

Energie • Forschung • Innovation

■ THEMENPAPIER

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula
Koordination: DI Theodor Zillner

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22, 1060 Wien
Verantwortung und Koordination:
Geschäftsführung: DIⁱⁿ Theresia Vogel
Koordination: Mag.^a Daniela Kain

ENERGIE Forschungs- und Innovationsstrategie

Themenpapier

Mit Beiträgen von

René Albert, Andreas Dorda, Evelinde Grassegger, Josef Hochgerner,
Michael Hübner, Daniela Kain, Angela Köppl, Elvira Lutter, Michael Paula,
Sigrid Stagl, Horst Steinmüller, Hannes Warmuth, Michael Wedler,
Werner Weiß, Astrid Wolfbeisser, Theodor Zillner, Isabella Zwerger

MIT FORSCHUNG UND INNOVATION DIE ENERGIEZUKUNFT GESTALTEN

Unter Beteiligung von VertreterInnen aus Forschung, Wirtschaft, Verwaltung und der fachlich interessierten Öffentlichkeit soll die zukünftige Energieforschung auf die aktuellen Herausforderungen der und Zielsetzungen für die Energiezukunft ausgerichtet werden. Intelligente Technologiesysteme und sozioökonomische Aspekte einer innovationsgetriebenen klimaverträglichen Energiezukunft werden stärker in den Mittelpunkt rücken. Der Strategieprozess soll vor allem eine mehrjährige strategische Ausrichtung für die Forschungs- und Technologiepolitik liefern und Entscheidungsgrundlagen für die Energiezukunft bereitstellen.

Die Umsetzung des Abkommens der UN-Klimakonferenz in Paris bedarf einer Vielzahl an Maßnahmen und Veränderungen, um das heutige Energiesystem zu dekarbonisieren. Dabei wird der Bereich der Forschung und Innovation eine entscheidende Rolle innehaben. Um die notwendige Transformation des Energiesystems zu bewältigen, ist der Zugang zu sicherer, sauberer und leistbarer Energie essenziell – die Frage nach der künftigen Energiewelt ist zentral für den österreichischen Wirtschaftsstandort und erfordert die Bündelung aller Kräfte. Die Schnittstelle zum Markt wird dabei immer wichtiger. Daher gilt es, Rollouts bzw. Marktdurchdringung zu beschleunigen und effektive Impulse für die Marktreife zu setzen.

Österreich konnte im Bereich innovativer Energielösungen international punkten und sich mit klugen Lösungen für die Energiezukunft erfolgreich am Weltmarkt positionieren. Eine erfolgreiche Energiewende braucht die Einbettung technologischer Innovationen in Gesellschaft und Wirtschaft, aber auch kluge und vorausschauende Investitionen. Die immense Aufgabe, die Dekarbonisierungsagenda sowohl technisch möglich als auch wirtschaftlich tragfähig und sozial verträglich zu gestalten, erfordert dabei eine langfristige Forschungs- und Technologiepolitik.

In dem vom BMVIT sowie dem Klima- und Energiefonds initiierten Dialog Energiezukunft 2050, einem breit geführten Diskussions- und Konsultationsprozess, wurden Vorschläge für Zielsetzungen, Schwerpunkte und Themen für die zukünftige Energieforschung erarbeitet. Der Prozess liefert auch einen maßgeblichen Input zur österreichischen Energie- und Klimastrategie und soll einen Anstoß für einen Paradigmenwechsel in der zukünftigen Bereitstellung und Nutzung von Energie geben.

Mit dem vorliegenden Themenpapier werden die Ergebnisse des offenen Konsultationsprozesses auf Basis des von den sechs thematischen Arbeitsgruppen entwickelten Thesenpapiers vorgestellt. Wir dürfen allen Beteiligten und ganz besonders den ArbeitsgruppenleiterInnen für ihre engagierte Mitarbeit danken. So stellen diese Ergebnisse eine wertvolle Grundlage für zukünftige forschungs- und technologiepolitische Maßnahmen dar.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

DIⁱⁿ Theresia Vogel

Geschäftsführerin des Klima- und Energiefonds

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	8
1.1	Der grundlegende Umbau des Energiesystems und der politische Rahmen	8
1.2	Treiber, Trends, Herausforderungen – Energiezukunft 2050	9
2	THEMENFELDER DER ENERGIEFORSCHUNG	12
2.1	Themenfeld 1: Energiesysteme und -netze	13
2.2	Themenfeld 2: Gebäude und urbanes System	18
2.3	Themenfeld 3: Industrielle Energiesysteme	18
2.4	Themenfeld 4: Verkehrs- und Mobilitätssystem	19
2.5	Themenfeld 5: Umwandlungs- und Speichertechnologien	20
2.6	Themenfeld 6: Transitionsprozesse und soziale Innovation	22
3	LEITLINIEN DER ENERGIEFORSCHUNG	24
3.1	Themenfeld 1: Energiesysteme und -netze	25
3.1.1	Allgemeine Zielsetzungen und Strategien	25
3.1.2	Thematische Schwerpunkte	26
3.2	Themenfeld 2: Gebäude und urbanes System	28
3.2.1	Allgemeine Zielsetzungen und Strategien	28
3.2.2	Thematische Schwerpunkte	29
3.3	Themenfeld 3: Industrielle Energiesysteme	30
3.3.1	Allgemeine Zielsetzungen und Strategien	30
3.3.2	Thematische Schwerpunkte	31
3.4	Themenfeld 4: Verkehrs- und Mobilitätssystem	32
3.4.1	Allgemeine Zielsetzungen und Strategien	32
3.4.2	Thematische Schwerpunkte	33
3.5	Themenfeld 5: Umwandlungs- und Speichertechnologien	34
3.5.1	Allgemeine Zielsetzungen und Strategien	34
3.5.2	Thematische Schwerpunkte	34
3.6	Themenfeld 6: Transitionsprozesse und soziale Innovation	40
3.6.1	Allgemeine Zielsetzungen und Strategien	40
3.6.2	Thematische Schwerpunkte	41
4	THEMENVERANTWORTLICHE UND INVOLVIERTE EXPERTINNEN	44
5	ROADMAPS UND STRATEGISCHE PAPIERE	45
6	VERZEICHNISSE	46

1 EINLEITUNG

1.1 Der grundlegende Umbau des Energiesystems und der politische Rahmen

In der Welt des 21. Jahrhunderts zählt die Eingrenzung der voranschreitenden Erderwärmung mit all ihren negativen direkten und indirekten Folgen zu einer der größten globalen Herausforderungen. Der Übergang zu einem CO₂-armen und wettbewerbsfähigen Wirtschaftssystem erfordert nicht nur ein entschiedenes und über alle politischen Anschauungen hinausgehendes Vorgehen aller Staatengemeinschaften, sondern eine „**Dekarbonisierungsagenda**“, die sowohl technisch möglich als auch wirtschaftlich tragbar und sozial verträglich ist. Mit dem Abkommen in Paris („**Paris Agreement**“) bei der UN-Klimakonferenz im Dezember 2015 wurde erstmals ein völkerrechtlich bindendes Abkommen geschaffen, welches sich zum Ziel setzt, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2° C – möglichst 1,5° C – im Vergleich zur vorindustriellen Zeit zu begrenzen.

Die **Europäische Union (EU)** hat sich **mittel- bis langfristige Ziele** gesetzt, den Anteil erneuerbarer Energieträger am Gesamtenergieverbrauch und die Energieeffizienz zu erhöhen und die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80–95 % (im Vergleich zum Jahr 1990) zu senken. Mittelfristig sieht der rechtlich verbindliche Rahmen eine Reduktion der Treibhausgase um 40 % gegenüber 1990 vor. Die Umsetzung dieser Strategien verlangt nicht weniger als einen grundlegenden Umbau des heutigen Systems der Versorgung, der Bereitstellung und der Nutzung von Energie (Strom, Wärme, Mobilität).

Aktuell betragen die Energieimporte der EU täglich mehr als 1 Mrd. Euro (ungefähr 400 Mrd. Euro im Jahr 2013¹). Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass die Endenergie-nachfrage bis 2030 um 27 %² steigen wird. Angesichts dieser Situation sind die Erwartungen in die **Energieforschung**, einen wesentlichen Beitrag zu dem notwendigen **Transformationsprozess** zu leisten, enorm. Das Gelingen dieses Prozesses ist daher untrennbar mit umfangreichen **technologischen Innovationen** an nahezu allen Teilkomponenten und systemübergreifenden Aspekten verbunden, ihr Erfolg hängt wesentlich von einer **sozial** verträglichen und **wirtschaftlichen Umsetzung** ab.

Der Transformationsprozess lässt sich nicht von heute auf morgen bewältigen. Eine systematische Forschung kann

Ursache-Wirkungs-Geflechte (z. B. auch von ökonomischen oder rechtlichen Eingriffen) aufdecken. Der Systemwechsel wird nur dann gelingen, wenn neben disruptiven technologischen Durchbrüchen die Rahmenbedingungen für Innovationen und Marktdurchdringung verbessert werden – beginnend bei der Grundlagenforschung bis hin zur anwendungsorientierten Forschung (z. B. in Reallaboren). Angesichts bereits heute zu treffender Weichenstellungen und zur Vermeidung sogenannter „Lock-in-Effekte“³ bei dem weitreichenden Umbau des Energiesystems wird die strategische Bedeutung der Energieforschung erkannt.

Österreichs Beteiligung an internationaler Forschungszusammenarbeit

Mit der kürzlich beschlossenen Teilnahme der Europäischen Union an der **Mission Innovation**⁴, einer globalen Initiative für saubere Energie, wurde ein weiterer Schritt in Richtung verstärkter internationaler Zusammenarbeit und koordinierter Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen gesetzt. Mit der Beteiligung an der Mission Innovation haben sich 20 der führenden Industrienationen⁵ dazu entschlossen, die **Energieforschungsausgaben** in den nächsten fünf Jahren **zu verdoppeln**.

- > Der **SET-Plan** (Strategic Energy Technology Plan; Europäischer Strategieplan für Energietechnologie) ist ein wichtiges Instrument der Europäischen Union zur effizienten und zielgerichteten Energieforschung im europäischen Mehrebenen-System (supranational, transnational, national, regional). Er soll die Forschungs-kooperation europäischer Partner vorantreiben und die Koordinierung nationaler Forschungsförderung unterstützen. Im Rahmen von D-A-CH (Deutschland-Österreich-Schweiz) laufen bereits Kooperationen im Bereich Smart Grids, Gebäude und Städte. Das BMVIT koordiniert die beiden **EU-Forschungsinitiativen** ERA-Net Smart Grids Plus und Smart Cities und ist bei am ERA-Net Bioenergy sowie am SOLAR-ERA.NET gemeinsam mit dem Klima- und Energiefonds beteiligt.

Die **IEA-Forschungskooperation** (Internationale Energieagentur), welche die Internationalisierung österreichischer Energieforschung **sowie innovative Energietechnologien** und -dienstleistungen verfolgt, ist ein weiteres Instrument für die globale Positionierung Österreichs in den Bereichen Energie, Mobilitäts- und Umwelttechnologien. Die Energietechnologieinitiativen (Technology Collaboration Programmes)

1 COM (2014) 330 final, European Energy Security Strategy
<http://www.eesc.europa.eu/resources/docs/european-energy-security-strategy.pdf>

2 Ebenda

3 Unter Lock-in-Effekte versteht man allgemein die Pfadabhängigkeit von technologischen Entwicklungen, die von frühen Entscheidungen geprägt werden (z. B. QWERTZ, Verbrennungsmotor).

4 <http://mission-innovation.net/>

5 Australien, Brasilien, Kanada, Chile, Dänemark, Europäische Union, Finnland, Frankreich, Deutschland, Indien, Indonesien, Italien, Japan, Mexiko, Niederlande, Norwegen, Südkorea, Saudi-Arabien, Schweden, Vereinigte Arabische Emirate, UK, USA

stellen eine wichtige Ergänzung zur österreichischen Energieforschung dar und spiegeln sich auch in den nationalen Schwerpunktsetzungen wider⁶.

1.2 Treiber, Trends, Herausforderungen – Energiezukunft 2050

Im Jahr 2014 betrug der energetische Endverbrauch in Österreich 1.063 Petajoule.⁷ Wichtigster Verbrauchszweck ist der Bereich Mobilität (Traktion) mit einem Anteil von 35,4 %, welcher wiederum zu 87,7 % von Ölprodukten beherrscht wird. Die restlichen 12,3 % entfallen auf erneuerbare Energien, elektrische Energie und Gas.⁸ Die Eindämmung der CO₂-Emissionen im Verkehrs- und Mobilitätsbereich spielt bei der Dekarbonisierung des Energiesystems eine zentrale Rolle. Ziel sollte es sein, den Einsatz alternativer Kraftstoffe und den Aufbau der nötigen Verkehrsinfrastruktur verkehrsträgerübergreifend zu fördern.⁹

Im Wärmebereich¹⁰, mit 27,1 % die zweitgrößte Verbrauchskategorie am energetischen Endverbrauch¹¹, liegen die momentan größten Herausforderungen. Der Anteil erneuerbarer Energieträger am Energiemix lag im Jahr 2014 bei 28,8 %, gefolgt von Gas (24,4 %) und Fernwärme (21,4 %).¹² Es zeigt sich, dass die einseitige Fokussierung auf Effizienzsteigerung oder den Ausbau erneuerbarer Energien an Grenzen stößt (z. B. durch Nutzungskonflikte von Bioenergieträgern). Entscheidend wird sein, den Wärmesektor in Verbindung mit dem Stromsektor zu sehen und die Integration vorausschauend und energieträgerübergreifend zu bewerkstelligen (Stichwort: Sektorkopplung). Wie die Abwärme aus Industriebetrieben oder Müllverbrennungsanlagen können auch dezentrale erneuerbare Energieaufkommen (Geothermie, Solarthermie, Umweltwärme aus Großwärmepumpen) mittels Wärmenetzen in einen Verbund integriert und mittels geeigneter Rahmenbedingungen wirtschaftlich betrieben werden (siehe am Beispiel Dänemark).

Im Strombereich verfügt Österreich mit einem Anteil von rund 70 % Wasserkraft (im Jahr 2014) am Strom-Mix und insgesamt einem Anteil von knapp 90 % erneuerbarem Strom (ebenso 2014) im Energiesystem über ein hohes Maß an eigenen erneuerbaren Ressourcen. Die österreichischen Strom- und Gasnetze sind in die europäischen Netze gut eingebunden und Österreich verfügt mit rund 8 GW_{el} (Pumpspeicherkraftwerke) in der Elektrizitätsversorgung und über 90 TWh (2014, d. s. mehr als der Jahresgasverbrauch) in der Gasversorgung über relativ große Speicherkapazitäten. Mit Ausfallszeiten von weniger als einer Stunde pro Jahr zählt das österreichische Elektrizitätsversorgungssystem bislang punkto Versorgungsqualität zur Weltspitze.

Trotz dieser guten Ausgangssituation und vorhandener Potenziale ist die Entwicklung einer integrierten System-sicht eine der zentralen Herausforderungen im Energiesystem. Sowohl die Beurteilung und Systemintegration der wachsenden Fülle vorhandener Technologien und Lösungen ist dabei von Bedeutung als auch die gezielte Entwicklung und Weiterentwicklung von Technologien und Komponenten. Organisatorische Aspekte, wie beispielsweise Akteure und deren Rollen, Markt-design und Geschäftsmodelle, institutioneller, rechtlicher und regulatorischer Rahmen sowie gesellschaftliche Aspekte wie Akzeptanzfragen, Governance und Transitionsprozesse müssen mitbetrachtet und aktiv gestaltet werden. Mittel- bis langfristig können die Strom- und die Wärmewende nicht voneinander getrennt betrachtet werden, da der Wärmebereich zunehmend Anteile der erneuerbaren Stromproduktion (z. B. Wärmepumpen) in Anspruch nehmen wird und sich Speichertechnologien, sowohl der Wärme- als auch der Stromseite, sinnvoll ergänzen müssen.

Forschung und Entwicklung haben hier entscheidende Beiträge zur Analyse komplexer Wirkungszusammenhänge und zur Ableitung von Lösungsoptionen zu leisten. Das Umfeld aus **Treibern und Trends**, die von gesellschaftlichen und politischen, technologischen und ökonomischen sowie ökologischen Entwicklungen ausgehen, stellt dabei dynamische Rahmenbedingungen dar, die kontinuierliches Monitoring und Abgleichen bedingen. Im Vordergrund der aktuellen Diskussion stehen dabei beispielsweise häufig

- > die politisch beschlossene Dekarbonisierung unserer Wirtschaft,
- > die intendierte zukünftige Dominanz erneuerbarer – und aus heutiger Sicht damit wohl zu einem großen Teil – volatiler Energieträger,
- > die erwartete zunehmende Bedeutung von Elektrizität durch Verschiebungen im Energieträgereinsatz (z. B. Elektromobilität),
- > technologische Treiber im Bereich dezentraler Energie- und Speichertechnologien,
- > die umfassende Digitalisierung (z. B. Industrie 4.0, Digitales Bauen)
- > oder auch gesellschaftliche Trends wie Individualisierung, Urbanisierung, Partizipations- und Autonomiestreben oder Sharing Economy.

6 Österreichische ExpertInnen und Unternehmen sind derzeit in 18 von 39 IEA „Technology Collaboration Programmes“ und einer Expertengruppe aktiv. www.nachhaltigwirtschaften.at/de/iea

7 BMWF (2016): Energiestatus Österreich 2016 (Entwicklung bis 2014), S.6

8 BMWF (2016): Energiestatus Österreich 2016 (Entwicklung bis 2014) S.22

9 Z. B. durch Vereinfachung der Genehmigungsverfahren für Ladeinfrastruktur, Ziele bei der öffentlichen Beschaffung von sauberen Fahrzeugen, vgl. Austriatech (2015): Policy Brief, Nr.03, November 2015, Wien.

10 Raumheizung und Warmwasserbereitung (inkl. Kochen und Klimatisierung)

11 BMWF (2016): Energiestatus Österreich 2016 (Entwicklung bis 2014), S.22

12 BMWF (2016): Energiestatus Österreich 2016 (Entwicklung bis 2014), S.23

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1. Platz	Japan	Japan	Finnland	Finnland	Finnland	Finnland	Finnland	Finnland	Norwegen
2. Platz	Finnland	Finnland	Japan	Norwegen	Norwegen	Norwegen	Norwegen	Norwegen	Finnland?
3. Platz	Frankreich	Frankreich	Frankreich	Japan	Japan	Japan	Japan	Kanada	Japan
Platzierung Österreich (von 21 Ländern)	15	16	12	12	9	11	11	11	7
Abstand AT zur Nr. 3	182%	295%	89%	145%	78%	104%	115%	83%	63%
Ausgaben F&E Österreich in Mio. EUR	42,4	31,9	71,2	92,3	121	120,8	120,1	124,5	143,1
Veränderung AT zum Vorjahr in Mio. EUR		-10,5	39,3	21,1	28,7	-0,2	-0,7	4,4	18,6

Tabelle 1: Energieforschungsausgaben im internationalen Vergleich, Anteil am BIP (Quelle: AEA)

Vor diesem Hintergrund ist die Energieforschungs- und Technologiepolitik einem Wandel unterworfen und darauf auszurichten, die Grundlagen für eine nachhaltige Energieversorgung der Zukunft zu liefern und die notwendigen Kapazitäten und Ressourcen frühzeitig aufzubauen. Ihre wachsende Bedeutung zeigt sich darin, dass sich die diesbezüglichen globalen Forschungs- und Entwicklungsausgaben in den vergangenen zwanzig Jahren etwa verdoppelt haben.¹³

Energieeffizienz als Grundlage einer erfolgreichen Transformation

Die Verbesserung der Energieeffizienz (z. B. in der Gebäudetechnik, bei industriellen Prozessen oder im Bereich der Mobilität) ist eine wesentliche Voraussetzung dafür, die Energieintensität in der gesamten Volkswirtschaft zu verringern und die Abhängigkeit von fossilen Energieimporten zu reduzieren. Technologien und Maßnahmen im Bereich der Energieeffizienz – darunter auch jene, die auf das VerbraucherInnenverhalten abzielen – zählen allgemein zu den kostengünstigsten Optionen zur Verminderung von Treibhausgasemissionen und gelten als eine von Österreichs Stärken im internationalen Wettbewerb. Die Forschung übernimmt hierbei die Aufgaben, bekannte Effizienztechnologien für verschiedene Einsatzbereiche weiterzuentwickeln und zu validieren. Besonderes Augenmerk muss in diesem Zusammenhang auf die Weiterentwicklung von Effizienzbetrachtungen gelegt werden, weg von einem rein Input-Output-orientierten Energieeffizienzbegriff hin zu einer umfassenderen Sichtweise mit Blick auf den optimierten bzw. minimierten Einsatz nicht erneuerbarer und nicht CO₂-neutraler Ressourcen. Dazu zählen neben Ener-

gieträgern ebenso zur Energiegewinnung eingesetzte knappe Rohstoffe oder Flächen.

Mit Blick auf Österreichs Dekarbonisierungsstrategie sollte es Ziel sein, eine weitgehende Entkopplung der Endenergienachfrage vom Wachstum der Wirtschaft und der Bevölkerung zu realisieren, um den Industriestandort Österreich zu erhalten und auszubauen.¹⁴

Strukturelle Veränderungen in den Energieinfrastrukturen

Strukturelle Änderungen wie eine verstärkte Dezentralisierung der Energieaufbringung erfolgen bereits und die damit verbundene Verhaltensänderung der NutzerInnen, die vermehrt gleichzeitig als EnergieproduzentInnen und -verbraucherInnen (Prosumer) auftreten, müssen gemanagt werden. Die zunehmende Vernetzung dezentraler Strukturen führt bei der elektrischen Energieinfrastruktur zu einer steigenden Komplexität und stellt einen wesentlichen Trend dar. Dabei werden zunehmend auch weitere Infrastrukturen wie das Wärmenetz, des Gasnetz und das Telekommunikationsnetz involviert. Die Abstimmungsprozesse und Wandlungspfade zur Integration der zunehmend erneuerbaren und stark fluktuierenden Energieaufkommen sind nur im domänen- und sektorübergreifenden und sogar nationenübergreifenden Energieverbund zu meistern. Forschung und Entwicklung muss hierbei insbesondere die Innovationspotenziale der Digitalisierung im Sinne von „intelligenten Energiesystemen“ („Smart Energy-Systems“) mit einbeziehen.

¹³ Rat für Forschung und Technologieentwicklung (2016): Bericht zur wissenschaftlichen und technologischen Leistungsfähigkeit Österreichs 2016

¹⁴ Der relative Energieverbrauch (Bruttoinlandsverbrauch je Einheit der gesamtwirtschaftlichen Produktion – BIV/BIP) ist im Jahr 2014 um 3,5 % (im Vgl. zum Vorjahr) zurückgegangen, der positive Trend der Entkopplung von Energieverbrauch und Wirtschaftswachstum hält weiterhin an. BMWFW (2016): Energiestatus Österreich 2016, S.4

Ein neues, ganzheitliches Forschungsverständnis

Österreich als Hochtechnologieland und Engineering-Standort bietet die besten Voraussetzungen dafür, dass hiesige Forschung und Entwicklung gemeinsam mit der heimischen Wirtschaft intelligente Lösungen implementiert (Leitmarkt) und Lösungen für andere Regionen der Welt ableitet (Leitanbieter).

Technologische Innovationen und Potenzialanalysen für eine Veränderung im Energiesystem sind in vielen Bereichen bereits weit fortgeschritten. In einer singulären Betrachtung, insbesondere ohne sie in den sozioökonomischen Kontext zu stellen, können sie aber nur einen limitierten Beitrag zur Zielerreichung leisten. Herausforderungen dieses Ausmaßes können nicht allein durch Optimierung und Identifizierung von lokalen Optima adressiert werden, sondern verlangen eine systemische und integrierte Herangehensweise auf unterschiedlichen Ebenen.

Die Frage, welche Bedürfnisse Menschen haben und wie wir sie mit kosteneffizienten Systemen erfüllen können, muss am Anfang stehen. Forschungsaktivitäten müssen inter- und transdisziplinär ausgerichtet und an der Schnittstelle von Technik und Sozialwissenschaften angesiedelt sein sowie von Beginn an die Bedürfnisse der unmittelbar Betroffenen einbinden. Um gesellschaftliche Strukturen, Verhaltensmuster und Prozesse mit Wirkungen auf die Energienachfrage nachhaltig zu beeinflussen und Barrieren zu überwinden, können soziale Innovationen dabei neue Praktiken des Handelns zur Gestaltung von Lebens- und Arbeitsbedingungen fördern.

2 THEMENFELDER DER ENERGIEFORSCHUNG

Vor dem Hintergrund, dass die politischen, sozioökonomischen, ökologischen und klimatischen Rahmenbedingungen für die nächsten zehn oder gar 30 Jahre nur begrenzt vorhersehbar sind, muss die Energieforschung verschiedene Wege für die Umsetzung **zukünftiger Technologieoptionen und Maßnahmen aufzeigen** und über **längere Zeiträume** Aspekte bearbeiten, die momentan nicht im Zentrum politischer Handlungsoptionen liegen.

Um diese notwendigen langfristigen Entscheidungs- und Handlungsspielräume zu ermöglichen, bedarf es der Entwicklung eines systemischen Ansatzes, der Wechselbeziehungen umfassend beurteilt.

