wichtiges Feld für den Einsatz von REG-Technologien.

Als Ansatzpunkt des Landes NRW kommt dabei die Entwicklung von Konzepten für die oben genannten Aspekte im Verbund mit der Durchführung von Qualifizierungsmaßnahmen in Frage. Für spezifische Anwendungen (insbesondere Bereitstellung von sauberem Trinkwasser) kann auch eine Kooperation mit bestimmten Partnern (z.B. Katastrophenschutzverbände) den Anfangsimpuls für eine sukzessive Markteinführung geben.

Strategisch sollte eine Analyse und Spezifizierung der kurz- bis mittelfristig attraktiven Märkte für Inselsysteme in Entwicklungs- und Industrieländern und die Etablierung eines Runden Tisches in NRW vorgenommen werden. Dieser könnte - z.B. als Untergruppe des AK Photovoltaik - innerhalb der Landesinitiative zur Entwicklung von einfach zu bedienenden und zu wartenden Baukastensystemen (je nach Anwendungsbereich sind Hybridlösungen erforderlich) beitragen. Zudem bestehen im Rahmen der internationalen Regionen-Partnerschaften von NRW Möglichkeiten, zur Verbesserung der Infrastrukturen in ausgewählten Zielländern beizutragen. Konkrete Begleitmaßnahmen bei der Einführung von modularen Lösungen wie z.B. die Einrichtung von Ausbildungszentren können dazu auch über spezialisierte Entwicklungsorganisationen initiiert werden.

3.12 Haus der Zukunft (Wohn- und Bürogebäude)

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

Etwa 30% aller CO₂-Emissionen werden in Deutschland durch Raumheizung verursacht. Hier besteht großes Potenzial für Emissionsminderungen und Verringerung der Importabhängigkeit von fossilen Energieträgern. Der Bauwirtschaft als entscheidendem Akteur in diesem Feld bietet sich hier die Chance, durch Innovationen zukunftsfähige Arbeitsplätze zu schaffen und zu sichern. Die Analyse konzentriert sich auf Konzepte zur Erreichung des Passivhausstandards.

Tab. 3.16: Funktion und Bedeutung von Häusern der Zukunft im Energiesystem

Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme/Kältesystem	sonstige Funktionen	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
Bei Verwendung eines BHKW Spannungsebene der Einbindung ins Netz: Niederspannung	Temperaturbereich, NT<200°C <ul style="list-style-type: none"> • Raumwärme • Warmwasser bei Verwendung eines BHKW Temperaturbereich: NT<200°C <ul style="list-style-type: none"> • Raumwärme / Warmwasser • Dampf • Kälte 		Effiziente Wohngebäude haben durch deutliche Einsparungen auf der Nachfrageseite positive Rückwirkungen auf die Angebotsseite

Position von NRW im Technologiewettbewerb

Die Bauwirtschaft ist grundsätzlich eher regional strukturiert und die Branche in NRW ist prinzipiell in der Lage, hocheffiziente Wohnhäuser (Passivhäuser) und Bürogebäude zu bauen. Es fehlen jedoch weitverbreitete Anwendungen und die entsprechenden Erfahrungen bei der Mehrheit der Akteure. Darüber hinaus besteht besonderer Motivations- und Qualifizierungsbedarf für die Handwerker und Architekten. Bei den Komponenten hat die nordrhein-westfälische Fensterindustrie und auch der Bereich der Klimatisierung/Lüftung/Gebäudetechnik eine gute Wettbewerbsposition, bei den übrigen Komponenten insbesondere für Passivhäuser haben süddeutsche Hersteller einen Vorsprung. Komponenten für effiziente Bürogebäude, z.B. Fassadensysteme, werden zum Teil in NRW hergestellt.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Prinzipiell sind Passivhäuser marktreif, zur weiteren Marktdurchdringung müssen jedoch noch die luftdichten Verbindungen zwischen Bauteilen stärker standardisiert und damit preisgünstiger werden.

Verbesserungspotenzial besteht auch bei der Integration effizienter Beheizungssysteme für die Restwärme und zur Deckung des Wärmebedarfs (z.B. als Nahwärmesysteme).

Bei Bauherren und Architekten und Planern ist die integrierte Planung als wesentliches Planungstool noch zu wenig etabliert, weshalb generell ganzheitliche Konzepte zu selten realisiert werden.

Bei der intelligenten Haustechnik, der Sensorik, und der transparenten Wärmedämmung besteht noch Entwicklungsbedarf.

Die Vorteile eines effizienten Gebäudes (verbessertes Raumklima) sind zu wenig bekannt.

Mangelndes Know-How bei allen Akteuren der Bauwirtschaft (Architekten, Installateure, Handwerker) verhindert, dass Passivhauskonzepte von Beginn an in die Planung einbezogen und erfolgreich umgesetzt werden.

Es gibt noch zu viele Vorbehalte aus den Reihen der traditionellen Bauindustrie, der potenziellen Nutzer, aber auch aus der traditionellen „Bioszene“. Hier fehlt bei den vorhandenen Akteuren ein effizientes Marketing über die Gebäudeeigenschaften und den resultierenden Zusatznutzen (verbessertes Raumklima).

Vorhandene Fördermöglichkeiten im Bereich Passivhaus sind zu wenig bekannt.

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Höhere Energiepreise in der Zukunft können die Verbreitung von Passivhäusern fördern, jetzt existieren schon günstige Kredite und Zuschüsse, die über die Lebensdauer die Wirtschaftlichkeit sicherstellen.

Ein verbessertes Raumklima ist ein Zusatznutzen gegenüber einem konventionellen Haus und kann stärker kommuniziert und als Qualitätskriterium auf breiter Basis wahrgenommen werden.

Entscheidende Kriterien der Bauherren können stärker als praktische Vorteile der ganzheitlich geplanten, energieeffizienten Bürogebäude herausgestellt werden, wie z.B. mehr Tageslicht und verbessertes Raumklima und die daraus resultierenden positiven Effekte auf Arbeitszufriedenheit, Motivation, Krankenstand etc.

Die Energiesparverordnung (EnEV 2002) fordert effizientere Wohngebäude, dadurch werden einige Techniken wie z.B. die mechanische Wohnungslüftung etabliert.

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

Das zentrale Problem im Bereich hocheffizienter **Wohngebäude** ist die mangelnde Kenntnis der Fachleute und der breiten Öffentlichkeit, dass effiziente Wohngebäude wie Passivhäuser heute das experimentelle Stadium bereits verlassen haben und marktfähig sind. Dies gilt sowohl für das Baugewerbe als auch die potenziellen Nutzer. Ansatzpunkte für geeignete Mittel zur Erschließung des Potenzials sind:

- Unterstützung bei der Errichtung von Passivhaussiedlungen und deren Darstellung in PR-Maßnahmen. Dabei stärkere publizistische Verknüpfung der positiv belegten Solartechnik mit effizienter Gebäudetechnik
- Marketingmaßnahmen zur Aufklärung über effiziente Wohngebäude insbesondere im Hinblick auf die bestehenden Vorbehalte bei den Nutzern
- Weiterbildungsangebote für Architekten und für das Handwerk

Elemente effizienter **Bürogebäude** werden immer häufiger bei Neubauten eingesetzt, selten jedoch greifen diese Elemente in einem Gesamtkonzept ineinander. Einige realisierte Beispiele zeigen jedoch die Vorteile, die sich gerade aus einer integralen Planung ergeben. Die Vorteile für alle Beteiligten sind noch viel zu wenig bekannt, sowohl beim Baugewerbe als auch bei potenziellen Nutzern. Hier gilt es bei der Auswahl geeigneter Mittel zur Erschließung des Potenzials anzusetzen. Maßnahmen sind:

- Unterstützung bei der Errichtung von effizienten Bürogebäuden durch z.B. eine Selbstverpflichtung für die landeseigenen Gebäude
- Marketingmaßnahmen zur Aufklärung über effiziente Bürogebäude insbesondere im Hinblick auf die bestehenden Vorbehalte bei den Nutzern
- Etablierung eines Kompetenznetzwerks zur Überwindung von Schwierigkeiten und zum fachlichen Austausch
- Initiativen auf rechtlicher Ebene zur Ermöglichung einer Anpassung der Kaltmiete entsprechend der Zusatzinvestitionen

3.13 Gewerbliche Kühlmöbel

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

Anders als bei Haushaltskühlgeräten weisen gewerbliche Kühlmöbel kaum Effizienzverbesserungen in den letzten Jahren auf. Sie bieten daher langfristig ein erhebliches Stromeinsparpotenzial. Alleine die steckerfertigen Geräte verbrauchen etwa 3 % des gesamten Stroms in Deutschland. Bei einem Einsparpotenzial von 30 %, was sich relativ leicht erreichen ließe, könnte daher 1 % des Gesamtstroms alleine durch Verbesserungen bei steckerfertigen Geräten eingespart werden. Ein weiterer Aspekt ist die nahezu ausschließliche Verwendung von FKWs als Kältemittel. Da in NRW einige große Hersteller und Zulieferer beheimatet sind, bedeutet eine innovative Entwicklung auf diesem Gebiet einen Beitrag zur Standortsicherung und damit zum Erhalt und zur Schaffung von Arbeitsplätzen. Impulse für diesen Markt können sich auch aus der derzeit in der Diskussion befindlichen EU-Richtlinie zur Energieeffizienz ergeben.

Tab. 3.17: Funktion und Bedeutung von gewerblichen Kühlmöbeln im Energiesystem

Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme/Kältesystem	sonstige Funktionen	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
Effizienzgewinne durch effizientere Kühlmöbel verringern die Anforderungen an die Gesamtleistung des Kraftwerksparks			Beitrag zur Versorgungssicherheit und Klimaschutz

Position von NRW im Technologiewettbewerb

Führende Kühlmöbelhersteller und Zulieferer (Dämmstoffhersteller, Kältemittelhersteller, Kompressor/Motorenhersteller) sind in NRW beheimatet oder haben Niederlassungen in NRW.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung

Kriterien für die Auswahl von Kühlmöbeln im Handel sind in erster Linie Produktpräsentation und Betriebssicherheit, erst nachrangig folgen Kriterien wie Betriebskosten oder Umweltverträglichkeit. Oft gehören die Kühlmöbel (Eiskremtruhen, Getränke Kühler) auch nicht den Nutzern, sondern sind Eigentum der Lebensmittelhersteller (Eigentümer-Nutzer Dilemma).

Was den Wechsel weg von FKWs als Kältemittel hin zu einer umweltfreundlichen Alternative angeht, so stehen hier rechtliche und versicherungstechnische Vorschriften im Weg. Brennbare Gase als Kältemittel dürfen nur bis zu einer bestimmten Menge ohne zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen eingesetzt werden, zusätzlich muss bei Einsatz von CO₂ die Druckbehälterverordnung eingehalten werden. Auch fehlt für alternative Kältemittel noch ein Herstellermarkt für geeignete Kompressoren.

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Insbesondere Hemmnisabbau bzgl. rechtlicher Vorschriften würde eine Verbreitung von effizienteren und FKW-freien Kühlmöbeln voranbringen. NRW-Akteure könnten bei der Entwicklung insbesondere von Kompressoren für alternative Kältemittel einen deutlichen Vorsprung erhalten.

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

NRW fördert im REN Programm bereits ein EU-Projekt, das als Kernelement einen Wettbewerb für effiziente und FKW-freie Kühlmöbel durchführt. Weiteres Ziel dieses Projektes ist es, Abnahmeerklärungen seitens des Handels für solche Geräte zu erzielen.

Flankierend kann das Land tätig werden und insbesondere in den ihm zugänglichen nationalen und europäischen Gremien für gesetzliche Regelungen sorgen, die eine Einführung dieser neuen Technologie fördert.

Weiterhin könnte das Land Weiterbildungen für Einkäufer des Handels durchführen, in denen für das Thema sensibilisiert wird und durch Life-Cycle–Analysis (Lebenszyklusbetrachtung) die ökologische und ökonomische Vorteilhaftigkeit effizienter und FKW-freier Kühlmöbel nahe gebracht wird.

3.14 Neue Kraftstoffe und Energieträger (insbesondere Wasserstoff)

Gründe für Auswahl als Schlüsseltechnik

In allen Industrieländern wird zur Zeit intensiv nach Wegen gesucht, die verkehrsbedingten Umweltbelastungen zu mindern und gleichzeitig die geopolitisch riskante Abhängigkeit vom Erdöl zu reduzieren. So hat zum Beispiel die EU Kommission das Ziel formuliert, bis zum Jahr 2020 20% der konventionellen Kraftstoffe durch alternative Kraftstoffe zu ersetzen⁴¹. Langfristige Zielsetzungen sollen auch im Rahmen der "Kraftstoffmatrix" unter Leitung des Bundesverkehrsministeriums bis zum Sommer 2004 für Deutschland erarbeitet werden.

Tabelle 3-3: „Optimistisches Entwicklungsszenario“ für alternative Kraftstoffe [EU 2003]

Jahr	Biokraftstoffe in %	Erdgas in %	Wasserstoff in %	Gesamt in %
2005	2			2
2010	6	2		8
2015	(7)	5	2	14
2020	(8)	10	5	20 (23)

Als kurzfristige Optionen für die Erfüllung dieser Vorgaben werden in erster Linie Erdgas und Bio-Kraftstoffe diskutiert, während mittel-/langfristig vor allem Wasserstoff (H₂) in Verbindung mit der Brennstoffzellentechnologie - und soweit möglich über erneuerbare Energien hergestellt - einen entscheidenden Beitrag leisten soll. Die amerikanische Regierung kündigte z.B. an, innerhalb der nächsten fünf Jahre im Rahmen der "FreedomCAR and President's Hydrogen Fuel Initiative" insgesamt rd. 1,7 Mrd. US\$ für die Entwicklung von Brennstoffzellen- und Wasserstoffautos sowie für den Aufbau einer H₂-Infrastruktur bereit zu stellen. Ähnliche Aktivitäten laufen in Japan und auch die EU verstärkt ihre Anstrengungen, sich rechtzeitig am Zukunftsmarkt Wasserstoff zu positionieren⁴².

Die Rolle von alternativen Kraftstoffen kann hierbei allerdings nicht alleine aus Sicht des Verkehrs bewertet werden. Wechselwirkungen im gesamten Energiesystem sind ebenfalls zu berücksichtigen. Dies betrifft Fragen der Verfügbarkeit von Primärenergieträgern wie auch Verlagerungseffekte, die auftreten, wenn erneuerbare Energien statt im stationären Bereich in mobilen Anwendungen eingesetzt werden. Neue Kraftstoffe müssen deshalb in energiewirtschaftliche Gesamtstrategien zu neuen Energieträgern und -quellen eingebunden werden.

Hinzu kommt, dass neue Kraftstoffe aufgrund des nur schrittweise erschließbaren Primärenergiepotenzials der erneuerbaren Energien zukünftig wohl nur dann signifikante Verbrauchsanteile abdecken können, wenn sie mit einer drastischen Effizienzsteigerung im Verkehrsbereich verbunden werden: damit ist nicht das 7l-Wasserstoffauto die

⁴¹ European Commission 2001a, 2001b, 2001c

⁴² www.europa.eu.int/comm/research/energy/nn/nn_rt_hlg2_en.html;
www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells; www.ena.or.jp/WE-NET

Herausforderung, sondern das 2l oder 3l-Fahrzeug⁴³, was dann auch mit alternativen Kraftstoffen betrieben werden kann. Im Vordergrund müssen daher auch bei den Fahrzeugkonzepten ganzheitliche Systemlösungen stehen, statt sich auf die partielle Verbesserung von Einzelaspekten zu beschränken.

Funktion und Bedeutung der neuen Kraftstoffe u. Energieträger im Energiesystem

Funktion im Stromsystem	Funktion im Wärme/Kältesystem	sonstige Funktionen	Rolle für nachhaltiges Energiesystem
nur indirekt, wenn langfristig Überschüsse bei der Stromerzeugung (z.B. auf der Basis erneuerbarer Energien) chemisch gespeichert werden müssen oder die Bereitstellung neuer Kraftstoffe selber eine Stromnachfrage induziert	Kurz-/mittelfristig keine Langfristig potenziell Brennstoff	Speicher für Stromüberschüsse H ₂ -Polygeneration (Flexibilität der Bereitstellung industrieller Vorprodukte, Synthesegasindustrie)	hoch, da Verkehr derzeit ansteigende CO ₂ -Emissionen aufweist hoher absoluter Minderungsbeitrag wg. weltweit sehr hoher Bedeutung Einkopplung erneuerbarer Energien (z.B. Biodiesel, BTL) Nutzungskonkurrenz zu anderen Anwendungsfeldern (stationär, stofflich)

Position von NRW im Technologiewettbewerb

Im Bereich neuer Kraftstoffe bietet sich nicht nur fahrzeugseitig, sondern auch auf Seiten der Infrastruktur (z.B. Tankstellen) ein potenzieller Massenmarkt für neue Technologien. In NRW ist die gesamte Bandbreite relevanter Akteure von der Automobilindustrie über die Energie- und Mineralölwirtschaft bis hin zu den Zulieferbetrieben ansässig, was spezifische Entwicklungen aus dem Land heraus befördert:

- Bei **Erdgas** (CNG) sind durch die langfristige Steuerbefreiung bis 2019 die Rahmenbedingungen für den Aufbau der Infrastruktur geschaffen. In NRW unterstützt die Initiative "Rhein-Ruhr gibt Gas" des Landes die Energieunternehmen, die z.B. schon Erdgastankstellen betreiben und an Flottenversuchen beteiligt sind. Unternehmen aus NRW konnten sich als Technologielieferanten z.B. bei Drucktanks oder Betankungssystemen positionieren.
- Bei den „klassischen“ **biogenen Kraftstoffen** wurden in NRW bereits Fortschritte erzielt. Die Technologien sind (bzgl. Produktion und Einsatz in Motoren) verfügbar, erhebliche Biodieselpkapazitäten sind im Land verfügbar und ein relativ engmaschiges Tankstellennetz ist bereits aufgebaut. F&E-Bedarf besteht insbesondere bei neuen thermochemischen Verfahren zur Nutzung fester Biomassen (biomass-to-liquid Synthese BTL), da hier zusätzliche Potenziale der Reststoffe für den Verkehr erschlossen werden können und zudem Synergien zu anderen Vergasungsrouten (multi fuel options, effiziente Kohlenutzung, Synthesegaswirtschaft) vorliegen.

⁴³ DLR, Ifeu, WI (2004)

- Im Bereich der Herstellung und Verwendung von **Wasserstoff** kann NRW auf eine lange Tradition zurückblicken. Seit vielen Jahrzehnten wird im Ruhrgebiet ein Wasserstoffverbundnetz zwischen verschiedenen Chemieunternehmen betrieben. Dazu verfügen auch die in NRW vertretenen international führenden Anbieter technischer Gase über Erfahrung mit der Herstellung und insbesondere auch der Verflüssigung von Wasserstoff. Ebenso liegt weitreichende Kompetenz bei der Reformier- und Vergasertechnik vor. NRW besitzt damit eine hohe Systemtechnikkompetenz über die gesamte Wasserstoff-Prozesskette, insbesondere für die konventionell dominierte Einstiegsphase auf Basis der Energieträger Erdgas und Kohle. Alle im Wasserstoffverbund relevanten Akteure (z.B. Automobilindustrie, Mineralölwirtschaft, Anlagenbau, Stromwirtschaft) haben ein starkes Standbein in NRW. Für die Nutzung des Wasserstoffs in **Brennstoffzellen** (BZ) bietet das Kompetenzzentrum Brennstoffzellen eine Plattform, dessen Schwerpunkt bislang allerdings auf stationären Anwendungen lag, während Initiativen anderer Bundesländer (z.B. Baden-Württemberg) sich stärker auf die mobile Verwendung konzentrieren. Durch die Integration beider Aspekte im neuen "Kompetenznetzwerk Brennstoffzelle und Wasserstoff NRW" wurde Anfang 2004 die Voraussetzung geschaffen, um das Thema H₂ mit einer integrierten Strategie voran zu bringen.

Hemmnisse und Probleme bei Entwicklung und Markteinführung von Wasserstoff

Sehr hoher Infrastrukturaufwand auf der Kraftstoffseite (flächendeckende Betankungsinfrastruktur) und zum Teil auch auf der Fertigungsseite (bestehende Produktionsstätten für Fahrzeugantriebe), die zu einem starken Beharrungsvermögen bezüglich etablierter Strukturen führen.

Konflikt zwischen der Vielfalt der H₂-Optionen einerseits und dem Zwang zur akteursübergreifenden Einigung andererseits. Aufgrund des hohen Aufwandes – vor allem beim Aufbau der Infrastruktur - ist eine parallele Markteinführung unterschiedlicher Kraftstoffe in großem Umfang nicht zu erwarten, so dass eine Einigung aller Akteure auf einige wenige Konzepte erforderlich ist.

Grenzüberschreitender Verkehr erfordert gesamteuropäisches Vorgehen (Verfügbarkeit der neuen Kraftstoffe muss auch außerhalb Deutschlands gewährleistet sein).

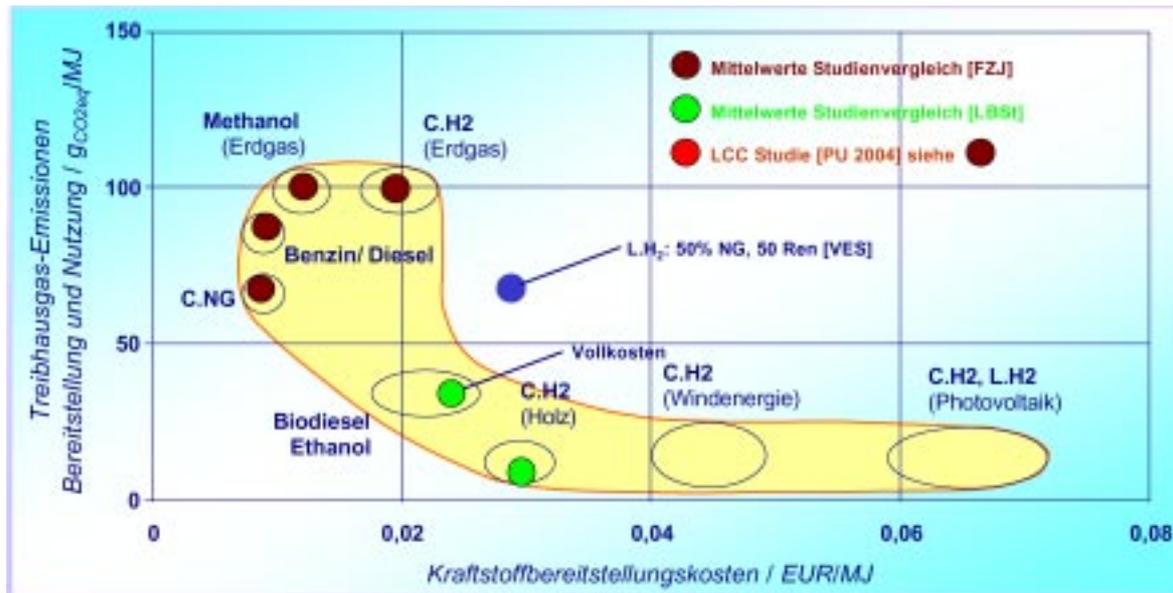
Saubere, klimaverträgliche Produktionsverfahren basieren auf Strom aus erneuerbaren Energien, der heute nicht in ausreichender Form und nur zu zum Teil deutlich höheren Kosten verfügbar ist. Auch die Biomassepotenziale für die H₂-Herstellung sind begrenzt. Entsprechende Restriktionen gelten für die Kohlevergasung als Quelle für Wasserstoff, die zudem mit einer CO₂-Abtrennung und -entsorgung zu koppeln wäre, um einen klimaverträglichen Kraftstoff zu generieren (vgl. Kapitel 3.14).

Auf der Basis der heutigen Systemeigenschaften führt der direkte Einsatz von REG-Strom zu einer höheren Minderung der Treibhausgasemissionen als die indirekte Verwendung über Wasserstoff. Die Markteinführung von REG-Wasserstoff ist rein aus Klimaschutzgründen deshalb zeitlich nachrangig gegenüber dem Aufbau einer REG-Stromerzeugung zu sehen⁴⁴ und kann somit nicht alleine ökologisch begründet werden.

⁴⁴ Beim Ersatz einer kWh Strom aus erneuerbaren Energien spart man rund 500 bis 900 g (in der Bandbreite vom Kraftwerksmix bis zum Kohlekraftwerk) ein, während die gleiche Menge elektrische

Die Kosten der neuen Kraftstoffe sind derzeit teilweise noch sehr hoch (vgl. Abbildung 1). Weltweit starke Konkurrenz bei Technologieentwicklung und Markteinführung (z.B. USA, Japan, Wasserstoffinitiative auf Basis von REG-Strom in Island, etc.).

Abb. 3-6: Minderung der klimarelevanten Emissionen und Herstellungskosten von neuen Kraftstoffen (Höhlein 2003)



Hohe Anforderungen an die Fahrzeugeigenschaften (z.B. Reichweite, Fahrdynamik und Beschleunigungsverhalten, dauerhafte Fahrbereitschaft, Platzangebot). Insbesondere die zum Teil volumenbezogen geringere Energiedichte der neuen Kraftstoffe (z.B. Wasserstoff) erfordert neue, innovative Speicherlösungen.

In der öffentlichen Wahrnehmung steht die Brennstoffzelle als Synonym für die Einheit von Fahrzeugtechnik und neuen Kraftstoffen. Die Frage des Brennstoffs für die Brennstoffzelle wird dabei zumeist ausgeblendet, was bei einer Markteinführung zu unerwarteten Akzeptanzproblemen führen könnte. Akzeptanzfragen sind vor allem in Bezug auf Explosionsgefahr (z.B. Wasserstoff) bzw. Toxizität (z.B. Methanol) zu erwarten.

Forschung- und Entwicklungsbedarf besteht noch in vielen Teilbereichen. Dies betrifft nicht nur die Speichertechnik (Druck-, Flüssig und Graphit-Nanofiberspeicher), sondern auch innovative Produktionsverfahren (z.B. Hochdruckelektrolyse, kleine marktgängige Erdgasreformer, Multi-Fuel-Reformer, photochemische, photoelektrische und photobiologische Wasserstofferzeugung sowie katalytische Wasserspaltung mit Hochtemperatur-Solarwärme in Sonnenöfen, Kvaerner-Plasmaprozess), die Anwendung

Energie umgesetzt in Wasserstoff als Benzinsubstitut nur eine CO₂-Minderung von rund 200 g nach sich zieht.

im Fahrzeug selber und anderweitige Einsatzgebiete (z.B. als Speichermedium für off-shore Windkraftwerke).

Fördernde Faktoren und Triebkräfte für Marktentwicklung

Die Klimaschutzdiskussion erhöht den Druck, auch im Bereich Verkehr neue Konzepte umzusetzen. Langfristig kommt neuen Kraftstoffen (vor allem Wasserstoff) als chemischer Energiespeicher eine hohe Bedeutung als klimapolitisches Instrument zu.

Weitere Treiberfaktoren sind (lokale) Schadstoffminderung, Reduzierung der Versorgungsrisiken und Ölabhängigkeit, Technologiewettbewerb, positive Systemeffekte (Speicherung von REG-Strom), Minderung von außen-/sicherheitspolitischen Risiken.

Neue Kraftstoffe profitieren indirekt von dem positiven Image der Brennstoffzelle und sind in der öffentlichen Diskussion weniger vorbelastet als "Sparautos" ("Reizwort" 1 Liter- oder Dreiliter-Auto). Neue Kraftstoffe finden auch bei der Mineralölwirtschaft eine höhere Akzeptanz als Sparkonzepte, da sie sich an den klassischen Vertriebs- und Wertschöpfungsstrukturen orientieren.

Breite Unterstützung der Weiterentwicklung neuer Kraftstoffe durch die Forschungs- und Technologiepolitik des Bundes und der EU (ein starker Schwerpunkt liegt hier allerdings vor allem auf der Brennstoffzellenentwicklung und der Wasserstoffbereitstellung).

Vor allem bei Wasserstoff sind verschiedene Herstellungsverfahren anwendbar und heute bereits kommerziell verfügbar sowie verschiedene Ausgangsprodukte (z.B. Erdgas, Kohle, Biomasse, industrielle Restgase, stranded Gas der Ölindustrie, regenerativ erzeugten Strom) möglich. Dies wirkt sich nicht nur auf die Höhe und im gewissen Sinne die Flexibilität der Potenziale förderlich auch, sondern wirkt sich vor allem auch auf die Phase der Markteinführung positiv aus, die auf bekannten Verfahren aufbauen kann.

Steuerliche Vorteile beim Einsatz neuer Kraftstoffe erleichtern die Markteinführung (z.B. Erdgas – Steuervergünstigungen im Rahmen der ökologischen Steuerreform bis 2019, Steuerbefreiung beim Biodiesel). Die Möglichkeiten der Zumischung von Biodiesel, Bioethanol erhöht die Attraktivität für klassische Marktakteure.

Vielfältige Pilotprojekte und Feldtests erweitern den Erfahrungsschatz über die gesamte Prozesskette von der Herstellung, Aufbereitung, Speicherung, Betankung und Verwendung (so werden beispielsweise im Clean Energy Partnership Projekt derzeit in Berlin verschiedene Alternativen im Feldtest untersucht). Im Land NRW sind allerdings bisher selber wenige derartige Versuche angesiedelt.

Parallele Anstrengungen für die Markteinführung der Brennstoffzellentechnik im mobilen und stationären Bereich eröffnen trotz unterschiedlicher Anforderungen an die Aggregate (wenig dynamischer Dauerbetrieb im stationären Einsatz versus hohe Dynamik im mobilen Bereich) möglicherweise Synergieeffekte (z.B. Materialforschung).

Fazit - strategische Handlungsoptionen für NRW

1. Internationale Positionierung von NRW

Neue Kraftstoff- und Antriebskonzepte werden in Zukunft von sehr großer technischer und wirtschaftlicher Bedeutung für alle Industrieländer sein. Für Akteure aus NRW

besteht deshalb die zwingende Notwendigkeit, sich in diesem Bereich zu engagieren, um Anschluss an die technische Entwicklung zu halten und die kommenden Märkte von Beginn an mit zu prägen. Trotz seiner wirtschaftlichen Bedeutung und seiner Marktmacht kann der Einstieg in eine Wasserstoffenergiewirtschaft von NRW zwar angestoßen, aber letztlich nicht allein umgesetzt werden. Entscheidende Weichenstellungen werden auf europäischer und internationaler Ebene z.B. im Rahmen der "EU Technology Platform for Hydrogen and Fuel Cells" und der "International partnership for a Hydrogen Economy (IPHE)" getroffen werden. Will das Land aber von den zukünftigen Optionen profitieren, muss bereits frühzeitig eine Positionierung im internationalen Rahmen und eine zielorientierte Vorbereitung auf die Entwicklung und Vermarktung wesentlicher Bausteine der Prozesskette erfolgen (Abb. 3-7).

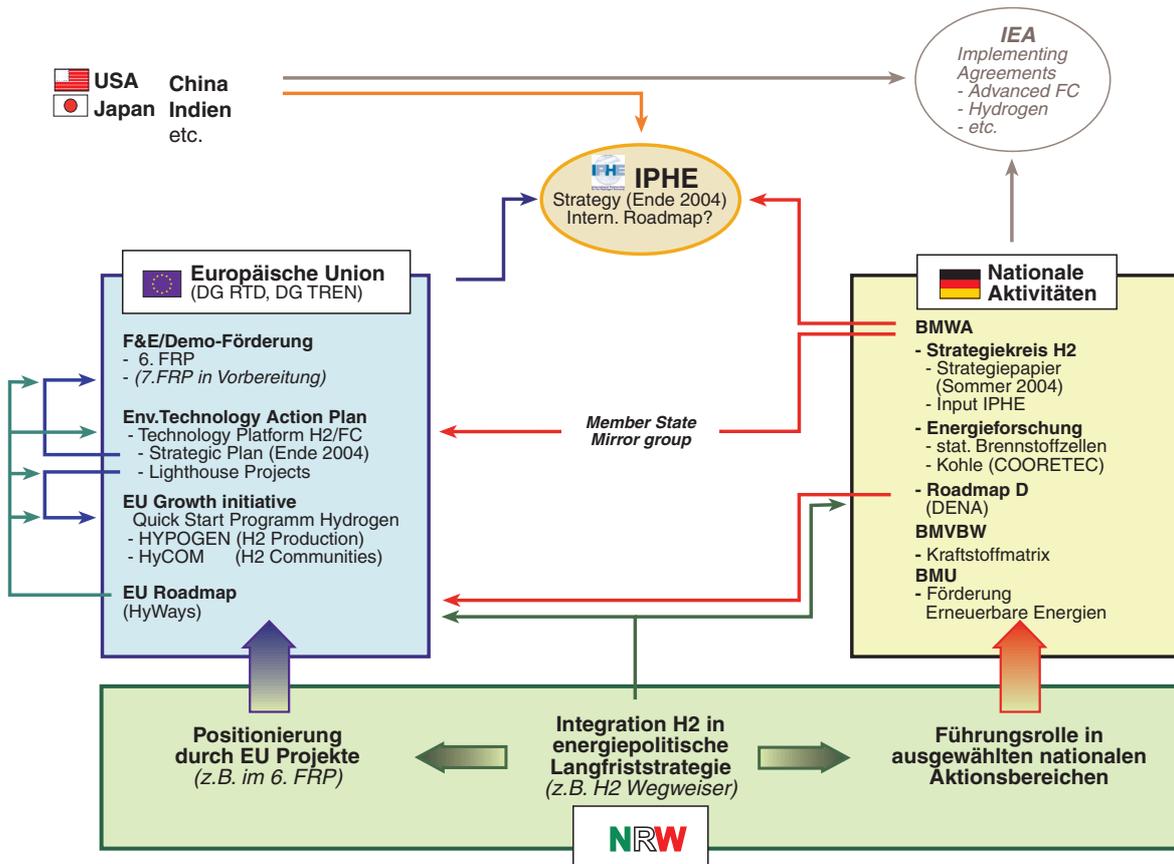
Für NRW bedeutet dies,

- auf nationaler Ebene in zentralen Bereichen eine Führungsrolle einzunehmen;
- sich über Leitprojekte und ein aktives Engagement im EU Prozess zu positionieren;
- auf internationaler Ebene gezielte Allianzen mit (regionalen) Technologiepartnern (z.B. Kalifornien, British Columbia) und möglichen Exportmärkten (China, Indien) aufzubauen.

Die Grundlage hierfür ist, als regionaler Wirtschaftsraum ein eigenständiges Profil zu bilden, das auf einer konsistenten Langfriststrategie beruht und damit Orientierung für Partner und Investoren bietet. Dies umfasst u.a. die Entwicklung und offensive internationale Kommunikation der Vision eines zukunftsfähigen Energiesystems in NRW und der Rolle von H₂/BZ darin. Weitere Aspekte sind Identifikation geeigneter Pioniermärkte und die Definition konkreter Entwicklungs- und Ausbauziele auf der Grundlage politischer Willenserklärungen sowie die Präzisierung von Maßnahmen, Programmen und Förderpolitiken im Zeitverlauf. Einen wichtigen Beitrag hierzu wird der "H₂-Wegweiser NRW" leisten, der im Auftrag des MVEL bis Ende des Jahres 2004 erarbeitet wird.

In Ergänzung hierzu ist es notwendig, relevante Gremien strategisch zu besetzen und entsprechende Möglichkeiten der Einflussnahme für NRW zu nutzen. In dieser Hinsicht ist NRW sowohl in internationalen (IEA, IPHE), europäischen (EU Technologieplattform, Advisory Council, etc.) wie auch nationalen Gremien und Institutionen mit verschiedenen Akteuren gut aufgestellt.

Abb. 3-7: Ansatzpunkte für die internationale Positionierung von NRW



2. Implikationen für Technologieentwicklung und Einstiegsmärkte

Die politische Diskussion um H₂ wird vor allem durch die Probleme im Straßenverkehr getrieben, denn Verkehrsanwendungen sind von hohem politischen, wirtschaftlichen und ökologischem Interesse. Mobile Anwendungen dominieren entsprechend die Förderpraxis in den USA, Japan und vor allem auch in der EU. Ein Großteil der öffentlichen und privaten finanziellen Mittel wird deshalb in Transportanwendungen gelenkt werden.

Aus Sicht von NRW ist festzustellen, dass die beteiligten Global Player der Automobilindustrie derzeit den Schwerpunkt ihrer Entwicklungsaktivitäten nicht in NRW haben. Zusätzlich wird zum gegenwärtigen Stand der Technik die Beteiligung an neuen umfangreichen Flottenversuchen durch die überdurchschnittlich hohen Kosten erschwert. Entwicklungsbedarf besteht jedoch vor allem beim "Hydrogen Management" rund um die Tankstellen, wo sich Perspektiven für Anbieter aus NRW eröffnen, u.a. auch in Verbindung mit anderen Distributionssystemen (H₂-Kartuschenabfüllung an Tankstelle)

Es erscheint deshalb sinnvoll zu sein, die spezifischen Stärken von NRW in andere transportrelevanten Bereichen eines H₂-/BZ-Systems und stationäre Applikationen einzubringen, die zudem auch noch eine schnellere Kommerzialisierung versprechen. Letzteres ist für den Aufbau einer tragfähigen Industriestruktur von besonderer Bedeutung. Grundsätzlich ist nämlich zu beobachten, dass Technologieträger und

Grundlage kommt es darauf an, dass rechtzeitig reale **Wasserstoff-Beispielregionen** mit gewerblich/ industriellen sowie privaten Akteuren geschaffen werden, die sukzessive das gesamte Nachfragespektrum abdecken. Entsprechende Ideen werden z.B. im Rahmen der EU Growth Initiative (HyCOM) diskutiert.

Durch die Nutzung bestehender bzw. die Schaffung von neuen Logistikstrukturen (Verfügbarkeit H₂, Distributionsysteme), Forschungs- und Entwicklungskapazitäten (z.B. Labore, Teststände, Messinfrastrukturen) könnte eine kritische Masse aufgebaut werden, die einen Anreiz für die Ansiedlung weiterer Akteure darstellt. Darüber hinaus übernimmt eine derartige Beispielregion die wichtige Funktion, Akzeptanz bei den Bürgern zu erzielen und als erste Anlaufstelle für Qualifikationsmaßnahmen zu dienen.

Der hiermit verbundene Aufwand aber auch die zu erzielenden Erkenntnisse gehen weit über diejenigen bisheriger bzw. laufender Feldtests hinaus (z.B. Neunburg vorm Wald in Bayern, Clean Energy Partnership Projekt in Berlin, Californian Fuel Cell Partnership). In den laufenden Projekten werden zwar eine Vielzahl von einzeltechnologischen Fragestellungen gelöst, weitgehend offen sind aber vor allem noch Fragen der Systemeinkbindung/-integration, des Infrastrukturaus- bzw. -umbaus und dem Zusammenspiel der einzelnen Komponenten.

Für diese Keimzellen des H₂-Systems bieten sich demnach Standorte an, an denen Energiewirtschaft, Chemie- und Stahlindustrie, Anlagenbau, potenzielle Nutzer, Energieinfrastrukturen etc. vorhanden sind. In Deutschland kommen hierfür neben dem Ruhrgebiet vor allem das Chemiedreieck Halle/Leipzig sowie das Rhein-Main-Gebiet in Frage, mit denen NRW im Wettbewerb steht. Die Standortvorteile von NRW sollten deshalb aktiv genutzt und erhalten werden.

Besondere Chancen ergeben sich für NRW möglicherweise dadurch, dass von Anfang an ein **breites Produktionsspektrum** demonstriert wird. Ausgehend von der Verwendung von Erdgas und industriellen Restgasen (Multi Fuel Reformer) gehört hierzu auch der Einsatz von biogenen Energieträgern und Kohle, z.B. in Kopplung mit fortschrittlichen Kohlekraftwerken. Derartige **Multi-Fuel/Synthesegas-Konzepte** können hohe Chancen auf den Exportmärkten eingeräumt werden. Gleiches gilt für leistungsfähige Elektrolysekonzepte, z.B. mit Blick auf die Kopplung mit off-shore Winderzeugung. Entsprechende Technologiekonzepte und Komponenten können in NRW bereitgestellt werden.

Besondere Vorteile aufgrund seiner Wirtschaftsstruktur bietet NRW auch für die Einführung **flexibler H₂-Distributionskonzepte** (z.B. standardisierte Kartuschen), mit denen ein breites Spektrum von portablen, stationären und mobilen Anwendungen erschlossen werden kann. Von dem vom MVEL in Auftrag gegebenen H₂-Wegweiser NRW wird eine Spezifizierung dieser möglicher Einstiegsmärkte erwartet

4 Vergleichende Analyse und zusammenfassende technologisch-ökonomische Bewertung der ausgewählten Schlüsseltechnologien und Systemlösungen

4.1 Technische Bewertung

Im vorangegangenen Kapitel wurden die Einzeltechnologien und Systemlösungen mit ihren Merkmalen und Perspektiven kurz beschrieben. Aufgrund der für die Auswahl zugrunde gelegten Kriterien (vgl. Kapitel 2) wurde sichergestellt, dass für alle betrachteten Optionen von einem Klimaschutzbeitrag und interessantem Marktpotenzial ausgegangen werden kann. Im Vergleich der Technologien zeigt sich jedoch, dass sie sich sowohl hinsichtlich ihrer Funktion im Energiesystem als auch ihrer möglichen zukünftigen – qualitativen und quantitativen - Bedeutung für die Energieversorgung zum Teil deutlich voneinander unterscheiden.

Kapitel 4.1.1 setzt sich deshalb zunächst mit einer szenarioanalytischen Bewertung der möglichen Rolle der einzelnen Technologien im künftigen Energiesystem auseinander. Auf der Basis der Betrachtung des technologischen Status und der sich daraus ableitenden Entwicklungsnotwendigkeiten (Kapitel 4.1.2) wird danach die Bedeutung der Einbettung von Entwicklungsarbeiten in eine langfristige Strategie diskutiert (Kapitel 4.1.3).

Aus technologischer und energietechnischer Perspektive interessiert schließlich, ob die notwendigen technischen Entwicklungen im akzeptablen Verhältnis zur Bedeutung der Technologie stehen, ob sich im Vergleich der Optionen technische Prioritäten ableiten lassen und/oder ob sich ggf. einzelne Stärken und Schwächen der Einzeltechnologien im Verbund zu einem besonders leistungsfähigen und damit auch besonders marktfähigen Angebot bündeln lassen (Kapitel 4.1.4).

