



BERICHT DER PROMOTORENGRUPPE KLIMA / ENERGIE

EMPFEHLUNGEN ZU DEN ZUKUNFTSPROJEKTEN »DIE CO₂-NEUTRALE, ENERGIEEFFIZIENTE UND KLIMAANGEPASSTE STADT« UND »INTELLIGENTER UMBAU DER ENERGIEVERSORGUNG«



Forschungsunion

Wirtschaft und Wissenschaft
begleiten die Hightech-Strategie

Impressum

Herausgeber

Promotorengruppe Klima / Energie der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft:

Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger, Fraunhofer-Gesellschaft
zur Förderung der angewandten Forschung e. V. (Sprecher der Promotorengruppe)

Prof. Dr. Ottmar Edenhofer, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e. V.

Dörte Höppner, Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften e. V.

Prof. Dr. Matthias Kleiner, Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V.

Prof. Dr. Klaus-Dieter Maubach, E.ON AG

Prof. Dr. Hermann Requardt, Siemens AG

Redaktion

Gerhard Stryi-Hipp, Fraunhofer ISE

Inka Mörschel, Fraunhofer IAO

Steffen Braun, Fraunhofer IAO

Layout, Satz, Illustration

SpiegelGrafik, Stuttgart

Kontakt

Fraunhofer IAO, Inka Mörschel

Telefon: 0711/970-5109

E-Mail: Inka.Moerschel@iao.fraunhofer.de

Auslieferung und Vertrieb

Büro der Forschungsunion im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V.

Oranienburger Str. 13 - 14, 10178 Berlin

E-Mail: bueroderforschungsunion@stifterverband.de

Im Internet unter www.forschungsunion.de

Erscheinungstermin: April 2011

© Copyright liegt bei dem Herausgeber. Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist einschließlich seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Für die Richtigkeit der Herstellerangaben wird keine Gewähr übernommen.

BERICHT DER PROMOTORENGRUPPE KLIMA / ENERGIE

EMPFEHLUNGEN ZU DEN ZUKUNFTSPROJEKTEN »DIE CO₂-NEUTRALE, ENERGIEEFFIZIENTE UND KLIMAANGEPASSTE STADT« UND »INTELLIGENTER UMBAU DER ENERGIEVERSORGUNG«

Forschungsunion

Wirtschaft und Wissenschaft
begleiten die Hightech-Strategie

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5

1 FORSCHUNGSUNION WIRTSCHAFT – WISSENSCHAFT UND BEDARFSFELD KLIMA / ENERGIE DER HIGHTECH-STRATEGIE	6
1.1 Mitglieder der Promotoren- und Expertengruppe Klima / Energie	6
1.2 Arbeitsweise der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft und der Promotorengruppe Klima / Energie	8
1.3 Bedarfsfeld Klima / Energie in der Hightech-Strategie	8
1.4 Kommentierung der Promotorengruppe Klima / Energie	10



2	ZUKUNFTSPROJEKT »DIE CO₂-NEUTRALE, ENERGIEEFFIZIENTE UND KLIMAANGEPASSTE STADT«	11
2.1	Städte und Kommunen im Kampf gegen den Klimawandel	11
2.2	Zukunftsbild »Morgenstadt«	11
2.3	Bestehende Forschungsaktivitäten	15
2.4	Gestaltungsaspekte	15
2.5	Handlungsebenen	18
2.6	Handlungsfelder und Roadmaps	21
2.7	Lösungsansatz »Nachhaltigkeitsstadt«	38
2.8	Handlungsempfehlungen	42

3	ZUKUNFTSPROJEKT »INTELLIGENTER UMBAU DER ENERGIE- VERSORGUNG«	44
3.1	Vision	45
3.2	Zielsetzung	45
3.3	Rahmenbedingungen für den Umbau des Energiesystems	47
3.4	Handlungsfelder und Roadmaps	50
3.5	Transformationsprozesse	66
3.6	Handlungsempfehlungen	69
4	AUSBLICK	72
5	ANHANG: FORSCHUNGSUNION WIRTSCHAFT – WISSENSCHAFT	73

Abkürzungsverzeichnis

BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung	PV	Photovoltaik
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.	UHVDC	Ultra High Voltage Direct Current
BIP	Brutto-Inlandsprodukt	UHVAC	Ultra High Voltage Alternating Current
BHKW	Blockheizkraftwerk	ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung	VNB	Verteilnetzbetreiber
BMU	Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	VPP	Virtual Power Plant
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau, Stadtentwicklung		
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie		
CCS	Carbon Capture and Storage		
DMS	Demand Side Management		
EE	Erneuerbare Energien		
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz		
EU	Europäische Union		
EVU	Energieversorgungsunternehmen		
EW	Einwohner		
F&E	Forschung und Entwicklung		
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistung		
GIL	Gas Insulated Lines		
GuD	Gas und Dampf		
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung		
IGCT	Integrated Gate Commutated Thyristor		
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien		
IT	Informationstechnologie		
IuK	Information und Kommunikation		
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen		
KW(K)K	Kraft-Wärme-(Kälte-)Kopplung		
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung		
LNG	Liquefied Natural Gas		
OLED	Organic Light Emitting Diode (organische Leuchtdiode)		
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr		
ORC	Organic Rankine Cycle		
PPP	Public-Private-Partnership		

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Übersicht Stadtgrößenklassen	17
Abbildung 2.2:	Handlungsdreieck für Transformation von Städten und Kommunen	18
Abbildung 2.3:	Roadmap »Gebäude und Wohnen«	23
Abbildung 2.4:	Roadmap »Innerstädtische Mobilität und Verkehr«	25
Abbildung 2.5:	Roadmap »Urbanes Gewerbe und Produktion«	27
Abbildung 2.6:	Roadmap »Kommunale Energieerzeugung«	29
Abbildung 2.7:	Roadmap »Kommunale Energieverteilung / -management«	31
Abbildung 2.8:	Roadmap »Stadtraum / -struktur«	33
Abbildung 2.9:	Roadmap »Steuerung der Transformationsprozesse«	35
Abbildung 2.10:	Roadmap »Geschäftsmodelle und regulatives Umfeld«	37
Abbildung 2.11:	Struktur Lösungsansatz Nachhaltigkeitsstadt	41
Abbildung 3.1:	Roadmap »Stromerzeugung fossil / nuklear«	51
Abbildung 3.2:	Roadmap »Stromerzeugung erneuerbar / durch KWK«	53
Abbildung 3.3:	Roadmap »Energieübertragung«	55
Abbildung 3.4:	Roadmap »Energieverteilung, IKT und Smart Grid«	57
Abbildung 3.5:	Roadmap »Energiespeicher«	59
Abbildung 3.6:	Roadmap »Energienutzung Industrie / Fernverkehr«	61
Abbildung 3.7:	Roadmap »Neue Geschäftsmodelle«	63
Abbildung 3.8:	Roadmap »Politischer Rahmen«	65
Abbildung 3.9:	Handlungsdreieck der Energiemärkte	68

1 FORSCHUNGSUNION WIRTSCHAFT – WISSENSCHAFT UND BEDARFSFELD KLIMA / ENERGIE DER HIGHTECH-STRATEGIE

1.1 Mitglieder der Promotoren- und Experten- gruppe Klima / Energie

MITGLIEDER DER PROMOTORENGRUPPE KLIMA / ENERGIE:

Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger,
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten
Forschung e. V. (Sprecher der Promotorengruppe)

Prof. Dr. Ottmar Edenhofer,
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e. V.

Dörte Höppner,
Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften e. V.

Prof. Dr. Matthias Kleiner,
Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V.

Prof. Dr. Klaus-Dieter Maubach,
E.ON AG

Prof. Dr. Hermann Requardt,
Siemens AG

**DIE PROMOTORENGRUPPE KLIMA / ENERGIE
WURDE DURCH EINE EXPERTENGRUPPE UNTERSTÜTZT,
IN DER IM WESENTLICHEN FOLGENDE PERSONEN
MITGEWIRKT HABEN:**

Dr. Harald Bradke,
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Dr. Ingo Bräuer,
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e. V.

Steffen Braun,
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Attila Dahmann,
Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften e. V.

Dr. Christian Doetsch,
Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik
UMSICHT

Prof. Dr. Andreas Holm,
Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Dr. Burkhard Jahnen,
Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V.

Prof. Dr. Stefan Joos,
Helmholtz-Gemeinschaft

Dr. Andreas Kießling,
E.ON Energie

Dr. Jörg Kruhl,
E.ON New Build & Technology GmbH

Mathias Maerten,
Siemens AG

Inka Mörschel,
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Kai Morgenstern,
Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Dr. Jörg Pietsch,
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e. V.

Dr. Alexander Rieck,
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung
der angewandten Forschung e. V.

Dr. Georg Rosenfeld,
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung
der angewandten Forschung e. V.

Prof. Dr. Ferdi Schüth,
Max-Planck-Institut für Kohlenforschung

Gerhard Stryi-Hipp,
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
(Leiter der Expertengruppe)

Dr. Michael Weinhold,
Siemens AG

1.2 Arbeitsweise der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft und der Promotorengruppe Klima / Energie

Die Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft ist das zentrale innovationspolitische Beratungsgremium zur begleitenden Umsetzung und Weiterentwicklung der Hightech-Strategie 2020 für Deutschland und besteht aus führenden Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft.

Die Arbeit der Forschungsunion erfolgt in den fünf Bedarfsweldern »Gesundheit / Ernährung«, »Klima / Energie«, »Kommunikation«, »Mobilität« und »Sicherheit«, in denen Ziele und Handlungsempfehlungen für die Zukunftsprojekte entwickelt werden, die in der Hightechstrategie identifiziert wurden. Zusätzlich werden Querschnittsthemen wie z. B. gesellschaftliche Rahmenbedingungen, Geschäftsmodell-Innovation, Innovationsfinanzierung, Wissens- und Technologietransfer behandelt.

Die für das jeweilige Bedarfsweld bzw. Querschnittsthema zuständige Promotorengruppe ist verantwortlich für die konkrete Ausformulierung der zugehörigen Zukunftsprojekte. Für diese werden jeweils die Zielsetzungen definiert, eine Vision erarbeitet, die Rahmenbedingungen erläutert, Roadmaps erstellt und konkrete Handlungsempfehlungen formuliert. Zudem wird gegebenenfalls in einem sogenannten Zukunftsbild eine mögliche Zukunftssituation narrativ beschrieben. Die Ergebnisse der Promotorengruppe werden abschließend in der gesamten Forschungsunion diskutiert und bei Zustimmung verabschiedet.

VORGEHENSWEISE DER PROMOTORENGRUPPE KLIMA / ENERGIE:

Von der Promotorengruppe wurden die in der Hightech-Strategie für das Bedarfsweld Klima / Energie adressierten Zukunftsprojekte diskutiert und priorisiert (Ergebnisse siehe Kapitel 1.4). Es folgte im Zeitraum Mai bis November 2010 die Ausarbeitung von zwei Zukunftsprojekten (Zusammenfassung siehe Kapitel 2 und 3). Diese wurden mit den anderen Bedarfsweldern bzw. Querschnittsthemen der Forschungsunion abgestimmt.

Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden in einem Prozess zwischen den Promotoren, der Expertengruppe und unter Konsultation weiterer Stakeholder erarbeitet. Sie wurden in drei Sitzungen der Forschungsunion vorgestellt und diskutiert. Der hier veröffentlichte Bericht wurde am 22. November 2010 von der Forschungsunion verabschiedet, ergänzt durch die Verbesserungsvorschläge aus dieser Sitzung.

1.3 Bedarfsweld Klima / Energie in der Hightech-Strategie

Die »Hightech-Strategie 2020 für Deutschland«, die das Bundeskabinett am 14. Juni 2010 verabschiedet hat, stellt den folgenden Rahmen für die Arbeit der Forschungsunion dar:

»Der Klimawandel ist eine der größten Herausforderungen der Menschheit. Ungebremst hätte er erhebliche Auswirkungen auf die Lebensweise der Menschen und würde die Existenzgrundlagen von Gesellschaften in vielen Ländern massiv beeinflussen. Wenn wir jetzt keine wirksamen Gegenmaßnahmen gegen die globale Erwärmung ergreifen, wenn wir uns jetzt nicht mit Anpassungsmaßnahmen befassen und gleichzeitig die Fähigkeit

gesellschaftlicher und natürlicher Systeme zur Anpassung an die bereits unabwendbaren Risiken und Folgen des Klimawandels stärken, wird die Klimaveränderung für viele Menschen auf der Erde zu einer unabsehbaren Veränderung ihrer Lebensverhältnisse führen.

Die Handlungsoptionen für Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft sollen verbessert werden, indem die Wissensbasis erweitert, sowie Klimaschutztechnologien und Anpassungslösungen gezielt angewendet werden. Dazu wird die Bundesregierung die Zusammenarbeit mit Industrie und Finanzwirtschaft intensivieren. Sie entwickelt Instrumente und Strukturen, um Entscheidungen zu Klimaschutz und Anpassung noch besser zu unterstützen. Der Ausbau der internationalen Kooperation – in Europa, aber auch darüber hinaus – ist gerade für dieses Bedarfsfeld besonders wichtig. Der Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung ist ein großes Zukunftsthema. Die Bundesregierung setzt dabei auf die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien und den effizienten Umgang mit Energie. Dies kann vor allem durch den Einsatz innovativer Technologien erreicht werden. Dafür ist Forschung und Entwicklung in den Bereichen Klima und Energie unabdingbar. Sozioökonomische und gesellschaftliche Implikationen werden dabei stärker als bisher im Blick behalten. Die Zukunftsprojekte »Die CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt«, »Intelligenter Umbau der Energieversorgung«, »Nachwachsende Rohstoffe als Alternative zum Öl« und »Mehr Internet bei weniger Energieverbrauch nutzen« zeigen beispielhaft mögliche Entwicklungspfade zu einer nachhaltigen Klimapolitik sowie Ressourcen- und Energienutzung auf.«¹

Die zentralen Zukunftsprojekte im Bedarfsfeld Klima / Energie sind:

ZUKUNFTSPROJEKT »DIE CO₂-NEUTRALE, ENERGIEEFFIZIENTE UND KLIMAANGEPASSTE STADT«

Technologieinduzierte CO₂-Emissionen sowie die Auswirkungen des Klimawandels beeinträchtigen die Lebensqualität insbesondere in städtischen Ballungsräumen erheblich. Im Zukunftsprojekt wird die Entwicklung von Modellregionen aufgezeigt, in denen neue Technologien und Dienstleistungen eingesetzt und Maßnahmen zur technischen und natürlichen Reduktion von CO₂-Emissionen, zum Einsatz erneuerbarer Energien und zur Steigerung der Energieeffizienz gezielt auf Gebäude, Verkehr, Produktionsanlagen und Stadtvegetation ausgerichtet werden. Dabei wird die Zielvorstellung einer nachhaltigen, klimaangepassten Stadtinfrastruktur entwickelt, die bis hin zur CO₂-neutralen Stadt führen soll. Eine nachhaltige Infrastruktur muss die Auswirkungen des Klimawandels antizipieren, der durch frühere Emissionen bereits unvermeidbar geworden ist, und wirksame Anpassungsmaßnahmen integrieren.

ZUKUNFTSPROJEKT »INTELLIGENTER UMBAU DER ENERGIEVERSORGUNG«

Der stark wachsende Anteil der erneuerbaren Energien und die zunehmende Dezentralisierung der Energieerzeugung führen zu einem tief greifenden Wandel der Energieversorgung. Erneuerbare Energien sollen bis zum Jahr 2020 mehr als 35 Prozent des gesamten Strombedarfs in Deutschland decken. Der Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung erfordert unter anderem intelligente Netztechniken (Smart Grids) und die Bereitstellung großer Stromspeicherkapazitäten. Nur durch ein flexibles Management der Stromversorgungsnetze mittels IT-gestützter Lösungen und ein differenziertes Angebot unterschiedlichster

¹ BMBF (Hrsg.): Hightech-Strategie 2020 für Deutschland, Bonn, Berlin 2010

Speichertechnologien kann das Potenzial der volatilen erneuerbaren Energiequellen – insbesondere Wind und Sonne – auch in Verbindung mit der Einführung der Elektromobilität voll ausgeschöpft werden. Mit neuen Netzkonzepten, intelligenter Steuerung und neuen differenzierten Speichertechnologien wird ein Höchstmaß an Flexibilisierung der gesamten Energieversorgung erreicht. Dies schafft Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit zugleich.

ZUKUNFTSPROJEKT »NACHWACHSENDE ROHSTOFFE ALS ALTERNATIVE ZUM ÖL«

Die Vorräte von fossilen Energieträgern und Rohstoffen sind nicht unerschöpflich. Es gilt das große Reservoir der Natur zu erhalten und zu nutzen sowie nachwachsende Energiequellen und Rohstoffe zu erschließen. Dies trägt dazu bei, die Welt für uns und nachfolgende Generationen als lebenswerten Raum zu erhalten.

1.4 Kommentierung der Promotorengruppe Klima / Energie

Die Promotorengruppe Klima / Energie der Forschungsunion stuft die genannten Zukunftsprojekte mit einer hohen Relevanz ein, die die zentralen Herausforderungen für das Bedarfsfeld adressieren.

Im vorliegenden Bericht werden die ausgearbeiteten Zukunftsprojekte »Die CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt« und »Intelligenter Umbau der Energieversorgung« beschrieben. Die Promotorengruppe setzt auf eine enge Verzahnung der beiden Zukunftsprojekte und folgende Schwerpunkte:

- Das Zukunftsprojekt »Die CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt« beschreibt die Umsetzung der Zielsetzungen im Bedarfsfeld Klima / Energie auf der Verbraucherebene und der Ebene der lokalen Erzeugung und Verteilung mit dem Fokus auf der Gestaltung des Lebensraums Stadt unter Energiegesichtspunkten.
- Das Zukunftsprojekt »Intelligenter Umbau der Energieversorgung« beschreibt die überregionalen Aspekte eines nachhaltigen Energieversorgungssystems. Es zeigt auf, wie eine verlässliche, wirtschaftlich effiziente und klimafreundliche Versorgung der Städte gewährleistet werden kann; insbesondere zur Deckung des Energiebedarfs, der nicht vor Ort effizient gedeckt werden kann.
- Der systemische Gedanke spielt in den Zukunftsprojekten eine zentrale Rolle, auf die Transformationsprozesse wird ein besonderes Augenmerk gelegt.
- Die integrierte Betrachtung beider Zukunftsprojekte gewährleistet die Vermeidung inkonsistenter Entwicklungstendenzen und Wechselwirkungen sowie die Berücksichtigung aller Akteure.
- In beiden Zukunftsprojekten sind internationale Positionen zu berücksichtigen.

Die Ausarbeitung weiterer Zukunftsprojekte soll im Anschluss an die oben genannten Zukunftsprojekte erfolgen.

2 ZUKUNFTSPROJEKT »DIE CO₂-NEUTRALE, ENERGIEEFFIZIENTE UND KLIMAANGEPASSTE STADT«

2.1 Städte und Kommunen im Kampf gegen den Klimawandel

ZENTRALE AKTEURE

Städte und Kommunen stellen den zentralen Lebensraum unserer Gesellschaft dar. Sie verursachen den Hauptteil der Klimagasemissionen und stehen damit in Verantwortung für die Erarbeitung und Umsetzung von entsprechenden Lösungsansätzen. Städte und Kommunen haben einen eigenen Spielraum bei der Gestaltung klimafreundlicher Lebensräume und einen überschaubaren, klar abgegrenzten Handlungsbereich. Sie sind »nah am Bürger« und können diese motivieren, den erforderlichen Wandel unserer Gesellschaft anzunehmen, diesen aktiv mit zu gestalten und ihre Lebensweise entsprechend anzupassen. Dabei kommt der Auslöser oftmals aus der Bürgerschaft, die häufig mittels Initiativen die Entscheidungsträger und Stadtverwaltung auffordert, klimafreundliche Konzepte zu entwickeln und umzusetzen. Städte und Kommunen sind als Bestandteile größerer urbaner und suburbaner Agglomerationen wichtige Akteure auf dem Weg hin zu einer CO₂-neutralen Gesellschaft.

LEITBILDER ALS VORAUSSETZUNG FÜR LANGFRISTIGE STADTENTWICKLUNGEN

Heutige Siedlungsräume wie Städte, Kommunen und Regionen sind äußerst komplexe Systeme, die sich aufgrund von vielschichtigen politischen, wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und technologischen Einflüssen über einen langen Zeitraum hinweg dynamisch entwickelt haben. Aufgrund der starken Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Stadtsystemen lassen sich die Konsequenzen bei starken Veränderungen dieser Systeme nicht umfassend vorhersehen. Langfristige siedlungsräumliche Entwicklungsziele, die das Zusammenwirken verschiedenster Versorgungssysteme in der Stadt erfordern, benötigen deshalb

eine gemeinsame Orientierung an Leitbildern und Visionen.

»Die CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt« kann für urbane und suburbane Räume ein solches Leitbild sein, da sie Lösungsansätze anbietet für zentrale Herausforderungen, denen sich Städte, Kommunen und Regionen zunehmend gegenübersehen.

STÄDTE ALS SHOWCASE FÜR NEUE TECHNOLOGIEN GEGEN DEN KLIMAWANDEL

Die Umsetzung der CO₂-Neutralität, Effizienzsteigerung und Klimaanpassung erfordert vielfältige Innovationen und den Einsatz einer Vielzahl neuer Technologien in unterschiedlichsten Anwendungsbereichen. Deutschland ist Vorreiter in vielen Technologien gegen den Klimawandel. Dass diese erfolgreich eingesetzt werden können und wichtige Beiträge zur Erreichung der Gesamtziele leisten, wird jedoch erst in realen Pilotprojekten sichtbar. CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Pilotstädte und -kommunen in Deutschland sind ein unverzichtbarer Showcase zur Demonstration dieser Technologien und damit eine wichtige Voraussetzung für den Export entsprechender Technologien.

2.2 Zukunftsbild »Morgenstadt«

Das Ziel der »CO₂-neutralen, energieeffizienten und klimaangepassten Stadt« lässt sich auf verschiedenen Wegen erreichen.

Das folgende Zukunftsbild beschreibt eine mögliche Ausgestaltung einer solchen Stadt und benennt Beispiele für die Umsetzung in den ausgewählten Handlungsfeldern. Sie wird darin kurz Morgenstadt genannt. Je nach Ausgangssituation kann eine Stadt einen solchen Zustand in unterschiedlichen Zeitspannen erreichen. Das im Folgenden beschriebene Zukunftsbild hat den Zeithorizont 2030 und darüber hinaus.

Während die Beheizung und Warmwasserbereitung der Gebäude einer deutschen Großstadt 2010 noch fast die Hälfte von deren CO₂-Emissionen verursachte, setzt die Wärmeversorgung der Gebäude von Morgenstadt kaum noch Kohlendioxid frei. Die Neubauten der vergangenen Jahrzehnte sind Nullenergiehäuser, die nicht mehr Energie benötigen als sie erzeugen. Die meisten ein- und zweistöckigen Neubauten produzieren sogar mehr Energie als sie verbrauchen, weil sie mit Solarzellen und mit Sonnenwärmekollektoren ausgestattet sind. Die Altbauten der Stadt sind vollständig saniert, was ihren Heizwärmebedarf drastisch reduziert hat, wenngleich nur etwa jedes fünfte Haus Passivhausniveau erreicht. Die energetische Modernisierung öffentlicher Gebäude hat in diesem Prozess vorbildlich gewirkt. Die Außendämmungen von Gebäuden sind inzwischen so dünn, dass sie die Formensprache der Architektur kaum mehr stören. Ihre Wärmespeicherfähigkeit verringert zudem die Notwendigkeit von Klimaanlage. Den Anforderungen des Denkmalschutzes wird auch im Altstadtkern weitgehend entsprochen, zumal es bessere Möglichkeiten der Innendämmung gibt.