Die nachfolgenden Themenfelder stellen den Anspruch, den Rahmen für die zukünftige Ausrichtung der Energieforschung festzulegen:

- > Themenfeld 1: Energiesysteme und -netze
- > Themenfeld 2: Gebäude und urbanes System
- > Themenfeld 3: Industrielle Energiesysteme
- > Themenfeld 4: Verkehrs- und Mobilitätssystem
- > Themenfeld 5: Umwandlungs- und Speichertechnologien
- > Themenfeld 6: Transitionsprozesse und soziale Innovation

Im Folgenden wird die Wahl der sechs Themenfelder näher begründet.

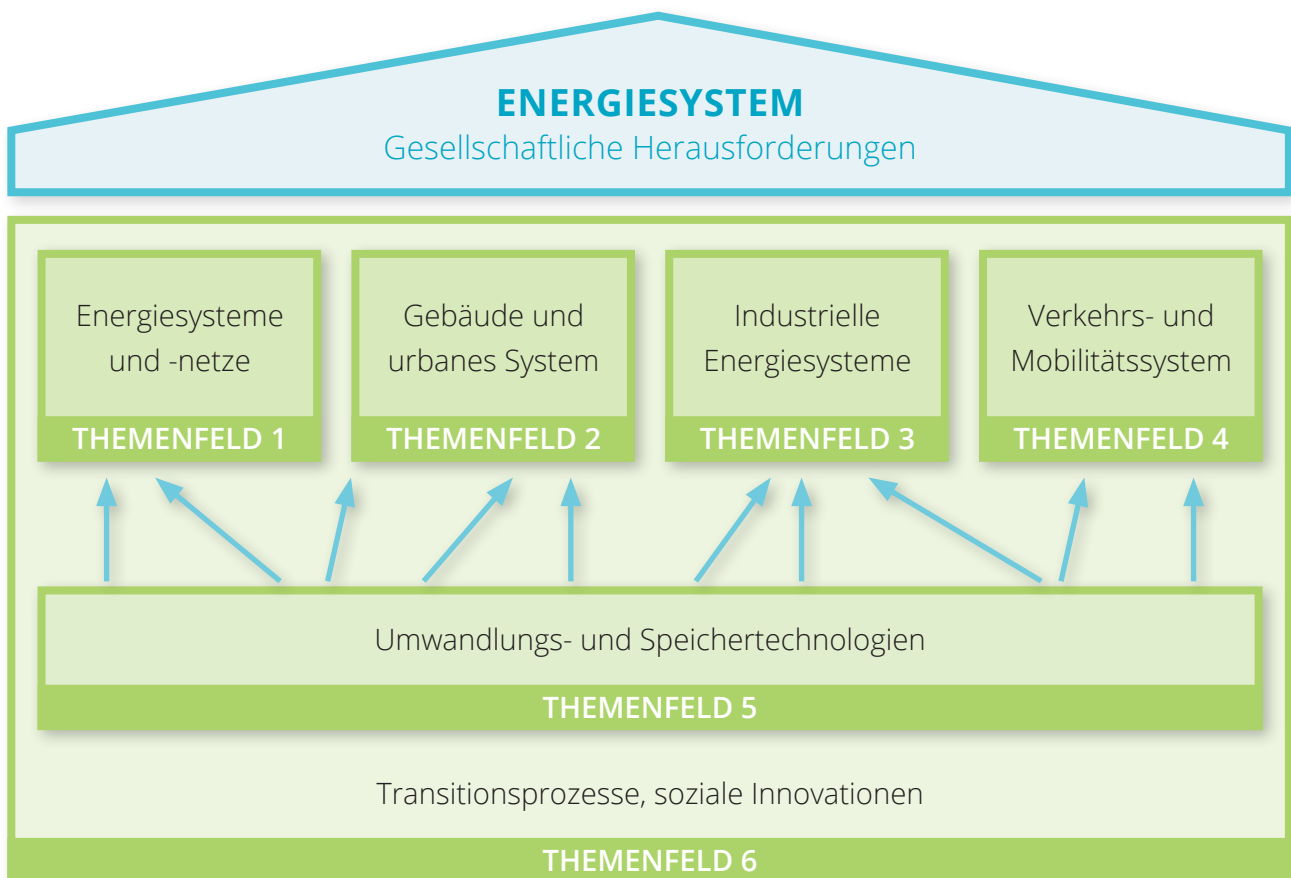


Abbildung 1: Themenfelder der Energieforschung

2.1 Themenfeld 1: Energiesysteme und -netze

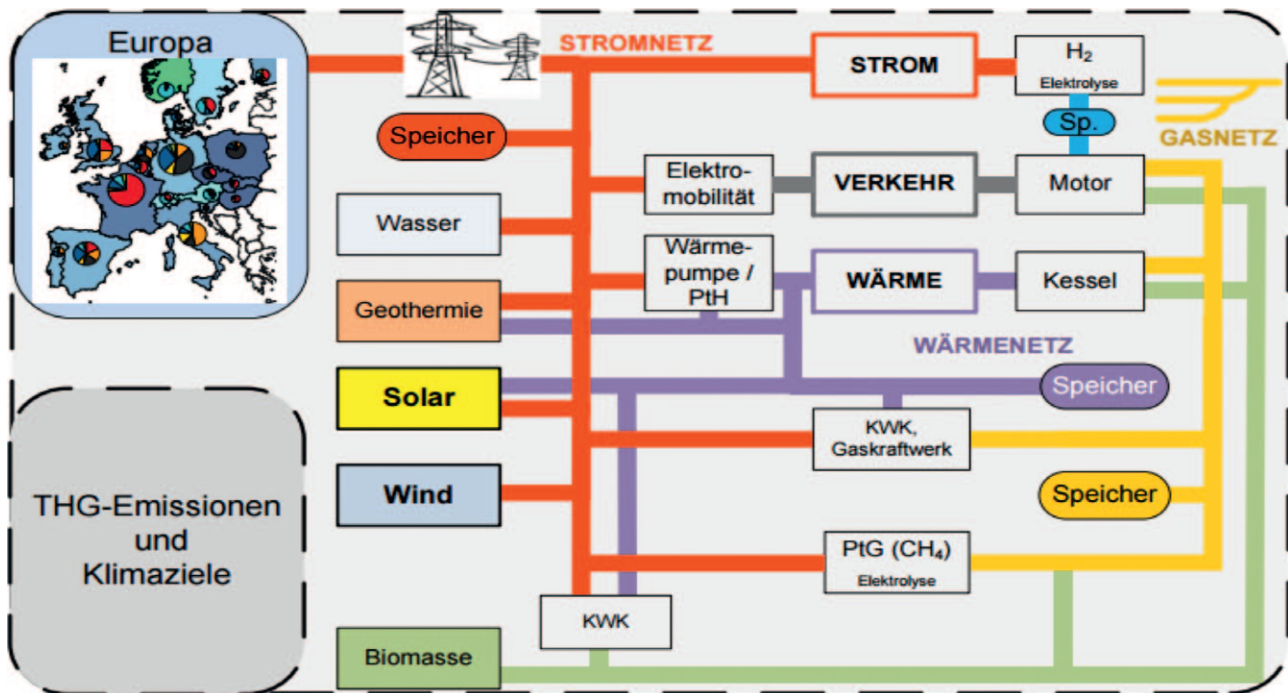


Abbildung 2: Interaktionen und Sektorkopplung zwischen den Energienetzen (Sternier 2009)
(Quelle: www.upress.uni-kassel.de/katalog/abstract.php?978-3-89958-798-2)

Österreich und zahlreiche europäische Nachbarn verfügen bereits jetzt über sehr leistungsfähige Energieversorgungssysteme in Form von nahezu flächendeckenden hierarchischen Elektrizitätsnetzen sowie regional verbreiteten Wärme- und Gasnetzen in verdichteten Räumen. Diese wurden in der Vergangenheit separat gesteuert. Nun geht es im Zuge der Energiewende auch um die Konvergenz und das neue Miteinander der Energiesysteme Strom, Wärme und Mobilität.

- > Stromnetze können von den Speicherkapazitäten der Wärmenetze und von thermischen Verbrauchern profitieren.
- > Stromüberschüsse können als willkommene erneuerbare Ergänzung im Wärmesystem verwertet werden (Power-to-heat), aber auch in Wasserstoff bzw. Methan (P2G¹⁵) im Gasnetz aufgenommen, saisonal in Kavernen gespeichert oder gar in andere Kohlenwasserstoffe (P2L¹⁶) umgewandelt werden.
- > Wärmenetze müssen sich unabhängig von Koppelwärme aus „aussterbenden“ thermischen Kraftwerken neue Wärmequellen (Industrie, dezentrale Erneuerbare) erschließen.
- > Mit der Elektrifizierung der Mobilität ergeben sich Abstimmungsbedarfe hinsichtlich Ladeinfrastruktur, Last- und Speichermanagement.

Um die Synergien aus Gesamtsystemsicht künftig zu heben, sind alle Sektoren durch intelligente Energienetze (Strom, Wärme, Gas, Wasserstoff) miteinander verbunden. Sie sind die Klammer zwischen Gebäude, Industrie und Mobilität. Konnektivität und Konvergenz sind gefragt. Digitalisierung wird zur Schlüsselkompetenz in der Energiewirtschaft und ermöglicht die notwendige Verständigung innerhalb der Infrastruktur, transsektoral zwischen den Netzen und mit allen anderen neuen Energieakteuren.

Für die Energieforschung stellt sich bereits seit einigen Jahren die interdisziplinäre Aufgabe, Energietechnik- sowie Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)-Kompetenz im Sinne von Smart Grid-/Smart Energy-Systemlösungen zusammenzuführen.¹⁷ Nicht nur in Europa, sondern weltweit sind Energieinfrastrukturen im Umbruch. Viele Regionen bauen erstmalig Systeme auf und verknüpfen dabei Versorgungsinseln zu flächigen Netzen. Andere Regionen sind damit beschäftigt, die bestehenden Leitungsstrukturen und -kapazitäten an rasch wachsende Versorgungsansprüche anzupassen und intelligent zu renovieren. In jedem Fall können IKT-basierte Lösungen zum effizienten Umbau der Energiesysteme eingesetzt werden. Österreichs Forschungsstrategie kann und sollte somit auch intelligente

¹⁵ Power-to-Gas bezeichnet die Wandlung von Strom über Elektrolyse zu Wasserstoff und ggf. weiter zu Methan.

¹⁶ Power-to-Liquid steht für die Synthese von flüssigen Kohlenwasserstoffen aus Strom.

¹⁷ ERA-Net Smart Grids Plus spricht von den drei Ebenen Technology, Market und Adoption.

Systemintegration entwickeln, die außerhalb Österreichs ihre Märkte findet. Emerging Markets bieten für exportorientierte österreichische Technologieanbieter neue Zielmärkte und Chancen.

Mittels Forschung sind die jeweiligen Herausforderungen der Strom- und Wärmewende weiter zu spezifizieren:

Strom: Kernproblem Echtzeitintegration und Speicherung; Transport über weite Strecken gut möglich

Der Stromsektor hat aktuell gegenüber Wärme und Verkehr den geringsten Anteil am Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß. Dennoch steht er aufgrund der hohen EE-Potenziale im Fokus der Energiewende¹⁸.

- > Die größte Herausforderung im Elektrizitätsversorgungssystem bei der Integration erneuerbarer Energien ist die **Echtzeit-Problematik** beim Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch.¹⁹ Konventionelle, aber gleichzeitig systemrelevante Kraftwerke (Grundlast, Regellast, Momentanreserve) fallen zunehmend aus der Merit Order.²⁰ Regelbare Erneuerbare wie Bioenergie²¹ und Wasserkraft²² übernehmen zunehmend wichtige Systemfunktionen. Zur Stabilisierung ist die Mobilisierung weiterer Systemdienstleistungsgeber – maßgeblich auch aus benachbarten Energiesystemen – erforderlich.
- > Die **Flexibilisierungspotenziale** bei smarten Verbrauchern, Speichern und Erzeugern sind technisch durchaus vorhanden, jedoch ökonomisch noch nicht erschließbar, somit noch kaum als Alternative zum Netzausbau etabliert. Hier liegen nach Jahren der technologieorientierten Pionierarbeit die künftigen Schwerpunkte auf der Systemintegration unter realen ökonomischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Bedingungen.²³
- > Durch die zunehmende dezentrale Erzeugung und Speicherung der Energie wird der Betrieb der Infrastruktur mit zentralen Systemen zunehmend durch dezentrale Intelligenz ergänzt bzw. ersetzt. Trotzdem ist ein funktionierendes, resilientes Gesamtsystem sicherzustellen. Dafür müssen Konzepte weiterentwickelt werden.

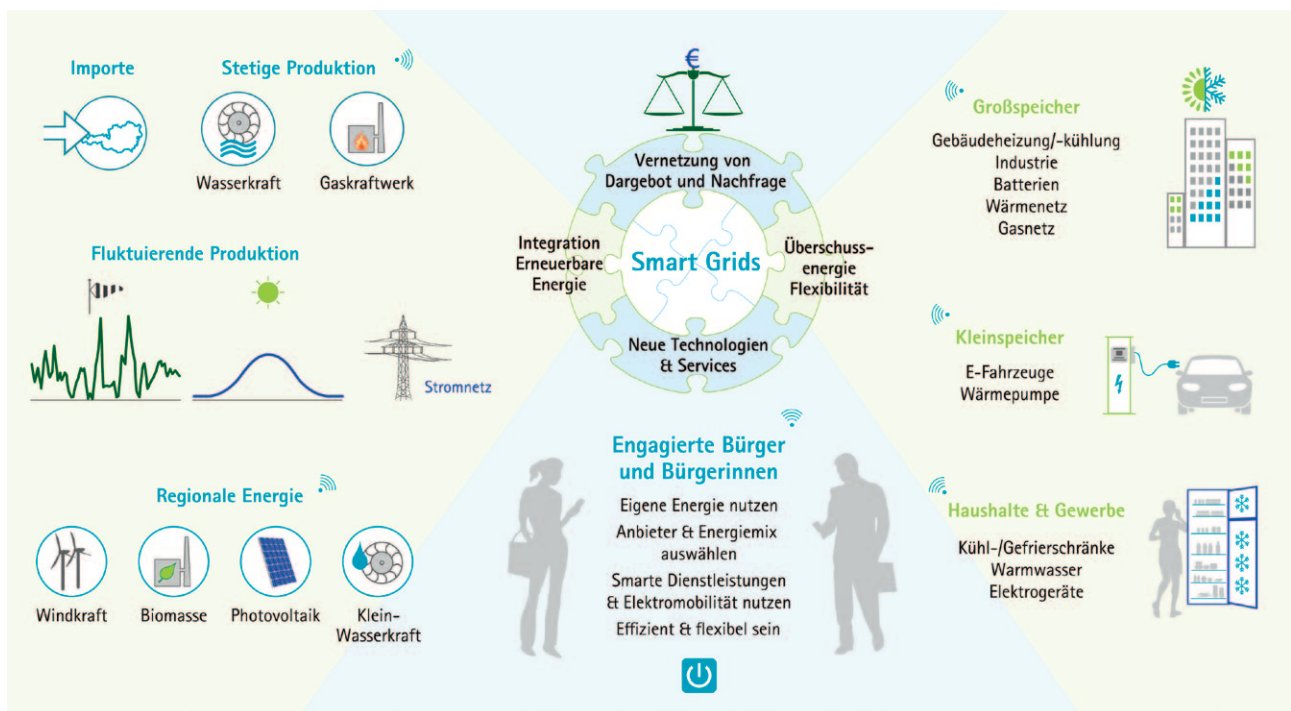


Abbildung 3: Energiemanagement mit Smart Grids (Quelle: bmvt)

18 Nach einem Impulspapier der deutschen Bundesregierung werden direkte und indirekte Nutzung erneuerbarer Stromquellen 2050 etwa die Hälfte des Energiebedarfs decken.

19 Prosumer werden sich in Zukunft mehr der Stromerzeugung anpassen.

20 Bei derzeitigen Marktbedingungen (geringer Emissionshandelspreis, abgeschriebene Kohlekraftwerke, Übertragungsgengpässe) sind die Rahmenbedingungen für die flexiblen Gaskraftwerke ungünstig.

21 Als speicherbarer Energieträger kann aus Biomasse bedarfsgerecht Energie bereitgestellt werden (Direktvermarktung, Teilnahme an Regelenergiemärkten und Beiträge zu weiteren Systemdienstleistungen).

22 Vorhandene Laufwasserkraftwerke können mittels Umrichter und/oder Speichersysteme zur flexiblen Netzstützung dynamischer beitragen.

23 Im Rahmen eines breit angelegten Strategieprozesses unter Einbindung aller relevanten österreichischen AkteureInnen wurde eine tiefgehende Analyse der Entwicklungen sowie eine Einschätzung der langfristigen Entwicklungsbedarfe vorgenommen: www.e2050.at/smartgrids (Zusammenstellung aller Ergebnisse des Strategieprozesses Smart Grids 2.0), Technologieroadmap, Strategic Research Agenda, Elemente einer Einführungsstrategie.

Wärme: Kernproblem lokale Integration aus verschiedenen Quellen unterschiedlicher Temperaturniveaus, inkl. bisher ungenutzter Überschüsse; geringe Transportwürdigkeit

Auch der Wärmesektor ist vor gravierende Herausforderungen gestellt.

- > **Sinkende Nachfrage:** Zunehmend wirksame Effizienzmaßnahmen im Gebäudesektor reduzieren den Bedarf an Raumwärme, gewachsene Infrastrukturen werden zunehmend unwirtschaftlich.
- > **Einbindungskonzepte für verschiedene Wärmequellen:** Mit dem „Aussterben“ thermischer Kraftwerke fällt vielerorts die zentrale Wärmequelle weg und damit auch das Geschäftsmodell, bei dem Wärmeerzeugung und Netz in einer Hand liegen. Umso mehr sollten zum wirtschaftlich sinnvollen Weiterbestehen der Wärmenetze Wärmepotenziale aus verschiedenen, z. T. bisher ungenutzten Quellen mit unterschiedlichen Temperaturniveaus erschlossen²⁴ und integriert werden (Abwärme, Umgebungswärme, Koppelwärme, Erzeugungüberschüsse erneuerbaren Stroms, also Power-to-Heat, Solarwärme). Im Sinne einer Versorgungsvielfalt kann die Forschung angesichts der geringen Transportwürdigkeit von Wärme den Wär-

menetzen bei der Lösung logistischer Effizienzprobleme und bei Zielkonflikten (Netz- oder Einzelversorgung insb. in urbanen Räumen) helfen.

- > **Differenziertes Wärmenetzmanagement:** Aufgrund der heterogenen Wärmequellen wird das Temperatur- und hydraulische Management der Wärmenetze zukünftig anspruchsvoll. Verschiedene Ansätze der Temperaturregelung sind weiter zu beforschen, wie z. B. Zonierung des Netzes in verschiedene Temperaturniveaus, effiziente Anhebungstechniken²⁵ an den Einspeisestellen, Niedertemperaturnetze, Anergienetze, Kältenetze etc. Auch aufgrund saisonaler Schwankungen künftiger Wärmedarangebote (z. B. Solarwärme) ist die Einbindung, Dimensionierung und Fahrweise entsprechender Speicher²⁶ ein zunehmend bedeutsamer zu beforschender Bestandteil verlässlicher Wärmenetze.
- > **Diversifizierung der Wärmeprodukte:** Auf der Ausspeiseseite können mittels weiterer Entwicklungen im FTI-Bereich entsprechend verschiedene Kundenbedürfnisse mit differenzierten thermischen Services (Wärme, Dampf, Kälte, grüne bzw. klimaneutrale Wärme) mit möglichst optimalen Primärenergiefaktoren²⁷ angeboten werden.

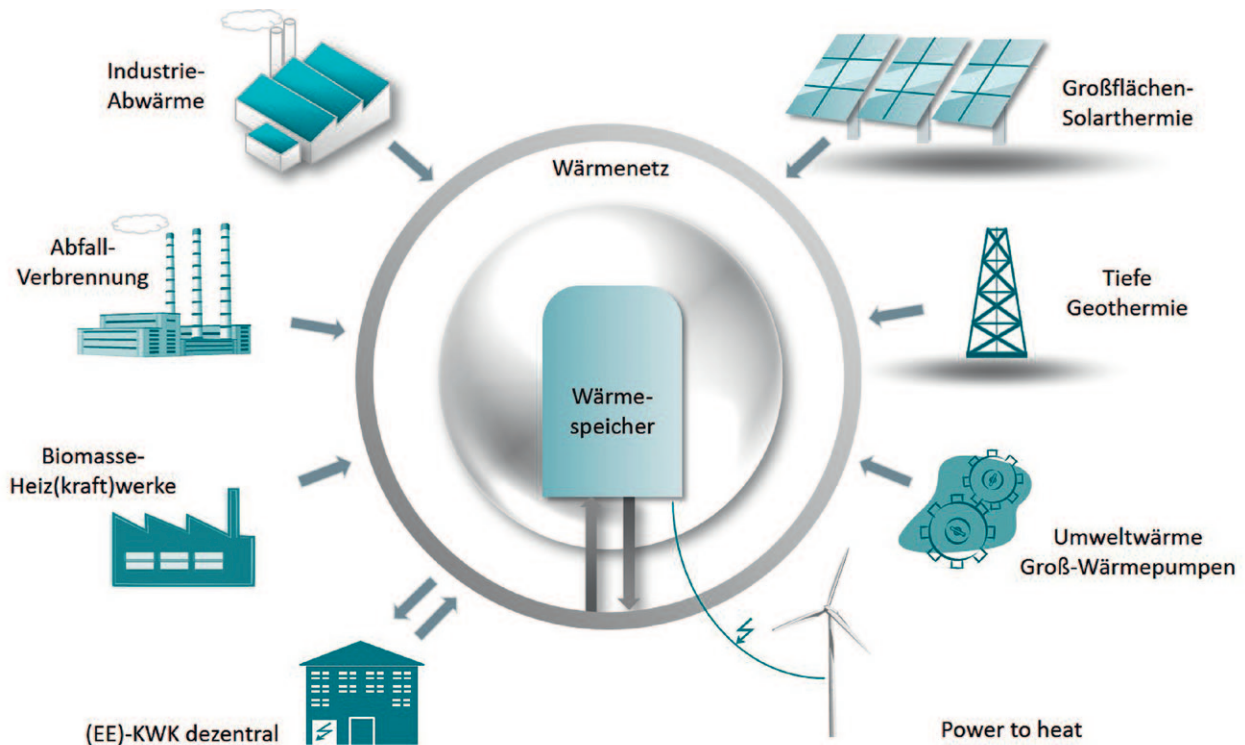


Abbildung 4: Wärmenetze der Zukunft (Christian Maaß, Studie Fernwärme 3.0)
(Quelle: www.speicherinitiative.at/assets/Uploads/07-Fernwaerme-3.0-HHI-Studie.pdf © Hamburg Institut, 2015)

²⁴ Das Open-Source-Prinzip könnte helfen, entsprechende Potenziale aufzudecken.

²⁵ Z. B. Hochtemperatur-Wärmepumpen und WP für Kältebedarf in urbanen Netzen

²⁶ Auch Eisspeicher zur Spitzenlastabdeckung

²⁷ Ggf. Ermittlungsmethoden und Ausweismodelle bzgl. Primärenergiefaktoren und Klimaneutralität im Wärmesektor und anderen Energieprodukten

Gasnetze: neue Aufgaben in einer dekarbonisierten Energiewelt

Erfüllten Gasnetze bisher ihre Aufgabe, im feinerschlossenen Netz Endkunden der Industrie und Haushalte zu versorgen, so nimmt künftig die Nachfrage nach konventionellem Erdgas in der Fläche ab.²⁸

- > Langfristplanung zur räumlichen und funktionalen Anpassung²⁹ der Gasnetzinfrastruktur inkl. Untergrundspeichern und Schnittpunkten zum Stromnetz (Power-to-Gas-Einspeisung) und künftiger Abnehmer (Ausspeisung). Aufgrund der kurz- bis langfristigen Speicherpotenziale (auch saisonal) und Aufnahmemöglichkeit erneuerbarer Gase (Methan und Wasserstoff) bietet sich das Gasnetz zur Übernahme wesentlicher Aufgaben der Versorgungssicherung an.
- > Bivalente Anlagen können je nach Dargebot an Erneuerbaren ihre Energie aus dem Strom- oder Gasnetz beziehen. Gasbetriebene Anlagen können gesicherte Leistung zur Systemstützung und Direktversorgung bereitstellen.
- > Künftig wächst die Aufgabe hinzu, erneuerbares Gas (Biomethan als gereinigtes Gas aus Biogasanlagen oder Wasserstoff bzw. Methan aus Wind und PV-Anlagen = Power-To-Gas³⁰) aufzunehmen³¹, ggf. zu vergüten oder bilanziell durchzuleiten oder zu speichern. Allerdings bleibt mittelfristig das verfügbare Potenzial an EE-Gas³² zu gering und zu wertvoll, um das derzeitige Erdgas-Volumen annähernd zu substituieren.
- > Forschungsherausforderungen sind die Effizienzsteigerung bei der Wandlung von Strom zu Gas (Wasserstoff oder Methan), die Konditionierung des Gases an den Einspeisepunkten, der Umgang mit heterogenen Gemischen³³ (Methan, Propan, Wasserstoffanteile), der bidirektionale Transport über verschiedene Druckstufen, die Erfüllung saisonaler Speicherfunktionen auch mittels geeigneter Kavernen und die Ausspeisung bedarfsgerechter Qualitäten inkl. der Erschließung von Kundengruppen für Premiumprodukte wie klimaneutrale Wärme und klimaneutrale Mobilität (mittels Betrieb von Gas-Tankstellen).