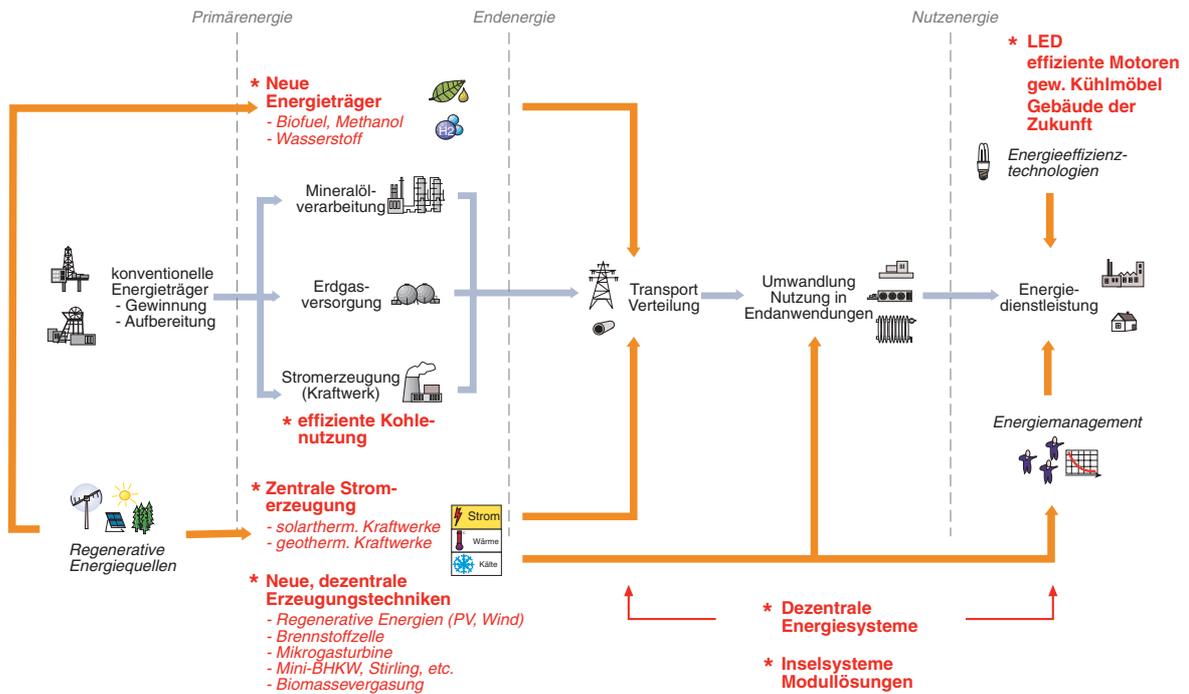
4.1.1 Rolle der untersuchten Technologien im zukünftigen Energiesystem

Jede der Optionen im untersuchten Portfolio leistet für sich genommen einen sinnvollen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung des Energiesystems. Welche quantitative Bedeutung sie im Gesamtsystem einnehmen können und was für technologiespezifische Anforderungen an sie gestellt werden, ist aber nur aus dem Systemzusammenhang heraus zu beurteilen. Die Auswahl der betrachteten Technologien deckt dabei eine große Bandbreite von Lösungen für die unterschiedlichen Handlungsfelder im Energiesystem ab (vgl. Abb. 4.1). Dies betrifft z.B.:

- Grund- bzw. Mittellaststromerzeugung auf der Basis fossiler Brennstoffe (Effiziente Kohlekraftwerktechnik) bzw. erneuerbarer Energien (z.B. geothermische und solarthermische Kraftwerke, Biomassekraftwerke mit vorgeschalteter Vergasung)
- neue dezentrale Anwendungen für die Strom- und Wärmebereitstellung (z.B. Brennstoffzellen, Mikrogasturbinen)
- Anlagen der Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien mit z.T. fluktuierender Angebotscharakteristik (Wind, Photovoltaik)

- innovative und sparsame Anwendungen von Strom und/oder Wärme (z.B. LED, effiziente Motoren, Gebäude der Zukunft)
- Beiträge zur integrierten Optimierung von Energiesystemen und Anwendungen (z.B. für dezentrale Energiesysteme, Inselsysteme) und
- neue Energieträger und Kraftstoffe wie z.B. Wasserstoff

Abb. 4-1: Rolle der ausgewählten Technologien im Energiesystem



Für die technische Bewertung der Rolle im Energiesystem ergeben sich daraus die beiden Leitfragen: In welchen, aus gesamtsystemischer Sichtweise anstehenden, Veränderungsprozessen leisten die ausgewählten Technologien einen Beitrag und wie werden diese durch die zukünftige Ausgestaltung der energiepolitischen Rahmenbedingungen beeinflusst? Beiden Fragen wird im folgenden nachgegangen.

Anforderungen einer nachhaltigen Energieversorgung und Ansatzpunkte für Zukunftstechnologien

Die vom Land NRW und dem Bund unterstützte Zielsetzung einer nachhaltigen Entwicklung der Energieversorgung erfordert eine Reihe von weit reichenden Maßnahmen, die im Rahmen von aufeinander aufbauenden kurz-, mittel- und langfristigen Strategien umgesetzt werden müssen. Welche dies sind, kann an Hand von Szenarioanalysen bestimmt werden. Dabei werden auf der Basis eines konsistenten Annahmengerüsts unterschiedliche Pfade für die Energieversorgung der Zukunft entwickelt. Aktuelle szenarioanalytische Untersuchungen liegen derzeit z.B. für das Umweltbundesamt (UBA 2002) und die Enquête-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ des Deutschen Bundestages (Enquete 2002) vor.

Die systematische Überprüfung der Möglichkeiten und Grenzen der heute verfügbaren technologischen Optionen führt zu dem Ergebnis, dass es erforderlich ist, in verschiedenen Handlungsbereichen gleichzeitig tätig zu werden, um die anspruchsvollen Ziele zum Klima- und Ressourcenschutz zu erreichen (Tab. 4.1). Wie die Auflistung zeigt, ergeben sich in den anstehenden Veränderungsprozessen verschiedene Ansatzpunkte für den Einsatz der hier ausgewählten Technologien.

Tab. 4.1: Kurz-, mittel- und langfristige Handlungserfordernisse für eine nachhaltige Energieversorgung und Ansatzpunkte für den Einsatz der Zukunftstechnologien

Zeithorizont	Maßnahmen	Ansatzpunkte der Zukunftstechnologien
kurzfristig (bis 2005/2010)	<p>mindestens eine Verdopplung des Anteils erneuerbarer Energien</p> <p>deutliche Ausweitung des Beitrags der KWK bis hin zu einer Verdopplung (je nach Szenario spätestens bis zum Jahr 2020)</p> <p>Verstärkung der Anstrengungen zur Energie- und insbesondere der Stromeinsparung (Ziel: Verdopplung der jährlichen Steigerungsraten der Energieproduktivität).</p> <p>Entwicklung und Markteinführung von Technologien mit Brückenfunktion in eine langfristig nachhaltige Energieversorgung (z.B. Brennstoffzellen: Erdgas → Wasserstoff)</p>	<p>Wind, PV, Biomasse, Geothermie, Solarthermie</p> <p>Brennstoffzellen, Mikrogas-turbinen, Biomasse-vergasung</p> <p>Gebäude der Zukunft, LED, effiziente Motoren und gewerbliche Kühlmöbel</p> <p>Modullösungen für Inselsysteme</p> <p>Brennstoffzellen, neue Kraftstoffe</p> <p>dezentrale Energiesysteme</p>

<p>mittelfristig (bis 2020)</p>	<p>kontinuierliche Fortführung/Ausbau der angelegten Strategien (vor allem bei der rationellen Energieanwendung - insbesondere die Sektoren mit langen Zeitkonstanten wie die Gebäudesanierung und die Effizienzerhöhung der Fahrzeugflotte)</p> <p>Aufbau entsprechender Infrastrukturen, wie z.B. Nahwärmeversorgungen und die Etablierung der Märkte für erneuerbare Energien.</p> <p>Nutzung des anstehenden Erneuerungs- und Ersatzbedarfs im Kraftwerkspark für eine zielorientierte Umgestaltung und Vermeidung der langfristigen Einschränkung der Handlungsmöglichkeiten durch Investition in unzureichende Technik (Langlebigkeit des Kapitalstocks im Kraftwerksbereich)</p> <p>Intelligente Vernetzung zunehmend dezentraler Technologien</p> <p>Klärung der Rolle von CO₂-Senken wie z.B. CO₂-Entsorgung (prinzipielle Eignung, Nachhaltigkeitsprinzipien, Akzeptanz)</p> <p>neue Schwerpunkte im Bereich der Mobilität (verstärkte Anreize für den Umstieg auf die Bahn, Kombination effizienter Autos mit neuen Kraftstoffen)</p>	<p>s.o.</p> <p>dezentrale Energiesysteme, Biomassevergasung/ Multi-Fuel, neue Kraftstoffe</p> <p>Effiziente Kohlenutzung Brennstoffzellen Mikrogasturbine Geothermische Kraftwerke dezentrale Energiesysteme</p> <p>dezentrale Energiesysteme</p> <p>Effiziente Kohlenutzung, gasgefeuerte KWK-Technologien</p> <p>neue Kraftstoffe</p>
<p>langfristig (bis 2050)</p>	<p>Sicherung und stetige Fortentwicklung des erreichten Ausbaugrads (bei den erneuerbaren Energien, der rationellen Energieanwendung, Brennstoffsubstitution)</p> <p>Integration weiterer Quellen in den Energiemix (z.B. Stromimport aus erneuerbaren Energiequellen)</p> <p>je nach Ergebnissen der zuvor erforderlichen Prüfung auch Errichtung CO₂-neutraler fossiler Kraftwerke mit angeschlossener CO₂-Entsorgung</p> <p>Entwicklung neuer klimaverträglicher Kraftstoffe auf der Basis erneuerbarer Quellen und Integration in das gesamte Energiesystem</p> <p>Vernetzung der verschiedenen zusätzlichen Komponenten durch ein intelligentes Management und Optimierung der Balance zwischen verstärkt dezentralen Strukturen und überregional zu vernetzenden Systemen – bis hin zu einem europäischen Verbund der Nutzung erneuerbarer Energien.</p>	<p>s.o.</p> <p>Geotherm. Kraftwerke Solartherm. Kraftwerke</p> <p>Effiziente Kohlenutzung Brennstoffzellen (HT)</p> <p>neue Kraftstoffe, Brennstoffzellen</p> <p>dezentrale Energiesysteme Gebäude der Zukunft</p>

Energiepolitische Rahmenbedingungen bestimmen quantitative Bedeutung

Die künftige Entwicklung und der quantitative Beitrag der betrachteten Technologien zur Energieerzeugung wird durch die kommenden energiepolitischen Randbedingungen bestimmt. Dies wird besonders an der Bandbreite der von der Enquête-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ entwickelten Szenarien deutlich.

Neben einer Referenzentwicklung greift die nachfolgende Abb. 4-2 drei der Nachhaltigkeitsszenarien auf, die die Bandbreite der von der Enquête-Kommission insgesamt betrachteten 17 Szenarien gut abdecken. Sie haben die gemeinsame Zielsetzung, eine Minderung der CO₂-Emissionen gegenüber 1990 um 80% bis zum Jahr

2050 zu erreichen. Diese Minderungsempfehlung wird von Klimawissenschaftlern für die Industriestaaten mindestens für erforderlich gehalten, um die ökologischen Folgen der Erwärmung der Erdatmosphäre in „tolerablen“ Grenzen zu halten. Das Szenario "Umwandlungseffizienz" (NH 1) setzt hierfür an einer deutlichen Effizienzsteigerung bei der Energiebereitstellung an, was sich insbesondere in einem hohen Beitrag der KWK manifestiert und ermöglicht mittelfristig den Einstieg in die CO₂-Abtrennung und Endlagerung. Das Szenario „REN-/REG-Offensive“ (NH 2) stellt neben einer effizienteren Energieanwendung und –bereitstellung vor allem den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in den Vordergrund. Schließlich wird im Szenario „Fossil-nuklearer Energiemix“ (NH 3) ab dem Jahr 2010 der Neubau von Kernkraftwerken in Deutschland zugelassen und langfristig ein starkes Wachstum des Stromverbrauchs durch neue Stromanwendungen (z.B. im Verkehr und bei der Raumwärme) angenommen.

In Abbildung 4.2 sind beispielhaft für den durch die unterschiedlichen Vorgaben aufgespannten Zukunftsraum die abgeleiteten Anteile der einzelnen Techniken an der Stromerzeugung gegenübergestellt. Hieraus können folgende Aussagen abgeleitet werden:

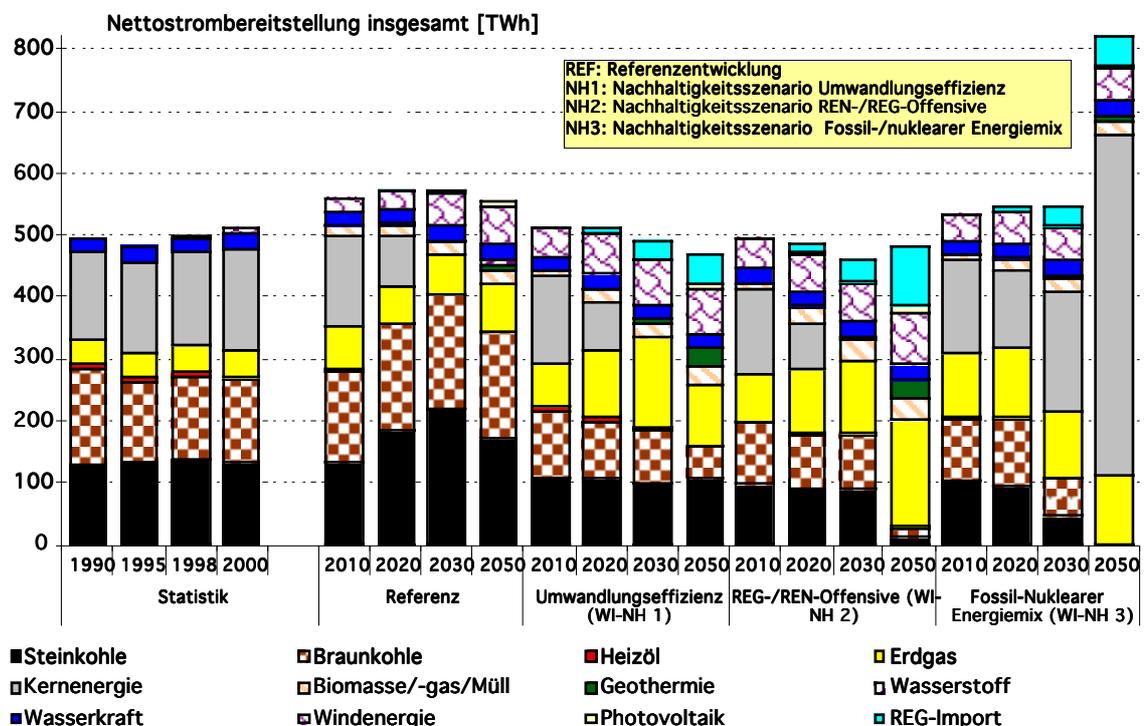
- Aus nationaler Perspektive spielen **Effiziente Kohlekraftwerkstechnologien** vor allem unter Referenzbedingungen – mit rd. 170 TWh_{el} im Jahr 2050 – eine wichtige Rolle. Die anspruchsvollen Minderungsziele der Nachhaltigkeitsszenarien lassen sich bei einem weiter vergleichsweise hohen Einsatz der Kohle (ca. 110 - 180 TWh_{el} in 2050) nur dann erreichen, wenn eine CO₂-Entsorgung in der Größenordnung von 200 bis 250 Mio. t CO₂/a zugelassen und gesellschaftlich akzeptiert ist. Die dafür nötigen Richtungsentscheidungen müssen bis spätestens zu Beginn des Kraftwerksersatzbedarfs ab dem Jahr 2010 getroffen werden⁴⁵ (vgl. 4.2).
- Die **Verstromung von Erdgas**, vor allem auch in dezentralen KWK-Anlagen nimmt dagegen in allen Szenarien in absoluten und vor allem auch relativen Größen zu. Dabei ist die **Objektversorgung mit Brennstoffzellen** vor allem in den Szenarien NH 1 und NH 2 mit absoluten Beiträgen von 43 bzw. 35 TWh im Jahr 2030 von besonderer Bedeutung, während diese im Szenario NH 3 mit lediglich 3,7 TWh bis zu diesem Zeitpunkt kaum Relevanz erreicht.
- Der **geothermischen Stromerzeugung** kommt in der Referenzentwicklung kaum, in zwei der drei beschriebenen Zukünfte für ein nachhaltiges Energiesystems mit Beiträgen von 28-41 TWh (>6-10% der Nettostrombereitstellung) allerdings eine deutlich größere Bedeutung zu.
- Die dynamische Entwicklung der **Windenergie** ist über alle Szenarien als robust einzuschätzen, jedoch variiert die absolute Höhe der Zuwachsraten. Hierbei dominiert vor allem das Repowering an bestehenden Standorten und der Aufschluss der offshore Potenziale.
- Gleichermaßen gilt dies mittel- bis langfristig für den **Import von Strom aus erneuerbaren Energien** (solarthermische Kraftwerke in Südeuropa und Nordafrika, offshore Windenergie der Nordseeländer, Wasserkraft aus Skandinavien), der aus

⁴⁵ Der Anteil der Kohlekraftwerke reagiert besonders sensibel auf die gesetzte CO₂-Minderungsmarke. Reduzierte man die Zielmarke auf 60 % Minderung verbleibt auch ohne CO₂-Entsorgung für das Jahr 2050 noch eine Größenordnung von bis zu 100 TWh_{el}.

Klimaschutzgründen (NH 1 und NH 2) bzw. zur Sicherstellung einer hinreichend diversifizierten Versorgungsstruktur signifikant zunimmt.

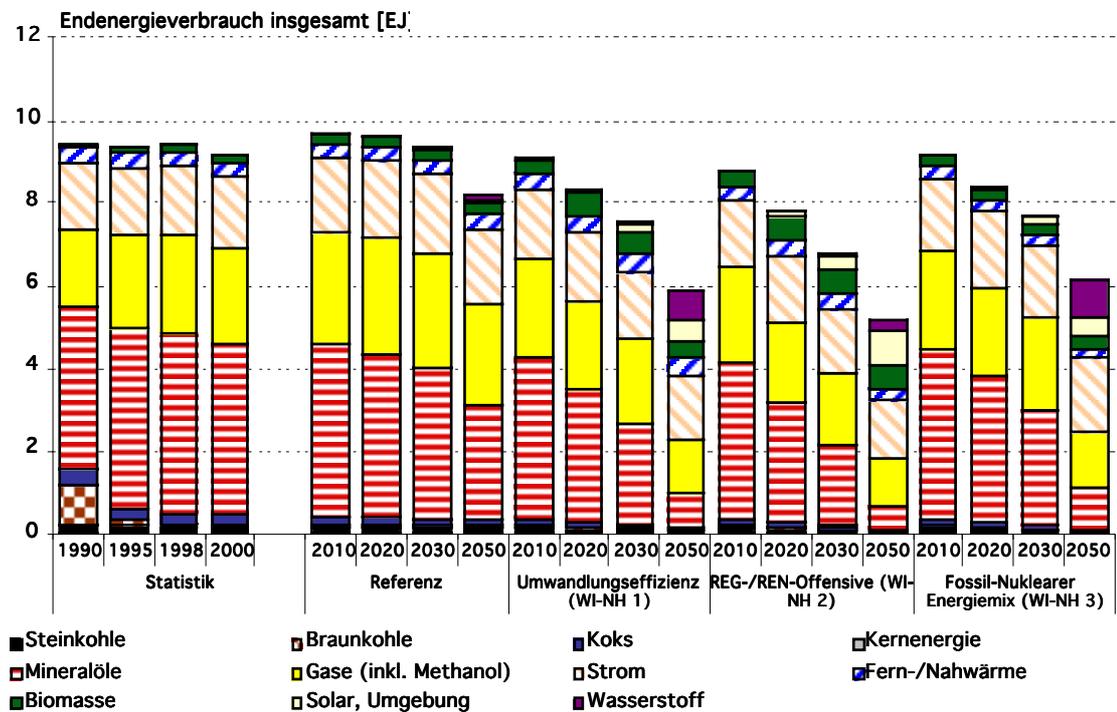
- Neben der effizienten und möglichst klimaverträglichen Bereitstellung von elektrischer Energie ist die **Reduktion der Stromnachfrage** durch den Einsatz energieeffizienter Produkte und Verfahren in allen Nachhaltigkeitsszenarien eine unverzichtbare Voraussetzung. Im Szenario NH 3 wird dieser Effekt allerdings durch den verstärkten Einsatz von Strom in heute nichtstromseitigen Anwendungen vor allem im Wärmemarkt (z.B. elektrische Wärmepumpen) deutlich überkompensiert.

Abb. 4-2: Entwicklung der Nettostromerzeugung in Deutschland am Beispiel verschiedener Szenarien für die Enquête-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ (Enquête 2002)



Vergleichbare Analysen lassen sich auch für den in den Szenarien resultierenden Endenergiemix durchführen (vgl. Abb. 4.4), wo insbesondere die unterschiedlich starke Bedeutung von Wasserstoff als neuem Energieträger hervorzuheben ist. Während dieser unter Referenzbedingungen bis zum Jahr 2050 nicht zur breiteren Anwendung kommt, erlangt er in den Nachhaltigkeitsszenarien in diesem Zeitraum eine durchaus signifikante Bedeutung. In einigen Sektoren (vor allem Verkehr) gehört er zu diesem Zeitpunkt bereits zu den wichtigen Stützen. In alternativen Szenarioansätzen der Kommission beschränkt sich die Rolle von Wasserstoff bis 2050 allerdings auf die Abpufferung der Überschüsse aus der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Der Einsatz von Wasserstoff erfolgt hierbei in Brennstoffzellen u.a. auch als Regulativ für die zunehmende fluktuierende Erzeugung.

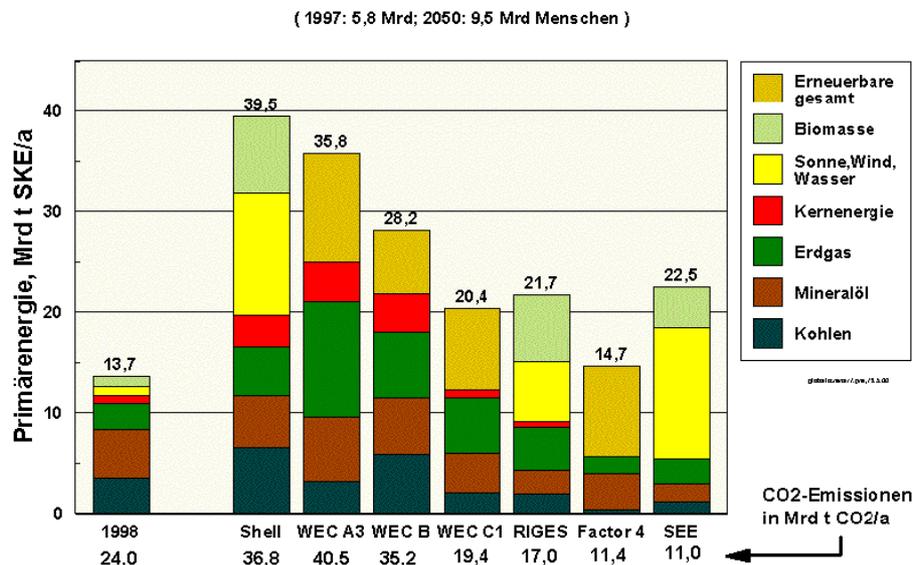
Abb. 4-3: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland am Beispiel verschiedener Szenarien für die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“



Quelle: Enquete 2002

Die Bedeutung der Technologien für eine nachhaltige Entwicklung des Energiesystems kann allerdings nicht nur aus der Perspektive von nationalen Minderungsstrategien erfolgen. Gerade mit Blick auf die Exportmärkte sind die globalen Entwicklungspfade von Bedeutung (vgl. Abb. 4.). Dabei fällt zunächst auf, dass die für die nationale Ebene interessanten Technologien unter vergleichbaren Rahmenbedingungen bzw. Vorgaben auch auf globaler Ebene wichtig sind. Zudem kristallisiert sich aber heraus, dass bestimmte Technologien (z.B. Effiziente Kohlenutzung), die unter strengen Nachhaltigkeitsgesichtspunkten in Deutschland möglicherweise weniger bedeutsam erscheinen (vgl. Szenario NH 2 und NH 3 in Abb. 4.2), unter ähnlichen Bedingungen weltweit sehr wohl eine herausragende Bedeutung gewinnen können (z.B. im Szenario WEC-C1). Vor diesem Hintergrund ist eine frühzeitige Adressierung der jeweiligen Märkte für die einzelnen Technologien sinnvoll, um von vorn herein eine auf die spezifischen Anforderungen der potenziellen Zukunftsmärkte abgestimmte Entwicklung durchführen zu können.

Abb. 4-4: Verschiedene Entwicklungsperspektiven des globalen Energiesystems für das Jahr 2050



Darstellung verschiedene Szenarien von Shell, der Weltenergiekonferenz: A3 – hohes wirtschaftliches Wachstum, B – Business as Usual, C1 – ökologisch getrieben sowie Nachhaltigkeitsszenarien von Johannsson: Rigeses, der Wuppertal Institut: Factor 4 und der DLR: SEE

Vergleichbare Erkenntnisse liefern auch die vorliegenden Szenarioanalysen aus der Wirtschaft – wie z.B. (Shell 2001). Danach kristallisieren sich fünf wesentliche Aspekte als robuste Elemente einer zukünftigen Entwicklung heraus:

- Erdgas spielt mindestens für die nächsten zwei Jahrzehnte eine dominierende Rolle als Übergangsenergieträger
- Mit neuen Fahrzeugtechnologien stehen die Ölmärkte vor massiven Veränderungen
- Aus ökonomischen und sozialen Gründen werden dezentrale Strom- und Wärmeerzeugungstechnologien an Bedeutung gewinnen
- Erneuerbare Energien haben das Potenzial zur Hauptprimärenergiequelle zu werden, robuste Speichertechnologien spielen hierfür eine bedeutende Rolle
- Die Identifikation von Gewinnertechnologien in einer Zeit hoher Innovationen und Experimente ist schwierig

4.1.2 Technologischer Status und resultierender Weiterentwicklungsbedarf

Die untersuchten Zukunftstechnologien sind unterschiedlich weit entwickelt und es ergibt sich in Abhängigkeit der Optionen und ihrer Marktaussichten ein unterschiedlicher Handlungsbedarf für die nächsten Entwicklungsschritte (vgl. auch Kap. 4.2). Grundsätzlich gilt hierbei, dass eine frühzeitige Ausrichtung der Aktivitäten und zielgerichtete Orientierung der Projekte auf die Bedürfnisse der Märkte von existentieller Bedeutung für den späteren Erfolg sind. Eine Übersicht der offenen Probleme und anstehenden Aufgaben für die im Rahmen dieser Untersuchung ausgewählten Technologien gibt Tab. 4.2. Der für die einzelnen Technologien resultierende Entwicklungsbedarf lässt sich dabei in fünf Phasen einteilen:

- So stehen in den verschiedenen Technologiefeldern zunächst unterschiedlich ausgeprägte **Fortschritte in der F&E** aus. Diese reichen von der Entwicklung zentraler Komponenten (z.B. hinreichend langzeitstabile Materialien) bis hin zu der Lösung von Detailfragen (z.B. Entwicklung von spezifischen Absorberrohren für solarthermische Kraftwerke).
- Im zweiten Schritt müssen konkrete Beiträge zur stärkeren **Anpassung der Technologien an die Märkte** geleistet werden, woraus sich wiederum Rückkopplungen (mit dann ggf. längerem Zeithorizont) auf den F&E-Bedarf ergeben können. Die in dieser Phase notwendigen Maßnahmen reichen von marktorientierten Machbarkeitsstudien bis zur konkreten technischen Anpassung von Technologien an die Systemperipherie.
- In der dritten Phase steht die **Integration** der jeweiligen Technologien **in das Gesamtsystem** im Vordergrund. Dabei geht es sowohl um den Aufbau der notwendigen Systeminfrastrukturen (z.B. Biomasselogistik, Wasserstoffbetankungspfad) als auch um den Versuch, durch die Kombination unterschiedlicher Technologien in ganzheitlichen Konzepten Synergieeffekte auszuschöpfen.
- Häufig stehen der **Markteinführung neuer Technologien** noch weitreichende Hemmnisse gegenüber, die in der vierten Phase durch eine geeignete Gestaltung der energiepolitischen Rahmenbedingungen überwunden werden müssen. Energie- und Technologiepolitik hat dabei die Aufgabe vor allem die Markteintrittsphase zu begleiten, stößt aber darüber hinaus an ihre Grenze und Akzeptanzhürden (z.B. im Fall von Dauersubventionen).
- Im fünften Schritt geht es deshalb schließlich um die technologiespezifische Formulierung der für die letztendliche **Marktdurchdringung** notwendigen Zielgrößen (z.B. spezifische Investitionskosten, Wirkungsgrad) und das Einleiten eines entsprechenden Prozesses, mit dem diese erreicht werden sollen.

Auch wenn die fünf Phasen hier nebeneinander dargestellt sind, hat der zeitliche Ablauf doch stark iterativen Charakter und ist von vielfältigen Wechselwirkungen geprägt. So ist insbesondere auch zu berücksichtigen, dass sich im Verlauf einer erfolgreichen Markteinführung neue oder ergänzende Anforderungen z.B. an die Performance der einzelnen Technologien ergeben können, auf die mit zusätzlichen Entwicklungsschritten flexibel reagiert werden muss.

Tab. 4.2: Voraussetzungen für technischen und ökonomischen Fortschritt bei den ausgewählten neuen dezentralen Energietechnologien

	Stand der Technik	Notwendige Fortschritte bei F&E	Entwicklung einer marktfähigen Technologie	Integration der Technologie ins Energiesystem	Energiepolitische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Markteinführung	Voraussetzung für erfolgreiche Marktdurchdringung
Effiziente Kohlenutzung/CO₂-Entsorgung	Referenzkraftwerkskonzept Steinkohle NRW	<p>Materialforschung (hochtemperaturfeste und korrosionsfeste Materialien)</p> <p>Druckkohlenstaubfeuerung: Schlackeabscheidung, Alkalireinigung</p> <p>Zirkulierende Druckwirbelschichtfeuerung: Heißgasentstaubung</p> <p>integrierte Vergasungs-/ Brennstoffkonzepte (Multi-Fuel/Multi-Purpose-Konzepte, Erhöhung der Verfügbarkeit)</p> <p>Nutzung Kohlegas in Hochtemp.-Brennstoffzelle</p> <p>Kompatibilitätsanalyse: CO₂-Abtrennung und -entsorgung (Einbindung in Bundesprogramm Coorotec und EU)</p> <p>Membrantrenntechnik (Sauerstoffabtrennung aus der Luft – Oxyfuel-Prozess, CO₂-Abtrennung aus der Luft)</p> <p>Zuführung Biomasse oder Reststoffe (z. B. Textilfasern)</p>	<p>Errichtung eines Demo-Referenzkraftwerkes NRW</p> <p>Machbarkeitsstudie für ein IGCC mit Multi-Fuel/Multi-Purpose-Charakter und später Fortentwicklung zu Demo-Anlage</p> <p>Konzeptentwicklung für evolutionäre Weiterentwicklung (Referenzkraftwerke der 2. Generation ($\eta_{el} >> 50\%$))</p> <p>Weiterentwicklung der Kraftwerkskomponenten für „CO₂-freie“ Kraftwerke</p>	<p>Regionalstudie Potenziale CO₂-Entsorgung</p> <p>Infrastruktur- und Akzeptanzanalyse CO₂-Entsorgung (inkl. Benchmarking zu anderen Klimaschutzkonzepten und Einordnung in Klimaschutzstrategie)</p> <p>Verknüpfung IGCC-Konzeptstudie mit den Anforderungen des Kraftstoffmarktes (diesbezüglich Analyse des Aufbaues einer Synthesegaswirtschaft)</p> <p>Sicherstellung Systemkompatibilität (z.B. höhere Flexibilität wg. REG-Ausbau)</p> <p>Zuführung Biomasse oder Reststoffe (z. B. Textilfasern)</p>	<p>Anreize aus dem nationalen Allokationsplan für „rechtzeitigen“ Kraftwerksersatz nutzen</p> <p>CDM-/JI als Maßnahmen zur Behebung der Exportchancen</p>	<p>Erhalt des technologischen Know How's im Land</p> <p>Standardisierung der Hauptkomponenten mit hoher Flexibilität für Sonderwünsche</p> <p>Erschließen der Exportmärkte durch Demonstration der Machbarkeit/Zuverlässigkeit über Demoanlage</p>

	Stand der Technik	Notwendige Fortschritte bei F&E	Entwicklung einer marktfähigen Technologie	Integration der Technologie ins Energiesystem	Energiepolitische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Markteinführung	Voraussetzung für erfolgreiche Marktdurchdringung
Biomassevergasung	Pilot-anlage	Lösung der F&E Probleme bei der Gasreinigung und Erhöhung der Langzeitstabilität	<p>Überwindung der Vielfalt an Konzepten und Konzentration der finanziellen Mittel</p> <p>Entwicklung von Lösungen für Multi Fuel Konzepte</p> <p>Sicherstellung des Betriebs ohne Beobachtung (BOB) zur Senkung der Personalkosten</p>	<p>Erschließen weiterer Biogasanwendungen (z.B. Netzeinspeisung)</p> <p>Aufbau geeigneter regionaler Infrastrukturen für die Brennstofflogistik</p> <p>Entwicklung von ganzheitlichen Konzepten zur integrierten Optimierung als lokales KWK-Kraftwerk (insbesondere für Stirling- und Dampfmotoren)</p>	Anpassung der Lenkungswirkung des EEG zur Vermeidung der technologischen Dominanz konventioneller Dampfkraftwerke ⁴⁶	Senkung der spezifischen Investitionskosten

⁴⁶ Findet Berücksichtigung im EEG-Novellierungsvorschlag (Stand Juni 2004)

	Stand der Technik	Notwendige Fortschritte bei F&E	Entwicklung einer marktfähigen Technologie	Integration der Technologie ins Energiesystem	Energiepolitische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Markteinführung	Voraussetzung für erfolgreiche Marktdurchdringung
Mini-BHKW, Stirling-, Dampf-motoren	z.T. marktreif, z.T. F&E	F&E Bedarf bei - Verbesserung der elektrischen Wirkungsgrade - Steuerung, Kontrolle, Fahrweise und Integration als virtuelles Kraftwerk - Nutzung alternativer Brennstoffe - Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung	Überwindung hoher Anfangskosten einiger Technologien durch - Massenfertigung, und/oder - Technik- bzw. Produktions-optimierung	Klärung der offenen Fragen zur Integration ins örtliche Stromnetz Einbindung in Logistik für alternative Brennstoffe	Verbesserung der Einbettung in marktfähige Dienstleistungskonzepte (z.B. Contracting) Erarbeitung/Umsetzung von Standards, Normen und Zertifizierungen Ausräumen rechtlicher Hemmnisse (u.a. Mietrecht) Verbesserung der Förderung durch das KWK Gesetz, insbesondere bzgl. Planungssicherheit und Kalkulierbarkeit der Vergütungen Klärung offener Rechtsfragen bzgl. Vergütungshöhe, Durchleitung, Netzanschluss etc. erforderlich	Nutzung der breiten Palette <i>aller</i> verfügbaren KWK-Technologien Mobilisierung und Qualifizierung des Handwerks als Schlüsselakteur Ausweitung von Nahwärmenetzen als Infrastruktur für KWK

	Stand der Technik	Notwendige Fortschritte bei F&E	Entwicklung einer marktfähigen Technologie	Integration der Technologie ins Energiesystem	Energiepolitische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Markteinführung	Voraussetzung für erfolgreiche Marktdurchdringung
Mikrogas-turbine	marktreif	<p>Verbesserung der Wirkungsgrade von Turbine und Rekuperator (Erhöhung Temperatur) durch neue Werkstoffe</p> <p>Kostensenkung beim elektronischen Getriebe</p> <p>Anpassung der Technologie für die Nutzung alternativer Brennstoffe</p>	<p>Anpassung von Technologie und Peripherie für Anschluss an Niederdruck-Hausnetz</p> <p>Entwicklung geeigneter Anlagen für die Kopplung mit Brennstoffzellen (SOFC-Mikro-GT Hybrid)</p>	<p>Entwicklung von ganzheitlichen Konzepten zur integrierten Optimierung der Objektversorgung</p> <p>Verstärkte Erschließung von Potenzialen zur Dampfversorgung in Gewerbe und Industrie</p> <p>Erschließung kleiner KWKK-Potenziale in Verbindung mit Entwicklung geeigneter Absorptionskälte-maschinen</p> <p>Entwicklung von Lösungen zur Integration ins Stromnetz (virtuelles Kraftwerk)</p>	<p>Verbesserung der Förderung durch das KWKG Gesetz, insbesondere bzgl. Planungssicherheit und Kalkulierbarkeit der Vergütungen</p> <p>Klärung offener Rechtsfragen bzgl. Vergütungshöhe, Durchleitung, Netzanschluss etc. erforderlich</p>	<p>Realisierung einer Kostendegression um Faktor 2 durch Ausweitung der Stückzahlen</p> <p>Demonstration attraktiver Lebenszykluskosten im Praxistest</p> <p>Kommunikation der spezifischen Vorteile hinsichtlich Emissionen, Handling und Wartung</p> <p>Ausweitung von Nahwärmenetzen als Infrastruktur für KWKK</p>

	Stand der Technik	Notwendige Fortschritte bei F&E	Entwicklung einer marktfähigen Technologie	Integration der Technologie ins Energiesystem	Energiepolitische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Markteinführung	Voraussetzung für erfolgreiche Marktdurchdringung
Brennstoffzelle a) Hausenergieversorgung (< 10 kW_{el}) b) Größere KWK-Anwendungen (10 kW_{el} ... 1 MW_{el})	a) Demo-Anlage, Feldtest b) Prototyp	a) Lösung ausstehender F&E- Probleme bei Werkstoffen, Gasversorgung, Katalysator Anpassung der Technologien an die Nutzung alternativer Brennstoffe Reduzierung der strategischen Abhängigkeit von US-amerikanischen Stackherstellern b) Lösung von F&E-Problemen im Bereich Werkstoffe und Standfestigkeit Reduzierung von Degradationseffekten Anpassung der Technologie für die Nutzung alternativer Brennstoffe	a) Entwicklung einer massenmarktauglichen Produktionstechnik Erschließung der Kostensenkungspotenziale durch Synergien mit mobilen und portablen Anwendungen b) Entwicklung geeigneter Anlagen für die Kopplung mit Mikrogasturbinen (SOFC-Mikro-GT Hybrid) Realisierung geeigneter Pilotprojekte zur Deckung der Kosten für Prototypen Entwicklung marktfähiger Produktionstechnik	a) Entwicklung von Lösungen zur Integration ins Stromnetz (z.B. virtuelles Kraftwerk) b) Entwicklung von ganzheitlichen Konzepten zur integrierten Optimierung der Objektversorgung bzw. des Einsatzes als lokales Kraftwerk	a) Überwindung der Anfangskosten durch Anreizprogramme Abbau bestehender Hemmnisse für KWK in der Wohnungswirtschaft (Eigentumsfragen, Mietrecht, Konfliktpotenziale beim Contracting) Verbesserung der Förderung durch das KWK Gesetz, insbesondere bzgl. Planungssicherheit und Kalkulierbarkeit der Vergütungen Klärung offener Rechtsfragen bzgl. Vergütungshöhe, Durchleitung, Netzanschluss etc.erforderlich	a) Erschließung eines ökologisch motivierten Einstiegsmarkts (Premiumsegment) Schaffung der sozio-ökon. Voraussetzungen für Nutzerakzeptanz Entwicklung marktfähiger Vertriebs- und Finanzierungsmodelle, Energiedienstleistungen Aufbau leistungsfähiger Strukturen im Handwerk Beseitigung von Know-how u. Qualifizierungslücken b) Ausweitung von Nahwärmenetzen als Infrastruktur für KWK

	Stand der Technik	Notwendige Fortschritte bei F&E	Entwicklung einer marktfähigen Technologie	Integration der Technologie ins Energiesystem	Energiapolitische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Markteinführung	Voraussetzung für erfolgreiche Marktdurchdringung
Solartherm. Kraftwerke a) Rinnen b) Turm c) Aufwind d) Dish-Stirling	a) marktreif b - d) F&E bzw. Pilotanlagen	Entwicklung - hocheffizienter Absorberrohre-thermischer Speicher - chemischer Speicher (Solare Methanreformierung) - solarer Direktverdampfung - solarer Kühlung - innovativer Spiegelkonzepte und keramischer Werkstoffe für HT-Niveau	Errichtung von Demoanlagen in Zielregionen Verbesserung der Hybridkonzepte (Multi-Fuel und Multi-Use, Kopplung mit Meerwasserentsalzung, Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung) Umsetzung entsprechender Demo-Projekte vor Ort Solare Luftvorwärmung zur Integration in GuD-Prozess	Konzeptentwicklung zur Versorgung von Megacities Energietransport über große Entfernungen (HGÜ / Wasserstoff)	Aufbau und Anpassung der Förderinstrumente in Zielländern (vgl. EEG) für Großanlagen Finanzierungskonzepte unter Einschluss von Nebenprodukten (Wärme, Kälte, Trinkwasser etc.)	Verbesserung des Kenntnisstandes in der Öffentlichkeit (wenig Lobby im Vergleich zu PV)

	Stand der Technik	Notwendige Fortschritte bei F&E	Entwicklung einer marktfähigen Technologie	Integration der Technologie ins Energiesystem	Energiapolitische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Markteinführung	Voraussetzung für erfolgreiche Marktdurchdringung
Geothermische Stromerzeugung	F&E, kommerzielle Demoanlage	<p>Lösung der F&E-Probleme bei den Werkstoffen zur besseren thermischen Anbindung bzw. Entkopplung von Wärmetauscher und Sonden</p> <p>Entwicklung leistungsfähiger Prognosemodelle zur Vermeidung kostspieliger Fehlbohrungen</p>	<p>Up-Scaling von Forschungsergebnissen zum marktfähigen Prototyp</p> <p>Weitere Demonstrationsprojekte zur Standardisierung und Kostenreduktion</p> <p>Engagement eines Generalunternehmers zur Koordination kleiner Fachfirmen bei Demoanlage</p> <p>Erhaltung der in Deutschland noch vorhandenen Bohrtechnologie durch Bau von Demoanlagen</p>	Entwicklung von ganzheitlichen Konzepten zur integrierten Optimierung des Einsatzes als lokales KWK-Kraftwerk	<p>Absicherung des Bohrrisikos durch Bürgschaft</p> <p>Exportinitiative Balkan und Osteuropa</p>	Erfassung der deutschen Potenziale in tiefengeothermischer Potenzialstudie