Die Bewohner von Morgenstadt haben die Effizienz der KWK zu schätzen gelernt. Die bei der Stromerzeugung entstehende Wärme wird über ein System von hocheffizienten Nah- und Fernwärmeleitungen an Gebäude in verdichteten Gebieten verteilt. Wo die Bebauung weniger dicht ist, werden vor allem Wärmepumpen und Solarwärmeeinheiten eingesetzt. Biomasse, bevorzugt aus Abwässern und Abfällen, ist die hauptsächliche Energiequelle für Heizkraftwerke geworden. In Form von Biogas kann sie auch über die vorhandene Erdgas-Infrastruktur verteilt werden. Auch in den kleinen Blockheizkraftwerken, die die Gebäude mancher Straße oder Siedlung mit Nahwärme und Strom versorgen, spielt Biomasse eine wichtige Rolle.

Auf Dauer braucht eine CO₂-neutrale Stadt jedoch überwiegend strombasierte Versorgungssysteme. Stromautarkie auf dem eigenen Stadtgebiet können Großstädte dabei nicht erreichen. Sie bleiben auf den Import von Strom angewiesen. Dieser Strom wird zunehmend aus erneuerbaren Energiequellen, insbesondere Wind und Solar, gewonnen. Das elektrische Transportnetz wird zu einem Supergrid ausgebaut, um mit höchster Effizienz Energie aus sonnen- und windreichen Gebieten Europas und Nordafrikas in die Lastzentren zu transportieren. Nach dem Motto »zuerst erzeugen, dann importieren« produzieren zusätzlich dezentrale Anlagen innerhalb der Stadt sauberen Strom, zu denen auch kleine Wasserkraftwerke an ihren Flussläufen gehören. Die Energieversorgungsunternehmen (EVUs) verstehen sich hauptsächlich als Dienstleister, die zwischen Angebot und Nachfrage vermitteln und über ein Lastmanagement zwischen zentralen und dezentralen Netzen die Energieversorgung sicherstellen. Das gilt auch für die leistungsfähigen Stadtwerke von Morgenstadt, die maßgeblichen Anteil am Aufbau eines intelligenten Stromnetzes (Smart Grid) und dem Ausbau der KWK und Nahwärmenutzung hatten.

Die technologische Schwierigkeit, Stromüberschüsse kostengünstig zu speichern ist überwunden. Damit können die zeitlich stark schwankenden Zuflüsse aus erneuerbaren Energiequellen ausgeglichen werden, was das Lastmanagement im Smart Grid erheblich erleichtert. Als praktisch bedeutende Energiespeicher erweisen sich die Elektroautos. Sie können zu Zeiten überschüssiger Einspeisung aus erneuerbaren Quellen preiswert aufgeladen werden, zu Spitzenlastzeiten dagegen eine Lastausgleichsfunktion übernehmen. Der elektrochemischen Stromspeicherung ist eine wichtige Ergänzung in Form des primären Energieträgers Wasserstoff erwachsen. Überregionale Stromüberschüsse dienen der elektrolytischen Herstellung von Was-

serstoff, der wiederum zur Energiegewinnung, zum Beispiel in Brennstoffzellen oder Turbinen, eingesetzt werden kann. Die Energie aus Brennstoffzell-Aggregaten substituiert dank höherer Wirkungsgrade schrittweise Blockheizkraftwerke.

Das gut ausgebaute Smart Grid von Morgenstadt bezieht auch die intelligente Steuerung der Gebäudetechnik ein. Viele Menschen haben in ihren Wohnungen Sensoren installiert, die dafür sorgen, dass Strom für Licht und Klimatisierung nur im Bedarfsfall verbraucht wird. Sie nutzen die zu Schwachlastzeiten günstigen Stromtarife, um Wasch- oder Spülmaschinen zu betreiben, denn Strom ist am günstigsten, wenn ein Überangebot vorhanden ist und am teuersten, wenn eine Unterversorgung droht. Die Bewohner von Morgenstadt wissen, dass sie als private Energiemanager ihrer Häuser und Wohnungen nachhaltig sparen können. In allen Belangen ihres täglichen Lebens haben sie gelernt, Energie so effizient wie möglich zu nutzen. Hybridkollektoren erzeugen Solarstrom und Solarwärme und nutzen damit die begrenzten Dach- und Fassadenflächen der Stadt effizient aus.

Das Verkehrsaufkommen in Morgenstadt ist nicht geringer als heute. Im Gegenteil: Es hat zugenommen, weil sich die Zahl der Ein- und Zweipersonenhaushalte und damit die individuellen Mobilitätsbedürfnisse weiter erhöht haben. Das ist aber nicht spürbar, weil der Verkehr fließt und Staus selten sind. Intelligente Verkehrsmanagementsysteme, die über die Fahrzeuge miteinander und mit ihrer Infrastruktur kommunizieren, steuern den Verkehr fast reibungslos. Entlastet wurde der Individualverkehr durch eine Optimierung des öffentlichen Nahverkehrs und durch umfassende Mobilitätskonzepte. Elektrofahrzeuge sind zum beherrschenden Verkehrsmittel des Individualverkehrs in der Stadt geworden. Für sie müssen im Gegensatz zu Fahrzeu-

gen mit Verbrennungsmotoren weder eine Innenstadtmaut noch Parkgebühren entrichtet werden. Ihre Attraktivität erhöht sich durch Serviceangebote, in die auch Elektrofahräder (Pedelecs) einbezogen sind. Wer es eilig hat, wird überall im Stadtgebiet ein freies E-Mobil finden, das er über sein Mobiltelefon finden, nutzen und an einem beliebigen Ort innerhalb der Stadt wieder abstellen kann. Die Abrechnung der Nutzung erfolgt über eine Mobilitätskarte, die Flatrates für den ÖPNV einschließt. Mobil übermittelte Echtzeitinformationen über Verbindungen, Verspätungen oder Veranstaltungen sind für die Nutzer des ÖPNV selbstverständlich geworden. Senioren, für die die komplizierten Ticketautomaten und Fahrpläne des ÖPNV früher kaum durchschaubar waren, loben dessen neue Nutzerfreundlichkeit. Die hohe Elektromobilität hat die Belastung der Bewohner durch Lärm und Abgase deutlich gesenkt. Das gilt gerade für den Güterverkehr. Seine Fracht wird zur Distribution in der Innenstadt an Umschlagplätzen am Stadtrand umgeladen, vorwiegend auf City-E-Mobiltransporter. Weil aber zu viele E-Laster die Straßen von Morgenstadt überlasten würden, wird ein Teil der Güter auch auf Laststraßenbahnen und Transportkähne umgeladen.

Wegen der ausgefeilten Mobilitätskonzepte verzichten immer mehr Menschen auf ein eigenes Auto. Viele Wege können zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden. Das gibt den Planern und Bewohnern der Stadt viele bisher von Autos belegte Flächen zur freien Gestaltung zurück. Breite, begrünte Fahrradwege und Bürgersteige, einladende Plätze in den Wohnvierteln und eine belebte grüne Stadtmitte sind dadurch möglich geworden. Das erhöht nicht nur die Lebensqualität, sondern kompensiert auch verbleibende CO₂-Emissionen. Die nachhaltige Gestaltung von Stoffkreisläufen hat sich als Planungskriterium etabliert. Aus Abwässern wird Wärme zurück-

gewonnen, in der zentralen Kläranlage werden die Faulgase verstromt. Die systematische Analyse und Nutzung der wichtigsten Stoffströme Energie, Abfall, Wasser und Abwasser hat sich durchgesetzt. So werden beispielsweise die großen Gemeinschaftsgärten, die in den Frischluftschneisen zwischen den Quartieren entstanden sind, durch wieder aufbereitetes Grauwasser bewässert.

Morgenstadt nutzt selbstbewusst ihren klimapolitischen Gestaltungsspielraum – gemeinsam mit Wissenschaft, Beratungseinrichtungen, Dienstleistern und Technologieunternehmen und den Bewohnern. Darin nimmt sie auch einen Bildungsauftrag für alle Alterssegmente wahr und ermutigt ihre Bewohner zu energieeffizientem Verhalten. Dabei kommt ihr zugute, dass es der beschleunigte technische Fortschritt immer weiteren Kreisen der Stadtbevölkerung die Finanzierbarkeit eines klimabewussten Lebens ermöglicht. Morgenstadt ist kein Endzustand, sondern hat immer Entwicklungspotenzial. Hierfür bezieht sie neueste wissenschaftliche Erkenntnisse in ihre Lösungsfindung mit ein.

Wissenstransfer für die Gestaltung der Zukunft ist in Morgenstadt jedoch keine Einbahnstraße. Auch die Stadtverwaltung lernt von ihren Bürgern. So entsteht eine produktive Interaktion. Insbesondere die Bezirke an den Rändern der Stadt verleihen diesem Austausch Schubkraft. In ihnen durchmischen sich stärker als früher Leben, Arbeiten, Produzieren und rufen ein harmonisches Miteinander verschiedener sozialer Schichten, Kulturen und Generationen hervor. Die dezentrale Energieversorgung, etwa über gemeinsam genutzte Solardächer in einem Straßenzug, gemeinsame Dachgewächshäuser und die miteinander geteilten Fahrzeuge, stärkt hier die soziale Verantwortung. Sie tragen nachhaltig zu einem neuen »Wir-Gefühl« bei,

das auch den demografischen Wandel einbezieht. In Mehrgenerationenhäusern bleibt so zum Beispiel der Zusammenhalt zwischen jüngeren und älteren Menschen erhalten. Insgesamt verbinden sich in diesen Stadtvierteln größere individuelle Spielräume mit neuen Formen der Kooperation.

Die Einwohner der Morgenstadt identifizieren sich stärker mit ihrer Stadt als ihre Vorfahren – und können die Früchte von deren früh begonnenem Umbau zur CO₂-Neutralität und Energieeffizienz genießen. Ihre Energiekosten sind wesentlich niedriger als in vergleichbaren Städten Deutschlands, was auch unter sozialen Gesichtspunkten vorteilhaft ist. Die Mobilitätsangebote sind attraktiver und einfacher zu nutzen. Auch weil kein Öl und Gas mehr verbrannt werden, hat sich die Lebensqualität erhöht. Außerdem ist die Energieversorgung sicherer als in vielen anderen Regionen Europas. Vor allem aber hat sich der Wohlstand der Stadt erhöht, da durch ihren Umbau Arbeitsplätze in den Zukunftstechnologien und Dienstleistungen geschaffen und neue Unternehmen im Energiebereich angelockt wurden. Ein großer Teil der Finanzmittel, die früher für Energie ins Ausland abflossen, bleibt heute in der Stadt und der Region.

Während der Erarbeitung des Zukunftsbildes »Morgenstadt« wurden, neben der eingangs genannten Expertengruppe, weitere Stakeholder in einem Workshop eingebunden. Das Zukunftsbild inklusive der Beteiligten ist abrufbar unter <http://www.bmbf.de/de/15496.php>

2.3 Bestehende Forschungsaktivitäten

Das Zukunftsprojekt kann auf vielfältige Forschungsaktivitäten der Bundesregierung, ihrer Ressorts und der EU auf dem Weg von Städten zur CO₂-Neutralität und Energieeffizienz aufbauen. Beispiele sind:

- EnEff: Stadt – Forschung für die energieeffiziente Stadt | BMWi
- 100 % Erneuerbare-Energie-Regionen | BMU
- EE-Regionen: Sozialökologie der Selbstversorgung | BMBF
- Wettbewerb Energieeffiziente Stadt | BMBF
- Elektromobilität in Modellregionen | Bundesregierung
- Concerto Initiative | EU
- Smart Cities Initiative des SET-Plans | EU
- Future Megacities | BMBF
- Energetische Stadterneuerung | BMVBS / BBR
- E-Energy | BMWi
- Modellregion Elektromobilität | BMVBS
- FONA (Forschung für nachhaltige Entwicklung) | BMBF

2.4 Gestaltungsaspekte

DER MÜNDIGE UND INDIVIDUELLE BÜRGER

Individualisierung und Ausdifferenzierung der Lebensstile sind auch weiterhin prägende gesellschaftliche Trends. Dies führt zu neuen Dienstleistungen, neuen Geschäftsmodellen und der Personalisierung von Angeboten. Gleichzeitig verändert die bevorstehende tiefgreifende Transformation der Städte die Lebensbedingungen der Bürger und setzt deshalb eine aktive Partizipation und hohe Akzeptanz der Bürger voraus. Für die breite Umsetzung der Ziele ist die frühzeitige Einbeziehung und Mitwirkung der Bürger deshalb ein erfolgskritischer Faktor, der bei der Ableitung der Maßnahmen zu berücksichtigen ist.

ALTERSGERECHTES UMFELD

Der demografische Wandel lässt den Anteil der älteren Bevölkerung kontinuierlich anwachsen. Daraus ergeben sich spezifische Anforderungen an die Gestaltung der verschiedenen Stadtsysteme, die bei der Transformation zu berücksichtigen sind.

FLEXIBLE ENTWICKLUNGSKONZEPTE

Auch wenn die Weltbevölkerung in den kommenden Jahrzehnten deutlich wachsen wird und eine starke Urbanisierung absehbar ist, entwickeln sich einzelne Städte in ihrer Größe dennoch sehr unterschiedlich. In Europa gibt es sowohl wachsende, als auch stagnierende und schrumpfende Städte und Regionen, dabei können sich die Wachstumstrends mit der Zeit auch ändern. Deshalb müssen die Entwicklungskonzepte der Städte und Kommunen sowie die entsprechenden Planungsmodelle so flexibel gestaltet werden, dass sie auf wandelnde Anforderungen jederzeit reagieren können.

UMGANG MIT STADTSYSTEMEN

Gewachsene Städte lassen sich heute als Summe einer Vielfalt von technischen, organisatorischen und prozessualen Systemen beschreiben. Vom Menschen als wichtigstes Maß für die Umgestaltung unserer gebauten Strukturen ausgehend gilt es, von einer bisher eher fachorientierten Herangehensweise einen zunehmend systemischen Ansatz zu entwickeln. Zu den Systemen, die einen großen Einfluss auf die zukünftige räumliche Transformation von Städten, Kommunen und Regionen ausüben, lassen sich Themen wie Mobilität, Energie, Wohnen, Arbeiten, Kommunikation, Sicherheit, Gesundheit, Ressourcen, u.a. zählen. Jedes einzelne dieser Themen muss dabei wiederum als System aus technischen, organisatorischen und prozessualen Komponenten betrachtet werden.

IKT ALS SCHLÜSSELTECHNOLOGIE

Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) werden in den kommenden Jahrzehnten zunehmend in alle Lebensbereiche integriert werden und diese stark prägen. Für die Effizienzsteigerung der verschiedenen Stadtsysteme sind sie unverzichtbar. Die Datensammlung, Auswertung, Steuerung und Kommunikation innerhalb der Einzelsysteme und insbesondere die intelligente Vernetzung der Systeme ist eine Schlüsselaufgabe bei der Umsetzung der CO₂-neutralen, energieeffizienten und klimaangepassten Stadt. Deshalb spielt IKT in allen Handlungsfeldern eine wichtige Rolle.

UMBAU UND NEUBAU VON STÄDTEN UND KOMMUNEN

Im globalen Maßstab lassen sich bei der Realisierung CO₂-neutraler, energieeffizienter und klimaangepasster Städte und Kommunen grundsätzlich zwei verschiedene Aufgabenstellungen unterscheiden. Die bestehenden und gewachsenen Städte, die bereits einen hohen Entwicklungsstandard und Technologiegrad vorweisen und bevölkerungsmäßig meist nur wenig wachsen oder sogar schrumpfen, müssen so umgebaut werden, dass deren klimarelevanten Emissionen in den nächsten Jahren drastisch sinken. Dies betrifft vor allem die europäischen Städte und entwickelte Metropolregionen in anderen Industrieländern, die bereits heute einen hohen Urbanisierungsgrad aufweisen.

Außerhalb Europas stellt sich dagegen vor allem die Aufgabe, die neu entstehenden Megacities, die eine rasch wachsende Bevölkerung aufnehmen müssen, möglichst CO₂-neutral zu planen und zu realisieren. Bereits heute schon sind Städte im Bau, die noch in diesem Jahrzehnt ihren Bewohnern eine urbane Null-Emissions-Lebensweise ermöglichen werden. Bei der Realisierung dieses ehrgeizigen Ziels sind deutsche Technologien und Kompetenzen maßgeblich beteiligt.² Für Städte, die neu geplant

werden oder aus bestehenden Städten heraus schnell wachsen, müssen Planungsmethoden, Konzepte und Technologien entwickelt werden, die die regionalen Potenziale optimal nutzen, die Entstehung neuer CO₂-Emissionen vermeiden und eine Entwicklung in Richtung nachhaltiger Städte und Kommunen ermöglichen.

KONZENTRATION DES ZUKUNFTSPROJEKTS AUF DEN UMBAU BESTEHENDER STÄDTE, KOMMUNEN UND REGIONEN

Das Zukunftsprojekt konzentriert sich aktuell auf den Umbau von bestehenden Strukturen in Deutschland und Europa. Hier können die vorgeschlagenen Maßnahmen entwickelt, erprobt und demonstriert werden. Die dabei gewonnenen Erfahrungen und Lösungen werden eine sehr wichtige Basis bei der Entwicklung von Konzepten für den Neubau von Städten auf anderen Kontinenten sein.

TECHNOLOGIEN FÜR DEN STADTNEUBAU ENTWICKELN

Trotz der Konzentration des Zukunftsprojektes auf den Umbau sollte die Technologieentwicklung für den Neubau von Megacities, die in vielen Regionen der Welt in Zukunft entstehen, von Forschung und Industrie nicht vernachlässigt werden, da sich hierbei für deutsche Unternehmen interessante Exportmöglichkeiten ergeben.

² Beteiligt an einer Kooperation zwischen der Fraunhofer-Gesellschaft und der Abu Dhabi Future Energy Company als Repräsentantin des Masdar City Projekts sind die Fraunhofer-Institute für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, für Bauphysik IBP sowie für Solare Energiesysteme ISE.

Kategorie	Typische Größe (in 1.000 EW)	Anzahl Einwohner (EW)	Anzahl Städte / Gemeinden	Durchschnittl. EW- Dichte (in EW / km ²)
Kleine Gemeinden	0 – 2	21,4 Mio.	7.012	~ 200
Kleinstadt	2 – 20	14,6 Mio.	4.628	~ 500
Mittelstadt	20 – 100	21,6 Mio.	619	~ 1.000
Großstadt (klein)	100 – 500	12,2 Mio.	68	~ 1.500
Großstadt (groß)	> 500	13,1 Mio.	14	~ 2.600

Abbildung 2.1: Übersicht Stadtgrößenklassen³

RAHMENBEDINGUNG STADTGRÖSSE UND STADTREGION

Alle Städte und Kommunen weisen individuell unterschiedliche Rahmenbedingungen für den klimafreundlichen Umbau auf. Allerdings lassen sich Kategorien identifizieren, die unter anderem von der Siedlungsgröße abhängen. Beispielsweise haben Kommunen im ländlichen Raum einen deutlich geringeren spezifischen Energiebedarf als Großstädte mit Industrie und Ballungszentren. Gleichzeitig haben kleinere Kommunen meist deutlich mehr Möglichkeiten, auf ihrem Gebiet oder in naher Umgebung erneuerbare Energien zu nutzen. Auch der individuelle Mobilitätsbedarf und das Angebot des öffentlichen Nahverkehrs sind stark größenabhängig. Typischerweise nimmt mit der Größe der Kommune der Aufwand zu, die CO₂-Neutralität zu erreichen. Für die verschiedenen Siedlungsgrößen müssen deshalb unterschiedliche Konzepte zur Erreichung der CO₂-Neutralität, Energieeffizienz und Klimaanpassung entwickelt werden.

In Abbildung 2.1 sind die verschiedenen Siedlungsgrößen definiert, die im Rahmen des Zukunftsprojektes betrachtet werden. Dabei sind auch Kleinstädte und kleine Gemeinden mit weniger als 20.000 Einwohnern von Bedeutung, da in ihnen knapp ein Drittel der Bevölkerung wohnt.

Die Gestaltung und Umsetzung des Zukunftsprojekts geht auch bewusst über einzelne Kommunen hinaus und betrachtet auch Stadtregionen (bzw. kommunale und regionale Stadtcluster), da durch den hohen Grad der Urbanisierung der Großteil der Städte und Kommunen systemisch in größeren Verwaltungseinheiten integriert sind und auch ganzheitlich betrachtet werden müssen.

³ Statistisches Bundesamt; BBSR, Stand 2010

2.5 Handlungsebenen

Für den sehr weitreichenden Umbau von Städten und Kommunen zur »CO₂-neutralen, energieeffizienten und klimaangepassten Stadt« bedarf es eines engen und abgestimmten Zusammenspiels nicht nur aller Akteure innerhalb der Kommune, sondern auch zwischen den Handlungsebenen »Stadt / Kommune«, »Forschung & Industrie« sowie »Wissenschaftliche Begleitung & Beratung«. Die Politik sollte dabei eine stimulierende, begleitende und bei Bedarf moderierende Funktion in diesem Handlungs-dreieck übernehmen.

2.5.1 PROZESSUALE BETRACHTUNG DER HANDLUNGS EBENE »STADT / KOMMUNE«

Auf dem Weg zur »CO₂-neutralen, energieeffizienten und klimaangepassten Stadt« empfiehlt es sich für Städte und Kommunen, einen standardisierten Prozess zu wählen, der typischerweise aus zwei Phasen besteht.



Abbildung 2.2: Handlungsdreieck für Transformation von Städten und Kommunen

PHASE 1: ENTSCHEIDUNGSFINDUNG UND ROADMAP ERSTELLUNG IN DREI SCHRITTEN

A. Am Anfang des Prozesses bedarf es eines **Beschlusses** der Entscheidungsgremien der Kommune mit einer möglichst konkreten Zielsetzung (z. B. CO₂-Neutralität bis zum Jahr 2030 unter definierten Rahmenbedingungen).

B. In einem **Akteursbeteiligungsprozess** müssen Vertreter aller betroffenen Akteure, das heißt Bürger, Handwerk, Gewerbe, Industrie, Banken, Energieversorger, Nahverkehrsbetriebe, Fachplaner, kommunale Verwaltung, Schulen, Vereine, Agendagruppen etc. gemeinsam eine detaillierte **Vision** für die Kommune erarbeiten, die beschreibt, wie das Ziel erreicht werden soll. Die Verabschiedung der Vision im Konsens ist Voraussetzung für die breite Akzeptanz in der Umsetzung.

C. Im dritten Teil der vorbereitenden Phase ist von Fachleuten eine **Roadmap** zu erarbeiten, die beschreibt, in welchen Zeiträumen mit welchen konkreten Maßnahmen die Vision realisiert werden kann. Dabei sind weiterhin die interessierten Akteure zu beteiligen, um sicherzustellen, dass die Roadmaps für die einzelnen Handlungsfelder der Kommune mitgetragen werden.

PHASE 2: UMSETZUNGSPHASE MIT EVALUIERUNG UND REGELMÄSSIGER NACHJUSTIERUNG

An die Roadmaperstellung schließt sich die Umsetzungsphase an, bei der für die einzelnen Handlungsfelder Detailplanungen erstellt und konkrete Maßnahmen ausgearbeitet werden müssen. Der Prozess muss zentral gesteuert und von interessierten Akteuren begleitet werden, da regelmäßig Entscheidungen bezüglich Prioritäten, eingesetzte Mittel etc. zu treffen sind. Die Umsetzungsphase muss mittels Meilensteinen in überschaubare Zeitabschnitte eingeteilt werden, die Erreichung der Meilensteine

muss regelmäßig überprüft, die Fortschritte evaluiert und mit den interessierten Akteuren diskutiert werden. Auf Basis der Evaluationsergebnisse müssen die Roadmaps regelmäßig nachjustiert und gegebenenfalls überarbeitet werden.

2.5.2 INNOVATIONSBESCHLEUNIGUNG AUF DER HANDLUNGSEBENE »FORSCHUNG & INDUSTRIE«

Forschung und Industrie erkennen zunehmend die technologischen Herausforderungen und das große Marktpotenzial für Stadttumbau und Stadtneubau⁴. Neue, innovative Konzepte und Produkte werden angeboten, z. B. in den Bereichen Erneuerbare Energien, Smart Grids und bei Mobilitätssystemen. Voraussetzung für eine effiziente und erfolgreiche Bearbeitung der Aufgaben ist enge Zusammenarbeit von Forschung und Industrie. Rasche Erfolge stellen sich ein, wenn angepasste Lösungen gemeinsam mit den Städten und Kommunen erarbeitet werden. Zur Intensivierung von F&E sowie zur Realisierung von Pilotprojekten ist ein aktiver Beitrag der Politik erforderlich.