Mobilität: flächendeckende Gas-Tankstellen und Ladestelleninfrastruktur als Voraussetzung für eine klimaneutrale Mobilität

- > Auch das künftige Mobilitätssystem ist auf Energieversorgungsnetze angewiesen, um auf die vollständige Palette erneuerbarer Quellen zugreifen zu können. Folgende Anforderungen adressieren die anstehenden Forschungsthemen:

- > Elektromobilität braucht Ladestellen am Stromnetz. Je nach Ladeleistungen sind dazu Netzverstärkungen und zeitliche Abstimmungsprozesse mit den Netzbetreibern über verfügbare Netzkapazitäten zu organisieren (integrierte Netzplanung in Verbindung mit Lademanagement³⁴ per Smart Charging³⁵). Bei entsprechender Flexibilität kann der Ladezeitpunkt bewusst in geeignete Zeiten gelegt werden (z. B. in Schwachlastzeiten oder um Einspeisespitzen erzeugungsnah zu verbrauchen). Die Auto-Batterie als Kurzzeitspeicher wirkt somit puffernd system- oder netzdienlich für das Stromsystem oder kann marktorientiert (von Aggregatoren gebündelt) zur optimalen Integration von EE-Erzeugung betrieben werden. Geschäftsmodelle für Lademanagement und Abrechnungssysteme benötigen geeignete rechtliche Rahmenbedingungen.
Exportchancen: Verknüpfung von mobilitäts- und energierelevanten Lösungen wie Hochleistungs-ladefrastruktur und netzdienliche Services sowie Lösungen für CO₂-freien Gütertransport.
- > Gasgetriebene Fahrzeuge (Methan, Wasserstoff, Brennstofftechnologie) benötigen allenfalls eine leitungsgebundene Energieversorgung über Tankstellen. Die Erdgasmobilität ist leistbar, sauber sowie langstreckentauglich und ist mit Biomethan oder synthetischem Erdgas zu 100 % klimaneutral. Erfolgskritisch sind auch hier der Ausbau einer entsprechenden Infrastruktur und die Bereitstellung ausreichender erneuerbarer Methan und Wasserstoff-Ressourcen. Biomethan-Aufbereitungstechnologien und Power-to-Gas sind im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und Effizienz weiterzuentwickeln.

Zielkonflikte bei der Priorisierung von Mobilitätsinfrastrukturen in Österreich

Eine Forschungsstrategie kann die grundsätzliche Entscheidung über den Mix klimaverträglicher Energieträger – Biotreibstoffe, EE-Gase, Wasserstoff, elektrobatteriebasierte Antriebe – nicht auflösen. Dies muss eine Mobilitätsstrategie leisten, aus der Infrastrukturanforderungen sowie zu erforschende und entwickelnde Wechselwirkungen mit dem Energiesystem abgeleitet werden können. Im Sinne einer Leitanbieter-Strategie können auch Forschungsfragen aufgenommen werden, deren Relevanz außerhalb Österreichs liegt.

28 Vgl. zur künftigen Bedeutung von Fernwärme- und Gasnetzen http://www.umweltbundesamt.at/aktuell/publikationen/publikationssuche/publikationsdetail/?pub_id=2056

29 Rückbau in energieeffizienten Quartieren oder Rückzug aus der Flächenversorgung wird ggf. lokal zum Thema.

30 Power-to-Gas beschreibt die Elektrolyse von Strom zu Wasserstoff und ggf. weitere Methanisierung.

31 Inkl. Vorlieferung und Sammlung des Biogases zur gebündelten Aufbereitung

32 EE-Gas umfasst Biomethan aus Biogasanlagen, Wasserstoff aus der Elektrolyse von Wind- und PV-Strom sowie erneuerbares CH₄ aus der Methanisierung von Wasserstoff.

33 Hier bestehen Beschränkungen (ggf. <5 %) aufgrund der Verträglichkeit und Effizienzeinbußen bei Endgeräten

34 Die Verknüpfung von bedarfsgerechter (kundenfreundlicher) Hochleistungs-Ladefrastruktur (150 kW und mehr) mit Technologien zur Bereitstellung von netzdienlichen Services (Technologie-Challenge und Entwicklung sowie Test neuer, sektorübergreifender Geschäftsmodelle) erfordert sicheres, datenschutzrechtlich verlässliches Datenmanagement und frühzeitige Weitergabe von Netzinfrastrukturinformationen an „E-Mobility-Charge-Point-Operator“.

35 Unter Berücksichtigung künftiger Ladeintelligenz „on-board charging“

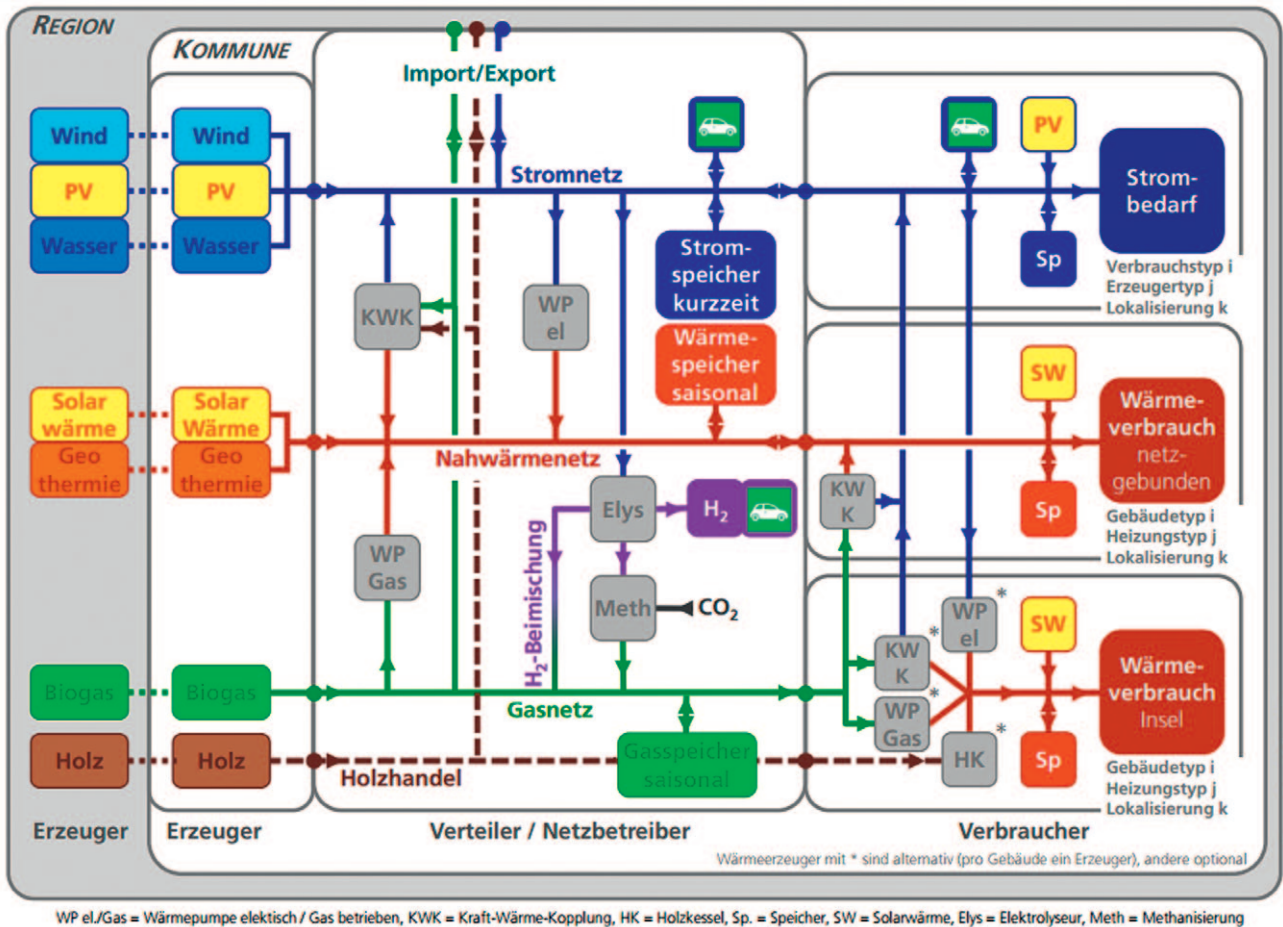


Abbildung 5: Kommunales Energiesystem mit verschiedenen Wandlungsprozessen unter Einsatz erneuerbarer Energiequellen und Sektorkopplung zwischen den Netzen (Fraunhofer ISI, 2013)³⁶ (Quelle: www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/vortraege-prof-weber/20130927.pdf)

³⁶ Fraunhofer ISI 2013: Forschung für ein nachhaltiges Strom-Wärme-System – Beiträge zur FVEE-Jahrestagung 2013

2.2 Themenfeld 2: Gebäude und urbanes System

Urbane Ballungsräume beherbergen bei immer noch wachsender Tendenz die Mehrheit der europäischen Bevölkerung und sind Motor der wirtschaftlichen Entwicklung, ein Großteil des Energieverbrauchs und des Ausstoßes an Emissionen fällt in Städten an. Zahlreiche globale und regionale Herausforderungen bewirken, dass das Thema Smart Cities auf der Agenda vieler AkteurInnen ganz weit oben steht. Gleichzeitig stehen Städte in einem zunehmenden globalen Wettbewerb um Lebensqualität, Produktivität und Kommunikation und werben dabei um Investitionen sowie die „klügsten Köpfe“. Innerhalb des Systems „Stadt“ bildet der Gebäudesektor nach wie vor einen der zentralen Ansatzpunkte in Energieszenarien und weist angesichts internationaler energie- und klimapolitischer Zielsetzungen die größten Potenziale zur Verbesserung der Energieeffizienz und der Reduktion treibhausgasrelevanter Emissionen auf. Dabei müssen Gebäude, Siedlungen und Mobilität gemeinsam betrachtet und integrierte Planungswerkzeuge sowie integrierte Technologien entwickelt werden.

Die mittel- bis langfristigen Herausforderungen liegen in der rascheren Verbreitung erprobter, marktreifer Technologien und Lösungen, welche den Energiebedarf in Wohn- und Dienstleistungsgebäuden drastisch reduzieren. Dazu braucht es Innovationen im Bereich der Sanierung, die neben einer höheren Energieeffizienz weitere ökologische, soziale (Komfort, Hygiene, Wohlbefinden) und ökonomische Aspekte (Kosteneffizienz, Leistbarkeit, Energiearmut) berücksichtigen und dazu beitragen, die Treibhausgas-Emissionen in der Stadt (vorrangig im Gebäudebereich) zu senken. Es ist erforderlich, die Multifunktionalität von Gebäuden im zukünftigen Energiesystem – im Zusammen- und Wechselspiel mit anderen städtischen Infrastrukturen – ganzheitlich zu erschließen, um auf zukünftige Entwicklungen (z. B. Demografie, Digitalisierung, Baustoffe) flexibel reagieren zu können. Wichtig ist dabei, Gebäude und Siedlungen über ihren gesamten Lebenszyklus zu betrachten. Ein transparentes Wissensmanagement entlang des Lebenszyklus wird künftig auch durch die Digitalisierung des Planens, Bauens und Betreibens unterstützt. Die längerfristige Begleitung anspruchsvoller Umsetzungsvorhaben, z. B. im Rahmen von Living Labs und Modellen der „Challenge-driven Innovation“³⁷, kann zum Erfolg wesentlich beitragen.

Es wird davon ausgegangen, dass der Trend hin zu einer immer stärkeren Vernetzung von Gebäuden und den sie versorgenden Infrastrukturen geht. Die Erforschung und Erprobung neuartiger Technologien und Konzepte, die den

Energiebedarf reduzieren und die Effizienz der Energieumwandlung und -verteilung steigern, sind neben der dezentralen Energiespeicherung und der lokalen Gewinnung erneuerbarer Energien in Gebäuden, Arealen und Siedlungen von zentraler Bedeutung. Die Untersuchung des Zusammenspiels von Energieverbrauch, dezentraler Energiegewinnung und Netzinfrastrukturen sowie die Klärung rechtlicher und organisatorischer Fragen in diesem Zusammenhang sollen eine ganzheitlich effiziente und wirtschaftliche Energieversorgung garantieren; Plusenergie-Stadtteile sind mittlerweile auch auf EU-Ebene ein explizites Ziel.

2.3 Themenfeld 3: Industrielle Energiesysteme

Die Industrie ist für einen wesentlichen Anteil des Energieverbrauchs in Österreich verantwortlich. Aus der österreichischen Energiebilanz³⁸ ist abzuleiten, dass der produzierende Bereich 29,3 % des nationalen Endenergieverbrauchs beansprucht. Dabei ist zu bemerken, dass die österreichische Industrie zu den energieeffizientesten weltweit gehört und in der Vergangenheit bereits in eine Vielzahl von emissionsmindernden Maßnahmen investiert hat. Zukünftige Effizienzmaßnahmen stellen somit eine große Herausforderung für die Unternehmen dar und erfordern hohe Investitionen.

Für die Forschung eröffnet sich damit ein äußerst anspruchsvolles Innovationsfeld. In Kooperation mit und anhand der österreichischen Wirtschaft können energetische Herausforderungen der Effizienzsteigerung und Flexibilisierung auf EE-Darangebote im Sinne der Primärenergieeffizienz umfassend identifiziert, gelöst und validiert werden. Gleichermäßen fördert dieses die Konkurrenzfähigkeit heimischer Industriebetriebe und die Exportfähigkeit österreichischer Lösungen für Energiemanagement im Zeitalter von Industrie 4.0. Die einzelnen Industriezweige betreiben eine Vielzahl unterschiedlicher Prozesse und Verfahren, die teils untereinander kaum vergleichbar sind. Teilweise stellen nur einzelne Unternehmen bestimmte Produkte her bzw. wenden die entsprechenden Produktionsverfahren an. Zukünftiger F&E-Bedarf für Energieoptimierungsmaßnahmen sollte sich letztendlich an den unterschiedlichen Produktionsprozessen ableiten.³⁹

Im produzierenden Gewerbe hat man dem Energieverbrauch oftmals wenig Aufmerksamkeit geschenkt, zum Teil wegen des geringen Anteils an den gesamten Herstellungskosten und zum Teil, weil auf den Verbrauch der von Anlagenbauern erworbenen industriellen Anlagen kaum Einfluss bestand. Daneben wird eine Umsetzung durch interne Anforderungen

37 Siehe <http://www.vinnova.se/en/Our-activities/Cross-border-co-operation/Challenge-driven-Innovation/Challenge-driven-Innovation/>

38 Statistik Austria, Mittelwert 2010–2014

39 Um diese unterschiedlichen Zugänge zu Energie und Energieeffizienzsteigerung zu analysieren, hat der Klima- und Energiefonds bereits 2014 einen F&E-Fahrplan für die energieintensive Industrie (Metallindustrie, Chemie und Petrochemie, Sektor Steine und Erden sowie Papier- und Zellstoffindustrie) erarbeiten lassen, der im Frühjahr 2016 um die Bereiche Lebensmittel- und Textilindustrie erweitert wird.

an die Kapitalrückflusszeit von meist weniger als drei Jahren zusätzlich erschwert. Dadurch weist die eingesparte Energie (Negawatt) eine deutlich höhere Kapitallast auf als die erzeugte Energie, da in der Energiebereitstellung Investitionen deutlich länger abgeschrieben werden. Somit existiert kaum eine Marktkraft, die Energieeffizienz und neue Verfahren vorantreibt.

Während der Phase hoher Energiepreise in den Jahren 2008 und 2009 schien sich dies zu ändern. Derzeit ist der Kosten-Nutzen energieverbrauchsreduzierender Projekte bedingt durch die niedrigen Energiepreise geringer. Das Energieeffizienzgesetz hat jedoch das Interesse wieder auf solche Projekte gelenkt, erstens durch verbindliche Audits und zweitens, weil Energieversorger Einsparungsmöglichkeiten bei ihren KundInnen gesucht haben.

Forschung und Innovation helfen also gleichermaßen den österreichischen Technologieanbietern bei der Entwicklung international konkurrenzfähiger Produkte als auch den Technologienutzern bei Standortsicherung und Produktattraktivität (Cleantech).

2.4 Themenfeld 4: Verkehrs- und Mobilitätssystem

Der Verkehr verursacht seit längerem kontinuierlich steigende Treibhausgasemissionen. Auf Verkehrsdienstleistungen des gewerblichen Verkehrs, den Betrieb von Kraftfahrzeugen im Werkverkehr in anderen Wirtschaftszweigen und den Betrieb von Kraftfahrzeugen durch private Haushalte waren 2012 insgesamt 21,9 % aller Treibhausgase in der EU zurückzuführen.⁴⁰ 1990 waren das noch 15 %.⁴¹

2012 wurden in den EU-28 mehr als ein Drittel aller Rohöleinheiten im Verkehr endverbraucht.⁴² Hier zeigt sich die starke Abhängigkeit des Verkehrs von der fossilen Energiequelle Rohöl. Daher ist die Verwendung von alternativen Energieträgern (Strom und Wasserstoff/Methan aus erneuerbaren Energiequellen oder kohlenstoffneutrale Biotreibstoffe) von zentraler Bedeutung für ein nachhaltiges Mobilitätssystem. Der mit fossilen Kraftstoffen betriebene Verbrennungsmotor hat gegenüber alternativen Antrieben einen deutlichen Entwicklungsvorsprung und ist daher sehr ausgereift und effizient. Daher bedarf es bei der Entwicklung von alternativen Antriebssystemen eines erhöhten F&E-Aufwandes, um den KundInnen einen ähnlichen Nutzen zu bieten und eine Markteinführung neuer alternativer Antriebe zu erreichen. Die Verfügbarkeit umweltverträglicher Kraftstoffe und die Entwicklung der passenden Antriebe gehen künftig in der Innovationsforschung Hand in Hand. Die begrenzte Verfüg-

barkeit biogener Kraftstoffe zeigt, dass mittels F&E weitere Ressourcen zur Synthese geeigneter Kohlenwasserstoffe eingebunden werden müssen (z. B. von EE-Strom- über Wasserstoff-EE-Gase und synthetischen Sprit) und gleichzeitig die Verwendung auf Mobilitätsbedürfnisse fokussiert wird, die entsprechend hohe Energiedichten benötigen.

Innovationsbedarf in der Fahrzeugtechnik

Die Steigerung der Energieeffizienz und die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energiequellen bei gleichzeitiger Senkung der Schadstoffemissionen stellt die zentrale energietechnologische Herausforderung für die Fahrzeugindustrie dar. Deshalb liegt der Fokus der Anstrengungen auf der Entwicklung hocheffizienter, klimaneutraler innovativer Antriebe, auf der Reduktion des Fahrzeuggewichts durch Leichtbau, auf der Optimierung des Fahrzeugbetriebs als Teil des Gesamtverkehrs mit Hilfe von Telematik und Fahrzeugelektronik sowie auf der Optimierung der dafür erforderlichen Infrastruktur. Hierbei kommt der stärkeren Segmentierung des Mobilitätsbedarfes (Kurzstrecke, Langstrecke, urbaner und Überlandverkehr) oder auch Ausnutzung multimodaler Transportsysteme im Zuge der Innovationsstrategien eine zunehmende Bedeutung zu. Österreichs Forschung kann hierbei sowohl die heimischen Transportunternehmen mit Logistik-Vorteilen inspirieren als auch der heimischen Automotive-Branche Entwicklungsvorsprünge verschaffen.

Nutzungs- und Systeminnovationen

Nach Meinung einiger Mobilitäts- und Zukunftsforscher, wie z. B. Stephan Rammner, muss die Innovationsdynamik im Mobilitätsbereich in Zukunft – weg von der traditionellen und noch immer dominanten Lösungsstrategie technologischer Effizienzsteigerung – vermehrt auf suffiziente soziale, organisatorische und kollaborative (also gemeinschaftliche) Handlungsstrategien gelenkt werden. Er weist darauf hin, dass sich in der Vergangenheit Erfindungen im Verkehrsbereich vor allem auf Antriebe und Fahrzeuge beschränkt hätten und diese durch den massiven Auf- und Ausbau von Verkehrsnetzen begleitet wurden, die sie am Markt erfolgreich werden ließen.

Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Mobilität werden Produktinnovationen, die nach erhöhter Effizienz streben (wie z. B. elektrifizierte Antriebe), nicht genügen. In einem höheren Ausmaß sind Nutzungs- und Systeminnovationen im Sinne verkehrsträgerübergreifender Mobilitätskonzepte und sachbereichsübergreifender Lösungsansätze (z. B. Mobilität und Raumentwicklung, Mobilität und Gesundheit) erforderlich, die mobilitätsrelevante Struktur- und Verhaltensänderungen im Kontext neuer Lebensstile und Konsummuster anstoßen und begleiten können.

40 EUROSTAT

41 EUROSTAT

42 EUROSTAT

Kommunen und Regionen befinden sich hierbei an den Schlüsselstellen zur Gestaltung intermodaler Mobilitätssysteme. Insbesondere die Verschmelzung von Informations- und Kommunikationstechnik sowie Fahrzeugen wird hier vollkommen neue Lösungsräume eröffnen.

Neue Anforderungen an die Verkehrsinfrastruktur

Der Klimawandel mit einer Steigerung der Durchschnittstemperatur sowie der Zunahme von Extremwetterereignissen wie Hitzeperioden, Starkregen, geänderten winterlichen Bedingungen und bisher nicht registrierten Windstärken erfordert eine Anpassungsstrategie in der Dimensionierung, im Design und im Betrieb der Verkehrsinfrastruktur.

Da die Verkehrsinfrastruktur überwiegend ein öffentliches Gut ist, wird die Errichtung, der Betrieb, aber auch ihre Instandhaltung und Sanierung über den Lebenszyklus hin meist öffentlich gestaltet und finanziert. Diese Finanzierung stellt für öffentliche Haushalte zunehmend eine Herausforderung dar. Kostenkalkulationen über die Lebensdauer sind daher zum wesentlichen Bestandteil im Betrieb einer Verkehrsinfrastruktur geworden. Eingesetzte Massengüter, wie zum Beispiel Zement, Stahl und Bitumen, werden zunehmend ressourcenschonend eingesetzt: erstens mit energieoptimierten Produktionsmethoden und zweitens durch Erhöhung der Recyclingquoten. Weiters ist durch den zunehmenden Einsatz von elektronischen Systemen ein dezentraler Strom- und Speicherbedarf notwendig. Nachhaltige Quellen und regenerative Energie können hier gewinnbringend eingesetzt werden.

Außerdem erlaubt es der Einsatz von IKT, NutzerInnen in Echtzeit mit Verkehrsinformationen zu versorgen, Verkehrsflüsse zu steuern und Verkehrsnetze zu optimieren (Erhöhung der FahrerInnen- und Verkehrseffizienz bzw. Verkehrssicherheit und Reduzierung der Umweltauswirkungen; vgl. Kölbl, 2015). Es geht daher nicht nur mehr um physische Verkehrsinfrastruktur, sondern auch um intelligente Verkehrssysteme und -dienste, sprich intelligente Infrastruktur und damit verbundene Nutzungs- und Systeminnovationen.

Wirtschaftswachstum als Treiber für den Luftverkehr

Globales Wirtschaftswachstum und der Zugang zu neuen Märkten eröffnen einerseits neue Chancen für die Anbieter von Verkehrstechnologien und Mobilitätsdienstleistungen. Andererseits gilt es, negative Effekte der zunehmend weltumspannenden Mobilitätsnachfrage auf eine nachhaltige Entwicklung zu vermeiden. Emerging Economies wachsen heute schneller als die führenden Industrienationen. In den schnell wachsenden Schwellenländern – wie vor allem in

Asien – entstehen wohlhabende Mittelschichten. Dies in Kombination mit dem Low-cost-Modell vieler Carrier, lässt die Bedeutung des Tourismus – und damit die Mobilitätsnachfrage im Oberflächen- und Luftverkehr – weltweit steigen.

Besonders dynamisch entwickelt sich der Luftverkehr seit Jahrzehnten mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von ca. 5 % nach oben. Herstellerprognosen folgend wächst das durch die Beförderung von Passagieren verursachte Luftverkehrsaufkommen auch künftig um ca. 5 % pro Jahr, was einer Verdoppelung der Luftverkehrsleistung innerhalb von 15 Jahren entspricht.

2.5 Themenfeld 5: Umwandlungs- und Speichertechnologien

Langfristig ausgerichtete Forschungsaktivitäten im Themenfeld Umwandlungs- und Speichertechnologien müssen sich der Herausforderung stellen, jene erforderlichen Entwicklungen und Innovationen zu initiieren, welche alle verfügbaren Einzeltechnologien und Energieeffizienzmaßnahmen zu intelligenten und auf die Anwendung angepassten Systemen verbinden, sodass substanziell zum Wandel zu einer umweltverträglichen Energiebereitstellung in Österreich beigetragen werden kann.

In der nachfolgenden Grafik sind die unterschiedlichen Umwandlungs- und Speichertechnologien und deren mögliche Kombinationen in einem komplexen Energiesystem dargestellt.

In der Europäischen Union entfällt rund die Hälfte des Endenergieverbrauchs auf Wärme, gefolgt von 32 %, die den Transportsektor ausmachen, und 21 % auf Elektrizität. Es ist zu erwarten, dass sich in Zukunft durch einen steigenden Anteil von Elektromobilität und die Elektrifizierung des Wärmesektors (Power-to-Heat) das Verhältnis zugunsten der Elektrizität verschieben wird.

Bei Beibehaltung oder dem Ausbau der Energiedienstleistungen ist eine Dekarbonisierung aus derzeitiger Sicht nur durch den konsequenten und raschen Umstieg auf Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen möglich.

