Bericht aus dem Leitvorhaben „Trends für die Energieforschung“ Teilprojekt A: „Technologien für die Energiewende“

Überblick über das Projekt und erste Ergebnisse

26. Juni 2017 |

Dena-Dialogforum Integrierte Energiewende

Prof. Dr. Manfred Fischedick, Dr. Peter Viebahn, Ole Soukup, Christoph Zeiss

Wuppertal Institut

Überblick

Vorstellung des Projekts und Hintergrund

Halbzeit der Bewertung – erste Ergebnisse

Ausblick

Vorstellung des Projektes

- BMWi-Leitprojekt „Trends und Perspektiven der Energieforschung“
- Teilprojekt A: „Technologien für die Energiewende“
- **Teil 1: Systematische Bewertung von „Energiewende-Technologien“ (Status und Perspektiven, multikriterielle Technologieabewertung, resultierender F&E-Bedarf)**
- **Teil 2: Entscheidungsunterstützung bei über F&E-Projekte hinausgehender Förderung**
- 3 Verbundpartner
  - Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)
  - IZES - Institut für Zukunftsenergiesysteme
  - Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie
- 10 Technologiepartner im Unterauftrag

Teil 1: Systematische Technologiebewertung

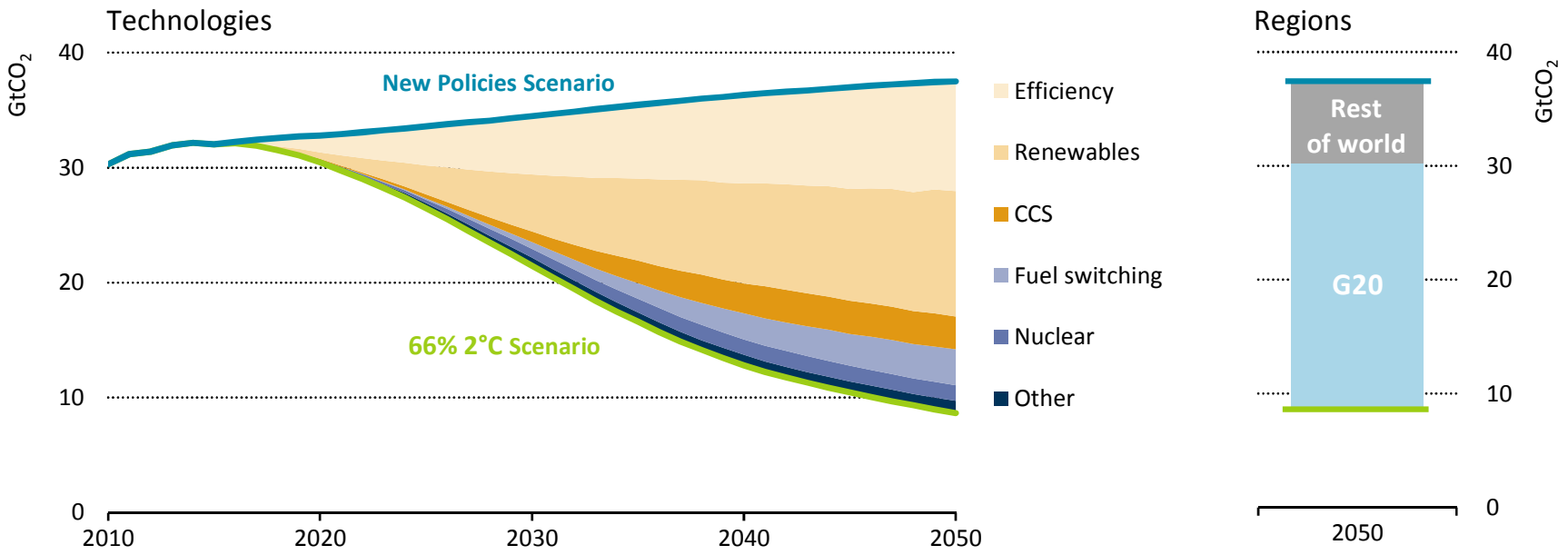
Ausgangsbedingungen und Zielsetzung

- **Energiewende ist national wie global Synonym für ambitionierte und vielschichtige Zielsetzung**

- **Umsetzung der Energiewende erfordert einen Mix unterschiedlicher Technologien**
  - Viele Technologien schon weitestgehend entwickelt und marktreif
  - Zahlreiche Optionen in der Umsetzung sind noch auf passende marktwirtschaftliche Rahmenbedingungen angewiesen
  - Energiewende erfordert aber darüber hinausgehende Beiträge – resultierende F&E(D)-Anforderungen in Bezug auf
    - die Weiterentwicklung von Technologien
    - die Bereitstellung von komplementären Technologien (z. B. Speicher, Netze)
    - das Schließen von Technologielücken
- **Energiewende braucht eine starke Energieforschung (nationale und internationale Kooperation)**

- **Insbesondere im Bereich Klimaschutz ist national wie global noch eine große Lücke zu schließen**

Figure ES.1 • Global emissions abatement by technology and region in the 66% 2°C Scenario relative to the New Policies Scenario



Note: The New Policies Scenario reflects the implications for the energy sector of the NDCs of the Paris Agreement.