Eine erfolgreiche Umsetzung von CO₂-neutralen, energieeffizienten und klimaangepassten Städten und Kommunen erfordert eine intensive Kommunikation von Industrie, Forschung, Politik und Kommunen, um Bedarf und Angebot an Konzepten, Technologien und Produkten zu eruieren und die Entwicklung von Innovationen zu stimulieren und zu beschleunigen.

⁴ 40 Billionen Dollar müssen nach einer Studie der Deutschen Bank bis 2030 allein in die Infrastruktur der Städte investiert werden. Quelle: Smart Cities, Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, 5. Sept. 2010

2.5.3 HANDLUNGSEBENE

»WISSENSCHAFTLICHE BEGLEITUNG & BERATUNG«

Der Umbau von Städten und Kommunen zur CO₂-Neutralität ist eine sehr ambitionierte Zielsetzung. Realisierte Beispiele gibt es bislang nur für Teilsysteme und nur unter besonderen Rahmenbedingungen, z.B. die energieautarken Bioenergiedörfer, die mehr Energie aus Biomasse und Windkraft bereitstellen, als in den Dörfern verbraucht wird⁵. Das große Interesse der Städte und Kommunen an einer solchen Zielsetzung spiegelt die große Zahl an Kommunen, aber auch Landkreisen und Regionen in Deutschland wieder, die sich in den vergangenen Jahren hohe Ziele bezüglich der Versorgung mit erneuerbaren Energien gesetzt haben und entsprechende Energie- und Klimaschutzkonzepte erarbeiten⁶. Allerdings stehen die Kommunen und Regionen meist erst am Anfang des Prozesses. Erfahrungen von umfassenden Roadmapstellungen und konkreten Umsetzungen liegen bislang nur rudimentär vor. Festzustellen ist dabei, dass der Fokus in diesen Kommunen und Regionen häufig auf der Energieerzeugung liegt. Das Zukunftsprojekt »CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt« weist dagegen einen deutlich umfassenderen Ansatz auf, der alle Aspekte von der Energieerzeugung bis zur Energienutzung umfasst und deshalb auch größere Anforderungen an die wissenschaftliche Begleitung stellt.

Die bislang vorliegenden Erfahrungen belegen den geringen Wissensstand bezüglich solch grundlegender Umbauprozesse komplexer Systeme, wie sie eine Kommune oder Region darstellt. Die Konsequenzen der Zielsetzungen CO₂-Neutralität, Energieeffizienz und Klimaanpassung für die davon tangierten Systeme einer Stadt und deren Wechselwirkungen sind wissenschaftlich noch nicht untersucht und verstanden. Gleichzeitig gibt es einen

großen Bedarf an Know-how in den Städten und Kommunen, die sich mit der Aufgabenstellung beschäftigen. Nach der Beschlussfassung stellen die Verantwortlichen vielfach fest, dass sie mit der Erstellung entsprechender Konzepte und mit der Durchführung der Prozesse alleine überfordert sind und erfahrene und kompetente externe Berater nur schwer zu finden sind, da es sich um neue Ansätze mit hoher systemischer Komplexität und multidisziplinären Anforderungen handelt.

Eine erfolgreiche Umsetzung von CO₂-neutralen, energieeffizienten und klimaangepassten Städten und Kommunen erfordert deshalb sowohl eine intensive wissenschaftliche Begleitung, als auch die Schaffung von Beratungsangeboten zur Unterstützung der Städte, die sich für einen Umbau entscheiden.

⁵ Eine Vollversorgung mit Strom aus erneuerbaren Energien haben die Gemeinden Freiamt in Baden-Württemberg, Ostritz in Sachsen, Pellworm in Schleswig-Holstein bereits erreicht, Quelle: BMBF gefördertes Projekt ee-regionen, www.ee-regionen.de

⁶ Im Rahmen des vom BMU geförderten Projektes »100 % Erneuerbare-Energie-Regionen« wurden bis April 2010 insgesamt 69 Städte und Regionen identifiziert mit einer Zielsetzung einer 100 Prozent-Energieversorgung mit erneuerbaren Energien; die größte Stadt ist Emden in Niedersachsen mit 52.000 Einwohnern, siehe www.100-ee.de

2.6 Handlungsfelder und Roadmaps

Für das Zukunftsprojekt wurden die folgenden sieben Handlungsfelder als bedeutend für die Umsetzung identifiziert. Für jedes Handlungsfeld wurde eine Roadmap erarbeitet mit den vier Dimensionen »wirtschaftliche und gesellschaftliche Auswirkungen«, »Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen«, »Enabling Technologies« und »sozioökonomische Rahmenbedingungen«:

- **Handlungsfeld »Gebäude und Wohnen«**
- **Handlungsfeld »Innerstädtische Mobilität und Verkehr«**
- **Handlungsfeld »Urbanes Gewerbe und Produktion«**
- **Handlungsfeld »Energieversorgung und -management«**
- **Handlungsfeld »Stadtraum / -struktur«**
- **Handlungsfeld »Steuerung der Transformationsprozesse«**
- **Handlungsfeld »Geschäftsmodelle und regulatives Umfeld«**

Um die CO₂-Neutralität von Städten und Kommunen zu erreichen, sind umfangreiche Umbaumaßnahmen in den verschiedenen betroffenen Systemen erforderlich, die in der Regel deutlich mehr als ein Jahrzehnt benötigen, weshalb die Ziele in den Roadmaps für das Jahr 2030 und darüber hinaus ausgewiesen sind (Ziele 2030+). Zur Erreichung der Langfristziele müssen jedoch in naher Zukunft die Weichen gestellt und Umbaumaßnahmen koordiniert begonnen werden. Deshalb sind für das Jahr 2020 Meilensteine definiert, die Voraussetzung zur Erreichung der Ziele des Jahres 2030 und danach sind.

2.6.1 HANDLUNGSFELD »GEBÄUDE UND WOHNEN«

Gebäude sind für 40 Prozent des Energiebedarfs in Deutschland verantwortlich, gleichzeitig weisen sie sehr große Effizienzpotenziale auf. Für das Handlungsfeld »Gebäude und Wohnen« ergeben sich zwei wesentliche Aufgabenstellungen: die Bereitstellung von Technologien zur starken Reduzierung des Strom-, Wärme und Kältebedarfs für Neubau und Gebäudebestand aller Gebäudetypen einerseits und die deutliche Erhöhung der Modernisierungsraten andererseits, um den Stadtumbau in den gewünschten Zeiträumen bewältigen zu können.

ZUKUNFTSPROJEKT »DIE CO₂-NEUTRALE,
ENERGIEEFFIZIENTE UND KLIMAANGEPASSTE STADT«

Roadmap »Gebäude und Wohnen«

Meilensteine

Ziele 2030+

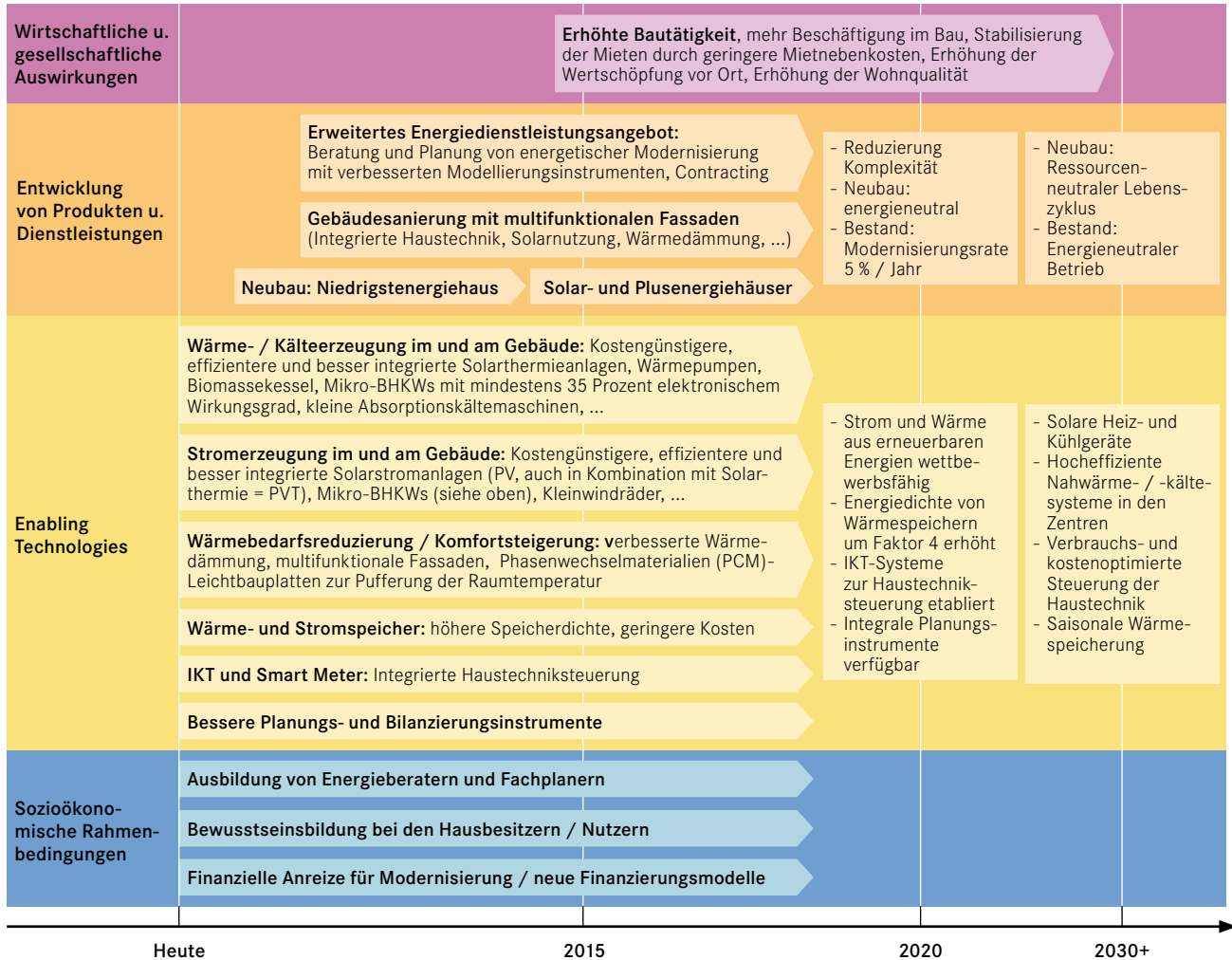


Abbildung 2.3: Roadmap »Gebäude und Wohnen«

2.6.2 HANDLUNGSFELD

»INNERSTÄDTISCHE MOBILITÄT UND VERKEHR«

Die Reduzierung der Lärm-, Emissions- und sonstigen Belastungen durch den innerstädtischen Verkehr und die Befriedigung der steigenden Mobilitätsanforderungen stellen bereits große Herausforderungen für die Kommunen dar. Die zusätzliche Zielsetzung der CO₂-Freiheit, Energieeffizienz und Klimaanpassung in diesem wichtigen Energieverbrauchsbereich erhöht die Anforderungen in diesem Handlungsfeld nochmals deutlich. Allerdings stellt sie auch eine Chance dar, da beispielsweise die konsequente Umstellung des innerstädtischen Verkehrs auf Elektromobile aus energetischen Gründen Lärm und lokale Emissionen deutlich reduzieren hilft.

Das Handlungsfeld befasst sich mit den innerstädtischen Mobilitätsanforderungen und Verkehrsstrukturen; die spezifischen Fragestellungen der Elektromobilität werden im Bedarfswelt »Mobilität« der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft und dem Zukunftsprojekt »Eine Million Elektrofahrzeuge in Deutschland bis 2020« behandelt.

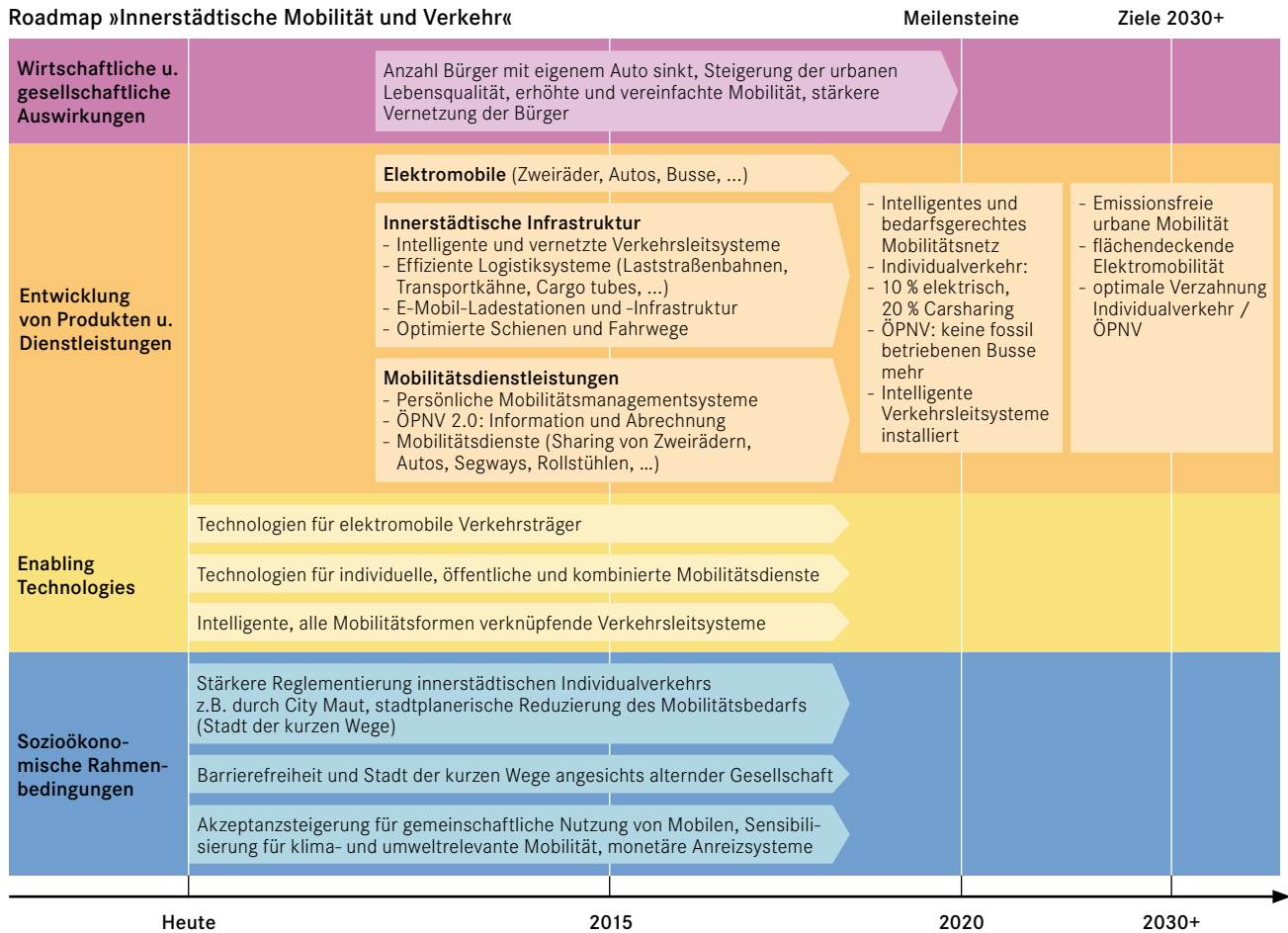


Abbildung 2.4: Roadmap »Innerstädtische Mobilität und Verkehr«

2.6.3 HANDLUNGSFELD

»URBANES GEWERBE UND PRODUKTION«

Betrachtet werden Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) sowie die nicht-energieintensiven Sektoren des verarbeitenden Gewerbes innerhalb der Gebietsgrenzen von Städten und Kommunen; energieintensive Groß- bzw. Schwerindustrie wird nicht berücksichtigt.

Große Einsparpotenziale ergeben sich in der Effizienzsteigerung in der Produktion durch elektronische Steuerung und neue Antriebskonzepte, als auch im Stromverbrauch für Beleuchtung (40 Prozent des Strombedarfs von GHD) und für Informationstechnologien. Die Wärme- und Kälteversorgung kann teilweise durch solarthermisch erzeugte Prozesswärme erfolgen und durch KW(K)K, wofür die entsprechenden Nahwärmenetze aufgebaut werden müssen.

ZUKUNFTSPROJEKT »DIE CO₂-NEUTRALE,
ENERGIEEFFIZIENTE UND KLIMAANGEPASSTE STADT«

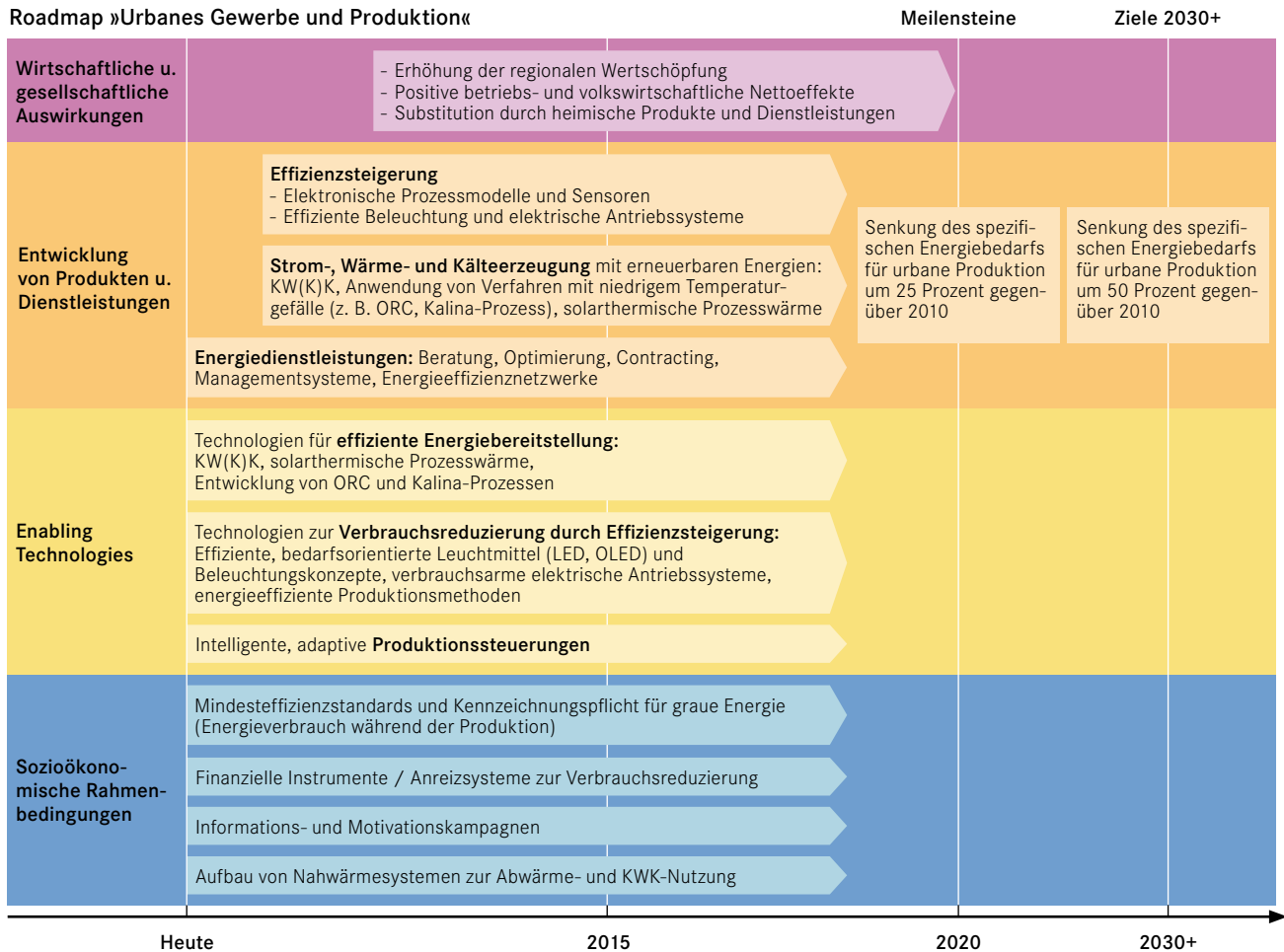


Abbildung 2.5: Roadmap »Urbanes Gewerbe und Produktion«

2.6.4 HANDLUNGSFELD

»ENERGIEVERSORGUNG / -MANAGEMENT«

Kommunale Energieerzeugung

Basis der CO₂-neutralen Kommune ist neben der deutlichen Effizienzsteigerung ein starker Ausbau der Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien auf kommunalem Gebiet, verbunden mit Versorgungsstrukturen, die die dezentrale Energieerzeugung durch die Bürger und Unternehmen der Kommune ermöglichen und fördern. Vorteilhaft ist dabei ein kommunales Energieversorgungsunternehmen, das entsprechende Investitionen planen und durchführen kann. Dabei ist immer auch abzuwägen, ob Investitionen auf städtischem Gebiet oder die Beteiligung an Kapazitäten durch erneuerbare Energien außerhalb des Stadtgebiets, die in Deutschland oder auch außerhalb Deutschlands liegen können, ökologisch und ökonomisch sinnvoller sind.

ZUKUNFTSPROJEKT »DIE CO₂-NEUTRALE,
ENERGIEEFFIZIENTE UND KLIMAANGEPASSTE STADT«

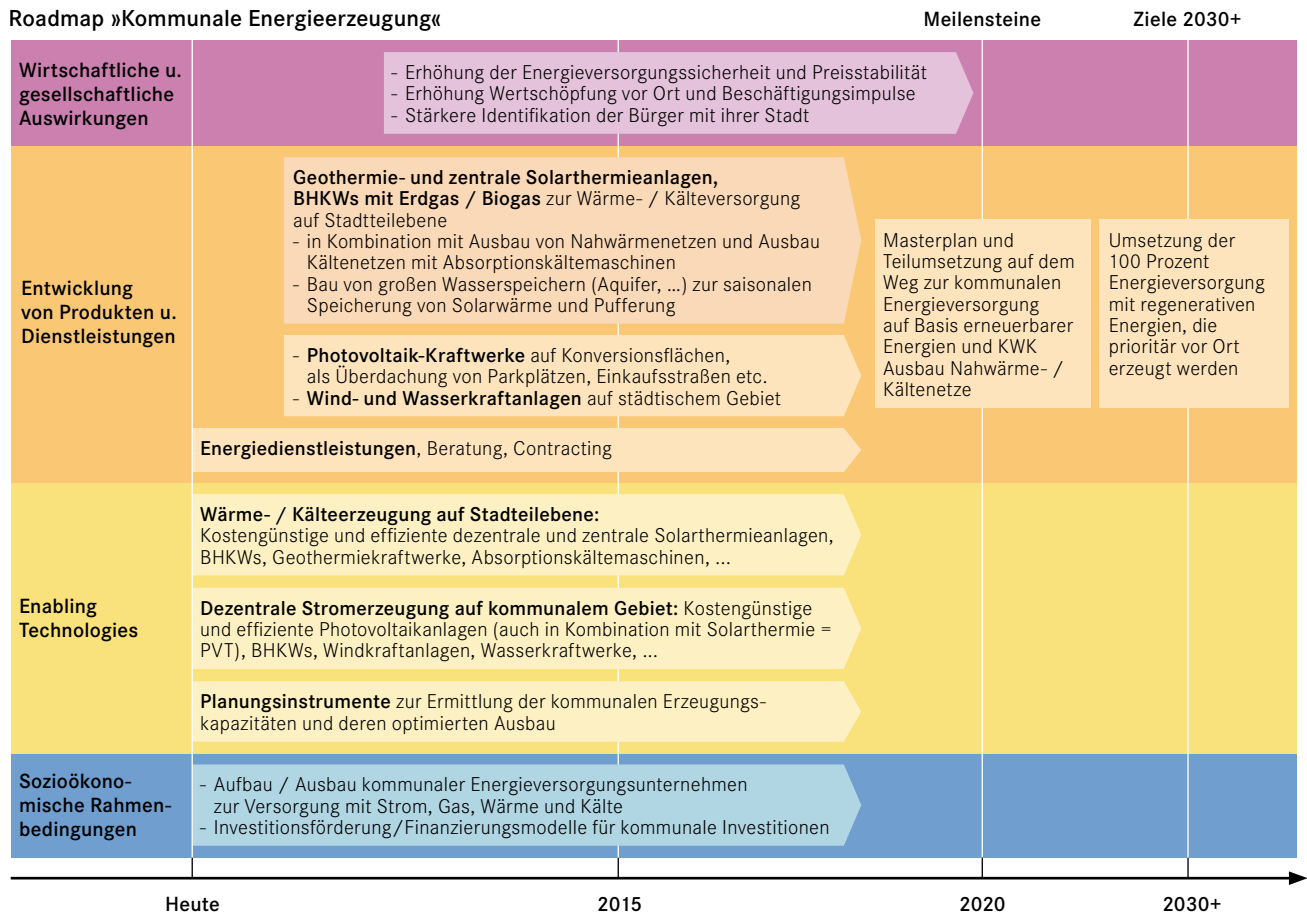


Abbildung 2.6: Roadmap »Kommunale Energieerzeugung«

Kommunale Energieverteilung / -management

Ein nachhaltiges Energieversorgungssystem, das im Wesentlichen auf erneuerbaren Energien basiert, stellt besondere Anforderungen an die Energieverteilungs- und -managementsysteme. Auf kommunaler Ebene müssen fluktuierende erneuerbare Energiequellen integriert und die Netzqualität stabil und sicher gehalten werden durch Lastmanagement, überregionalen Ausgleich und die Nutzung von Speichern. In den Stromnetzen sind eine große Zahl dezentraler Energieerzeuger zu integrieren und die kommunalen Netze in Verbindung mit nationalen und internationalen Strukturen ökonomisch und ökologisch optimal zu betreiben. Auch die Steuerung der Gas- sowie der Wärme- und Kältenetze mit ihrer jeweiligen Ausdehnung und Charakteristik sind zu optimieren, wofür innovative IKT zu entwickeln sind.