	Stand der Technik	Notwendige Fortschritte bei F&E	Entwicklung einer marktfähigen Technologie	Integration der Technologie ins Energiesystem	Energiepolitische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Markteinführung	Voraussetzung für erfolgreiche Marktdurchdringung
Wind (onshore / offshore)	marktreif	<p>Steigerung der Leistungsfähigkeit und Lebensdauer der Anlagen</p> <p>Offshore-taugliche 5-MW-Anlage Hybrid-Inselsysteme, Sonderanwendungen (schwieriges Gelände, Rotoren für Meeresenergie-Kraftwerke)</p> <p>Schadensanalyse (Blitzschutz, Rotorblätter, Getriebe)</p> <p>Minimierung negativer Einflüsse auf Meereslebewesen bei Bau und Betrieb von Offshore-Anlagen</p> <p>Recycling von WEA (Rotorblätter etc.)</p>	Konzepte für Energieversorgung von Megacities	<p>Verbesserung von Netzintegration/-betrieb durch zeitnahe Prognosemodelle</p> <p>Lösung noch offener Probleme bei der Netzanbindung und Integration</p> <p>Entwicklung alternativer Konzepte/Maßnahmen Regelenergie/Netzstabilität (z.B. Lastmanagement, Blindleistungskompensation)</p> <p>Ertüchtigung und Leistungssteigerung von vorhandenen Standorten (Repowering)</p> <p>H₂-Offshore-Produktion als Alternative zur Netzanbindung</p> <p>Entwicklung veredelter Windenergiesysteme (z.B. Wind-GuD-Hybrid)</p>	<p>Aufrechterhaltung der energiepolitischen Förderung</p> <p>Realisierung der ungenutzten Potenziale (vor allem offshore und Repowering) im Konsens mit Natur- und Landschaftsschutz</p> <p>Übertragung der Erfahrung mit effizienten Förderprogrammen in das Ausland</p>	Überwindung des Fachkräftemangels (Errichtung, Engineering) durch Qualifizierungs- und Ausbildungs-offensiven

	Stand der Technik	Notwendige Fortschritte bei F&E	Entwicklung einer marktfähigen Technologie	Integration der Technologie ins Energiesystem	Energiepolitische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Markteinführung	Voraussetzung für erfolgreiche Marktdurchdringung
Photo-voltaik	marktreif	<p>Wirkungsgrad-Steigerung (bes. bei Dünnschichtzellen)</p> <p>Wirkungsgrad-Stabilisierung (a-Silizium)</p> <p>Prozessierung dünnerer und größerer Silizium-Scheiben/Zellen</p> <p>Steigerung der Beschichtungsraten (bei a-Silizium)</p> <p>Verbesserung der Versorgung mit Ausgangsmaterial (Kosten, Verfügbarkeit)</p> <p>Si-Wafer (Materialreduktion)</p> <p>Solarzellen: Wirkungsgraderhöhung/-stabilisierung, Dünnschichten, Werkstoffe</p> <p>Lichtkonzentrierende Systeme, mehrbandige Solarzellen,</p> <p>Recycling von PV-Komponenten</p>	<p>kostengünstige Solar-Silizium Produktion</p> <p>Standardisierung und Automatisierung der Produktion</p> <p>Kommerzialisierung neuer Dünnschicht-Solarzellen</p> <p>Aufbau einer nächsten Generation kostengünstiger Massenfertigungsanlagen (Großanlagen)</p> <p>Entwicklung von PV-Folien</p> <p>Erhöhung der Lebensdauer von Wechselrichtersystemen</p>	<p>Analyse von Auswirkungen (auf das Netz) und Restriktionen bei zunehmender PV-Stromeinspeisung</p> <p>Anpassung bzw. Neu-Strukturierung und Organisation der Verteilnetzebene, Überwindung der Defizite der Umsetzung von Netznutzungsregelungen</p>	<p>Sicherstellung und Weiterentwicklung der energiepolitischen Förderung</p> <p>Aufrechterhaltung der landesweiten flankierenden Förderung durch das Land</p> <p>Stützen der Ökostromangebote durch beispielhaftes Verhalten landeseigener Liegenschaften</p> <p>Integration in Fassaden und Dächer als selbstverständliches und gestalterisches Element (erfordert ganzheitliche Planung)</p>	<p>Spezifische Kostensenkung um den Faktor 5 bis 10</p>

	Stand der Technik	Notwendige Fortschritte bei F&E	Entwicklung einer marktfähigen Technologie	Integration der Technologie ins Energiesystem	Energiepolitische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Markteinführung	Voraussetzung für erfolgreiche Marktdurchdringung
effiziente Kleinantriebe	marktreif	Systemintegration, insbesondere in Lüftungssysteme und Haushaltsgeräte	Bündelung der technologischen und industriellen Kompetenz in NRW über gesamte Verarbeitungskette Pilotprojekte zur Demonstration von Einsatzmöglichkeiten			
Effiziente gewerbliche Kühlmöbel	marktreif	Effizienzsteigerungen im Kältemittelkreislauf, Weiterentwicklung von Kompressoren für FKW-freie Kältemittel	Entwicklung eines Marktes von effizienten Kompressoren für FKW-freie Kältemittel		Aufklärung der Nutzer über die Gesamtkosten (Investitions- und Betriebskosten) ihrer Anlagen	Abbau rechtlicher Vorschriften bzgl. er Verwendung FKW-freier Kältemittel
LED	marktreif	Thermische, elektrische und mechanische Ankopplung von LED verbessern Lichtausbeute erhöhen Lichtfarbe der weißen LED verbessern	Power LED entwickeln als Grundlage vieler Anwendungen bei Kfz, im Signalbereich und bei allgemeinen Beleuchtungen		Abbau von Hemmnissen bspw. bei Ersatz konventioneller Technik durch LED in Ampelanlagen (kommunale Vertragsrestriktionen u.ä.)	Kommunikation und Werbung für neue Technik (Vorteile bei Lebensdauer, Wartungs- und Betriebskosten) im häuslichen und gewerblichen Bereich

	Stand der Technik	Notwendige Fortschritte bei F&E	Entwicklung einer marktfähigen Technologie	Integration der Technologie ins Energiesystem	Energiepolitische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Markteinführung	Voraussetzung für erfolgreiche Marktdurchdringung
dezentrale Energiesysteme	Pilotprojekt	F&E-Bedarf bei: - Leistungselektronik - IT-Technologien und -anwendungen - Entwicklung/Standardisierung von Kommunikationsprotokollen und IT-Schnittstellen	Aggregation von einzelnen Pilotprojekten zu großen Flächenversuchen mit signifikanten Anteilen der DEA an regionaler Erzeugung (Problem: real world up-scaling) Analyse der Rolle flexibler DEA (BZ, MGT) als Regelkraftwerke im Verbund mit fluktuierenden REG-Anlagen Spezifikation von Anschlussbedingungen und -möglichkeiten für DEA Klärung der offenen Fragen zur Verantwortlichkeit und Zuständigkeit für Netzanschluss, Schutztechnik und Arbeitssicherheit	Analysen zur künftigen Struktur des Gesamtsystems – Rolle, Funktionen und Wechselwirkungen der einzelnen Systemelemente F&E Bedarf bei theoretischen Grundlagen des Gesamtsystemdesigns und praxisnahen Konzepten Berücksichtigung von Systemaspekten bei der Planung und Realisierung von Einzelprojekten (insbes. bzgl. Übertragbarkeit und Up-Scaling)	Kooperation verschiedener Akteure zur Deckung der hohen Investitionssummen in Technik Impulse zur Trendumkehr bei den Investitionen in Netztechnik, z.B. durch Klärung der künftigen Zuständigkeiten und Finanzierungen für Ausbau und Weiterentwicklung der Netzinfrastrukturen Impuls zur Trendumkehr beim zunehmenden Kurzfristdenken der Industrie/EVU - als langlebige Infrastruktur braucht das Stromnetz lange Vorlaufzeiten und vorausschauende Planung	Entwicklung des Problembewusstseins in Industrie und Politik Bewusstsein zum Problemdruck bei Versorgungssicherheit/-qualität Schaffung der Voraussetzung für Massenmarkt DEA (z.B. bei Brennstoffzelle) durch problemlose Netzintegration der Endkundengeräte Ausschöpfung des Dienstleistungspotenzials der Technik (insbes. IT) Analyse der Rolle/Potenziale der Techniken und Konzepte für Export Strategie zur langfristigen Versorgungssicherheit und -qualität in NRW

	Stand der Technik	Notwendige Fortschritte bei F&E	Entwicklung einer marktfähigen Technologie	Integration der Technologie ins Energiesystem	Energiapolitische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Markteinführung	Voraussetzung für erfolgreiche Marktdurchdringung
<p>Stromspeicher</p> <p>a) Pb-Batterie:</p> <p>b) Pumpsp.-kraftwerk:</p> <p>c) Druckluftsp.-kraftwerk:</p> <p>d) Strömungsbatterie:</p> <p>e/f) Schwungrad low/high-speed:</p> <p>g) Micro-SMES:</p> <p>h) Supercap:</p>	<p>a-c) Marktreife</p> <p>d) Demo-Anlagen</p> <p>e) Kleinserie</p> <p>f-h) Prototyp</p>	<p>F&E-Bedarf bei</p> <p>a)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Erhöhung der Lebensdauer -Steigerung der Effizienz <p>e/f)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Rotormaterial für high speed: Faserverbundwerkstoffe -Lagerung (HTSL-Lagerung) -Hybrid-Technologien z.B. mit Batterie <p>g)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Kühlsystem/Kryotechnik <p>h)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Reduzierung der Selbstentladungsverluste 	<p>Z.T. Produktoptimierung durch zahlreiche Feldtest-Anwendungen</p> <p>Klärung der offenen Fragen zur Verantwortlichkeit und Zuständigkeit für Netzanschluss, Schutztechnik und Arbeitssicherheit</p> <p>Innovative Konzepte für einen Einsatz</p> <ul style="list-style-type: none"> -als USV -zur Netzstützung -zum Ausgleich von REG-Stromfluktuationen; <p>Dienstleistungsangebote für die verschiedenen Anlagenbetreiber (Erzeugung, Speicher, Netz)</p>	<p>Analysen zur künftigen Struktur des Gesamtsystems</p> <ul style="list-style-type: none"> -Rolle, Funktionen und Wechselwirkungen der einzelnen Systemelemente -REG-Anteil -Regelenergiebedarf <p>Analysen zur Integration von Stromspeichern ins öffentliche Netz (Betriebsweise, Netzrückwirkungen, Anordnung)</p>	<p>Kooperation verschiedener Akteure zur Deckung der hohen Investitionssummen in Technik</p>	<p>Bewusstsein für Notwendigkeit von Stromspeichern für Steigerung des REG-Anteils</p> <p>Wunsch nach Beibehaltung/Steigerung des Status quo der Versorgungssicherheit/ und -qualität</p> <p>Kostensenkung bei Anschaffungs-, Betriebs- bzw. Wartungskosten</p>

	Stand der Technik	Notwendige Fortschritte bei F&E	Entwicklung einer marktfähigen Technologie	Integration der Technologie ins Energiesystem	Energiepolitische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Markteinführung	Voraussetzung für erfolgreiche Marktdurchdringung
Insel-systeme	F&E	Entwicklung effizienter und preiswerter Speichersysteme	Entwicklung von Standardmodulen/-baukästen und Einbindung in eine entsprechende Peripherie Entwicklung von flexiblen und kostengünstigen Kommunikationssystemen zur Steuerung, Fehlerfernerkennung und -wartung	Ankopplung weiterer Anwendungsoptionen (z.B. Wasserfiltration, -entsalzung)	Binationale Entwicklungszusammenarbeit und Kooperation zur Verbreitung der Technik Erschließen von Finanzierungsoptionen (z.B. CDM) Verbesserung von begleitenden Qualifizierungsmaßnahmen	Einfache Produkte mit wartungsarmer, robuster Technologie Berücksichtigung sozioökonomischer Besonderheiten in der jeweiligen Anwendungsregion
hoch-effiziente Gebäude (Wohn- und Bürogebäude)	marktreif	Lösung verbleibender F&E Probleme: effiziente Nahwärmekomponenten, Wärmespeicher, saisonale Speicher, Nahwärmenetze usw. Luftdichte Verbindungen zwischen Bauteilen Intelligente Haustechnik, Sensorik transparente Wärmedämmung	Zusammenführung der verschiedenen Komponenten durch integrierte Planung	Planung und Realisierung von ganzheitlichen Konzepten zur integrierten Optimierung des Gebäudes bzw. der Siedlung (incl. Verkehrsplanung)	Förderprogramme für innovative Anwendungen und Konzepte Förderung von innovativen Pilotprojekten im Rahmen "normalen" Wohnungsbaus Förderung der integralen Planung Qualitätssicherung im Bau (z.B. Blower-Door-Messungen)	Überwindung der Know-How Defizite bei allen Beteiligten Schaffung von Marktakzeptanz durch Kommunikation der spez. Vorteile (Wohnqualität, Innenraumklima usw.) durch unabhängige Beratung

	Stand der Technik	Notwendige Fortschritte bei F&E	Entwicklung einer marktfähigen Technologie	Integration der Technologie ins Energiesystem	Energiepolitische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen der Markteinführung	Voraussetzung für erfolgreiche Marktdurchdringung
neue Energieträger und Kraftstoffe (insbes. H₂)	F&E	<p>Speichertechnik (vor allem gasförmige Kraftstoffe Erdgas und Wasserstoff)</p> <p>Optimierung der H₂-Nutzung (z.B. BZ-Antrieb)</p> <p>Innovative H₂-Produktionsverfahren (z.B. HD- und HT-Elektrolyse, kleine Dampfreformer)</p> <p>Vergasung fester Biomasse und Reststoffe als Teil einer Synthesegasroute (H₂, BTL, etc.)</p> <p>Einbindung effizienter Kohlenutzung in Synthesegaskonzepte</p> <p>F&E zur stofflich/energetischen Kaskadennutzung Biomasse</p> <p>Hydrogen Management rund um den Aufbau einer Tankstelleninfrastruktur</p>	<p>Analyse und Erprobung robuster Einführungspfade und Marktsegmente (inkl. Energiesystemanalyse zur Primärenergiebasis)</p> <p>Durchführung von Feldtests (inkl. Akzeptanzstudien)</p> <p>Ausschöpfung von Synergien bei der H₂-Logistik (z.B. Wechselkartuschen)</p> <p>Kopplung der Anwendung neuer Kraftstoffe mit verbrauchsarmen Fahrzeugkonzepten</p>	<p>Entwicklung einer vollständigen Kraftstoffinfrastruktur (Erzeugung – Motor)</p> <p>Konzeptentwicklung für eine Wasserstoff-Beispielregion in NRW</p> <p>Konzeptentwicklung für effiziente Biomasse/Reststoffnutzung in NRW</p>	<p>Akteursübergreifende Einigung auf Transformationsstrategien und Entwicklungsschritte</p> <p>Bündelung und Vernetzung der Akteure in NRW im Rahmen der gesamteuropäischen Initiativen</p> <p>Einbettung der Bereitstellung klimaverträglicher Kraftstoffe in eine gesamtsystemische Langfriststrategie</p> <p>Weitere Verschärfung der Anforderungen an Luftreinhaltung</p> <p>Internalisierung der Klimaschutzkosten (z.B. CO₂ Zertifikate) auch im Verkehr</p>	<p>Ausreichende Nutzer Performance (Reichweite, Handling)</p> <p>Senkung der spezifischen Investitionskosten</p> <p>Information und Qualifikation von Nutzern, Fachpersonal, Behörden etc. zu neuen Energieträgern</p> <p>Mobilisierung von Schlüsselkunden für Markteinführung (technology procurement, public private partnership, etc.)</p> <p>Nutzung von öffentlich wirksamen Ereignissen für Feldtests/Markteinführungen (WM 2006, Kulturhauptstadt 2010 etc.)</p>

4.1.3 Einbettung der Technologieentwicklung in eine langfristige Gesamtstrategie

Bei der Analyse der in Tabelle 4.2 formulierten Anforderungen ist es notwendig, den hiermit verbundenen Aufwand dem potenziellen Markterfolg gegenüber zu stellen und die Verhältnismäßigkeit abzuwägen. Dabei ist zwischen der kurz-, mittel- und langfristigen Perspektive zu unterscheiden, damit marktorientierte wie auch vorausschauende Technologieentwicklungen gleichermaßen ihren Platz haben. Vor diesem Hintergrund sollten in jeder Phase **Abbruchkriterien definiert, entsprechende Zwischenschritte vorgesehen und Meilensteine einbezogen** werden. Nur so kann verhindert werden, dass Technologieentwicklung an den Anforderungen der Märkte vorbei erfolgt und hohe Ressourcen für einen vergleichsweise geringen Nutzen (d. h. mit einem nur geringen Anwendungspotenzial) verbraucht werden.

Unter Berücksichtigung der im vorhergehenden Kapitel dargestellten komplexen Wirkungszusammenhänge im Gesamtsystem kann es im Sinne der fünf Phasen der Tabelle sinnvoll sein, die erforderlichen Maßnahmen und Projekte von Anfang an in eine strategische Planung einzubinden, die im Kontext des Energiesystems und seiner Wechselwirkungen steht. Neben der Realisierung der kurzfristigen Fortschritte bei den vorhandenen Technologielinien müssen dabei z.B. die langfristigen Perspektiven der Technik im Auge behalten werden. Ein geeignetes – in der Technologiepolitik als Roadmapping bezeichnetes - Vorgehen wird in verschiedenen Zusammenhängen praktiziert⁴⁷.

Besonders deutlich wird die Notwendigkeit der langfristigen Einbettung von kurzfristigen Aktivitäten am Beispiel der Kohlekraftwerkstechnik. Während eine kurzfristige technologieorientierte Betrachtung die Weiterentwicklung heute verfügbarer innovativer Konzepte in den Vordergrund rückt, resultiert aus einer differenzierten, langfristigen Betrachtung die Notwendigkeit, in einem Stufenprozess vorzugehen:

- Im ersten Schritt geht es um die Entwicklung und dann um die spätere Vermarktung eines **evolutionären Kohlekraftwerkskonzeptes (1. Generation)**, das einen signifikanten Effizienzfortschritt gegenüber heute verfügbarer Technik bietet. Aufbauend auf vorhandene Technik und Konzepte erfordert es eine geringe Vorlaufzeit bis zur Einsatzreife und soll den kurz- bis mittelfristig entstehenden Ersatzbedarf im deutschen und europäischen Kraftwerkspark mit effizienten Konzepten bedienen. Dies ist nur dann möglich, wenn spätestens ab dem Jahr 2010 eine neue, ausbaufähige Kraftwerkslinie einsatzbereit und erprobt zur Verfügung steht. Mit dem Konzept Referenzkraftwerk NRW (Wirkungsgrad: 46 - 48 %) ist hierfür eine Machbarkeitsstudie auf den Weg gebracht worden, in der die resultierenden Anforderungen an diese 1. Generation von neuem Kohlekraftwerk formuliert und mit den potenziellen Betreibern diskutiert wurden. Die Konzepterstellung stand dabei vor dem Hintergrund der beschriebenen Unsicherheiten der Entwicklung des Energiesystems und bezog sich deshalb von vorneherein auf einen breiteren Kreis an

⁴⁷ Beispiele sind in Deutschland die Innovationsstrategien des BMBF zu nachhaltigen IuK Technologien sowie die Strategieplanung des US Department of Energy (vgl. Kap. 6). In NRW sind vergleichbare Verfahren für die Photovoltaik durchgeführt worden und sind derzeit unter dem Titel „Wasserstoffwegweiser“ für das Themenfeld Wasserstoff in der Diskussion.

Zielmärkten (Deutschland, Europa, Südostasien usw.) und deren spezifische Anforderungen⁴⁸.

- Eine neue Kraftwerksgeneration mit Wirkungsgraden nahe 50% wird jedoch nicht ausreichen, um langfristig eine zukunftsfähige Stromversorgung zu sichern. Mit Blick auf den weltweiten Bedarf muss deshalb parallel an der **Weiterentwicklung einer 2. Kohlekraftwerksgeneration** gearbeitet werden, damit mittelfristig weitergehende Wirkungsgradpotenziale ausgeschöpft werden können. Dies erfordert zunächst eine Forcierung und Fokussierung der F&E-Anstrengungen z.B. bei der Vielzahl der gegenwärtig bearbeiteten innovativen Konzepte, den entsprechenden Bereichen der Materialforschung sowie die Bereitschaft zur rechtzeitigen Investition in Pilot- und Demonstrationsanlagen.
- Letztlich bleibt in letzter Konsequenz zu prüfen, ob und wie eine „CO₂-freie“ Kohlestromerzeugung realisierbar ist und welche Zwischenschritte dafür notwendig sind.

4.1.4 Synergien als Ergebnis einer Bündelung zu marktfähigen Systemlösungen

Die Analyse der Einzeltechnologien hat trotz der großen Unterschiede der in den einzelnen Felder anstehenden Aufgaben gezeigt, dass in Bezug auf die noch notwendigen Entwicklungsschritte und die Marktperspektiven an verschiedenen Stellen Synergien ausgeschöpft und die notwendigen Anstrengungen gebündelt werden können. Dies gilt vor allem für die Bereitstellung marktgängiger bzw. marktfähiger Lösungen auch auf den Exportmärkten, wo zum Teil übergreifende Lösungen aus einer Hand notwendig sind. Im Rahmen des untersuchten Portfolios konnten verschiedene übergreifende Technologiebereiche identifiziert werden, die im Verbund für die verschiedenen Märkte interessante Angebote darstellen (Abb. 4.5). Hierzu gehören z.B.:

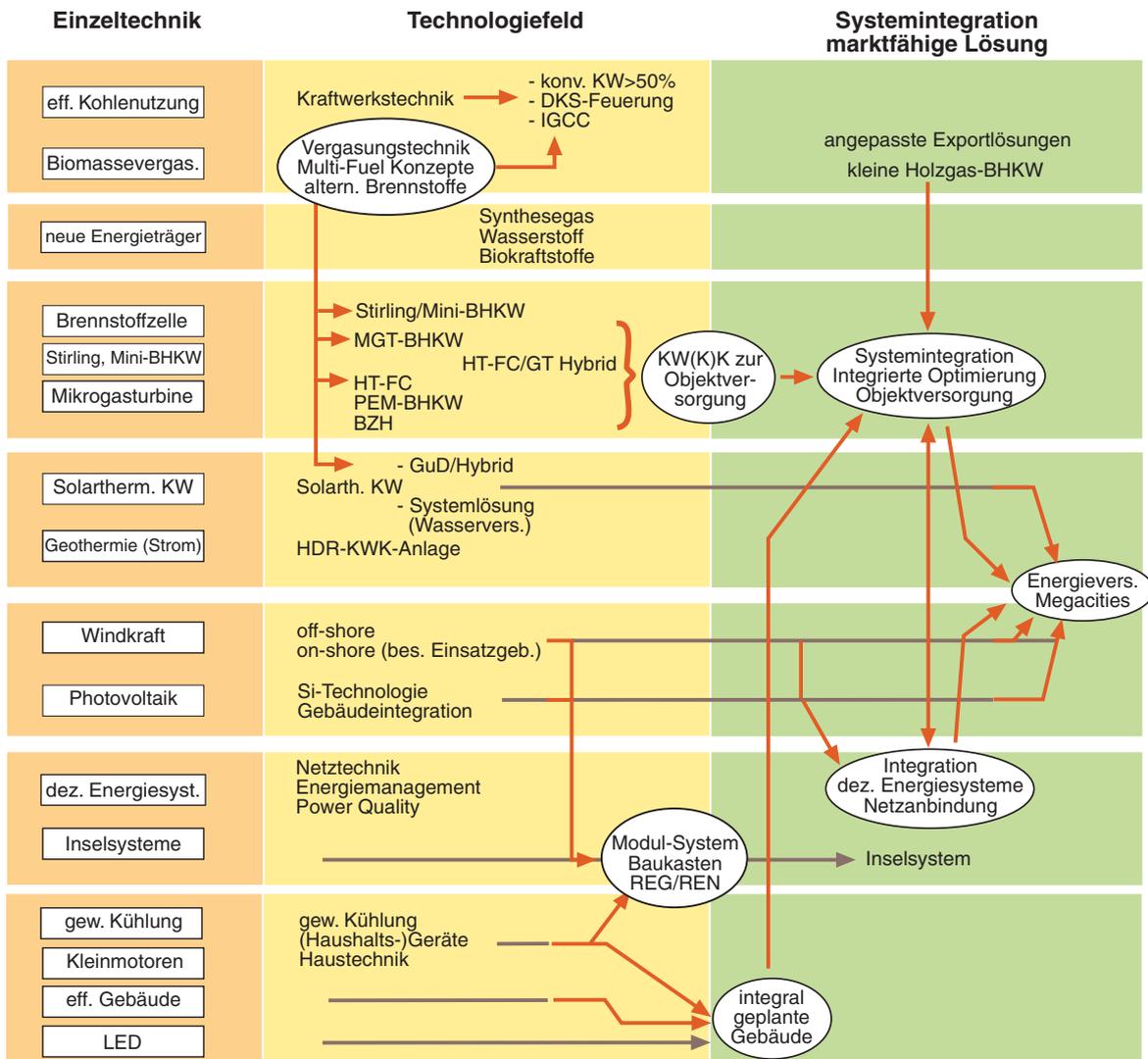
- **Multi-Fuel-Einsatzkonzepte** als Basisbestandteil einer flexiblen und brennstoffvariablen Versorgungsstruktur ebenso wie **Multi-Application** Konzepte auf der Basis einer Synthesegas-/Wasserstoffwirtschaft
- **Integrierte Konzepte zur Optimierung der Objektversorgung** als Kombination von integral geplanten, effizienten Gebäuden und innovativen KW(K)K-Technologien zur Energieversorgung
- **Integrierte dezentrale Energiesysteme** mit einer intelligenten Vernetzung und Ankopplung an das Strom- und ggf. Wärmenetz
- **Modul-Baukästen** mit Teilelementen aus den Bereichen erneuerbare Energien im Verbund mit Energieeinsparetechniken für Anwendungen in Inselfsystemen
- Integration verschiedener Technologieoptionen in **Energieversorgungskonzepten von Mega-Cities**

Die besonderen Chancen – aber auch speziell Probleme und Anforderungen – derartiger Systemlösungen müssen bei der F&E und Markteinführung von Technologien von Beginn an berücksichtigt werden. Über einzeltechnologische Aktivitäten hinaus ergibt sich somit

⁴⁸ Bei einer stärkeren Ausrichtung auf den globalen Markt kann dies beispielsweise den Verzicht auf das Ausreizen des kompletten technisch/ökonomischen Wirkungsgradpotenzials zu Gunsten der Sicherstellung einer hinreichenden Anwendbarkeit vor Ort bedeuten. Gleichmaßen könnte aber auch von Anfang an eine größere Offenheit bezüglich des nutzbaren Brennstoffbandes erforderlich sein.

in den identifizierten Bereichen ein besondere Potenzial für die Akteure in NRW, im Rahmen von marktorientierten Verbundprojekten Technologien zusammenzuführen und neue Märkte zu erschließen (vgl. Kapitel 5.2).

Abb. 4-5: Übersicht über die ausgewählten Technologiefelder und Identifikation marktfähiger Lösungen



4.2 Wirtschaftliche Bewertung

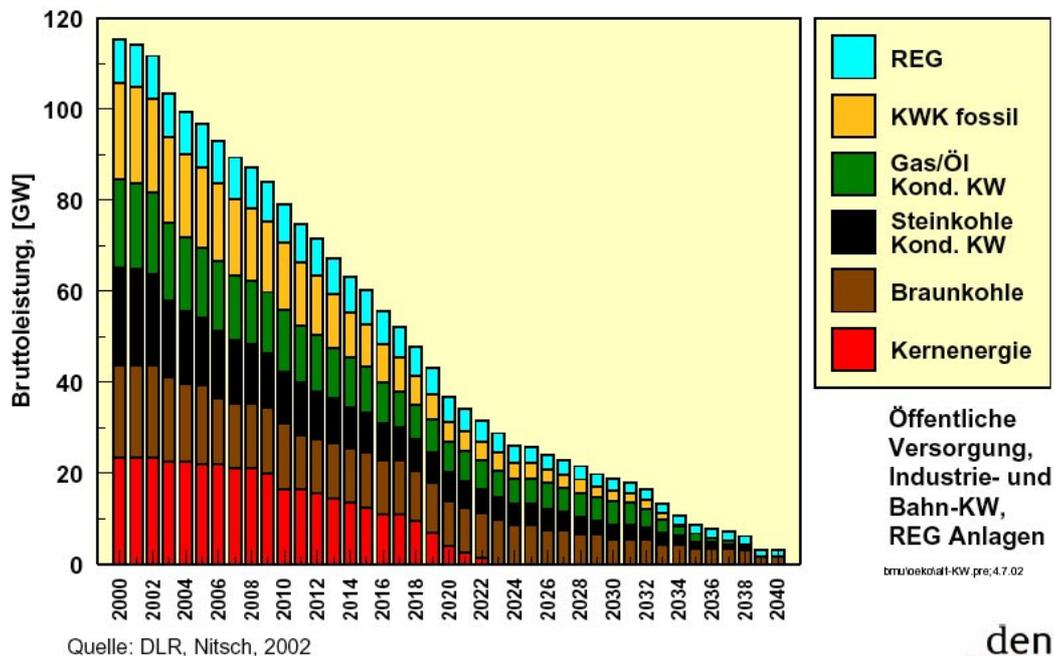
Die vorangegangene technische Bewertung macht deutlich, dass bei den untersuchten Energietechnologien die grundsätzlichen technologischen Voraussetzungen für den Markterfolg gegeben sind. Aufgrund der derzeit laufenden und absehbaren F&E Aktivitäten sind in den nächsten Jahren weitere wesentliche Fortschritte zu erwarten. Es kann deshalb damit gerechnet werden, dass in den kommenden Jahren eine Reihe von neuen und marktfähigen Energietechniken verfügbar sein werden, wenn die bisherigen Anstrengungen fortgeführt bzw. die entsprechend aufbauenden, zukunftsorientierten Aktivitäten in Angriff genommen werden. Dieses Kapitel liefert vor diesem Hintergrund zunächst eine wirtschaftliche Bewertung der Technologien aus Marktperspektive, während im später folgenden Kapitel 6 auf Handlungsnotwendigkeiten und mögliche Instrumente eingegangen wird.

4.2.1 Marktperspektiven und Strategien zur Markteinführung

Aus der technologischen Analyse der Zukunftstechnologien kann abgeleitet werden, dass die hier betrachteten Optionen in der Mehrzahl ihre Praxistauglichkeit als marktnahe Prototypen oder Vorserienprodukte bereits bewiesen haben. Die Abschätzung der künftigen Marktperspektive verdeutlicht, dass nach 2010 die Markteinführung erfolgt sein bzw. eine unter gegebenen energiepolitischen Randbedingungen selbsttragende Marktdurchdringung eingesetzt haben kann (vgl. unten Abb. 4.7). Mit Blick auf den Zeitbedarf zur Entwicklung neuer energiewirtschaftlicher Strukturen setzt die Realisierung der identifizierten technologischen und ökonomischen Chancen allerdings voraus, dass die positiven Entwicklungsanstrengungen weitergeführt, ggf. um weitere Maßnahmen ergänzt und miteinander im Rahmen einer Markteinführungsstrategie koordiniert werden.

Diese Chance zur Markteinführung und Integration neuer Technologien sollte jedoch auch konsequent genutzt werden, da sich **zwischen 2010 und 2020** in Teilbereichen besonders günstige **energiewirtschaftliche Gestaltungsspielräume** ergeben werden. Bis spätestens zum Ende des Jahrzehnts wird in Deutschland und Europa der **Ersatz- und Erneuerungsbedarf bei Kraftwerken und Stromnetzen deutlich zunehmen** (Abb. 4.6). Unter Trendbedingungen wird der Zubaubedarf im Kraftwerkspark in Deutschland bis zum Jahr 2030 auf rund 70% der nachgefragten Leistung abgeschätzt. In der praktischen Realisierung wird u.a. aufgrund lebensdauerverlängernder Maßnahmen eine tatsächliche Ersatzleistung von 30.000 bis 40.000 MW bis Ende des zweiten Jahrzehnts erwartet. Für die Europäische Union wird bis zu diesem Zeitpunkt im gesamten Kraftwerkspark von einem reinen Ersatzbedarf von rund 200.000 bis 300.000 MW ausgegangen. Hinzu kommt je nach Zuwachsraten bei der Stromerzeugung in Europa noch einmal ein Zubaubedarf in ggf. gleicher Größenordnung.

Abb. 4-6: Darstellung des erwarteten Ersatzbedarfs bei Kraftwerken der öffentlichen Stromerzeugung in Deutschland



In Verbindung mit dem zeitgleichen Ausstieg aus der Kernenergie lässt sich diese absehbare Investitionsaufgabe allerdings nur dann im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung nutzen, wenn neben hocheffizienten konventionellen Kraftwerkstechnologien (z. B. fortentwickelten Kohlekraftwerken) auch eine Vielfalt leistungsfähiger dezentraler und erneuerbarer Energietechnologien rechtzeitig zur Verfügung steht. Gleichermäßen ergibt sich daraus auch die Anforderung heute noch nicht etablierte, grundsätzlich aber marktfähige Optionen (z. B. solarthermische Kraftwerke) spätestens bis zum Ende des Jahrzehnts einsatzbereit zu haben und sukzessive den Einstieg in zeitlich folgende Importstrukturen vorzubereiten. Der Umbau des Kraftwerksparks ist damit zugleich eine energiepolitische Herausforderung und Chance für die Einführung neuer Technologien

Gegenüber der heutigen, noch weitgehend durch gesättigte Märkte geprägten Situation besteht die historische Möglichkeit darin, dass die neuen Technologien nicht mehr gegen eine größtenteils abgeschriebene Infrastruktur konkurrieren müssen, sondern gegen umfangreiche Investitionen in verbesserte, konventionelle Technik antreten. Auch im Business-as-usual Fall sind umfangreiche Investitionen und Vorleistungen erforderlich, was die Wettbewerbsfähigkeit und Attraktivität der Zukunftstechniken deutlich erhöht.

Kostensenkung als strategisches Ziel der Markteinführungsphase

Die kommenden zwei Jahrzehnte werden deshalb von besonderer Bedeutung für die künftige energiewirtschaftliche Rolle der untersuchten Technologien sein. Bei den meisten Technologien steht als nächster Entwicklungsschritt die praxisnahe Demonstration bzw. die Markteinführung an, wo die technologischen und ökonomischen

Weichen für ihre künftige kommerzielle Nutzung gestellt werden. Während der kommenden Jahre der Markteinführung besteht die zentrale Entwicklungsaufgabe also darin, unter Berücksichtigung der besonderen Bedingungen des jeweiligen Zielmarktes ein wettbewerbsfähiges Produkt bereitzustellen.

Abb. 4-7: Übersicht über die Marktperspektive bei den ausgewählten Energietechnologien



F&E : Forschungs- und Entwicklungsphase
ME: Markteinführungsphase
MD: Phase der Marktdurchdringung

Da die untersuchten Technologien in der Regel mit schon etablierten und erprobten Alternativen im Markt konkurrieren, besteht hierbei in erster Linie ein **Preis- und Kostenwettbewerb**, was die Refinanzierung der unvermeidlichen Anlaufkosten bei der Einführung einer neuen Technologie erschwert. Nur in wenigen Ausnahmefällen können die Technologien, wie z.B. bei der Photovoltaik oder der Brennstoffzelle, von besonderen Imageeffekten profitieren, die einen begrenzten Premiummarkt mit einem überdurchschnittlichen Preisniveau zulassen. Auch bestehen Schwierigkeiten, Mehrkosten durch andere, nicht-monetäre Vorteile zu kompensieren, z.B. verbessertes Raumklima und höhere Wohnqualität im Fall der effizienten Gebäude. Dies gilt zumindest solange, wie

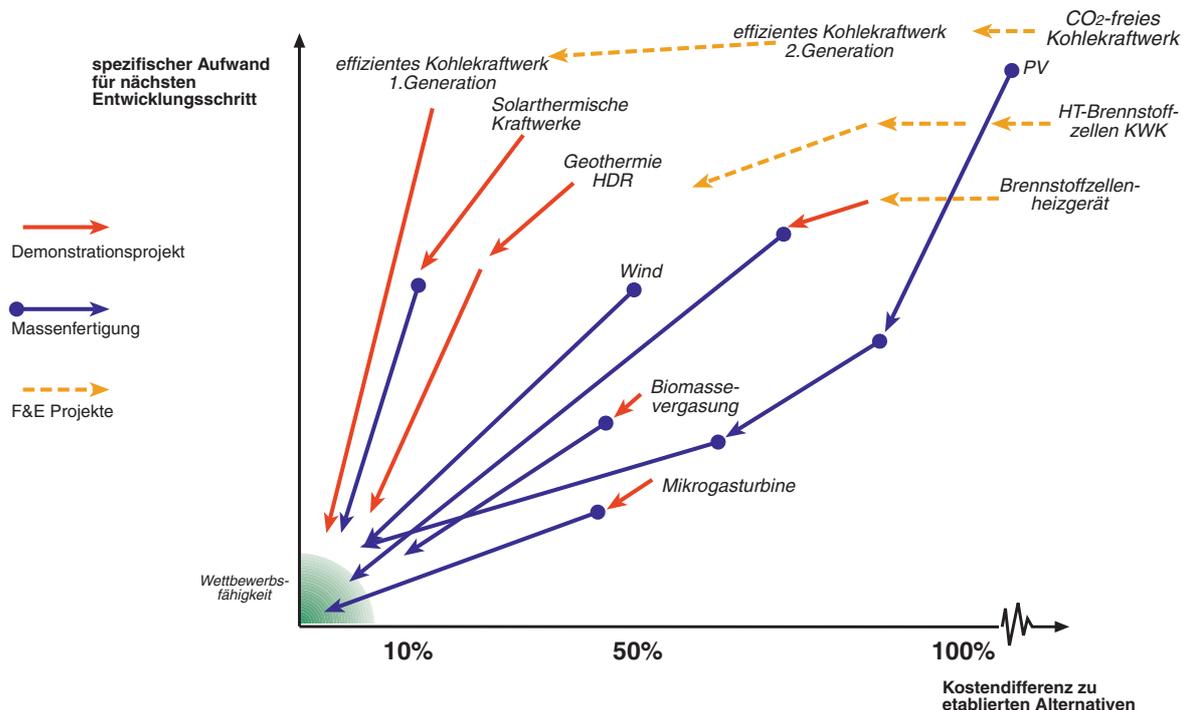
derartige Gebäude und die damit verbundenen Verhaltensmuster nicht allgemein akzeptiert sind. Als weiteres Beispiel sind die hohen Anlaufkosten zu nennen, die beim Aufbau einer neuen Infrastruktur für neue Kraftstoffe auftreten und am Markt im Wettbewerb zu etablierten Kraftstoffen nicht an den Endkunden weitergegeben werden können.

Das Ziel von Markteinführungsstrategien sollte es daher sein, verschiedene statische und dynamische Kostendegressionseffekte im Rahmen einer Systemoptimierung zu realisieren. Zum einen können hierbei statische Größeneffekte auftreten, d.h. Betriebsgrößeneffekte, die zu geringeren spezifischen Kosten je produzierter Anlage bzw. je kWh führen (Fixkostendegression, Economies of Scale), zum anderen dynamische Größeneffekte (z.B. Massenfertigung, Lerneffekte, Modularisierung, Standardisierung) und letztendlich Kostenvorteile, die bei einer steigenden Technologievielfalt durch einen Verbundvorteil entstehen (Economies of Scope). Diese Effekte können jedoch auch gleichzeitig auftreten. Als Beispiel hierfür kann die dynamische Entwicklung des Marktes für Windenergie der letzten zehn Jahre angesehen werden. Durch den Aufbau eines Massenmarktes und der gleichzeitigen technologischen Weiterentwicklung der Anlagen von kleinen Leistungen (50 kW) hin zu großen Anlagen (1,5 - 2,5 MW⁴⁹) konnte eine Halbierung der durchschnittlichen Stromgestehungskosten erreicht werden.

Zur Verdeutlichung der Entwicklungsperspektiven bei den hier untersuchten Technologien zur Stromerzeugung sind in Abb. 4.8 die absehbaren Pfade zur Kostensenkung exemplarisch dargestellt, die im nächsten Entwicklungsschritt vermutlich erreichbar sind. Während auf der Abzisse die jeweilige Kostendifferenz zu den etablierten Alternativen angegeben ist, wird auf der Ordinate der spezifische Aufwand für die Realisierung des nächsten Entwicklungsschritts beschrieben. Dieser spezifische Aufwand umfasst die Summe aller Aufwendungen, die z.B. mit der Errichtung eines wegweisenden Demonstrationsprojekts mit einer großen Einzelinvestition (wie bei Effizienter Kohlenutzung), der Durchführung eines umfangreichen Feldtests oder aber auch dem Aufbau von Produktionskapazitäten für eine kostengünstige Massenfertigung verbunden sind.

⁴⁹ Mittlerweile auch 5 MW Anlagen.

Abb. 4-8: Darstellung der gegenwärtigen Kostensituation der ausgewählten Optionen zur Stromerzeugung und erwartete Fortschritte bis 2010



Aufgrund der unterschiedlichen technischen Ausgangslage und Marktsituation lassen sich für die untersuchten Zukunftstechnologien drei grundlegende Strategielinien unterscheiden, um die notwendigen Kostensenkungen zu erreichen:

- Im Bereich hocheffizienter Kraftwerkstechnik (Effiziente Kohlenutzung), der Geothermie, Solarthermischen Kraftwerken sowie bei Biomasse-Vergasungsanlagen müssen im nächsten Entwicklungsschritt **marktnahe Demonstrations- und Referenzanlagen in geeigneten Zielmärkten** errichtet werden. Durch diese Anlagen kann ein neuer wettbewerbsfähiger Entwicklungsstand realisiert werden, der den Ausgangspunkt für die Errichtung kostengünstiger Folgeprojekte bietet. Neben den (teilweise sehr) hohen Investitionskosten der einzelnen Anlagen sind weitere Hemmnisse der ggw. gesättigte Markt in den Industrieländern und die Finanzierungsschwierigkeiten in möglichen Exportländern. Die Herausforderung besteht also darin, trotz dieser ungünstigen Randbedingungen ein Konsortium an leistungsstarken und kapitalkräftigen Partnern zu finden, die gemeinsam den Kapitalbedarf und das Investitionsrisiko derartiger Großprojekte tragen können. Eine ähnliche Situation liegt auch im Forschungsbereich bei größeren Hochtemperatur-Brennstoffzellen vor, deren Technologie- und Prototypentwicklung ebenfalls vergleichsweise kostenintensiv ist, während bei den neuen Kraftstoffen und einer CO₂-Entsorgung der Aufbau der Infrastruktur eine vergleichbare – wenn nicht sogar noch größere – Kostenhürde darstellt.
- Im Bereich der Brennstoffzellenheizgeräte, Mikrogasturbinen, Photovoltaik, oder auch LED-Anwendungen wird es in der nächsten Zeit darauf ankommen, auf der Grundlage vorhandener Produkte sowie innovativer Prototypen und Konzepte durch eine schritt-

weise Markterschließung immer höhere Stückzahlen zu produzieren und abzusetzen. Um die **Kostendegressionspotenziale einer Massenfertigung** auszuschöpfen ist es erforderlich, einerseits intern die Produkte weiterzuentwickeln und eine kostengünstige Produktion aufzubauen und gleichzeitig eine größere Zahl von Anlagen zu noch nicht konkurrenzfähigen Preisen auf dem Markt abzusetzen. Im Gegensatz zu den großen Kraftwerken besteht hier die Herausforderung darin, den Kapitalbedarf und das Risiko eines Aufbaus von Kapazitäten für eine Massenproduktion zu tragen.

