



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*

Zusammenfassung / Executive Summary

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

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.

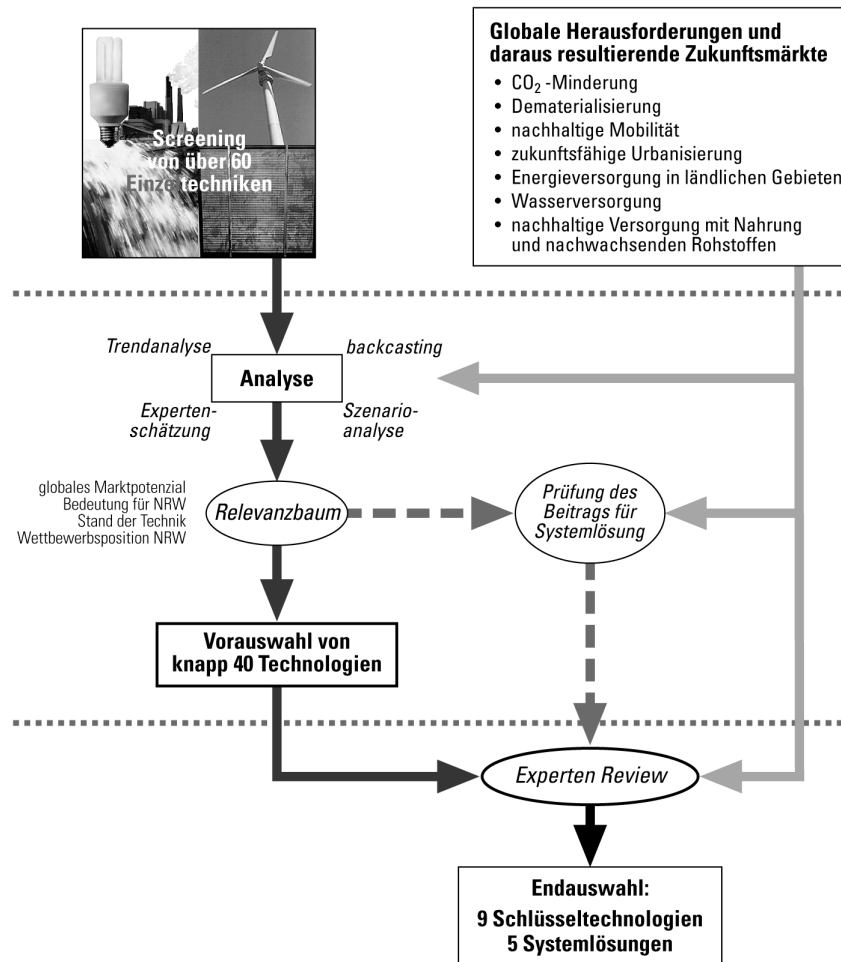
2. Auswahl von Schlüsseltechnologien für ein zukunftsfähiges Energiesystem

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

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.

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.

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 • Brennstoffzelle (stationär) • Mikrogasturbinen, Stirling, Mini-BHKW, Dampfmotoren	Modulare Lösungen für Inselsysteme und spezifische Anwendungen in Entwicklungsländern (z.B. Krankenhäusern)
Solarthermische Kraftwerke (Strom und Prozesswärme)	Neue Kraftstoffe und Energieträger (insbesondere Wasserstoff)
Windenergie (vor allem offshore)	Gebäude der Zukunft • 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)