Durch die Volatilität von Sonnen- und Windenergie, aber auch von Wasserkraft kommt dabei effizienten Energiespeichern (elektrischen, thermischen, mechanischen wie auch chemischen) eine zentrale Rolle zu.

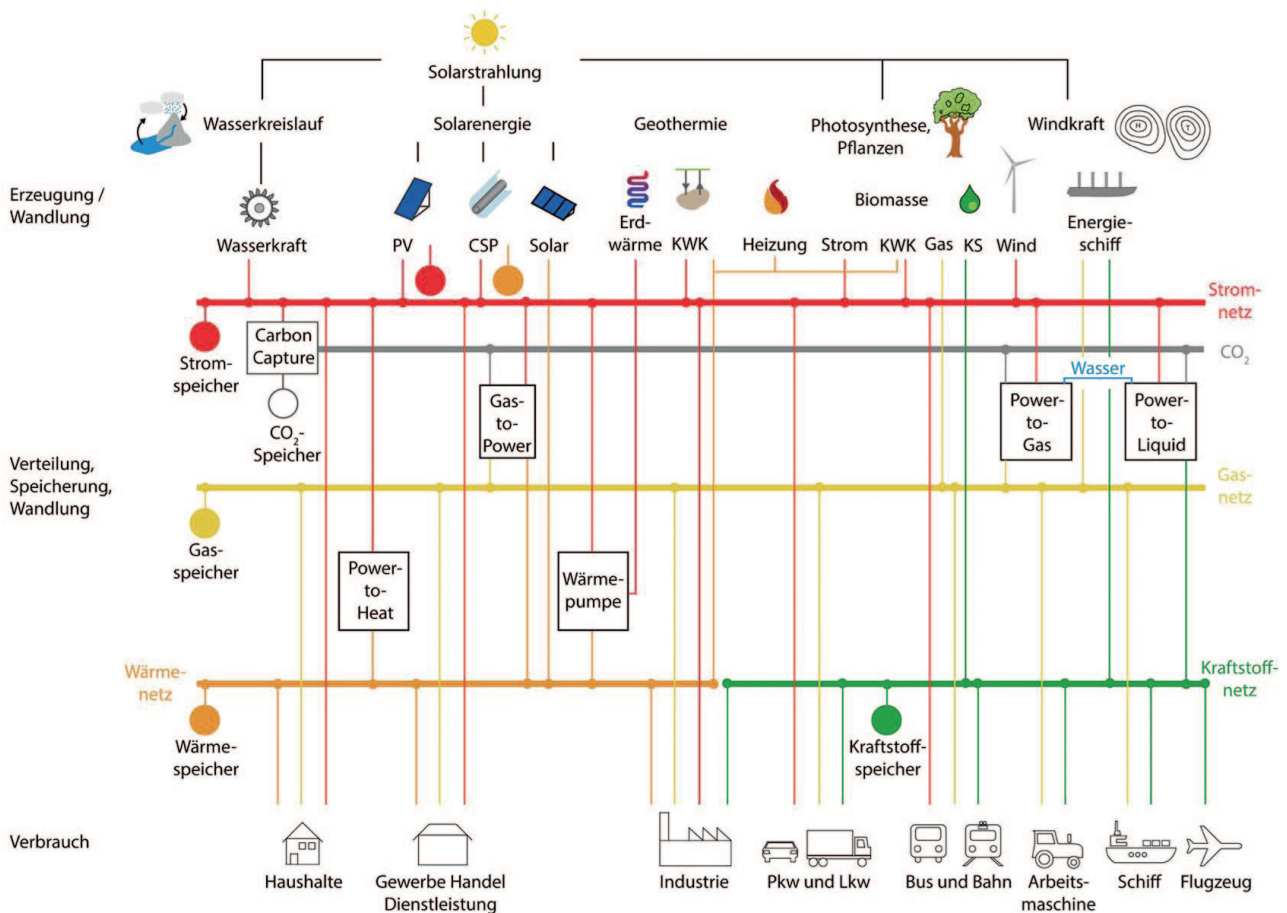


Abbildung 6: Energiespeicher als Kernelement der Sektorkopplung (Sterner 2015)
(Quelle: www.springer.com/de/book/9783642373794)

Wärme und Kälte

Auch wenn durch die oben genannten Veränderungen im Energiesystem und durch eine Verringerung des Wärmebedarfs im Gebäudebereich durch thermische Sanierung sowie hohe Dämmstandards bei Neubauten Reduktionen des Wärmeanteils am Gesamtenergiebedarf zu erwarten sind, wird der Wärmesektor auch in Zukunft eine zentrale Rolle einnehmen. Sowohl die Industrie, nach einer Prozessoptimierung, als auch der überwiegende Anteil des Gebäudebestandes werden nach der thermischen Sanierung einen erheblichen thermischen Energiebedarf aufweisen.

Im Gegensatz zum Wärmebedarf ist hinsichtlich des Kühlbedarfs zu erwarten, dass dieser aufgrund steigender Komfortansprüche, insbesondere im Sektorservice, steigen wird. Allenfalls wird weltweit auch in Regionen, in denen der Klimawandel zu heißeren Sommern führen wird, der Kühlbedarf zunehmen.

Im Wärmemarkt müssen Bioenergie und Solarthermie

schrittweise fossile Energieträger ablösen und insbesondere die Biomasse unter Berücksichtigung der begrenzten Ressourcen ihre Möglichkeiten im Hochtemperaturwärmebereich ausbauen.

Auch die Nutzung von tiefer Geothermie kann zur Reduktion des fossilen Primärenergiebedarfs und von klimarelevanten Treibhausgasen (THG) einen Beitrag leisten. Die Energiebereitstellung aus tiefer Geothermie ist kontinuierlich und bedarfsgerecht möglich. Geothermale Energie ist grundlastfähig und stellt damit eine Ergänzung zu fluktuierenden erneuerbaren Energien dar. Dies gilt sowohl für die Wärme (mittels Wärmetauscher zur Fernwärmeversorgung) als auch für die Stromerzeugung (z. B. mittels ORC-Prozess).

Wärmepumpen sind nicht nur im Wohnbereich zur Beheizung und Warmwasseraufbereitung einsetzbar, sondern können auch zur signifikanten Senkung des Primärenergieverbrauchs in Gewerbe und Industrie sowie im mobilen Bereich zur energieeffizienten Beheizung elektrifizierter Fahrzeuge eingesetzt werden.

Elektrizität

Beim angestrebten Ausstieg des Elektrizitätssektors aus fossilen Energien müssen Wasserkraft, Photovoltaik und Windenergie eine Schlüsselrolle einnehmen. Wasserkraft leistet darüber hinaus einen wesentlichen Beitrag für die Bereitstellung von Ausgleichs- und Regelenergie im österreichischen und europäischen Strommarkt.

Mobilität

Brennstoffzellen werden in Zukunft eine wesentliche Rolle in Fahrzeugen spielen. Da zum Betrieb hochreiner Wasserstoff als Brennstoff erforderlich ist, ist ein durchschlagender Erfolg am Markt stark mit anderen Forschungsthemen (Wasserstoffherstellung, Speicherung etc.) verknüpft.

Biotreibstoffe und synthetische Kraftstoffe (Synfuels) werden neben der Elektromobilität in Zukunft auch bei einem maßgeblichen Umbau der Mobilitätssysteme für die Bereiche Schwertransporte und Flugverkehr benötigt und müssen daher weiter im Forschungsfokus bleiben.

Speichertechnologien

Mit dem wachsenden Anteil der erneuerbaren Energien in der Energieversorgung werden Energiespeicher für Strom und Wärme immer bedeutsamer.

Soll der Strombedarf bis 2050 komplett mit Strom aus Wasserkraft, Sonne, Wind und Biomasse gedeckt werden, müssen die wachsenden Mengen an Solar- und Windstrom für nachts oder windschwache Zeiten gespeichert werden. Wird der Strom vor der Speicherung umgewandelt, zum Beispiel in Wasserstoff oder andere chemische Energieträger, besteht neben der Wiederverstromung überdies die Möglichkeit zur Nutzung der Energie in anderen energiewirtschaftlichen Sektoren und damit zur dringend benötigten Kopplung der verschiedenen Sektoren.

Wärme-/Kältespeicher übernehmen bereits im aktuellen Energiesystem eine Vielzahl von Aufgaben. Die Einsatzgebiete reichen dabei vom Gebäudesektor über netzgebundene Wärmeversorgungsanlagen bis hin zu Industrieanwendungen. Im Vordergrund des Einsatzes stehen dabei die Aspekte Energieeffizienzsteigerung, die Erhöhung des Anteils (fluktuierender) erneuerbarer Wärme und die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Energiesystemen.

Technologisch dominieren Niedertemperaturspeicher mit Wasser als Speichermedium (überwiegend bis 100° C bzw. als Druck- bzw. als Dampfspeicher bis 250° C), aber auch Feststoffspeicher (z. B. Beton, Keramik, Natursteine, Sand)

kommen sowohl im Niedertemperaturbereich (bis 500° C) als auch im Hochtemperaturbereich (größer 500° C) zum Einsatz. Spezifische Technologien und Konzepte, wie beispielsweise Kältespeicher, Eisspeicher, Erdspeicher etc., runden die aktuellen Speicheranwendungen ab.

Zukünftig wird der Bedarf an Energiespeichern erheblich zunehmen, was insbesondere auf das nicht-kontinuierliche Angebot der verstärkt zum Einsatz kommenden erneuerbaren Energieträger zurückgeführt werden kann. Wärme-/Kältespeicher werden in einem nachhaltigen Energiesystem eine zentrale Rolle einnehmen, die einerseits auf dem hohen Anteil des Wärmebedarfs am gesamten österreichischen Endenergiebedarf (rund 50 %) und andererseits auf die wesentlich kostengünstigere Speichermöglichkeit von Wärme im Vergleich zu elektrischem Strom zurückzuführen ist.

Da es mehreren österreichischen Forschungsinstituten in Zusammenarbeit mit Unternehmen in den vergangenen Jahren gelungen ist, im Bereich der thermischen Speicher zusammen mit einigen Instituten in Deutschland und den Niederlanden eine führende Rolle in Europa einzunehmen, wäre es wünschenswert, diese Position weiter auszubauen. Hier gilt es die Stärken der F&E-Einrichtungen und der Anlagenbauunternehmen zu verstärken und das große Potenzial auch hinsichtlich des Exports von Speichertechnologien zu nutzen.

2.6 Themenfeld 6: Transitionsprozesse und soziale Innovation

Eine Transition zu Nachhaltigkeit erfordert im Alltagsleben, in Agrar- und Industrieproduktion, Dienstleistungen und Mobilität u. a. eine deutliche Reduktion des Energieverbrauchs, die sowohl durch eine starke Steigerung der Energieproduktivität als auch durch Verhaltensänderungen erreicht werden kann. Daneben weisen jedoch gesellschaftliche Strukturen, Verhaltensmuster und Prozesse mit Auswirkungen auf die Energienachfrage – von privaten Haushalten über Firmen, öffentliche Einrichtungen bis zum Gesamtstaat – ein außerordentlich hohes Beharrungsvermögen auf. Dieses zu beeinflussen und zu überwinden ist eine Funktion sozialer Innovationen.⁴³

Sehr beharrend ist das bestehende sozioökonomische System nicht zuletzt, weil die Beurteilung von ökonomischer Aktivität und Erfolg vor allem auf Wirtschaftswachstum als Indikator für Prosperität einer Volkswirtschaft beruht. Dabei geht es weitgehend um die Messung der Produktion von auf Märkten ausgetauschten Gütern und Dienstleistungen in einer bestimmten Zeitperiode. Dieses ökonomische Paradigma

⁴³ Soziale Innovationen sind neue Praktiken des Handelns zur Gestaltung von Lebens- und Arbeitsbedingungen. Das Kriterium, eine soziale Idee zu einer sozialen Innovation zu machen, ist ihre Akzeptanz, Implementierung und praktische Anwendung durch die betroffenen Individuen, Gruppen oder Organisationen. Erst wenn konkrete Wirkungen in Teilen oder (selten) der Gesamtheit einer Gesellschaft feststellbar sind, kann von sozialer Innovation gesprochen werden.

geht mit einem dominanten sozialen System einher, das vor allem auf materiellen Konsum und Überfluss als Grundlage für Wohlbefinden abzielt. Dabei gilt der Umgang mit verschiedenen Formen von Knappheit als zentrales Motiv für wirtschaftliches Handeln.

„Transitionsprozesse und soziale Innovationen“ ist eine Querschnittsmaterie in Verbindung mit den anderen Themenschwerpunkten und dient vor allem zur Entwicklung von Grundlagen, Konzepten und Strategien für systemische Veränderungen in Wirtschaft und Gesellschaft, deren Ziel es ist, die eingeleitete Energiewende zu beschleunigen und den Klimawandel auf ein beherrschbares Ausmaß zu begrenzen. So klar sich die Zielsetzungen notwendiger Veränderungen aus der naturwissenschaftlichen Forschung ableiten lassen, so unzureichend sind bisher die Forschung, Analysemethoden und -instrumente zu Transitionsprozessen und sozialen Innovationen. Wenig Hoffnung kann dabei etwa in Entwicklungsprozesse gesetzt werden, die an vorherrschenden Strukturen und dem Wachstumsparadigma mit einer bloß verstärkten ökologischen Komponente festhalten (Green Growth).⁴⁴

Eine sozioökonomische Systemänderung, die den Anforderungen einer Begrenzung des Temperaturanstiegs mit 1,5° C bzw. 2° C entspricht, kann weder allein durch verbesserte Technologien noch nur durch inkrementelle Innovationen erreicht werden. Es ist gerade die Systemdimension, welche die Auseinandersetzung mit Transitionsprozessen erfordert. Technologische Innovationen und Potenzialanalysen für eine Veränderung im Energiesystem sind in vielen Bereichen bereits weit fortgeschritten. In einer singulären Betrachtung, und insbesondere ohne sie in den sozioökonomischen Kontext zu stellen, können sie aber nur einen recht limitierten Beitrag zur Zielerreichung leisten. Generell können Herausforderungen dieses Ausmaßes nicht allein durch Optimierung und Identifizierung von lokalen Optima adressiert werden, die sich weiterhin auf fossile Energieträger und globale Wertschöpfungsketten fokussieren.

44 Dabei ist Klimawandel im Kontext einer Welt mit persistenten Problemen zu sehen: Die Stagnation des Wirtschaftswachstums führt zu Entlassungen, Betriebsschließungen und Unsicherheiten über die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung. Hinzu kommen weiterhin Hunger in vielen (Welt-)Regionen, wachsende Armut auch in reichen Metropolen – verschärft durch zunehmende Migration, weil immer mehr Menschen in ihrer Heimat nicht mehr (über-)leben können. Daraus resultieren Krisen gesell-

schaftlicher Integration durch soziale Spaltungen sowie die Wahrnehmung steigender Unsicherheit und Gefährdung der Erfüllung von Grundbedürfnissen (Ernährung, Sicherheit, Energie, Wasser und sonstige Ressourcen).

3 LEITLINIEN DER ENERGIEFORSCHUNG

Die Anpassung und zukünftige Ausrichtung der Energieforschung an die beschriebenen Herausforderungen zeichnet sich durch eine integrative Perspektive aus, die nicht allein auf Einzeltechnologien, sondern eine systemische Herangehensweise abstellt. Dabei werden Umwandlungs- und Speichertechnologien (Themenfeld 5) in vier zentralen Innovationssystemen genutzt (Themenfelder 1–4). Zusätzlich zu technologischen Veränderungen sollen Potenziale und Methoden zu Verhaltensänderungen erforscht werden im Sinne einer sozialökologischen Transition zu Nachhaltigkeit (Themenfeld 6).

Technologieentwicklung, Anpassung von Markt- und Rechtsrahmen sowie Veränderungen in den Rollen und der Interaktion der Akteure sind untrennbar miteinander verbunden und erfordern entsprechende ganzheitlich ausgerichtete und multidimensionale Innovationsstrategien.

a) Drei-Ebenen-Forschungsmodell zur Einbeziehung technischer, sozioökonomischer und soziotechnischer Fragestellungen

Die Entwicklung muss also auf folgenden drei Ebenen vorangebracht werden:

Akteure/Akzeptanz – erreichen: „Warum machen wir es bzw. warum machen wir es nicht?“

Auf dieser Ebene geht es um die Frage der Überwindung von Barrieren und der breiten Annahme und Anwendung. Forschungsgegenstand sind Menschen, Stakeholder, soziale Gruppen, Organisationen. Typische Themen wären Innovation und Transition, Akzeptanz, Interaktion von Prosumern, Schulung und Ausbildung, Policy, menschliches Verhalten, Methoden zur Entwicklung von Geschäftsmodellen, Privacy.

Marktplatz – gestalten: „Wie organisieren wir es?“

Auf dieser Ebene geht es darum, Lösungen für die TeilnehmerInnen am Energiemarkt zu entwickeln, die es ihnen ermöglichen, die erforderlichen Ressourcen einsetzen zu können und in den sich verändernden Marktstrukturen auch über nationale Grenzen hinweg teilnehmen und bestehen zu können. Forschungsgegenstand sind Märkte, Güter und Dienstleistungen. Typische Fragestellungen wären die wirtschaftliche Erschließung von Flexibilitäten, Einzelhandels-

markt und Schnittstellen, Demand Side Management, Prosumer- und Prouser-Interaktion, Integration von lokalen und überregionalen Märkten, ökonomische Aspekte des nachbarschaftlichen Energieaustauschs, Standards, Abbau von Barrieren zwischen Ländern.

Technologie – ermöglichen: „Welche Technologien brauchen wir?“

Auf dieser Ebene geht es darum, innovative technologische Konzepte zu entwickeln, diese zu testen sowie zu validieren und sie bis zur Marktreife zu entwickeln. Forschungsgegenstand sind Technologien für den (energieeffizienten) Betrieb von Geräten und Anlagen, Energieinfrastrukturen, Energiesysteme und Netze. Typische Themen wären Systemplanung und -betrieb, Integration erneuerbarer Energien, Energiespeicher, Integration von lokalen, regionalen und überregionalen Netzen und Aspekte des nachbarschaftlichen Energieaustauschs.

b) Entwicklung von Innovationsregionen zur breiten Akteureinbindung

Da es sich beim Umbau unserer Energiesysteme um tiefgreifende und umfassende Änderungen in einer der Grundlagen unseres Wirtschafts- und Gesellschaftssystems handelt, müssen neue Lösungen vor ihrer breiten Einführung umfassend getestet werden, und zwar weit über die technischen Piloten hinaus entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Es sollen Umsetzungsaspekte von Technologien oder Geschäftsprozessen sowie deren Wirkung in einem Gesamtsystem behandelt werden. Dafür sollen in interdisziplinärer und transsektoraler Zusammenarbeit aller relevanten Akteure passende Testumgebungen in Form von Reallabors geschaffen werden. Unter anderem sollen Rückschlüsse für die geeignete Gestaltung des institutionellen Rahmens abgeleitet und Hinweise für noch notwendige Grundlagenstudien gegeben werden können. Innerhalb von Regions- oder Systemgrenzen des Reallabors könnten im Idealfall einzelne Designparameter gegenüber aktuell herrschenden organisatorischen, ökonomisch-rechtlichen Bedingungen (Spielregeln) abweichen und somit mögliche künftige Zustände simuliert werden. Eine Innovationsregion sollte eine systembezogene, aber auch politische und für internationale Maßstäbe wahrnehmbare Größe haben, um Aspekte der Systemintegration tatsächlich testen zu können und darüber hinaus eine ge-

wisse Breitenwirkung und Wahrnehmbarkeit zu erreichen. In Vorbereitung auf eine künftige Einführung (Rollout) sollen Transferpotenziale (Blaupause) aus den Innovationsregionen auf eine flächendeckende, massentaugliche Implementierung gegenüber regionalspezifischen Optimierungsfragen im Vordergrund stehen.

c) **Aufbau internationaler Technologiukooperationen im Hinblick auf die Mitgestaltung und Partizipation an der europäischen Energieunion sowie die Erschließung zukünftiger Exportmärkte**

Transnationale Kooperationen spielen bei der Entwicklung der zukünftigen Systemlösungen in mehrerer Hinsicht eine wichtige Rolle. Aufgrund der internationalen Verflochtenheit von Energie-, Technologie- und Dienstleistungsmärkten kann der grundlegende Wandel in den Energiesystemen nur in der internationalen Zusammenarbeit gelingen. Ein intensiver Wissensaustausch kann dazu beitragen, die Effizienz der österreichischen Entwicklungen sicherzustellen und eine gewisse Spezialisierung und bewusste Positionierung der österreichischen Beiträge vorzunehmen. Darüber hinaus werden die Mitgestaltung der zukünftigen Rahmenbedingungen in der europäischen Energieunion und die Partizipation an der damit angestrebten wirtschaftlichen Prosperität möglich. Die wirtschaftliche Verwertung (Kooperationsvorsprung, Patente, Leitanbieter-Renommee, Systemkompetenz) sollte im Sinne österreichischer Standortpolitik offensiv betrieben werden. Für Technologie- und Dienstleistungsanbieter muss der Zugang zu größeren Märkten geöffnet werden. Durch gezielte Zusammenarbeit mit potenziellen Exportländern können attraktive Angebote unter Berücksichtigung österreichischer Stärkefelder und von Synergien mit dem eigenen Entwicklungsbedarf maßgeschneidert werden.

Die bereits etablierten Plattformen im Rahmen der Programme der internationalen Energieagentur (z. B. IEA-Forschungskooperation, ISGAN⁴⁵) und der transnationalen Kooperation im europäischen Forschungsraum (z. B. EERA Joint Programmes⁴⁶, ERA-Net⁴⁷) stellen dafür eine gute Ausgangsbasis dar. Darauf aufbauend sollten spezifische bilaterale Kooperationen mit hohem Potenzial und Relevanz für Österreich intensiviert werden.

3.1 Themenfeld 1: Energiesysteme und -netze

3.1.1 Allgemeine Zielsetzungen und Strategien

Im hier unterlegten ganzheitlichen Systemverständnis soll

- > die physikalische Energiewelt in ihren Sektoren und dazugehörigen Infrastrukturen (Netzen) Strom, Wärme und Mobilität zusammengeführt werden (**Konvergenz**),
- > gemeinsam mit der ökonomisch-organisatorischen Dimension entwickelt werden (**Transformation**),
- > auf den verschiedenen zellularen, dezentralen, zentralen und internationalen Ebenen harmonisiert werden (**Kohärenz**).

Die Digitalisierung wird dabei zum Schlüssel für Vernetzung, Beherrschung komplexer Steuerungsprozesse und Datenverfügbarkeit (Smart Data) für die Geschäftsmodellentwicklungen.

Die beabsichtigten innovationspolitischen Effekte sind eine gegenseitige Verstärkung von Technologieentwicklung, Marktreifung und Einführung⁴⁸ sowie der Stärkung von gemeinsamer Wettbewerbsfähigkeit österreichischer Unternehmen und Forschungsinstituten:

- > Einerseits wird die Weiterentwicklung eines nachhaltigen Energiesystems in Österreich angestrebt (Fokus sauberes, bezahlbares, sicheres Energieversorgungssystem),
- > andererseits sollen Smart-Grids-Lösungen Enabler für österreichische Technologien auf dem Weltmarkt werden (Fokus Frontrunner in der Forschung, Entwicklung Österreichs als Engineering-Standort, Pole-Position für österreichische Technologieanbieter auf europäischen und Weltmärkten).

Leitziele zur Entwicklung intelligenter und zukunftsfähiger Energiesysteme und -netze

Im Detail sollen die zu entwickelnden Technologien und Lösungen folgenden Zielsetzungen dienen, das österreichische Energiesystem fungiert dabei als Reallabor und Leitmarkt:

- > Technologie integrieren und Infrastruktur(-potenzial) ausschöpfen: Herstellung der Zugänglichkeit und bestmögliche Integration neuer Akteure und Technologien (Erzeugung, Speicherung, Systembetrieb, Verbrauch, neue Energie- und Informationsdienstleistungen, Elektromobilität etc.). Im Zentrum steht dabei die Integration erneuerbarer und zunehmend fluktuierender

45 International Smart Grid Action Network

46 European Energy Research Alliance

47 European Research Area, Netzwerke nationaler und regionaler Forschungsförderstellen

48 Die Voraussetzungen für eine Marktdurchdringung bestehen nicht nur in den unterschiedlichen Formen an Forschung, sondern unter anderem auch aus den einzelnen Transformationsphasen angepassten Regulierungen der Industrie und den Investitionsstrategien.