- Für die Markterschließung bei den Komponenten für Windenergieanlagen, bei Inseln oder innovativen und hocheffizienten Gebäuden stehen dagegen weniger produktorientierte als **marktbereitende Maßnahmen** im Vordergrund. Hier liegt die Herausforderung vor allem darin, neue Märkte und entsprechende Finanzierungsmechanismen für den Export in geeignete Zielländer aufzubauen bzw. in der Heimat die Akzeptanz und Kenntnis über effiziente Gebäude zu steigern. Für die Windenergie gilt es zudem, mittels Repowering und offshore-Nutzung neue heimische Anwendungsgebiete zu erschließen.

Da in allen Fällen die finanziellen und organisatorischen Belastungen die Leistungskraft der einzelnen Marktakteure übersteigen können, wird es immer wieder notwendig sein, die Markteinführung durch politische Maßnahmen gezielt zu unterstützen und durch geeignete Rahmenbedingungen zu flankieren. Dies muss allerdings nicht zwangsläufig eine finanzielle Förderung beinhalten, sondern es ergeben sich eine Reihe von weiteren, teilweise wenig kostenintensiven Handlungsmöglichkeiten z.B. bei der Vernetzung und Koordination von Akteuren. Die Vielfalt der Handlungsoptionen und Ansatzpunkte zur Förderung der neuen Energietechnologien werden in Kap. 6 ausführlicher beschrieben.

Kostenoptimierung durch integrale Planung und Systemintegration

Bei der Betrachtung der Kostenentwicklung und Konkurrenzfähigkeit der neuen Technologien darf allerdings nicht der Fehler gemacht werden, nur die Einzeltechniken mit ihren etablierten Alternativen zu vergleichen. Innovative Lösungen mit positiven Marktchancen zeichnen sich im Gegenteil häufig gerade dadurch aus, dass sie neue Perspektiven für die ganzheitliche Optimierung von Objekten und Systemen bieten:

- Die integrale Planung und Optimierung von Gebäuden im Rahmen der lokalen Situation ermöglicht es, die eventuellen Mehrkosten für innovative Energietechnik und Objektversorgung durch Einsparungen bei Investitions- und Betriebskosten an anderer Stelle zu kompensieren.
- Angesichts der anstehenden Erneuerungs- und Investitionszyklen bei Kraftwerken und Netzstrukturen bieten die neuen Energietechnologien die besondere Chance, die Gesamtkosten des künftigen Systems durch eine ganzheitliche Optimierung unter Nutzung innovativer Komponenten zu minimieren. Anstatt die vorhandenen Strukturen durch den Austausch von konventionellen Techniken beizubehalten können durch die neuen Technologien schrittweise auch neue wettbewerbsfähige, kostengünstige und umweltfreundliche Systemstrukturen realisiert werden. Die verstärkte Nutzung der innovativen Energietechnologien muss dabei nicht zwingend mit zusätzlichen Kosten verbunden sein, da sich auch hier die potenziellen Mehrkosten im Vergleich zu konventioneller Technik (teilweise) durch vermiedene Kosten in anderen Bereichen kompensieren lassen (z.B. bei den Übertragungsnetzen).

Neben den drei oben genannten Strategielinien ergibt sich somit die vierte wichtige Handlungsoption, die ***Kosten der innovativen Technik durch eine intelligente Kombination von Technologien im Rahmen einer integralen Planung*** zu senken. Gerade für die neuen Techniken der dezentralen Energieerzeugung auf regenerativer und KWK-Basis wird die wirtschaftliche Attraktivität und künftige Marktperspektive davon abhängen, inwieweit zusätzliche Synergiepotenziale und Systemeffekte genutzt werden können, z.B. durch die informations- und kommunikationstechnische Vernetzung von dezentralen Energiesystemen (vgl. die Diskussion zu den virtuellen Kraftwerken). Solche Effekte gibt es aber z.B. auch im Bereich neuer Kraftstoffe und Energieträger, wo sich neue Strukturen ggf. sukzessive aus anfänglich anderen Anwendungsbereichen (z.B. Wasserstoff-Industriecluster) entwickeln lassen.

4.2.2 Perspektiven für die Erschließung von Exportmärkten

Die Exportmärkte für Energietechnologien in Europa und im Ausland werden in Zukunft eine steigende Bedeutung für Akteure und Unternehmen aus NRW erlangen. Weltweit wird in den nächsten Jahren die Nachfrage nach umweltverträglichen, risikoarmen und wirtschaftlich tragfähigen Lösungen zur Deckung des wachsenden Energiebedarfs stark zunehmen. Die Entwicklungsperspektiven und die Bedeutung der globalen Märkte ist dabei für die untersuchten Zukunftstechnologien unterschiedlich zu bewerten (Abb. 4.9):

- ***Hocheffiziente Kohlekraftwerke*** werden auch in Zukunft weltweit eine Schlüsselrolle für die Stromerzeugung spielen und stellen somit ein wichtiges Handlungsfeld zur Minderung der globalen CO₂-Emissionen dar. Ein neues Kohle-Kraftwerkskonzept aus NRW wird deshalb neben dem heimischen Markt in Deutschland von Anfang an auch Exportmärkte bedienen, wobei insbesondere Europa, Nordamerika und Schwellenländer (z.B. China, Indien) von besonderer Bedeutung sind. Angesichts der teilweise unterschiedlichen Anforderungen in diesen Zielländern (z.B. an Wirkungsgrad, Verfügbarkeit, Kosten, Brennstoffwahl) ist hierbei allerdings eine hinreichende Flexibilität der Konzepte gefordert.
- Bei der ***Tiefengeothermie*** liegt eine ähnliche Situation vor, in der sich die Konzepte und Erfahrungen aus den ersten deutschen bzw. europäischen Anlagen auf geologisch attraktive Auslandsmärkte übertragen lassen, z.B. in Osteuropa.
- Im Bereich der ***Biomassevergasung*** besteht Bedarf nach angepassten, anwendungsspezifischen Lösungen sowohl bei der Brennstoffnutzung (Multi-Fuel) wie auch Vergasungstechnik. Mit Blick auf die unterschiedlichen Marktsituationen z.B. in West- und Osteuropa bietet sich somit eine parallele Markterschließung durch eine frühe Exportorientierung an.
- Die Technologien für eine dezentrale KWK mit ***Brennstoffzelle*** und ***Mikrogasturbine*** sind vielseitig einsetzbar und bieten deshalb ein breites weltweites Marktpotenzial. Hier werden aufgrund der positiven Randbedingungen zunächst die Heimatmärkte in NRW und Deutschland sowie Europa als Einstiegsmärkte dienen, bevor langfristig globale Exportmärkte mit entsprechendem Wärmebedarf erschlossen werden können.
- Die erneuerbaren Energien wie z.B. ***Windenergie*** und ***Photovoltaik*** profitieren derzeit stark von den fördernden Rahmenbedingungen in Deutschland und NRW. Durch die Verbreitung von hier erfolgreichen Regelungen nach Europa, z.B. die Stromeinspeisevergütung in Frankreich und Spanien, bekommen diese potenziellen

Exportmärkte zusätzliche Wachstumsimpulse. Angesichts erster Sättigungstendenzen wie bei der Binnenlandnutzung von Windenergie oder den ohnehin stark auf den Export ausgerichteten Technologien wie der Photovoltaik ist eine exportorientierte Expansion der Aktivitäten eine unverzichtbare Voraussetzung zur langfristigen Sicherung der Marktstellung und Auslastung der entsprechenden Produktion in NRW. Heimische Technologiepolitik muss in diesem Sinne anstreben, die Möglichkeiten der Mitgestaltung von internationalen energiepolitischen Rahmenbedingungen zu nutzen.

- Einige Technologien wie die **solarthermischen Kraftwerke oder hybride Energiesysteme zur Energieversorgung** von ländlichen Räumen sind ausschließlich für den Einsatz im Ausland konzipiert. Im begrenzten Maße kann hier Europa als Einstiegsmarkt dienen (z.B. Solarthermie und solare Kühlung in Südspanien und Italien), aber die wichtigsten Einsatzgebiete werden von Beginn an in Exportmärkten liegen. Dies schließt jedoch die Sinnhaftigkeit heimischer Erprobung dieser Technologien im Demonstrationsmaßstab nicht aus.
- Im Bereich der **Kleinantriebe** hingegen wird auch in Zukunft der Schwerpunkt auf der Zusammenarbeit von Herstellern und Anwendern in Europa liegen, da bei ausländischen Märkten wie z.B. den asiatischen Hausgeräteherstellern keine ausreichende Nachfrage zu erwarten ist. Ähnliches gilt auch für die **gewerblichen Kühlmöbel**, bei denen eine Nachfrage ggf. zudem eher von den jeweils ortsansässigen Herstellern abgedeckt werden würde.
- Bei der **Passivhaustechnologie** sind aufgrund der stark regionalen Ausprägung der Bauwirtschaft ebenfalls keine signifikanten Exporte zu erwarten. Abgesehen von Engineering und Planungs-Know-How sowie einzelnen Komponenten wie intelligenter Lüftungstechnik wird sich der Markt für Passivhaustechnologien im wesentlichen auf Deutschland, Österreich, Schweiz, Niederlande sowie noch die skandinavischen Länder beschränken. Langfristige Perspektiven ergeben sich ggf. in Osteuropa. Bei **effizienten Bürogebäuden** hingegen können innovative Techniken und Konzepte zu Gebäudeversorgung auf Exportmärkten Erfolg haben, gerade im Zusammenspiel von Architektur, Haustechnik, umweltschonender Energieversorgung und Steuerung. Dies gilt auch für die Ballungszentren in den Entwicklungsländern, wo innovative Großgebäude ein Bestandteil oder sogar Kristallisationspunkt einer klimaverträglichen, lokalen Energieversorgung sein können.

Abb. 4-9: Schlüsselregionen und Zielmärkte für ausgewählte Zukunftsenergien

	NRW Deutschland	Europa	Mittel-/ Osteuropa	GUS	Nordafrika	naher Osten	Zentralafrika	Südafrika	Indien	Süd-Ostasien	China	Australien	Nordamerika	Mittelamerika	Südamerika
eff. Kohlenutzung	EM	EM	SM	ZM				SM	SM	SM	SM	SM	SM	NM	NM
dezentrale KW(K)K	EM	EM	SM	ZM				ZM	ZM	ZM	ZM		SM	ZM	ZM
Solartherm. Kraftwerke		EM			EM	ZM		SM	SM	SM	NM	ZM	SM	ZM	ZM
Windenergie	EM	EM	ZM	ZM	SM			NM	SM		SM		SM	NM	SM
Biomasse (Vergasung)	EM	EM	SM	ZM			NM	ZM	ZM	ZM	ZM		SM	ZM	ZM
Photovoltaik	EM	EM	NM		SM			SM	ZM	SM	ZM	ZM	SM	ZM	ZM
Geothermie (Strom)	EM	EM	SM	ZM					SM		ZM				
Kleinmotoren	EM	SM	SM												
LED- Beleuchtung	EM	EM	SM							ZM			SM		
Gewerbliche Kühlmöbel	EM	EM	ZM	ZM											
Haus der Zukunft - Passivwohnhaus	EM	SM	SM	ZM									NM		
- Bürogebäude	EM	EM	SM	ZM	ZM	ZM			ZM	SM	ZM	ZM	SM	ZM	ZM
Dezentrale Energiesysteme	EM	SM	SM	ZM				ZM	ZM	ZM	ZM	ZM	SM	ZM	ZM
neue Energieträger	EM	EM	ZM	ZM	ZM	ZM		NM	SM	ZM	SM	ZM	SM	ZM	ZM
hybride Inselssysteme				NM	EM		SM	EM	EM	EM	EM			EM	SM

- EM** kurz-/mittelfristige Einstiegsmärkte für Markteinführung
- SM** kurz-/mittelfristige Schlüsselmärkte für Export
- NM** mittelfristige Nischenmärkte mit begrenztem Potenzial
- ZM** langfristige Zukunftsmärkte

Zusammenfassend kann damit festgehalten werden, dass mit Ausnahme der Passivhaustechnologie und den Kleinantrieben für alle betrachteten Zukunftsenergien mittel- bis langfristig interessante Exportmärkte außerhalb Deutschlands entstehen. Es wäre daher zu kurz gegriffen, die anstehenden Entwicklungsschritte auf die heimischen Märkte zu beschränken. Die Aktivitäten werden sich dabei langfristig von den kurz- bis mittelfristig erschließbaren Schlüsselmärkten in Deutschland und Europa in Zukunftsmärkte vor allem in Asien – sowie ggf. Lateinamerika - verschieben. Im europäischen Rahmen erscheint es dabei lohnend zu sein, die besonderen Perspektiven in den neuen EU-Beitrittsländern und in Osteuropa allgemein zu prüfen. Hier besteht neben dem energiewirtschaftlichen Nachholbedarf auch ein zunehmender politischer Druck zur ökonomischen und ökologischen Modernisierung der Energieinfrastrukturen als Beitrag zur Angleichung an die EU-Standards. Technologien und Lösungen aus NRW können hier – u.a. aufgrund vergleichbarer klimatischer Bedingungen – eine Beitrag leisten.

Mit Blick auf die Exportaussichten in Schwellen- und Entwicklungsländer sind drei Aspekte von besonderer Bedeutung:

- Technologien müssen zu **angepassten Lösungen** kombiniert werden, die in ihren Leistungen, Anforderungen und der Komplexität den Einsatzbedingungen sowie den Bedürfnissen und Fähigkeiten der Nutzer entsprechen. Neben der Bereitstellung von Energie an sich bietet sich dabei auch die Kopplung mit weiteren Anwendungen wie z.B. der Wassergewinnung/-aufbereitung an und erhöht die Marktakzeptanz.
- Die erfolgreiche Markteinführung und Nutzung von Technologien erfordert entsprechende **sozio-ökonomische Rahmenbedingungen**, z.B. in Bezug auf Qualifikation und Ausbildung oder Nutzerakzeptanz. Neben technologischen Kooperationen sind deshalb eine Reihe begleitender Maßnahmen notwendig, die im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit unterstützt werden können. Mit Blick auf die Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit von Initiativen im Bereich des "capacity building" wäre es zu prüfen, inwieweit eine regionale Fokussierung der nordrhein-westfälischen Aktivitäten unter Einbezug der weitergehenden Maßnahmen die Effektivität der Markterschließung steigert.
- Die häufig unzureichenden Finanzmittel der privaten und öffentlichen Investoren erschweren den Export von zukunftsfähigen Energietechnologien in Schwellen- und Entwicklungsländer. Der Technologietransfer aus NRW wird deshalb in den nächsten Jahren in starkem Maße von der Unterstützung durch **nationale und internationale Finanzierungsinstrumente** abhängen. Neue Impulse können hierbei von den flexiblen Instrumenten des Kyoto-Protokolls (z.B. Emissionshandel, clean development mechanism – CDM, joint implementation – JI) erwartet werden, deren Operationalisierung vorbereitet wird. Auch wenn deren konkrete Ausgestaltung zur Zeit noch geklärt wird, bieten sich hier in Zukunft Möglichkeiten, die es rechtzeitig zu erkennen und prüfen gilt. Mit der für Herbst zu erwartenden Verbindungsrichtlinie zwischen dem EU-Emissionshandel und JI/CDM werden diese Instrumente in Zukunft stark an Bedeutung gewinnen. Insbesondere von der Konferenz für erneuerbare Energien in Bonn (renewables, Juni 2004) und dessen Nachfolgeprozessen dürfte in diesem Zusammenhang signifikante Impulse ausgehen.

Gute Ansatzpunkte für die Exportmärkte bieten hier Länder, die für sich selber in den genannten Technologiebereichen feste Zielvereinbarungen beschlossen haben bzw. diese vor der Umsetzung stehen. Beispiele hierfür sind China und Indien im Rahmen ihrer nationalen Wirtschaftspläne, Südafrika (im Weißbuch für erneuerbare Energien wird als Ziel eine Erhöhung des Endenergieanteils der erneuerbaren Energien von 9% im Jahr 1999 auf 14% im Jahr 2012 genannt) und Brasilien (Diskussion über die Einführung einer dem EEG vergleichbaren Förderung erneuerbarer Energien). Für die erneuerbaren Energien bieten die über 150 - über viele Länder verteilte - Vorhaben, die im Juni 2004 im Rahmen des International Action Plans festgehalten wurden wichtige Ansatzpunkte.

4.2.3 Auswirkungen auf Wertschöpfung und Beschäftigung in NRW

Die analysierten Zukunftstechnologien sind von großer Bedeutung für viele Branchen der nordrhein-westfälischen Industrie und stehen in direktem Bezug zu der herausragenden Position von NRW als Energieland Nr.1, wo rd. 1,1 Million Beschäftigten in der Energiewirtschaft und in den energieintensiven Grundstoffindustrien einschließlich ihrer

Vorlieferanten beschäftigt sind. Darunter sind rd. 68.000 Beschäftigte in der Energiewirtschaft selbst tätig, 71.000 Menschen im Bergbau beschäftigt und weitere 90.000 Arbeitsplätze unmittelbar davon abhängig (MWMEV 2001).

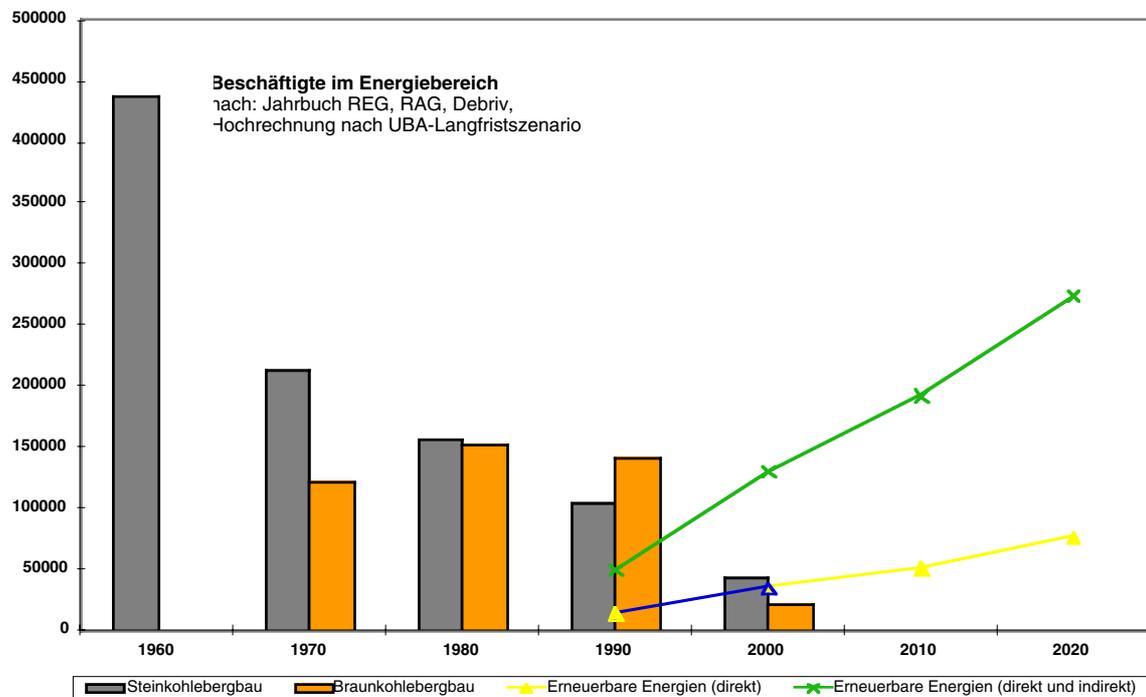
Weitere Indikatoren für die generelle Bedeutung neuer Energietechnologien sind:

- In der nordrhein-westfälischen Elektrotechnischen Industrie wurde im Jahr 2003 im Bereich der Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u.Ä. von ca. 90.600 Beschäftigten in 539 Betrieben ein Umsatz von gut 14 Mrd. Euro erwirtschaftet (StaLA 2003). Für einen Teil dieser Beschäftigten werden die hier ausgewählten Schlüsseltechnologien vor allem im Bereich fortschrittlicher Kraftwerkstechnik, neuer Erzeugungstechnologien wie Brennstoffzellen und Mikroturbinen sowie der dezentralen Netze (Leistungselektronik, Netzkommunikation etc.) einen wichtigen Beitrag zur langfristigen Sicherung von Marktanteilen leisten.
- Die Bedeutung der erneuerbaren Energien ist in den vergangenen Jahren stark gewachsen. Nach vorläufigen Schätzungen waren im Jahr 2000 in Deutschland ca. 100.000 Beschäftigte im Bereich Erneuerbare Energien tätig (2001: 130.000), davon haben mehr als 30.000 allein mit der Herstellung von Anlagen einen Umsatz von rund 8,2 Mrd. DM erwirtschaftet. Der Gesamtumsatz in diesem Sektor lag bei 13,5 Mrd. DM (Staiß 2003). Für den Betrieb und die Wartung der Anlagen kann zusätzlich von einem Beschäftigungseffekt in gleicher Größenordnung ausgegangen werden. Mittel- bis langfristig kann für den Bereich der erneuerbaren Energien bei einer weiterhin engagierten Ausbaupolitik von einem bundesweiten Beschäftigungspotenzial von 250-350.000 Arbeitsplätzen ausgegangen werden (UBA 2002). Die empirischen Untersuchungen des IWR in Münster der vergangenen Jahre unterstreichen hierbei die günstige Ausgangsposition des Landes, an diesem Wachstum von Wertschöpfung und Beschäftigung teilzuhaben. Über 10.000 Beschäftigte in mehr als 1.200 Unternehmen sind bereits in NRW im Bereich der erneuerbaren Energien aktiv.
- Das Baugewerbe ist von großer Bedeutung für die nordrhein-westfälische Wirtschaft. Insgesamt waren im Jahr 1998 gut 330.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte im Baugewerbe tätig, darunter rd. 185.000 Beschäftigte im Bauhauptgewerbe und rd. 120.000 im Ausbau- und Bauhilfsgewerbe (LDS 1999). Die neuen Technologien für das Passivhaus und die energieeffizienten Bürogebäude bedeuten einen erheblichen Innovationsschub für die Branche, der neben der Senkung der heimischen CO₂-Emissionen auch zur Arbeitsplatzsicherung beiträgt. Das Segment der ökologisch ausgerichteten Eigenheime kann hierbei durchaus signifikante Größenordnungen annehmen. Auswertungen des KfW Kreditprogramms zur Förderung von Niedrigenergiehäusern zeigen z.B., dass alleine in diesem Bereich im Jahr 2000 in Deutschland Investitionen von rd. 532 Mio. DM angestoßen wurden (487 Mio. DM in 1998). Eine entsprechende politische Flankierung im Bereich der Passivhäuser wird insbesondere bei einem weiteren Ausbau der klimapolitischen Strategien notwendig werden, was eine ähnliche Entwicklung erwartet lässt. Aufgrund des integrierten Systemansatzes des Passivhauskonzeptes unter Verwendung innovativer Lüftungstechnik und intelligenter Steuerung sind darüber hinaus zusätzliche Impulse in diesen High-Tech-Bereichen zu erwarten, während der Anteil konventioneller, aktiver Heizungstechnik entsprechend zurückgeht.

Vor diesem Hintergrund können die untersuchten Zukunftstechnologien einen Beitrag leisten, den gegenwärtig im Land ablaufenden Strukturwandel von einem

Primärenergielieferanten hin zu einem Energietechnikanbieter zu unterstützen und die damit verbundenen Arbeitsplatzverluste abzufangen, Beschäftigung in etablierten Industriebranchen zu sichern und neue Arbeitsplätze zu schaffen (vgl. Abb. 4.10).

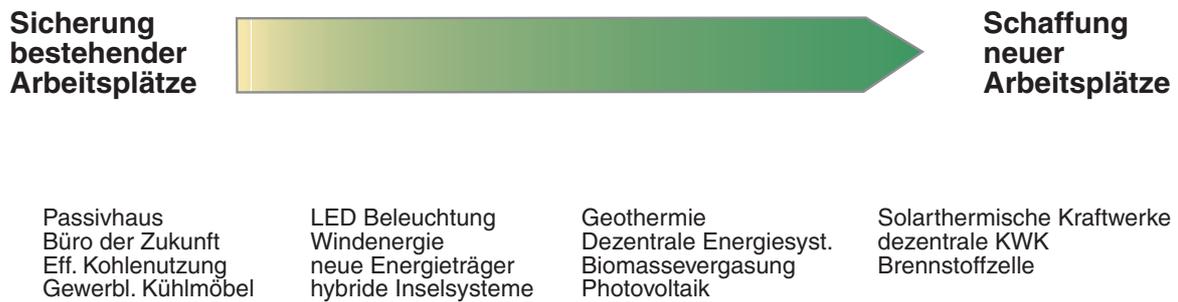
Abb. 4-10: Rückläufige Bedeutung der Beschäftigung bei der Kohlegewinnung und perspektivische Zugewinne bei erneuerbaren Energien



Arbeitsplatzschaffung und Beschäftigungssicherung

Für die Bewertung der Auswirkungen auf die Wertschöpfung und Beschäftigung in NRW muss zunächst berücksichtigt werden, dass in vielen Bereichen keine neuen Unternehmen und Branchen entstehen, sondern schon vorhandene Akteure neue Marktfelder erschließen. Die Innovationen dienen dabei als Ergänzung bzw. Fortentwicklung bestehender Produktportfolios, was die Voraussetzung zur langfristigen Sicherung von Arbeitsplätzen ist. Auf der Grundlage der verfügbaren Informationen zu den Schlüsseltechnologien lassen sich somit grundsätzlich die beiden Effekte Arbeitsplatzschaffung und Beschäftigungssicherung unterscheiden (Abb. 4-11). Wie im vorangegangenen Abschnitt deutlich wurde, ist dabei je nach Technologie die erfolgreiche Erschließung von Auslandsmärkten die Voraussetzung zur Realisierung der Beschäftigungspotenziale in NRW.

Abb. 4-11: Unterscheidung der Effekte Arbeitsplatzschaffung und Beschäftigungssicherung bei den untersuchten Zukunftsenergien



Abschätzung der Beschäftigungswirkung

Eine quantitative Abschätzung der Arbeitsplatzwirkungen der untersuchten Technologien wird dadurch erschwert, dass keine aussagekräftigen Datengrundlagen zu den einzelnen Technologiebereichen vorliegen. Im Rahmen der statistischen Erfassung der betroffenen Branchen Maschinenbau, Elektrotechnik usw. können die hier untersuchten Produkte kaum von anderen Erzeugnissen isoliert werden, so dass Nettoeffekte bei den Technologien nicht von der Gesamtentwicklung unterschieden werden können. Eine verlässliche Prognose der künftigen Beschäftigungseffekte wird zusätzlich dadurch behindert, dass der Verlauf der Markteinführung schwer vorhersagbar ist. Unerwartete Schwierigkeiten wie Materialprobleme, unzureichende Standfestigkeit usw. können die Marktdurchdringung und den Aufbau von Produktions- und Personalkapazitäten deutlich verzögern. Eine detaillierte quantitative Aufschlüsselung der Beschäftigungseffekte in den Einzeltechnologien kann aufgrund der angesprochenen Datenprobleme und der Heterogenität der Technologiefelder deshalb leider ebenso wenig geleistet werden wie eine solide Saldierung der gesamten Beschäftigungseffekte.

Trotz dieser gravierenden Einschränkungen wird im folgenden der Versuch gemacht, auf Grundlage der verfügbaren statistischen Daten, der vertiefenden Analyse der Einzeltechnologien und der damit verbundenen Gespräche mit Fachleuten und Experten aus der Industrie einige grobe Tendenzaussagen zur Größenordnung und Struktur der Beschäftigungseffekte abzuschätzen.

Die differenzierte Betrachtung der Arbeitsplatzwirkung der einzelnen Technologien zeigt dabei, dass ihr Beitrag unterschiedlich ausfallen kann. In der Übersicht in Tab. 4.3 wird deshalb versucht, eine Abschätzung der möglichen Beschäftigungsschwerpunkte vorzunehmen. Es wird hierbei deutlich, dass in einigen Bereichen ein Schwerpunkt bei der Herstellung von Komponenten und Kerntechnologien in NRW liegen wird bzw. könnte.

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss allerdings berücksichtigt werden, dass

- die Schätzungen auf einer unzureichenden Datenbasis erfolgen und nur für einen möglichen Fall einer positiven Marktentwicklung der Technologien gelten,
- die Abschätzung für die nächste Zeit bis zum Jahr 2010 erfolgt, in einigen Bereichen wird allerdings ein dynamisches Markt- und Beschäftigungswachstum später im Zeitraum von 2010-2025 erwartet,
- die Aussagen eine grobe Zusammenfassung von direkten und indirekten Arbeitsplatzwirkungen ist, soweit Zulieferbeziehungen überhaupt berücksichtigt werden konnten, eine solide Erfassung von Multiplikationseffekten ist somit nicht gegeben,
- die Tabelle qualitative Aussagen zu besonders offensichtlichen Beschäftigungsschwerpunkten macht, Arbeitsplätze können jedoch in allen Bereichen der Wertschöpfungskette entstehen.

Beispiele für Bereiche mit größeren Beschäftigungswirkungen sind Brennstoffzellenheizgeräte und dezentrale KWK-Techniken, effiziente Kohlekraftwerke oder auch die Spiegelfertigung für solarthermische Kraftwerke. Große Beschäftigungswirkungen sind über die Fertigung hinaus auch bei einem weiteren großflächigen Ausbau der Photovoltaik sowie vor allem in der arbeitsplatzintensiven Errichtung von effizienten Gebäuden zu erwarten. Die Zulieferindustrie für Windenergieanlagen birgt ein vergleichbares Potenzial bei Komponenten, Engineering und Dienstleistungen, das allerdings wesentlich von dem Erfolg der nordrhein-westfälischen Anbieter auf Auslandsmärkten abhängen wird.

In anderen Bereichen wie z.B. der Mikrogasturbine oder auch bei den dezentralen Energiesystemen werden dagegen die Kernkomponenten auch in Zukunft eher außerhalb von NRW hergestellt. In diesen Fällen bestehen eher mittelgroße Beschäftigungspotenziale vor allem bei Planung, Engineering und (technischen) Dienstleistungen, die damit weniger, aber dafür hoch qualifizierte Arbeitsplätze mit hoher Wertschöpfung induzieren. Gerade im Fall der integrierten Lösungen für zukünftige Energiesysteme und -netze sind die Multiplikationseffekte bei Informationstechnologien und Softwareentwicklung nur schwer quantitativ abzuschätzen. Sicher ist allerdings, dass dieser Bereich ein hohes Schlüsselkompetenz- und Wertschöpfungspotenzial aufweist.

Im Fall der effizienten Kleinmotoren und der Inselsysteme wird das Beschäftigungspotenzial in den nächsten Jahren aufgrund der begrenzten Marktgröße eher gering sein. Für die Inselsysteme bieten sich allerdings langfristig bei einer erfolgreichen Etablierung von innovativen Modullösungen zur netzfernen Energieversorgung weitere Wachstumsmöglichkeiten. Auch bei der Biomassevergasung ist der heimische Markt zunächst begrenzt, zusätzliche Arbeitsplätze könnten jedoch bis 2010 durch die Erschließung von Exportmärkten z.B. in Osteuropa stimuliert werden.

Tab. 4.3: Abschätzung der Größenordnung und Struktur der möglichen Beschäftigungseffekte bei den untersuchten Zukunftstechnologien

	langfristige Perspektive, Exportmärkte (2020)	Beschäftigungsschwerpunkt				Multiplika- toreffekte in anderen Sektoren
		Zulieferer Peripherie	Produktion Kerntechno- logie	System- integration	Planung Engineering Dienst- leistungen	
Eff. Kohle- nutzung	++	+	++		++	Bergbau
Biomasse- Vergasung	++	+	++		++	Land/Forst- wirtschaft
Mikrogas- turbine				+	++	
dez. KWK	++	+ (++) ²	(++) ²	++	++	Handwerk
Geothermie (Strom)	+	+			++	
Wind- energie	++	++			++	
Solartherm. Kraftwerke	++	(++) ³	(++) ³		++	
Photo- voltaik	++	+	+		++	Handwerk
Dezentrale Energie- systeme	+	+			++	IT / Soft- wareent- wicklung
Insel- systeme	+	+	+		+	Haus- geräte Medizin- technik
kleine Elektro- motoren		+	++			
Gewerb- liche Kühlmöbel	+	+	+			
LED-Be- leuchtung	+	+			++	
hoch- effiziente Gebäude	+	+	++		++	Bauwirt- schaft Handwerk
neue Energie- träger	++	++	++	++	++	Automobil- industrie Energiewirt- schaft

- 1 Annahme: parallele Erschließung von Exportmärkten durch angepasste Lösungen
- 2 Annahme: Aufbau Brennstoffzellen-Stack Fertigung bzw. BHKW Fertigung in NRW
- 3 Annahme: Fertigung von Spiegeln in NRW

Ansatzpunkte für politische Förderung von Beschäftigung

Die aufgeführte Abschätzung beruht auf der Annahme, dass die im vorherigen Abschnitt diskutierten Herausforderungen der Markteinführungsphase erfolgreich bewältigt werden können. Angesichts der identifizierten Schwierigkeiten und Hemmnisse für Forschung und Industrie ergeben sich drei wesentliche Ansatzpunkte für die politische Förderung von Beschäftigungseffekten:

- durch Instrumente der Forschungs- und Technologiepolitik werden Arbeitsplätze dadurch gefördert, dass den Unternehmen bei der Entwicklung wettbewerbsfähiger Produkte für Heimat- und Exportmärkte geholfen wird. Beispiele hierfür sind öffentlich geförderte Pilot- und Demonstrationsanlagen wie z.B. bei effizienten Kohlekraftwerken oder geothermischen Kraftwerken, die einen Beitrag zum Aufbau bzw. Erhalt von Produktionsstätten in NRW sein können.
- Instrumente zur Markteinführung und Marktransformation wie z.B. die Breitenförderung im REN-Programm unterstützen die Ausweitung und Konsolidierung von heimischen Märkten, was z.B. für die Arbeitsplätze in der Windenergie- und Photovoltaikbranche wichtige Impulse gesetzt hat und auch für die Brennstoffzellenheizgeräte von Bedeutung sein wird..
- Maßnahmen zur Steigerung der Standortattraktivität fördern die Ansiedlung von Produktionsstätten als Voraussetzung für Beschäftigung. Besondere Einflussmöglichkeiten ergeben sich derzeit beim Aufbau einer Brennstoffzellenfertigung und der künftigen Herstellung von solarthermischen Kraftwerken.
- Je nach Technologiefeld und Akteursstruktur können sich Maßnahmen gut ergänzen und es ergeben sich technologiespezifische Strategiebündel wie auch übergreifende Maßnahmen. Ansatzpunkte hierzu werden in Kap. 7 weiter diskutiert.

Multiplikationswirkung

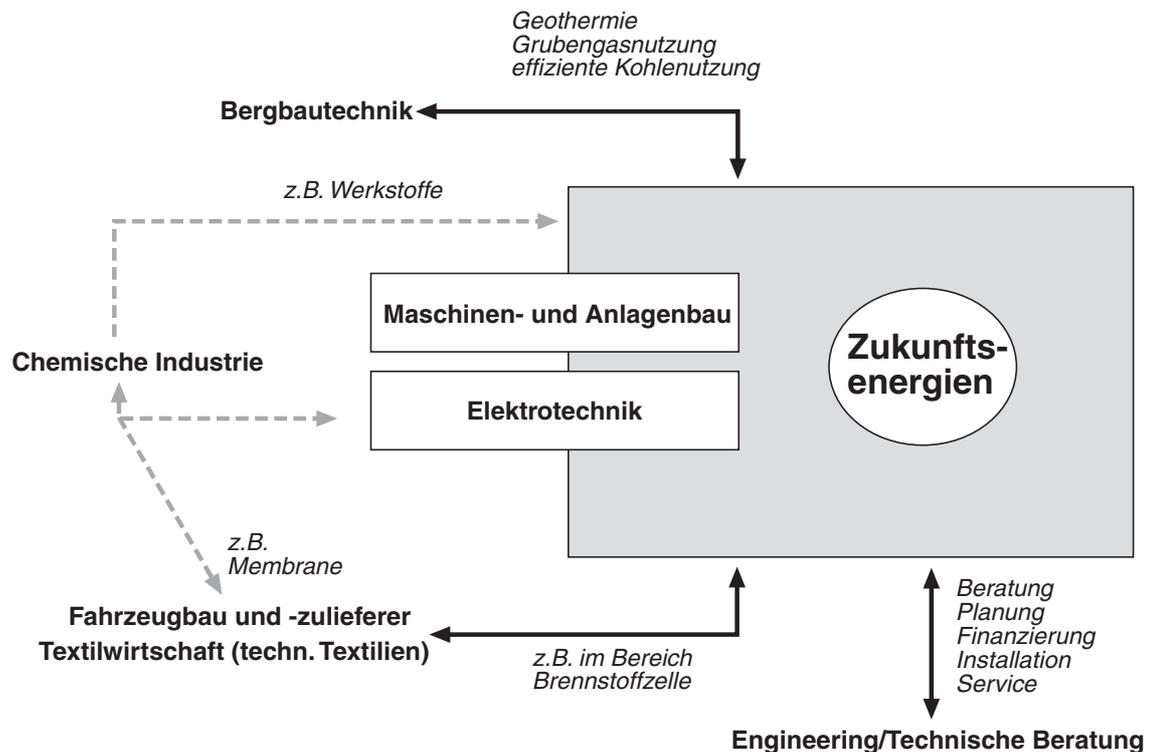
Aus volkswirtschaftlicher Sicht sind neben den direkten Beschäftigungseffekten in den untersuchten Technologiefeldern auch weitere Multiplikationswirkungen von Interesse, die in verbundenen Sektoren und vorgelagerten Bereichen entstehen. Es ist offensichtlich, dass die ausgewählten Schlüsseltechnologien auf vielfältigen Zulieferbeziehungen aus dem produzierenden Gewerbe, insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau und der Elektroindustrie aufbauen. Einige zusätzliche Wechselwirkungen, die positive Effekte in anderen Sektoren erwarten lassen, sind in Tab. 4.3 und Abb. 4.12 dargestellt.

Eine weitergehende quantitative Gesamtaussage kann für alle untersuchten Zukunftsenergien aufgrund der schlechten Datenlage nicht abgeleitet werden. Es ist jedoch zu erwarten, dass eine positive Marktentwicklung in den hier betrachteten Bereichen positive Multiplikationseffekte in anderen Sektoren induziert, was auch von den Ergebnissen des IWR getragen wird.

Die Einschätzung zu den Multiplikationseffekten wird ebenfalls gestützt durch die vorhandene Literatur und Empirie zur volkswirtschaftlichen Bedeutung von Klimaschutzstrategien, die erhebliche Multiplikationseffekte vor allem im Bereich der vorgelagerten Branchen Maschinenbau/Elektrotechnik sowie im Baubereich und seinen Zulieferern ausweisen. Die Prognos-Studie "Arbeitsplätze durch Klimaschutz" vom November 2000

geht z.B. im Fall einer anspruchsvollen CO₂-Reduktionsstrategie (–40% bis 2020 ggü. 1990) von einem Nettobeschäftigungszuwachs von über 190.000 Arbeitsplätzen in Deutschland bis zum Jahr 2020 aus (Prognos 2000).

Abb. 4-12: Wechselwirkungen des Bereichs der "Zukunftsenergien" mit anderen Branchen



Für die langfristige Stärkung des Industriestandortes NRW ergeben sich in diesem Zusammenhang besondere Entwicklungschancen in den Bereichen, in denen sich Kompetenzen über die verschiedenen Vorleistungs- und Wertschöpfungsstufen kombinieren lassen. Eine gute Ausgangslage zur Bildung bzw. Erhaltung einer kritischen Masse im Sinne einer Clusterbildung liegt bei effizienten Kohlekraftwerken, Multi-Fuel-Brennstoffkonzepten, der Einbindung von Brennstoffzellen in die integrierte Optimierung der Objektversorgung (KWKK), Photovoltaik (Siliziumtechnik), dezentralen Energiesystemen, LED-Beleuchtungslösungen sowie alternativen Kraftstoffen vor. Durch die Bündelung und Kooperation der unterschiedlichen Akteure im Land hat NRW hier günstige Aussichten, eine führende Marktposition zu erlangen, zu behaupten und auszubauen.

4.3 Fazit zu den technologischen und ökonomischen Perspektiven der untersuchten Schlüsseltechnologien und Systemlösungen

Trotz der herausragenden Bedeutung z.B. von hocheffizienten fossilen Kraftwerken werden solche Einzeltechnologien für eine nachhaltige Entwicklung des Energiesystems alleine nicht ausreichen. Nur durch kombinierte und aufeinander aufbauende Strategien in den Bereichen der rationellen Energienutzung, der Erneuerbaren Energien, dem Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung sowie dem Aufbau neuer Energieinfrastrukturen können die angestrebten Minderungen der Treibhausgasemissionen erreicht und gleichzeitig das energetische Know-how im Land gehalten werden. Es wird deutlich, dass die hier untersuchten Zukunftstechnologien in diesem Sinne in verschiedenen Handlungsbereichen einen wichtigen Beitrag leisten können. Sie bieten damit gerade in ihrer Vielfalt die Voraussetzung für die Realisierung der politischen Zielvorgaben in Bund und Land.