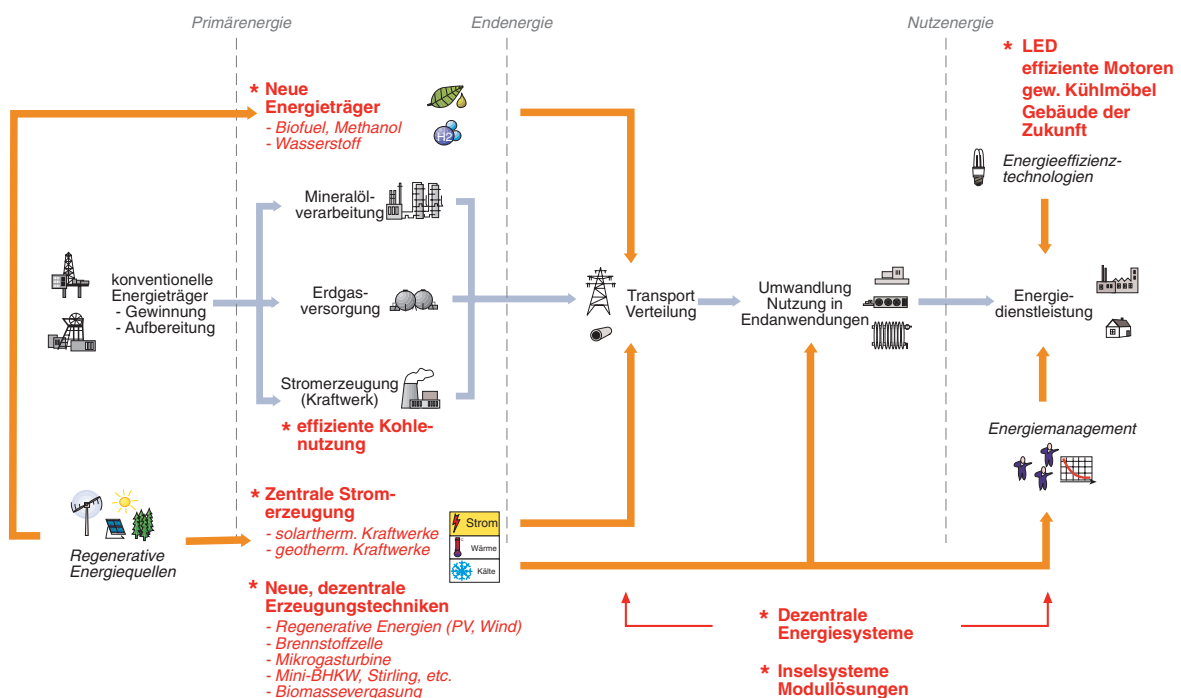
- **innovative und sparsame Anwendungen** von Strom und/oder Wärme (z.B. LED, effiziente Motoren, gewerbliche Kühlmöbel, Gebäude der Zukunft)
- Beiträge zur **integrierten Optimierung von Energiesystemen** und Anwendungen (z.B. für dezentrale Energiesysteme, Inselsysteme) und
- **neue Energieträger und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