Energien – sowohl technisch (Netzintegration) als auch in der Anwendung (Marktintegration)

- > Flexibilität erschließen: Erhöhung der Flexibilität zur Erfüllung der zukünftigen Anforderungen des Systembetriebs sowie der verschiedenen NutzerInnengruppen (Erzeugung, Handel, EndverbraucherInnen u. a.) mit besonderem Augenmerk auf die verstärkte Orientierung der Energienachfrage am Dargebot und auf die optimale Systemintegration (fluktuierender) erneuerbarer Energien
- > Spartenübergreifend optimieren: Optimierung der Energieversorgungssysteme im Sinne der Gesamtsystemgestaltung (geringer Verbrauch an nicht erneuerbaren Ressourcen, hohe Energieeffizienz von Komponenten und Systemen, Optimierung der Nutzung vorhandener und neuer Energie- und IKT-Infrastruktur in Planung, Errichtung und Betrieb)
- > Versorgung sichern: Sicherstellung einer zuverlässigen Energieversorgung durch aktive Gestaltung von Sicherheitsaspekten als integraler Designparameter (Safety, Security, Privacy). Verbesserung bzgl. der Resilienz und Qualität der Versorgung (inkl. Verbraucherschutz/Datenschutz)
- > Mehrwerte schaffen: Ermöglichung neuer smarter Dienstleistungen durch sichere IKT-Kommunikation und durch die Verfügbarkeit zusätzlicher Daten (integrierte Energie- und Informationsdienstleistungen wie Smart Metering, Smart Charging, Smart Home, Beleuchtungsmanagement, Energieberatungsdienstleistungen, Demand Side Management, Demand Response, virtuelle Kraftwerke etc.)
- > Verantwortung dezentralisieren: Ermöglichung von Energieregionen wie Smart Cities und smarte (ländliche) Regionen mit Eigenverantwortung für ihre nachhaltige Energieversorgung und mit einer Arbeitsteilung für den überregionalen Energieaustausch
- > Randbedingung: Anpassung an sich ändernde Anforderungen im liberalisierten Markt (neue Entwicklungen: zunehmende Informatisierung, Vernetzung, Dezentralisierung, Automatisierung), Berücksichtigung verschiedener Bedarfe und ggf. Zielkonflikte – Verteilungsgerechtigkeit, Liberalisierung Energiemarkt)

3.1.2 Thematische Schwerpunkte

1. Weiterentwicklung von Netztechnologien, Systemkomponenten und Teilkonzepten

Eine dynamischverknüpfte Infrastruktur ist ein Garant für Versorgungsqualität. Zuverlässige Energieaustauschprozesse bilden die Existenzgrundlage unseres Energie- und damit Wirtschaftssystems. Die Anpassung der grundlegenden Netz- und Systeminfrastrukturen in der Netztiefe bis zum

Netzrand (Anschluss) ist erforderlich, um sich schrittweise auf entstehende Dezentralisierungsanforderungen einzustellen. Als wichtigste Themen sind zu nennen:

- > Umbau und Konvergenz der Netzinfrastrukturen (Entwicklung von Gesamtarchitektur, Sicherheitsstandards, Komponenten, Planungstools, Betriebs- und Steuerungs-lösungen für Elektrizitätsnetze inkl. neuer Schutztechnologien und Sicherheitskonzepte, leitungsgebundene Wärme- und Kälteversorgung, Gasnetze; Power-to-Heat, Power-to-Cold, Power-to-Mobility, Power-to-Gas, Power-to-Hydrogen, Microgrids, Gleichstromnetze, Beiträge zu Systemdienstleistungen durch EE etc.)
- > Entwicklung neuer Prozesse für den Betrieb der Infrastruktur unter Anwendung der neuen Systemlandschaft zur Unterstützung der operativen Tätigkeiten⁴⁹
- > Gestaltung der Schnittstellen zu den NutzerInnen der Infrastrukturen unter Sicherstellung hersteller- und systemübergreifender Interoperabilität und geeigneter Finanzierungsmodelle (Netz-Tarifstrukturen)

2. Entwicklung domänenübergreifender Integrationsprozesse, Erforschung der Systemeigenschaften, Entwicklung und Erprobung von spartenübergreifend integrierten Energieinfrastrukturen unter besonderer Berücksichtigung raumspezifischer und struktureller Gegebenheiten

Derzeit werden die verschiedenen Energienetze (Strom, Wärme/Kälte, Gas) noch weitgehend getrennt betrieben und die Energieströme über entkoppelte Märkte organisiert, obwohl die Notwendigkeit einer stärkeren Integration bereits erkannt wird. In Hybridnetzen kann Energie in ihrer aktuellen Form verbraucht, gespeichert oder transportiert oder aber über eine Konversion in eine andere Energieform umgewandelt werden, in der sie wiederum verbraucht, gespeichert oder transportiert werden kann. Diese vor dem Hintergrund der Primärenergieeffizienz richtigen Übergänge zwischen verschiedenen Energieformen in verschiedenen Energiesystemen lassen sich nur realisieren, wenn auch die marktlich-rechtlichen Rahmenbedingungen dieses ökonomisch sinnvolle Handeln ermöglichen. Folgende zentrale Themen sind zu nennen:

- > Optimierung der Energieinfrastrukturen⁵⁰ aus technischer, energiewirtschaftlicher, volkswirtschaftlicher und Kunden-Sicht (über alle Netzsysteme hinweg und unter Berücksichtigung von Umbauoptionen und smarten, ggf. sektorübergreifenden Alternativen)
- > Untersuchung der Konsequenzen des unterschiedlichen Systemdesigns⁵¹ von Strom-/Erdgas- (reguliert, entbündelt) sowie Wärmesektor (unreguliert bzw. durch

49 Hinwendung zu nachfragegeführter Bereitstellung diversifizierter Produkte (Bsp. Abnehmergebundene KWK)

50 Eine gemeinsame Systemarchitektur kann die Sicherheit erhöhen und Synergien nutzbar machen.

51 Der Stakeholder-übergreifende Zugriff auf (dezentrale) Flexibilitäten (z. B. Speicherkapazitäten) von verschiedenen Akteuren, z. B. Netz und Markt, muss in Markt- und Regulierungsdesign organisiert werden.

kommunale Verordnung festgelegt). Die Innovationsforschung kann hier praktikable entscheidungs(-trägerInnen)-unterstützende Tools und Simulationswerkzeuge für die Energieraumplanung entwickeln und die Chance der Digitalisierung konkretisieren. Exportchancen: Lösungen zur Systemintegration (EE und EM) eignen sich zusätzlich auch für die Übertragung auf Energiesysteme außerhalb Österreichs

- > Beitrag von Hybridsystemen zur (betriebswirtschaftlich rentablen) Erhaltung von Netzen und zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit, indem frei werdende Kapazitäten (durch rückgängige Nachfrage) in bestehenden Infrastrukturnetzen (z. B. Fernwärmenetz) in Hybridsysteme integriert werden
- > Beforschung von Barrieren (Umlage und Subventionskulissen, Markt- und Regulierungsmaßnahmen) zur domänenübergreifenden Harmonisierung von Preisgefügen als volks-, regional-, betriebswirtschaftlich sinnvolle Führungsgrößen in der Energiewende, Anpassung von Markt- und Regulierungsdesign
- > Identifikation von Energieraumtypen aufgrund charakteristischer Raumstrukturen (z. B. aufgrund typischer Energieverbrauchsstrukturen oder Eignung zur Energieerzeugung), Beschreibung von optimalen Entwicklungsleitbildern für Energieinfrastruktur (regional-überregionale Abstimmung)

3. Weiterentwicklung der Elektrizitätssysteme unter besonderer Berücksichtigung dezentraler und zellulärer Ansätze

Die Steuerungs- und Ausgleichsprozesse zur Integration erneuerbarer Erzeugung und zunehmend fluktuierender Lasten (Elektromobilität, Wärmepumpen etc.) können dank moderner IKT-Infrastruktur zur Reduzierung von Komplexität und Sicherheitsrisiken zunehmend dezentral organisiert werden. Nach dem Prinzip der Subsidiarität werden dabei Ausgleichsprozesse zunächst auf unteren Ebenen organisiert, ggf. teilautomatisiert. Verbleibende Ausgleichs- und Stabilisierungsaufgaben werden dann jeweils auf nächsthöherer Steuerungsebene geregelt. Diese zellulären Ansätze sind nicht zu verwechseln mit Inselösungen oder Arealnetzen, in denen Autarkie innerhalb enger Systemgrenzen angestrebt wird. Das Prinzip der zellulären Ansätze verfolgt eher hierarchisch aufgebaute Kaskadenlösungen. Dezentrale Ausgleichsmechanismen greifen dabei auf verteilt verfügbare Flexibilitäten zurück. Die Frage, wie diese Flexibilitäten „knotenscharf“ mobilisiert werden können („Das richtige zur richtigen Zeit an den richtigen Platz mit den geeigneten Preissignalen“), gehört zu den komplexen technisch-ökonomischen Herausforderungen für anstehende Forschungsfragen.

- > Zelluläre Netze, subsidiäre Steuerungsprozesse, teilautomatisierte Ausgleichsmechanismen auf verschiedenen Netzebenen, Regionalisierung von Systemdienstleistungen, Fractal Grid, Regionsspeicher
- > Erschließung von Flexibilitäten/regionalen Systemdienstleistungen, netz- und systemdienlicher Zugriff auf Flexibilitäten⁵²
- > Entwicklung von Plattformen für von Konsumenten getriebene lokale Märkte (Forschungsfrage zu Ausprägungsvarianten und staatlichem Lenkungsbedarf, Datenhoheit, Rollen der Netzbetreiber)

4. Umgestaltung der Wärme- und Gasnetze

- > Erschließung geeigneter klimafreundlicher erneuerbarer Ressourcen
- > Differenziertes Netzmanagement beim Umgang mit heterogenen Einspeisequalitäten (Temperaturen, Gasgemischen⁵³, Druckstufen etc.) sowie bidirektionalen Transportanforderungen und Speicherfunktionen⁵⁴
- > Diversifizierung von Ausspeiseprodukten entsprechend den Kundenbedürfnissen (grüne Energieservices, Kälte, Mobilität etc.)
- > Aufbau einer Tank- und Ladestellen-Infrastruktur zur Bereitstellung erneuerbarer Energieträger (Strom, Wasserstoff, Methan) für eine nachhaltige Mobilität

5. Schaffung von Innovationsumgebungen zur Nutzerintegration/Entwicklung von technologiebezogenen (u. a. digitalen) Energiedienstleistungen

Neue Akteure als Chance für Innovation und Wertschöpfung. NutzerInnenintegration wird angesichts der exponentiell steigenden Zahl der Energieakteure (Erzeuger, Flexibilitätsgeber, Aggregatoren, Prosumer, Dienstleister) zur Schlüsselkompetenz in der Gestaltung künftiger erfolgreicher Energiesysteme. Innovationsforschung kann hier die Wirkungszusammenhänge verdeutlichen:

- > wie für die Entwicklung und Erweiterung neuer B2B-Geschäftsmodelle (smarte Services) die Gestaltung ausgewogener Wertschöpfungsteilhaber zwischen etablierten und neuen Wirtschaftsakteuren erfolgsentscheidend ist;
- > wie für die Entwicklung von B2C-Konzepten zur Einbeziehung von BürgerInnen, KonsumentInnen und VerbraucherInnen in die angestrebten Systemlösungen die Sichtbarmachung des Nutzens durch das Angebot konkreter Dienstleistungen gelingt;
- > wie für eine effektive und marktbasierende Interaktion aller Akteure in den zukünftigen Energiesystemen die Entwicklung entsprechender technologiebasierter

52 Auch SDL aus Erneuerbaren, wie z. B. Blindleistungskompensation aus Windkraftanlagen, Netzstützung durch Ertüchtigung von (Lauf-)Wasserkraftwerken, netzdienliche Beiträge durch PV- und PV-Speichersysteme, Fragen der Flexibilisierung von Gesamt-Energie-Systemlösungen mit (BI) PV als wesentlicher lokaler Stromquelle in Gebäudekomplexen und Quartieren

53 Derzeitige Gasnetze in Österreich transportieren Erdgas, welches je nach Herkunft geringe Anteile Propan beinhaltet. Sofern künftig neben erneuerbarem Methan auch größere Anteile (> 5–10 %) an

Wasserstoff eingespeist werden, ändern sich die Anforderungen an Transport, Lagerung und Verwendung je nach Netz und Druckstufe.

54 Bedeutung der Fernwärme- und Gasnetze vgl. http://www.umweltbundesamt.at/aktuell/publikationen/publikationssuche/publikationsdetail/?pub_id=2056

(zunehmend digitaler, datenbasierter) Services und Geschäftsprozesse erforderlich ist.

Für all diese Forschungsfragen und Entwicklungen müssen Innovations-Ökosysteme geschaffen werden, in denen potenzieller Nachfrager mit potenziellen Entwicklern und Anbietern in Co-Creation-Prozessen zusammenarbeiten, um entsprechend Angebote zu entwickeln, die sowohl attraktiv und auf die Bedürfnisse der unterschiedlichen Zielgruppen abgestimmt sein müssen als auch darüber hinaus Anforderungen der Systemdienlichkeit erfüllen müssen. So kann einerseits die zur Bewältigung der komplexen Aufgabenstellungen erforderliche Zusammenarbeit von Akteuren unterschiedlicher Kompetenzen (Energiewirtschaft, IKT, Betriebswirtschaft und Marketing, Rechtsexpertise, Lizenzen, Methodik für Partizipationsprozesse etc.) ermöglicht werden. Andererseits können unter den gegebenen lokalen Rahmenbedingungen einer sich erst entwickelnden Nachfrage Chancen für heimische Akteure auf den globalen und voraussichtlich rasch wachsenden Märkten eröffnet werden.

- > Prozessforschung und Analyse der Rückwirkungen unterschiedlicher Rahmenbedingungen auf die Umsetzbarkeit von Innovationen
- > Schaffung (freiwilliger) Datenzugänglichkeit für Entwicklungs- und Pilotinitiativen in Kooperation mit den Bereitstellern künftiger IKT-Infrastrukturen
- > Schaffung von Akteursplattformen⁵⁵ zur Entwicklung von (digitalen) Geschäftsprozessen, die allen Wirtschaftsakteuren (auch aus anderen Branchen und inkl. der VerbraucherInnen) Zugänge zu den Wertschöpfungsketten ermöglichen und gleichzeitig Datenschutz und -sicherheit gewährleisten
- > Entwicklung von Kooperationsformaten, die die Teilnahme von KMUs und Start-ups ermöglichen und innovative Dienstleistungen im Netz zulassen
- > Entwicklung von Co-Creation- und Partizipationsmodellen für BürgerInnen, Kommunen, Energieregionen, Liegenschaften, Peergroups, virtuelle Energiegemeinschaften etc.
- > Anpassung der Ausbildung (Sicherung von Know-how und Kompetenzen) sowie Wissens- und Human-Transfer aus der Forschung in Richtung Industrie und Energiewirtschaft

3.2 Themenfeld 2: Gebäude und urbanes System

3.2.1 Allgemeine Zielsetzungen und Strategien

Die konsequente Ausrichtung der Energieforschung im Bereich „Gebäude und urbanes System“ beinhaltet vorrangig Ziele und Strategien zur Effizienzsteigerung und zur Reduktion des Energieverbrauchs im **Gebäudebestand**. Um dies zu erreichen, müssen standardisierte Technologien und Konzepte entwickelt werden, die eine intelligente Bereitstellung, Nutzung und Speicherung von Energie in Gebäuden unter Berücksichtigung von Synergie- und Austauschmöglichkeiten mit Versorgungsnetzen anstreben (Energiemanagement in Smart Buildings/Communities). Generell gilt es, das Kosten-Nutzen-Verhältnis von zusätzlichen Energieeffizienzmaßnahmen im Vergleich zur Nutzung erneuerbarer Energien in Abhängigkeit zu setzen im neuen Verständnis von Primärenergie-Effizienz.

Im **Neubau** ist eine Anpassung des Energieverbrauchs von Gebäuden und Gebäudeverbänden an die künftige Energieerzeugung, vorrangig aus erneuerbaren Energieträgern, von zentraler Bedeutung. Unter dem Begriff der „**Energieflexibilität**“⁴⁵⁶ von Gebäuden versteht man die Anpassungsfähigkeit der Gebäude, auf das gerade zur Verfügung stehende Energieangebot intelligent zu reagieren, um Lastspitzen zu verschieben und den Speicherbedarf zu senken. Mit dem zunehmenden Ausbau erneuerbarer Energien und mit der Dezentralisierung des Energiesystems nimmt daher die Bedeutung eines **intelligenten Energiemanagements**, bestehend aus Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Verbrauch, zu. Mit der Betrachtung ganzer **Quartiere und Areale, ganzer Stadtteile bzw. des Systems Stadt** anstelle von Einzelgebäuden soll die Gesamteffizienz erhöht werden, indem Synergien zwischen Gebäudeeinheiten genutzt und die Investitionskosten gesenkt werden. Die Frage der gesamten Planung und auch das Management eines Stadtteils oder ganzer Städte gewinnen vor dem Hintergrund der Energietransition und oben angeführter Trends und Treiber zunehmend an Bedeutung und erfordern eine integrale, lebenszyklusorientierte Herangehensweise (siehe dazu auch Themenfeld 6). Obwohl die technischen Voraussetzungen heute bereits vorhanden sind, fehlt es an attraktiven Rahmenbedingungen und notwendigen Geschäftsmodellen. Um dieses Potenzial ausschöpfen zu können, soll der Entwicklungsprozess von der Planung bis hin zur Umsetzung gebäudeübergreifender Energielösungen beleuchtet bzw. rechtliche und organisatorische Fragestellungen geklärt werden.

⁵⁵ Zu Fragen von Datenhoheit und Betrieb der Plattformen oder Portale ist die besondere Rolle der Infrastrukturbetreiber zu berücksichtigen und Parallelstrukturen zu vermeiden.

⁵⁶ Vgl. IEA EBC Annex 67 – Energieflexible Gebäude

Im **Jahr 2050** soll der Gebäudebestand in Österreich, über den gesamten Lebenszyklus betrachtet, keine treibhausgasrelevanten Emissionen (klimaneutral) aufweisen und energieeffizient betrieben werden. Das Gebäude wird vom Energieverbraucher zum dezentralen Kraftwerk und trägt zum lokalen Ausgleich der thermischen und elektrischen Energieprozesse (Erzeugung und Nachfrage) sektorübergreifend bei. Neue Siedlungskonzepte, die neuartige Wohn- und Arbeitsmodelle fördern, wirken sich auf den Energie- und Ressourcenverbrauch aus und tragen maßgeblich zur Steigerung der Wohn- und Lebensqualität bei.

3.2.2 Thematische Schwerpunkte

Die folgende Auswahl an Forschungsthemen zu „Gebäude und urbanes System“ umfasst alle Bereiche des Innovationszyklus, von der Grundlagenforschung bis hin zur praxisnahen Umsetzung in Demonstrationsgebäuden und -siedlungen inklusive eines begleitenden Monitorings und einer Dissemination, z. B. Verbreitung der „Lessons learnt“:

Innovative Sanierungskonzepte und -strategien

- > Verfahren und Technologien für die nachhaltige Sanierung, z. B. vorgefertigte Fassadensysteme, Lösungen zur energieoptimierten Aufstockung und Nachverdichtung, Konzepte für die „bewohnte Sanierung“, Energieoptimierungsmodelle für Gebäude unter Denkmalschutz
- > Grundlagen zur Verbesserung der Nutzungsflexibilität bei umfassenden Sanierungen
- > Zentrale und dezentrale, hocheffiziente und kostengünstige Haustechniksysteme (Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung), vorrangig in der Sanierung
- > Strategien und Konzepte zur Reduktion des Verbrauchs fossiler Energieträger und Umstieg auf Erneuerbare im Gebäudebestand (z. B. in Gründerzeitgebäuden)
- > Nutzung regionaler Abwärme für den Gebäudebestand (Technologien, Systeme, Konzepte)
- > Entwicklung intelligenter (smarter) stromgeführter Wärmeerzeugungssysteme
- > Möglichkeiten bauteilaktiver Gebäudeelemente für die umfassende Sanierung

Entwicklungserfordernisse auf Stadtteilebene bzw. gesamtstädtischer Ebene

- > Umsetzung soziotechnologischer Visionen in Plusenergiestadtteilen oder „2000-Watt-Arealen“
- > BürgerInnenbeteiligung und Co-Creation-Prozesse bei der Stadtteilplanung und -sanierung (siehe dazu auch Kapitel 3.1.2, Punkt 5. Schaffung von Innovations-

umgebungen zur NutzerInnenintegration/Entwicklung von technologiebezogenen Energiedienstleistungen)

- > Konzeption öffentlicher Infrastrukturen und Dienstleistungen für innovative Stadtteilentwicklung
- > Social Entrepreneurship und neue Geschäftsmodelle für die integrierte Planung und Gestaltung von Stadtteilen
- > Nachhaltigkeit und Resilienz von Städten mit besonderem Fokus auf das Energiesystem

Energieorientierte Planungstools und -werkzeuge

- > Entwicklung und Erprobung integraler Planungswerkzeuge auf Quartiersebene, welche die unterschiedlichen Interessen und Lebenslagen der NutzerInnen berücksichtigen und diese in ganzheitlichen Quartierskonzepten (Neubau und Sanierung) koordinieren⁵⁷
- > Einsatz von multi-kriteriellen Optimierungsmethoden bei teils widersprüchlichen Anforderungen (Energieeffizienz, Mobilität, Raumqualitäten)
- > „Digitales Bauen“: Entwicklung und Verbreitung von Lösungen für die optimale Nutzung moderner IT-Systeme in Hinblick auf Energie- und Ressourcenoptimierung (z. B. Prognoserechnungen zum Strom-, Wärme- und Kältebedarf) sowie im Hinblick auf eine Qualitätssteigerung und Kostenoptimierung im Bauprozess und während der Nutzung (Planen, Bauen, Betreiben)
- > Entwicklung digitaler Stadtmodelle zur Unterstützung von Governance-Prozessen (z. B. Verwaltung und Management urbaner Infrastrukturen wie der Leitungsnetze)

Energieflexible Gebäude (Vor-Ort-Erzeugung, dezentrale Speicherung)

- > Module, multifunktionale Bauteile und Gesamtlösungen für bauwerksintegrierte Photovoltaik (BIPV)
- > Optimierung des Energieeigenbedarfs, der dezentralen Solarenergienutzung und der Speichermöglichkeiten sowie Ermöglichen von netzfreundlichem Verhalten (Energienetze)
- > Bauteilaktivierung zur lokalen thermischen und energetischen Speicherung; Nutzung des Gebäudes bzw. einzelner Teile als Speicher von Energie, Erforschung der sinnvollen Schnittstellen zur Energieerzeugung und -nutzung in unterschiedlicher Form (z. B. Speicherung der überschüssigen Sonnen- und Windenergie am Tag im Gebäude, Energieabgabe über Nacht in ein Elektrofahrzeug)
- > Entwicklung von Komponenten und Systemen zur effizienten Nutzung und Speicherung solarer Wärme für Heizung, Warmwasser und Kühlung, jeweils unter Berücksichtigung der lokalen Energieinfrastruktur und Ausschöpfen von Synergien bei gebäudeübergreifenden Betrachtungen (Zero Energy Districts)

⁵⁷ Bei der Entwicklung von Planungstools und -werkzeugen sollten charakteristische Raumstrukturen und die Beschreibung von optimalen Entwicklungsleitbildern (z. B. Verdichtung) für die Energieinfrastruktur mitgedacht und abgebildet werden. Vgl. dazu „Entwicklung domänenübergreifender Integrationsprozesse“, S.34

Lüftungs- und Lichtsysteme

- > Lüftung und Kühlung: Entwicklung von innovativen Technologien und Lösungen zur Kühlung von Gebäuden (wie z. B. bei dem, aus „Haus der Zukunft“ hervorgegangenen „Sheikh Zayed Desert Learning Center“, das trotz extrem hoher Außentemperaturen 80 % des Kühlenergiebedarfs autark und nachhaltig generieren kann)
- > Entwicklung von effizienten und kostengünstigen Lüftungstechnologien und -konzepten zur Sicherstellung einer gesunden Raumluftqualität, vorrangig in der Gebäudesanierung (z. B. Kaskadenlüftung, aktive Überströmer etc.)
- > Entwicklung neuartiger, tageslichttransparenter Gebäudestrukturen für verdichtete Bauweisen und energieeffiziente Lichtkonzepte

Nachhaltige Bau- und Dämmstoffe

- > Ökologisches Bauen: Einsatz hocheffizienter und ökologischer Dämmkomponenten und Baumaterialien, gesundheitsbezogenes Bauen, Reduzierung von Schadstoffen/Allergenen etc.
- > Entwicklung und Verankerung von qualitätssichernden Maßnahmen zur Minimierung und Prävention von Bauschäden
- > Materialien mit minimalem grauen Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen, nachwachsende Baumaterialien
- > Entwicklung von Konzepten und Strategien für den geordneten Rückbau von Gebäuden im Hinblick auf Re-Use und Recycling von Baustoffen (Urban Mining)

Betriebsoptimierung und Monitoring

- > Erfassung und Optimierung aller energieverbrauchenden Einheiten im Gebäude: Meist steht die Wärme- und Kühlenergie eines Gebäudes im Mittelpunkt der Betrachtung – viele Einheiten im Gebäude verbrauchen allerdings auch Energie (Beleuchtung, technische Geräte, Haustechnik etc.); die Energieeinsparungspotenziale all dieser Einheiten (im Zusammenspiel mit der umgebenden Energieinfrastruktur) gilt es zu erfassen, darzustellen und zu optimieren und ggf. neue energieeffiziente Lösungen zu entwickeln
- > Entwicklung kostengünstiger, standardisierter Methoden der Energieverbrauchserhebung in Gebäuden und Analyse der Korrelation von Planwerten mit realen Verbrauchswerten. Identifikation und Analyse der Ursachen allfälliger Abweichungen (Performance Gap)

Querschnittsthemen

- > Leistbares nachhaltiges Wohnen: Kostensenkung von bestehenden Technologien und Lösungen zur Energieoptimierung, Modelle zur raschen und realistischen Erfassung von Lebenszykluskosten, Entwicklung von „Mid-tech-Lösungen“ (optimales Gleichgewicht zwischen Nachhaltigkeit und Leistbarkeit)
- > Entwicklung skalierbarer Technologien und Konzepte: Zusammenfassung von Einzeltechnologien und Lösungen in passfähige Gesamtpakete bzw. kombinierbare Module, um die Marktdurchdringung dieser ganzheitlichen Lösungen vorzubereiten
- > Urbane Test- und Demonstrationsgebiete für Innovationen und Technologien in den Themen Energie, Mobilität und IKT (Stichwort Living Labs/Reallabore oder Prozesse der Challenge-driven Innovation)
- > Durchführung von sozialwissenschaftlichen Forschungsprojekten, z. B. zu Wohnbedarfen der Zukunft⁵⁸, Wandlung der Wohn- und Bürobedarfe, Rolle und zukünftige Bedeutung der Energieberatung etc.
- > Technikfolgenabschätzung und Nachhaltigkeitsbewertungen, sozioökonomische Untersuchungen mit dem Ziel, negative Auswirkungen der Implementierung möglichst schon in der Planungsphase zu identifizieren bzw. zu minimieren

3.3 Themenfeld 3: Industrielle Energiesysteme

3.3.1 Allgemeine Zielsetzungen und Strategien

In den in der Einleitung erwähnten F&E-Fahrplänen aus den Jahren 2014 und 2016 wurde auch eine gemeinsame Vision für das Jahr 2050 erarbeitet.