ZUKUNFTSPROJEKT »DIE CO₂-NEUTRALE,
ENERGIEEFFIZIENTE UND KLIMAANGEPASSTE STADT«

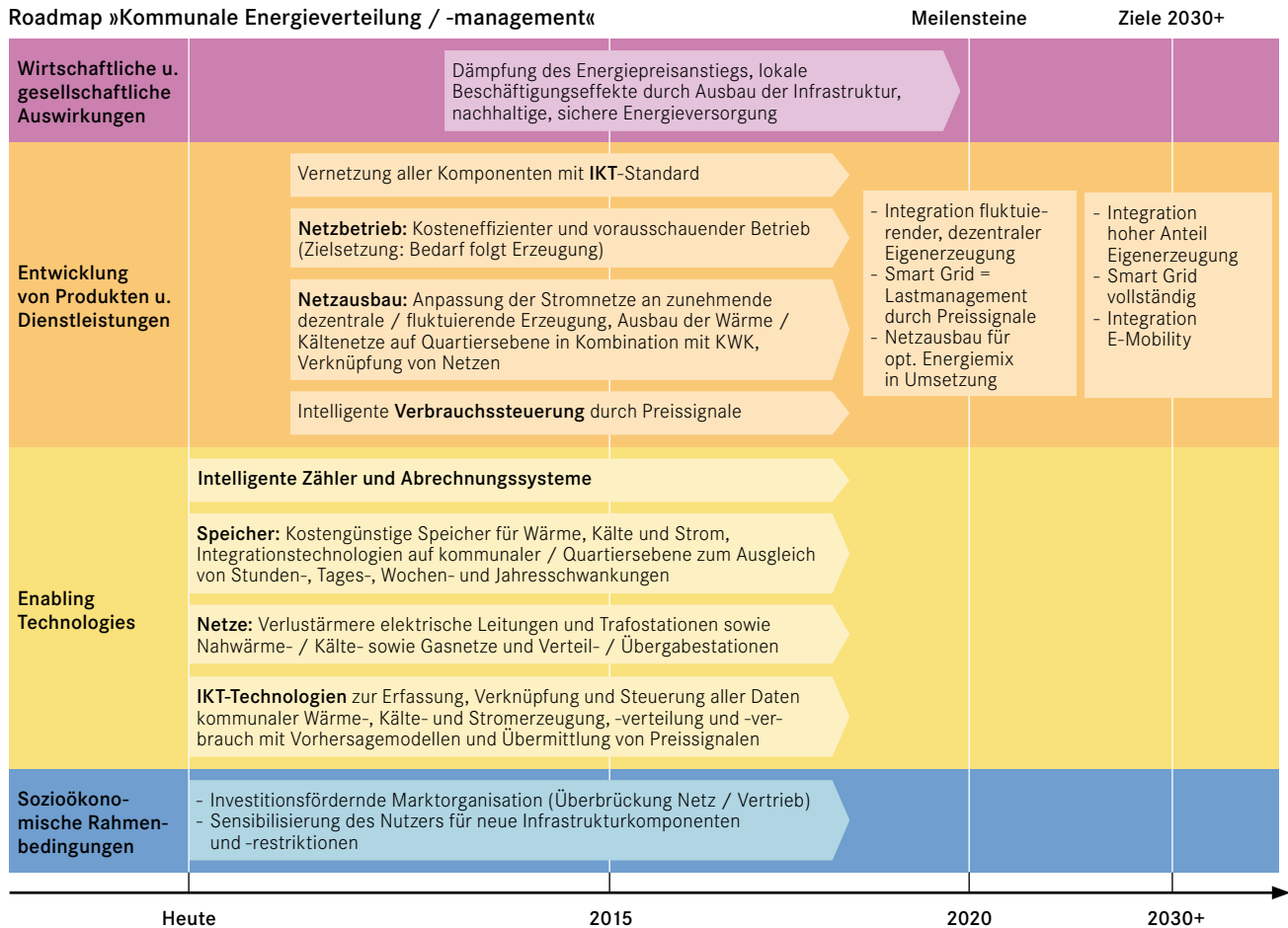


Abbildung 2.7: Roadmap »Kommunale Energieverteilung / -management«

2.6.5 HANDLUNGSFELD »STADTRAUM / -STRUKTUR«

Das Handlungsfeld »Stadtraum / -struktur« umfasst die räumliche Struktur und Gestaltung der Städte und Kommunen, die prägend für das Verhalten und die Lebensweisen von Stadtbewohnern sind und damit die Lebensqualität, das Mobilitätsverhalten und schlussendlich die CO₂-Gesamtbilanz einer Kommune deutlich beeinflussen. Betrachtet werden Elemente des öffentlichen Stadtraums und deren Betrieb (Straßen, Plätze, Freiflächen etc.), die Nutzungsverteilung von Stadtquartieren und die räumliche Organisation.

ZUKUNFTSPROJEKT »DIE CO₂-NEUTRALE,
ENERGIEEFFIZIENTE UND KLIMAANGEPASSTE STADT«

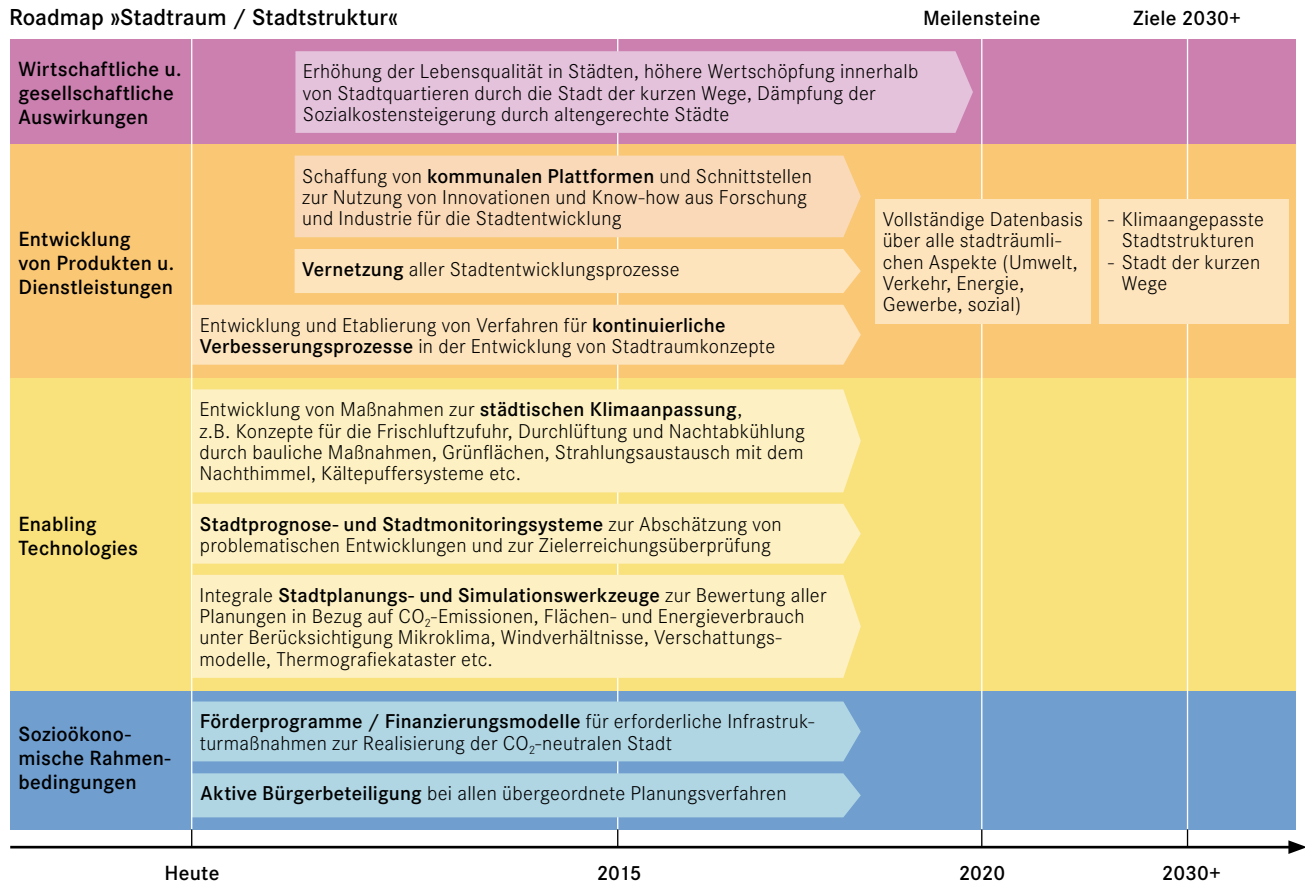


Abbildung 2.8: Roadmap »Stadtraum / -struktur«

2.6.6 HANDLUNGSFELD

»STEUERUNG DER TRANSFORMATIONSPROZESSE«

Die Moderation und Steuerung des Transformationsprozesses einer Kommune hin zur »CO₂-neutralen, energieeffizienten und klimaangepassten Stadt« stellt angesichts der tangierten Themen und Technologien, der betroffenen Systeme und ihrer Wechselwirkungen, der Vielzahl der zu beteiligenden Akteure sowie des langen Umbauzeitraums eine große Herausforderung dar. Da sie entscheidenden Einfluss auf das Gelingen des Umbaus haben, wurde ein eigenes Handlungsfeld »Steuerung der Transformationsprozesse« definiert. Es beschreibt die notwendigen Maßnahmen zur Zusammenführung übergeordneter und interdisziplinärer Technologien, Systeme und Maßnahmen aus anderen Handlungsfeldern sowie die Maßnahmen zur aktiven Beteiligung und Information der relevanten Akteure, die Herbeiführung von Entscheidungen sowie die Schlichtung von Konflikten.

ZUKUNFTSPROJEKT »DIE CO₂-NEUTRALE,
ENERGIEEFFIZIENTE UND KLIMAANGEPASSTE STADT«

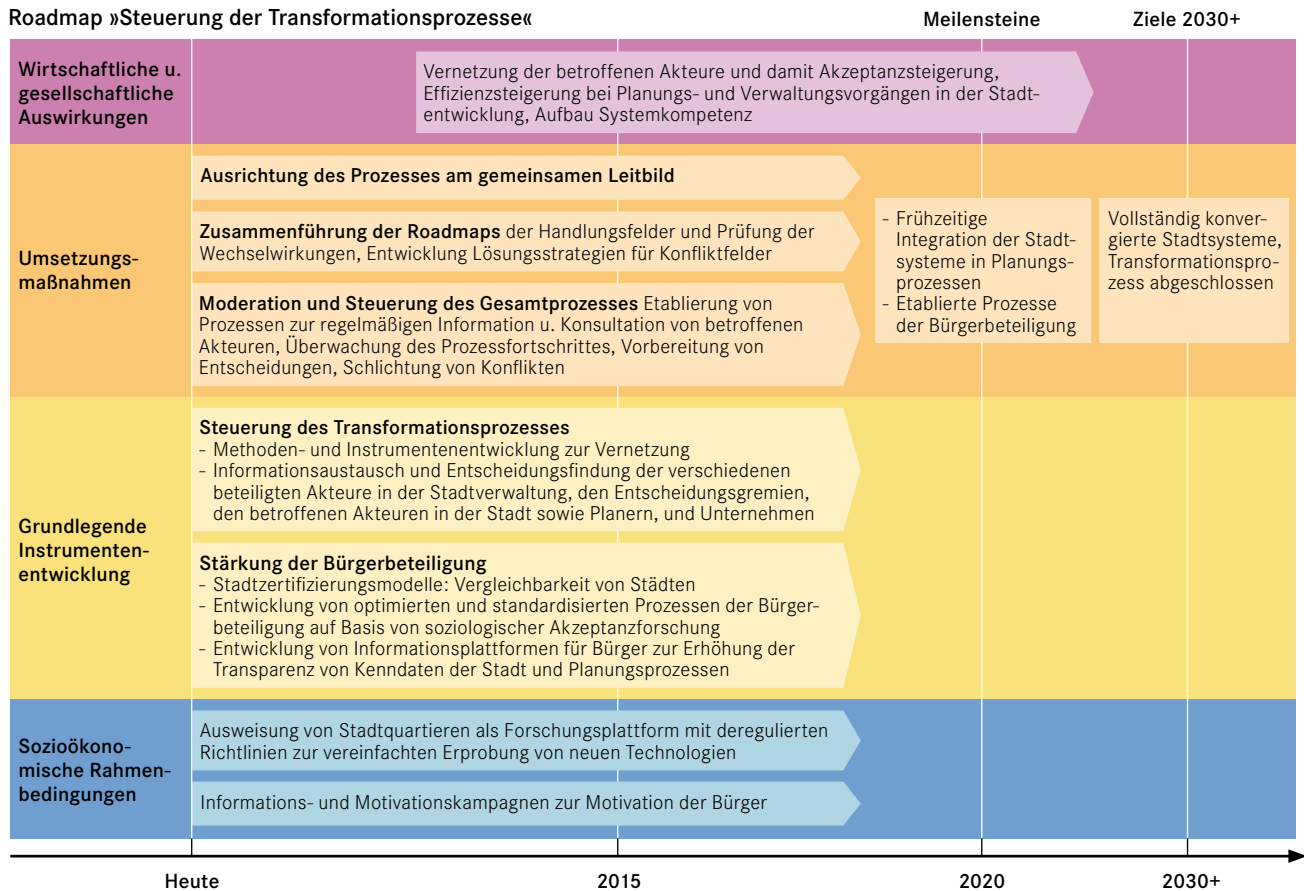


Abbildung 2.9: Roadmap »Steuerung der Transformationsprozesse«

2.6.7 HANDLUNGSFELD

»GESCHÄFTSMODELLE UND REGULATIVES UMFELD«

Um eine breite und rasche Umsetzung CO₂-neutraler Städte und Kommunen zu erreichen, müssen Geschäftsmodelle, die die Einführung von Nachhaltigkeitstechnologien befördern und geeignete Finanzierungsmodelle, die vor allem privates Kapital nutzen, entwickelt werden. Für diese bedarf es wiederum geeigneter Rahmenbedingungen. Diese »Enabling Regulation« muss evaluiert und optimiert werden, Deutschland muss hier Vorreiter in Europa werden und die Regulierungsprinzipien auf EU-Ebene übertragen werden.

Die verursachungsgerechte Bepreisung aller Emissionen muss geprüft werden, verbunden mit marktgerechten Regulierungsrahmen, die für die private Seite Anreize für die Investition in Nachhaltigkeitstechnologien und -dienstleistungen schaffen. Dabei wird auch die vielfach mittelständische Struktur der deutschen Wirtschaft berücksichtigt.

ZUKUNFTSPROJEKT »DIE CO₂-NEUTRALE,
ENERGIEEFFIZIENTE UND KLIMAANGEPASSTE STADT«

Roadmap »Geschäftsmodelle und regulatives Umfeld«

Meilensteine

Ziele 2030+

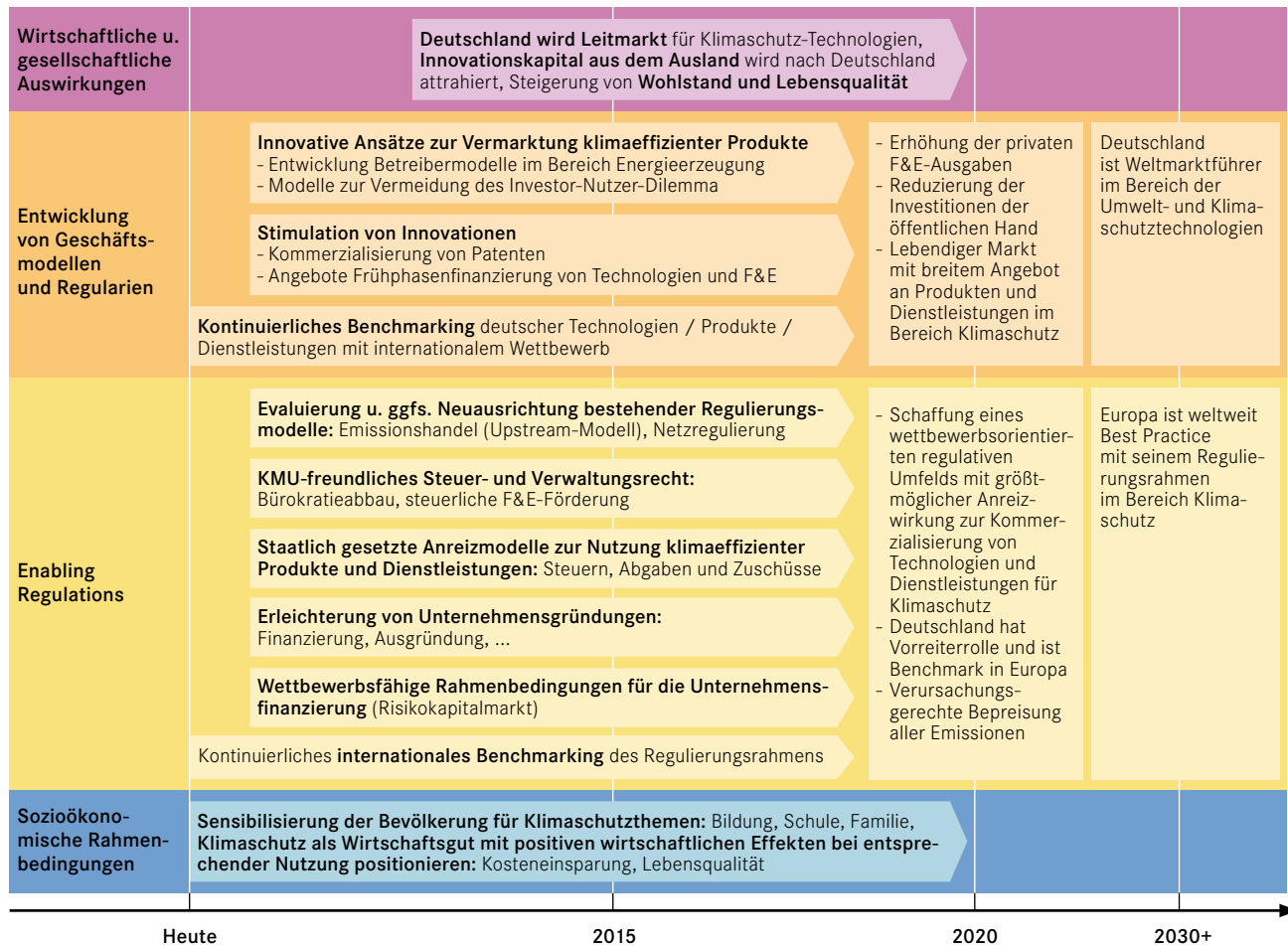


Abbildung 2.10: Roadmap »Geschäftsmodelle und regulatives Umfeld«

2.7 Lösungsansatz »Nachhaltigkeitsstadt«

Zur Vereinfachung wird im Folgenden die »CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt« kurz »Nachhaltigkeitsstadt« genannt.

Auf Basis der beschriebenen Aspekte, die bei der Umsetzung des Zukunftsprojektes zu berücksichtigen sind, sowie der Handlungsfelder mit entsprechenden Roadmaps, wurde ein Lösungsansatz für die Umsetzung des Zukunftsprojektes entwickelt, der im folgenden beschrieben wird. Dabei wurde auf den Umbau bestehender Städte und Kommunen in Deutschland fokussiert.

Da die mögliche Ausgestaltung einer Nachhaltigkeitsstadt stark von den Vorgaben für die möglicherweise zu ergreifenden Maßnahmen abhängt, müssen diese möglichst klar definiert werden. Es wird vorgeschlagen, die Rahmenbedingungen im Zukunftsprojekt wie folgt zu setzen:

Bezüglich der CO₂-Neutralität werden die CO₂-Emissionen berücksichtigt, die direkt verursacht werden durch:

- (1) direkten Strom-, Wärme- und Kälteverbrauch aller Einwohner während ihres Aufenthalts in der Stadt,
- (2) direkten Strom-, Wärme- und Kälteverbrauch aller Gewerbebetriebe, urbaner Produktionen, öffentlichen Einrichtungen und sonstiger Institutionen, soweit nicht durch (1) abgedeckt, sowie durch
- (3) innerstädtische Mobilität, soweit nicht durch (1) und (2) abgedeckt.

Nicht berücksichtigt werden die CO₂-Emissionen von:

- Groß- und Schwerindustrie im städtischen Gebiet,
- Kraftwerken auf städtischem Gebiet, die der überregionalen Versorgung dienen sowie
- Überland-, Schiffs- und Flugverkehr.

Prinzipiell soll die CO₂-Neutralität unter anderem dadurch erreicht werden, dass die Nachhaltigkeitsstädte einen möglichst hohen Anteil ihres Energiebedarfs mittels auf eigenem Gebiet genutzten erneuerbaren Energiequellen decken. Darüber hinaus ist der Bezug von CO₂-neutral bereitgestellten Energieträgern möglich, wenn dies ökologisch und ökonomisch vorteilhaft ist.

2.7.1 EXEMPLARISCHE UMSETZUNG: BEGLEITUNG 30 NACHHALTIGKEITS-PILOTSTÄDTE

Als zentralen Baustein des Lösungsansatzes sollen in einem bundesweiten Wettbewerb 30 Nachhaltigkeits-Pilotstädte (und -kommunen) unterschiedlicher Größe ausgewählt werden, die beabsichtigen, innerhalb von etwa 20 Jahren zur Nachhaltigkeitsstadt zu werden. Die ausgewählten Städte verpflichten sich, in einer ersten Phase von maximal drei Jahren aktiv an der Visions- und Roadmaperstellung zu arbeiten. Die Bundesregierung stellt dafür eine aktive Begleitung und Beratung bereit.

Der Prozess der ersten Planungsphase läuft nach einem festen Prozedere ab und umfasst die **Zieldefinition** durch eine offizielle Beschlussfassung der Kommune, dem sich ein Prozess der Bürgerbeteiligung anschließt, in dem zuerst eine **Vision** formuliert wird und daran ausgerichtet eine Roadmap für den Umbau der verschiedenen Stadtsysteme Gebäude und Wohnen, Mobilität, Energieversorgung etc. erarbeitet wird.