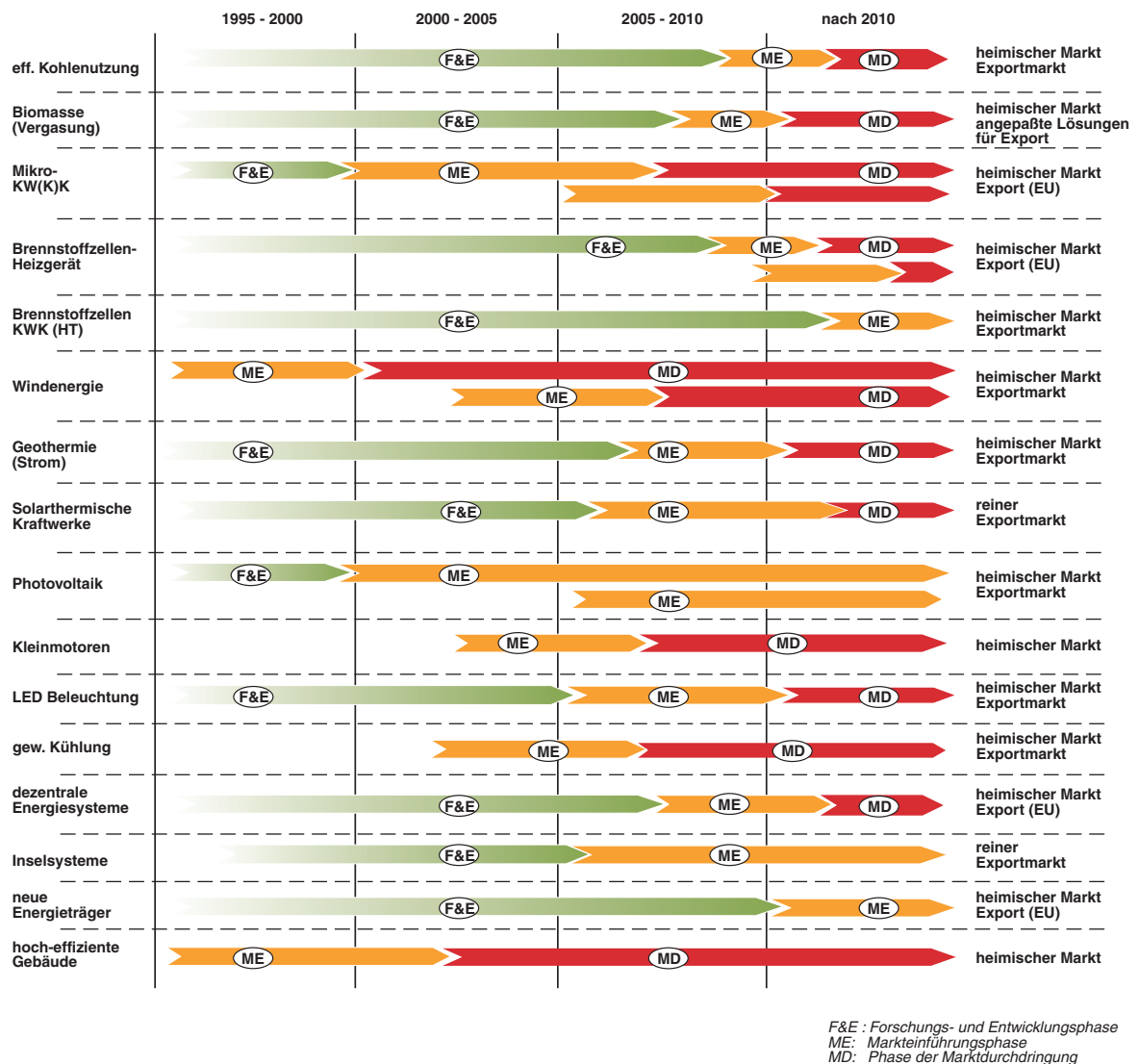
- Im Bereich der **Photovoltaik** bestehen mit Blick auf die langfristigen Marktperspektiven gute Möglichkeiten, die gute Position von NRW in Bezug auf die siliziumbasierte Technik, Fertigungstechnik sowie Gebäude- und Siedlungsintegration durch die nächsten Entwicklungsschritte (z.B. Stärkung der produktions- 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 wesentlichen 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