Vision der österreichischen Industrie für das Jahr 2050

Im Jahr 2050 sind das Umweltbewusstsein und die Akzeptanz von Energieeffizienzmaßnahmen seitens der Bevölkerung und der MitarbeiterInnen sehr hoch, die hohen Energieeffizienzstandards in Österreich werden allgemein anerkannt. Produktionsunternehmen bieten in der Breite produktbegleitende Dienstleistungen an, welche die Energieeffizienz auch bei den KundInnen und EndverbraucherInnen deutlich steigern. Die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus ist Standard. Es existiert ein ausgeprägter Markt für „Contracting“ und Energiedienstleistungen.

⁵⁸ Der Wohnraumbedarf und der Einfluss stadtplanerischer bzw. wohnbaupolitischer Maßnahmen (Segregation, Gentrification) haben einen Einfluss auf den Energieverbrauch in den entsprechenden Quartieren und Stadtteilen; übernommen aus einem Beitrag des AIT im Rahmen der öffentlichen Konsultation.

Kreislaufwirtschaft und die kaskadische Nutzung von Ressourcen haben sich in der energieintensiven Industrie und darüber hinaus etabliert, Abwärme wird mit Hilfe von hocheffizienten Wärmeleitungen sektorenübergreifend und dezentral nutzbar gemacht. In einem sich wandelnden Energiesystem werden alternative, nicht fossile Rohstoffe umfassend eingesetzt. Flexible und adaptive Produktionstechnologien und -prozesse erlauben es, alternative und sekundäre Rohstoffe sowie erneuerbare Energien optimal einzusetzen. Die Recyclingquote ist eine der höchsten weltweit, Österreich ist Innovationsführer im Bereich industrieller Rohstoff- und Energieeffizienz. Österreichische Rückgewinnungstechnologien werden weltweit exportiert.

Der Innovationsstandort Europa stärkt zugleich den Produktionsstandort Europa. Planbare politische Rahmenbedingungen auf europäischer und nationaler Ebene, die Gleichstellung bei der Förderung einzelner Energieeffizienztechnologien und die öffentliche, finanzielle Unterstützung beim Aufbau und Betrieb von Forschungsinfrastrukturen bei Unternehmen sowie Versuchs- und Pilotanlagen in Industrieparks machen radikale Prozessinnovationen möglich und begründen die Technologieführerschaft Österreichs. Das Investitionsrisiko ist dadurch entscheidend gemindert und die Amortisationszeit verkürzt, was die Bereitschaft der Unternehmen, in Energieeffizienzmaßnahmen zu investieren, deutlich erhöht. Der Zielkonflikt von Energieeffizienz einerseits und Luftqualität andererseits wird von der Politik wahrgenommen, die offiziellen Kennzahlen zur Messung von sektoraler Energieeffizienz sind den Produkttypen angepasst.

Der Industriestandort Österreich und seine zentrale Bedeutung für die österreichische Volkswirtschaft sind langfristig gefestigt. Die österreichische Industrie entwickelt energetisch optimierte Prozesse und Verfahren, die einerseits in den österreichischen Produktionsunternehmen eingesetzt werden und andererseits durch den österreichischen Anlagenbau weltweit zum Einsatz kommen. Die Arbeitsplätze in der Produktion gehören zu den qualitativ hochwertigsten und sichersten. Verringerter Rohstoff- und Energieverbrauch, deutlich geminderte Emissionen sowie höhere Rohstoff- und Energieunabhängigkeit tragen dazu entscheidend bei.

3.3.2 Thematische Schwerpunkte

Neben der oben angeführten für alle involvierten Industrien gültigen Vision wurden in sechs Branchen F&E-Felder definiert und bewertet. Auffallend ist, dass in nahezu allen Branchen ähnliche Felder genannt wurden.

Ein wichtiges Forschungsfeld ist die **hocheffiziente Nutzung der eingesetzten Energien und Ressourcen**. Dies betrifft zuallererst die Produktionsprozesse selbst, wo eine Prozessintensivierung bzw. inkrementelle Verbesserungen zu einer Erhöhung der Energieeffizienz pro erzeugtem Produkt führen können. Ebenso wird einerseits der Wiederverwendung von betriebsinternen anfallenden Stoffen und andererseits dem Recycling von Produkten, die bereits im Gebrauch der KonsumentInnen waren, eine hohe Bedeutung eingeräumt, da Recycling mit einem geringeren produktspezifischen Energieeinsatz verbunden ist. Hinsichtlich einer optimalen Verwendung der eingesetzten Energien und Rohstoffe wird auf eine **hocheffiziente kaskadische Nutzung** fokussiert: Dies betrifft den Einsatz von Sekundärroh- und Sekundärbrennstoffen, die Speicherung von Energie zur betriebsinternen oder zwischenbetrieblichen Wiederverwendung und Weiterverwendung in industriellen Prozessen sowie, je nach Temperaturniveau und -erfordernis, die Nutzung von Abwärme zu betriebsinternen oder betriebsübergreifenden Zwecken oder zur Einspeisung in Fernwärmenetze.

Ein weiteres Themenfeld ist die Suche nach neuen Produkten und Prozessen. Zwar können, wie oben dargestellt, durch neue Technologien auch bei bestehenden Anlagen Effizienzpotenziale erschlossen werden, sprunghafte Verbrauchsreduktionen sind bei gleichem Output aber nur durch sogenannte **Breakthrough Technologies**, also völlig neue Produktionsprozesse, zu erzielen.

Für alle Themenfelder, aber insbesondere für dieses, gilt, dass

- > Grundlagenforschung, angewandte Forschung und die für den Standort wesentliche Umsetzung in Form von Pilot- und Demoanlagen in einem ausgewogenen Verhältnis stehen sollten;
- > Finanzierungsinstrumente für Risikokapital zu optimieren und auszubauen sind.

Bei Produkten wird hinsichtlich Energieeffizienz meist nur ein bestimmter Teil des Lebenszyklus betrachtet bzw. werden einzelne Aspekte außer Acht gelassen. So wird bei energieverbrauchenden Produkten vorwiegend der Energiebedarf in der Nutzungsphase betrachtet. Dagegen finden gerade bei Produkten der energieintensiven Industrien die Verbräuche während der Produktion Beachtung. Hier wird von einigen Sektoren eine tatsächliche Ausweitung der Betrachtung auf den gesamten **Produktlebenszyklus** gefordert.

Einige Sektoren sprechen klar einen rechtlichen, organisatorischen und/oder systemischen Forschungsbedarf an, um durch **Energiemanagementsysteme und Energiedienstleistungen** energieverbrauchsrelevante Potenziale zu heben, z. B. Abwärmenutzung als Fernwärme oder nicht-prozessrelevante Effizienzpotenziale.

Die **Abstimmung des Energiebedarfs von industriellen Anlagen und der Energieversorgung aus fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen**⁵⁹ wird maßgeblich zum Gelingen der Energiewende beitragen. Industrieprozesse, die an das zukünftige Energiesystem mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien angepasst sind, müssen nach neuen Grundsätzen konzipiert werden. Begleitforschung muss diese Grundsätze klären und eine Anpassung des rechtlich-regulatorischen Rahmens unterstützen. Dazu müssen auch Strukturen aus den Informations- und Kommunikationstechnologien zur intelligenten Steuerung von Prozessen in Abhängigkeit vom Energieangebot übertragen werden.

In den F&E-Fahrplänen sind für die einzelnen Branchen die entsprechenden Forschungsfelder, wie sie von den TeilnehmerInnen an den Fahrplan-Workshops definiert wurden, aufgelistet. Von den 30 Forschungsfeldern mit 130 einzelnen Forschungsthemen wird nachfolgend je Branche ein beispielhaftes Forschungsthema aus dem Forschungsfeld „**neue Produkte und Prozesse**“ dargestellt.

Aus diesen Ausführungen ist ersichtlich, dass zur Erhaltung der Wertschöpfung, die durch die Industrie in Österreich erbracht wird, Forschung und Entwicklung im Energiebereich eine wichtige und entscheidende Rolle spielen wird. Wobei sowohl eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Energieeffizienz, eine verstärkte Einbindung von erneuerbaren Energieträgern als auch revolutionäre Prozessentwicklungen stattfinden werden.

Branche	Forschungsthema
Eisen und Stahl	Werkstoff-Forschung für eine Integration der Direktreduktion und Elektrolichtofen-Route bei der Stahlerzeugung.
Nichteisenmetalle	Inertanoden für Aluminium-Primärherstellung.
Chemie und Petrochemie	Kontinuierliche technologische Entwicklung innovativer Reaktor- und Anlagentechnologien (z. B. Membrantechnologien).
Papier und Zellstoff	Neue Verfahren für Holzfaseraufschluss und Zellstoffgewinnung; wasserfreie bzw. wasserarme Zellstoffgewinnung; wasserfreie Papiermaschine; neue Methoden zur Trocknung von Papier.
Steine und Erden	Alternative Bindemittelkonzepte mit neuen chemischen Zusammensetzungen.
Lebensmittelindustrie	Neue Trennverfahren, thermisch und mechanisch: (Nano-)Filtration, Umkehrosmose, Vakuumdestillation, Membrandestillation.
Textilindustrie	Entwicklung von recycelbaren Rohstoffen für die Textilindustrie über den gesamten Lebenszyklus des Produktes.

3.4 Themenfeld 4: Verkehrs- und Mobilitätssystem

3.4.1 Allgemeine Zielsetzungen und Strategien

Um die Zielsetzung Dekarbonisierung des Verkehrssystems zu erreichen, sind Maßnahmen zur Vermeidung, Verringerung, Verlagerung und Verbesserung im Verkehr erforderlich. Neben der Optimierung des Fahrzeugs werden auch Innovationen auf Seiten der NutzerInnen und Infrastruktur notwendig sein, um ein nachhaltiges Mobilitätsverhalten zu fördern. Deshalb sollen in der Personenmobilität Schwerpunkte gesetzt werden, die das Individuum als NutzerIn im Mobilitätssystem in den Fokus stellen. Im Bereich der Gütermobilität sollen sowohl Akteure der Transportwirtschaft und -logistik als auch EndkonsumentInnen als NutzerInnen im Fokus stehen. Es sollen dabei soziale wie organisatorische Innovationen forciert werden.

Zudem gilt es, in Zukunft intelligente Infrastruktur im Verkehrs- und Mobilitätssystem aufzubauen, um Nutzungs- und Systeminnovationen zu ermöglichen.

Für Erfolge in der Verkehrsforschung ist ein ausgewogener Mix aus Grundlagenforschung, angewandter Forschung und Pilotprojekten notwendig. Neue Grundlagen für innovative Lösungen müssen erforscht und Evidenzen für die Wirkung geschaffen werden (Grundlagenorientierte Mobilitäts- und Verkehrsforschung). Zudem sind strukturelle Voraussetzungen zu schaffen, damit die Erkenntnisse und Entwicklungen im realen Umfeld Platz greifen können und alle relevanten Akteure in den F&E-Prozess eingebunden werden (Urbane Mobilitätslabore).

Technologieneutralität, eine gesamtheitliche Betrachtung des Mobilitätssystems sowie die Leistbarkeit für eine breite Bevölkerungsschicht müssen sichergestellt werden. Neben der Weiterentwicklung der Elektromobilität wird auch der Verbrennungsmotor der Zukunft Berücksichtigung finden, da rein batterieelektrische Antriebe viele Anforderungen mittelfristig noch nicht erfüllen werden. Neben Maßnahmen zur Effizienzverbesserung sind auch Anpassungen für die effiziente Verbrennung regenerativ produzierter Kraftstoffe (Wasserstoff, Biokraftstoffe etc.) wesentlich.

⁵⁹ Konkret adressiert werden hier die Nutzung und Entwicklung von Flexibilitäts Optionen (Demand Response) im industriellen Verbrauch bzw. in der industriellen Produktion sowie die Nutzung und Entwicklung von industriellen und vorgelagerten Speichermöglichkeiten in Produkt- oder Energieform.

Innovationen zur Entkoppelung des Luftverkehrsaufkommens von Verbrauch und Schadstoffemissionen

Die International Air Transport Association (IATA) sowie das Advisory Council for Aeronautics Research in Europe (ACARE) fordern eine Reduktion der Schadstoffemissionen durch Luftverkehr um 50 % bis zum Jahr 2050. Dieses Ziel ist an die Forderung einer 1,5%igen jährlichen Steigerung der Kraftstoffeffizienz sowie an das kohlenstoffneutrale Luftverkehrswachstum ab 2020 geknüpft. IATA setzt dabei auf gezielte Initiativen wie den Ersatz von zwei Drittel der bestehenden Luftfahrzeugflotten durch ökoeffiziente Flugzeuge, intelligente und umweltfreundliche Flugverfahren und alternative Kraftstoffe. Im Sinne des „more efficient aircraft“ versprechen vor allem technologische Innovationen beispielsweise im Bereich der Strukturen (Aerodynamik, Festigkeit etc.), der Materialien, aber auch im Bereich der Triebwerke Reduktionspotenzial. Einen ebenso hohen Stellenwert misst die Forschung Verbesserungen im Air Traffic Management sowie intelligenten An- und Abflugverfahren bei.

3.4.2 Thematische Schwerpunkte

Fahrzeugtechnologien

- > Innovative Antriebstechnologien
 - Kostentoptimierung, Produktionsverfahren und technische Innovationen für Hybrid-, Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge und für den „Verbrennungsmotor 2050“ sowie deren Komponenten und Betriebsstrategien
 - Produktion, Speicherung und Anwendung von alternativen Energieträgern wie erneuerbarem Wasserstoff sowie synthetischen und Bio-Kraftstoffen
 - Entwicklung nachhaltiger Antriebstechnologien für Luft- und Schifffahrt)
- > Leichtbau
 - Kunststoffe, Verbundwerkstoffe, Leichtmetalle, Stahlleichtbau, bionische Struktur- und Materialoptimierung, Umform-, Verbindungs- und Verarbeitungsprozesse
 - Bauteiloptimierung, Komponenten- und Fahrzeugintegration
 - Entwicklung von Lösungen für das Fügen der verschiedenen Werkstoffe im Multimaterialmix
 - Recycling- und Lebenszyklusaspekte
- > Optimierte Fahrzeugelektronik
 - Energieeffiziente Optimierung der Fahrzeugelektrik, Sensoren und Aktuatoren mit deren Steuerung

- Optimierung der Gesamtfahrzeugbetriebsstrategie
- Optimierung der fahrzeugseitigen Komponentenentwicklung

Automatisierung und Verkehrstelematik

- > Optimierte Kommunikation zwischen Fahrzeugen (V2V) und zwischen Fahrzeug und Infrastruktur (V2I)
- > Verringerung von Staukosten (Verbesserung des Verkehrsflusses)
- > Verringerung von Unfallfolgekosten
- > Reduktion des Energieverbrauchs sowie der CO₂-Emissionen durch homogenen Verkehrsfluss
- > Nutzung von energieeffizienten Verkehrsmitteln (intermodale Vernetzung) unter Schaffung von unterstützenden politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen

Intelligente Infrastrukturen für das Verkehrs- und Mobilitätssystem

- > Verstärktes Zusammenwirken der einzelnen Verkehrsträger, um die Mobilitätsbedürfnisse und Anforderungen bewältigen zu können
- > Zuverlässigkeit und Robustheit der Verkehrsträger
- > Intermodale Vernetzung
- > Übergreifende Information in Echtzeit

Verkehrsinfrastrukturforschung

- > Neue, effiziente und effektive Baumaterialien und Konstruktionen: Energie- und Ressourcenoptimierung bei der Verwendung von Massenrohstoffen wie Beton und Asphalt (Erhöhung Recyclinganteil, neue Zusammensetzung der Basismaterialien)
- > Nutzung nachhaltiger Energiequellen: Umsetzungsmöglichkeiten zur Nutzung geothermischer Energie in dezentralen Anwendungsfällen, Untersuchung von Energiekonzepten und Energiemanagement im Stationsbau und autark betriebene Verkehrsbeeinflussungsanlagen

Nutzungsinnovationen und Systeminnovationen im Güterverkehr und in der Transportlogistik

- > Entwicklung neuer und Optimierung bestehender Prozesse zur Bündelung/Entbündelung
- > Entwicklung neuer Kooperations-, Koordinations- und Sharing-Modelle
- > Entwicklung neuer und Optimierung bestehender Dienste und Geschäftsmodelle für die Zustellung, Auslieferung und Abholung zur Steigerung der logistischen und energetischen Effizienz

- > Konzeption neuer Modelle für effiziente Infrastrukturnutzung und Flächenmanagement
- > Konzeption neuer Modelle zur Integration umweltfreundlicher Verkehrsträger
- > Entwicklung und Integration kooperativer Ladungsträgerkreislaufsysteme

Nutzungsinnovationen und Systeminnovationen in der Personenmobilität

- > Neue, energieeffiziente Verkehrsmittel (automatisiert, teilautomatisiert) und integrierte Mobilitätsservices (modal übergreifend)
- > Neue Mobilitätslösungen im Bereich der aktiven und postfossilen Mobilität
- > Lösungen zur Unterstützung multimodaler Lebensstile im Kontext gesamt-systemischer Energieeinsparung (Gesamtbetrachtung Mobilität, Wohnen, Arbeiten, Freizeit)
- > Attraktivierung/Umgestaltung/Neuorganisation des öffentlichen Raums und Schaffung der notwendigen qualitativen und quantitativen Voraussetzungen für gleichberechtigte (bewegungs-)aktive Mobilitätsformen (Gehen, Radfahren etc.) und für den öffentlichen Verkehr. Berücksichtigung neuer Anforderungen und Freiheitsgrade durch Sharing, E-Mobilität und Automatisierung im urbanen Raum und auf kommunaler Ebene
- > Werkzeuge für übergreifende und integrative Planung, Prognose, Simulation, Monitoring und Evaluierung im Bereich der Raum- und Verkehrsplanung
- > Zielgruppenspezifische Anreizstrukturen und verkehrsökonomische Instrumente für nachhaltiges Mobilitätsverhalten im Zusammenhang mit energetischen Aspekten

Energieforschung im Anwendungsfeld Luftfahrt

- > Optimierung von Technologien, die der Effizienzsteigerung, Gewichts-, Lärm- und Schadstoffreduktion dienen (Aerodynamik, Triebwerke, Werkstoffe, Flugverfahren)
- > Untersuchung alternativer Antriebssysteme
- > Verstärkte Innovationstätigkeit zur Optimierung von Wetterprognosen und Meteorologie-Services
- > Erforschung alternativer Antriebsstoffe, insbesondere nachhaltig produzierte Bio-Flugtreibstoffe für das Anwendungsfeld Luftfahrt (z. B. emissions lifecycle analysis, Zusammensetzung des Antriebsstoffs und dessen Auswirkungen auf Vehikel und Triebwerke)
- > Förderung von Technologietransfer, um das Wissen aus der Luftfahrt (Aerodynamik, Leichtbau, Sicherheit etc.) explizit auf andere Mobilitätsbereiche zu übertragen

3.5 Themenfeld 5: Umwandlungs- und Speichertechnologien

3.5.1 Allgemeine Zielsetzungen und Strategien

Zur Entwicklung und Umsetzung der in den Themenfeldern 1 bis 4 dargestellten Systemlösungen bedarf es der verschiedenen Umwandlungs- und Speichertechnologien, um diese in hybriden Systemen in Gebäuden, in urbanen und industriellen Systemen sowie im Netzbereich, aber auch in Verkehrs- und Mobilitätssystemen zu einem abgestimmten Gesamtsystem zusammenführen zu können.

Nur wenn es gelingt, die Einzeltechnologien konsequent weiter zu entwickeln und zu optimieren, wird es möglich sein, diese im konkreten Anwendungsfall auch an die gegebenen Erfordernisse anzupassen und kostengünstige, integrierte Systemlösungen zu finden.

Im internationalen Kontext ist auch der Technologieexport von hoher Bedeutung. In einigen Bereichen, wie der Wasserkraft oder der Solarthermie, sind österreichische Unternehmen auf europäischer Ebene oder weltweit Marktführer. Dieser Status muss forschungsgestützt erhalten und ausgebaut werden.

Stärkung und Ausbau von Technologie- und Marktführerschaft in diesen Bereichen kann für Österreich erhebliche volkswirtschaftliche Vorteile bringen.

3.5.2 Thematische Schwerpunkte

Bioenergie

- > Aufbereitung/Vorbehandlung
 - Mechanische (Sortierung etc.) sowie thermische (Pyrolyse, Steam Explosion, HTC, HTL etc.) Vorbehandlung und Aufbereitung von Biomasse, biogenen Abfall- und Reststoffen sowie Reststoffsportimenten mit hohem biogenen Anteil
- > Vornormative Forschung
 - Vornormative Forschung zur Entwicklung von Produkt- und Prozessstandards für Brennstoffe und deren Bereitstellung
 - Methoden zur Bewertung des Betriebs- und Emissionsverhaltens von Serien- und seriennahen Produkten unter realen (EndkundInnen-)Bedingungen
- > Biomasseverbrennungssysteme
 - Null-Emissions-Kleinfeuerungs-systeme

- Marktfähige Sekundärtechnologien zur Emissionsreduktion
- Biomassebasierte Hybridpackages für die Wärme- und Warmwasserbereitstellung für Gebäude und Mikronetze
- Marktfähige Mikro- und Klein-Kraft-Wärme-Kopplungssysteme
- Erhöhung der elektrischen Wirkungsgrade (Erhöhung der Dampfparameter), der Anlagenverfügbarkeit (Erhöhung der Standzeiten der Komponenten) und der Teillastfähigkeit von Biomasse-KWKs im mittleren und großen Leistungsbereich
- Biomasse für industrielle (Hochtemperatur-)Prozesse (Sauerstoffanreicherung etc.)
- > Biomassevergasungssysteme
 - Brennstoffflexible Biomassevergasung
 - Neue Vergasungskonzepte (z. B. CO₂ als Vergasungsmedium)
 - Integration der Biomassevergasung in Industrieprozesse (Papierindustrie, Baustoffindustrie etc.)
 - Marktfähige Technologien zur trockenen Aufbereitung von Synthesegas
 - Polygenerationssystem der zweiten Generation (Herstellung von H₂, Hythan, CH₄)
 - Demonstration von Biomasse-IGCC
 - Demonstration von Synthesen (FT, gemischte Alkohole, Bio-H₂, Bio-SNG etc.)
 - Hybride Systeme (Nutzung von H₂ aus Überschussstrom zur Erhöhung der Kohlenstoffkonversion)
- > Biogas- und Biokonversionssysteme
 - Ausweitung der Basis der möglichen Substrate
 - Herstellung von Synthesegas und Bio-H₂
 - Einsatz von SOEC zur Erhöhung der Kohlenstoffkonversion
 - Umwandlung von CO₂ zu Wertstoffen
 - Feststoffabtrennung und Rezirkulation zur Erhöhung der Effizienz von bestehenden Anlagen
 - Systemlösungen von kombinierten Algen/Photovoltaik – Bioraffinerien
- > Technologische Querschnittsthemen
 - Modellbasierte und modellprädiktive Regelungskonzepte für Einzeltechnologien, für Anwendungen und für Systeme
 - Modellierung und Simulation als Entwicklungs- und Vorhersagetools zur Reduktion von Entwicklungszeit und -kosten
 - Nutzungsmöglichkeiten für Nebenprodukte
 - Rückgewinnung von Wertstoffen
 - Kaskadische Nutzung von CO₂
- > Hochinnovative Systeme (derzeit TRL 1–3)
 - Aqueous Phase Reforming
 - Chemical Looping Reforming
 - Microbial Bio-Electrochemical Systems

Solarthermie

- > PVT-Kollektoren
 - Entwicklung von leistungsoptimierten verglasten und unverglasten PVT-Kollektoren
 - Entwicklung von PVT-Kollektorsystemen, die entsprechend Wärme- und Strombedarf bzw. Speicherladezuständen und aktuellen Energiepreisen zwischen strom- und wärmegeführtem Betrieb umschalten können
 - PVT-Kollektoren zur Wärme- und Stromerzeugung sowie zur nächtlichen Strahlungskühlung
 - Unverglaste PVT-Kollektoren mit Erdsonden und Wärmepumpen
 - Prüfverfahren für PVT-Kollektoren
- > Low-cost-Kollektoren mit Herstellkosten unter 30 €/m²
 - Neue Materialien oder Materialkombinationen
 - Neuartige Herstellverfahren
- > Entwicklung von Luftkollektoren
- > Entwicklung von kostengünstigen Mittel- und Hochtemperaturkollektoren
- > Kollektoren zur Wasseraufbereitung
 - Reaktoren für die photokatalytische Spaltung der gewässerbelastenden Substanzen
 - Solare Pasteurisiergeräte
- > Kollektorfeldhydraulik
 - Berechnungs- und Simulationstools für thermodynamisch optimierte große Kollektorfelder mit Flach- und Vakuumröhrenkollektoren, welche die Auslegung großer Kollektorfelder und Leistungsgarantien für solare Großanlagen ermöglichen
- > Selbsttragende Kollektorsysteme – Statik von Solarthermie-Großanlagen auf Nicht-Wohngebäuden
 - Solare Großanlagen stoßen bei Gewerbe- und Industriebetrieben zunehmend auf großes Interesse. Bei diesen Anlagen werden große Kollektorfelder vorzugsweise auf vorhandenen Gebäuden und Industriebauhallen montiert. Die Kosten der Montage auf diesen Hallen sind oft sehr hoch, da aufwändige statische Gutachten und lastabtragende Sonderkonstruktionen erforderlich sind oder die Hallen oft keine zusätzlichen Lasten aufnehmen können. Gesucht sind daher standardisierte Systemlösungen, wie z. B. selbsttragende Kollektorfelder oder Unterkonstruktionen sowie die aerodynamische Gestaltung von Kollektorfeldern, welche die o. g. Probleme unter Berücksichtigung bestehender Gesetze und Normen kostengünstig lösen. Auch Rückkopplungen in die Normungsarbeit sind hier gewünscht.
- > Multifunktionale Fassaden zur Integration von solarthermischen Anlagen in Gebäudehüllen

- > Entwicklung von solaren Hybridsystemen für Ein- und Mehrfamilienhäuser, welche solare Deckungsgrade deutlich über 50 % ermöglichen
- > Aktiv-Solargebäude
 - Entwicklung simulationsgestützter Systemkonzepte und belastbarer Dimensionierungsrichtlinien unter Berücksichtigung aktivierbarer Bauteile in Verbindung mit intelligenten Regelungssystemen (prädiktive und kognitive Regler)
- Anlagen zur Wärmerückgewinnung bzw. Abwärmennutzung (z. B. Einspeisung von Abwärme in ein Fernwärmenetz, Nutzung zur Warmwasserbereitung etc.)
- Qualitätssichernde bzw. -steigernde Maßnahmen (z. B. In-situ-Bestimmung und Analyse der Effizienz)
- > Untersuchungen zur Auswirkung von Wärmepumpen-erdsonden auf das Grundwasser, die Erhöhung der Grundwassertemperaturen sowie Auswirkungen auf die Grundwasserqualität. Untersuchungen zur gegenseitigen Beeinflussung von Wärmepumpenanlagen (Rückspeisebrunnen und Kältefahnen) bei dichter Verbauung.