Die Langfristbetrachtungen aktueller Szenarioanalysen zeigen dabei, dass auch unter verschiedenen Randbedingungen die hier betrachteten Technologien einen festen Platz in der zukünftigen Energieversorgung haben werden. Dies beinhaltet auch die Optionen, die heute weniger im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses stehen (z.B. geothermische Kraftwerke). In diesem Sinne stellen die hier ausgewählten Technologien und Systemlösungen bereits für sich genommen **robuste Lösungen** dar. Aus den Szenarioanalysen lassen sich aus technischer Sicht zunächst aber keine weiteren Prioritäten ableiten. Allerdings sind auf der Zeitachse signifikante Unterschiede zu beachten. Dies ist insbesondere augenfällig für die Einführung neuer Kraftstoffe (insbesondere Wasserstoff), die erst mittel- bis langfristig notwendig erscheint. Dennoch müssen jetzt die ersten Schritte für den Markteinstieg gemacht werden und diesbezüglich sinnvolle Übergangstechnologien (z.B. mit Erdgas als neuen Kraftstoff) gefördert werden.

Auf dieser Grundlage können aus technologischer Sicht folgende Schlussfolgerungen aus der einzeltechnologiespezifischen Betrachtung gezogen werden:

- Zur Lösung der vielfältigen Handlungserfordernisse im Energiesystem ist eine Vielfalt an Technologien notwendig und vorteilhaft
- Die ausgewählten Technologien decken weite Bereiche des Energiesystems ab und zeichnen sich vor dem Hintergrund der unsicheren Entwicklungen als robust aus
- Angesichts des erreichten Entwicklungsstandes liegt der Schwerpunkt der Anstrengungen in den nächsten Jahren weniger auf reinen F&E-Aufgaben sondern zunehmend auf der Markteinführung von Produkten und der Bündelung von Technologien in Systemlösungen.
- Für die Markterschließung sind je nach Technologie unterschiedliche Entwicklungsschritte notwendig. In Teilbereichen besteht ein dringender Handlungsbedarf, um rechtzeitig die sich öffnenden Marktfenster (z.B. Ersatzbedarf im Kraftwerkspark) aufgreifen zu können. Andere Technologien werden eher langfristig bedeutsam. Hier können in den nächsten Jahren die kurzfristig unverzichtbaren Weichenstellungen für einen Erfolg bis 2020 vorgenommen werden. Dabei ist eine ständige Überprüfung der hiermit verbundenen Entwicklungskonzepte und -aufwendungen an den Marktperspektiven erforderlich.
- Die heutige Vielfalt der technologischen Optionen führt zu einer Verschärfung der Konkurrenzsituation. Eine Konzentration auf den heimischen Markt lässt dies in der

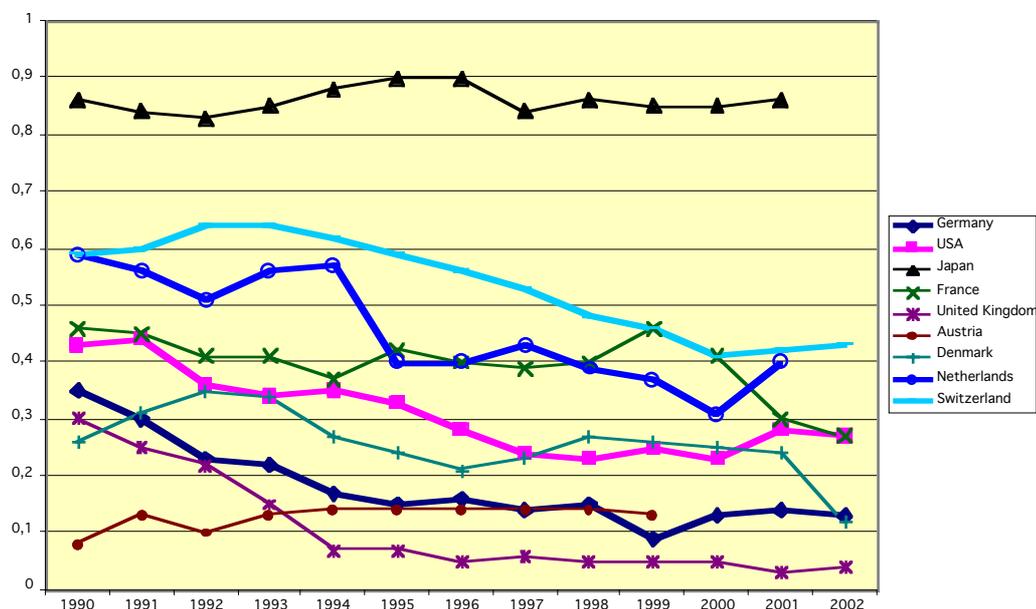
Regel nicht mehr zu. Das frühzeitige Einbeziehen von Exportoptionen eröffnet deshalb robustere Marktchancen. In diesen Bereichen ist dauerhaft aber nur derjenige erfolgreich, der einen nachhaltigen Technologievorsprung aufrechterhalten kann und dem es gelingt professionelle Vermarktungsstrukturen aufzubauen.

- Aufgrund der hohen Aufwendungen für technologische Entwicklungen ist eine möglichst frühzeitige Anpassung an die Anforderungen der Zielmärkte im In- und Ausland erforderlich, angestrebte Standardisierungen (von Komponenten) und die zentralen Leistungsmerkmale sind entsprechend vor allem auf die Hauptmärkte auszurichten.
- NRW ist in den ausgewählten Technologiebereichen (im Vergleich zu anderen Bundesländern) gut positioniert und besitzt gute Ansatzpunkte zur Markterschließung. Hierdurch eröffnen sich neue Beschäftigungsimpulse in diesem traditionell starken Energieland.
- Zwischen den Einzeltechniken können übergreifende Handlungsschwerpunkte abgeleitet werden, die Synergien versprechen und (zumindest in Teilbereichen) durch geeignete Systemlösungen auszuschöpfen sind (z.B. Vermarktung eines multi-fuel fähigen Vergasungsverfahrens)
- Ein Engagement des Landes zur Etablierung übergreifender Technologiebereiche kann wegen deren besonderen Innovationswirkung eine hohe Identifikation im Inland und Ausland mit dem Leistungsmerkmal „Systemtechnologie made in NRW“ schaffen.

5 Neue Schwerpunkte der Energieforschung der Bundesregierung, der EU, der USA und in Japan

Öffentlich geförderte Energieforschung hat in der Vergangenheit einen wichtigen Beitrag zum technischen Fortschritt geleistet und wird auch in Zukunft eine wichtige Voraussetzung für weiteren Fortschritt sein. Angesichts des weltweiten Bedarfs nach neuen, zukunftsverträglichen Energietechnologien ist es jedoch bemerkenswert, dass während der letzten Jahre in den meisten Industrieländern die Ausgaben für Energieforschung stagnieren bzw. tendenziell rückläufig sind (Abb. 5.1).

Abb. 5-1: Entwicklung der Ausgaben für Energieforschung in ausgewählten OECD Ländern (in % des Bruttoinlandsprodukts)



Quelle: IEA 2003

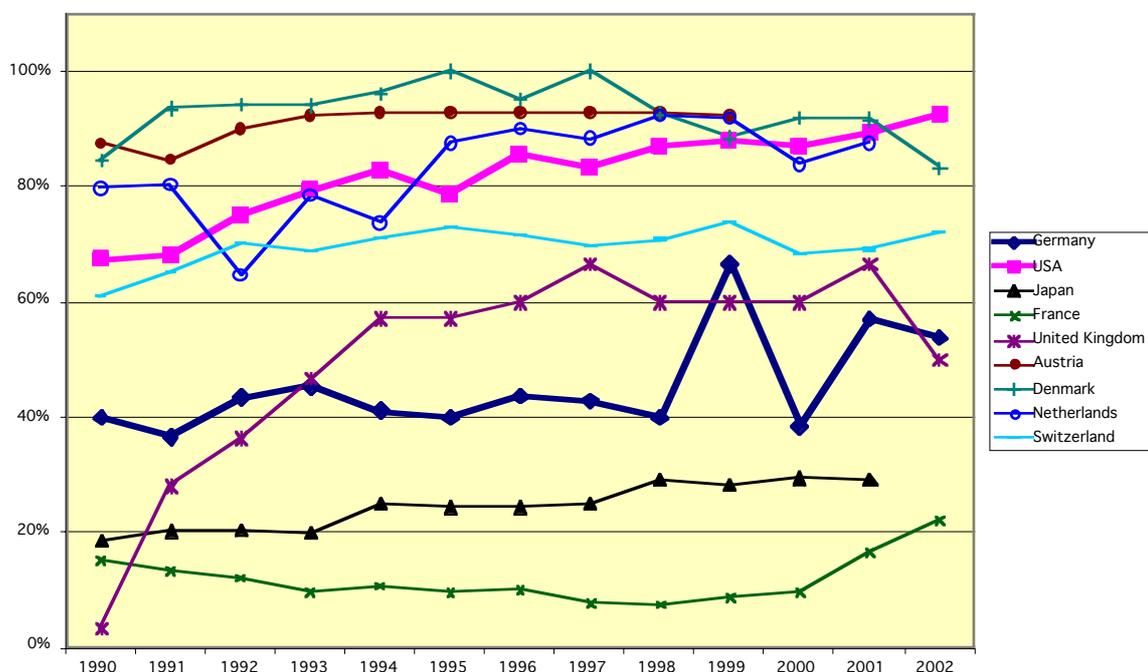
Es fällt weiterhin auf, dass bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt die Ausgaben für Energieforschung in Japan signifikant höher als in anderen Ländern sind, wobei auch die Anstrengungen in Holland und der Schweiz über dem Durchschnitt liegen. In Großbritannien dagegen wurde die Energieforschung in den letzten 10 Jahren drastisch zurückgefahren.

Bis in die späten achtziger Jahre dominierten in vielen Ländern die Ausgaben für Kerntechnik, wobei die Bedeutung der kerntechnischen Forschung über den betrachteten Zeitraum innerhalb der einzelnen Länder unterschiedlich ist (vgl. Abb. 5.2). Während in Dänemark und Österreich der Anteil der Kerntechnik sehr klein ist (< 10%), werden in Japan und Frankreich über 80% der Ausgaben hier getätigt. Interessant ist weiterhin, dass

- in Großbritannien der Rückgang der Energieforschung vor allem zu Lasten der Kerntechnik ging und der Anteil der sonstigen Forschungsfelder stieg,

- in den USA die Bedeutung der Kerntechnik ebenfalls rückläufig ist und das Budget in nicht-nuklearen Forschungsfeldern kontinuierlich auf über 80% der Gesamtausgaben zunahm,
- in Deutschland der Anteil der nuklearen Forschung nach den IEA Angaben mit rund 60% bis 1998 mehr oder weniger konstant blieb und nach dem Regierungswechsel 1998 stark zurückgefahren wurde. Nach dem Ausstieg aus der Kernenergie werden weiterhin Projekte zur Sicherheitsforschung der Kernenergie sowie die Internationale Atomenergieorganisation (IAEA) gefördert. Deutschland beteiligt sich außerdem an dem europäischen Fusionsforschungsprogramm EURATOM.

Abb. 5-2: Anteil der nicht-nuklearen Forschung an den Gesamtausgaben der Energieforschung in ausgewählten OECD Ländern (in %)



Quelle: IEA 2003

Vor diesem Hintergrund werden im folgenden die neuen Schwerpunkte der Energieforschung in der Bundesrepublik, die Grundstruktur und strategische Ausrichtung des 6. EU-Forschungsrahmenprogramms und die wesentlichen Elemente der Energieforschung in den USA und Japan kurz dargestellt⁵⁰. Insbesondere die EU-Forschung sowie die Aktivitäten der USA als führende Technologienation sind für NRW ein wichtiger Orientierungsrahmen zur Positionierung der eigenen Aktivitäten. Darüber hinaus erfolgt hier ein kurzer Überblick über die Forschungsaktivitäten von Ländern mit NRW vergleichbarer Größe wie z.B. die Niederlande oder die Schweiz. Aufgrund der Probleme

⁵⁰ Großbritannien wurde aufgrund der stark rückläufigen öffentlichen Energieforschung ausgeschlossen, gleiches gilt für Frankreich, dass aufgrund seiner Fixierung auf die Kernkraft z.Zt. noch wenig Ansatzpunkte für Lösungen in NRW bietet.

bei der Recherche von Hintergrundinformationen und Materialien wie z.B. Strategiepapieren usw. stützt sich die Übersicht auf das bisher frei verfügbare deutsch- und englischsprachige Material. Gerade im Fall der USA und Japans wäre eine tiefergehende Analyse und eine international vergleichende Evaluation von Forschungspolitiken von Interesse, die aber im Rahmen der Studie nicht geleistet werden konnte.

5.1 Neue Schwerpunkte der Energieforschung der Bundesregierung

Die Forschungsförderung des Bundes ist auf die rechtzeitige Entwicklung von neuen Technologien und Verfahren ausgerichtet. Sie hat Anfang der achtziger Jahre mit mehr als 350 Mio. Euro/a ihren Höhepunkt erreicht (vgl. Abb. 5.3). Seit dem ist der Bundesbeitrag stark rückläufig.

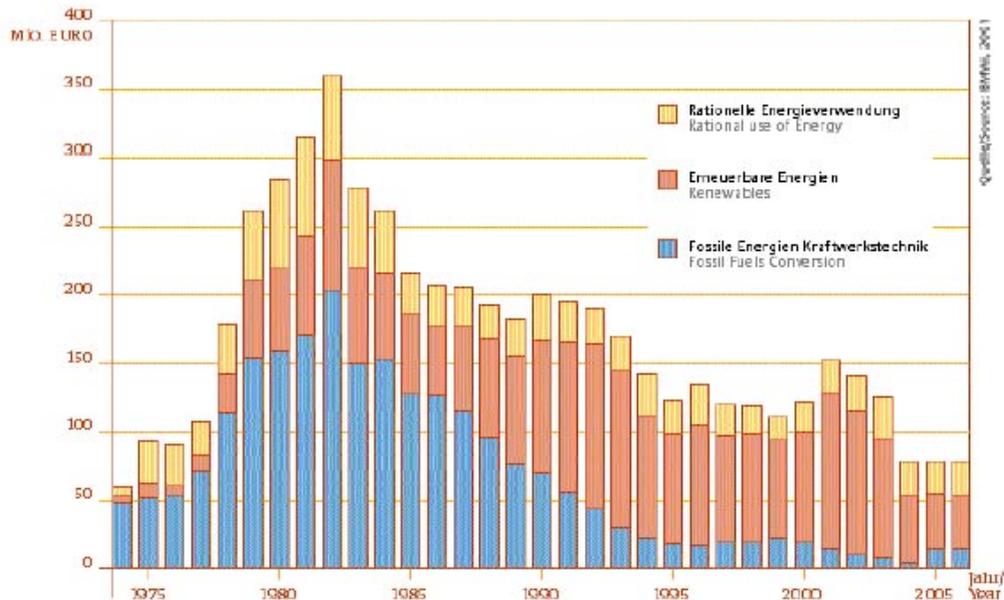


Abb. 5-3: Aufwendungen des Bundes für die Energieforschung

Auch der aktuelle Haushaltsentwurf des BMWA für den Zeitraum von 2002 bis 2006 sieht einen Rückgang der Energieforschung von 183,4 Mio. Euro (2002) auf 155,5 Mio. Euro in 2006 vor (Tab. 5.1). Auch im Bereich der Rationellen Energieverwendung ist ein Rückgang der Mittel um beinahe die Hälfte geplant. Eine Forschungsförderung, wie sie gegen Ende der neunziger Jahre zur Verfügung stand, ist nur bis zum Auslaufen der Zukunftsinvestitionsprogramme (ZIP) im Jahr 2003 aufrecht erhalten worden.

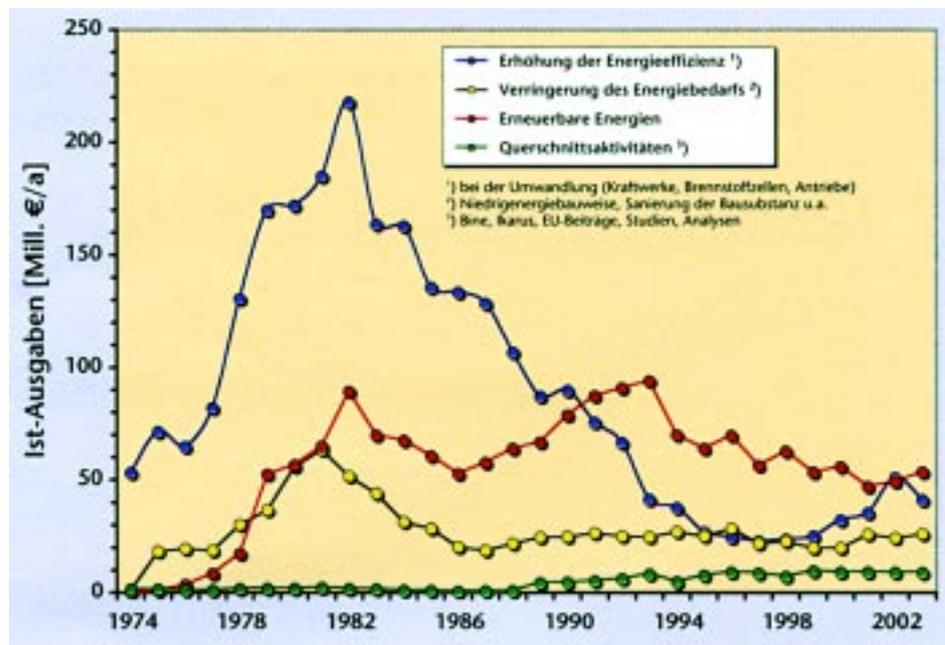
Tab. 5-1: Der Haushaltsentwurf für das BMWA nach Zweckbestimmungen (2002-2006)

Alle Angaben in Euro					
Zweckbestimmung	2002	2003	2004	2005	2006
Steinkohlenbergbau	3,05 Mrd	2,77 Mrd	2,47 Mrd	2,16 Mrd	1,87 Mrd
Energieforschung	183,4 Mio	180,1 Mio	168,8 Mio	170,5 Mio	155,5 Mio
Rationelle Energieverwendung*	218 Mio	255 Mio	123 Mio	120 Mio	121 Mio
FuE/ Innovation im Mittelstand	415,7 Mio	445,4 Mio	451 Mio	449 Mio	451 Mio
Gewerbeförderung Mittelstand	141,9 Mio	155,5 Mio	153,7 Mio	154 Mio	154,9 Mio
Außenwirtschaft	90,6 Mio	94,9 Mio	97,9 Mio	101,9 Mio	93,9 Mio
Luftfahrtförderung	100,8 Mio	79,6 Mio	88,5 Mio	89,9 Mio	96,1 Mio
Wertfindustrie	114,4 Mio	97,9 Mio.	50,8 Mio	43,2 Mio	29,4 Mio
Regionale Wirtschaftsförderung	1.004 Mio	944,7 Mio	885,5 Mio	835,5 Mio	835,5 Mio
Wismut	240,9 Mio	235,9 Mio	220,9 Mio	210,9 Mio	200,9 Mio
Fremdenverkehr	24,4 Mio	26,3 Mio	26,3 Mio	26,3 Mio	26,3 Mio
Sonstiges	**208,3 Mio	18,5 Mio	18,5 Mio	11,8 Mio	11,8 Mio
Gesamtsumme Fördermittel	6,02 Mrd	5,54 Mrd	4,95 Mrd	4,57 Mrd	4,23 Mrd
* inklusive Marktanreizprogramm und 100.000- Dächer- Programm					
** inklusive einer Erstattung von 179 Mio Euro Niedersachsen für die Expo 2000					

Quelle: BMWA 2003

Während der Schwerpunkt der Bundesförderung in den siebziger und achtziger Jahren eindeutig und überwiegend bei der Kernenergie gelegen hat, stehen jetzt vor allem Arbeiten im Bereich erneuerbare Energien (Effizienzsteigerung, neue Materialien, Kostendegression) und Effizienztechnologien im Mittelpunkt des Interesses. Im letztgenannten Arbeitsfeld liegt der besondere Fokus auf der Weiterentwicklung der Brennstoffzellentechnik und der Verbesserung der Kraftwerkstechnik, wobei hier vor allem die Material- und Messtechnik (Programm „KOMET 650“) und neue Kraftwerkskonzepte (z.B. Druckkohlenstaubfeuerung, Hochleistungs-GuD-Kraftwerke,) gefördert werden. Als neue Initiative werden im Rahmen des COORETEC Programms Aktivitäten zu emissionsarmen Kraftwerken gebündelt, was u.a. die Perspektiven der CO₂ Abtrennung und Speicherung mit einbezieht (zero emission power plant). Über eine Aufstockung der Fördermittel für die Photovoltaik wird derzeit nachgedacht. Eine Aufteilung der Förderschwerpunkte der nicht-nuklearen Energieforschung nach Ressorts ist in Abb. 5-4 gezeigt.

Abb. 5-4: Förderschwerpunkte der nicht-nuklearen Energieforschung des BMWA und BMU



Quelle: Schneider, Falkenberg, Kaltschmitt 2004

5.2 Übersicht der konzeptionellen Leitlinien und inhaltlichen Schwerpunkte des 6. Forschungsrahmenprogramm der EU

Das 6. Forschungsrahmenprogramm der EU (6. FRP) bildet für den Zeitraum von 2002 bis 2006 den formalen Rahmen aller von der EU geförderten Forschungsaktivitäten⁵¹. Es verfolgt das übergeordnete Ziel, die europäische Forschung im Rahmen des "Europäischen Forschungsraums – European Research Area (ERA)" zusammenzuführen und zu bündeln. Die zentralen Ansatzpunkte sind dabei

- die Fokussierung von Aktivitäten in thematischen Prioritäten und die Verwendung von neuen Förderinstrumenten, die geeignete Strukturen und Forschungsverbünde generieren, um diese Themen zu bearbeiten und dort eine kritische Masse erzeugen;
- die systematische Planung und koordinierte Umsetzung von Begleitforschung zur Unterstützung der EU Politik und zur Exploration neuer Themenfelder, die von besonderem Interesse für relevante Akteursgruppen sind;
- die Verbreitung und Stärkung der Forschungs Kooperation zwischen den Mitgliedsstaaten und eine damit verbundene Öffnung nationaler Aktivitäten für europäische Partner.

⁵¹ <http://www.cordis.lu/eesd/>

5.2.1 Thematische Prioritäten

Für die Energieforschung ist der Bereich 6 "Sustainable Development, global change and ecosystems" von besondere Bedeutung.

Die Forschungsthemen zu Energie "Sustainable Energy Systems" sind nochmals unterteilt in kurz- bis mittelfristige sowie in mittel- bis langfristige Themen, die eine implizite Trennung zwischen eher praxisnahen Demonstrationsvorhaben (ehemals Thermie) und eher forschungsnahen Projekten (ehemals Joule) nahe legen.

Die **kurz- bis mittelfristigen Aktivitäten** unter der Leitung der DG Transport und Energie (TREN) zielen auf eine rasche Markteinführung von innovativen Energietechnologien durch Demonstrations- und Pilotvorhaben, bei denen neben technischen Aspekten auch organisatorische, finanzielle, wirtschaftliche und soziale Fragen explizit berücksichtigt werden. Inhaltliche Schwerpunkte sind:

- **Clean Energy:** Leistungssteigerung von erneuerbaren Energietechniken und deren Integration ins Energiesystem in Kombination mit anderen dezentralen Energiequellen und sauberen konventionellen Kraftwerken (d.h. Netzanbindung, Verteilung und Speicher).
- **Energieeinsparung und Energieeffizienz:** der Fokus liegt hier im Gebäudebereich und der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (inkl. stationärer Brennstoffzellen und Erneuerbarer Energien)
- **Alternative Kraftstoffe:** Erzeugung und Verteilung von alternativen Kraftstoffen, Aufbau der Infrastrukturen und Logistik, Entwicklung geeigneter Fahrzeugtechnik

Die **mittel- bis langfristigen Aktivitäten** der DG Forschung (RTD) unterstützen die Forschung und Entwicklung bei neuen Energietechnologien, deren Markteintritt noch länger als 5-10 Jahre entfernt ist. Folgende Prioritäten werden gesetzt:

- **Brennstoffzellen** für stationäre und mobile Anwendungen
- Neue Technologien für **Energietransport und –speicherung** mit den Schwerpunkten **Wasserstoff** (Vorbereitung für H₂-Produktion und Infrastrukturen in Europa) und **Integration von dezentralen Energietechnologien** in das europäische Stromsystem
- Neue Ansätze für **erneuerbare Energietechniken** mit dem Ziel der signifikanten Leistungssteigerung, insbesondere bei PV und Biomasse.
- **Effiziente Kohlenutzung** als Kombination von verbesserter Kraftwerkstechnik und CO₂-Entsorgung mit dem Ziel der *Near Zero Emission Plant*

5.2.2 Neue Förderinstrumente des 6. FRP

Als besonderes Merkmal des 6. FRP werden neue Förderinstrumente eingeführt, die bisherige Ansätze von Beginn an ergänzen und langfristig ablösen sollen⁵². Es handelt sich dabei um **Integrated Projects (IP)**, **Networks of Excellence (NoE)** sowie die *Öffnung und gemeinsame Umsetzung von nationalen Programmen (Artikel 169)*.

⁵² Europäische Kommission: Introduction into the instruments available for implementing the FP6 Priority Thematic Areas, DG Research, 28.2.2002, <http://europa.eu.int/comm/research/nfp/networks-ip.html>

Insbesondere die ersten beiden Ansätze sollen die Förderlandschaft nachhaltig verändern, in dem durch die Bündelung von Mitteln in sehr großen Projekten (mehrere Mio. Euro) mit vielen Partnern einerseits eine kritische Masse und andererseits eine dauerhafte Vernetzung der Forschungsinstitutionen in Europa angestrebt wird. Ob eine derartige Konzentration von Mitteln nach dem Beispiel der Luft/Raumfahrtforschung oder Kernforschung sich tatsächlich auf andere Bereiche mit stärker differenzierten Fragestellungen und unterschiedlichen Akteursstrukturen übertragen lässt, wird sich zeigen. Als Reaktion auf diesbezügliche Kritik bleiben die alten Instrumente des 5.FRP (*specific targeted projects* und *coordinated actions*) zunächst weiter erhalten.

5.3 Schwerpunkte der Budgetplanung 2003 des US Department of Energy

Das beantragte Gesamtbudget für Energieprogramme des DOE im Haushaltsjahr 2005 beläuft sich auf insgesamt knapp 2,5 Mrd. US\$⁵³. Diese Summe orientiert sich an den Vorgaben der *Presidents National Energy Policy* und der dort formulierten Fokussierung der Energieoptionen. Etwa 50% des Gesamtbudgets der Energieprogramme werden für die Bereiche Energieeffizienz und erneuerbare Energien (*energy efficiency and renewable energy programs*) aufgewandt und von thematisch orientierten *Offices* verwaltet. In Tab. 5-2 ist die Entwicklung des Gesamtbudgets sowie der Verteilung auf die einzelnen *Offices* vom Amtsantritt Präsident Bushs im Jahre 2001 bis zum kommenden Jahr 2005 gezeigt.

Demnach sind die Ausgaben des DoE kontinuierlich angestiegen. Mit dem Haushalt, der für 2005 verabschiedet worden ist, ist der höchste Stand seit Amtsantritt erreicht. Der Zuwachs gegenüber 2004 beträgt 4%, gegenüber 2001 sogar 27%. Eine detailliertere Auflistung der Ausgaben gibt Tab. 5-3 auf der folgenden Seite⁵⁴.

Tab. 5-2 Übersicht über das DoE- Budget von 2001 bis 2005

(Angaben in 1000\$)	FY 2001	FY 2002	FY 2003	FY 2004	FY 2005
Total DoE Budget	20.202.520	21.334.811	22.215.311	23.280.028	24.319.403
Total Energy	2.190.694	2.456.955	2.463.663	2.525.769	2.480.115
EERE	1.129.101	1.231.180	1.202.326	1.235.478	1.250.745
Fossil Energy	733.294	861.151	797.512	804.653	728.899
Electric System	51.194	70.696	88.384	80.818	90.880
Nuclear Energy	277.105	293.928	375.441	404.820	409.591

⁵³ Der Vorschlag wurde Anfang Mai 2004 im Kongress beraten und mit einigen Änderungen angenommen. Eine Überprüfung der aktuellen Version war im Rahmen dieses Projekts nicht mehr möglich, die hier dargestellte Grundaussagen zu Schwerpunkten und Förderdimensionen bleibt jedoch weiterhin gültig.

⁵⁴ US Department of Energy (US DOE): Department of Energy – FY 2005 Congressional Budget Request, Budget Highlights, DOE/ME-0039, Office of Management, Budget and Evaluation/CFO, Februar 2004

5.3.1 Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE)

Das *Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE)* orientiert seine Forschungsplanung an folgenden strategische Zielen:

- Beschleunigung der Entwicklung von energieeffizienten Technologien und Produktionsverfahren, um die Verfügbarkeit von Energieoptionen zu erhöhen und bis zum Jahre 2020 (im Vergleich zum Jahr 2000) den Ölverbrauch der USA um 25%, den Gesamtenergieverbrauch um 32% und den Bedarf nach zusätzlichen Kapazitäten zur Stromerzeugung um weitere 10% (bis 2020) zu reduzieren. Insbesondere die *President's Fuel Cell Initiative* wird im Vergleich zu den Vorjahren verstärkt gefördert.
- öffentliche und private Akteursnetzwerke sollen genutzt werden, um umweltfreundlichere, zuverlässigere und preiswertere Energietechnologien in den Markt einzuführen. Dabei soll der Anteil erneuerbarer Energien um 10% steigen und bis zum Jahr 2020 12% des Elektrizitätsbedarfs der USA decken.
- Durch die Zusammenarbeit von Bundesbehörden und bundesstaatlichen Einrichtungen im Bereich Gebäudesanierung sollen im Kalenderjahr 2005 mindestens 119.000 Familien mit niedrigen Einkommen durch eine Senkung ihrer Energiekosten entlastet werden.

Tab. 5-3: Übersicht der Schwerpunkte des beantragten Budgets 2005 des US DOE

Energy, Science and Environment	FY 2003 ¹	FY 2004 ¹	FY 2005 Request Congress	FY 2005 vs. FY 2004	FY 2005 vs. FY 2004 in %
Energy Efficiency & Renewable Energy	1.202.326	1.235.478	1.250.745	+15.267	+1,24
Renewable Energy Resources, davon	322.150	357.494	374.812	+17.318	+4,84
Renewable energy technologies	280.772	323.578	321.654	-1.924	-0,59
- Biomass and Biorefinery R&D	85.283	86.471	72.596	-13.875	-16,05
- Geothermal technology development	28.390	25.508	25.800	+292	1+,14
- Hydrogen research	38.113	81.991	95.325	+13.334	+16,26
- Hydropower	5.016	4.905	6.000	+1.095	+22,32
- Solar energy	82.330	83.393	80.333	-3.060	-3,67
- Wind energy systems	41.640	41.310	41.600	+290	+0,70
Facilities & Infrastructure	5.297	12.950	11.480	-1.470	-11,35
intergovernmental activities & departmental energy	15.894	16.683	17.967	+1.284	+7,70
Energy Conservation, davon	880.176	877.984	875.933	-2.051	-0,23
Building technology, state and community sector	432.536	429.501	475.431	+45.930	+10,69
- building technologies	58.327	59.866	58.284	-1.582	-2,64
- Weatherization & intergov. activities	314.155	308.612	364.067	+55.455	+17,97
- Distributed energy resources	60.054	61.023	53.080	-7.943	-13,02
Biomass and Biorefinery R&D	24.050	7.506	8.680	+1.174	+15,64
Federal energy management program	19.299	19.716	17.900	-1.816	-9,21
Fuel Cell technologies	53.906	65.187	77.500	+12.313	+18,89
Industrial technologies	96.824	93.068	58.102	-34.966	-37,57
Vehicle technologies	174.171	178.002	156.656	-21.346	-11,99
Program management	76.950	85.004	81.664	-3.340	-3,93
Fossil Energy	797.512	804.653	728.899	-75.754	-9,41
Fossil Energy R&D	611.149	672.771	635.799	-36.972	-5,50
Coal and other power systems	400.622	450.484	470.000	+19.516	+4,33
- President's Coal Research Initiative	338.588	378.383	447.000	+68.617	+18,13
- Other Power systems	62.034	72.101	23.000	-49.101	-68,10
Natural gas technologies	45.860	42.994	26.000	-16.994	-39,53
Petroleum – Oil technology	40.983	35.078	15.000	-20.078	-57,24
Electric Transmission and Distribution	88.384	80.818	90.880	+10.062	+12,45
Nuclear Energy Science & Technology	375.441	404.820	409.591	+4.771	+1,18

Energy, Science and Environment	FY 2003 ¹	FY 2004 ¹	FY 2005 Request Congress	FY 2005 vs. FY 2004	FY 2005 vs. FY 2004 in %
Total Energy	2.463.663	2.525.769	2.480.115	-45.654	-1,81

¹Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden im DOE Bericht die Angaben von 2001 und 2002 der Struktur der Planung für 2003 angepasst und einzelne Haushaltsposten entsprechend umgruppiert

5.3.1.1 Renewable Energy Resources Programm

Das Budget für das *Renewable Energy Resources Programm* des EERE im Haushaltsjahr 2005 ist mit einem Gesamtvolumen von mehr als 374 Mio. US\$ knapp dreimal so groß wie die Summe aller Mittel des ZiP-Programms im Zeitraum von 2002-2004. Die einzelnen Posten setzen sich wie folgt zusammen:

- Auf den Bereich **Biomasse und Raffinerie von Biogasen** entfallen im Haushaltsjahr 2005 insgesamt 72 Mio.\$. Das sind insgesamt 13,8 Mio.\$ weniger als im Haushaltsjahr zuvor. Damit setzt sich seit dem Jahr 2002 ein Trend fort. Die Senkung des Budgets resultiert aus einem Rückgang der Förderung von kleinen, modularen Anlagen und der damit reduzierten Anzahl an Demoanlagen sowie einer Diskontinuität der Förderung durch den Kongress. Maßnahmen zur Kostenreduzierung bei der Fermentation von Biomasse werden dagegen leicht verstärkt gefördert. Die Integration von Biogasanlagen in den industriellen Sektor wird vom *Office of Energy Conservation* übernommen.
- Die Forschung im Bereich **Wasserstoff** erfährt seit dem Jahr 2003 im Rahmen der *President's Hydrogen Fuel Initiative* eine kontinuierliche Erhöhung des Budgets von anfänglich 38 Mio.\$ auf 81,9 Mio.\$ im Jahre 2004 und eine weitere Erhöhung auf 95 Mio.\$ im Haushaltsjahr 2005. Diese Erhöhung des Budgets kommt in erster Linie der Systemanalyse von Herstellungsverfahren von Wasserstoff, auch auf regenerativer Basis, und der Erforschung von Speichertechnologien im Bereich der Flüssigtanks zugute. Im Bereich der Optimierung von Brennstoffzellentechnologien ist dagegen ein leichter Rückgang zu verzeichnen.
- Für die Anwendungen im Bereich **Wasserkraft** wird das Budget (6 Mio.\$) um etwas mehr als eine Mio.\$ im Vergleich zum Vorjahr aufgestockt. Mit diesen Mitteln sollen Tests mit großen Turbinen vorangetrieben werden, mit dem Ziel die vorhandenen Technologien effizienter und umweltfreundlicher zu gestalten.
- Im Bereich der **Solarenergie** reduziert sich das Budget im Vergleich zum Vorjahr um insgesamt 3 Mio.\$ auf 80,3 Mio.\$. Die Ausgaben für konzentrierende Solarspiegel werden im nächsten Haushaltsjahr ausgesetzt, während neue Technologien untersucht und eine neue Vorgehensweise im Bereich der Solarenergienutzung erarbeitet werden soll.
- Der Anteil des Budget für **Windenergie** steigt 2005 im Vergleich zum Vorjahr um 0,7% auf 41,6 Mio.\$. Der Schwerpunkt in diesem Bereich wird auf die Entwicklung von effizienten und kostengünstigen Windanlagen gesetzt, die in Regionen mit geringen Windgeschwindigkeiten effizient arbeiten.

5.3.1.2 Energy Conversation Programm

Ziel des *Energy Conservation Programms* des EERE ist die Entwicklung von kostengünstigen, effizienten, zuverlässigen und sauberen Technologien, welche in den energieintensivsten Bereichen der US-Wirtschaft eingesetzt werden können (Gebäude, Industrie, Transport, Energieerzeugung). Die wesentliche Akzente im Haushaltsjahr 2005 werde wie folgt gesetzt:

- Der Bereich **Building Technology, State and Community** arbeitet in Kooperation mit der Industrie und der Regierung daran, die Entwicklung, die Markteinführung und die Integration effizienter, zuverlässiger Technologien in den Gebäudebereich zu beschleunigen. Er wird im Vergleich zum Vorjahr um insgesamt 10% (45,9 Mio \$) auf insgesamt 475 Mio.\$ aufgestockt. Der Zuwachs soll in erster Linie das *Weatherization Assistance Programm* verstärken, welches Haushalte mit niedrigen Einkommen bei der Gebäudesanierung und Wärmedämmung unterstützt.
- Die Integration von **Bioraffinerien** in industrielle Anlagen wird im Haushaltsjahr 2005 mit 8,6 Mio.\$ (+1,1 Mio.\$) leicht verstärkt gefördert. Weitere Schwerpunkte sind die Reduzierung von Prozessenergie und damit eine Kostensenkung.
- Das **Federal Energy Management Programm** adressiert den Energieverbrauch der öffentlichen Einrichtungen und den Bundesbauten. Es erfährt im Haushaltsjahr 2005 eine Kürzung um 1,8 Mio.\$ auf 17,9 Mio.\$
- Die Senkung des Budgets für den **industriellen Sektor** um 34,9 Mio.\$ im Vergleich zum Vorjahr auf 58 Mio.\$ beruht auf der Beendigung verschiedener Projekte im Verlauf der Haushaltsjahres 2005. Im Anschluss werden neue Förderungen an Industriebetriebe vergeben, die sich mit Vorhaben zur Steigerung ihrer Energieeffizienz bewerben.
- Im Bereich der **Fahrzeugtechnologie** werden Forschung bezüglich Hybridfahrzeugen einschließlich fortschrittlicher Batteriesysteme und der Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren gefördert. Die Hybrid bezogenen Projekte werden im Vergleich zum Vorjahr verstärkt gefördert, obwohl dem gesamte Bereich mit nur 156 Mio.\$ weniger Geld (- 21 Mio.\$) zur Verfügung steht. Die Kürzungen entstehen wie im industriellen Sektor zum Teil durch die Beendigung von Forschungsvorhaben im Vorjahr sowie durch eine Verlagerung der Förderung von Brennstoffzellentechnologien.
- Die Förderung von **Brennstoffzellentechnologien** wird im Haushaltsjahr 2005 um 12 Mio.\$ auf 77,5 Mio.\$ erhöht. In diesem Sektor werden sowohl die bereits erwähnte *President's Hydrogen Fuel Initiative* als auch das *FreedomCar-Project* unterstützt. Diese Initiative in einer neu gegründeten Kooperation mit der Autoindustrie konzentriert sich auf die Entwicklung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen und der dafür notwendigen Wasserstoffinfrastruktur.

5.3.2 Office for Fossil Energy

Das *Fossil Energy (FE) Research and Development Program* soll zu dem strategischen Ziel weiterhin relativ niedriger Preise der fossilen Energiegewinnung beitragen und dazu Umweltschutz und die allgemeine Energieversorgungssicherheit stärken:

- Die Sicherung der Stromerzeugung aus heimischen fossilen Energieträgern soll mit dem Ziel verfolgt werden, *Zero-Emissions Power Plants* zu entwickeln, die einen flexiblen Brennstoffeinsatz zulassen, einen multi-product-output liefern und einen Wirkungsgrad von 60% (Kohle) bzw. 75% mit Erdgas überschreiten. Bis zum Jahr 2012 sollen die Emissionen von Treibhausgasen um 18% reduziert werden.
- Bis 2010 soll die heimische Ölförderung um 1 Mio. barrels/Tag sowie die Gasförderung um 2 TCF zu steigern.

Die wesentlichen thematischen Schwerpunkte des *Fossil Energy Research and Development Program* sind:

- In der **Presidents` s Coal Research Initiative** werden die vorhandenen Aktivitäten *Clean Coal Power Initiative (CCPI)/FutureGen*, und das *Coal Research and Technology Program* zusammengeführt. Die Initiative soll für den Bereich der Kohleforschung im kommenden Jahr insgesamt 447 Mio.\$ zur Verfügung stellen. Den kontinuierlichen Anstieg des Budgets seit dem Jahr 2001 zeigt .

Tab. 5-4 Übersicht über das Budget des *Fossil Energy Research & Development Program* von 2001 bis 2005

(Angaben in 1000\$)	FY 2001	FY 2002	FY 2003	FY 2004	FY 2005
President`s Coal Initiative	268.277	338.377	338.588	378.383	447.000
Coal Research & Technology	51.274	58.124	62.034	72.101	23.000
Total	319.551	396.501	400.622	450.484	470.000

Innerhalb der Kohleforschung werden folgende Änderungen beantragt:

- Der Bereich Central Systems orientiert sich an bereits vorhandenen Anlagen und soll durch konsequente Weiterentwicklung im Bereich der Effizienz und Umweltverträglichkeit die Möglichkeit bieten, sich einer langfristigen Perspektive der *near zero emission level* Stromerzeugung anzunähern. Für das Jahr 2005 werden insbesondere für Abgasreinigungsverfahren und Wasserstoffturbinen 64,5 Mio.\$ beantragt (-25,4 Mio.\$ ggü. 2004).
- Besondere Bedeutung gewinnt der Bereich CO₂ Entsorgung (Sequestration), dessen Aufwendungen um 8,7 Mio.\$ auf 49 Mio.\$ ansteigen sollen.
- Advanced Research befasst sich in erster Linie mit Grundlagenforschung im Bereich hocheffizienter Kohlenutzung und soll u.a. dazu dienen, umweltschonende, technisch weiterentwickelte und ökonomisch rentable Anlagen für den Export bereitzustellen.

Aufgrund einer Verlagerung der Förderung in das *FutureGen Program* werden 2005 nur 30,5 Mio.\$ gegenüber 38,2 Mio.\$ in 2004 bereitgestellt.

- Im Bereich **Other Power Systems** sind Themen zu dezentralen und neuen Energiesysteme zusammengefasst. Das Budget soll hier um 49,1 Mio.\$ auf 23 Mio.\$ sinken, wobei insbesondere die Aufwendungen für dezentrale Erzeugung und stationäre Brennstoffzellen (*Distributed Generation*) um gut 48 Mio.\$ zurückgehen sollen. Das *U.S./China Energy and Environmental Center* wird aufgrund fehlender neuer Aktivitäten im Jahr 2005 nicht mehr gefördert.
- Im Bereich der **Natural Gas Technologies** soll die Nutzung der vorhandenen Gasressourcen gesichert und optimiert werden und Gashydrate als neue Energieträger erforscht werden. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung der Sicherheit von flüssigem Erdgas LNG. Es sollen im Jahr 2005 26 Mio.\$ zur Verfügung gestellt werden, was einer Reduzierung von 17 Mio.\$ gegenüber dem Etat von 2004 entspricht.
- Das **Öl/Petroleum Programm** soll in erster Linie dem umweltverträglichen Ausbau der heimischen Ölförderung dienen und auf diesem Weg die Energieversorgungssicherheit der USA stärken. Mit insgesamt 15 Mio.\$ sind hier gut 20 Mio.\$ weniger angesetzt als in 2004.