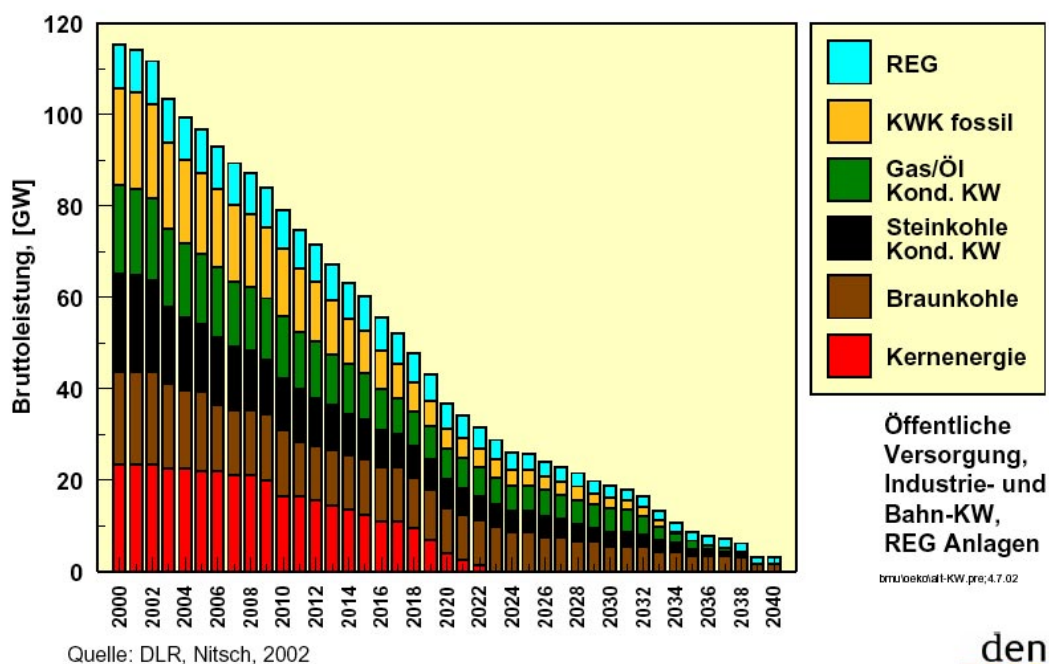


Weiterhin kann festgehalten werden, dass mit Ausnahme der - naturgemäß stark an der lokalen Bauwirtschaft orientierten - Passivhaustechnologie und des Bereichs der Kleinantriebe für alle betrachteten Zukunftsenergien **mittel- bis langfristig neue Exportmärkte außerhalb Deutschlands** entstehen. Es wäre 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)



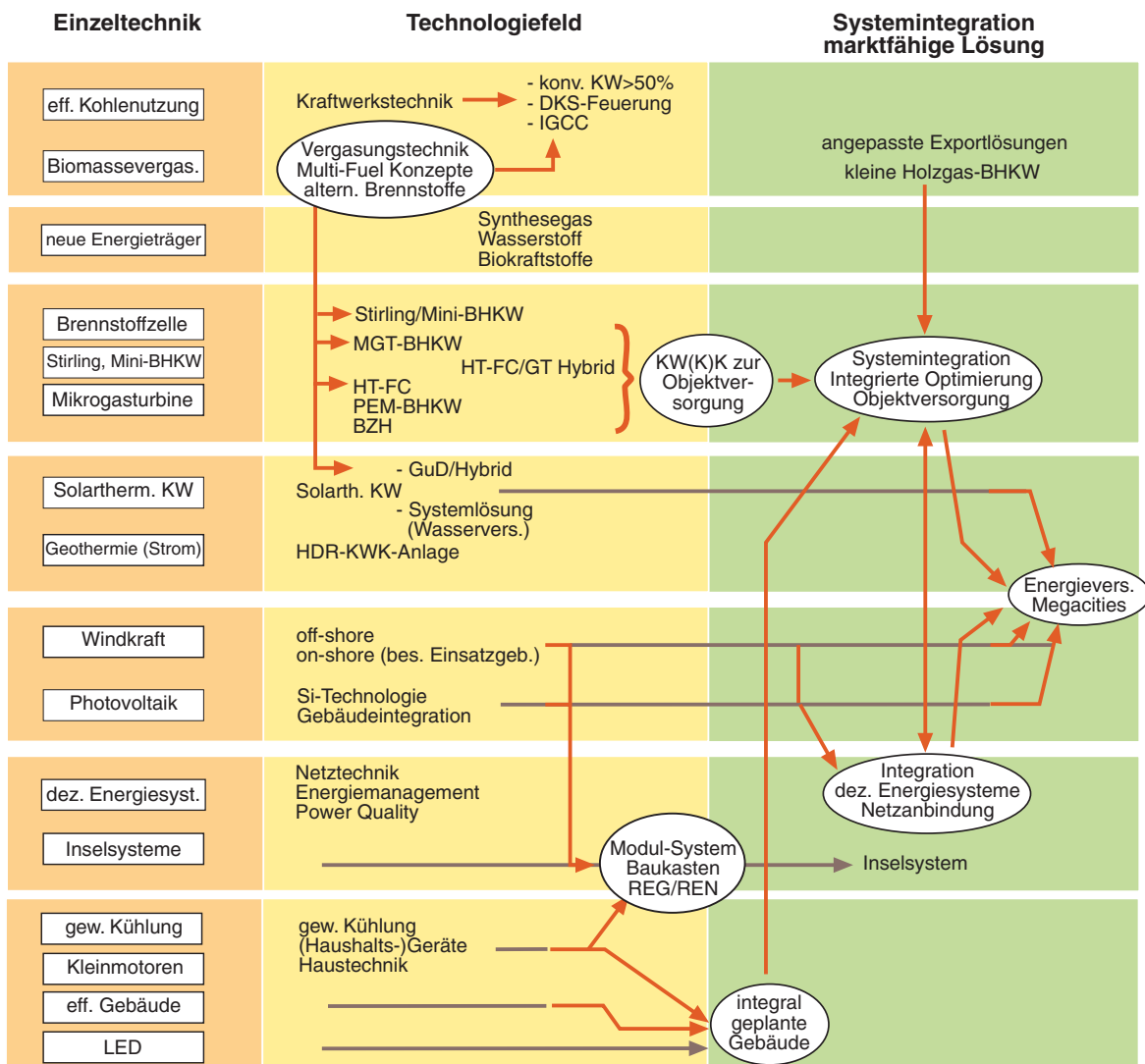
Der Umbau der Stromerzeugung ist damit eine energiepolitische Herausforderung für die Einführung neuer Technologien. Gegenüber der heutigen, durch gesättigte Märkte geprägten Situation besteht die **historische Chance** darin, dass die neuen Technologien nicht mehr gegen größtenteils abgeschriebene Anlagen 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, Bauträgern, 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 vergleichs-