Wärmepumpen und Kälteanlagen

- > Weiterentwicklung elektrisch angetriebener Kompressionswärmepumpen und -kälteanlagen
 - Alternative Kältemittel (Kältemittel mit niedrigem GWP-Wert)
 - Kältemittel-Füllmengenreduktion (die sowohl bei Kältemitteln mit relevantem Treibhauspotenzial als auch bei brennbaren Kältemitteln von besonderer Bedeutung ist)
 - Komponenteoptimierung (z. B. für Anlagen in Ballungsräumen), Minimierung/Optimierung der akustischen Emissionen etc.
 - Alternative Wärmequellen/-systeme für Wärmepumpen
- > Weiterentwicklung thermisch angetriebener Wärmepumpen und Kälteanlagen
 - Effizienzsteigerung und Investitionskostenreduktion
 - Maßnahmen zur Vermeidung/Eindämmung von Korrosion und Inertgasbildung
 - Alternative Arbeitsstoffpaarungen
- > Neu- und Weiterentwicklung von Technologien, die nicht auf dem Kaltdampfkreislauf beruhen: z. B. Ausnutzung des thermoakustischen, -elektrischen, -magnetischen Effekts
- > Wärmepumpenanwendungen/-systeme
 - Hochtemperatur-Wärmepumpen zur Einbindung von Abwärme ins Fernwärmenetz (speziell für den Nachrüstmarkt im Wohnbereich sowie Gewerbe und Industrie)
 - Kopplung von Wärmepumpe, PV-Anlage und elektrischem Speicher, Optimierung des PV-Eigenverbrauchs
 - Effiziente und kostengünstige Kleinanlagen (z. B. für Niedrigst-, „Null“- oder „Plus“-Energiegebäude, die auch zur Warmwasserbereitung genutzt werden können)
 - Anlagen zur Abluftwärmerückgewinnung (z. B. in Kombination mit Komfortlüftungsanlagen)
 - Wärmepumpen für Fernwärmesysteme: zentrale Großanlagen zur Wärmeeinspeisung, dezentrale Kleinanlagen zum Wärmeentzug (d.h. Anlagen mit relativ hohen Wärmequellentemperaturen)
 - Wärmepumpen für großvolumige Bauten (Mehrfamilien-, Bürogebäude etc.)

Photovoltaik

Forschungsfragestellungen dabei adressieren technische Herausforderungen vorrangig in Zusammenhang mit den lokalen Elektrizitätsstandards und Normen, mit der Frage der Ausbildung für Wartung und Inbetriebhaltung derartiger Systeme sowie sozioökonomische Fragen der Finanzierung und des Handlings von autonomen Stromnetzen.

FEI-Fragestellungen:

- > Module und Gesamtlösungen für Bauwerksintegrierte Photovoltaik (BIPV), In-situ-Testprogramm verschiedenster BIPV-Anwendungen, inklusive Plug&Play-Lösungen mit dem Ziel der Massenfertigung von BIPV; multifunktionale Bauteile mit der Fähigkeit, PV-Strom zu erzeugen
- > Präzise und kostengünstige Mess- und Evaluierungsmethoden für die Qualitätssicherung von PV-Modulen und zuverlässigen Betrieb von PV-Anlagen
- > Forschung in Spezialgebieten neuer Materialien, Zellen, Module, z. B. innovative Nanostrukturen, neue Materialien mit hohem Potenzial (wie z. B. Perowskite, Metalloxide, Graphen o. ä.)
- > Recycling von Zellen und Modulen
- > Entwicklungen für Produkt- und Systemtechniklösungen mit weiteren Kosteneinsparungen (BOS-Kosten senken)
- > Fragen der Flexibilisierung von Gesamt-Energie-Systemlösungen mit (BI)PV als wesentlicher lokaler Stromquelle in Gebäudekomplexen und Quartieren; Fragen eines optimal netzdienlichen Betriebs von PV-Speichersystemen
- > Fragen zur PV-Versorgung/Unterstützung von Elektromobilität (KFZ, Zug, Tram, Bus, Haltestellen etc.) aber auch netzunterstützend vor allem bei Schnell-Ladestationen
- > Monitoring von Leistungsparametern installierter PV-Anlagen, Demonstratoren oder Forschungsinstallationen hinsichtlich geografischer, topografischer, klimatischer oder umgebender Einflüsse

- > **Regionale Prognosen** der PV-Erzeugung unter Einbeziehung von meteorologischen Modellen und Messdaten sowie Messdaten von Energieerzeugungsanlagen: Analyse der Zusammenhänge und Daten (-quellen), (Weiter-)Entwicklung von Forecast- und Prognosemodellen für eine effiziente Einbindung der PV in das Netz, Untersuchung der Auswirkungen hinsichtlich Netzbelastung bei Einsatz von Ertragsvorhersagen. Ultrakurzfrist-Vorhersagen (Nowcasting) von Solarstrahlung auf Basis unterschiedlicher Messgeräte (Sky Cams etc.): Entwicklung von Datenerfassungs- und -aufbereitungssystemen sowie Prognosemodellen, Business Cases und Einsatzszenarien
- > Technische Ergänzung für Photovoltaikanlagen zur Notstromversorgung

Windenergie

- > Wind- und Wetterverhältnisse
 - Kurz- und Langfristprognosen
 - Turbulenzanalyse
 - Sensorsysteme
 - Modellierungen: Strömungstechnik, Windparkeffekte/ Interaktionen, Eisansatz, dynamische Lasten
- > Anlagendesign
 - Materialien (Rotorblätter, Getriebe, Generatoren, diverse Subkomponenten), Nanomaterialien (Beschichtungen), Rezyklierbarkeit
 - Fehleranalyse und Betriebsüberwachung, Langzeitverhalten
 - Mathematische Modelle zur Anlagen- und Komponentenoptimierung
- > Elektrische Systeme
 - Effizienzsteigerung (Generator, Umrichter)
 - Power Quality, Abstimmung Energieerzeugung/ mechanisches System
 - Neue Generatorkonzepte
 - Dynamische Netzdienstleistungen
- > Betriebsüberwachung und -optimierung
 - Automatisierte Überwachung (etwa Robotersysteme für Offshore- oder exponierte Windenergie)
- > Kleinwindanlagen
 - Windmessungen für Kleinwindanlagen in dicht besiedelten bzw. urbanen Gebieten
 - Sicherheitsanforderungen und Umwelteinwirkungen (Schall, Schattenwurf, Vereisung) von Kleinwindanlagen in dicht besiedelten bzw. urbanen Gebieten
- > Lebenszyklusanalysen, ökologische Aus- und Einwirkungen
- > Soziale Aspekte der Windkraftnutzung

Wasserkraft und Pumpspeichersysteme

- > Grundlagenwissen über die Wirksamkeit ökologischer Anpassungsmaßnahmen
 - Fischabstieg und Fischschutz
 - Schwall und Sunk
 - Geschiebe und Sedimentmanagement
- > Untersuchung der Herausforderungen eines flexibleren Betriebs, für den bestehende Anlagen meist nicht ausgelegt sind:
 - Teillastbetrieb und häufigere Start-Stopp-Zyklen
 - Effizienzsteigerung bestehender Anlagen sowie Monitoring- und Diagnosesysteme für Restlebensdauerprognosen
 - Unterstützung von Einsatz- und Instandhaltungsplanung
- > Erzeugungssteigerung bestehender Anlagen durch Modernisierung und Nutzung bisher ungenutzter Bauwerke mittels neuer Erzeugungstechnologien
- > Entwicklung neuer Konzepte zur Nutzung „unkonventioneller“ Standorte für Pumpspeicherkraftwerke aller Größen (z. B. Offshore/Lagunen, unterirdische oder Beschneigungsspeicher, sehr hohe/niedrige Fallhöhen, Power-Tower, Ponton-Speicher etc.) sowie Küstengebirge und Pumpen von Meerwasser
- > Werkstoffforschung für neuartige Materialien im Bau von Wasserkraftanlagen (z. B. im Druckrohrbau)
- > Digitalisierung und regelungstechnische Aufrüstung von Wasserkraftwerken und Pumpspeicherkraftwerken zur Teilnahme am zukünftigen Markt für Netzdienstleistungen und zum Einsatz als aktive Komponenten in virtuellen Kraftwerken
- > Untersuchung der Erbringung neuer Systemdienstleistungen im Hinblick auf technische Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Abnutzung der Anlage

Chemische Speicher- und Umwandlungstechnologien

Generelle Themen:

- > Dezentrale Kraft-Wärme-Koppelung durch Nutzung von Hochtemperaturbrennstoffzellen
- > Kombiniertes Betrieb (Elektrolyse und Regelbetrieb) von Hochtemperaturbrennstoffzellen
 - Erzeugung von Strom bei hohem Strombedarf
 - Elektrolysebetrieb bei hohem Stromangebot
- > Umwandlung von Strom in Wasserstoff oder andere chemische Energieträger und Wiederverstromung
- > Forschung und Etablierung von erneuerbar erzeugtem Wasserstoff zur wettbewerbsfähigen – kosteneffektiv mit ca. 0,5 €/kg H₂ – Versorgung zukünftiger Industrieprozesse

- > Power-to-Gas-Verfahren zur (lokalen) Erzeugung von Wasserstoff und Methan als Ausgangsbasis für Treibstoffe und chemische Produkte
- > Möglichkeit zur Nutzung der Energie in anderen energiewirtschaftlichen Sektoren und damit Kopplung der verschiedenen Sektoren
- > Speicherung von Energie in industriellen Erzeugnissen, wie z. B. rezyklierbare Werkstoffe und nur energieintensiv erzeugbare industrielle Vorprodukte (z. B. direktreduziertes Eisen)
- > Brennstoffzellen mit kohlenstoffhaltigen Brennstoffen
- > Brennstoffaufbereitung für Anwendung in Hochtemperaturbrennstoffzellen
- > Verhinderung von Schädigung durch Brenngasverunreinigung (v. a. H₂S, HCl)
- > Lebensdauererhöhung durch optimierte Betriebsstrategie
- > Optimierung der Integration der Peripherie, insbesondere im stationären Anwendungsbereich
- > Systementwicklung für BHKW-Anlagen (Erhöhung der Wirkungsgrade und Nutzungsgrade)
- > Brennstoffzellen mit kostengünstigen und leicht verfügbaren festen und flüssigen Brennstoffen
- > Wasserstoffspeicher

Spezifische Wasserstoffthemen:

- > Herstellung von hochreinem Wasserstoff für PEM-Anwendungen
- > Herstellung von Wasserstoff in Kleinanlagen für PEM- und SOFC-Anwendungen

Geothermie

- > Erkundung, Erschließung, Reservoirmanagement
 - Systematische Analyse vorhandener geophysikalischer Informationen und bestehender Tiefbohrungen hinsichtlich des geothermischen Potenzials (Zusammenarbeit mit Kohlenwasserstoff-Industrie) und Aufbau eines öffentlich verfügbaren Informationssystems („Geothermie-Kataster“) für die Nutzung tiefer Geothermie
 - Langfristiges und ausreichend dotiertes Förderprogramm (siehe Anteil Tiefe Geothermie im Jahr 2050 etwa 10 TWh/a)
- > Seismische Untersuchungen
 - Geothermische Detailuntersuchungen (Wiener Becken, Steirisches Becken und Molassezone) wie Definition von Geothermieaquiferen, Tiefenlagen, Mächtigkeiten, Temperaturniveaus und Störungszonen dieser Aquifere
- > Nachhaltige Nutzung von Thermalwasser
 - Simulation von Thermalwassernutzungen
 - Analyse der nachhaltigen Nutzungsmöglichkeiten von geothermischen Dubletten: Wärmehaushalt und

- hydraulische Prozesse im Bereich von Dubletten.
- Entwicklung geeigneter Werkstoffe und Komponenten aufgrund der teils sehr korrosiven Geothermalwasser
- > Monitoring
 - Entwicklung, Einrichtung und Vereinheitlichung regionaler Monitoringsysteme sowie Entwicklung von Datenerfassungs- und Interpretationsmethoden sowie Software
- > Fernwärmebereitstellung/kaskadische Nutzung/Niedertemperaturnutzung
 - Analyse und Anpassung der Wärmeversorgung von (Fern-)Wärmeabnehmern zur Absenkung der Vorlauftemperatur
 - Entwicklung innovativer Regelungskonzepte und -algorithmen für kaskadische Nutzungen in (Fern-)Wärmeversorgungen
- > Kühlung und Klimatisierung
 - Demonstrationsprojekte zur Fernkälte mittels Geothermiewärme
- > Stromerzeugung
 - Anpassung und Optimierung von Stromerzeugungsprozessen (Kalina-, ORC-Prozess) an die österreichischen geothermischen Randbedingungen (Temperatur, Schüttmenge) sowie Analyse und Entwicklung geeigneter Rückkühlkonzepte

Thermische Speicher

- > Kleinwasserspeicher
 - Weiterentwicklung und Effizienzsteigerung von Kleinwasserspeichern hinsichtlich Form, Nutzvolumen, Temperaturschichtung, flexible Konzepte für Anwendungen mit Geometrieinschränkungen, Verlust- und Kostenreduktion
 - Neue Konzepte für die Systemimplementierung (multifunktionale Speichernutzung, Systemintelligenz)
- > Großwasserspeicher
 - Weiterentwicklung der Konstruktion für Erdbeckenspeicher in Bezug auf Skalierung, Bauweisen für unterschiedliche geologische Rahmenbedingungen, Integration in urbane Umgebungen, Kostenreduktion und Verlängerung der Lebensdauer
 - Weiterentwicklung von Druckbehälterspeichern und drucklosen Behältern für die Kopplung mit Umwandlungstechnologien und KWK
 - Neue Konzepte für die Systemimplementierung (multifunktionale Speichernutzung, Energieschwammfunktion, Integration von Abwärme aus Industrie und KWK, Kopplung mit Großwärmepumpen etc.) und deren Abbildung in Simulationsumgebungen
 - Entwicklung von Simulationsmodellen hinsichtlich der Beurteilung von Speicherverlusten, Tempe-

- ratursschichtung, Be- und Entladeimpulse etc.
- Wissenschaftlich begleitete Demonstrationsprojekte
- > Niedertemperatur-Feststoffspeicher
 - Implementierung von thermisch aktivierten Bauteilen (Fundamentplatten, Decken, massive Wände etc.) in dezentrale und übergeordnete Energiesysteme
 - Kopplung mit unterschiedlichen Umwandlungstechnologien (Solarthermie, PV, Wind, Fernwärme, P2H etc.) unter Berücksichtigung der thermischen Behaglichkeit
- > Hochtemperatur-Feststoff- und Flüssigkeitsspeicher
 - Material- und Systementwicklung, Design, Betriebsführung, Prozessintegration
- > Erd- und Erdsondenspeicher
 - Weiterentwicklung von Erdspeichern unter dem Gebäude hinsichtlich Konstruktion, Be- und Entladung, sich einstellender Temperaturprofile, Regeneration, Kopplung mit Wärmepumpen, Kostenreduktion etc.
 - Entwicklung von Systemkonzepten mit Erdsondenspeichern als zentralem Element – sowohl für Niedertemperaturanwendungen (z. B. Anergienetze) als auch für die Wärmespeicherung bis zu 90° C (in Verbindung mit Solarthermie, P2H, Abwärme etc.). Bei Niedertemperaturspeichern ist die langfristige Temperaturentwicklung im Sondenfeld und damit die Notwendigkeit der aktiven Regeneration (Solarthermie, Abwärme etc.) eine zentrale Fragestellung.
- > Power-to-Heat-to-Power
 - Die konsequente Weiterentwicklung von P2H-Konzepten ist die flexible Speicherung von Überschussstrom in Form von Wärme, um diese dann bei Bedarf wieder in elektrische Energie umwandeln zu können. Hier steht die Entwicklung von Technologien im Vordergrund, die hohe Gesamtwirkungsgrade in der Umwandlungskette (z. B. thermodynamische Batterien, wie z. B. elektrothermische Energiewandlung mit Wärmepumpe und Expansionsmaschine) ermöglichen.
- > Kompakte Wärme-/Kältespeicher
 - Speicher mit höheren Energiedichten als z. B. Wasser – saisonale Speicher für Gebäudeanwendungen; Kurzzeitspeicher mit hoher Zyklenzahl in Gebäude- und Industrieanwendungen sowie netzgebundenen Erzeugungsanlagen; Elektro- und Hybridfahrzeuge sowie Schienenfahrzeuge; mobile Speicher zur Nutzung von Abwärmern in der Industrie
 - Adsorptionsspeicher und thermochemische Speicher
- > Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von Speicher-materialien (höhere volumsbezogene Energiedichten, Zyklusstabilität, Kostenreduktion etc.)
- > Entwicklung von verbesserten Reaktorkonzepten und Betriebsführung

- > Entwicklung von Konzepten zur kombinierten Nutzung (Heizen, Kühlen, Trocknen)
- > Entwicklung von Konzepten zur Systemimplementierung
 - Phasenwechselmaterialien
- > Weiterentwicklung von Eisspeicherkonzepten in Heiz- und Kühlanwendungen in Gebäuden und in der Industrie in Verbindung mit neuen Entwicklungsansätzen bei Kältemaschinen (z. B. Vakuumeismaschinen)
- > Entwicklung bzw. Weiterentwicklung von Speicher-materialien (thermische, chemische, physikalische und kinetische Eigenschaften sowie Zyklusstabilität) und Kostenreduktion
- > Entwicklung von Konzepten zur Systemimplementierung
- > Methodenentwicklung und Modellbildung auf der Ebene der Integration von Wärme- und Kältespeichern in das übergeordnete Energiesystem
 - Entwicklung von Methoden zur Modellbildung und Szenarienberechnung betreffend Implementierung von Wärme-/Kältespeichern in das Energiesystem auf unterschiedlichen Ebenen: Gebäudemassen, Siedlungen, Stadtquartiere, Stadtteile, Städte und Regionen (z. B. durch Co-Simulation)

Elektrochemische Speichersysteme

- > Erarbeitung von langfristigen und nachhaltigen Rahmenbedingungen, welche die Integration von derzeitigen und zukünftigen Batterietechnologien in das Energieversorgungssystem erlauben. Dazu zählen umfassende, erweiterte und technologieunabhängige Bewertungsverfahren in den Bereichen Performance, Sicherheit (inklusive Netzintegration) und Zuverlässigkeit
- > Forschung an Post-Lithium-Systemen (Magnesium-Ionen-Systeme, Zink-Luft-Batterien etc.)
- > Forschung an Lithium-Systemen der nächsten Generation (5V-Systeme, Lithium-Luft etc.)
- > Entwicklung von Sicherheits- und Monitoringkonzepten der nächsten Generation (z. B. Sensorik in der Zelle)
- > Wechselrichtersysteme der nächsten Generation (Galliumnitrid, Siliziumkarbid, neue Topologien etc.) für die optimale Einbindung von Batterien in das elektrische System
- > Regelungs- und Steuersysteme mit standardisierten Schnittstellen, die eine flexible Einbindung verschiedener Produkte (Batterien und Wechselrichter) ermöglichen und eine sichere (Cyber Security) Einbindung in das Energieversorgungssystem erlauben
- > Untersuchung der Möglichkeiten, wie dezentral verteilte Speicherkapazitäten unterschiedlichster Betreiber zusammengefasst, zentral verwaltet und schließlich verschiedenen Akteuren der Energiewirtschaft zur Verfügung gestellt werden können (Energy Storage Cloud). Dabei liegt der Fokus auf der Einbindung von PV-Heimspeichersystemen in das Netz.

- > Forschung und Entwicklung im Bereich des Recyclings von (Lithium-)Batterien zur Schließung von Stoffkreisläufen sowie Einsatz von ökologisch verträglichen Materialien und Komponenten in Batterien

3.6 Themenfeld 6: Transitionsprozesse und soziale Innovation

3.6.1 Allgemeine Zielsetzungen und Strategien

Die gesellschaftliche und ökonomische Transformation der kommenden Jahrzehnte

Es gibt einen breiten Konsens in den Wissenschaften, internationalen Organisationen und vielen gesellschaftlichen Bereichen, dass eine Alternative zum (gesellschaftlich) teuren „Business as usual“-Ansatz unumgänglich ist. Die sich daraus ergebenden Konflikte und Machtverschiebungen sind Teil der Fragen, die die Transitionsforschung adressiert, indem sie Veränderungen vor dem Hintergrund möglicher Gewinner und Verlierer analysiert. Bis zum Jahr 2050 werden systemische Veränderungen in Wirtschaft, Gesellschaft und Politik auch im Fall von Umstellungsverweigerung unabwendbar „passieren“.

Die Alternative dazu ist eine bewusste **Orientierung auf systemische Veränderungen**. Anstatt einer auf unkontrollierbare Brüche zulaufenden Entwicklung soll die Energiewende aus einer integrativen Perspektive heraus aktiv gestaltet werden, die alle Ebenen von Energienutzung und -bereitstellung aus erneuerbaren Primärquellen (einschließlich Bioressourcen) in „Stock-Flow-Beziehungen“ erfasst. Veränderungen in einzelnen Subsystemen müssen in diesem Kontext ebenso betrachtet werden wie Veränderungen in gesamten Volkswirtschaften, Gesellschaften und politischen Systemen. Dafür ist eine Beurteilung von ökonomischer Aktivität anhand des Wirtschaftswachstums und der Fokussierung auf monetäre Größen zu eng und erfordert eine systemische Betrachtung von Transitionsprozessen und sozialen Innovationen. Einen alternativen Zugang bietet die Orientierung an Funktionalitäten⁶⁰, die neben Stromgrößen auch immer die Bestandsgrößen für die Beurteilung der Wohlfahrtentwicklung mit einbezieht.

Das impliziert *nicht*, es müsse von einem „programmatischen Verzicht auf Energie“ ausgegangen werden, aber die Erfüllung sozialer Bedürfnisse („Funktionalitäten“) steht als

Zielgröße im Vordergrund, und nicht technische Lösungen. Die Orientierung auf Funktionalitäten ist insbesondere bei einer globalen Perspektive erforderlich.

Umriss einer Vision für ein zukunftsfähiges Energiesystem 2050 als Hintergrund für das Themenfeld „Transitionsprozesse und soziale Innovation“

Leitidee 1: Die Ausgestaltung des Energiesystems 2050 begleitet die Transformation der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Verhältnisse und trägt zu einer Energiewende bei, die auf die Steigerung von Energieproduktivität abzielt und gänzlich auf erneuerbaren Energieträgern fußt.