5.3.3 Office for Electric Transmission and Distribution

Nach dem großflächigen Stromausfall im August 2003 sollen die Investitionen in das öffentliche Stromnetz erhöht werden. Zu diesem Zweck ist das *Electric Transmission and Distribution program* (ETD) gebildet worden. In den Haushalten früherer Jahre ist dieser Bereich in die Zuständigkeit des *EERE* gefallen. Für das Jahr 2005 sollen 90,9 Mio.\$ (+10,6 Mio.\$) zur Verfügung stehen. Es werden folgende Bereiche berücksichtigt:

- Forschung und Entwicklung, hier sind u.a. die Unterpunkte der Verteilung und Speicherung von elektrischem Strom, der Betriebssicherheit des Netzes sowie der Hochtemperatursupraleitung zu nennen. Der wesentlich größere Anteil des Budgets, 75 Mio.\$, wird für die F&E eingesetzt.
- Für die Sanierung des bestehenden Netzes wird mit 5 Mio.\$ verhältnismäßig wenig Geld bereitgestellt.

5.3.4 Technology Roadmapping als methodische Grundlage der strategischen Forschungsplanung in den USA

Als ein herausragendes Merkmal der amerikanischen Forschungsplanung kann das Instrument des **Roadmappings** herausgestellt werden, in dessen Rahmen die Industrie und Marktakteure von Anfang an in die Zielfindung und Programmplanung einbezogen werden. Das Konzept reagiert auf die als unbefriedigend empfundenen Ergebnisse der letzten Dekaden und soll im Rahmen einer public-private-partnership sicherstellen, dass keine F&E mehr ohne Industriebeteiligung stattfindet. Die Grundidee des Roadmapping ist, dass die Formulierung von Forschungsfragen sowie deren Priorisierung und die

Ableitung von Programmbausteinen in einem moderierten Diskussionsprozess im Rahmen von politisch definierten Oberzielen erfolgt. Die formalisierte Vorgehensweise erfordert eine professionelle Moderation und entsprechende organisatorische Kapazitäten, so dass je nach Themengebiet Kosten von ca. 200.000-400.000 \$ anfallen können.

Der typische Prozess enthält eine mittel- bis langfristige Zielfindung (zur Zeit meist *Vision 2020*), wodurch ein gemeinsames Zielgerüst etabliert wird, das kommerzielle und gesellschaftliche Interessen vereint. Diese Zielvorgabe wird ergänzt durch eine präzisierende Programmdefinition (sog. *technology oder R&D Roadmap*), die durch backcasting aus der Vision abgeleitet wird. Der Arbeitsplan ist in der Regel stufenweise aufgebaut und wird - meist über 10 Jahre – aktualisiert und fortgeschrieben. Durch eine präzise Definition von (quantitativen) Zwischenzielen und Zeitplänen sowie der damit verbundenen regelmäßigen Evaluation kann der Fortschritt zeitnah verfolgt werden. Dies hat wesentlich zur Bildung von Vertrauen zwischen den Partner beigetragen.

Durch die Kombination eines partizipativen Prozesses zur Zieldefinition mit einer schrittweise aufgebauten, an Zwischenzielen orientierten Arbeitplanung verspricht das Konzept des Roadmappings, einen interessanten Beitrag zur strategischen Forschungsplanung in NRW und Deutschland zu leisten. In verschiedenen Themengebieten werden hierzu erste Erfahrungen gesammelt wie z.B. die Initiative des BMBF zur Nachhaltigen Entwicklung von IuK Technologien. In NRW ergeben sich insbesondere aufgrund des diskursiven Charakters des Prozesses eine Reihe von Anknüpfungspunkte im Rahmen der Landesinitiative. Hier könnte eine stärkere strategische Ausrichtung und systemorientierte Einbettung der Projekte in eine Gesamtstrategie zur Leistungssteigerung beitragen (vgl. Kap. 6).

5.4 Energieforschung in Japan

Im Zuge der Strukturreform der japanischen Regierung im Jahre 2001 wurde der *Council for Science and Technology Policies* (CSTP) gebildet. Seine Kompetenz liegt in der Koordination der politischen Entscheidung über die Forschungsprogramme der einzelnen Ministerien. Diese werden nun zunächst vom CSTP bewertet. Dementsprechend erfolgt die Zuteilung der Budgets.

Die staatliche Energieforschung in Japan ist teils beim *Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology* (MEXT), teils beim *Ministry of Economy Trade and Industry* (METI) angesiedelt. Dabei ist der Bereich der Kerntechnik auf beide Ministerien aufgeteilt. Die kerntechnische Forschung, die ca. 80% der öffentlichen F&E darstellt, wird überwiegend über das MEXT gefördert, während das METI für den Betrieb und die Sicherheit der bestehenden Atomkraftwerke verantwortlich ist. Forschungsprogramme bezüglich der Steigerung der Energieeffizienz, der Reduzierung von Treibhausgasen und der Diversifizierung der Energiequellen, also insbesondere der Erschließung erneuerbarer Energien, sind bei der dem METI untergeordneten *Agency of Agency of Industrial Science and Technology* (AIST) angesiedelt. Hier ist vor allem das **New Sunshine Programe** zur Förderung neuer Energiequellen zu nennen. Zur administrativen Umsetzung dienen die **New Energy and Industrial Technology**

Organization (NEDO - Forschungskoordination)⁵⁵ und die **New Energy Foundation** (NEF - Förderkoordination)⁵⁶.

Politischer Rahmen und strategische Ziele

Die japanische Energieforschung reflektiert mit den beiden Standbeinen nukleare und regenerative Energie die Suche des Landes nach Wegen aus der Importabhängigkeit bei der Energieversorgung (80% des Primärenergieeinsatzes und 99,8% des Ölverbrauchs). Im Bereich der erneuerbaren Energien wurden dabei sehr ehrgeizige Ziele gesetzt, um den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung zu erhöhen (Tab. 5.3).

Der politischen Rahmen für die Umsetzung von Maßnahmen im Bereich neuer Energietechniken wird durch vier Regelungen gebildet:

- Die *Basic Guideline for New Energy Introduction* (1994) definiert das Ziel, bis zum Jahr 2010 einen Anteil der erneuerbaren Energien von 3% des Primärenergieverbrauchs zu erreichen.
- Der *Action Plan "Development of an Environment Favourable to New Business Activities"* (1997) soll in der Zeit bis 2010 die Bedingungen für neue Unternehmen und Märkte in 15 Sektoren verbessern, darunter auch der Bereich neuer Energien.
- Das Gesetz zu "*Special Measures for Promotion of the Utilization of New Energy*" (1997) schafft den Rechtsrahmen für öffentliche und private Förderaktivitäten, die von der NEF umgesetzt und koordiniert werden.
- Der *Science and Technology Basic Plan 2001-2005* stützt sich auf das 1996 verabschiedete gleichnamige Gesetz, das verabschiedet worden war, um Japan aus seiner Wirtschaftskrise in den frühen Neunzigerjahren zu führen. Ziel ist eine generelle Verbesserung der Forschung in Japan, die gestrafft werden sollte, um wieder neue Impulse für die Gesellschaft zu liefern. Unter dem Aspekt der Energieforschung werden Brennstoffzellen und neue Energien, sowie die Kernfusion und nukleare Technologien genannt.

⁵⁵ New Energy and Industrial Technology Development Organisation (NEDO), www.nedo.or.jp

⁵⁶ New Energy Foundation (NEF), www.nef.or.jp

Tab. 5-5: Perspektiven und Zielsetzungen der japanischen Energieversorgung bis zum Jahr 2010

Supply Side Energy Outlook	FY 1999 Actual result		FY 2010 Prospect / Target				2010/ 1999 approx
	Crude oil equivalent (million lit.)	Generation capacity (MW)	New BAU case		New policy case		
Crude oil equivalent (million lit.)			Generation capacity (MW)	Crude oil equivalent (million lit.)	Generation capacity (MW)	Crude oil equivalent (million lit.)	Generation capacity (MW)
Power Generation							
PV power generation	53	209	620	2.540	1.180	4.820	23:1
Wind power generation	35	83	320	780	1.340	3.000	38:1
Waste power generation	1.150	900	2.080	1.750	5.520	4.170	5:1
Biomass	54	80	130	160	340	330	6:1
Heat Utilization							
Solar heat	980	-	720	-	4.390	-	4:1
Untapped energy	41	-	93	-	580	-	14:1
Waste	44	-	44	-	140	-	3:1
Biomass		-	-	-	670	-	-
Black liquor & waste materials*	4.570	-	4.790	-	4.940	-	1.1:1
Total supply of new energy (Share in TPES**)	6.930 (1.2%)	-	8.780 (1.4%)	-	19.100 (ca. 3%)	-	3:1
Demand- Side New Energy Outlook							
Clean energy vehicle***	65.0000 units		890.000 units		3.48 million units		53.5:1
Natural gas cogeneration****	1.520 MW		3.440 MW		4.640 MW		3.1:1
Fuell cell	12 MW		40 MW		2.200 MW		183:1

* In Biomasse umgerechnet, teilweise unter Biomasse enthalten

** TPES= Total Primary Energy Supply – gesamter Primärenergieverbrauch

*** Inkl. der Fahrzeuge mit neuen Antriebstechniken (Electricity, fuel cell, hybrid, methanol and LP gas)

**** Inkl. der KWK mit stationären Brennstoffzellen

5.5 Forschungsaktivitäten in den Niederlanden, Schweiz, Österreich und Dänemark

Neben der Analyse der großen Technationen können interessante Informationen auch von Ländern erwartet werden, die in Größe und Wirtschaftskraft mit NRW vergleichbar sind. Ein erster Vergleich zeigt, dass sich hier eine Reihe von interessanten Forschungsaktivitäten herausgebildet hat, die in Zukunft stärker als bisher in systemorientierte Aufgabenstellungen eingebunden werden sollen. Im folgenden werden die Schwerpunkte der ausgewählten Ländern exemplarisch skizziert, um darüber eine erste Positionsbestimmung der Energieforschung in NRW zu ermöglichen:

- Mit der Übernahme der Strategie zur Energieforschung (Energie Onderzoek Strategie, EOS) im Dezember 2001 ist die Linie der Energieforschung in den **Niederlanden** festgelegt worden. An dem Projekt beteiligt sind u.a. das Wirtschafts-, Umwelt-, Transport- sowie das Bildungsministerium⁵⁷. Das letztere sorgt für eine Unterverteilung der Mittel auf die Universitäten. Hinzu kommen noch die beiden Forschungszentren ECN und TNO, gefördert durch das Wirtschafts- und Umweltministerium sowie private Einrichtungen, insbesondere der Energiewirtschaft (KEMA, Gastec, Gasunie Research). Im Vordergrund der stattlichen Förderung stehen Projekte, welche die Einführung einer nachhaltigen Energiewirtschaft vorantreiben und zu denen die Niederlande international einen wesentlichen Beitrag leisten können. Im Jahre 2001 wurden 140 Mio. Euro an öffentlichen Geldern für die Energieforschung bereitgestellt. Davon entfällt der größte Anteil mit 41% auf die Steigerung der Energieeffizienz, insbesondere in den Bereichen Industrie, Gebäude und Transport. Für die Forschung an Erneuerbaren Energien, wie Solar- und Windenergie sowie Biomasse wurde mit 27,8% knapp ein Drittel des Budgets ausgegeben, 10% entfielen auf die Kernenergie. Eine aktuelle Übersicht über Programmschwerpunkte und Budgets ist in EOS 2 ausschließlich in holländischer Sprache verfügbar.
- Die Energieforschung der **Schweiz** stützt sich auf die bundesrätliche "Botschaft über die Förderung von Bildung, Forschung und Technologie 2004 bis 2007" (BFT-Botschaft), das durch die *Commission federale pour la Recherche Energetique* (CORE) als Forum von Experten aus Forschung, Politik und Industrie erarbeitet wurde. Die Förderung konzentriert sich in erster Linie auf anwendungsorientierte Forschung, d.h. die Ergebnisse sollen sich in einem konkreten Produkt oder Verfahren niederschlagen. Pilot- und Demonstrationsprojekte sind deshalb ein unverzichtbare Bestandteil der Förderung. Inhaltliche Schwerpunkte sind neben der rationellen Energienutzung (Gebäude, Verkehr, Stromanwendungen) vor allem die regenerativen Energien (Kleinwasserkraftwerke, Biomasse, insbesondere Holz, sowie Photovoltaik, Solarthermie und Geothermie). Bis zum Jahr 2007 sollen 213 Mio. Franken⁵⁸ (+ 20 % gegenüber 2001) für die Energieforschung zur Verfügung stehen. Davon entfällt der Hauptanteil mit 38 % auf den Bereich der erneuerbaren Energien.
- Die traditionellen Forschungsschwerpunkte in **Österreich** liegen in den Bereichen der Solarthermie, Biomassenutzung und Gebäude. Die Projekte zeigen starke Anwendungsorientierung im Sinne einer Diffusions- und Markttransformationsförderung. Bei der gegenwärtigen Neuorientierung zeichnet sich ab, dass in Zukunft verstärkt auf ganzheitliche und technikübergreifende Problemlösungen abgezielt wird. Das Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften⁵⁹ - at:sd (at:sd steht für: Austrian Program on Technologies for Sustainable Development) soll als Forschungs- und Technologieprogramm einen Umstrukturierungsprozeß in Richtung einer ökoeffizienten Wirtschaftsweise unterstützen. Die Programmlinien "Haus der Zukunft" , "Fabrik der Zukunft" und "Energiesysteme der Zukunft" nähern sich diesem nachhaltigkeitsorientierten Ziel unter thematisch verschiedenen Blickwinkeln: dem Gebäudebereich, der Güterproduktion und der Energienutzung. Die Förderung erfolgt

⁵⁷ Wirtschaftsministerium: www.minez.nl, Umweltministerium: www.minvrom.nl, Finanzministerium: www.ez.nl

⁵⁸ entspricht etwa 137 Mio. Euro

⁵⁹ www.nachhaltigwirtschaften.at

für Projektanträgen, die im Rahmen verschiedener Ausschreibungen ausgewählt werden. Seit dem Programmbeginn im Jahre 1999 wurden für das „Haus der Zukunft“ während vier Ausschreibungen insgesamt knapp 100 Projekte mit 11 Mio. Euro gefördert. Die Schwerpunkte des Programms betreffen solares und energieeffizientes Bauen. Die Nutzung regenerativer Energien und nachwachsender Rohstoffe, sowie die Steigerung der Energieeffizienz und die Reduzierung von Abfällen und Emissionen wird auch in der „Fabrik der Zukunft“ gefördert. Das Programm „Energiesysteme der Zukunft“ richtet sich dagegen weniger an den Einzelnen. Für nur 31 ausgewählten Projekten in zwei Ausschreibungen wird mit 16 Mio. Euro die größte Förderungssumme aufgebracht.

- Die Energieforschung in **Dänemark** baut auf der eher grundlagenorientierten Forschung in Forschungszentren und Universitäten sowie einer Reihe von Projekten auf, die durch die Energieversorgungsunternehmen bzw. Netzbetreiber (z.B. ELTRA; ELKRAFTSYSTEM, ELFOR) gefördert oder durch internationale Aktivitäten (EU, IEA, Nordic Council of Ministers) finanziert werden. Das zentrale öffentliche Forschungsprogramme *Energy Research Programme* (ERP) stellt ca. ein Viertel der Finanzierung zur Verfügung. Im ERP liegen die Schwerpunkte auf Forschungsarbeiten zu den Erneuerbaren Energien und zur Energieeffizienz. Im kommenden Haushaltsjahr 2004 wird ein Budget von etwa 9,5 Mio. Euro erwartet. Nach dem Regierungswechsel und dem Amtsantritt der konservativen Regierung im Januar 2002 ist es zu massiven Kürzungen bei der Förderung der erneuerbaren Energien gekommen. Im Zuge dessen ist das *Development Programme for Renewable Energy* (DPRE), das vorrangig die Entwicklung von Wind, Biomasse und Solarenergie gefördert hat, geschlossen worden. Dänemark hat damit seinen Status als Vorreiter im Ausbau der Windenergienutzung verloren.

5.6 Schlussfolgerungen zur Positionierung der untersuchten Schlüsseltechnologien im internationalen Vergleich

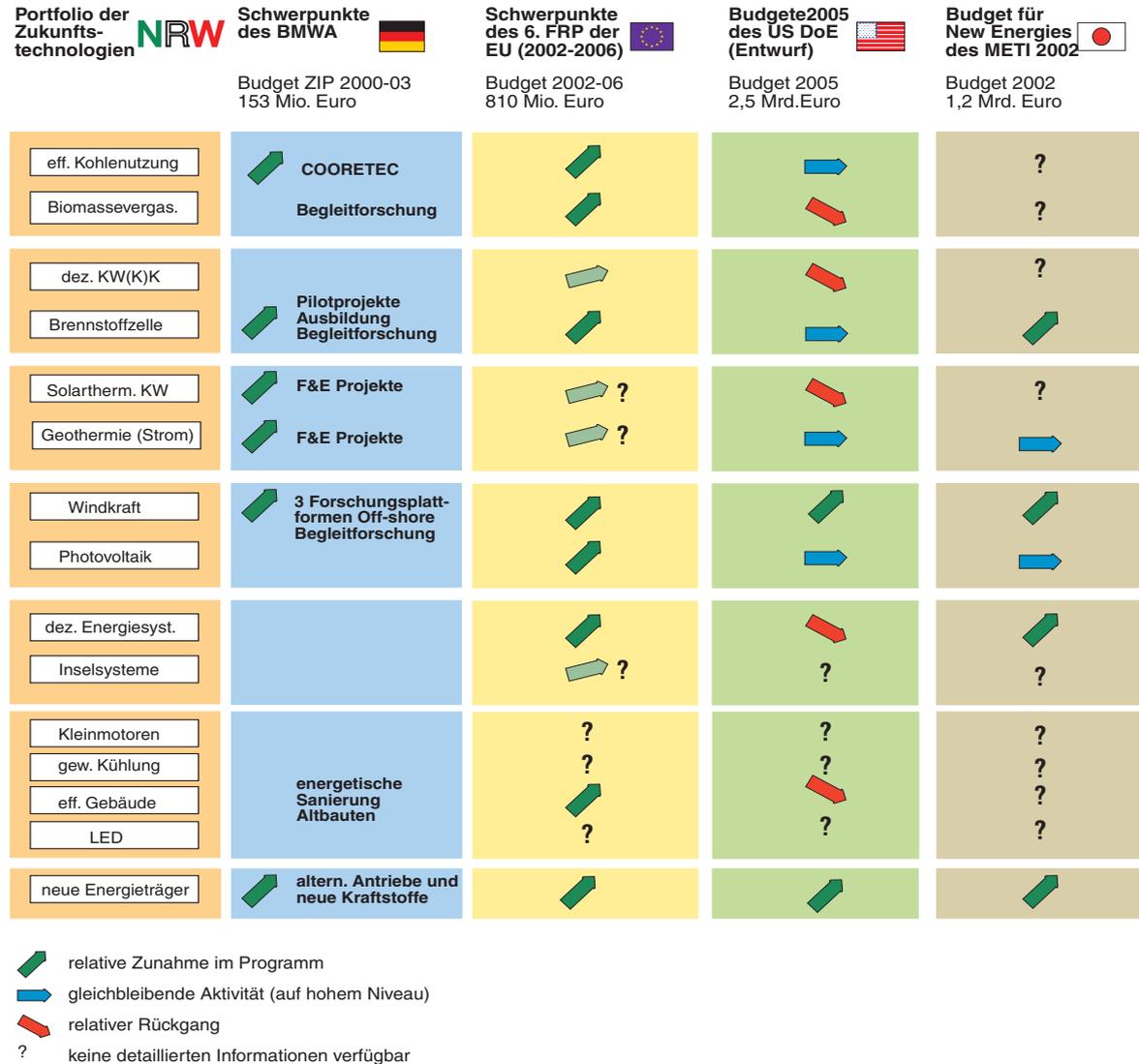
Das für NRW identifizierte Portfolio der Schlüsseltechniken umfasst Technologieoptionen, die meist auch in internationalen Förderprogrammen einen Schwerpunkt bilden. Der untersuchte Technologiemix kann damit für NRW als wichtigste Ergänzung der Aktivitäten des Bundes, der EU und der USA gesehen werden. Er bietet eine adäquate Grundlage für die zukünftige Forschungs- und Technologiepolitik des Landes. Aus dem Vergleich der aktuellen Programmplanungen lassen sich dabei folgende Schlussfolgerungen für diese Untersuchung und die künftige Forschungsstrategie in NRW ableiten (Abb. 5.4):

- Gemeinsame Schwerpunkte werden in allen Ländern in den Bereichen **Photovoltaik**, **Windenergie**, **effiziente Kohlenutzung**, bei der Förderung der **Brennstoffzelle** (stationär und mobil) sowie der Nutzung **alternativer Kraftstoffe** und der **Wasserstofftechnologie** gesetzt. Diese Bereiche wurden im Rahmen dieser Untersuchung als Schlüsseltechnologie vertieft analysiert und es hat sich gezeigt, dass NRW hier gut positioniert ist, um an der weiteren Entwicklung teilzuhaben. Im direkten Vergleich der Budgets wird jedoch deutlich, dass in den USA und Japan z.B. bei Brennstoffzellen wesentlich größere Mittel zur Verfügung stehen. Die hier aufgeführten Budgets des DOE werden zudem durch eine Reihe von weiteren Aktivitäten ergänzt. Dazu zählen z.B. die Programme des US-Verteidigungs-

ministeriums DOD in denen traditionell eine Vielzahl von Maßnahmen über die Wehrforschung finanziert wird. Dies betrifft z.B. auch umfangreiche Pilotversuche mit Brennstoffzellen im mobilen, stationären und portablen Anwendungen. Gemessen an diesem Potenzial ist für NRW naturgemäß ein gleichrangiger Wettbewerb nicht möglich. Der Fokus muss vielmehr auf einer intelligenten Abgrenzung bzw. dem Ausbau des eigenen Know-how Vorsprungs in den jeweiligen Teilgebieten liegen, ohne die Möglichkeit der Forschungs Kooperation mit ausländischen Partnern zu vernachlässigen. Die Positionierung im Rahmen von EU Initiativen wie z.B. der Technologieplattform zu Wasserstoff und Brennstoffzellen kann hier einen wichtigen Beitrag leisten.

- Insgesamt kann festgehalten werden, dass das Portfolio dem Forschungsprofil in Europa und den im 6. FRP angelegten Schwerpunkten gut entspricht. Unterschiede zwischen Deutschland und Europa einerseits und den USA andererseits zeigen sich dabei bei den **dezentralen Energietechniken**. Stärker als in Amerika wird in Europa die effiziente Energienutzung in KWK-Anlagen gefördert. Auch haben Maßnahmen zur Integration dezentraler Energiequellen allgemein in die Energiesysteme und die **Gestaltung der zukünftigen Energieinfrastrukturen in Europa** ein stärkeres Gewicht. In Verbindung mit den politischen Rahmenbedingungen ist damit der Markt für innovative Lösungen in Europa weiter entwickelt, während gerade bei den Infrastrukturen in den USA großer Nachholbedarf besteht. Hier liegt dadurch ein besonderer Wettbewerbsvorteil gegenüber den USA, der auch von NRW aktiv genutzt werden kann.
- Ein neuer Förderschwerpunkt wurde in Deutschland im Bereich **solarthermischer** und **geothermischer Kraftwerke** durch das ZiP-Programm geschaffen. Diese Technologien sind als erneuerbare Energien grundsätzlich mit dem 6. FRP kompatibel, ohne jedoch einen expliziten Schwerpunkt zu bilden. Es lässt sich deshalb z.Zt nicht absehen, inwieweit diese Technologien tatsächlich durch das 6. FRP profitieren werden. Angesicht der günstigen Ausgangslage in Deutschland und auch NRW im Bezug auf solarthermische Kraftwerke und den tendenziell rückläufigen Aktivitäten in den USA besteht hier die Chance, die deutsche Position bei zwei Zukunftstechnologien mit langfristig bedeutsamer Perspektive zu stärken.

Abb. 5-5: Darstellung der Entwicklungstendenzen der (künftigen) Förderschwerpunkte in Deutschland, Europa und den USA



Anmerkung: Es handelt sich hierbei um einen qualitativen Vergleich der relativen Tendenzen in den jeweiligen Programmen. Es wird keine Aussage über das absolute Niveau der Förderung oder über Einzelbudgets getroffen.

6 Handlungsoptionen für NRW

Die vorangegangene Bewertung der technischen und ökonomischen Potenziale der untersuchten Zukunftstechnologien hat die jeweiligen Entwicklungs- und Marktperspektiven der ausgewählten Optionen verdeutlicht. Alle Technologien können einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung des Energiesystems sowie zur wirtschaftlichen Entwicklung des Landes NRW leisten. Dies wird jedoch nicht von allein passieren. Um die identifizierten Potenziale in den nächsten Jahren auch realisieren zu können, müssen die in Kap. 4.1 aufgezeigten nächsten Schritte der Technologieentwicklung und Markteinführung durch gemeinsame Anstrengungen aller Akteure erfolgreich bewältigt werden. Auch das Land NRW kann hierzu in verschiedener Weise einen Beitrag leisten. Für die Spezifizierung des möglichen und notwendigen Engagements der Landesregierung ergeben sich folgende Leitfragen:

- Welche Möglichkeiten hat das Land NRW, die identifizierten Handlungserfordernisse in den einzelnen Technologiebereichen aufzugreifen?
- Wo lassen sich auf der Basis der vorliegenden Erkenntnisse Schwerpunkte identifizieren (Förderprioritäten)?
- Wo ergeben sich übergreifende Strategien und Synergien zwischen den unterstützungswürdigen Technologien?
- Wo sind spezifische Einzelmaßnahmen erforderlich und sinnvoll umzusetzen?
- Wie ist für die einzelnen Maßnahmen das Aufwand-Nutzen Verhältnis zu bewerten?
- Welche strategischen Allianzen (Akteure im Land, Bund, EU) können/sollten – im Sinne einer Lastenteilung - geschlossen werden?

Im Folgenden wird zunächst eine kurze Übersicht der, dem Land überhaupt zur Verfügung stehenden, Möglichkeiten und Instrumente (Kapitel 6.1) gegeben. Darauf aufbauend werden die in den einzelnen Technologiebereichen relevanten Handlungsoptionen zusammenfassend dargestellt (Kapitel 6.2) und in Kapitel 7 und 8 zu gezielten Vorschlägen für die Landesregierung verdichtet.

6.1 Übersicht über Optionen und Instrumente

Zur Unterstützung der technischen Entwicklung und der Markteinführung von Zukunftsenergien stehen den öffentlichen Akteuren grundsätzlich eine Reihe von unterschiedlichen Instrumenten und Handlungsoptionen zur Verfügung. Dabei handelt es sich nur zum Teil um budgetwirksame Maßnahmen, während vielfältige andere Möglichkeiten auch mit einem vergleichsweise geringen Aufwand zu realisieren sind. Die Summe aller verfügbaren Optionen lässt sich in drei Bereiche gliedern: direkte Fördermaßnahmen seitens der Landespolitik, indirekte Fördermaßnahmen durch von der Landesregierung an anderer Stelle ausgelöste Aktivitäten und Initiativen sowie eine gezielte Förderung von Auslandaktivitäten (Abb. 6.1).

Abb. 6-1: Übersicht der grundsätzlichen Handlungsmöglichkeiten und Instrumente der Landesregierung zur Förderung von neuen Energietechnologien

<p>I. direkte Förderinstrumente der Landespolitik</p> <p>Finanzielle Förderung von F&E-Projekten in Forschungseinrichtungen, Universitäten und Industrie sowie institutionelle Unterstützung für die Forschung und Markteinführung relevanter Institutionen</p> <p>Finanzielle Unterstützung der Markteinführung durch Finanzierung von Pilot- und Demonstrationsvorhaben sowie im Rahmen der Breitenförderung durch die unterschiedlichen Bereiche des REN-Programms</p> <p>Institutionen, Initiativen und Netzwerke wie z.B. die Energieagentur NRW, die Landsinitiative Zukunftsenergien mit ihren Kompetenznetzwerken und Arbeitsgruppen etc.</p> <p>Informations-, Mobilisierungs- und Vermarktungskampagnen (z.B. für Themen wie "Steinkohlereferenzkraftwerk NRW", "Wärmepumpenmarktplatz NRW")</p> <p>gezielte politische und öffentliche Meinungsbildung (Agenda Setting) zur Etablierung neuer Themen (z.B. "zukunftsfähige Energieversorgung von Megacities")</p> <p>Impuls- und Vorbildfunktion des Landes durch strategisches ökologisches Procurement im öffentlichen Beschaffungswesen</p> <p>Förderung von Aus- und Weiterbildung und strategische Nutzung von Qualifizierung als Standortfaktor</p>
<p>II. indirekte Förderung durch Initiativen von NRW auf Bundes- und EU-Ebene</p> <p>Initiativen zur Gestaltung von Standards und Vorschriften in den relevanten Gremien wie z.B. Minister-Konferenzen</p> <p>Einflussnahme auf energierechtlichen Rahmen (z.B. EEG, KWKG-Gesetz, Selbstverpflichtungen) z.B. über Bundesratsinitiativen und Agenda Setting</p> <p>Initiativen auf Bundes- und EU-Ebene zur Bildung strategischer Allianzen und konzertierter Aktionen (z.B. Kohlekraftwerk der Zukunft)</p> <p>Energiepolitische Einflussnahme auf relevante Unternehmen im Land (z. B. Aktionsprogramme mit der Energiewirtschaft, Energiedialog)</p>
<p>III. Förderung der Auslandsaktivitäten</p> <p>Unterstützung bei der Positionierung und Vermarktung von Anbietern aus NRW (z.B. über Messeauftritte, Delegationsreisen, Internet-Plattformen usw.)</p> <p>Unterstützung der Akteure aus NRW bei der strategischen Vorbereitung auf die kommende Nutzung der flexiblen Kyoto-Mechanismen</p> <p>Unterstützung bei der Erschließung von internationalen Finanzierungsmechanismen wie z.B. Fördermittel der Weltbank, GEF etc.</p> <p>Einbettung der Technologiepolitik in bilaterale Entwicklungszusammenarbeit</p> <p>Einbindung in internationale Entwicklungen (z.B. renewables 2004) durch die zielgerichtete Ausgestaltung eigener Follow-Up Konferenzen/Aktivitäten</p>

In allen aufgeführten Bereichen ist die Landesregierung heute schon aktiv. Dennoch bestehen noch vielfältige Möglichkeiten, diese technologiespezifisch weiter zu entwickeln, gezielt auszubauen oder durch neuen Maßnahmen zu ergänzen bzw. zu flankieren.

6.2 Technologiespezifische Handlungsoptionen

In Kap. 4 wurden die technologischen und ökonomischen Entwicklungsperspektiven der in dieser Untersuchung betrachteten Technologien analysiert. Entsprechend dem dort beschriebenen gegenwärtigen Entwicklungsstand und den verbleibenden Aufgaben ergibt sich für jede betrachtete Option ein technologiespezifischer Handlungsbedarf. In Anlehnung an die oben skizzierten grundsätzlichen Handlungsmöglichkeiten sind in der folgenden Tabelle 6.1 für alle Technologien die spezifischen Instrumente, Maßnahmen und Initiativen dargestellt, mit denen das Land NRW jeweils eine weitere Entwicklung der Option fördern könnte.

Da für jede Option eine Vielzahl an relevanten Maßnahmen zusammengestellt wurde, handelt es sich bei der Summe aller Technologien zwangsläufig um eine "Maximalliste". Ihre Realisierung in vollem Umfang würde unvermeidbar die Möglichkeiten der Landesregierung überfordern und ist deswegen auch nicht anzustreben. Es ist vielmehr der Sinn dieser Zusammenstellung, die Vielfalt aller Möglichkeiten systematisch zu erfassen und dadurch eine Ausgangslage für die Meinungsbildung der zuständigen Stellen im Land zu schaffen. Sie bietet Akteuren aus Politik und Industrie die Möglichkeit, einen problemadäquaten Handlungskatalog auf der Basis eigener Zielvorstellungen und Prioritäten auszuwählen.

Tab. 6.1: Übersicht über technologiespezifische Handlungsoptionen
Schwerpunkte aus Sicht der Gutachter sind rot kursiv markiert

	<i>Landesförderung</i>		<i>Begleitende Initiativen und Rahmenbedingungen</i>			<i>Initiativen auf Bundes- und EU-Ebene</i>	<i>Exportförderung</i>	
Beispiele für Maßnahmen und Ansatzpunkte	<i>Förderung von F&E Projekten</i>	<i>Förderung der Markteinführung</i>	<i>Strategisches Procurement</i> <i>Vorbildhafte öffentliche Beschaffung</i>	<i>Kooperationen und gemeinsame Initiativen im Land NRW</i>	<i>Aus-/Weiterbildung</i>	<i>Agenda Setting</i> <i>Informations- und Imagekampagnen</i> <i>Best Practice Initiativen</i> <i>Wettbewerbe</i>	<i>allg. Rechtsrahmen</i> <i>Weiterentwicklung energiewirtschaftl. Randbedingungen</i> <i>Standards</i> <i>Vorschriften</i> <i>Label / Zertifikate</i>	<i>Unterstützung bei Nutzung internat. Finanzierungsmechanismen</i>
Effiziente Kohlenutzung/CO₂-Entsorgung	<i>Machbarkeitsstudie zur Entwicklung eines IGCC mit Multi-Fuel/Multi-Purpose-Charakter</i> Fortsetzung der Forschungsförderung bei der Materialforschung und Druckkohlenstaubfeuerung Teilnahme an Forschungskoope- rationen zum Thema CO ₂ -Entsorgung Membrantechnologiefor- schung	<i>Unterstützung bei der Errichtung eines Demonstrations- und Referenzkraftwerks in NRW</i> Unterstützung der Exportoptionen (bi/multilaterale Länderpartnerschafte n, JI/CDM) Marktstudie IGCC-Sonder- anwendungen (Verknüpfung mit Kraftstoffbereich, Polygeneration)		Etablierung der Technikentwicklung in einem Kompetenz- netzwerk Kraftwerke Etablierung eines Markenzeichen „Brennstoff- und Vergasungskompe- tenz NRW“ Grundsatzposition CO ₂ -Entsorgung erarbeiten Potenziele und Ansatzpunkte für Synthesegaswirtschaf- t entwickeln		<i>Einbeziehung der Forschungskompe- tenz in NRW und der offenen Fragen in die Entwicklung des 7. EU FRP</i>	Überprüfung der Genehmigungserford- ernisse im Bereich CO ₂ -Entsorgung	Prüfen der Chancen von neuen intern. Finanzierungsmög- lichkeiten u.a. im Rahmen der flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls als Instrument der Exportförderung Bürgschaften bei Auslandsprojekten (ggf. nur Bezug auf hocheffiziente Komponenten) Lobbying über Außen- wirtschaftsbeziehungen

	Landesförderung		Begleitende Initiativen und Rahmenbedingungen				Initiativen auf Bundes- und EU-Ebene	Exportförderung
Beispiele für Maßnahmen und Ansatzpunkte	Förderung von F&E Projekten	Förderung der Markteinführung	Strategisches Procurement Vorbildhafte öffentliche Beschaffung	Kooperationen und gemeinsame Initiativen im Land NRW	Aus-/Weiterbildung	Agenda Setting Informations- und Imagekampagnen Best Practice Initiativen Wettbewerbe	allg. Rechtsrahmen Weiterentwicklung energiewirtschaftl. Randbedingungen Standards Vorschriften Label / Zertifikate	Unterstützung bei Nutzung internat. Finanzierungsmechanismen
Biomasse-Vergasung	Unterstützung der Entwicklung angepasster Lösungen für „kleine Holzgas-KWK“ in EL/SL <i>Aufbau F&E Schwerpunkt "Brenngasversorgung für Mikrogasturbine und Brennstoffzelle"</i>	Finanzierung von System- und Konzeptstudien für Nutzung in SL/EL		Nutzung der Koordinationsfunktion des Landes zur Bündelung der verschiedenen Entwicklungslinien in NRW Etablierung einer Initiative zu Multi-Fuel-Konzepten in NRW			Nutzung der politischen Möglichkeiten zur Modifikation des EEG (Förderung effiziente Anlagen, stärkere Anreize innov. Techniken) politischer Einsatz für Ausbau u. Erhalt der KWK-Förderung	Prüfen der Chancen von neuen intern. Finanzierungsmöglichkeiten u.a. im Rahmen der Flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls als Instrument der Exportförderung

	Landesförderung		Begleitende Initiativen und Rahmenbedingungen				Initiativen auf Bundes- und EU-Ebene	Exportförderung
Beispiele für Maßnahmen und Ansatzpunkte	Förderung von F&E Projekten	Förderung der Markteinführung	Strategisches Procurement Vorbildhafte öffentliche Beschaffung	Kooperationen und gemeinsame Initiativen im Land NRW	Aus-/Weiterbildung	Agenda Setting Informations- und Imagekampagnen Best Practice Initiativen Wettbewerbe	allg. Rechtsrahmen Weiterentwicklung energiewirtschaftl. Randbedingungen Standards Vorschriften Label / Zertifikate	Unterstützung bei Nutzung internat. Finanzierungsmechanismen
kleine dez. KWK (BZ-Hausenergieversorgung, Stirling, Mini-BHKW, Dampfmotor)		<i>Förderung von Pilotprojekten zur Netzanbindung und Systemintegration</i> <i>(Ko-)Finanzierung eines Markteinführungsprogramms zur Abdeckung der Einstiegskosten (100.000 Keller)</i>	Nutzung innovativer KWK zur Objektversorgung bei Landesliegenschaften	Anstoß zum Aufbau Kompetenzzentrum "Dezentrale Energiesysteme" in NRW Unterstützung der Akteure beim Aufbau von PEM-Kompetenzen (ggf. inkl. Stackfertigung)	<i>Förderung von Maßnahmen zur Qualifikation des Handwerks und anderer Multiplikatoren</i>	<i>Förderung von zielgruppenspez. Kampagnen in NRW (Wohnungsbau-gesellschaften, Handwerk, Banken usw.)</i>	<i>politischer Einsatz : den Abbau von rechtlichen Hemmnissen für kleine KWK (z.B. bei kommunalen Investitionen, im Mietrecht etc.)</i> <i>Ausbau und Erhalt der KWK-Förderung auch bei kleinen Leistungen</i>	
größere dez. KWK (MGT, SOFC/MCFC)	Förderung der F&E zur Anwendungstechnik Komponenten Systemintegration Kopplung HT-FC/MGT Nutzung alternativer Brennstoffe / Kohlevergasung	<i>Förderung von Pilotprojekten zur Systemintegration u. Rolle HT-FC im Verbund</i> <i>Kopplung HT-FC/MGT</i> <i>Nutzung alternat. Brennstoffe</i> Förderung von Demoanlagen/ Best practice bei innov. KWKK-Anwendungen (Industrie)	Nutzung innovativer KWK zur Objektversorgung bei Landesliegenschaften	Anstoß und Förderung einer KWK-Offensive der Zielgruppe Industrie Anstoß zum Aufbau Kompetenzzentrum "Dezentrale Energiesysteme" in NRW			<i>politischer Einsatz zum Ausbau und Erhalt der KWK-Förderung</i>	

	Landesförderung		Begleitende Initiativen und Rahmenbedingungen				Initiativen auf Bundes- und EU-Ebene	Exportförderung
Beispiele für Maßnahmen und Ansatzpunkte	Förderung von F&E Projekten	Förderung der Markteinführung	Strategisches Procurement Vorbildhafte öffentliche Beschaffung	Kooperationen und gemeinsame Initiativen im Land NRW	Aus-/Weiterbildung	Agenda Setting Informations- und Imagekampagnen Best Practice Initiativen Wettbewerbe	allg. Rechtsrahmen Weiterentwicklung energiewirtschaftl. Randbedingungen Standards Vorschriften Label / Zertifikate	Unterstützung bei Nutzung internat. Finanzierungsmechanismen
Geothermische Stromerzeugung	Förderung der Begleitforschung an Demonstrationsanlage F&E-Förderung bei Werkstoffen im Bereich Sonden und Wärmetauscher	<i>Mit-Finanzierung einer Demonstrationsanlage (25 MW_{el}) als Schritt zu marktfähigen Referenzanlagen (50MW_{el})</i> <i>Bereitstellung von Landesbürgschaften, um das Bohrrisiko abzusichern</i>		<i>Moderation und Unterstützung beim Aufbau eines Konsortiums der am Demo-Projekt beteiligten Unternehmen</i> Finanzierung einer Tiefengeotherm. Potenzialstudie zur Optimierung der Standortwahl NRW				Prüfen der Chancen von neuen intern. Finanzierungsmöglichkeiten u.a. im Rahmen der Flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls als Instrument der Exportförderung
Windenergie		Förderung von Systemstudien zu Potenzialen und Märkten in EL Marktstudie Repowering und Second-Hand-Markt		<i>Aufbau einer Gemeinschaftsinitiative und Marketingkampagnen „Zuliefermarkt und Dienstleistungen NRW“ (Integration in Forschungsnetzwerk)</i>	<i>Verbesserung des Standortfaktors Arbeitsmarkt durch Förderung von Qualifizierungsprogrammen, Aufbau- und Weiterbildungsangeboten</i>			<i>Förderung des Aufbaus einer Internetplattform zur intern. Vermarktung von NRW-Know-How</i> Prüfen der neuen intern. Finanzierungsmöglichkeiten des Kyoto-Protokolls