In dieser ersten Phase stehen den Pilotstädten Experten zur Verfügung, die diese bei der Steuerung der Prozesse beraten, bei der Erstellung der Energie-, Mobilitäts-, Klima- und Technik-integrationskonzepte sowie den **Roadmaps** behilflich sind oder kompetente Berater empfehlen. Sie stehen auch als Berater oder Moderatoren für den Akteursbeteiligungsprozess zur Verfügung. Neben Wissenschaft und Kommunen muss auch die Wirtschaft nachhaltig aktiviert werden und von Anfang an einbezogen werden.

2.7.2 FORSCHUNG UND BERATUNG: AUFBAU NACHHALTIGKEITSSTADT-KOMPETENZZENTREN UND FORSCHUNGS-SCHWERPUNKT NACHHALTIGKEITSSTADT

Angesichts des weitreichenden und neuen Ansatzes und dem Mangel an Erfahrungen, muss den Nachhaltigkeits-Pilotstädten im Rahmen des Zukunftsprojektes ausreichendes Know-how zur Verfügung gestellt werden und zwar sowohl bezüglich der Möglichkeiten, einzelne Stadtsysteme zu transformieren, als auch über den Transformationsprozess und seine Steuerung selbst.

Zur Beratung und Unterstützung der Pilotstädte sowie künftiger Nachfolger sollen im Rahmen des Zukunftsprojektes etwa fünf multidisziplinäre **Nachhaltigkeitsstadt-Kompetenzentren** in Deutschland aufgebaut werden, die inhaltliches und prozessuales Know-how sammeln und durch Auswertung von Erfahrungen und die Zusammenarbeit mit multidisziplinären Experten aufbauen. Das Know-how soll den Nachhaltigkeits-Pilotstädten in Form von Beratungsleistungen, Informationsmaterial und Leitfäden zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus sollen auch Berater und Moderatoren verfügbar sein.

Parallel dazu wird ein **multidisziplinäres Joint-Research-Center Nachhaltigkeitsstadt** etabliert, das insbesondere die wissenschaftliche Begleitforschung bei den Pilotstädten durchführt, die Erkenntnisse aus den Transformationsprozessen aufbereitet und sie den Kompetenzzentren zur Optimierung ihrer Arbeit zur Verfügung stellt. Das Joint-Research-Center kann auch eine koordinierende Funktion für die Kompetenzzentren übernehmen.

Das zu erarbeitende wissenschaftliche Verständnis über die komplexen Wechselwirkungen der verschiedenen Stadtsysteme beim Umbau bestehender Städte sowohl in Hinblick auf die technologischen als auch auf die gesellschaftlichen und den Transformationsprozess betreffenden Aspekte ist eine wichtige Grundlage für die Erweiterung des Know-hows auf Planung und Neubau von Nachhaltigkeitsstädten in anderen Regionen der Erde.

2.7.3 TECHNOLOGIE- UND PRODUKTENTWICKLUNG: NACHHALTIGKEITSSTADT-PLATTFORM VON INDUSTRIE, FORSCHUNG, POLITIK UND BETEILIGTEN AKTEUREN

Die Entwicklung und die Umsetzung von Nachhaltigkeitsstädten erfordert die enge Verzahnung nicht nur der verschiedenen Planungs- und Handlungsebenen der Städte und Kommunen, sondern auch eine enge Verzahnung von Industrie und Forschung, die die Technologien, Konzepte und Systeme zur Realisierung der Nachhaltigkeitsstädte erarbeiten, anbieten, planen und umsetzen. Dies erfordert einen regelmäßigen Informationsaustausch über die Zielsetzungen und Anforderungen der Städte einerseits und die Ideen, Konzepte und Innovationen von Industrie und Forschung andererseits.

Den nötigen Austausch ermöglicht die Nachhaltigkeitsstadt-Plattform, in der Vertreter aller relevanten Akteure aus Industrie, Energieversorgung, Forschung, Politik und den Kommunen zusammen kommen. Die Plattform hat die Aufgabe, den Nachhaltigkeitsstadt-Prozess zu begleiten. Sie definiert Ziele für den Gesamtprozess, z. B. Erarbeitung der Roadmaps für die 30 Nachhaltigkeits-Pilotstädte, Etablierung von fünf Nachhaltigkeitsstadt-Kompetenzzentren und Aufbau eines Joint-Research-Centers Nachhaltigkeitsstadt innerhalb von drei Jahren.

Die Plattform überwacht die Erreichung dieser Ziele und erarbeitet Empfehlungen zur Verbesserung der Prozesse. In Arbeitsgruppen der Plattform sollen Lösungsansätze für die verschiedenen Umsetzungsbarrieren erarbeitet werden, z. B. die Finanzierung der notwendigen Investitionen in den Städten. Insbesondere sollen nach Abschluss der Planungsphase der 30 Nachhaltigkeits-Pilotstädte die Empfehlungen vorgelegt werden, wie intensiv die Nachhaltigkeits-Pilotstädte bei der Umsetzung ihrer Roadmaps begleitet und unterstützt werden sollen und ob in einer zweiten Runde weitere Nachhaltigkeitsstädte gezielt unterstützt werden.

Die Nachhaltigkeitsstadt-Plattform ist für die Steuerung des Nachhaltigkeits-Gesamtprozesses verantwortlich.

2.7.4 STRUKTUR DES ZUKUNFTSPROJEKTES

Die drei Handlungsebenen »Stadt / Kommune«, »Forschung & Industrie« sowie »Wissenschaftliche Begleitung & Beratung« werden wie oben beschrieben ergänzt durch die steuernde Handlungsebene »Plattform«. Damit ergibt sich für den Lösungsansatz Nachhaltigkeitsstadt die in der folgenden Grafik dargestellte Struktur:

Struktur Lösungsansatz Nachhaltigkeitsstadt

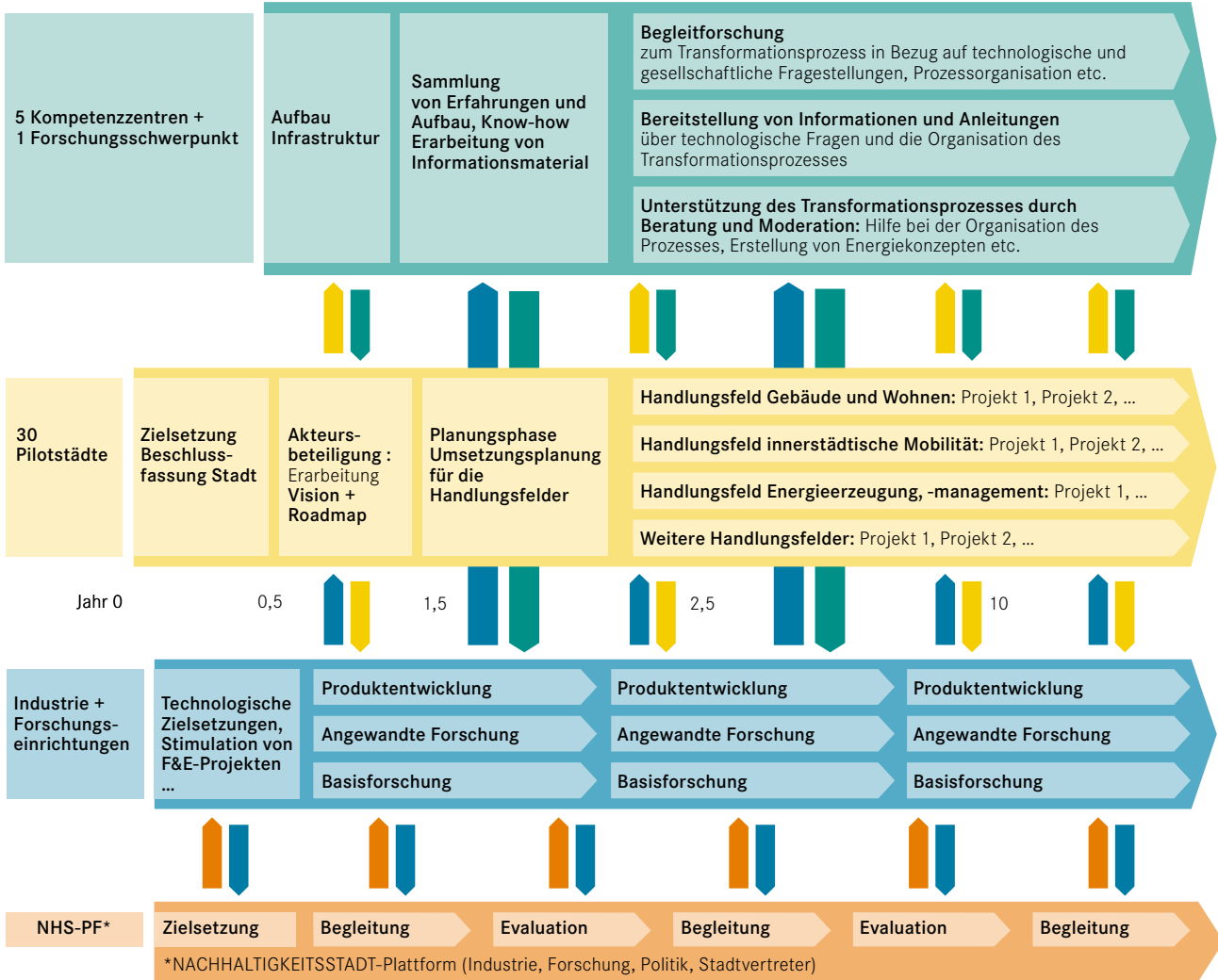


Abbildung 2.11: Struktur Lösungsansatz Nachhaltigkeitsstadt

2.8 Handlungsempfehlungen

Abgeleitet aus dem Lösungsansatz empfiehlt die Promotorengruppe Klima / Energie zur Umsetzung des Zukunftsprojekts folgende Maßnahmen. Für den Erfolg des Zukunftsprojekts ist es kritisch, dass die aufeinander aufbauenden Maßnahmen integrativ und synergetisch umgesetzt werden:

A. NEUTRALE BERATUNG UND WISSENSCHAFTLICHE BEGLEITUNG

• Einrichtung eines neuen interdisziplinären Joint-Research-Centers Nachhaltigkeitsstadt

Aufgaben des Joint-Research-Centers sind:

Erforschung folgender Themen: Transformationsprozess und dessen Barrieren, Akteursbeteiligung, erforderliche Rahmenbedingungen, notwendige Ressourcen, technologische Fragestellungen, Wechselwirkungen der Stadtsysteme etc.; Erarbeitung einer energierelevanten Städte-Typologie zur Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Kommunen; Beteiligung am Aufbau einer übergeordneten Transformationsforschung zum Umbau von Energiesystemen und darüber hinaus (wie können sich komplexe Systeme an neue Rahmenbedingungen anpassen)

• Einrichtung eines neuen Forschungsschwerpunkts »Klimaänderungen und Anpassungsstrategien von Städten«

Erforschung der Auswirkungen des Klimawandels auf Städte und ihre Einwohner mit der Erarbeitung von Anpassungsstrategien

• Gründung von fünf Nachhaltigkeitsstadt-Kompetenzzentren

Aufgabe ist die fundierte Beratung und Begleitung von Nachhaltigkeits-Pilotstädten und künftig allen interessierten Kommunen unter Nutzung der Forschungsergebnisse des Joint-Research-Centers und des Forschungsschwerpunkts

- Bereitstellung von Anleitungen für die Transformationsprozesse
- Beratungsangebot in Bezug auf Energiekonzepte und prozessuale Fragen
- Moderationsangebot für Akteursbeteiligungsprozesse

• Maßgeschneiderte Beratungsangebote

Bereitstellung von unterschiedlich ausgeprägten Beratungstools für Entscheider, Fachplaner und andere, die auf gleicher Konzeption aufbauen

B. FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG / PRODUKTE UND DIENSTLEISTUNGEN

• Schaffung von Marktanreizen zur Stimulation der Nachfrage nach Dienstleistungsangeboten für Nachhaltigkeitsstädte

durch politische Unterstützung von Nachhaltigkeitsstädten
Mögliche Angebote: Konzeption, Detailplanung, Ausschreibung, Bauüberwachung, Betrieb, Contracting, etc.

• Aufnahme der in den Nachhaltigkeitsstadt-Roadmaps identifizierten F&E-Themen in das 6. Energieforschungsprogramm

- Förderung der Entwicklung von Planungs- und Bilanzierungsinstrumenten zur Entwicklung von Nachhaltigkeitsstädten
- Förderung der Entwicklung von IKT-Technologie für Nachhaltigkeitsstädte
- Förderung von Systemforschung zu den Wechselwirkungen der aufgezeigten Handlungsfelder
- Förderung von Technologien zur Planung und Realisierung von Megacities auf anderen Kontinenten zur Unterstützung der exportorientierten Unternehmen
- Unterstützung der Gründung von kommunalen Nachhaltigkeitsstadt-Entwicklungsgesellschaften

C. UMSETZUNG PILOTSTÄDTE UND -KOMMUNEN

- **Ausschreibung von 30 Nachhaltigkeits-Pilotstädten mit intensiver Begleitung der Planungsphase**

Es wird empfohlen, die Nachhaltigkeits-Pilotstädte entsprechend der tatsächlichen Verteilung von Stadttypen in Deutschland auszuwählen, um repräsentative Prototypen für den späteren Know-how-Transfer zu haben.

- **Entwicklung von Förderprogrammen für Maßnahmen zur Umsetzung von Nachhaltigkeitsstädten**

Nach erfolgreicher Planungsphase sollten Fördermittel für die Umsetzung von Einzelmaßnahmen, die von den Nachhaltigkeits-Pilotstädten selbst priorisiert werden, bereitgestellt werden.

D. GESTALTUNG SOZIOÖKONOMISCHE RAHMEN-BEDINGUNGEN

- **Ausbildung von Beratern und Fachplanern für Nachhaltigkeitsstadt-Technologien**
- **Stimulation von Finanzierungsangeboten für Investoren** in Energieerzeugungsanlagen, Unternehmen, F&E-Projekte für die Nachhaltigkeitsstadt, Unterstützung von Public-Private-Partnerships
- **Stimulierung von Investitionen in Nachhaltigkeitsstädte** durch steuerliche und Investitionsförderung, Ordnungsrecht etc.
- **Abbau von juristischen und administrativen Barrieren bei der Planung und Umsetzung von Nachhaltigkeitsstädten**
- **Informations- und Motivationskampagnen für Bürger in Nachhaltigkeitsstädten**

E. STEUERUNG ZUKUNFTSPROJEKT

Etablierung einer multidisziplinären nationalen Nachhaltigkeits-Plattform als Steuerungsgremium des Zukunftsprojektes und Träger der Kompetenzzentren

Mitglieder: Vertreter Kommunen, Forschung, Industrie, Stadtwerke, Energieversorger, Dienstleister, Handwerk, Verbraucher und Politik

3 ZUKUNFTSPROJEKT »INTELLIGENTER UMBAU DER ENERGIEVERSORGUNG«

Um die energiepolitischen Ziele Umweltfreundlichkeit, Versorgungssicherheit und Kostengünstigkeit langfristig zu erreichen, ist ein grundsätzlicher Umbau des Energiesystems erforderlich. Zur Begrenzung der Erderwärmung auf maximal 2°C ist die Reduzierung der Treibhausgasemissionen in den Industrieländern bis zum Jahr 2050 um 80 Prozent bis 95 Prozent erforderlich. Die Versorgungssicherheit mit fossilen Energien ist angesichts der steigenden deutschen Importabhängigkeit immer mehr in Frage gestellt. Die Begrenztheit der fossilen und nuklearen Energieressourcen wird insbesondere angesichts des erwarteten Anstiegs des globalen Energieverbrauchs zwangsläufig zu Energiepreissteigerungen und zu volatilen Energiepreisen führen.⁷

Vor diesem Hintergrund hat die Bundesregierung ein langfristiges Energiekonzept erarbeitet, das vom Bundestag am 28. September 2010 verabschiedet wurde.⁸ Dieses sieht die Umstellung der Energieversorgung bis zum Jahr 2050 hauptsächlich auf erneuerbare Energien vor. Weitere Elemente des Energiekonzeptes sind der Ausbau der Netzinfrastruktur, der Aufbau von Speichern und die Erhöhung der Effizienz in der Energiebereitstellung und -nutzung. Das Zukunftsprojekt »Intelligenter Umbau der Energieversorgung« der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft befasst sich mit allen Energieformen des deutschen Energiesystems, d. h. Strom, Wärme, Kälte und Kraftstoffe und betrachtet alle Bereiche von der Bereitstellung, über Transport, Speicherung, Verteilung, Umwandlung bis zur Nutzung von Energie. Es konzentriert sich dabei vornehmlich auf die übergeordneten Fragestellungen, da die Themen der lokalen Bereitstellung, Verteilung und Nutzung im Zukunftsprojekt »Die CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt« beschrieben sind.

⁷ Fatih Birol, Chefökonom IEA: Die Ära des billigen Öls ist vorbei, vermutlich für immer, in: Europa braucht das Superstromnetz, Spiegel online, 2. Juli 2010, siehe auch <http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/0,1518,704058,00.html>

Betrachtet werden nicht nur die Einzelteile des Energiesystems, sondern auch deren Wechselwirkungen und insbesondere das Gesamtsystem, da der systemische Ansatz aus Sicht der Promotoren entscheidend für den Erfolg des Zukunftsprojektes ist. Da der Umbau alle Teile des Energiesystems umfasst, wird im Folgenden vom **Umbau des Energiesystems** gesprochen.

Elementarer Bestandteil eines intelligenten Umbaus ist die Einbindung des deutschen in das europäische Energiesystem. Beispielsweise wird durch den Aufbau eines europäischen Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs-Netzes (HGÜ) zum Transport der Windenergie aus dem Norden und zur Nutzung von Pumpwasserspeichern in Norwegen oder in den Alpen die Versorgungssicherheit in Deutschland und Europa signifikant erhöht und der Umbau deutlich wirtschaftlicher im Vergleich zu einer deutschen »Insellösung«, die hohe Investitionen in eigene Speicher erfordern würde. Im Zukunftsprojekt werden u. a. auch deshalb Technologien betrachtet, die vornehmlich für Energiesysteme in anderen Ländern interessant sind und damit für deutsche Unternehmen ein Exportpotenzial darstellen.

Das Zukunftsprojekt setzt sich für einen »intelligenten« Umbau des Energiesystems im doppelten Sinne ein. Einerseits will es dazu beitragen, dass der Umbau selbst intelligent, d. h. gezielt und effizient erfolgt. Andererseits soll die Nachhaltigkeit des Energiesystems vor allem auch durch den Einsatz von intelligenter IKT wie z.B. Smart Grids, Smart Metering, Smart Buildings und Smart Cities erreicht werden, die einen Ressourcen sparenden Mix an Energieträgern und Energietechnologien und einen effizienten Umgang mit Energie ermöglichen.

⁸ BMWi, BMU (Hrsg.): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Berlin 2010; auch <http://www.bmwwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Energiepolitik/energiekonzept.html>

3.1 Vision

Die Vision des Zukunftsprojektes ist die Gestaltung des Umbaus des Energiesystems durch intelligentes Vorgehen und den Einsatz intelligenter Technologien, so dass unser Energiesystem künftig

- zu einem großen Teil auf heimischen erneuerbaren Energien basiert,
- nachhaltig ist und im Vergleich zu 1990 mindestens 80 Prozent niedrigere Treibhausgasemissionen aufweist,
- sehr effizient in Bereitstellung, Transport, Verteilung, Speicherung, Umwandlung und Nutzung von Energie ist,
- eine hohe Versorgungssicherheit aufweist und
- relativ zu anderen Entwicklungsoptionen kostengünstig ist.

Wichtige Elemente dieses Energiesystems sind:

- die intelligente Verknüpfung aller Komponenten durch IKT und ein optimierter Betrieb des Gesamtsystems,
- die Nutzung von Strom als dominierender Energieträger,
- die Nutzung von gasförmigen Energieträgern vor allem als chemische Energiespeicher sowie für effiziente KWK-Anwendungen,
- die optimale Integration hoher Anteile fluktuierender Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien durch regionalen, nationalen und europäischen Netzausbau,
- die weitgehende Umstellung des Verkehrs auf Elektroantriebe,
- der Aus- und Aufbau von Energiespeichern,
- die Umsetzung von intelligenten Konzepten, die die Energienachfrage der Erzeugung folgen lassen sowie
- die deutliche Erhöhung der Effizienz in allen Teilen des Energiesystems,

- die starke Reduzierung des Wärme- und Kältebedarfs im Gebäudesektor und die Deckung des verbleibenden Bedarfs mit erneuerbaren Energien.

3.2 Zielsetzung

Die Bundesregierung hat mit ihrem Energiekonzept 2050 wichtige Eckdaten für den Umbau des Energiesystems festgelegt. Das Zukunftsprojekt will dazu beitragen, den Umbau konkret und intelligent in Kooperation mit Forschung und Wirtschaft zu bewerkstelligen.

Der Wechsel von einem zum anderen dominierenden Energieträger innerhalb von 40 Jahren wurde in den vergangenen Jahrhunderten bereits mehrfach realisiert. Der Umbau des Energiesystems in den kommenden 40 Jahren stellt allerdings eine **besonders große Herausforderung** dar, die eines gezielten Vorgehens bedarf. Denn es müssen nicht nur die fossilen und nuklearen Energieträger durch teilweise stark fluktuierende erneuerbare Energiequellen und entsprechende Kraftwerke ersetzt werden, sondern das gesamte Energiesystem mit Transport-, Verteilungs-, Speicher-, Umwandlungs- und Nutzungsstrukturen grundsätzlich umgebaut und dabei eine deutliche Reduzierung des Primärenergieverbrauchs erreicht werden.

Eine besondere Anforderung an die **Steuerung des Prozesses** ergibt sich aus der Tatsache, dass der Umbau des Energiesystems kurzfristig im Wesentlichen nicht durch ökonomische Zwänge oder Verknappung von Energieträgern angetrieben wird wie dies bei anderen bisherigen Änderungen des Energiesystems der Fall war. Stattdessen wird der Umbau vor allem angetrieben vom politischen Willen, künftige Risiken bezüglich der Versor-

gungssicherheit und des Klimawandels abzuwenden, deren Auswirkungen in der Regel für die Marktteilnehmer heute noch nicht konkret spürbar sind.

Da der Umbau des Energiesystems nicht primär von Marktzwängen getrieben wird und gleichzeitig mit großen Infrastrukturmaßnahmen und hohen Investitionen verbunden ist, ist eine klare Definition von Zielen und Pfaden erforderlich, über die unter den beteiligten Akteuren ein möglichst großer Konsens herzustellen ist.

Die Forschungsunion schlägt deshalb die Etablierung von Strukturen vor, die den Umbau des Energiesystems kontinuierlich begleiten und die Partizipation der wesentlichen Akteure ermöglichen.

Die Forschungsunion hat das Ziel, den Umbau »intelligent« und damit gezielt und effizient voranzutreiben. Dazu müssen die verschiedenen langfristigen Entwicklungsoptionen systematisch aufbereitet und verglichen werden. Auf dieser Basis gilt es dann die effizientesten und robustesten Pfade einzuschlagen. Eine regelmäßige Evaluation der Fortschritte beim Umbau in Verbindung mit einem internationalen Benchmarking, das den Vergleich des Umbaus auf internationaler Ebene erlaubt, ist fester Bestandteil eines kontrollierten und zielorientierten Vorgehens.

Effizienz ist auch in ökonomischer Hinsicht Voraussetzung für einen erfolgreichen Umbau. Denn der Investitionsbedarf in das Energiesystem wird in den kommenden Jahrzehnten deutlich höher liegen als bisher üblich, da bei Effizienztechnologien und bei erneuerbaren Energien die Kosten vornehmlich durch die Anlageninvestition am Anfang des Betriebszeitraums anfallen und durch Ersparnis bei den Betriebskosten kompensiert wer-

den. Bei fossilen und nuklearen Kraftwerken dagegen fallen die Hauptkosten im Betrieb für die Brennstoffe an. Darüber hinaus wird das Energiesystem aufwändiger aufgrund der steigenden Fluktuation der Energiebereitstellung, die eine intelligente Steuerung, eine Anpassung der Last, mehr Leitungen und mehr Speicher erfordert. Die Dividende dieser Investitionen in ein solches modernes, nachhaltiges und sicheres Energiesystem wird somit erst zeitverzögert spürbar mit einer Stabilisierung bzw. Senkung der Energiepreise, Vermeidung von volkswirtschaftlichen Kosten aufgrund der Minderung des Klimawandels und der langfristigen Sicherung unserer Energieversorgung.