Leitidee 2: Das Energiesystem der Zukunft ist nicht nur effizienter, sparsamer, ressourcenschonender (...), sondern auch primär auf die Erfüllung sozialer Bedürfnisse („Funktionalitäten“) ausgerichtet. Dafür sind – nicht abschließend aufgezählt – etwa folgende Merkmale charakteristisch:

- > Weniger Mobilitätsbedarf und Transporte
- > Ausschließlich erneuerbare Primärenergie für E-Mobilität und stationäre elektrische Antriebssysteme
- > Für Raumwärme und -kühlung in privaten und öffentlichen Gebäuden ist keine externe Energiezufuhr mehr notwendig.
- > Dezentralisierung der Energieversorgung; kleinere Einheiten, KonsumentInnen sind auch ProduzentInnen („E-Prosumer“)
- > Der regulatorische und institutionelle Rahmen (inkl. europäischer Regulierungen) ermöglicht das Energiemanagement nach Funktionalitäten.

Grundsätzliche Orientierung und Ziel energiepolitischer Maßnahmen ist die Sicherung und Weiterentwicklung des Gemeinwohls (der allgemeinen Wohlfahrt) durch Begrenzung des Klimawandels und sozioökonomische Umstellung (Transition).

In der wirtschaftspolitischen Diskussion kommt Transitionsprozessen und sozialen Innovationen eine bedeutendere Rolle zu, als sich dies bisher in der Forschung und – daraus abgeleitet – in der Politikberatung widerspiegelt. Das Themenfeld „Transitionsprozesse und soziale Innovation“ stellt eine wichtige Komponente der Energieforschung dar, um das Wissen über Transitionsprozesse zu erhöhen, damit ein tieferes Verständnis des sozialen und ökonomischen Wandels zu erlangen und so die Grundlagen für eine bessere Steuerung zu legen. International stellt dieser Forschungsbereich ein junges und innovatives Forschungsfeld dar, das unterschiedliche Wissenschaftsdisziplinen vor neue Herausforderungen stellt.

⁶⁰ Unter der Projektleitung des WIFO (Projektkoordination Angela Köppl, Projektpartner Umweltbundesamt, Wegener Center der Universität Graz und IASA) wurde das Projekt ClimTrans2050 fertiggestellt. Das Projekt hatte die Entwicklung eines Forschungsplans für ein Open-Source-Modell für Österreich zum Inhalt. Der Forschungsplan baut dabei auf einem im Projekt entwickelten Modellrahmen auf, der Funktionalitäten (Wohnen, Mobilität u. a.) letztlich als Ziel ökonomischer Aktivität definiert (<https://climtrans2050.wifo.ac.at>, http://www.wifo.ac.at/publikationen/monographien?detail-view=yes&publikation_id=58890).

Das Themenfeld birgt das Potenzial eines Vorreitervorteils („First Mover Advantage“) – und das in zweierlei Hinsicht:

- > aus der Profilierung der österreichischen Forschungslandschaft;
- > durch die Entwicklung und Bereitstellung von Lösungskompetenz in der Umsetzung.

Die Forschung soll auf folgende Ziele ausgerichtet sein:

- > Lösungskompetenzen und -kapazitäten zur Dekarbonisierung in allen Wirtschafts- und Lebensbereichen aufbauen
- > Grundlagen für ein Energiesystem schaffen, das innerhalb von Emissionszielen menschliche Entwicklung fördert, umfassende Sicherheit und soziale Gerechtigkeit gewährleistet
- > Übergreifende Kohärenz aller technologischen und nicht-technischen Optionen für die Energiewende in sämtlichen Bereichen des Energiesystems schaffen
- > Konzepte und Indikatoren für eine alternative Beurteilung ökonomischer Prozesse weiterentwickeln: zum Beispiel die Orientierung an Funktionalitäten für Wohlfahrtentwicklung statt der herkömmlichen Orientierung an Wirtschaftswachstum
- > Hemmende Faktoren reduzieren und fördernde Bedingungen schaffen, unter denen Akzeptanz in der Bevölkerung zu Dekarbonisierung entwickelt werden kann (Werthaltungen, Einstellungen, Verhalten, institutionelle Veränderungen etc.)
- > Erfassung und Analysen der gesamten energetischen Wertschöpfungskette, denn die Energiewende betrifft nicht nur Elektrizität, sondern alle Primärenergieformen und Energienutzungen
- > Produktivitätssteigerung und Maßnahmen zur Verlagerung bzw. Umformung von Energiegewinnung und Energieeinsatz zur Reduktion von Energiebedarf und Emissionen

Strategische Leitlinien für das Forschungsfeld Transitionsprozesse und soziale Innovation

- > Überwinden von Systemgrenzen und Pfadabhängigkeiten
- > Orientierung an Funktionalitäten (Wohnen, Mobilität, Ernährung oder energiebezogene Funktionalitäten wie thermisch, mechanisch, elektrisch) als Ergebnis der Interaktion zwischen Beständen (Stocks: Gebäude, Maschinen etc.) und Flussgrößen (Flows: Energie, weitere [natürliche] Ressourcen). Dies geht über die vorwiegend auf Flussgrößen ausgerichtete ökonomische Perspektive hinaus; die Weiterentwicklung und Operationalisierung dieser Perspektive spielt in diesem

Themenfeld eine wichtige Rolle – aber auch für produktiven Austausch und Kooperation mit der Forschung in anderen Themenfeldern.

- > Entwicklung und Praxistest von sozialen Innovationen durch die Schaffung von Experimentierfeldern (Erprobung von neuen Lebensformen; Upscaling von Innovationen) und Einrichtung von „Reallaboratorien“.
- > Als allgemeine strategische Leitlinie sollten eine längerfristige Perspektive, die Möglichkeit zu größeren und integrierten Projekten sowie Risikotoleranz in der Forschung gelten.
- > Komplementarität zu nationalen und internationalen Forschungsaktivitäten sichern

3.6.2 Thematische Schwerpunkte

Die zwei im Titel angeführten Forschungsfelder betreffen einerseits die Bestimmung von Transition als Ziel und Prozess, andererseits die Potenziale, Einsatzmöglichkeiten und Entwicklung von wirksamen sozialen Innovationen zur Verwirklichung energiepolitischer Zielsetzungen.

Ein konkretes Ziel – Dekarbonisierung, verstanden als kohlenstofffreie Wirtschaft und Gesellschaft, bis 2050 – ist vorgegeben, aber dabei handelt es sich um ein „Moving Target“: Massive soziale, wirtschaftliche und kulturelle Transitionen sind ständig und vielfältig in Gang. Auch bei gelungener Dekarbonisierung wird die Gesellschaft des Jahres 2050 weiterhin dynamisch in Veränderung bleiben, weil weder soziale noch wirtschaftliche oder ökologische Prozesse des Wandels zu einem bestimmten Zeitpunkt quasi eingefroren werden können. Das Leben der Menschen und die Formation der Gesellschaft wird weiterhin davon bestimmt werden, ob und wie staatliche oder transnationale Institutionen den Sozialstaat erhalten und Umverteilung von exzessivem, demokratische Grundlagen gefährdendem Reichtum zustande bringen werden. Die seit Jahrzehnten global, einschließlich hoch industrialisierter Wohlstandsregionen zunehmende Ungleichheit hat unmittelbare Effekte im Bereich der Energie- und Klimapolitik – wobei sich negative wie auch positive Veränderungen in diesem Komplex von Wechselwirkungen gegenseitig verstärken können.

Dekarbonisierung ist eines der wichtigsten Ziele, welche Ausmaß und Richtung der Transition bis 2050 bestimmen werden. Um zu einem solchen Ziel zu kommen, ist Back-Casting erforderlich, nämlich die Ableitung von diversen Schritten, Maßnahmen, Strategien und Konzepten, die hinter einer Verwirklichung des Ziels stehen können. Die Abkehr von einer kohlenstoffbasierten Wirtschaft ist ein Eingriff in multiple und interdependente Prozesse (Einzelentscheidungen, Abhängigkeiten, Kettenreaktionen usw.),

der auf beträchtliche Hindernisse, Ablenkungen und Widerstände aufgrund gegebener Interessen – von individuellen Erwartungen und Verhaltensweisen der Menschen (BürgerInnen, Familien, spezifische Gruppierungen) bis zu mächtigen Interessenverbänden, organisierten politischen und wirtschaftlichen Akteuren – trifft.

Dekarbonisierung und ein Energiesystem wie in der skizzierten Vision sind selbst Mittel zum Zweck der Erfüllung des Zwei-Grad-Ziels (optimal 1,5° C). Für das übergeordnete Zwei-Grad-Ziel sind weitere Ziele zu definieren und ihre Ausgangspunkte, Machbarkeit, Folge- und Wechselwirkungen zu erforschen. Dazu gehören z. B. Fragen der Auswirkungen und allfällige Korrekturen von Regulierungen wie der transnationalen Liberalisierung der Elektrizitäts- und Gasmärkte, die Forcierung des internationalen Wettbewerbs, Privatisierung und steigende Abhängigkeit nationaler Ökonomien von internationalen Investitionen. Darüber hinaus dürfen gesellschaftspolitische Grundsätze wie Solidarität und Demokratie sowie ihre potenziellen Veränderungen nicht außer Acht gelassen werden. Unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit schließt Forschung zu sozialökologischer Transformation alle Aspekte der Nachhaltigkeit ein und berücksichtigt insbesondere die soziale Dimension. Um mittel- und langfristige Maßnahmen begründen, anleiten und ihre Wirksamkeit evaluieren zu können, sind sowohl grundsätzliche wie auch unmittelbar praxisbezogene Fragestellungen zu bearbeiten.

Zu den grundlagenorientierten Fragestellungen zählen:

- > Wie können mit dem Klimawandel und einer grundlegenden Umgestaltung des Energiesystems einhergehende Transitionsprozesse besser verstanden, analytisch erfasst und in öffentlichen Diskursen kommuniziert werden?
 - > Analysen der Ausgangssituation und Chancen der Transition
 - Einstellungs-, Werte- und Verhaltensmuster bzw. Bereitschaft zu Verhaltensänderungen, Innovationen anzunehmen oder selbst an deren Entwicklung teilzunehmen
 - Auswirkungen von Einkommens- und Vermögensunterschieden auf Zugang zu Energie und Leistbarkeit („Energiearmut“, Verfügbarkeit, Effekte von spezifischen Situationen, wie z. B. Arbeitslosigkeit und Lebensphasen)
 - > Grundlagen und Entwicklung der Transitionsforschung
 - Historische, ökonomische, soziologische, psychologische und kulturwissenschaftliche Konzepte, Theorien, Fallbeispiele, empirische Studien, Berichte
 - Lernen von anderen, Organisation von Konferenzen, Entwicklung von Trainings- und Ausbildungskursen
 - > Wissenschafts- und Innovationsforschung zur Förderung des Aufbaus und der Weiterentwicklung von erforderlichen Forschungskapazitäten und -kompetenzen
 - > Akzeptanz-, Bewusstseins- und Verhaltensforschung (z. B. zu Nutzungs- und Systeminnovationen in der Personenmobilität: Entscheidungsparameter Fahrzeugwahl)
 - > Evaluierung und Entwicklung rechtlicher und organisatorischer Rahmenbedingungen
 - > Konzepte des ökonomischen und sozialen Metabolismus (Material- und Energieflüsse, sozialer Wandel, Demografie, Migration und Diversität)
 - > Soziokulturelle Lernprozesse über soziale Bedürfnisse, gesellschaftliche Herausforderungen und systemische Transition („Tipping Points“, Systemanalysen, Komplexitätsforschung etc.)
 - > Erweiterung des Innovationsparadigmas über Technologien (Produkte und Verfahren) und Unternehmenskonzepte (Organisationsentwicklung, Marketing) hinaus; Wandel der Innovationskultur; dementsprechend muss in der FTI-Förderung grundsätzlich die gesamte Innovationskette berücksichtigt werden.
 - > Spezifische Potenziale bzw. Ansatzpunkte sozialer Innovationen angesichts von Innovationserfordernissen in Wirtschaft, Gesellschaft und Kultur
 - > Grundlagen, Einleitung und Begleitung von Prozessen des Übergangs von Energieversorgungssystemen zu Energiefunktionssystemen
 - > Welche Hindernisse stehen der Umsetzung von Wissen in Handeln im Weg?
 - Dominanz bewahrender Paradigmen (Wachstum, Knappheit, Objektivierung)
 - Macht, politische und Partikularinteressen, Hierarchien, institutionelle und persönliche Netzwerke
 - Ungleichheit, Exklusion, Unwissen, unzureichende Bildung und mangelnde Partizipationsmöglichkeiten
- Praxisbezogene Fragestellungen**, die Kurz- Mittel- und Langfristperspektiven (bis 2030, 2050) betreffen und in verschiedenen Fachbereichen, aber im Wesentlichen inter- bis transdisziplinär analysiert werden sollen:
- > Entwicklungspfade, Pfadabhängigkeiten, AkteurInnen und Aktionen des Wandels (z. B. Pioniere, nachhaltige Praktiken), transformatives Handeln (z. B. E-produzierende statt E-konsumierende Gesellschaft; „E-Prosumer-Gesellschaft“), Analyse und Minderung von Zielkonflikten
 - > Einleitung und Steuerung von Transitionsprozessen
 - Angewandte Transitionsforschung, Laboratorien und „Experimentierfelder“
 - Verstehen, Interpretation und Anregung von politischen, sozioökonomischen, soziotechnischen und sozialökologischen Prozessen

- > Kommunikations- und Diskursanalysen in Themen- und Experimentierfeldern (missionsorientierte Wissensproduktion), Anwendung und Praxistests für Szenariotechniken, Forecasting-, Foresight- und Backcasting-Methoden
- > Gestaltung von technischen und sozialen Infrastrukturen in verschiedenen sozioökonomischen Kontexten und überlappend mit Forschung in anderen Themenfeldern; Realisierung dezentraler Strukturen mit entsprechenden Leitungen und technischen Netzen, die durch Digitalisierung und kommende Technologien ermöglicht werden
- > Kooperation und Konkurrenz, Kreislaufwirtschaft und Alternativen zur Preisbildung auf Finanzmärkten ohne Berücksichtigung der Funktionalitäten
- > Ressourcenmanagement: Analyse von Unterschieden subjektiver und objektiver Art betreffend funktionale Bedürfnisse und ihre Erfüllung mit dem Ziel der Sicherung verlässlicher und umfassender Vorsorge (Wohnen in Verbindung mit Themenfeld „Gebäude und urbanes System“; Mobilität in Verbindung mit „Verkehrs- und Mobilitätssystemen“; Arbeit in Verbindung mit „industriellen Energiesystemen“ und Dienstleistungen; Sicherheit in Verbindung mit „Energiesystemen und -netzen“, aber auch Umwandlungs- und Speichertechnologien)
- > Wie kann der Beitrag von sozialen Innovationen zu nachhaltigem Energiemanagement bzw. zu Umstellungsmaßnahmen und -strategien definiert und gemessen werden?
- > Feasibility-Studien für komplementäre/alternative Entwicklungen: Wann und wofür welche Arten von sozialen Innovationen?
- > Bedingungen und Methoden für die erfolgreiche Entwicklung und Implementierung von sozialen Innovationen
- > Formen und Dynamik von sozialen Innovationen: radikale versus inkrementelle Innovationen; soziale Innovationen von bedarfsorientierten bis zu systemischen sozialen Innovationen („Game Changer“)
- > Vergleichende Studien zur Durchsetzung und Verbreitung (Diffusion) von sozialen Innovationen
- > Wirkungsanalysen und Entwicklung von institutionellen Rahmenbedingungen und Instrumenten (z. B. Raumplanung) für nachhaltige Veränderungen; dabei ist insbesondere darauf Bedacht zu nehmen, dass bei allen Innovationsprozessen nicht nur die Investitionsphase, sondern auch die Betriebsphase von hoher Relevanz ist.
- > Vertiefung und Erneuerung von theoretischen und empirischen Studien über Lebensstile/Lebensweisen/Lebensführung/Wirtschafts- und Politiksysteme
- > Wandel der Rolle sozialer Innovationen im Lauf von Transitionsprozessen: soziales und kulturelles Lernen

- > Vorbereitung und Methoden zur Intervention für Energiesicherheit im Fall von Extremereignissen – unabhängig davon, ob diese klimatisch, politisch, sozial oder wirtschaftlich bedingt sind.

Systemisch ausgerichtete Forschung

Bei grundlegenden Transformationen des Energiesystems greifen Innovationen und regulierende Maßnahmen in technische, ökonomische und soziologische Systeme und Wirkungszusammenhänge ein, was sich aufgrund unterschiedlicher Voraussetzungen etwa in verschiedenen Innovationsregionen entsprechend unterschiedlich auswirken kann.

Die Wirkungsforschung hat dementsprechend alle Dimensionen einer nachhaltigen innovativen Entwicklung in den Blick zu nehmen:

- > Umwelteffekte (überraschende Auswirkungen auf Klimaschutzziele durch komplexe Wirkungsketten und/oder Reboundeffekte – insbesondere im Zusammenspiel mit Marktverzerrungen)
- > Sozioökonomische und soziotechnische Fragestellungen (Governance, Technisierung, Digitalisierung, Verteilungsgerechtigkeit etc.)
- > Rechtsrahmen und Marktdesign
- > Wissenschaft als neutrale Feedback-Instanz (systematisches Aufzeigen von Zielkonflikten, Bereitstellung von vorausschauenden, partikularinteressensfreien Priorisierungshilfen, Erkennen von Ursache-Folgen-Geflechten – insbesondere Fehlentwicklungen, Bereitstellung von Bewertungshilfen, wie z. B. ganzheitliche Kosten-Nutzen-Analyse)
- > Bildung und Ausbildung (z. B. interdisziplinäre Zusammenführung von IKT/Energiewirtschaft-Themen bzw. technischen und sozioökonomischen Aspekten)
- > Kulturelle Einbettung und Berücksichtigung allgemein zivilisatorischer Entwicklungen einschließlich ethischer Problemstellungen

4 THEMENVERANTWORTLICHE UND INVOLVIERTE EXPERTINNEN

Energiesysteme und -netze

Themenverantwortung:

Michael Hübner, Michael Wedler

Hans Auer, TU Wien | Hemma Bieser, Avantsmart | Helfried Brunner, AIT | Hubert Fechner, FH Technikum Wien | Werner Friedl, AIT | Erika Ganglberger, ÖGUT | Wolfgang Gawlik, TU Wien | Andrea Kollmann, Energieinstitut Linz | Klaus Kubeczko, AIT | Natalie Prügler, Moos Moar Energies | Wolfgang Prügler, Moos Moar Energies | Kurt Reichinger, RTR | Walter Schaffer, Salzburg Netz | Stefan Vögel, E-Control

Gebäude und urbanes System

Themenverantwortung:

Isabella Zwerger, Hannes Warmuth

Brigitte Bach, AIT | Thomas Bednar, TU Wien | Michael Cerveny, Energy Center Wien | Claudia Dankl, ÖGUT | Johannes Fechner, 17&4 | Karl Höfler, AEE INTEC | Helmut Schöberl, Schöberl & Pöll GmbH | Hans-Günther Schwarz, bmvit | Helmut Strasser, SIR | Bernd Vogl, Stadt Wien, MA 20

Industrielle Energiesysteme

Themenverantwortung:

Elvira Lutter, Horst Steinmüller

Enno Arenholz, voestalpine AG | Leo Arpa, Mondi AG | Thomas Fleckl, AIT | Michael Fuchs, Vereinigung der Österreichischen Industrie | Markus Haider, TU Wien | Markus Lehner, MUL | Otmar Schneider, OMV AG

Verkehrs- und Mobilitätssystem

Themenverantwortung:

Evelinde Grassegger, Andreas Dorda

Andreas Blust, bmvit | Franz Heitmeier, TU Graz | Ingrid Kernstock, bmvit | Sarah Krautsack, bmvit | Wolfgang Kriegler, FH Joanneum/A3PS | Dietrich Leihls, Universität Žilina | Martin Reis, Energieinstitut Vorarlberg | Walter Wasner, bmvit | Astrid Wolfbeisser, A3PS

Umwandlungs- und Speichertechnologien

Themenverantwortung:

Theodor Zillner, Werner Weiss, René Albert

Hubert Fechner, FH Technikum Wien | Thomas Fleckl, AIT | Christian Fink, AEE INTEC | Walter Haslinger, Bioenergy 2020+ | Christoph Hochenauer, TU Graz | Kurt Könighofer, Joanneum Research GmbH | Kurt Leonhartsberger, FH Technikum Wien | Florian Maringer, IG Windkraft | Fabian Ochs, Uni Innsbruck | René Rieberer, TU Graz | Peter Stettner, Andritz AG | Christoph Strasser, Bioenergy 2020+ | Andreas Werner, TU Wien | Richard Zweiler, Güssing Energy Technologies

Transitionsprozesse und soziale Innovationen

Themenverantwortung:

Daniela Kain, Josef Hochgerner

Angela Köppl, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung | Sigrid Stagl, WU Wien – Institute for Ecological Economics | Klaus Kubeczko, AIT

5 WEITERFÜHRENDE PUBLIKATIONEN

Analysepapier zur Auswertung des Konsultationsprozesses

Dieses Themenpapier knüpft an das, zu Prozessbeginn erarbeitete, Thesenpapier an, welches im Zuge eines öffentlichen Beteiligungsverfahrens – im Zeitraum von August bis Oktober 2016 – ExpertInnen sowie der interessierten Öffentlichkeit die Möglichkeit einräumte, die vorgeschlagenen thematischen Schwerpunkte und Ziele zu kommentieren und gemeinsam Lösungsansätze zu formulieren. Alle eingelangten Stellungnahmen, Kommentare und Anliegen wurden im Anschluss daran fachlich geprüft, allenfalls mit Beteiligten diskutiert und nachvollziehbar in das Themenpapier eingearbeitet. Die Dokumentation dieser Auswertung ist im dazugehörigen Analysepapier dokumentiert und auf der Website e2050.at (<http://bit.ly/2laziH6>) veröffentlicht.

Nationale Roadmaps und strategische Papiere

Technologieroadmap Smart Grids Austria <http://bit.ly/2lHaOTD>

Strategic Research Agenda zur Entwicklung eines intelligenten Energiesystems in und aus Österreich <http://bit.ly/2kYOF3m>

Technologie-Roadmap für Photovoltaik in Österreich <http://bit.ly/2kiB7T3>

Österreichische Technologie-Roadmap für Wärmepumpen <http://bit.ly/2lFAtes>

Roadmap „Solarwärme 2025“ – eine Technologie- und Marktanalyse mit Handlungsempfehlungen <http://bit.ly/2l6mvG7>

Gesamtverkehrsplan für Österreich <http://bit.ly/2l6mOR6>

FTI-Strategie für Luftfahrt 2020plus <http://bit.ly/2kJApwM>

EcoMobility 2025plus <http://bit.ly/2kiM7Qq>

BMVIT-Programm „Mobilität der Zukunft“. Forschungs-, technologie- und innovationspolitische Roadmap zur Ausrichtung des Innovationsfelds Gütermobilität <http://bit.ly/2l6euB4>

FTI-politische Roadmap zur Ausrichtung der FTI-Maßnahmen „Mobilität der Zukunft“ im Themenfeld „Personenmobilität innovativ gestalten“ <http://bit.ly/2kiF628>

F&E-Fahrplan Energieeffizienz in der energieintensiven Industrie <http://bit.ly/2kJDcGd>

F&E-Fahrplan Energieeffizienz in der Textil- und Lebensmittelindustrie <http://bit.ly/2lAzGQv>

Internationale Roadmaps und strategische Papiere

Final 10-year ETIP SNET R&I roadmap covering 2017-26 <http://bit.ly/2laBa2u>

Energy Technology Perspectives 2016 – Towards Sustainable Urban Energy Systems <http://bit.ly/2lAnWNR>

IEA Technology Roadmap Wind Energy (2013 edition) <http://bit.ly/2lHhKQP>

IEA Technology Roadmap Solar Photovoltaic Energy (2014 edition) <http://bit.ly/1zp91C8>

International Technology Roadmap for Photovoltaic Results 2015 including maturity report <http://bit.ly/2kbnKcS>

EU Hydro Equipment Technology Roadmap <http://bit.ly/2layB0J>

Global Technology Roadmap <http://bit.ly/2kYZp1B>

Geothermal Technology Roadmap <http://bit.ly/2l6c2KG>

IEA Technology Roadmap Solar Heating and Cooling (2012) <http://bit.ly/2kJBlBi>

Solar Heating and Cooling Technology Roadmap <http://bit.ly/2kBmKpe>

IEA Technology Roadmap Energy Storage <http://bit.ly/2lFMH7j>

European Energy Storage Technology Development Roadmap towards 2030 <http://bit.ly/2kiGx0n>

IEA Technology Roadmap Bioenergy for Heat and Power <http://bit.ly/2lFjiVY>

Biomass Technology Roadmap <http://bit.ly/1EkjVMz>

ALICE Vision: Physical Internet 2050 <http://bit.ly/2l6cSHJ>

ERTRAC Roadmaps <http://bit.ly/2lFCckm>

ACARE Flightpath 2050 <http://bit.ly/2lFCiZg>

Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050 <http://bit.ly/2knu2vD>

6 VERZEICHNISSE

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Themenfelder der Energieforschung	12
Abbildung 2: Interaktionen und Sektorkopplung zwischen den Energienetzen	13
Abbildung 3: Energiemanagement mit Smart Grids	14
Abbildung 4: Wärmenetze der Zukunft	15
Abbildung 5: Kommunales Energiesystem mit verschiedenen Wandlungsprozessen unter Einsatz erneuerbarer Energiequellen und Sektorkopplung zwischen den Netzen	17
Abbildung 6: Energiespeicher als Kernelement der Sektorkopplung	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Energieforschungsausgaben im internationalen Vergleich, Anteil am BIP	10
--	----

Publikationen zur Strategie

 STRATEGIE

 THEMENPAPIER

 ZUSAMMENFASSUNG