	Landesförderung		Begleitende Initiativen und Rahmenbedingungen				Initiativen auf Bundes- und EU-Ebene	Exportförderung
	Förderung von F&E Projekten	Förderung der Markteinführung	Strategisches Procurement Vorbildhafte öffentliche Beschaffung	Kooperationen und gemeinsame Initiativen im Land NRW	Aus-/Weiterbildung	Agenda Setting Informations- und Imagekampagnen Best Practice Initiativen Wettbewerbe	allg. Rechtsrahmen Weiterentwicklung energiewirtschaftl. Randbedingungen Standards Vorschriften Label / Zertifikate	Unterstützung bei Nutzung internat. Finanzierungsmechanismen
Beispiele für Maßnahmen und Ansatzpunkte								
Solarthermische Kraftwerke (SKW)	Förderung der Entwicklung von Multi Fuel und Multi Use Konzepte Förderung einer Systemstudie/Konzept für SKW als Option zur Lösung wichtiger Problembereiche F&E-Förderung zur Hochtemperatur-Direktverdampfung	Schaffung guter Standortbedingungen für Spiegelfertigung (Keimzelle für Zulieferer) Errichtung von kleinen Demonstrationsanlagen in NRW (Konzept- und Realisierungsstudien)		<i>Aufbau Akteursnetzwerk für Produktion von SKW – Bündelung der Hersteller mit relativ niedrigem Fertigungsanteil in einem leistungsfähigen Konsortium und Verknüpfung mit Projektentwicklern</i>		Förderung von Systemstudien und Analysen zum Anwendungspotenzial in SL/EL Initiative zum Zielbereich "MegaCities" anstoßen Impulsworkshop bzgl. Interessen heimischer Akteure		Prüfen der Chancen von neuen intern. Finanzierungsmöglichkeiten u.a. im Rahmen der Flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls als Instrument der Exportförderung

	Landesförderung		Begleitende Initiativen und Rahmenbedingungen				Initiativen auf Bundes- und EU-Ebene	Exportförderung
Beispiele für Maßnahmen und Ansatzpunkte	Förderung von F&E Projekten	Förderung der Markteinführung	Strategisches Procurement Vorbildhafte öffentliche Beschaffung	Kooperationen und gemeinsame Initiativen im Land NRW	Aus-/Weiterbildung	Agenda Setting Informations- und Imagekampagnen Best Practice Initiativen Wettbewerbe	allg. Rechtsrahmen Weiterentwicklung energiewirtschaftl. Randbedingungen Standards Vorschriften Label / Zertifikate	Unterstützung bei Nutzung internat. Finanzierungsmechanismen
Photovoltaik	<p><i>Fortführung der F&E-Förderung bei Silizium-Dünnschicht-Solarzellen (a- und c-Si) und Farbstoff-Solarzellen</i></p> <p><i>Fortführung des Verbundprojektes Solarsilizium</i></p> <p><i>Stärkung der Technologien bei elektronischen Komponenten, Systemtechnik und Fertigungstechnik</i></p>	<p><i>Unterstützung des Aufbaus von Produktionskapazitäten für eine Massenfertigung (100MWp/a)</i></p> <p>Förderung von Pilot- und Demoprojekten mit Farbstoffzellen</p> <p>Förderung von Demonstrationsprojekte bzgl.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Gebäudeintegration Sonderanwendungen (z.B. Werbeflächen) Unterstützung von Lösungen für Inselkonzepte 	Erfassung und Auflistung von Anwendungsmöglichkeiten bei öffentlichen Gebäuden in NRW (z.B. PV-Sonnenschutz)	<p>Vereinbarung zum PV-Netzanschluss in NRW (Erleichterung der Integration)</p> <p>Vernetzung der universitären PV-Forschung</p> <p>Wissenschaftler-Austausch (spez. mit USA, Japan)</p> <p>PR-Maßnahmen für mehr internationale "Sichtbarkeit" von NRW</p> <p>Weiterführung der Breiten-Förderung (REN-Programm)</p> <p>Erstellung eines Dach-/Freiflächenkataster</p> <p>Einrichtung einer Beratungs-/Schiedsstelle für Streitfragen</p>	<p>Unterstützung von Informations- und Qualifikationsmaßnahmen von Handwerk und Architekten</p> <p>Schaffung eines PV-Mobils (o.ä. als Info- und Ausbildungsinstrument für öff. Einrichtungen etc.</p> <p>Förderung der Durchführung von populären Info-Veranstaltungen (z.B. VHS-Kurse)</p>	<p>Initiierung und Förderung von Begleitmaßnahmen: „Dächer-Börse“</p> <p>Wettbewerbe (z.B. „schönste“ PV-Gebäudeintegration)</p> <p>Aufbau eines umfangreichen Info-Portals (Internet, Besucherzentren in Großstädten), Zielgruppe: KMU-Beitrag initiieren</p> <p>Schaffung neuer Identifikationsstätten wie z.B. Solarstadt Gelsenkirchen</p>	<p>Initiative für ein bundesweites Förderprogramm zur Gebäudeintegration</p>	<p>Prüfen der Chancen von neuen intern. Finanzierungsmöglichkeiten u.a. im Rahmen der Flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls als Instrument der Exportförderung</p> <p>Prüfung der Möglichkeiten zur Integration in CDM-fähige Inselfsysteme</p> <p>Marktpotenzial-Analysen zu ausgewählten Exportmärkten</p>

	Landesförderung		Begleitende Initiativen und Rahmenbedingungen				Initiativen auf Bundes- und EU-Ebene	Exportförderung
Beispiele für Maßnahmen und Ansatzpunkte	Förderung von F&E Projekten	Förderung der Markteinführung	Strategisches Procurement Vorbildhafte öffentliche Beschaffung	Kooperationen und gemeinsame Initiativen im Land NRW	Aus-/Weiterbildung	Agenda Setting Informations- und Imagekampagnen Best Practice Initiativen Wettbewerbe	allg. Rechtsrahmen Weiterentwicklung energiewirtschaftl. Randbedingungen Standards Vorschriften Label / Zertifikate	Unterstützung bei Nutzung internat. Finanzierungsmechanismen
Kleinantriebe		Förderung eines Imageprojekts zum Einsatz effizienter Motoren bei OEMs (z.B. Blomberg und Miele)	Vorreiterrolle des Landes durch vorbildhafte Beschaffung bei Lüftungsanlagen und Umwälzpumpen in öffentlichen Gebäuden	<i>Durchführung eines Sondierungsworkshops zur Analyse der Position, der Interessenlage und Handlungsoptionen</i> Anstoß einer Kooperation von Industrie, Forschung und mit Anbietern außerhalb NRW zur Kompensation der Forschungslücken			Politischer Einsatz des Landes für verschärfte Standards und Labelling auf EU-Ebene	
Gewerbliche Kühlmöbel			Unterstützung bei der Durchführung von Life-Cycle-Analysen (LCA) im Handel	<i>Durchführung von Qualifizierungsmaßnahmen für Einkäufer im Handel</i>			Politischer Einsatz zur Behebung der Rechtsunsicherheit bzgl. des Einsatzes brennbarer Gase als Kältemittel	

	Landesförderung		Begleitende Initiativen und Rahmenbedingungen				Initiativen auf Bundes- und EU-Ebene	Exportförderung
Beispiele für Maßnahmen und Ansatzpunkte	Förderung von F&E Projekten	Förderung der Markteinführung	Strategisches Procurement Vorbildhafte öffentliche Beschaffung	Kooperationen und gemeinsame Initiativen im Land NRW	Aus-/Weiterbildung	Agenda Setting Informations- und Imagekampagnen Best Practice Initiativen Wettbewerbe	allg. Rechtsrahmen Weiterentwicklung energiewirtschaftl. Randbedingungen Standards Vorschriften Label / Zertifikate	Unterstützung bei Nutzung internat. Finanzierungsmechanismen
LED	<i>Forschungsförderung zur Weiterentwicklung der weißen LED für Beleuchtung</i> <i>Forschungsförderung zur Entwicklung organischer LED⁶⁰</i>	<i>Unterstützung von Pilot- und Demonstrationsprojekten für marktfähige LED-Beleuchtungsanwendungen</i>	Vorbild und Multiplikatorfunktion des Landes NRW durch Einsatz von LED z.B. auch als Kunst am Bau	<i>Unterstützung der Leitprojekte des Kompetenznetzwerks LED der LZE</i>	Förderung von Maßnahmen zur Information und Qualifikation von Planern, Architekten und Handwerk	Durchführung eines Designwettbewerbs (z.B. LED-Schreibtischlampe)	Politischer Einsatz bei Normungs- und Standardisierungsverfahren z.B. im Signal- und im Verkehrsbereich, Bürobeleuchtung	
Inselsysteme modulare Objektversorgung		Förderung von Pilotprojekten zur modularen, erweiterbaren Energieversorgung von Einrichtungen in netzfernen Gebieten		<i>Vernetzung von Akteure der Energie- und Anwendungstechnik</i>	Initiierung und Finanzierung von begleitenden Maßnahmen zur Qualifizierung (capacity building)	Nutzung von Länder- und Regionenpartnerschaften zur Verbesserung der infrastrukturellen und sozio-ökonomischen Voraussetzungen		Unterstützung der weitergehenden Analyse des Technologiebedarfs und der Marktperspektiven für modulare Systeme Prüfen der neuen intern. Finanzierungsmöglichkeiten

⁶⁰ In diesem Bereich geht es zunächst weniger um eine Energieeinsparung, sondern um ein eher allgemeiner orientiertes Technologieförderprogramm (Adressat ist daher weniger das REN- als das TPW-Programm des Landes), im zweiten Schritt bzw. günstigstenfalls parallel können spezifische Maßnahmen der Energieeffizienz miterfasst werden.

	Landesförderung		Begleitende Initiativen und Rahmenbedingungen				Initiativen auf Bundes- und EU-Ebene	Exportförderung
Beispiele für Maßnahmen und Ansatzpunkte	Förderung von F&E Projekten	Förderung der Markteinführung	Strategisches Procurement Vorbildhafte öffentliche Beschaffung	Kooperationen und gemeinsame Initiativen im Land NRW	Aus-/Weiterbildung	Agenda Setting Informations- und Imagekampagnen Best Practice Initiativen Wettbewerbe	allg. Rechtsrahmen Weiterentwicklung energiewirtschaftl. Randbedingungen Standards Vorschriften Label / Zertifikate	Unterstützung bei Nutzung internat. Finanzierungsmechanismen
effiziente Gebäude		Förderung von Pilot- und Demonstrationsprojekten zu effizienten Bürogebäuden	Umsetzung einer Selbstverpflichtung zur Energieeffizienz der landeseigenen Gebäude	<i>Vernetzung von Akteuren im Bereich effizienter Bürogebäude und Passivhaus u.a. mit dem Ziel der Förderung der integralen Planung</i>	Förderung von Maßnahmen zur Weiterbildung von Planern, Handwerk und Architekten sowie der Haustechnikanbieter	Unterstützung von Information und PR-Maßnahmen zu effizienten Wohn- und Bürogebäuden und deren besondere Vorteile		
Dezentrale Energiesysteme	<i>Finanzierung einer Systemanalyse der künftigen Strukturen des Gesamtsystems und Wechselwirkungen / Funktionen der verschiedenen Netzebenen</i> F&E-Förderung bei: -Netztechnik für neue Komponenten (Leistungselektronik) -IuK-Lösungen für dezentrale Energiesysteme -sozio-ökonomischen Aspekten der Dezentralisierung und Koordinierungs- bzw. Regulierungsbedarf	<i>Förderung von Pilot- und Demonstrationsprojekten zur: Integration von dezentraler Energieerzeugung ins Energiesystem Simulation von Aggregationseffekten durch schrittweise Vernetzung von Projekten (virtueller Projektverbund) und umfassenden Feldtests</i>	Nutzung öffentlicher Einrichtungen als Standort für Pilotprojekte	<i>Nutzung der Impulsfunkt. zur Vernetzung der Aktivitäten zu dezentralen Energien in NRW Etablierung eines Prozesses zur Analyse von Technologielücken und systematischen Bearbeitung des Forschungsbedarfs (Roadmapping) Pol. Zielsetzung der Positionierung von NRW als Kompetenzzentrum "Dezentrale Energiesysteme" in D / EU</i>	Aufbaukurse für die Systemintegration von DEA für Elektrohandwerk Entwicklung eines Kurses zum Dezentralen Energiemanager	Information und Mobilisierung von Energiewirtschaft (Stadtwerke) und Politik	Analyse des Technologiebedarfs und der Marktperspektiven für dezentrale Energietechnologien im Ausland (SL/EL)	

	Landesförderung		Begleitende Initiativen und Rahmenbedingungen				Initiativen auf Bundes- und EU-Ebene	Exportförderung
Beispiele für Maßnahmen und Ansatzpunkte	Förderung von F&E Projekten	Förderung der Markteinführung	Strategisches Procurement Vorbildhafte öffentliche Beschaffung	Kooperationen und gemeinsame Initiativen im Land NRW	Aus-/Weiterbildung	Agenda Setting Informations- und Imagekampagnen Best Practice Initiativen Wettbewerbe	allg. Rechtsrahmen Weiterentwicklung energiewirtschaftl. Randbedingungen Standards Vorschriften Label / Zertifikate	Unterstützung bei Nutzung internat. Finanzierungsmechanismen
Stromspeicher	Förderung von Pilot- und Demonstrationsprojekten Test der Praxistauglichkeit und Wirtschaftlichkeit von z.B. Hochleistungs-Blei-Säure-Batterien oder Schwungrädern		Tagung von Eurosolar e.V. und der Energieagentur NRW: Dezentrale Energiespeicher – Schlüssel zur wirtschaftlichen Entfaltung erneuerbarer Energien, April 2003, Wuppertal				Antrag Deutscher Bundestag vom Sept. 2003: Energiespeicherforschung vorantreiben – Höchsttechnologien für die Speichertechnik entwickeln	
Neue Energieträger und Kraftstoffe	<i>Systemanalyse zu künftigen Kraftstoffpfaden und Identifikation von robusten Optionen (Langfristziel, wichtige Übergangstechniken)</i> Förderung der F&E zu Multi-Fuel/Vergasungskonzepten als Teil einer Synthesegaswirtschaft Förderung der Entwicklung einer Komplettlösung Sparauto und alternativen Antrieb	<i>Beteiligung und Aufbau eigener Feldtests in NRW, vor allem bei kurzfristig tragfähigen Einstiegsmärkten</i> Förderung von Pilot-/Demoprojekten zur Systemintegration und Infrastrukturaufbau bei neuen Kraftstoffen Koordination von Einzelmaßnahmen im Rahmen eines Gesamtkonzepts (z.B. H2 Modellregion NRW)	Ausrüstung von landeseigenen Fahrzeugen mit neuen Kraftstoffen	Maßnahmen zur Information und Akzeptanzaufbau bei Akteuren, Multiplikatoren und der Bevölkerung			<i>Politische Positionierung durch konsistente energie-/klimapolitische Langfriststrategie inkl. Zielvorgaben</i> <i>Engagement auf nationaler und europäischer Ebene zur strategischen Positionierung von NRW als H₂-Region in Europa</i> °Beeinflussung der politischen Rahmenbedingungen	Aufbau und Nutzung von Kontakten zu potenziellen Schlüsselmärkten für neue Energieträger (Indien, China, etc.) Förderung von Partnerschaften/ Joint-ventures zur gemeinsamen Entwicklung von innovativen Technologien/Produkten

7 Schlussfolgerungen

Aus der vorangegangenen Übersicht der technologiespezifischen Handlungsoptionen wird deutlich, dass eine Vielfalt an Möglichkeiten besteht, die technische Entwicklung und Markteinführung der untersuchten Technologien voranzutreiben. Für eine ganze Reihe von Technologien besteht dabei die günstige Ausgangslage, dass das Land NRW nicht nur bereits über eine gute technologische Basis verfügt, sondern die Weiterentwicklung und Markteinführung schon seit längerem aktiv unterstützt (z.B. bei der Förderung der Photovoltaik, der Brennstoffzelle, der Windenergienutzung, von Solarsiedlungen usw.). Zudem sind zahlreiche der in Kapitel 6 aufgeführten Instrumente und konzeptionellen Ansätze in den Bereichen selber oder an anderer Stelle bereits erprobt, so dass auf diesen Erfahrungen in NRW aufgebaut werden kann.

Darüber hinaus ist ein Teil der im Endbericht von August 2002 identifizierten Ansatzpunkte schon während der Laufzeit dieser Untersuchung aufgenommen worden bzw. teils auch im Zusammenhang mit diesem Projekt selber entstanden (z.B. die Arbeiten zum Referenzkraftwerk NRW, die Gründung der Arbeitsgruppe Dezentrale Energiesysteme und des Kompetenznetzwerks LED im Rahmen der Landesinitiative Zukunftsenergien, die Integration der Brennstoffzellen- und Wasserstoffaktivitäten im Kompetenznetzwerk). In einigen Bereichen wird es deshalb in Zukunft weniger darum gehen, völlig neue Konzepte zu entwerfen, als schon vorhandene Aktivitäten z.B. im Rahmen der Landesinitiative weiterzuführen, zu vertiefen und zu verbessern.

Obwohl die hier in den ausgewählten Technologiebereichen durchgeführte Analyse bestätigt, dass in vielen Fällen eine direkte finanzielle Beteiligung des Landes an den Kosten für Pilot- und Demonstrationsprojekten einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung und Markteinführung von Zukunftstechnologien leisten konnte bzw. noch leistet, handelt es sich bei den hier ausgewählten Maßnahmen nur zum Teil um direkte Zuschussprogramme. Denn in der Untersuchung wird ebenfalls deutlich, dass eine finanzielle Förderung nicht das einzige unterstützende Instrument ist und die Technologien auch von einer Vielzahl anderer Maßnahmen profitieren können. Gerade eine Vernetzungs- und Koordinationsfunktion des Landes oder die Durchführung Impuls gebender Workshops kann gegenüber der reinen Projektförderung mitunter auch mit einem verhältnismäßig geringen Mitteleinsatz geleistet werden und trägt dazu bei, die unzureichenden und verstreuten Kapazitäten der Akteure gezielt zu verstärken und zu bündeln. Dies gilt gleichermaßen für die Impulsgeber- und Schrittmacherfunktion des Landes für Aktivitäten auf übergeordneter Bundes- oder EU-Ebene. Letztlich entspricht dieser Punkt angesichts der allgemein knappen öffentlichen Budgets den tatsächlich realisierbaren Mitteln.

Trotz allem wird es für die Landesregierung kaum möglich sein, alle aufgeführten Maßnahmen auch zeitnah umzusetzen. Die in Kapitel 6.2 dargestellte Gesamtheit aller Handlungsoptionen kann daher für die Landesregierung auch eher als Grundlage dienen, unter den gegebenen Randbedingungen und Sachzwängen hieraus eine geeignete Auswahl zu treffen und Prioritäten zu setzen. Als Hilfestellung und Diskussionsgrundlage für diesen Prozess findet sich im Folgenden eine Zusammenstellung der wichtigsten Ansatzpunkte und Handlungsoptionen für das Land NRW aus der Sicht der Projektnehmer. Dabei wird unterschieden zwischen technologiespezifischen Maßnahmen und eher übergreifenden Initiativen. Bei den erstgenannten Maßnahmen werden insbesondere die Bereiche herausgegriffen, in denen Konkurrenzbeziehungen um die knappen

Mittel bestehen. Unberührt davon bleibt allerdings die Empfehlung, die Vielzahl von weitergehenden Einzelmaßnahmen in Kapitel 6 für die verschiedenen Technologien hinsichtlich einer Umsetzung seitens des Landes zu prüfen. Bei den übergreifenden Maßnahmen werden insbesondere diejenigen Bereiche herausgegriffen, bei denen sich bei der Einzelanalyse Mehrfachnennungen gezeigt haben und damit die Möglichkeit besteht, Synergieeffekte über einen weiten Technologiebereich zu erschließen.

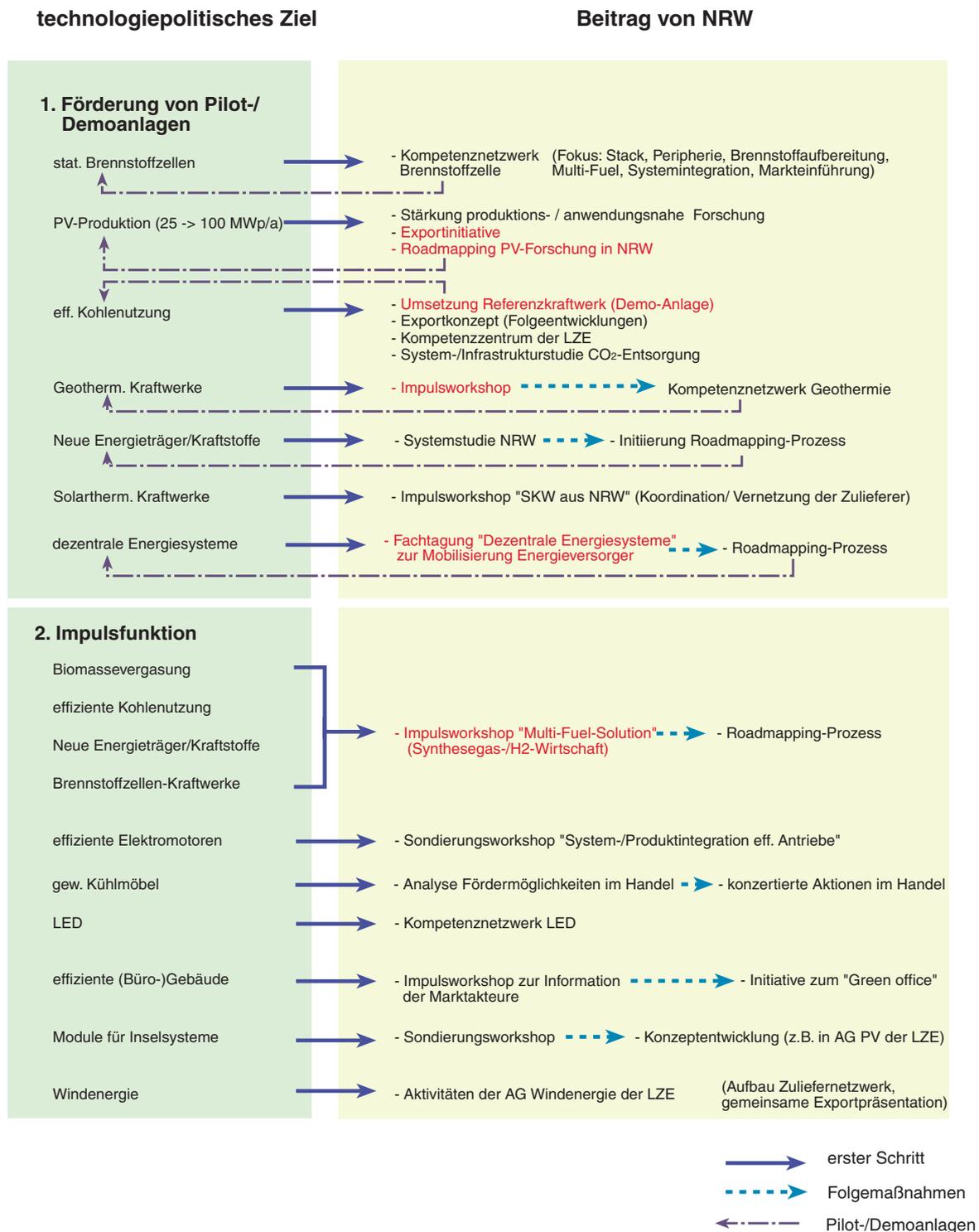
7.1 Technologiespezifische Ansatzpunkte

Wie die bisherige Diskussion gezeigt hat, gibt es für das Land eine Reihe von technologiespezifischen Möglichkeiten, die Weiterentwicklung einzelner Technologien zu unterstützen (Abb. 7.1). Hierzu gehört vor allem eine aktive Beteiligung des Landes am Bau von Demonstrationsanlagen sowie die Initiierung von Forschungsverbänden/-netzwerken und die gezielte Beeinflussung der politischen/öffentlichen Meinungsbildung (Agenda Setting). Während es hinsichtlich der ersten Option allein aus Budgetgründen notwendig wird Schwerpunkte zu setzen, sind die Möglichkeiten im zweiten Bereich durch die ebenfalls nur begrenzt zur Verfügung stehenden personellen Ressourcen des Landes limitiert. Auch hier erscheint somit eine Auswahl notwendig.

7.1.1 Beteiligung des Landes an F&E-, Pilot- und Demonstrationsprojekten

Die Analyse hat deutlich gemacht, dass insbesondere im Bereich Effiziente Kohlenutzung, Geothermie, Hochtemperaturbrennstoffzellen und Brennstoffzellenheizgeräte der nächste Entwicklungsschritt mit einem hohen Kapitalbedarf für die Finanzierung von Pilot/Demonstrationsanlagen bzw. der vorkommerziellen Serien oder Produktionsanlagen verbunden ist. Dies gilt im gewissen Maße auch für den nächsten Entwicklungsschritt bei der Photovoltaik, wo die Errichtung einer gegenüber den heutigen Einheiten deutlich größeren Produktionsanlage ansteht. Trotz seiner wirtschaftlichen und technologischen Leistungskraft sind die Möglichkeiten von NRW als Bundesland jedoch begrenzt, so dass angesichts der erforderlichen Summen hier eine direkte Konkurrenz zwischen den Technologien um die begrenzten Mittel besteht. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, die Mittel auf wenige Bereiche zu bündeln und in den anderen Bereichen zunächst weniger mittelintensive Maßnahmen durchzuführen bzw. zu versuchen, privates Kapital für die Umsetzung der anstehenden Maßnahmen zu gewinnen.

Abb. 7-1: Übersicht der technologiespezifischen Ansatzpunkte



- Gerade im Fall der sehr kostenintensiven Entwicklung von **effizienten Kohlenkraftwerken** hat das Land mit der Unterstützung der Entwicklung des Konzeptes Referenzkraftwerk NRW in den Jahren 2002 und 2003 schon einen wesentlichen Beitrag geleistet. Mit Blick auf den zeitkritischen Handlungsbedarf war es das vorrangige Ziel, zügig die Entscheidungsgrundlagen für die weiteren Entwicklungs-

schritte zu schaffen, den Prozess anzustoßen und ein zukunftsweisendes, ausbaufähiges Entwicklungsziel zu formulieren. Hierfür wurde von der Industrie (Anlagenbau), potenziellen Betreibern und der Wissenschaft eine Arbeitsgruppe gebildet. Dabei geht es weniger darum, der Energiewirtschaft Investitionsentscheidungen abzunehmen, sondern vor dem Hintergrund des in wenigen Jahren entstehenden massiven Erneuerungsbedarfs im Kraftwerkspark, energie- und technologiepolitischen Gestaltungswillen zu demonstrieren (Investitionen im größeren Umfang stehen in NRW ohnehin an). Mit Blick auf die kommenden Anforderungen an ein „Modernes Kohlekraftwerk der 2. Generation“ (ggf. inkl. CO₂-Entsorgung) sollte dieser erfolgreich verlaufende Prozess fortgesetzt werden. Hierzu könnte mit einem Kompetenzzentrum Kraftwerkstechnik in der Landesinitiative ein neuer Schwerpunkt gebildet werden.

- Im Bereich der Fortentwicklung der stationären **Brennstoffzellentechnik** ist das Land heute schon in einem Handlungsschwerpunkt aktiv. Das Kompetenznetzwerk Brennstoffzelle kann sicher als positiver Standortfaktor für die Ansiedlung spezifischer Unternehmen angesehen werden. Hierzu gehört auch die Beteiligung vieler NRW-Unternehmen an der Durchführung von Pilotprojekten und ersten Feldtests sowie die aktiven Bemühungen um die Ansiedlung innovativer Unternehmen. Diese Aktivitäten sollten vom Land weiter begleitet und im Rahmen der Möglichkeiten des REN-Programms auch gefördert werden. Darüber hinaus erscheint es aber notwendig, die Attraktivität des Standortes NRW langfristig zu sichern und sich gegenüber den zeitgleichen Bemühungen anderer Bundesländer weiter positiv abzugrenzen. Neben den Basistechnologien sollte hierfür insbesondere die Integration der Brennstoffzellen in marktnahe Anwendungen (z.B. integrierte Optimierung der Objektversorgung), die Brennstoffzellenperipherie (vor allem Brennstoffaufbereitung) sowie deren Systemeinbindung im erweiterten Bereich „Dezentrale Energiesysteme“ verstärkt bearbeitet werden. Hierzu zählt auch die Kopplung von HT-Brennstoffzellen mit **Mikrogasturbinen** als eine Option mit hohem Entwicklungspotenzial. Ein weiterer wichtiger Beitrag ist die frühzeitige konzeptionelle Vorbereitung eines Markteinführungsprogramms für Brennstoffzellenheizgeräte auf Länderebene, das die bundesweiten Maßnahmen (zur Zeit die Bonusförderung nach dem KWKG-Gesetz) unterstützen bzw. ergänzen könnte (z.B. vergleichbar der früheren REN-Breitenförderung von Brennstoffkessel).
- Ein weiterer Punkt ist die Positionierung im Bereich mobiler und portabler Anwendungen, insbesondere wenn standardisierte Konzepte für BZ und H₂-Logistik Synergien versprechen.
- Die Aktivitäten zur Nutzung der **Geothermie** beschränken sich in NRW derzeit vor allem auf die oberflächennahen Schichten. Vor diesem Hintergrund erscheint es in einem ersten Schritt zunächst notwendig, Interesse für die weiteren Möglichkeiten der Stromerzeugung aus Erdwärme im Land NRW zu wecken, um Anschluss an die vielfältigen Aktivitäten anderer Bundesländer zu gewinnen. Hierfür dürfte ein Agenda Setting im Rahmen eines Impulsworkshops besonders geeignet sein, aus dem – bei ausreichendem Interesse – ein neues Kompetenznetzwerk entstehen könnte. Ziel sollte sein, eines der ersten größeren bundesdeutschen Demonstrationskraftwerke in NRW anzusiedeln. Ob und in welchem Umfang hierfür direkte Fördermittel vom Land notwendig sind, sollte nach Abwägung der vorhandenen Fördermöglichkeiten (EEG, Zukunftsinvestitionsprogramm des Bundes) entschieden werden.

- Bei der **Photovoltaik** ist ein entscheidender Schritt für eine effektive und rasche Reduktion der Produktionskosten (und damit ein wesentlicher Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit) die Errichtung von sehr großen Produktionsanlagen (Kapazität >100 MW_p/a). Die mit Hilfe von Bund und Land in Gelsenkirchen gebaute Solarzellenfabrik stellt mit ihrer Gesamtkapazität in Höhe von 25 MW_p/a (zwei Fertigungslinien) diesbezüglich nur einen Zwischenschritt dar. Um den Erweiterungsprozess zu fördern, kann und sollte das Land den an der Solarzellenproduktion beteiligten (Groß-)Unternehmen (d.h. vor allem Shell), die über eine ausreichende Finanzkraft verfügen, nicht das unternehmerische Risiko für eine derartige Ausweitung der Produktionskapazitäten abnehmen. Ansatzpunkte sind eher die Schaffung bzw. Stärkung günstiger Standortbedingungen z.B. durch die Sicherstellung eines adäquaten (produktions- und anwendungsnahen) Forschungsniveaus sowie durch Qualifikationsmöglichkeiten für die Bereitstellung hinreichend geschulter Arbeitskräfte und vor allem die Zusammenarbeit mit den Unternehmen in Bezug auf die Ausweitung des Marktes (Exportinitiative, vgl. Kapitel 7.2.1).
- Auch im Bereich der **neuen Kraftstoffe und Energieträger** ergeben sich eine Vielzahl von Anforderungen an die Mitfinanzierung von Pilot- und Demonstrationsvorhaben seitens des Landes. Aufgrund der noch bestehenden Unsicherheiten wird dem Land allerdings empfohlen, zunächst auf der Grundlage der erwarteten Ergebnisse des H₂-Wegweisers eine intensive Diskussion über die Ziele und die hieraus resultierenden robusten Technologiepfade zu führen, bevor Entscheidungen über die Technologieförderung im Detail getroffen werden (vgl. auch Kapitel 7.2.3). In diesem Bereich mit großer Zukunftsoffenheit wäre es besonders hilfreich, die gegenwärtig im AK Wasserstoff geführte Strategiediskussion zu nutzen, um im Sinne des "Roadmappings" einen Rahmen zur Bündelung der im Land vorhandenen Kräfte zu erarbeiten. Über diesen Prozess sind auch Erkenntnisse darüber zu erwarten, in welchen Bereichen eigene Schwerpunkte in EU-weiten Demonstrationsvorhaben gesetzt werden können.

Als **Fazit** kann damit zusammenfassend festgehalten werden, dass die begrenzten Fördermittel für Forschungs-, Entwicklungs- und Demoprojekte zunächst auf den Bereich der H₂-Brennstoffzellen, der Entwicklung dezentraler Energiesysteme und der Nutzung der Geothermie zur Stromerzeugung sowie zur Stützung von EU-Projekten konzentriert werden sollten.

Ungeachtet des Unterstützungsbedarfs im Einzelfall ist es allerdings zusätzlich erforderlich, die Förderung nicht nur auf die Einzeltechnologien zu beschränken. Damit Pilot- und Demonstrationsprojekte einen wirkungsvollen Beitrag zur marktnahen Technologieentwicklung leisten können, sind bei der Auswahl von Maßnahmen die mehrfach angesprochenen Aspekte der Systemintegration und der Synergien zwischen technischen Entwicklungslinien zu berücksichtigen. Um das volle Potenzial der einzelnen Technologien realisieren zu können, müssen deshalb auch **Verbundaufgaben** von Beginn an in die Förderstrategien einfließen. Beispiele sind die Systemintegration, die Erschließung neuer Brennstoffpfade, die Entwicklung von Peripherietechnik oder neuer Dienstleistungskonzepte sowie die Qualifizierung. Im Rahmen der Technologieförderung sollten derartige Systemfragen und Verbundaufgaben somit ein expliziter Bestandteil der Projektdefinition sein. Dies gilt im besonderen Maße für den Bereich der **dezentralen Energiesysteme** und für die Koordination der Einzelprojekte bei den zugrunde liegenden

Techniken wie die Mikrogasturbine, Brennstoffzelle, Biomasse-BHKW, Stirling- und Dampfmaschinen und erneuerbare Energien. Gleiches gilt für den Bereich **Multi-Fuel-Konzepte**. In beiden Fällen besteht Bedarf, durch ein Roadmapping den Rahmen für eine strategische Koordination von Aktivitäten zu schaffen (s.u.) und durch die gezielte Unterstützung von Verbundprojekten mit Pilot- und Demonstrationscharakter und hohem Synergiepotenzial das systemtechnische Know-how im Land auszubauen.

7.1.2 Impulsfunktion und Vernetzung (Workshops)

Über eine Vernetzung der Aktivitäten und eine Bündelung der bestehenden Kompetenzen von Akteuren im Land können neue, bisher weitgehend unbeachtete Marktsegmente erschlossen werden. Bei der Analyse der Einzeltechniken wurde deutlich, dass aufgrund der Konzentration der jeweiligen Unternehmen auf ihre kurz- bis mittelfristigen Kerngeschäfte diese Bereiche von allein in der Regel nicht aufgegriffen wurden. Gleiches gilt für strategisch bedeutsame Fragen, z.B. hinsichtlich der künftigen Struktur der Elektrizitätsversorgung, die aber wegen der langfristigen Perspektive im Tagesgeschäft häufig vernachlässigt werden. Vor diesem Hintergrund kann das Land NRW wichtige Impulse setzen und neue Themen voranbringen.

Besonders interessant für das Land erscheint in diesem Zusammenhang eine Initiative „**Multi-Fuel-Kompetenz NRW**“. Anknüpfungspunkte hierzu ergeben sich einerseits aus der Weiterentwicklung der Kohlekraftwerkstechnik und der Biomassevergasung, die das grundsätzliche Potenzial haben, ein breiteres Brennstoffband als bisher zu verarbeiten. Andererseits stehen verschiedene innovative Strom- und Wärmebereitstellungsoptionen (z.B. HT-Brennstoffzelle, Mikrogasturbine) kurz vor der Marktreife, die sehr unterschiedliche Brennstoffe nutzen können bzw. zumindest an deren Nutzung angepasst werden könnten. Zudem könnten traditionelle Verbraucher aus dem industriellen Bereich in die Überlegungen eingebunden werden. Als Stichwort ist in diesem Zusammenhang auch eine Synthesegas-/Wasserstoffwirtschaft auf Kohlebasis zu nennen (Polygeneration).

Mit der in NRW starken Vergasungskompetenz sind die Schlüsselkomponenten für den Multi-Fuel Ansatz verfügbar und die Ausgangsposition, sich in diesem Bereich positiv gegenüber anderen abgrenzen zu können, ist besonders gut. Vor diesem Hintergrund wird vorgeschlagen einen **Impulsworkshop "Multi-Fuel Solutions"** von Seiten des Landes zu initiieren, bei dem die im Land tätigen Akteure die Möglichkeiten der heute schon bestehenden Technologien darstellen, die Anforderungen von neuen Anwendungstechnologien definiert werden und die Marktperspektiven diskutiert werden. Ziel ist es, ausgehend von diesem Workshop, die Entwicklungsziele und -möglichkeiten für „Multi-Fuel-Konzepte“ klarer zu fassen, die Marktanforderungen unterschiedlicher Zielmärkte im Inland und Ausland zu präzisieren und unter der Voraussetzung eines ausreichenden Potenzials einen Anstoß für eine weitergehende Kooperation der Akteure im Land zu geben, was bis hin zu einer institutionellen Vernetzung führen kann.

Auch in anderen Bereichen kann das Land mit begrenztem Aufwand die notwendigen Impulse zur weiteren Bearbeitung der Themenfelder und Erschließung neuer Märkte leisten, wie das Beispiel des im Jahr 2001 gestarteten LED-Kompetenznetzwerks zeigt. Weitere Beispiele für Aktivitäten wären:

- die Durchführung eines **Sondierungsworkshops "System- und Produktintegration von effizienten Kleinantrieben"** mit dem Ziel, die Technologieanbieter und

Marktteilnehmer zusammenzuführen, ihre Handlungsmöglichkeiten und Interessen zu analysieren und die Möglichkeiten zum verstärkten Einsatz von Effizienzmotoren in Endanwendungen zu diskutieren.

- eine **Fachtagung "Versorgungssicherheit und netzseitiger Handlungsbedarf in dezentralen Energiesystemen"** zur Sensibilisierung und Mobilisierung der Energieversorgungsunternehmen und Netzbetreiber in NRW. Mit Unterstützung der Arbeitsgruppe "Dezentrale Energiesysteme" sollte der Schwerpunkt auf der Zielgruppe Stadtwerke und Regionalversorger liegen und ein Bewusstsein dazu schaffen, welche Chancen und Herausforderungen mit der zunehmenden Integration dezentraler Technologien verbunden sind und welche konkreten, ökonomisch attraktiven Handlungsmöglichkeiten sich durch den kommenden Ersatzbedarf ergeben. Die Tagung sollte als ein Impuls dazu beitragen, einen Roadmapping-Prozess für die strategische Koordination von Projekten und Aktivitäten im Bereich dezentraler Energietechniken in NRW zu etablieren. In diesem Zusammenhang kann auch die Frage nach neuen Angeboten in Bezug auf den Ausgleich schwankender Stromeinspeisung aus z.B. Windkraftanlagen oder PV behandelt werden. Dies betrifft die Bereitstellung unterschiedlicher Formen der Regelenergie ebenso wie Stromspeicher und steuerbare Lasten.
- der Anstoß einer **moderierten Strategiedebatte** zur Realisierung einer **"H₂-Modellregion NRW"** als ein mögliches Leuchtturmprojekt der EU. Aufbauend auf der Arbeitsgruppe Wasserstoffwirtschaft der Landesinitiative wäre es erforderlich, die besonderen Chancen und Synergien aber auch die Risiken herauszuarbeiten, die mit einer derartigen Herausforderung verbunden sind. Mit der Konzeption und Koordination großer EU-Projekte ist die Landesregierung diesbezüglich schon weit vorangeschritten.
- eine **Unterarbeitsgruppe "Modulare Lösungen für Inselssysteme"** des AK Photovoltaik der Landesinitiative, die für die nordrhein-westfälischen Akteure einen Rahmen zur Erarbeitung eines Konzepts für eine modulare (autarke) Energieversorgung von Krankenstationen etc. bietet.

Letztlich besteht die Möglichkeit, durch die Bündelung der bestehenden Kräfte den Standort NRW zu stärken. Von Bedeutung ist dies insbesondere für den Bereich der **Windenergie**, bei der die Wachstumschancen von NRW Akteuren im Wesentlichen auf den Zuliefermarkt und Dienstleistungen beschränkt sind. Ein koordinierter Auftritt und eine gemeinsame Außendarstellung der Zulieferkompetenz der Akteure im Land, die über die AG Windenergie der Landesinitiative Zukunftsenergien geleistet werden kann, kann ihre Position im weltweiten Wettbewerb ebenso stärken (s. 7.2.1) wie die Definition von neuen Marktbereichen, z.B. die Bewertung von Altanlagen für die Zweitverwertung (Second Hand Markt).

Weniger konkret stellt sich derzeit die Zukunft im Bereich der **solarthermischen Kraftwerke** dar. Unbestritten ist die weltweite Einschätzung, dass sich hier ein enormes Marktpotenzial eröffnet. Die Errichtung von Demoanlagen in den sonnenreichen Zielländern als entscheidender Schritt für eine Markterschließung liegt allerdings außerhalb der Handlungsmöglichkeiten von NRW. Eine begleitende Maßnahme wäre deshalb, Akteure aus NRW bei der Bildung von und der Teilnahme an Konsortien von Projekten zu unterstützen. Läuft der weltweite Markt allerdings an, ergibt sich die Notwendigkeit, die bestehenden Fertigungskapazitäten für die Kernkomponenten zu

erhöhen. Mit der bisher einzigen in Deutschland bestehenden Produktionsanlage in Bayern kann jedes Jahr nur etwa ein solarthermisches Kraftwerk mit Spiegeln bestückt werden. Im Wettbewerb der Bundesländer um die Ansiedelung einer derartigen Fertigungsanlage gilt es daher, frühzeitig die besonderen Standortfaktoren von NRW herauszustellen – insbesondere, weil mit FLABEG und Babcock Borsig Power zwei entscheidende Marktakteure in NRW für die Errichtung bisher bestehender Anlagen beheimatet sind. Eine frühzeitige Vernetzung der Zulieferkompetenz und Gespräche mit den Energieunternehmen des Landes bezüglich eines gemeinsamen Engagements werden hier als Ziel führend eingeschätzt. Darüber hinaus gilt es, neue Anwendungsformen solarthermischer Kraftwerke (z.B. modulare Inselsysteme für KW(K)K, GuD-Hybridsysteme) zu identifizieren und ggf. in Demoprojekten zu testen.

7.2 Technologieübergreifende Instrumente

In Ergänzung zu technologiespezifischen Ansätzen können insbesondere im Bereich der Exportförderung übergreifende Maßnahmen eine wichtige unterstützende Aufgabe wahrnehmen. Darüber hinaus bestehen Möglichkeiten zur Nutzung übergreifender Forschungsprogramme wie z.B. dem 6. FRP der EU. Es hat sich auch gezeigt, dass gerade in Zeiten zunehmender Unsicherheiten auf den Märkten eine stärkere strategierorientierte Steuerung der Forschungs- und Entwicklungspolitik den Akteuren eine wichtige Hilfestellung geben kann. Letztlich trifft dies auch auf eine kontinuierliche (strategische) Technologievorausschau zu, die den Marktakteuren frühzeitig Signale für interessante technologische Entwicklungslinien gibt.