Die anstehenden Investitionskosten sind bislang nur schwer zu beziffern, belaufen sich aber auf mehrere hundert Mrd. Euro, wie folgende Abschätzungen zeigen. Prognos erwartet einen Investitionsbedarf für erneuerbare Energien-Anlagen im Bereich Strom, Wärme und Kraftstoffe bis zum Jahr 2020 von 235 Mrd. Euro, nach BDEW plant die Energiewirtschaft bis 2017 Kraftwerke mit einer elektrischen Leistung von 30.000 MW für 43 Mrd. Euro neu zu bauen oder zu erneuern (nur Kraftwerke über 20 MW Leistung, inklusive erneuerbare Energien), zusätzlich sollen 40 Mrd. Euro in den Netzausbau fließen. EU-Energiekommissar Öttinger hat erklärt, dass in Europa bis zum Jahr 2020 etwa 200 Mrd. Euro in die Energienetze und insgesamt 1.000 Mrd. Euro in die Energieinfrastruktur investiert werden müssen. Vor diesem Hintergrund wird auch die Frage nach Geschäftsmodellen zur Stimulierung und Finanzierung dieser Investitionen im Zukunftsprojekt behandelt.

3.3 Rahmenbedingungen für den Umbau des Energiesystems

3.3.1 TRENDS UND HERAUSFORDERUNGEN

Der stark wachsende Anteil der erneuerbaren Energien und die zunehmende Dezentralisierung und Volatilität der Energieerzeugung mit Photovoltaik und Wind als wesentliche Treiber führen zu einem tiefgreifenden Wandel der Energieversorgung. Der Übergang zu einem nachhaltigen und strombasierten Energiesystem erfordert unter anderem intelligente Netztechniken (Smart Grids), den Ausbau der Netze und die Bereitstellung von Energiespeicherkapazitäten.

Der Umbau des deutschen Energiesystems hat schon begonnen und wird derzeit von folgenden Trends bestimmt.

ENERGIEBEREITSTELLUNG / ENERGIEPREISE

- Der Anteil fossiler und nuklearer Energiequellen nimmt kontinuierlich ab und wird durch steigende Anteile erneuerbarer Energien ersetzt.
- Die Zahl der dezentralen Stromerzeuger nimmt sehr stark zu, beispielsweise sind bereits mehr als 500.000 Photovoltaik-Anlagen und mehr als 22.000 Windkraftanlagen in Deutschland installiert.
- Das Regelprinzip »Erzeugung folgt Last« auf Basis statistisch vorhersehbarer Lastgangkurven wandelt sich zu »Steuerung der Last in Abhängigkeit der Erzeugung«.
- Neben den Großunternehmen sind besonders kleine und mittlere Unternehmen im Bereich der erneuerbaren Energien wichtige Innovationsträger.
- Die Versorgungssicherheit nimmt tendenziell ab, da die Importabhängigkeit Deutschlands und der EU bei fossilen Energiequellen steigt, insbesondere von politisch instabilen Staaten
- Die Energiepreise steigen und werden volatil, da der globale Energieverbrauch deutlich zunimmt und fossile Energieressourcen bzw. deren Förderung / Verarbeitung knapp werden.
- Die Energiepreise steigen aufgrund des Emissionshandels, der die CO₂-Emissionen verteuert.
- Die Investitionsrisiken bei neuen Kraftwerken nehmen zu aufgrund unsicherer Marktentwicklung und diskontinuierlicher Politik in Verbindung mit zunehmenden Akzeptanzproblemen und Großtechnikskepsis.
- Der Primärenergieverbrauch nimmt ab, der Stromanteil steigt.
- Die zunehmende Urbanisierung und gleichzeitig teilweise schrumpfende Städte erfordern zunehmend flexiblere Energieinfrastrukturen, die sich an neue Anforderungen anpassen können.
- Die erneuerbaren Energien werden zunehmend kostengünstiger und erreichen in den kommenden Jahren die Wettbewerbsfähigkeit (Grid Parity).
- Energietransport / Energieverteilung
- Der unidirektionale Stromfluss von zentralen Kraftwerken zum Verbraucher wird zunehmend zum bidirektionalen Energiefluss mit steigenden Anteilen dezentraler und vielfach fluktuierender Energieerzeuger.
- Die vorhandenen Wechselspannungsnetze werden durch Gleichspannungsnetze und Multiterminalstrukturen ergänzt.
- IKT verknüpfen zunehmend Bereitstellung, Transport, Verteilung, Speicherung, Umwandlung und Nutzung von Energie (Smart Grid, Smart Metering etc.)
- Der Ausbau der Verteilnetze, die den Solarstrom aufnehmen, kommt schneller voran als der Ausbau der Transportnetze, die für den Offshore-Windstrom erforderlich sind.
- Die Defizite beim Ausbau der Energieinfrastruktur, wie z. B. Kraftwerke sowie Strom- und Wärmenetze, nehmen aufgrund der Unsicherheit über die weitere Entwicklung des Energiesystems zu.

ENERGIENUTZUNG / ENERGIEBEDARF

- Die Investitionen in Effizienzmaßnahmen steigen aufgrund der gesetzlichen Anforderungen und / oder steigender Energiepreise.
- Die Vielfalt und Komplexität der von den Nutzern eingesetzten Technologien zur Energiewandlung nimmt zu: Wärmepumpen, Brennwärmtauscher, Solarthermische Anlagen, Brennstoffzellen, KWK etc.
- Die Energienachfrage orientiert sich zunehmend an dem fluktuierenden Angebot und trägt so zur Harmonisierung von Angebot und Nachfrage bei.
- Die zunehmende Einführung von Elektrofahrzeugen reduziert den Kraftstoff- und erhöht den Strombedarf.
- Die energieintensive Industrie, die auch wichtige Produkte und Lösungen für den Umbau des Energiesystems liefert, fürchtet aufgrund steigender Energiepreise zunehmend um ihre Wettbewerbsfähigkeit.

INTERNATIONALE TRENDS

- Die Energiemärkte unterscheiden sich in ihren Wachstumsraten (z. B. starkes Wachstum im China).
- Die Energiemärkte werden zunehmend international, der europäische Energie-Binnenmarkt und Offshore-Windparks gewinnen an Bedeutung, die Erdgasversorgung wird durch den Ausbau von Liquefied Natural Gas (LNG) und neuen Pipelines wie z. B. Nabucco vielfältiger.
- Die europäischen Energiemärkte sind durch die zunehmende Liberalisierung und das Unbundling von Energieunternehmen bei gleichzeitig zunehmender Regulierung geprägt.
- Die Vorreiterfunktion der deutschen Energiepolitik beim Umbau des Energiesystems wird zunehmend international anerkannt. Deutsche Unternehmen haben mit innovativen Technologien im Bereich Energietechnik wachsende Exporterfolge.

SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DEN TRENDS

Es ist festzustellen, dass der Umbau des Energiesystems bereits begonnen hat und erste Erfolge zu verzeichnen sind, was z. B. den Ausbau der erneuerbaren Energien angeht. **Bislang verläuft der Umbau allerdings eher unkoordiniert und ohne ausreichend klare Zielorientierung.** Das Energiekonzept der Bundesregierung ist ein wichtiger Schritt in Bezug auf die Definition von Zielsetzungen und Maßnahmen. Allerdings gibt es in der Bevölkerung noch keinen ausreichenden Konsens über das Energiekonzept, so dass es in wichtigen Fragen des Netzausbaus, des Neubaus von Energie- und CO₂-Speichern sowie der Verlängerung der Atomkraftwerkslaufzeiten und des Kraftwerksneubaus teilweise massive Proteste vor Ort gibt.

Daraus lassen sich drei Schlussfolgerungen ableiten:

1. Umbau muss gezielt und intelligent erfolgen

Der Umbau des Energiesystems erfordert hohe Investitionen in langfristige Infrastrukturmaßnahmen. Gleichzeitig weisen die einzelnen Elemente des Energiesystems starke gegenseitige Abhängigkeiten auf. Beide Aspekte erfordern einen geplanten, an klaren Zielen ausgerichteten Umbau auf Basis detaillierter Systemanalysen sowie eine klare und transparente Steuerung des Umbaus.

2. Flexible Konzepte und robuste Entwicklungspfade bevorzugen

Angesichts der großen Unsicherheiten bezüglich der Verfügbarkeit und Kostenentwicklung fossiler, nuklearer und erneuerbarer Energien, der zeitlichen Verfügbarkeit neuer Energietechnologien, der Umsetzungsgeschwindigkeit von Infrastrukturprojekten usw. müssen der Umbauprozess flexibel gehandhabt und die Energiekonzepte regelmäßig überprüft und angepasst werden. Dabei sind die zugrunde gelegten Trends in sichere

und unsichere Trends zu unterscheiden und darauf aufbauend die robusten Entwicklungspfade für den Umbau des Energiesystems zu identifizieren.

3. Transformations- und Akzeptanzforschung etablieren

Der Umbau des Energiesystems wird nur gelingen, wenn er detailliert geplant und über die Umbaukonzepte ein ausreichender Konsens in der Bevölkerung und bei den beteiligten Akteuren hergestellt wird. Dies erfordert auch den raschen Aufbau einer umfassenden Transformations- und Akzeptanzforschung, um die Umbau- und erforderlichen Akteursbeteiligungsprozesse besser zu verstehen und unterstützen zu können und die Bevölkerung rechtzeitig und konstruktiv in die Entscheidungsprozesse einzubinden, was zwingend erforderlich ist, um die notwendige Akzeptanz herzustellen.

3.3.2 BESCHLEUNIGUNG DER INNOVATIONSDYNAMIK

Der Umbau des Energiesystems bedarf einer Vielzahl neuer und weiterentwickelter Technologien. Folgende Aspekte sind dabei zu berücksichtigen

- Energieforschungsbudgets der öffentlichen Hand und der Industrie müssen deutlich erhöht werden, um die Energieforschung auf Komponenten- und Systemebene zu intensivieren.
- Die notwendigen Strukturen im Bereich Energieforschung sind prinzipiell vorhanden. Sie müssen aber weiter ausgebaut und gestärkt werden.
- Forschung und Entwicklung in der Industrie muss gestärkt werden, z. B. durch steuerliche Abschreibung von Forschungsaufwendungen.
- Kleinere und mittlere Unternehmen haben sich im Bereich erneuerbare Energien als starke Innovatoren bewiesen, sie sollten in der Entwicklung von Technologien, marktfähigen Produkten und Dienstleistungen weiter gestärkt werden.
- Ein ausgewogener Mix aus Grundlagen-, Vorlauf- und angewandter Forschung sowie Pilot- und Demonstrationsprojekten ist erforderlich.
- Viele neue Technologien wie z. B. Smart Grids, Netzausbautechniken und einige erneuerbare Energien stehen zur Verfügung, werden aber nicht ausreichend erprobt und umgesetzt. Deshalb sollten insbesondere Pilot- und Demonstrationsvorhaben gestärkt werden.
- Bei der Entwicklung und Einführung neuer Technologien sollten künftig systematisch auch die Hemmnisse bei ihrer Einführung und Nutzung untersucht und Lösungen hierfür erarbeitet werden, da sich Defizite vor allem am Ende des Innovationsprozesses im Pilot- und Demonstrationsstadium sowie der Markteinführung befinden.
- Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten konzentrieren sich bislang meist auf einzelne Komponenten und Technologien. Künftig müssen verstärkt Technologien auf Systemebene erforscht und entwickelt werden. Dazu empfiehlt sich der Ausbau von großen, multidisziplinären Verbundforschungsprojekten, die viele Akteure einbinden und die Komplexität des Energiesystems abbilden wie z. B. InnovationCity Ruhr.
- Die Industrie benötigt klare politische Vorgaben und Rahmenbedingungen um Großprojekte wie den Netzausbau sowie die Einführung von neuen Großtechnologien, wie z. B. CCS und Offshore-Windkraftwerken realisieren zu können.
- Neue Public-Private-Partnership-Ansätze sind zu prüfen, um eine verstärkte Zusammenarbeit von Industrie und öffentlicher Hand bei der gezielten Einführung von Technologien zu erreichen.

3.4 Handlungsfelder und Roadmaps

Für das Zukunftsprojekt »Intelligenter Umbau der Energieversorgung« wurden die folgenden acht Handlungsfelder als zentral identifiziert.

- **Handlungsfeld »Stromerzeugung fossil / nuklear«**
- **Handlungsfeld »Stromerzeugung erneuerbar / durch KWK«**
- **Handlungsfeld »Energieübertragung«**
- **Handlungsfeld »Energieverteilung, IKT und Smart Grid«**
- **Handlungsfeld »Energiespeicher«**
- **Handlungsfeld »Energienutzung Industrie und Fernverkehr«**
- **Handlungsfeld »Neue Geschäftsmodelle«**
- **Handlungsfeld »Politischer Rahmen«**

Neben den technologischen Handlungsfeldern sind insbesondere auch die letzten beiden Handlungsfelder zu Geschäftsmodellen und regulatorischen Rahmenbedingungen von großer Bedeutung für einen erfolgreichen Umbau des Energiesystems. Andere wichtige Handlungsfelder fehlen, da sie zumindest teilweise bereits von anderen Zukunftsprojekten abgedeckt werden, wie z.B. »Wärme- und Kälteversorgung« im Zukunftsprojekt »CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt« und »Verkehr«, der insbesondere im Bedarfs »Mobilität« behandelt wird.

Beim Umbau des Energiesystems werden international unterschiedliche Wege beschritten. Dies führt für die deutsche Exportwirtschaft im internationalen Wettbewerb zu Absatzchancen für Technologien, die in Deutschland nicht oder nur wenig zum Einsatz kommen. Jenseits der dargestellten Roadmaps, die vor

allem auf den Umbau in Deutschland abzielen, ergibt sich deshalb ein zusätzlicher **Entwicklungsbedarf für exportorientierte Technologien.**

Für die acht Handlungsfelder wurden Roadmaps mit den jeweils vier Dimensionen »wirtschaftliche und gesellschaftliche Auswirkungen«, »Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen«, »Enabling Technologies« und »sozioökonomische Rahmenbedingungen« erarbeitet, die im folgenden vorgestellt werden.

3.4.1 HANDLUNGSFELD »STROMERZEUGUNG FOSSIL / NUKLEAR«

Nach dem Energiekonzept der Bundesregierung werden im Jahr 2020 noch 65 Prozent des Strombedarfs mit fossilen und Atomkraftwerken erzeugt. Auch im Szenario der Erneuerbaren Energien-Branche beträgt der Stromanteil aus fossilen und Atomkraftwerken im Jahr 2020 noch 53 Prozent.

Aufgrund des noch längere Zeit dominierenden Anteils sind Effizienzfortschritte auch im Bereich fossiler und nuklearer Stromerzeugung erforderlich, um den Primärenergiebedarf wie geplant kontinuierlich zu senken.

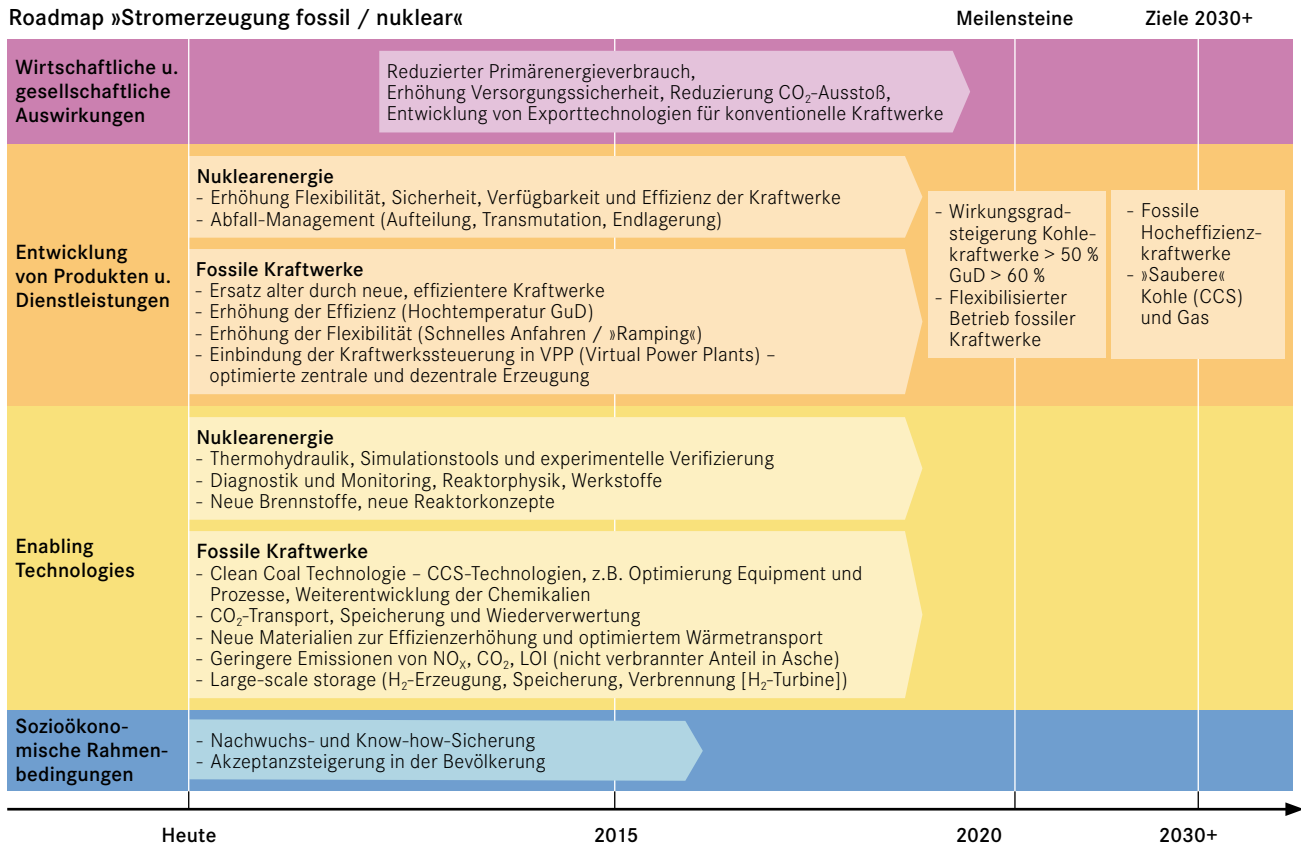


Abbildung 3.1: Roadmap »Stromerzeugung fossil / nuklear«

3.4.2 HANDLUNGSFELD

»STROMERZEUGUNG ERNEUERBAR / DURCH KWK«

Der Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien erfordert die Fortsetzung der Effizienzsteigerung und Kostenreduzierung durch technologische Weiterentwicklung und Breitereinsatz.

Die Kraft-Wärme-Kopplung bietet durch eine gleichzeitige Bereitstellung von Strom und Wärme ein großes Potenzial zur Reduzierung des Primärenergiebedarfs, insbesondere wenn die KWK-Anlagen mit Bioenergie oder mit mittels erneuerbaren Energien erzeugten chemischen Energieträgern betrieben werden. Allerdings sind die KWK-Potenziale für Wohn- und Gewerbegebiete aufgrund der Wärmeverbrauchsreduzierung der Gebäude kritisch zu prüfen und müssen in einem systemischen Zusammenhang betrachtet werden. Die Nutzung von gleichzeitig erzeugtem Strom und Wärme wird bei steigenden Volumina problematisch, weshalb es zunehmend zur Wandlung von Strom in Wärme und Speicherung der Wärme kommen wird. Dadurch steigt auch der Bedarf an Wärmespeichern, deren Kosten signifikant geringer sind als für Stromspeicher.

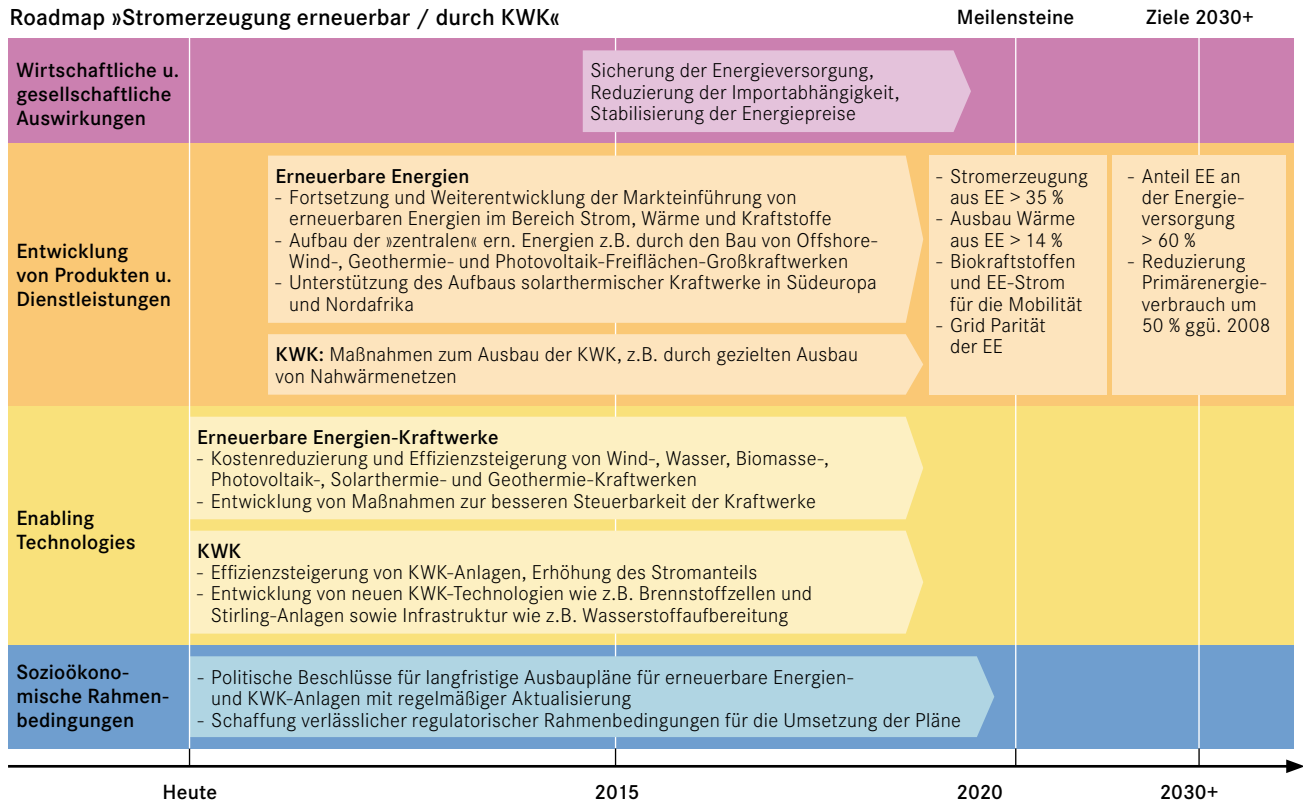


Abbildung 3.2: Roadmap »Stromerzeugung erneuerbar / durch KWK«

3.4.3 HANDLUNGSFELD »ENERGIEÜBERTRAGUNG«

Ein Ausbau und die Anpassung der Energieübertragung, vor allem in Stromnetzen, ist von grundlegender Bedeutung für den anstehenden Umbau des Energiesystems, da der Strom aus Offshore-Windkraftwerken an den Küsten Europas oder aus Solarthermischen Kraftwerken in Nordafrika zu den Lastzentren in Deutschland und Europa transportiert werden muss. Weiter muss durch die Nutzung der Varianz der Wetterbedingungen in Europa und durch die Einbindung großer Speicherkraftwerke in geeigneten Regionen Europas ein Ausgleich der fluktuierenden Stromerzeugung ermöglicht werden.