Source: IEA World Energy Outlook 2016

Wuppertal Institut
izes gGmbH Institut für ZukunftsEnergieSysteme
Fraunhofer ISI

Steigende Herausforderungen für Identifikation und Bewertung von Technologien in einem komplexen und dynamischen Umfeld

- Hohe Dynamik hinsichtlich der technischen, gesellschaftlichen sowie energiepolitischen und –wirtschaftlichen Rahmenbedingungen
- Erhöhte Komplexität im Energiesystem (u. a. deutlich gestiegenes Maß an Wechselwirkungen im Energiesystem - Sektorenkopplung)
- Neue technologische Möglichkeiten mit Anwendungspotentialen im Energiesystem (z.B. Digitalisierung)
- Energiewende als Teil vielschichtiger Mega-Trends (z.B. Urbanisierung, Globalisierung, Individualisierung, Aging Society)
- Vielfalt an gesellschaftspolitischen Zielsetzungen (z. B. Klimaschutz, ges. Akzeptanz, Exportpotenzial, Innovationstreiber)

➔ **führt zu Bedarf an Orientierungswissen und systematischer (kriterienbasierter) vergleichender Technologiebewertung**

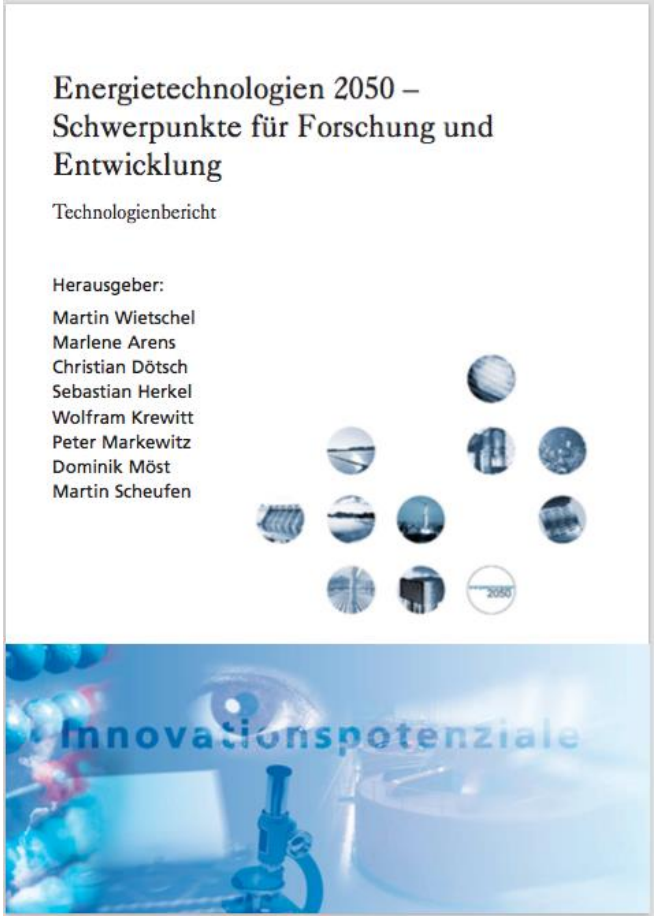
Systematische Technologiebewertung

- 6 Technologiebereiche mit 25 Technologiefeldern
  1. Erneuerbare Energien
  2. Konventionelle Kraftwerke
  3. Infrastruktur (Netze, Speicher)
  4. Technologien für die Sektorkopplung (PtX)
  5. Energie- und Ressourceneffiziente Gebäude
  6. Energie- und Ressourceneffizienz in der Industrie
- Zusätzlich Bewertung von Iuk/Digitalisierung sowie Elektromobilität soweit direkte energiewirtschaftliche Bezüge (PKW und Hybrid-Oberleitungs-LKW)
- 12 Bewertungskriterien
- Abgleich der mit Energiewende verbundenen technologischen Herausforderungen mit Status und Perspektiven der F&E sowie **Identifikation von Innovationslücken**
- **Ableitung von F&E–Empfehlungen** und damit Bereitstellung von Orientierungswissen zur Weiterentwicklung des Energieforschungsprogramms

Teil 1: Systematische Technologiebewertung

Rahmenbedingungen

- Anknüpfung an 2009er Studie für das BMWi „Energietechnologien 2050“
- Aktualisierung, Erweiterung und umfangreichere neue Bewertung aller dort betrachteten Technologien
- Erweiterung um Technologiefelder u. a.
  - Power-to-gas via Methanisierungsrouten
  - Power-to-liquids und Power-to-chemicals
  - Low-carbon Technologien und Ressourceneffizienz in der Industrie
- Ausweitung der Bewertungskriterien (Marktpotenzial, Beitrag zur Ressourceneffizienz, gesellschaftliche Akzeptanz, Stand und Trends von F&E im int. Vergleich, Systemkompatibilität)
- Bezugsszenarien mit Zielwert minus 80 % und minus 95 % THG-Emissionen