weise 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

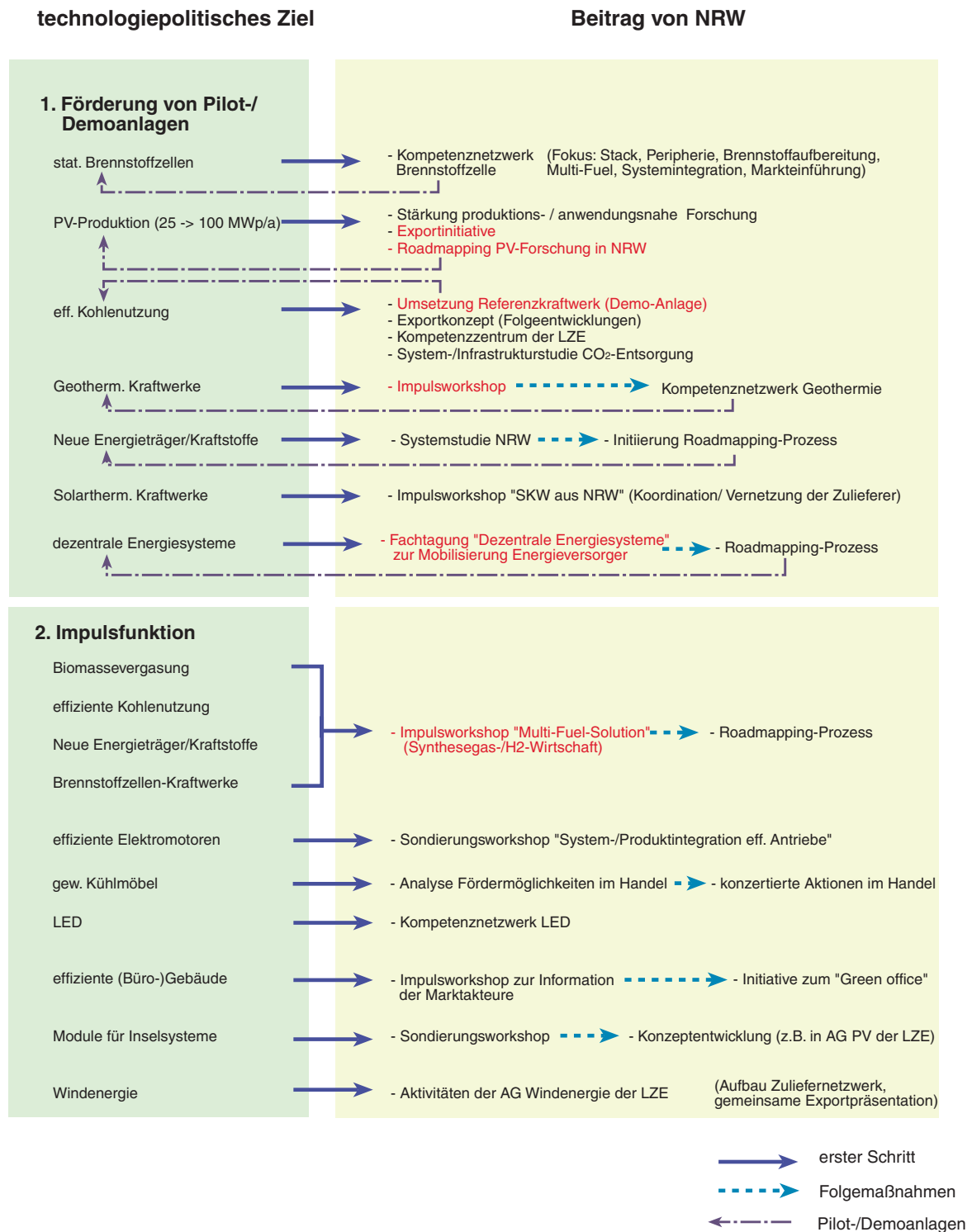
Die grundsätzlich positiven Marktperspektiven der untersuchten Technologien können nur dann ausgeschöpft werden, wenn einerseits in der Forschung und Entwicklung sowie andererseits während der Markteinführungsphase unterstützende Maßnahmen ergriffen werden. Für die Mehrzahl der Technologien besteht dabei 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 Entscheidungsgrundlagen 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 **solarethermischer 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 langfristig-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.