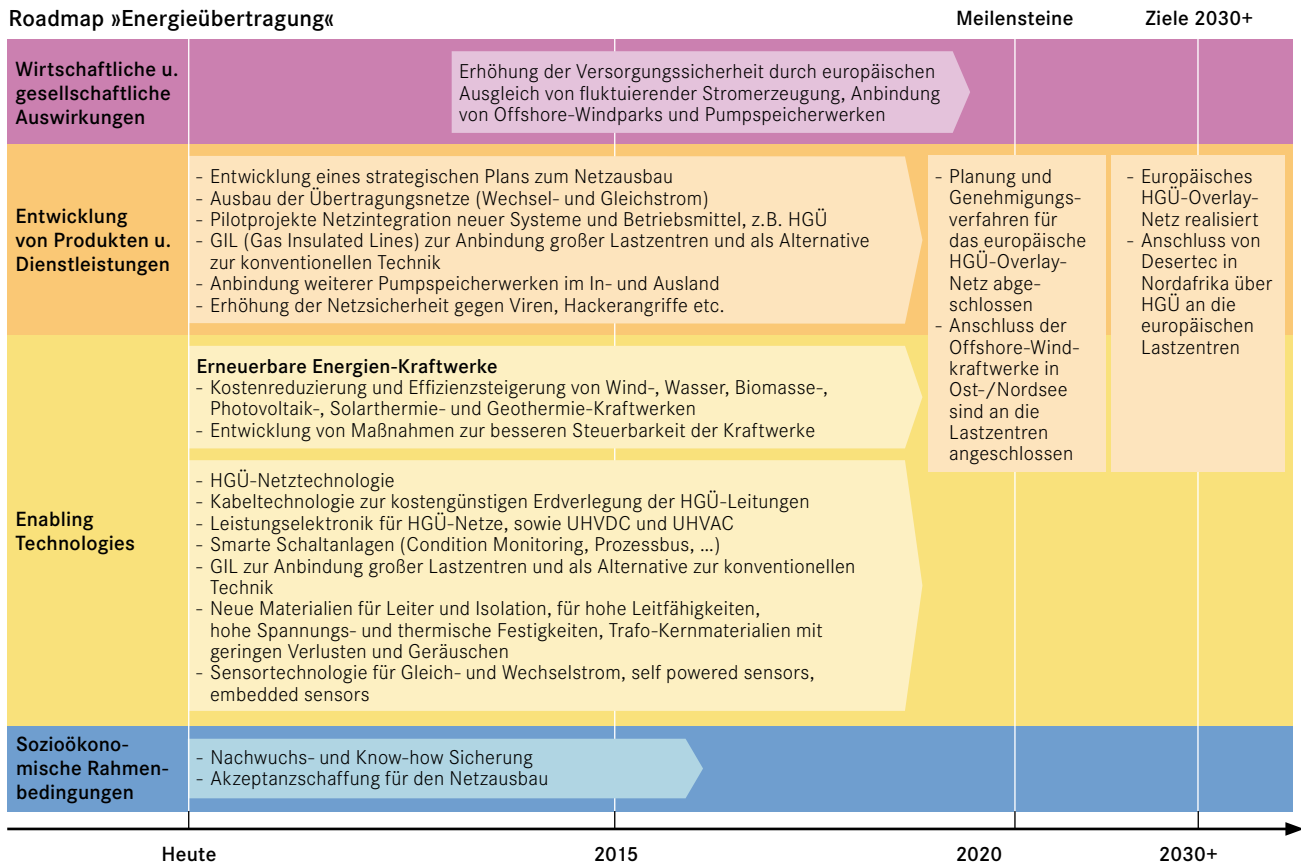


Abbildung 3.3: Roadmap »Energieübertragung«

3.4.4 HANDLUNGSFELD

»ENERGIEVERTEILUNG, IKT UND SMART GRID«

Die intelligente Verteilung von Strom und die Anpassung der Last an die Erzeugung sind eine weitere Voraussetzung für die erfolgreiche Integration großer Anteile fluktuierender Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und die Integration von neuen Stromverbrauchern wie Elektrofahrzeugen, Wärmepumpen und Klimageräten in das Energiesystem. Dazu muss das Stromnetz zum Smart Grid werden.

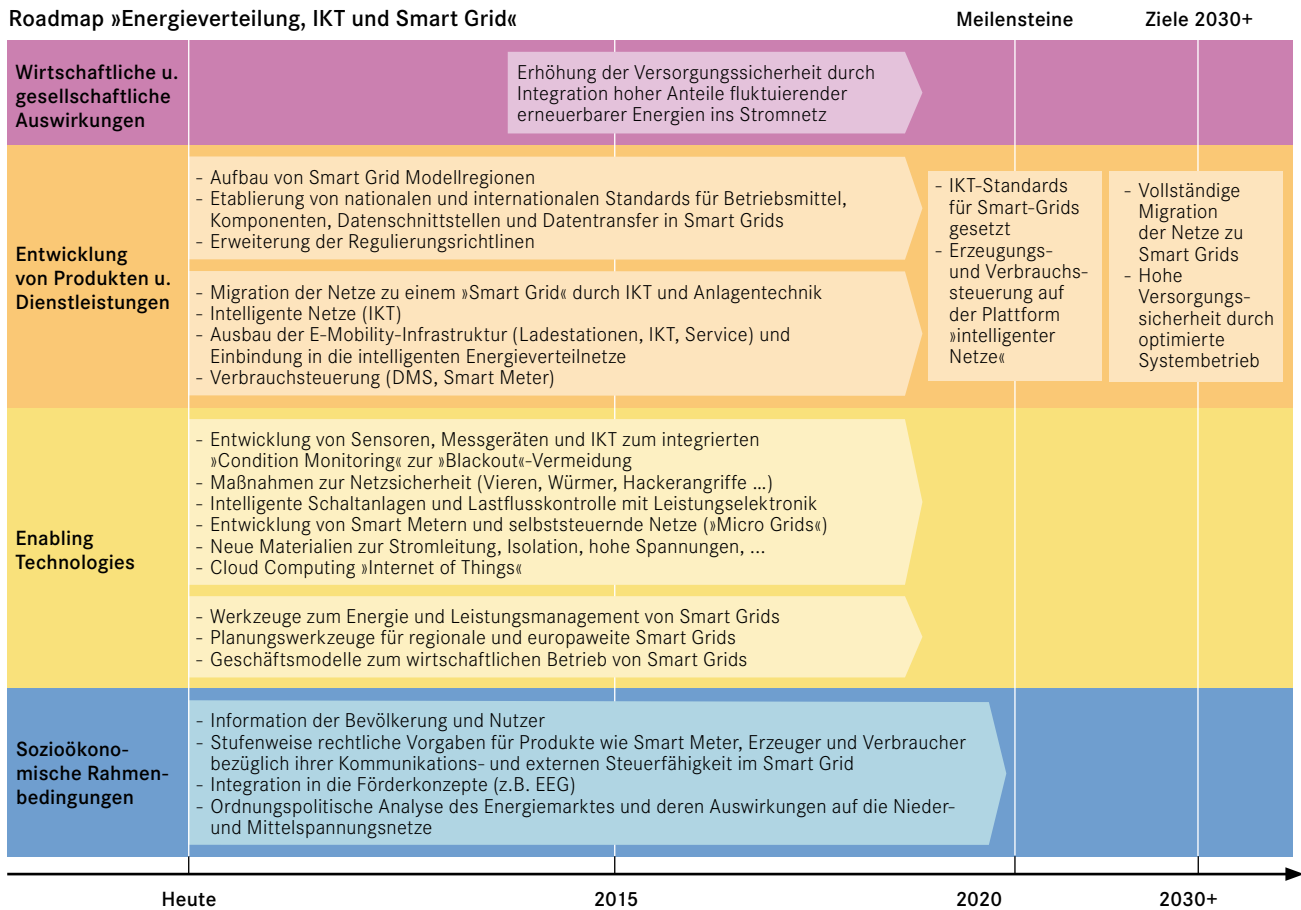


Abbildung 3.4: Roadmap »Energieverteilung, IKT und Smart Grid«

3.4.5 HANDLUNGSFELD

»ENERGIESPEICHER«

Energiespeicher sind eine »Enabling Technology«, die einen hohen Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien im Energiemix ermöglichen. Sie sind auch ein Bindeglied zwischen den Handlungsfeldern »Energieverteilung, IKT und Smart Grid« und »Energieversorgung / Energiemanagement« im Zukunftsprojekt »CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt«. Den Fokus bilden reale Energiespeicher auf allen Netzebenen (z. B. Druckluftspeicher, Redox-Flow- und Lithium-Ionen-Batterien) aber auch virtuelle Speicher, d.h. Technologien, die zusätzlichen Strom einspeisen bzw. dem Netz entnehmen. Hierzu zählen sowohl das klassische Demand-Side-Management und Demand-Response zum Peak-Shifting, als auch Technologien, die andere Energieformen / -träger einbinden (»Cross-Commodity«), z.B. die Erzeugung von chemischen Energieträgern sowie deren Einspeisung in das Gasnetz, das als Puffer genutzt wird. In hybriden Quartiersspeichern (»Smart Communities«) lassen sich sowohl reale als auch virtuelle Speichermöglichkeiten zusammenfassen und für das Netzmanagement erschließen. Auch Wärme-/Kältespeicher auf Gebäude und in Nahwärmenetzen sowohl als Kurz-, wie auch als saisonale Speicher spielen im künftigen Energiesystem eine wichtige Rolle.

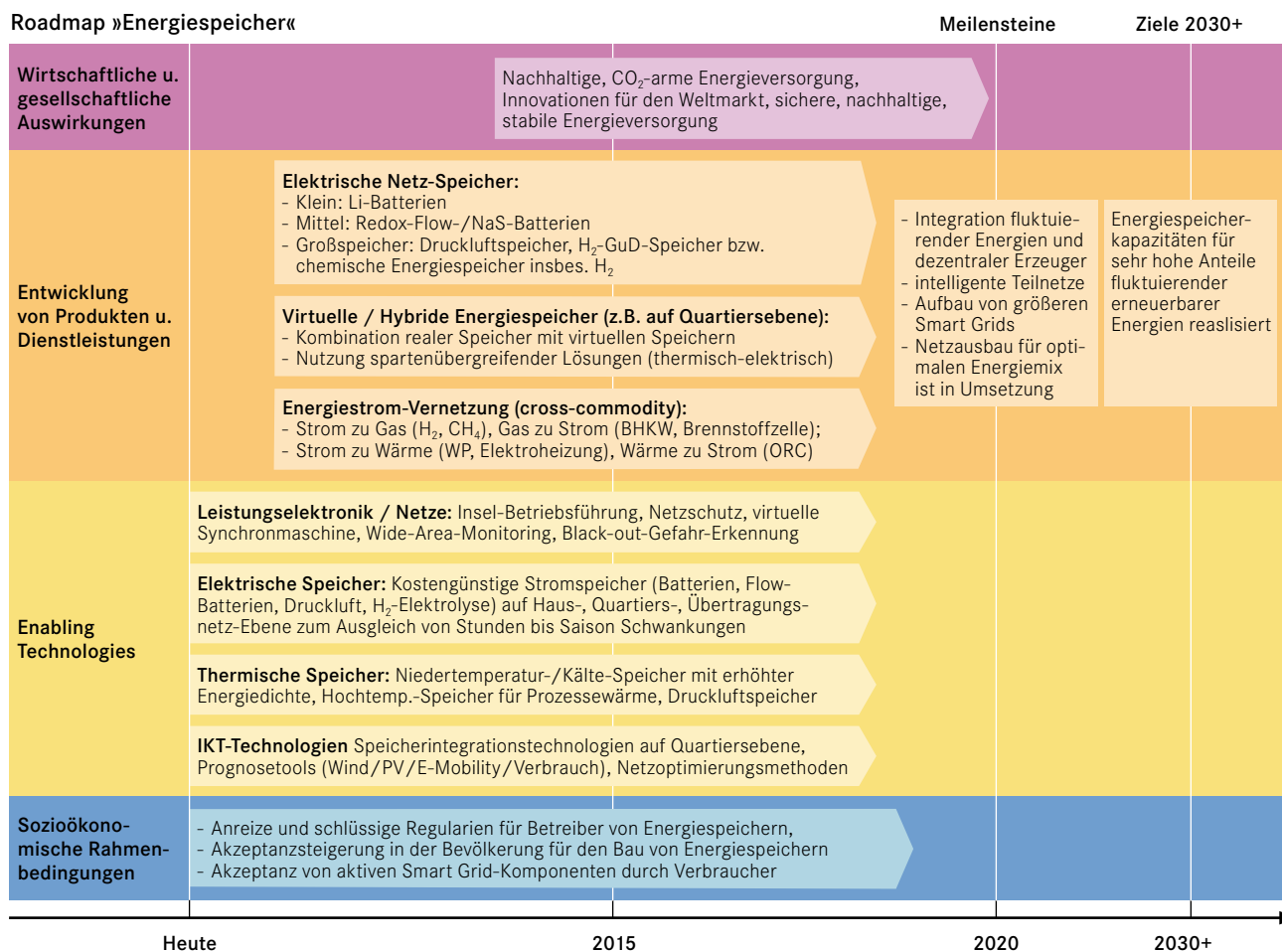


Abbildung 3.5: Roadmap »Energiespeicher«

3.4.6 HANDLUNGSFELD

»ENERGIENUTZUNG INDUSTRIE / FERNVERKEHR«

Die Nutzung von Energie außerhalb der Städte und Kommunen (siehe Zukunftsprojekt »CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt«) erfolgt vor allem im Bereich der Grundindustrie und im Fernverkehr. Dafür müssen im nachhaltigen Energiesystem sehr effiziente Technologien und Konzepte entwickelt werden, die die Nutzung von erneuerbaren Energien trotz der teilweise erforderlichen hohen Energiedichten ermöglicht.

Im industriellen Bereich werden beispielsweise Abwärme und Reststoffe an Nachbarbetriebe zur Nutzung weitergegeben (Eco-Industrial Parks). Die Materialeffizienz wird aus Gründen der Ressourcenverfügbarkeit erheblich gesteigert, was zu einer deutlichen Steigerung der Energieeffizienz führen wird. Die Energienachfrage wird sich zeitlich stärker an dem fluktuierenden Angebot orientieren und so zur Harmonisierung von Angebot und Nachfrage beitragen.

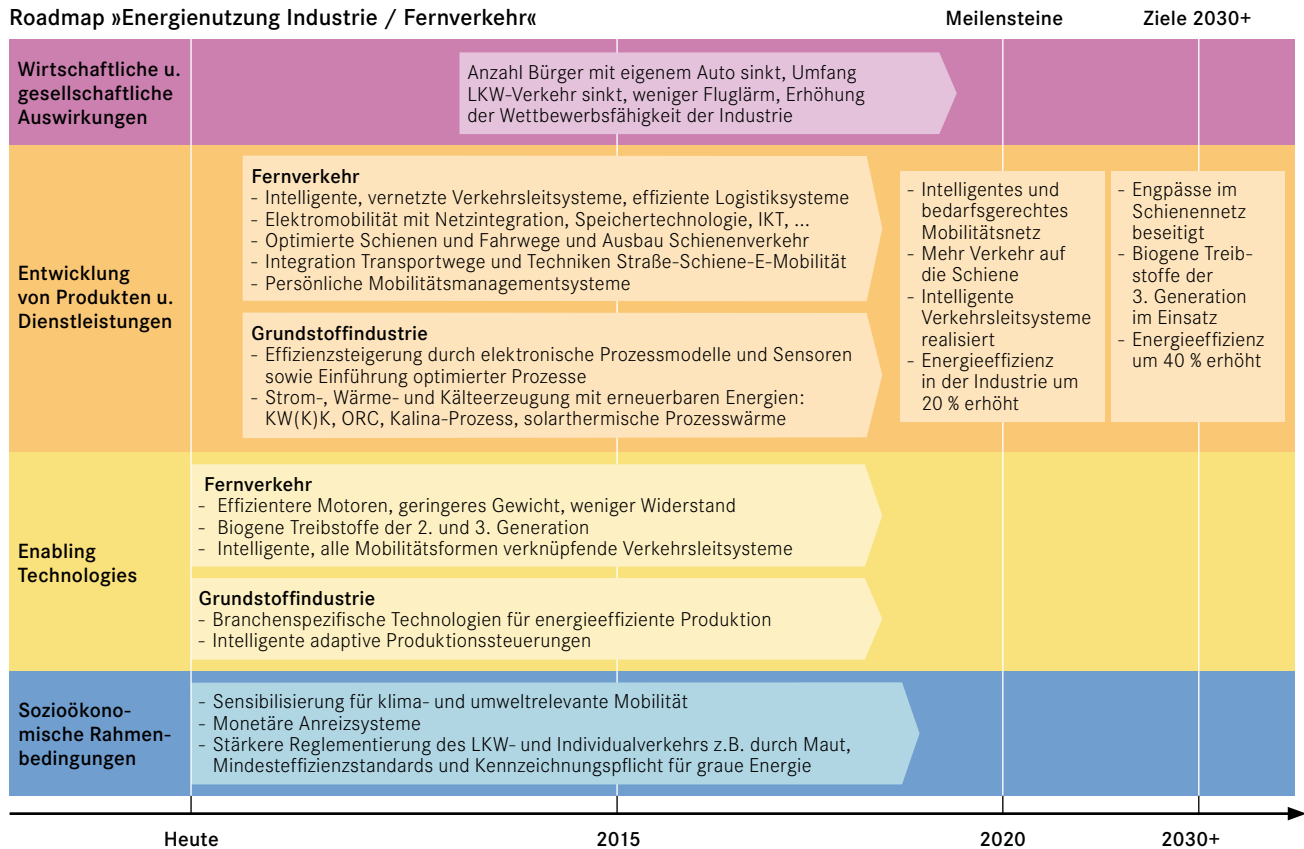


Abbildung 3.6: Roadmap »Energienutzung Industrie / Fernverkehr«

3.4.7 HANDLUNGSFELD »NEUE GESCHÄFTSMODELLE«

Der Umbau des Energiesystems führt zu starken Veränderungen in den Energiemärkten und wird erst durch diese Veränderungen möglich. Damit sich bisherige und neue Marktteilnehmer beim Umbau wirtschaftlich engagieren können, ist die Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen erforderlich. Diese sind auch notwendig, um die Finanzierung des Umbaus zu ermöglichen, für die vor allem privates Kapital attrahiert werden muss. Ermöglicht wird dies einerseits durch stabile und berechenbare politische Rahmenbedingungen als auch durch die Entwicklung von Geschäftsmodellen, die für potenzielle Investoren attraktiv sind.

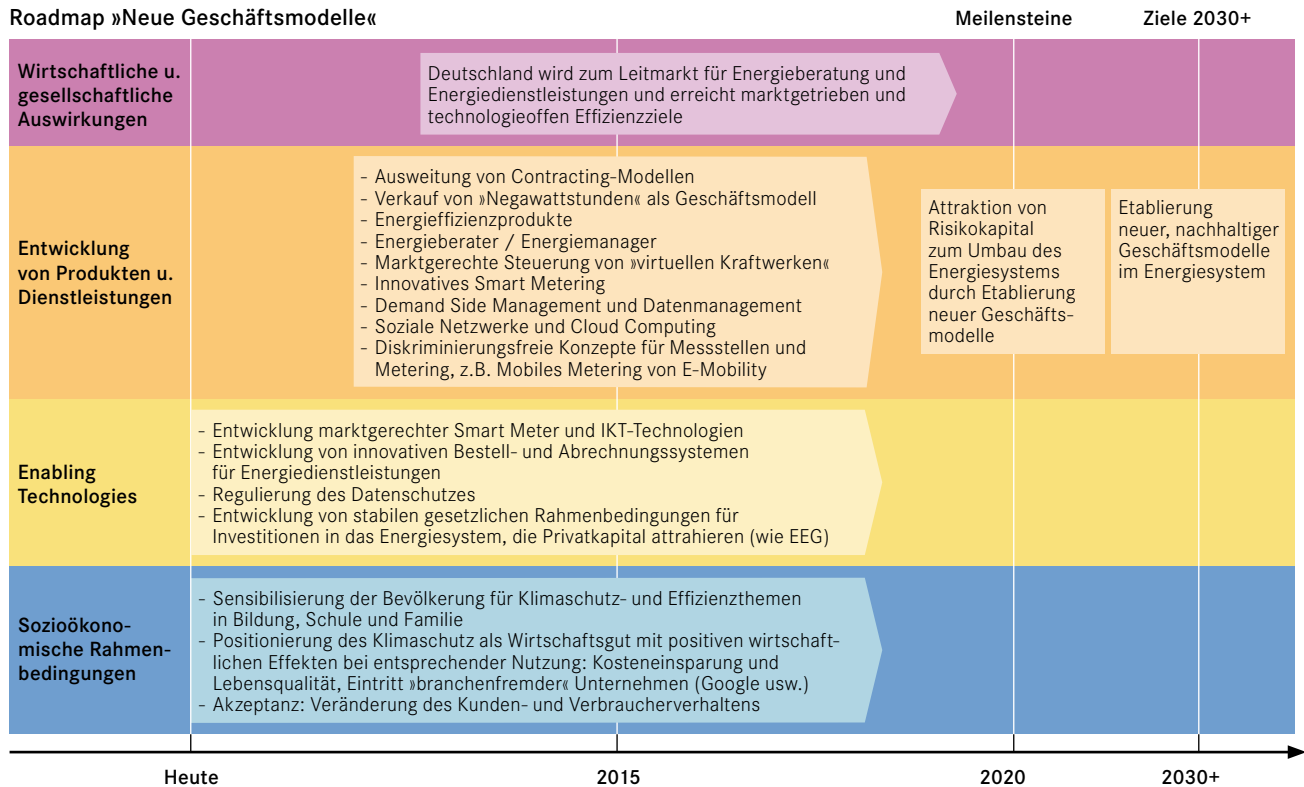


Abbildung 3.7: Roadmap »Neue Geschäftsmodelle«

3.4.8 HANDLUNGSFELD »POLITISCHER RAHMEN«

Der Umbau des Energiesystems macht in den kommenden Jahrzehnten große Investitionen im Bereich mehrerer hundert Mrd. Euro in Kraftwerkskapazitäten, Netzinfrastruktur und den Ausbau von Speicherkapazitäten notwendig. Die langen Amortisationszeiten erfordern eine hohe Planungssicherheit durch klare und stabile politische Rahmenbedingungen. Eine EU-weite Planung ist auf Basis einer europaweiten Prognose von Angebot und Nachfrage erforderlich.

Die politischen Rahmenbedingungen müssen den Umbauprozess auf drei Ebenen beschleunigen. Erstens sind die **planerischen Rahmenbedingungen** zu schaffen und u. a. stringente Genehmigungsverfahren zu etablieren. Zweitens sind **ökonomische Anreizsysteme** zu etablieren, die die notwendigen finanziellen Mittel für den Umbau attrahieren und drittens ist ein **langfristiges Akzeptanzmanagement** erforderlich, das die Bürger dafür gewinnt, den Umbauprozess aktiv zu begleiten und zu unterstützen. Diese drei Aufgabenfelder stehen in Wechselwirkung und müssen gleichzeitig bearbeitet werden.