7.2.1 Exportmarktunterstützung

Die Erschließung von neuen Exportmärkten im Ausland ist eine wichtige Voraussetzung für den kommerziellen Erfolg der meisten der hier ausgewählten Technologien. Bei der Analyse hat sich jedoch durchgängig gezeigt, dass

- die den Markt tragenden kleinen und mittleren Unternehmen sich häufig nicht in der Lage sehen – ohne extrem hohe Vorleistungen in Kauf zu nehmen - ausreichende Informationen über die Zielmärkte und die hier relevanten Akteure zusammenzutragen. Potenzielle Absatzmärkte und spezifische technologische Entwicklungslinien werden somit nicht berücksichtigt.
- die Nutzung der internationalen Finanzierungsinstrumente, vor allem im Rahmen des Kyoto-Protokolls, eine wesentliche Voraussetzung für die Belebung der Märkte für Technologien aus NRW sein kann. Eine frühzeitige Vorbereitung und Weiterbildung der Unternehmen in diesem Bereich erscheint deshalb sinnvoll.

Während sich die aus dem erstgenannten Punkt resultierenden Hemmnisse zum Teil durch eine Verbesserung der bestehenden Informationsbasis durch eine internet-basierte Informations- und Kooperationsplattform abbauen lassen⁶¹, erfordert der zweite Punkt eine entsprechende Informations- und Qualifizierungsoffensive.

⁶¹ Eine solche Plattform wird derzeit u.a. durch die Exportoffensive der dena bereitgestellt.

7.2.1.1 Informations- und Kooperationsbörse im Internet

Gerade die stark mittelständisch geprägten Unternehmen in vielen Technologiebereichen stehen vor Schwierigkeiten, die vielfältigen Entfaltungsmöglichkeiten auf den Auslandsmärkten gezielt zu nutzen. Ein wesentlicher Grund hierfür ist das fehlende Wissen über die konkreten Bedingungen in den Zielländern, aber auch der generelle Mangel an Vermarktungsstrukturen vor Ort. Gleichzeitig laufen dadurch häufig die schon existierenden Initiativen der Importländer, z.B. durch Steuererleichterungen für den Import bestimmter Technologien (Indien), ins Leere. Ebenso fehlen Erkenntnisse und Anknüpfungspunkte, um an wichtigen ausländischen Messen teilnehmen zu können.

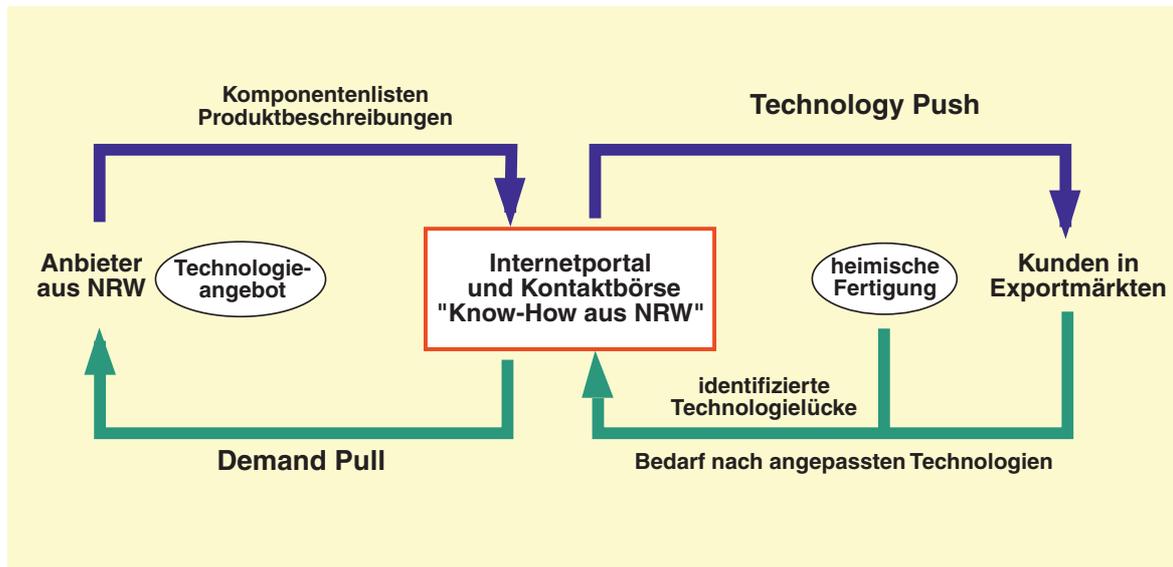
Den Marktakteuren stehen dabei heute schon vielfältige Wege offen, ihren Informationsstand über die Marktfähigkeit ihrer Produkte und die spezifischen Bedingungen in einzelnen Zielländern zu verbessern. Hierzu gehören z.B. Maßnahmen der Außenwirtschaftsförderung des Landes (inklusive Ministerbesuche, Gemeinschaftsstände auf Messen), die Arbeiten der Arbeitsgruppe Außenwirtschaft der Landesinitiative Zukunftsenergien (mit der Durchführung von verschiedenen Länderforen), die Erarbeitung von Branchenatlanten (z.B. auch im Bereich Brennstoffzellen) im Rahmen der Landesinitiative, Marktprofilstudien der Deutschen Handelskammer oder der EU-Kommission sowie Tagungen bzw. Symposien der Energieagentur NRW und schließlich auch kommerzielle Dienstleistungsangebote von unabhängigen Consultants. Allerdings gibt es für die Marktakteure keinen zentralen Ansprechpartner bzw. zentrale Anlaufstelle, was insbesondere die mittelständische Industrie vor Probleme stellt. Auch die von der Bundesregierung Mitte 2002 gegründete „Deutsche Exportinitiative Erneuerbare Energien“ kann diese Funktion nicht vollständig wahrnehmen. Die bei der Deutschen Energieagentur (dena) angesiedelte Initiative leistet zwar einen zusätzlichen Beitrag zur Unterstützung der kleinen und mittleren Unternehmen und übernimmt die Rolle eines Informationsvermittlers, in dem sie als Kompetenzzentrum Know-how und Partner vermittelt. Aufgrund ihrer begrenzten Ausstattung ist dies aber nur in Ansätzen möglich und erfordert weitere Unterstützung seitens der Länder bzw. der Wirtschaft.

Viele heute angebotene Hilfsmittel erschöpfen sich zudem auf einzelne ausgewählte Technologiebereiche wie z.B. erneuerbare Energien oder Brennstoffzellen und geben den Unternehmen (gerade den Zulieferbetrieben) keinen umfassenden Überblick. Vor diesem Hintergrund wird angeregt, für die Zielgruppe der kleinen und mittleren Unternehmen, länder- bzw. regionenspezifische Internetportale unter dem Label der Landesinitiative einzurichten.

Das Internetportal sollte dabei nicht nur Informationsbasis sein (wie entsprechende Tools, die von der dena seit Herbst 2002 zur Verfügung gestellt wurden), sondern auch aktiv Kooperationen unterstützen und initiieren. Hinsichtlich der Kooperationsplattform müssen grundsätzlich zwei Zielrichtungen unterschieden werden (vgl. Abb. 7.2):

- Akteure aus NRW suchen Absatzmärkte für ihre Produkte und geeignete Partner, die sich ggf. vor Ort an einer Herstellung beteiligen können.
- Akteure aus den Partnerländern kommunizieren vorhandene Technologielücken bei ihrer Produktherstellung, um geeignete Lösungen in NRW zu finden und diesbezügliche Kooperationen aufzubauen.

Abb. 7-2: Grundstruktur eines vertieften Austauschprozesses im Bereich Technologie- und Komponentenexport



Aus beiden Ebenen kann ein zusätzliches Beschäftigungspotenzial für die Unternehmen in NRW resultieren. Zudem lassen sich beide Ziele im Sinne der Kombination von **technology push** (Angebot von Technologie, die schon da sind) und **demand pull** (Technologien, für die grundsätzlich ein Bedarf besteht) in idealer Weise miteinander verbinden. Um diesem Ziel gerecht zu werden, sollten in dem Portal z.B. folgende Informationen über die Partnerländer bereit gestellt werden:

- Bedarfs- und Potenzialanalysen (z.B. für die Einsatzmöglichkeiten erneuerbarer Energien)
- Politische und energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen
- Fertigungsstrukturen und technologisches Know-how (z.B. im Zuliefermarkt)
- Kontaktadressen zu Unternehmen bzw. Multiplikatoren im Land (Handelskammer etc.)
- Interaktive Plattform, auf der sich Unternehmen aus dem Partnerland mit ihrem Profil und ihrem technologischen Bedarf darstellen können, sowie heimische Unternehmen ihre Produktpalette und technologisches Know-how präsentieren können

Aufgrund der erforderlichen Informationsfülle muss beim Aufbau des Portals mit entsprechenden Stellen in den Partnerländern zusammengearbeitet werden. Um den Anfangsaufwand zu begrenzen, werden diese Aktivitäten sinnvollerweise zunächst mit solchen Ländern gestartet, mit denen NRW heute schon im regen Austausch steht und bei denen die Informationslage des Landes mithin schon relativ gut ist. Das in diesen Ländern im Landesauftrag tätige Personal sollte sich in diesem Sinne auch stärker als bisher als Anwalt der heimischen Unternehmen verstehen; eine Praxis, die von der OECD akzeptiert ist und von verschiedenen anderen Ländern intensiv genutzt wird. Darüber hinaus ist es essentiell, KMU mit ihren z.T. innovativen und marktgängigen Ideen, aber fehlenden internationalen Absatzstrukturen, stärker mit solchen Unternehmen zusammenzubringen, die über solche Strukturen verfügen. Hier könnten gemeinsame

Aktivitäten einschlägiger großer Unternehmen aus NRW und der Landesregierung hilfreich im Sinne einer **Außenwirtschaftsallianz** sein.

7.2.1.2 Markt- und Technologieförderung durch internationale Finanzierungsmechanismen (Flexible Mechanismen)

Auf welche Art die so genannten „Flexiblen Instrumente“ aus dem Kyoto Protokoll (Emissionshandel, Joint Implementation (JI), Clean Development Mechanism (CDM)) Beiträge zur Markterschließung innovativer, klimafreundlicher Technologien im Ausland leisten können, wird heute noch unterschiedlich bewertet. Während der Emissionshandel⁶² eher ein Instrumentarium darstellt, die Emissionsziele der Nationalstaaten durch einen Handel zwischen Unternehmen kostengünstiger zu realisieren, zeigen die beiden anderen Instrumente einen größeren Zusammenhang in Fragen des Technologietransfers. Dabei stehen durchaus unterschiedliche Ansätze im Vordergrund. Joint Implementation kann z.B. eher dazu beitragen die Zusatzkosten effizienterer Kohlekraftwerke abzudecken, während der Clean Development Mechanism stärker auf angepasste Technologien oder Systemlösungen für Anwendungen in Entwicklungsländern abzielt. Gerade hier, wo die Umsetzung häufig nicht an einem Mangel an Technik, sondern im Wesentlichen an der fehlenden Finanzierung scheitert, knüpfen sich hohe Hoffnungen an diesen Mechanismus. Insgesamt haben die flexiblen Instrumente durch die europaweite Implementierung des Emissionshandels stark an Bedeutung gewonnen. Ihre Bedeutung wird weiter steigen, da noch im Jahr 2004 mit der Ratifizierung des Kyoto-Protokolls durch Russland und Entscheidungen zur Verknüpfung von Emissionshandel und JI/CDM gerechnet wird (so genannte Verbindungsrichtlinie der EU).

Mit der Schwerpunktsetzung „Flexible Instrumente der internationalen Kooperation im Klimaschutz“ auf dem Klimaschutzkongress NRW am 22.05.2002 hat die Landesregierung dieses Problem bereits aufgegriffen und einen ersten wichtigen Schritt gemacht. Diesen gilt es konsequent fortzusetzen und auf die praktischen Bedürfnisse der Akteure anzupassen.

Eine umfassende Aufbereitung und Bewertung der Lage und der mit den flexiblen Instrumenten ggf. verbundenen Chancen übersteigt die Kapazitäten und Kompetenzen der Akteure, insbesondere aus der mittelständischen Industrie. Das Land kann deshalb einen hilfreichen Beitrag leisten, in dem es Informationen zu den internationalen Finanzierungsinstrumenten bündelt und problemgerecht aufbereitet. Hierfür müssen erst einmal die für die flexiblen Instrumente relevanten Technologiebereiche identifiziert werden. Auch gilt es zu prüfen, welche Anforderungen die diskutierten Verfahren an die Projekte stellen und inwieweit dies mit den üblichen Vorgehen der Firmen beim Export vereinbar ist. Das Ziel sollte es sein, möglichst robuste Handlungsstrategien abzuleiten, mit denen die Akteure aus NRW die vorhandenen Chancen aktiv nutzen und sich auf kommende Situationen frühzeitig vorbereiten können. Hierzu kann die Durchführung von Workshops ebenso dienen wie die Darstellung und Analyse von erfolgreichen Demonstrationsprojekten. Dabei sollten die vorhandenen nationalen wie internationalen Informationstools (z.B. Exportinitiative der dena) genutzt werden.

⁶² EU-weite Einführung zum 1. Januar 2005

Sinnvoll wäre auch die Einbettung einer ständigen Untergruppe „Flexible Instrumente“ in die Arbeiten der Gruppe Außenwirtschaft der Landesinitiative Zukunftsenergien. Ziel dieser Unterarbeitsgruppe könnte es sein, möglichst praxisnah an einzelnen Beispielen die Chancen und das notwendige Vorgehen auszuloten. Dabei sollte, soweit möglich, der jeweilige Sachstand der internationalen Klimaverhandlungen, in denen über die konkrete Ausgestaltung der Mechanismen diskutiert wird, einbezogen werden. Solange keine andersartige institutionelle Einordnung erfolgt, könnte diese Gruppe als Ansprechpartner für die Akteure im Land zur Verfügung stehen und in den Gruppensitzungen der Arbeitsgruppe Außenwirtschaft kontinuierlich über den erreichten Fortschritt berichten.

Im zweiten Schritt sollte geprüft werden, inwieweit die praktische Umsetzung von Projekten unterstützt werden kann. Eine Möglichkeit hierzu stellt die Einrichtung eines spezifischen – nach erfolgreicher Anfangsphase dann ggf. revolving – Fonds (Unterstützung der Einwerbung privater Mittel oder Starthilfe des Landes) dar, aus dem heraus beispielsweise Projekte aus den Bereichen JI und CDM finanziert werden können.

7.2.2 Nutzung von europäischen Initiativen

Das **6. Rahmenforschungsprogramm der EU** bietet in den nächsten Jahren bis 2006 die Grundlage für die Bildung von leistungsstarken Kooperationen in Europa und die Realisierung von kostenträchtigen, länderübergreifenden Projekten (vgl. Kap. 5.3). Für Akteure aus NRW bietet sich hier die Chance, eine zusätzliche Finanzierung für aufwendige und risikoreiche Maßnahmen einzuwerben und neue Technologiepartnerschaften aufzubauen. Die Voraussetzung hierfür ist jedoch ein offensives und aktives Engagement während der Antragsphase sowie die Bereitschaft, die oft erheblichen Kosten vorzufinanzieren. Zusammen mit dem bürokratischen Aufwand der Antragstellung und der Projektbearbeitung werden deshalb viele Akteure abgeschreckt.

Diese Hemmnisse werden durch die neue Schwerpunktsetzung mit Betonung der großvolumigen Instrumente in der Tendenz noch verstärkt (Integrated Projects, Networks of Excellence). Der Koordinierungsaufwand für ein Konsortium steigt hierdurch deutlich an. Auf der anderen Seite bieten diese Instrumente jedoch eine substantielle finanzielle Förderung, die die untersuchten Technologien einen wichtigen Schritt weiterbringen können. Für Forschung, Industrie und Politik in NRW ergibt sich hieraus die Aufgabe, die Chancen und Grenzen der neuen Instrumente zu prüfen und eine aktivere Rolle im 6. FRP anzustreben. Angesichts der langfristigen Unterstützung im Förderfall ist es dabei sinnvoll, motivierte Akteure aus NRW in einem aussichtsreichen Fall bei der Antragsstellung zu unterstützen (z.B. durch Zuschüsse). Auf der Grundlage dieser Untersuchung bieten sich für ein verstärktes Engagement oder sogar die Federführung im Rahmen eines Integrated Projects oder Networks of Excellence die Themen Multi-Fuel, Wasserstoff-Cluster, Effiziente Kohlenutzung, dezentrale Energiesysteme, solarthermische und geothermische Stromerzeugung sowie effiziente Bürogebäude (*green office*) an. Die Landesregierung könnte die Unternehmen und Forschungseinrichtungen bestärken, hier die notwendigen Initiativen zu ergreifen.

Gleichzeitig müssen die Chancen genutzt werden, um in der Vorbereitung des folgenden 7. FRP Einfluss zu nehmen, um für NRW relevante Themen zu fördern. Ein Beispiel ist das Engagement des Landes in der EU H₂-Technologieplattform.

7.2.3 Koordinierte Strategiediskussion zur Sicherung und Lenkung der F&E-Dynamik (Roadmapping)

Für die Sicherung und den Ausbau der technologischen Position von NRW ist es erforderlich, die Entwicklungsdynamik bei den Schlüsseltechnologien zu erhalten und auf neue Ziele hin zu lenken. Der internationale Vergleich der Energieforschungsaktivitäten hat dabei einerseits die allgemeine Bedeutung von anspruchsvollen und hinreichend konkreten Entwicklungszielen z.B. in Form von Ausbauzielen für erneuerbare Energien unterstrichen, die einen Orientierungsrahmen für die Marktakteure bieten. Andererseits müssen die einzelnen Entwicklungsschritte zeitlich gestaffelt und im Systemzusammenhang vernetzt werden, um eine Erfolgskontrolle zu ermöglichen und die Synergien zwischen den technologischen Aktivitäten bestmöglich zu nutzen.

Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, ein Forum für eine **koordinierte Strategiediskussion** zur Forschungsplanung in NRW zu schaffen. Eine derartig koordinierte Strategiediskussion, wie sie z.B. in den USA unter dem Begriff *"roadmapping"* als das zentrale Instrument der F&E Planung des DOE angewandt wird, könnte die bisherigen Aktivitäten im Land sinnvoll ergänzen (vgl. Kap 5). Aufbauend auf der umfassenden Netzwerkarbeit der Landesinitiative und ersten, in diesem Bereich gesammelten Erfahrungen, könnte das Vorgehen in ausgewählten Teilbereichen getestet und z.B. schrittweise als Managementtool der Arbeitsgruppen eingeführt werden.

Unter Leitung des MVEL und MWF und bei Beteiligung der relevanten Akteure aus Politik, Industrie, Wissenschaft und Praxis bietet ein solcher moderierter Diskussionsprozess die Möglichkeit:

- systematisch nach strategischen Zielen für die F&E bei Zukunftstechnologien zu suchen,
- mögliche Leitplanken und Schwerpunkte für die Entwicklung der jeweiligen Schlüsseltechnologien zu benennen,
- die unterschiedlichen F&E Strategien und zugrunde liegenden Marktperspektiven sowohl innerhalb als auch zwischen den Schlüsseltechnologiebereichen auf Kompatibilität bzw. Widersprüchlichkeit zu analysieren (z.B. mehrfache (Über)Nutzung der begrenzten Biomassepotenziale),
- Entwicklungsschritte, Performanceziele und Zeithorizonte als gemeinsame und verbindliche Zielvorgabe abzuleiten,
- konkrete Forschungsaufgaben und Fragestellungen für Verbundprojekte aktiv zu definieren und z.B. als Wettbewerb verschiedener Lösungsansätze auszuschreiben, und
- regelmäßig Fortschritte, Zielabweichungen und strategische (Neu)Orientierung durch eine Positionsbestimmung zu überprüfen.

⁶³ vgl. Commission of the European Communities, Report from the Commission „Environmental technology for sustainable development, COM (2002) 122, Brüssel, 2002

Der besondere Beitrag des Verfahrens würde darin bestehen, dass durch die Struktur des moderierten Prozesses die Diskussion in den Schlüsselbereichen gezielt und von Politik und Industrie gemeinsam vorangetrieben wird. Weiterhin werden gemeinsame Schwerpunkte, Zielvorgaben und Zeitpläne entwickelt, die mit themenspezifischen Anreizen kombiniert werden können. Die intensive Einbindung der Industrie in den Prozess von Beginn an garantiert die Marktnähe und erhöht die Umsetzungswahrscheinlichkeit der Ergebnisse.

Der moderierte Prozess schafft somit einen Orientierungsrahmen in einem komplexen Themenfeld. Davon können die Akteure in NRW, insbesondere KMU, in vielfacher Hinsicht profitieren. Insbesondere bietet die Identifikation von Entwicklungszielen und Schwerpunkten zusammen mit der Spezifikation/Ausschreibung von konkreten Forschungsaufgaben eine Hilfestellung bei der Prüfung, zu welchen Themenbereichen die Unternehmen mit ihrem Leistungsspektrum überhaupt beitragen können. Die Hemmschwelle zur Initiierung von bzw. Beteiligung an Projekten könnte dadurch gesenkt werden. Im Rahmen der Landesinitiative eingesetzt, könnte die Leistung der Arbeitsgruppen dadurch konkretisiert und zielgerichteter organisiert werden. Die eigenverantwortliche Definition von Arbeitszielen und die Überprüfung des Fortschritts innerhalb der Gruppe würden erleichtert.

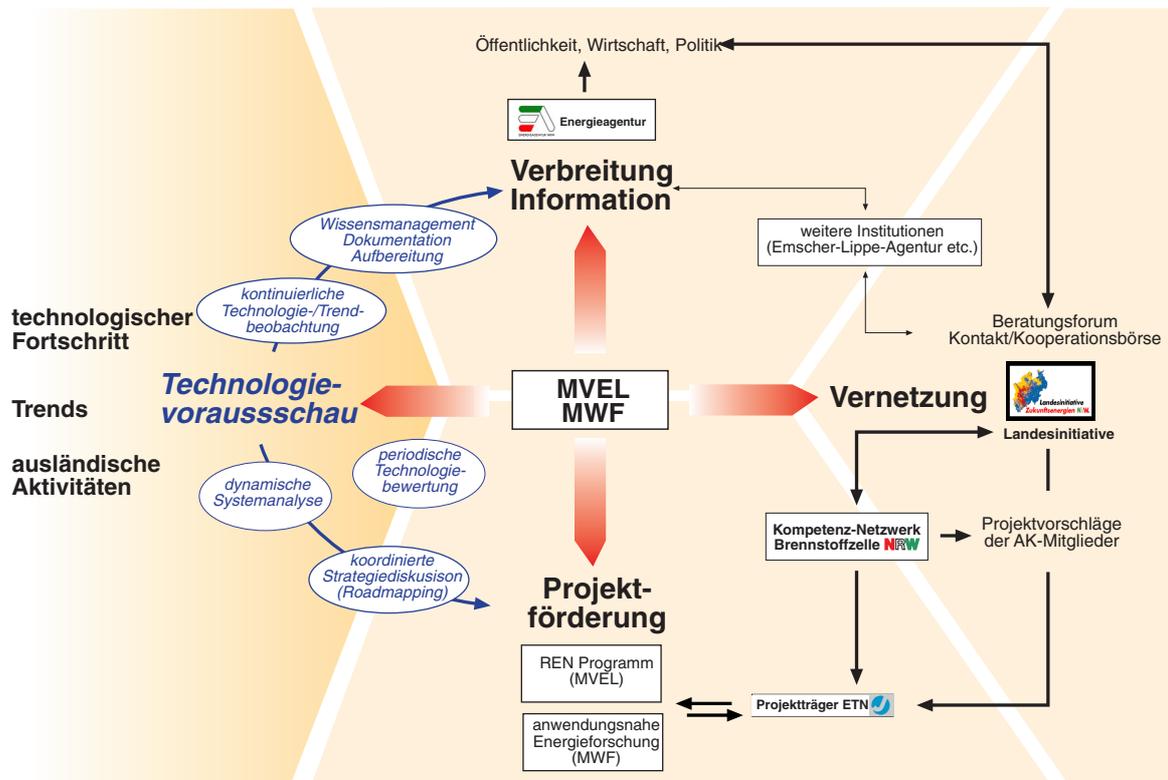
Das Verfahren des Roadmapping ist für die Landesinitiative Zukunftsenergien nicht gänzlich neu, sondern zumindest in Ansätzen schon durchgeführt worden. Dies gilt z.B. für das Projekt „50 Solarsiedlungen“ und die PV-Forschungsaktivitäten des Landes sowie insbesondere für die Arbeiten im Kompetenznetzwerk Brennstoffzelle und die derzeit laufenden Diskussionen zur Weiterentwicklung der PV-Forschung in NRW.

7.2.4 Strategische Technologievorausschau

Angesichts der vielfältigen Aktivitäten des Landes zur Stärkung der Energieregion NRW ist ein schneller und einfacher Zugriff auf aktuelles Technologiewissen eine wichtige Erfolgsvoraussetzung bei der Planung, Initiierung und Umsetzung von Projekten und Maßnahmen. Für eine leistungsfähige, effektive und dauerhafte Unterstützung der Landespolitik, der Institutionen in NRW und der nordrhein-westfälischen Industrie erscheint es deshalb sinnvoll, das vorhandene Wissen kontinuierlich weiterzuentwickeln und zu aktualisieren – vor allem angesichts der zum Teil dynamischen Veränderungen in den vielfach noch jungen Themenfeldern.

Es besteht also der Bedarf nach der **Verstetigung einer strategischen Technologievorausschau**, die die bisherigen Schwerpunkte der nordrhein-westfälischen Energie- und Technologiepolitik ergänzt (vgl. Abb. 7.3).

Abb. 7-3: Darstellung der Ergänzung der vorhandenen Aktivitäten im Land NRW im Bereich Zukunftsenergien durch eine strategische Technologievorausschau und koordinierte Strategiediskussion zur Forschungsplanung



Auf Grundlage der bisherigen Erfahrungen bieten sich zwei zentrale Komponenten an, die in Form von zwei miteinander verbundenen und aufeinander aufbauenden Modulen gestaltet werden können:

- Ein **Wissensmanagement durch kontinuierliches Technologiescreening und Trendbeobachtung** umfasst die permanente Beobachtung von technologischen, sozialen und wirtschaftlichen Trends sowie eine regelmäßige Recherche von F&E Aktivitäten in und außerhalb von NRW. Angesichts der Informationsflut durch Internet, Newsletter usw. sind viele Akteure – vor allem KMU - in der eigenständigen Suche und Auswertung von Informationen überfordert und wünschen sich eine Unterstützung durch eine kompetente Stelle im Land. Ein derartiges Wissensmanagement im Bereich von Zukunftsenergien in der beschriebenen Breite und Qualität existiert zur Zeit noch nicht. Eine wichtige Aufgabe wäre also, in enger Kooperation mit der Energieagentur, der Landesinitiative sowie den Forschungseinrichtungen usw. das vorhandene Teilwissen im Land zusammenzuführen und zu bündeln. Hierdurch würde eine wichtige Dienstleistungsfunktion für die Landesregierung, die Landesinstitutionen (z.B. der Projektträger) wie auch die Akteure aus Industrie und Praxis geschaffen werden. In der konkreten Ausgestaltung bietet sich dabei die Nutzung von elektronischen Medien, vor allem dem Internet an.
- Auf der Grundlage der jeweils aktuellen Informationsbasis des Wissensmanagements können richtungsweisende **periodische Technologiebewertungen** durchgeführt werden. Die überaus positiven Erfahrungen mit dem im Rahmen der Untersuchung

durchgeführten Expertenworkshops verdeutlichen den Wert von derartigen strategischen Bewertungen. In regelmäßigen Abständen (z.B. alle 2-3 Jahre) kann durch ein vorbereitetes und moderiertes Expertenreview eine strategische Positionsbestimmung und (Neu-)Orientierung im Bereich Zukunftsenergien vorgenommen werden. Ein Beispiel wäre hierfür die Durchführung eines energiebezogenen, nordrhein-westfälischen Mini-Delphi-Verfahrens. Durch die Ausweitung des Expertenkreises ließe sich dabei nicht nur die Qualität der Abschätzungen verbessern, sondern auch gleichzeitig eine breite Beteiligung von Praxisakteuren und Wissenschaftlern an der Strategiebildung erreichen. Es ist weiterhin denkbar, zusammen mit grundsätzlichen Fragestellungen bei jeder Runde ein Spezialthema vertieft zu behandeln.

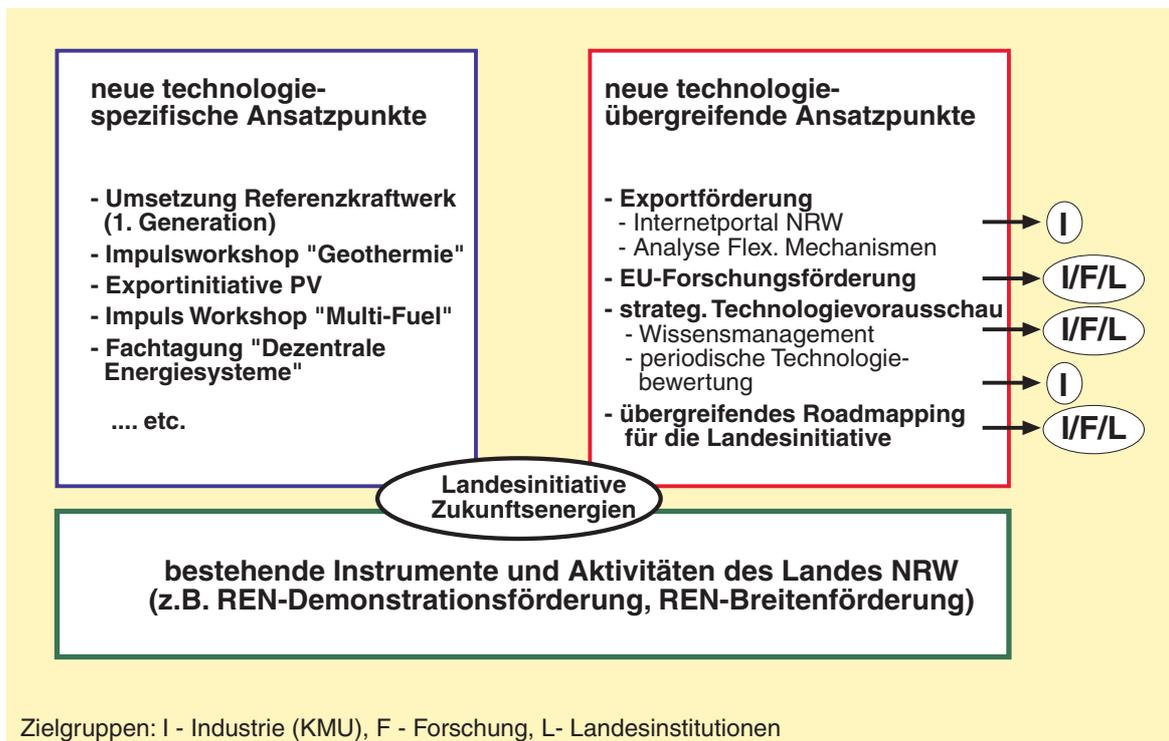
8 Fazit

In der vorliegenden Untersuchung wurden auf der Basis eines mehrstufigen Filterverfahrens aus der Gesamtheit der gegenwärtig verfügbaren bzw. absehbaren technologischen Optionen 10 Einzeltechnologien und 4 Systemlösungen ausgewählt. Diese Technologien zeichnen sich dadurch aus, in besonderer Weise zum Aufbau von zukunftsfähigen Energiesystemen in NRW und im Ausland sowie zur Sicherung und ggf. einem Ausbau der Beschäftigung im Energieland NRW beizutragen. Vergleiche mit nationalen und internationalen Szenarioanalysen zeigen, dass den betrachteten Optionen vor allem im Rahmen von stärker klimaschutzorientierten Entwicklungspfaden zunehmende Bedeutung zukommt, sie sich aber auch unter Business as Usual Bedingungen als hinreichend robust erweisen. Diese grundsätzlich positiven Marktperspektiven können aber nur dann ausgeschöpft werden, wenn in der Forschung und Entwicklung einerseits und der Markteinführungsphase andererseits unterstützende Maßnahmen seitens des Landes ergriffen werden.

Aufgrund der nur begrenzt zur Verfügung stehenden Mittel des Landes und der beteiligten Unternehmen ist bei der Umsetzung der möglichen und grundsätzlich sinnvollen Maßnahmen zwangsläufig eine Prioritätensetzung in der Form einer inhaltlichen und zeitlichen Staffelung erforderlich. Zudem muss sich die Landesregierung aus gleichen Gründen in erster Linie auf Maßnahmen beschränken, die initiierenden oder begleitenden Charakter haben. Direkte Zuschüsse zur Errichtung von Demonstrationsanlagen oder Produktionsstätten sollten die Ausnahme bleiben, während jedoch die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand bei eigenen Beschaffungen und Investitionen aktiver ausgeübt werden sollte.

Im Rahmen der Untersuchung wurden vor diesem Hintergrund eine Reihe von Handlungsoptionen aufgezeigt und konkrete Vorschläge entwickelt. Für die ausgewählten Bereiche wurde dabei zwischen technologiespezifischen und übergreifenden Maßnahmen unterschieden. Darüber hinaus ist im Hinblick auf die Sicherung der breiten Energiekompetenz des Landes auch eine weitergehende Förderung und Unterstützung in anderen Bereichen notwendig, die wie bisher z.B. in Form der projektorientierten REN-F&E- sowie Demonstrationsförderung erfolgen kann (vgl. Abb. 8.1). Während sich die technologiespezifischen Ansatzpunkte in der Regel an ausgewählte Adressaten richten, zielen die vorgeschlagenen übergreifenden Maßnahmen auf breitere Akteursgruppen ab. Nutznießer sind hier neben den Landesinstitutionen (z.B. Ministerien und Projektträger) selber, die z.B. Hilfsmittel für die Technologiebewertung und vernetzte Forschungsplanung an die Hand bekommen, vor allem der industrielle und mittelständische Anlagenbau (inkl. Zulieferindustrie), die Energie- und Mineralölwirtschaft und die vielfältigen Forschungseinrichtungen des Landes. Auch für die Landesinitiative Zukunftsenergien, als zentralem Netzwerk für die Weiterentwicklung von Energietechnologien, ergeben sich zahlreiche Verknüpfungspunkte.

Abb. 8-1: Ergänzung der bestehenden Instrumente und Aktivitäten des Landes NRW durch die identifizierten technologiespezifischen und übergreifenden Ansatzpunkte



Im vorangegangenen Kapitel 7 wurden die Maßnahmen und Ansatzpunkte beschrieben, die aus Sicht der Gutachter von besonderer Relevanz für die künftige technologische Entwicklung sein werden und deshalb bei der Schwerpunktsetzung des Landes prioritär berücksichtigt werden sollten. Eine Differenzierung der Maßnahmen untereinander verdeutlicht, dass neben wichtigen und sehr wichtigen Ansätzen einige Handlungsoptionen aufgrund der zeitkritischen Ausgangssituation oder der langfristigen strategischen Perspektive von herausragender Bedeutung sind (Abb. 8.2). Als Beispiel für ersteres kann insbesondere die konsequente Fortsetzung der gewonnenen Erkenntnisse aus der Machbarkeitsstudie für das Referenzkraftwerk NRW aufgeführt werden, die eine wesentliche Vorarbeit für das Erschließen des mit dem Ersatz- und Erneuerungsbedarf im Kraftwerkspark⁶⁴ verbundenen Handlungsspielraums darstellt. Ein Beispiel für den zweiten Bereich der langfristigen Optionen ist der Ansatz, die vielfältige Kompetenz im Land bezüglich der Entwicklung von Multi-Fuel-Konzepten zu bündeln und ggf. mit anderen Feldern strategisch zu verknüpfen (CO₂-Abscheidung, Wasserstoffherstellung). Gleichzeitig zeigt sich allerdings, dass die Ansatzpunkte nicht zwangsläufig mit hohem Aufwand (z.B. Investitionskosten) verbunden sind, sondern auch weniger aufwendige Maßnahmen ein hohes strategisches Potenzial aufweisen können.

⁶⁴ Spätestens ab dem Jahr 2010.

Abb. 8-2: Einordnung der identifizierten, besonders relevanten Handlungsmöglichkeiten nach ihrer strategischen Bedeutung und dem erforderlichen Umsetzungsaufwand

	niedriger Aufwand	mittlerer Aufwand	hoher Aufwand
<p>★ herausragende Bedeutung (besonders zeitkritisch bzw. langfristig-strategisch prioritär)</p>	<p>Exportstudie eff. Kohlekraftwerk (JI/CDM Nutzung)</p> <p>Impulsworkshop Geotherm. KW NRW</p> <p>Stärkung Standortfaktoren für PV-Massenfertigung (100 MWp/a)</p>	<p>Impuls & Unterstützung für NRW-Beteiligungen an den EU-FRP</p> <p>Strategiediskussion (Roadmap) als start. Orientierungsrahmen für Energieforschung und LZE-Aktivitäten</p>	<p>Referenzkraftwerk eff. Kohlenutzung (Demo-Anlage)</p> <p>Verbundprojekte "Systemintegration DEA"</p>
<p>★ sehr wichtige Bedeutung</p>	<p>Mobilisierung der EVU insbes. Stadtwerke für "Dezentrale Energiesysteme"</p> <p>Impulsworkshop & Initiative "Multi-Fuel-Kompetenz NRW"</p> <p>Kompetenzzentrum eff. Kraftwerkstechnik für Kohle-KW 2. Generation</p> <p>System-/Infrastrukturanalyse CO₂-Entsorgung NRW</p>	<p>Roadmap "Dezentrale Energiesysteme"</p> <p>Roadmap "Neue Energieträger/ Kraftstoffe"</p>	<p>F&E Förderung Hochtemperatur-Brennstoffzelle</p> <p>Geotherm.-Demokraftwerk in NRW</p> <p>eff. Kohle-KW F&E Förderung 2. Generation</p>
<p>★ wichtige Bedeutung (bzw. wenig zeitkritisch)</p>	<p>Potenzialanalyse "Flex. Mechanismen zur Exportfinanzierung"</p> <p>Sondierungsworkshop "effiziente Antriebe"</p> <p>Stärkung Standortfaktoren für SKW-Fertigung</p>	<p>NRW-Internetportal für Technologieexport</p> <p>regelmäßige Technologievorausschau</p>	<p>Markteinführungs-Programm BZH (nach 2010)</p>

SKW: solarthermisches Kraftwerk
DEA: dezentrale Energieerzeugungsanlage
BZH: Brennstoffzellenheizgerät
FRP: EU-Forschungsrahmenprogramm
LZE: Landesinitiative Zukunftsenergien
KW: Kraftwerk

Die im Rahmen dieser Untersuchung beschriebene Sammlung von Maßnahmen ist als Handlungsbaukasten für die Landesregierung zu verstehen, in den ausgewählten Technologiefeldern zusätzliche oder neue Akzente zu setzen. Natürlich können nicht alle Maßnahmen gleichzeitig umgesetzt werden, soweit möglich sollten aber die sich zum Teil selbstverstärkenden Effekte genutzt werden. Der Landesregierung wird mit dem Baukasten die Möglichkeit gegeben, vor dem Hintergrund der jeweils spezifischen Rahmenbedingungen und ihrer energie- und technologiepolitischen Handlungsspielräume den in Abbildung 8.2 angedeuteten Abwägungsprozess durchzuführen und eigene (zeitliche) Schwerpunktsetzungen zu treffen.

9 Literatur

- Bundesamt für Energie (BfE): Konzept der Energieforschung des Bundes 2000-2003, Schlussversion November 1999, Bern
- Enquete Kommission des deutschen Bundestages (2002): Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung. Zusammenfassung des Abschlussberichts, Deutscher Bundestag, Auszug aus Drucksache 14/9400, 02. Juli 2002
- Enquete Kommission Nachhaltige Energieversorgung (Enquete 2002): Szenarienerstellung für die Enquete- Kommission des Deutschen Bundestages; IER/WI/Prognos
- European Commission (2001a): Proposal for a directive on the promotion of the use of biofuels for transport. COM(2001)547 Final, Brüssel
- European Commission (2001b): White Paper – European transport policy for 2010: time to decide, Luxembourg
- European Commission (2001c): Grünbuch, Hin zu einer europäischen Strategie für Versorgungssicherheit. Generaldirektion Energie und Verkehr. Brüssel. http://europa.eu.int/comm/energy_transport/fr/lpi_de.html
- European Commission (2003): Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport
- FfE - Forschungsstelle für Energiewirtschaft (2000): Perspektiven einer Wasserstoff-Energiewirtschaft Teil 2 – Stationäre Anwendung von Brennstoffzellen in der Kraft-Wärme-Kopplung. Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München, Februar 2000
- FfE - Forschungsstelle für Energiewirtschaft (2002): Perspektiven einer Wasserstoff-Energiewirtschaft Teil 3 - Das Virtuelle Brennstoffzellen-Kraftwerk. Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München, März 2002
- Höhlein, B. (2003): Optionen und Herausforderungen: Brennstoffzellen und Energieträger; in: Brennstoffzellen – Erfahrungsberichte von Herstellern und Anwendern, 5. Symposium der Energieagentur NRW in Kooperation mit der Technischen Akademie Wuppertal e.V. und dem Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle NRW, Proceedings, Energieagentur NRW, Wuppertal
- IEA - International Energy Agency (2003): Energy Policies of IEA Countries; OECD, Paris
- International Energy Agency (EA 2001): Energy Policies of IEA Countries; OECD, Paris
- Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR 1998): NRW-Arbeitsplatzstudie Regenerative Energietechnologien, Münster
- Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr (MWMEV 2001): Zukunftsenergien aus Nordrhein-Westfalen, innovativ:nrw, Düsseldorf
- PROGNOS (Hrsg. / 2000): Arbeitsplätze durch Klimaschutz - Vorhaben Nr.: 29814338- / Kurzfassung für das Umweltbundesamt, Berlin. Köln
- Schneider, S., Falkenberg, D., Kaltschmitt, M. (2004): Erneuerbare Energien, in: BWK, Bd. 56 (2004), Nr. 4, S. 75-84
- Shell (2001): Energy Needs, Choices and Possibilities; Global Business Environment Shell International
- Staiß, F. (2001); Jahrbuch Erneuerbare Energien 2001

Umweltbundesamt (UBA 2002): Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland, Forschungsvorhaben für das Umweltbundesamt, Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie, DLR (Institut für Thermodynamik), Wuppertal, Stuttgart, Juni 2002

Ausführliche Literaturangaben zu den Einzeltechnologien finden sich in den jeweiligen Kapiteln im Band II des Endberichts.