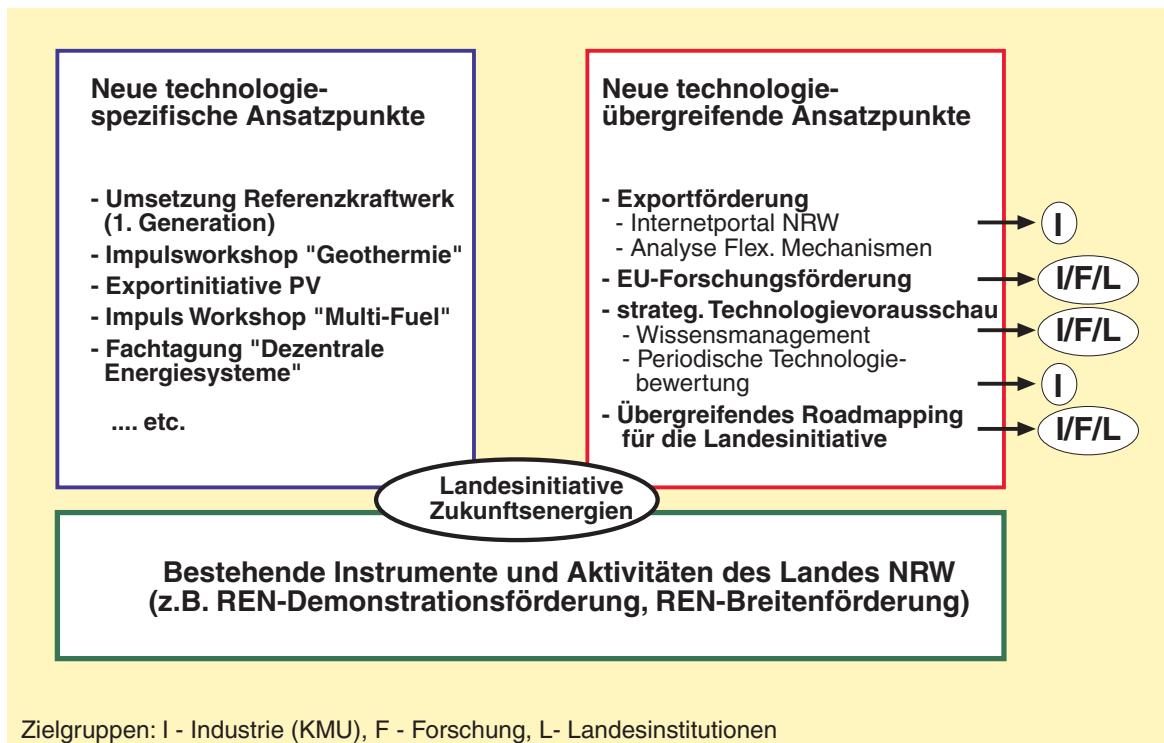
Letztlich besteht die Möglichkeit, durch die Bündelung der bestehenden Kräfte den Produktionsstandort NRW zu stärken. Von Bedeutung ist dies insbesondere für den Bereich der **Windenergie**, in dem die Wachstumschancen von NRW Akteuren im wesentlichen auf den Zuliefermarkt beschränkt sind. Ein koordinierter 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>★</p> <p>★</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>★</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.