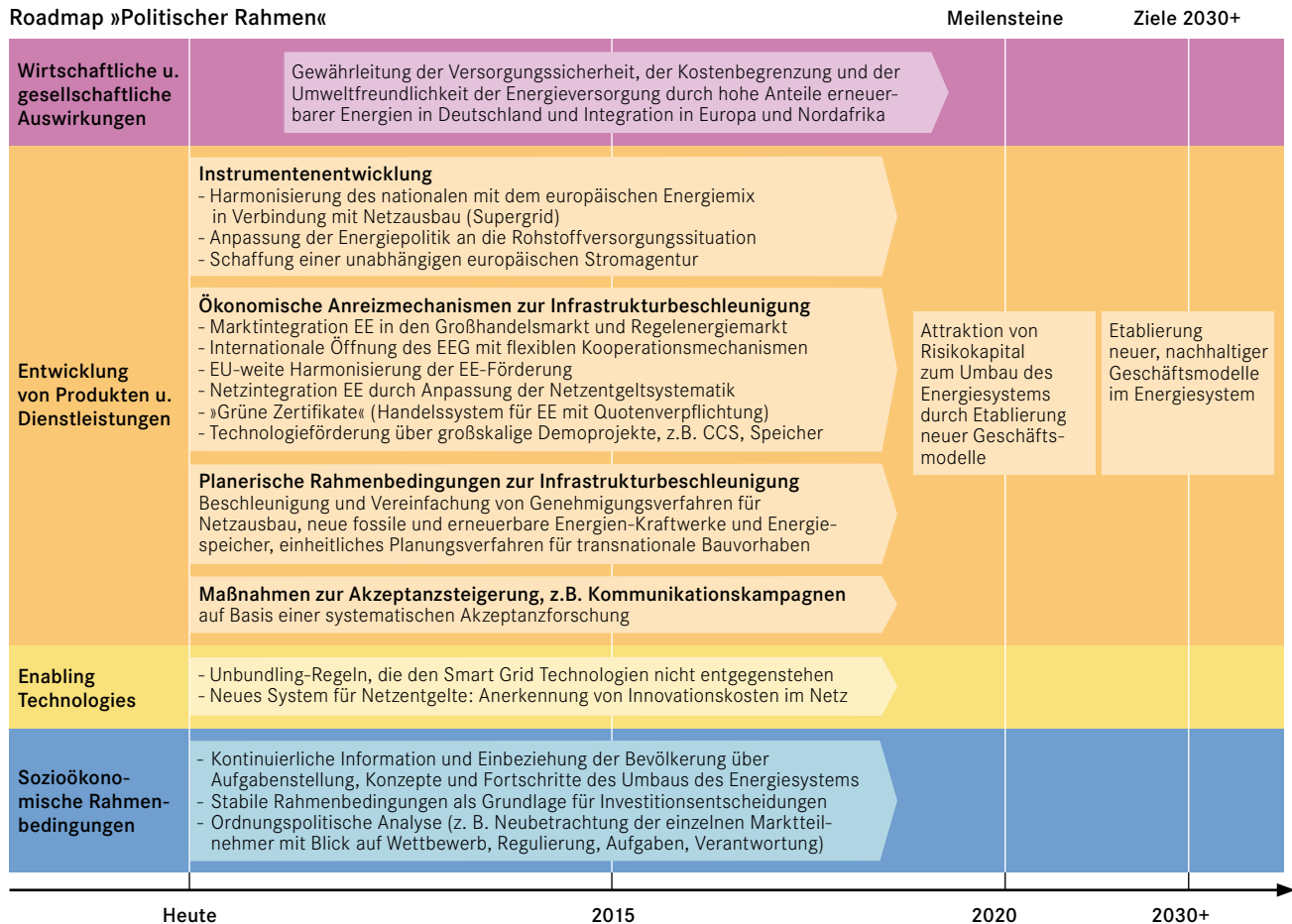


Abbildung 3.8: Roadmap »Politischer Rahmen«

3.5 Transformationsprozesse

Der Umbau des Energiesystems kann, wie oben bereits ausgeführt, nur gelingen, wenn nicht nur das angestrebte Energiesystem intelligent und nachhaltig ist, sondern auch dem Umbauprozess ausreichend Aufmerksamkeit geschenkt wird und dieser geplant und intelligent gesteuert wird. Für den Transformationsprozess werden im Folgenden Anregungen gegeben.

3.5.1 MARKTAKTEURE UND REGULIERUNGSBEDARF IM ENERGIESYSTEM

Die Steuerung des Transformationsprozesses erfordert neben der Planung der Investitionen, Technologien und Strukturen des Energiesystems auch die Berücksichtigung der Marktakteure, ihrer Motivation und ihres Verhaltens. Im Folgenden sind diese aufgelistet.

Strom

Die wesentlichen Akteure im Strommarkt sind:

- Primärenergielieferanten (Kohle, Gas, Kernbrennstäbe),
- Kraftwerksbetreiber (professionelle Betreiber und nicht-professionelle Investoren in (erneuerbare Energien-) Kraftwerke),
- Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber (ÜNB / VNB),
- Stromhändler,
- Stromkunden (Private, Kleingewerbe, Großkunden),
- Regulierungsbehörden und
- Hersteller von Kraftwerks-, Netz- und Nutzertechnik.

Deren Marktaktivitäten, Investitionen, Produkt- und Dienstleistungsentwicklungen etc. hängen entscheidend vom regulatorischen Rahmen ab. Für die Energiepolitik stellen sich vor allem folgende Fragen:

- Welche Stromerzeuger bekommen Zugang zum Stromnetz?
- Unter welchen Bedingungen dürfen Erzeuger Strom ins Netz einspeisen?
- Wie kann erreicht werden, dass ausreichende Kraftwerkskapazitäten bereit stehen?
- Wie kann erreicht werden, dass die ÜNB / VNB ihre Netze so ausbauen, dass sie den künftigen Strommix bewältigen können?
- Wie können für die Elektrizitätswirtschaft ausreichende Investitionsanreize zum Umbau / Ausbau der Infrastruktur geschaffen werden?
- Wie kann beim Stromkunden der Wettbewerb forciert werden?

Wärme und Kälte

Der Wärme- / Kältemarkt ist überwiegend nicht netzgebunden und ist durch eine sehr große Anzahl an privaten und gewerblichen Erzeugern, Betreibern und Nutzern sowie einer großen Vielfalt an Anlagentechnologien geprägt.

Die wesentlichen Marktakteure sind:

- Primärenergielieferanten (Erdöl, Erd- und Biogas, Strom),
- Hersteller von Wärme- und Kälteerzeugern (Hersteller von Öl-, Gas-, Biomasseheizkesseln, KWK-Anlagen, Solarthermie-Anlagen, Wärmepumpen, Kühlgeräten, Geothermie-Anlagen etc.),
- Wärme- / Kältenetzbetreiber,
- Wärme- / Kälteanlagenbetreiber (reine Wärme / Kälte und KWK),
- Wärme- / Kältenutzer und
- Hersteller von Effizienztechnologien.

Der Markt wird stark vom Preis der heute im Wärmemarkt bei weitem dominierenden fossilen Energieträger Erdöl und Erdgas beeinflusst. Dieser wird vom Weltmarkt vorgegeben, wobei er stark fluktuiert und weder kurz-, noch mittel- oder gar langfristig vorhergesagt werden kann. Konsens besteht nur darin, dass die Preise für Erdgas und Erdöl tendenziell steigen werden. Für die Energiepolitik stellen sich vor allem folgende Fragen:

- Wie können erneuerbare Energien- und Effizienztechnologien in den Markt eingeführt werden, so lange sie Wärme / Kälte teurer bereitstellen als konventionelle Technologien bei aktuellen Erdöl- und Erdgaspreisen?
- Wie können große, langfristige Infrastrukturprojekte wie Wärme- / Kältenetze oder Gasnetze vor dem Hintergrund großer Unsicherheiten über die künftige Wärme- / Kälteversorgung realisiert werden?
- Inwieweit wird der Wärme- / Kältemarkt künftig mit dem Strommarkt verknüpft und welche Konsequenzen hat dies?

Mobilität

Die wesentlichen Marktakteure im Mobilitätsmarkt sind:

- Kraftstofflieferanten und Tankstellenketten,
- Individuelle Fahrzeugbesitzer,
- Schienen- und Verkehrswegebetreiber,
- Betreiber von Bahnen und ÖPNV,
- Unternehmen des Güterverkehrs,
- Fahrzeughersteller und
- Flottenbetreiber wie z. B. Autovermieter.

Der Mobilitätsbereich ist ebenfalls sehr divers und lässt sich in lokalen und überregionalen Individualverkehr, öffentlichen Personennah- und -fernverkehr, den Flugverkehr und den Güterverkehr unterteilen. Für die Energiepolitik stellen sich vor allem folgende Fragen:

- Wie kann die Effizienz der Fahrzeuge wesentlich erhöht werden?
- Wie kann der Verkehr auf erneuerbare Energien umgestellt werden?
- Wie kann trotz steigendem Verkehr der reibungslose Verkehrsfluss erhalten bleiben?
- Wie können öffentlicher und Individualverkehr besser vernetzt und im Gesamtsystem effizienter werden?

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Kurzbeschreibung der Marktakteure und der Fragestellungen für die Energiepolitik macht die große Komplexität der Energiemärkte deutlich. Sie zeigt, dass die Märkte geprägt sind vom Handeln der einzelnen Marktakteure, das nicht immer nur rational ist und das wiederum extrem von Rahmenbedingungen abhängt, die sich sehr schnell drastisch ändern können, wie z. B. der Preis für Erdöl und Erdgas. Deshalb muss sich die Steuerung des Transformationsprozesses vor allem auch am Handeln des einzelnen Marktakteurs und dessen Motivation orientieren.

Es lässt sich zusammenfassen, dass die Entwicklung des Energiemarktes von drei wesentlichen Faktoren abhängt: erstens den zur Verfügung stehenden Technologien, Produkten und Dienstleistungen, zweitens den Marktinfrastrukturen wie z. B. Stromnetze sowie drittens den Marktakteuren und deren Handeln, wie in Abbildung 3.9 dargestellt.

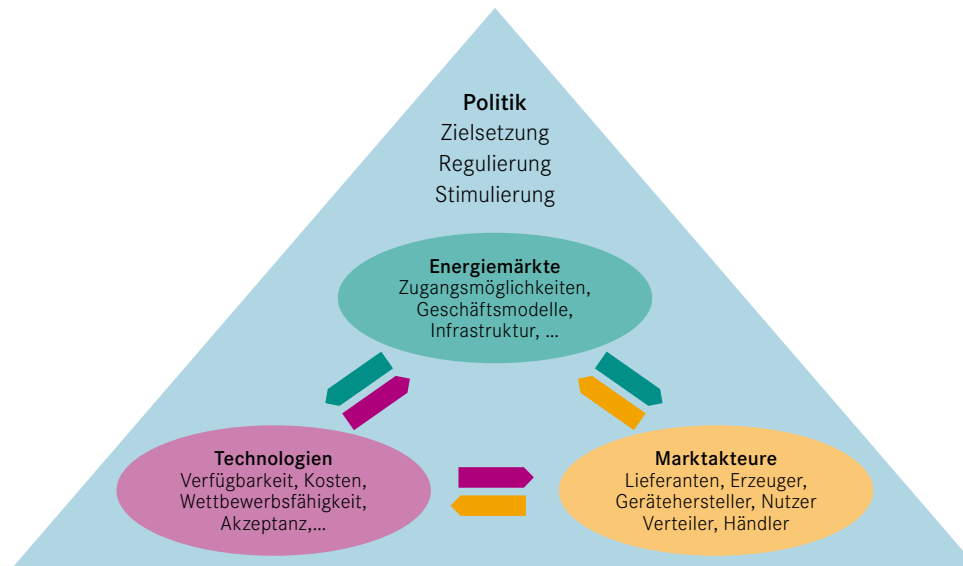


Abbildung 3.9: Handlungsdreieck der Energiemärkte

Die **Energiepolitik hat in diesem Handlungs-dreieck die Aufgabe, Ziele für die Entwicklung des Energiesystems festzulegen und die regulatorischen Rahmenbedingungen zu setzen**, damit die erforderliche Technologieentwicklung stimuliert und Investitionen in die notwendige Infrastruktur erfolgen. Darüber hinaus sollten die Handlungen der Energiemarktakteure so beeinflusst werden, dass sich das Energiesystem in die gewünschte Richtung entwickelt. Dies sollte sowohl aktiv, z. B. durch den Investitionen in die notwendige Infrastruktur, als auch passiv, z. B. durch die Herstellung der Akzeptanz der Bevölkerung für diese Entwicklungen, erfolgen.

Daraus folgt, dass die Energiepolitik nicht nur auf Technologien und Infrastruktur zu achten hat, sondern viel stärker als bisher die Handlungsweisen und die Motivation der Marktakteure verstehen und in ihren Strategien berücksichtigen muss.

Dies unterstreicht die große Bedeutung der Transformations- und Akzeptanzforschung, die insbesondere von den Marktakteuren her denkt und untersucht, wie und warum Veränderungsprozesse im Energiesystem ablaufen und wie diese beeinflusst werden können. Die Transformations- und Akzeptanzforschung ist multidisziplinär und umfasst insbesondere die Bereiche Modellierung des Energiesystems, Szenarienerstellung, Entwicklung und Risikobewertung von Umbaupfaden für das Energiesystem, Modellierung von Wirkmechanismen, sozioökonomische und gesellschaftspolitische Aspekte des Umbaus, Akzeptanzfragen und Risikoabschätzungen. Sie ist damit auch ein wesentliches Instrument zur Unterstützung der Energiepolitik bei der Zielfestlegung.

3.5.2 STEUERUNG UND MONITORING DES TRANSFORMATIONSPROZESSES

Der Umbau des Energiesystems muss aktiv gesteuert werden, um sich in die gewünschte Richtung zu entwickeln, da viele Prozesse kurzfristig ökonomisch nicht attraktiv und deshalb nicht marktgetrieben sind.

Es ist Aufgabe der Energiepolitik, die Ziele für das künftige Energiesystem festzulegen. Allerdings werden diese Ziele nur erreicht, wenn die Marktakteure diese unterstützen. **Deshalb empfiehlt die Promotorengruppe Klima / Energie die Etablierung eines Steuerungskreises zum Umbau des Energiesystems, der sowohl Vertreter der Politik als auch Vertreter aus Forschung, Industrie, der Energiebranche und den Verbrauchern umfasst.**

Die Aufgabe dieses Steuerungskreises sollte es sein, den Umbau des Energiesystems entsprechend den Zielvorgaben der Energiepolitik aktiv zu begleiten, Fortschritte zu evaluieren und Maßnahmen zu empfehlen.

3.6 Handlungsempfehlungen

In den Roadmaps und der Beschreibung des Transformationsprozesses wurden die Voraussetzungen und Herausforderungen für einen intelligenten Umbau des Energiesystems beschrieben. Aus diesen leitet die Promotorengruppe Klima / Energie folgende konkreten Handlungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt »Intelligenter Umbau der Energieversorgung« ab.

A. INNOVATIONEN BESCHLEUNIGEN DURCH OPTIMIERUNG DER RAHMENBEDINGUNGEN

Der Umbau des Energiesystems bedarf technologischer, ökonomischer, sozialer und politischer Innovationen, die durch folgende Maßnahmen beschleunigt werden:

- 1. Erhöhung der Energieforschungsbudgets**
- 2. Umsetzung steuerlicher Forschungsförderung** zur Stärkung von F&E in kleinen, mittleren und großen Unternehmen
- 3. Stärkung umsetzungsnaher Pilot- und Demonstrationsprojekte**, insbesondere solcher Projekte, die die Komplexität des Energiesystems widerspiegeln und innovative Finanzierungskonzepte für Public-Private-Partnerships aufweisen
- 4. Entwicklung und Förderung von innovativen Geschäftsmodellen** und Methoden zur Bereitstellung von Risikokapital im Energiemarkt und zur Beherrschung der zunehmenden Komplexität der Energiemärkte
- 5. Schaffung von international wettbewerbsfähigen Rahmenbedingungen für Risikokapital** zur Verbesserung der Finanzierungsbedingungen von KMUs mit dem Ziel einer Ausweitung ihrer F&E-Aktivitäten
- 6. Unterstützung der Kommerzialisierung von Innovationen** durch Stärkung von alternativen Finanzierungsquellen wie Risikokapital
- 7. Beseitigung von Markthemmnissen** bei der Markteinführung neuer Technologien
- 8. Internationales Benchmarking von deutschen Innovationen** im Energiemarkt im Vergleich zu internationalen Märkten. Evaluierung, inwieweit internationale Wettbewerber lukrative Marktsegmente mit technologisch überlegenen Produkten beherrschen. Forschungsförderung für Exporttechnologien

B. PRIORISIERUNG VON FORSCHUNGSTHEMEN IM BEREICH ENERGIETECHNOLOGIEN

Die Forschungsunion stimmt mit der geplanten Schwerpunktsetzung der Bundesregierung in der Forschungsförderung von Energietechnologien überein. Diese sieht die Prioritäten in den Bereichen erneuerbare Energien, Energieeffizienz, Energieinfrastruktur wie Netze und Speicher, sowie insbesondere Systemtechnik und IKT als übergreifende Technologien. Dabei sollte auch die Erforschung von Technologien unterstützt werden, die vor allem im Ausland zum Einsatz kommen und die für die Exportindustrie im Bereich Energietechnologien von Bedeutung sind.

Besonders hervorzuheben sind:

Forschungsthemen Stromnetze

- 1. Neue Technologien für Höchstleistungsübertragungsnetze**
 - u. a. zur Erschließung von Kostenreduktionspotenzialen für erdverlegte Kabel und gasisolierte Leiter im Höchstspannungsbereich für Gleich- und Wechselstrom-Anwendungen
- 2. Lastfluss-Analysen für verschiedene Ausbau-Szenarien** von erneuerbaren Energien für das nationale und europäische Verbundnetz inklusive eines Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsnetzes
- 3. Leistungselektronische Wandler für die Netzintegration** mit erhöhter Effizienz und integrierten Technologien zur Netzstabilisierung
- 4. Entwicklung IuK-Technik für das Smart Grid**
 - u. a. Kommunikationstechnik, Datenidentifikation, Schnittstellenentwicklung und Sicherheits-Architekturen

Forschungsthemen Speicher

1. Stromspeicher für den Mittelspannungs- und Verteilnetzbereich

Entwicklung geeigneter Speichersysteme wie z. B. Lithium-Ionen, Wasserstoff, Redox-Flow und Natrium-Schwefel für kleine bis mittlere Einheiten

2. Entwicklung und Erprobung der Kohlenstoff-Synthese

aus Überschüssen der Stromproduktion aus Wind- bzw. Solarkraftwerken

3. Saisonale Wärmespeicher in Nahwärmanlagen

Weiterentwicklung der Speichertechnik und Kostenreduzierung

C. TRANSFORMATIONSFORSCHUNG

Der Umbau des Energiesystems ist ein äußerst komplexer Prozess, der wissenschaftlich begleitet und kontinuierlich optimiert werden muss. Es wird deshalb vorgeschlagen:

1. Aufbau eines multidisziplinären Forschungsprogramms

»Transformation von Energiesystemen«, das alle Aspekte der Transformations- und Akzeptanzforschung umfasst

2. Geprüft werden sollte die Gründung einer Akademie zur

Transformationsforschung im Bereich Energiesysteme

3. Identifizierung der robusten Entwicklungspfade für den

Umbau des Energiesystems durch detaillierte Modellierung und Bewertung der für die Erreichung der politischen Ziele möglichen Entwicklungspfade für das Energiesystem

4. Entwicklung von Konzepten zur Stimulierung von lang-

fristigen Infrastrukturmaßnahmen wie dem Ausbau von Strom- und Wärme- / Kältenetzen beispielsweise durch Etablierung neuer Geschäftsmodelle

D. STEUERUNG DES TRANSFORMATIONSPROZESSES

Der intelligente Umbau erfordert ein gezieltes Vorgehen, also eine aktive Steuerung sowie eine regelmäßige Evaluierung und Optimierung des Umbauprozesses. Hierzu bedarf es eines Gremiums, in dem alle betroffenen Akteure sich einbringen können. Deshalb wird folgendes vorgeschlagen:

Einrichtung eines »Steuerungskreis Umbau Energiesystem«

Ziel: Der unabhängige nationale Steuerkreis soll den Umbau des Energiesystems auf Basis der Zielvorgaben durch die Energiepolitik aktiv begleiten.

Zusammensetzung: Vertreter aus Industrie, Forschung, Politik, Energiewirtschaft und Verbraucher.

Aufgaben: Evaluierung der Fortschritte des Umbaus, Empfehlungen von Maßnahmen, Diskussion von Konzepten zum Umbau des Energiesystems.

4 AUSBLICK

Bei der Ausarbeitung der Zukunftsprojekte »Die CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt« sowie »Intelligenter Umbau der Energieversorgung« wurde deutlich, dass sowohl die Bundesregierung als auch die Wirtschaft und die Wissenschaft zu vielen einzelnen, zentralen Themen erfolgreiche Aktivitäten durchführen. Es wurde aber auch deutlich, dass für die internationale Wettbewerbsfähigkeit noch viele Aktivitäten, vor allem im Sinne der Vernetzung der Themen bzw. der systemischen Betrachtung, offen sind. Hierfür ist insbesondere die rechtzeitige Einbindung aller Akteure in die Planung und Umsetzung notwendig. Diesen Ansatz wird die Promotorengruppe weiter verfolgen. Nach ersten Gesprächen mit den kommunalen Spitzenverbänden zu den Roadmaps und Handlungsempfehlungen zum Zukunftsprojekt »Die CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt« sind weitere Termine geplant, in denen auch das Zukunftsprojekt »Intelligenter Umbau der Energieversorgung« zur Sprache kommen soll.

Neben der Umsetzung der Handlungsempfehlungen zu den beiden vorgestellten Zukunftsprojekten wird die Promotorengruppe Klima / Energie im Jahr 2011 die Ausarbeitung des Zukunftsprojekts »Nachwachsende Rohstoffe als Alternative zum Öl« beginnen.

5 ANHANG: FORSCHUNGSUNION WIRTSCHAFT – WISSENSCHAFT

Mission

Die Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft ist ein zentrales innovationspolitisches Beratungsgremium zur Umsetzung und Weiterentwicklung der Hightech-Strategie 2020 für Deutschland. Seit August 2006 verfolgt die Bundesregierung mit der Hightech-Strategie eine übergreifende nationale Strategie, die politikfeld- und themenübergreifend eine Vielzahl der Forschungs- und Innovationsaktivitäten über alle Ressorts hinweg bündelt. Die neu aufgelegte Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft fokussiert auf die fünf Bedarfsfelder der Hightech-Strategie (Gesundheit / Ernährung, Klima / Energie, Kommunikation, Mobilität, Sicherheit). Hier erarbeitet sie Zukunftsprojekte, mit denen Deutschland einen Spitzenplatz bei der Lösung globaler Herausforderungen einnehmen soll. Initiativen zur Umsetzung der Zukunftsprojekte werden entwickelt und nachverfolgt. Zur Vermittlung ihrer Ziele und Ergebnisse verstärkt sie aktiv den gesellschaftlichen Dialog. Sie identifiziert Innovationstreiber, Innovationshemmnisse und relevante Querschnittsfragestellungen, formuliert Forschungsaufgaben und benennt Handlungsbedarf. Ihre Mitglieder aus Wirtschaft und Wissenschaft sind überzeugt, dass Deutschland das Potenzial hat, auf den wichtigsten Zukunftsmärkten einen Spitzenplatz einzunehmen.

Mitglieder

Prof. Dr. Dr. Andreas Barner,
Boehringer Ingelheim Pharma GmbH & Co. KG

Prof. Dr. Michael Baumann,
Technische Universität Dresden

Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger,
Fraunhofer-Gesellschaft

Prof. Dr. Ottmar Edenhofer,
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e. V.

Prof. Dr. Jörg Hacker,
Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V.

Dr. Johannes Helbig,
Deutsche Post AG

Dörte Höppner,
Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften e. V.

Prof. Dr. Stephan A. Jansen,
Zeppelin University gGmbH

Prof. Dr. Henning Kagermann,
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.

Prof. Dr. Matthias Kleiner,
Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V.

Dr. Andreas Kreimeyer,
BASF SE

Susanne Kunschert,
Pilz GmbH & Co. KG

Prof. Dr. Gisela Lanza,
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prof. Dr. Klaus-Peter Maubach,
E.ON AG

Prof. Dr. Jürgen Mlynek,
Helmholtz-Gemeinschaft

Dr. Arend Oetker,
Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e. V.
Dr. Karsten Ottenberg,
Giesecke & Devrient GmbH

Prof. Dr. Hermann Requardt,
Siemens AG

Prof. Dr. August-Wilhelm Scheer,
BITKOM Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und Medien e. V.

Ingrid Sehrbrock,
Deutscher Gewerkschaftsbund (DGB)

Prof. Dr. Ursula M. Staudinger,
Jacobs University Bremen gGmbH

Prof. Dr. Günter Stock,
Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften

Prof. Dr. Wolfgang Wahlster,
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH

Dr. Thomas Weber,
Daimler AG

Dr. Manfred Wittenstein,
Wittenstein AG



Forschungsunion

Wirtschaft und Wissenschaft
begleiten die Hightech-Strategie