Teil 1: Technologiebewertung im Detail

Kriterienraster

I Förderrelevanz

- Kriterium 1: Vorlaufzeiten
- Kriterium 2: F&E-Risiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

II Klimapolitik und Energiewirtschaft

- Kriterium 3: Marktpotenziale
- Kriterium 4: Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionszielen
- Kriterium 5: Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz
- Kriterium 6: Kosteneffizienz

III Positionierung deutscher Unternehmen

- Kriterium 7: Inländische Wertschöpfung
- Kriterium 8: Stand und Trends von F&E im internationalen Vergleich

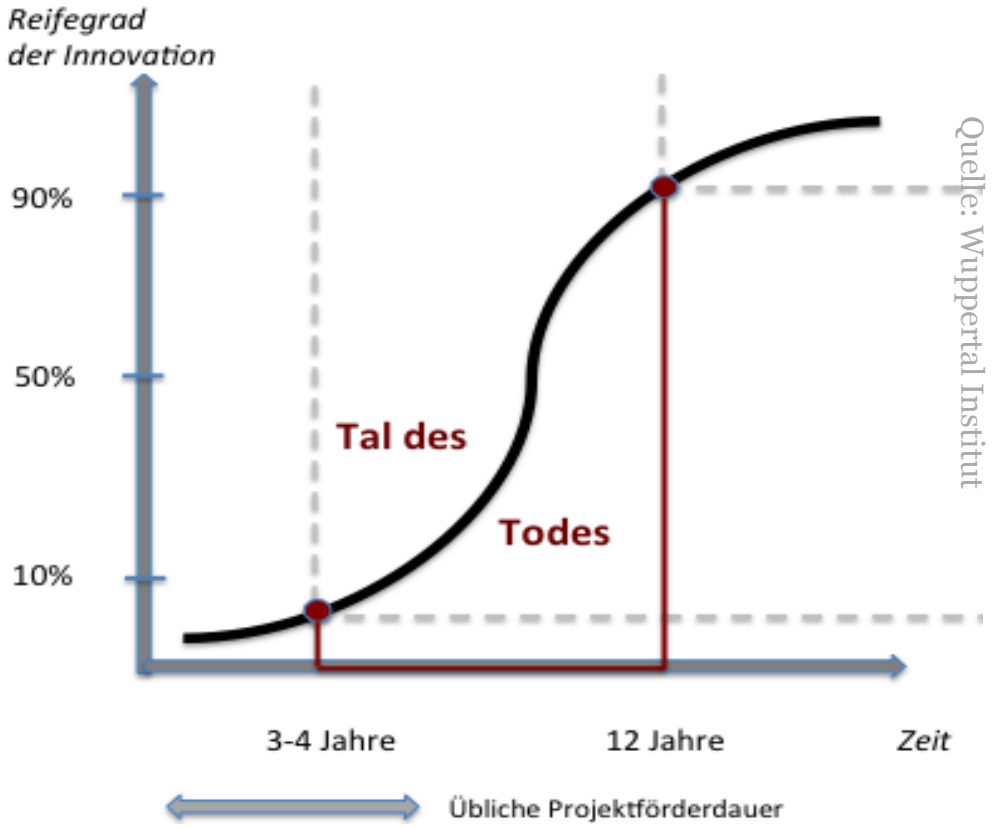
IV Technologieoffenheit & Systemaspekte

- Kriterium 9: Gesellschaftliche Akzeptanz
- Kriterium 10: Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit, Reaktionsfähigkeit
- Kriterium 11: Abhängigkeit von Infrastrukturen
- Kriterium 12: Systemkompatibilität

Teil 2: Exkurs - Entscheidungsunterstützung bei Förderanträgen

Ausgangsbedingungen und Zielsetzung

- „Tal des Todes“ zwischen Forschungsförderung und wirtschaftlicher Verwertung
- Frage zu Fördermöglichkeiten und sinnvollem Umfang einer Förderung jenseits von F&E-Projekten
  - Marktumfeld und spez. Hemmnisse beeinflussen Förderbedarf
  - Förderung Aufgabe von Industrie und öff. Hand
  - Begrenzte Mittel schränken Möglichkeiten ein



- **Bedarf für einen Ansatz zur Entscheidungsunterstützung bei der Förderung von**
  - Anwendungsnahen (Pilot- und Demo-) Forschungsmaßnahmen sowie darüber hinausgehenden Maßnahmen (Modellvorhaben, Feldtests)

Überblick

Vorstellung des Projekts und Hintergrund

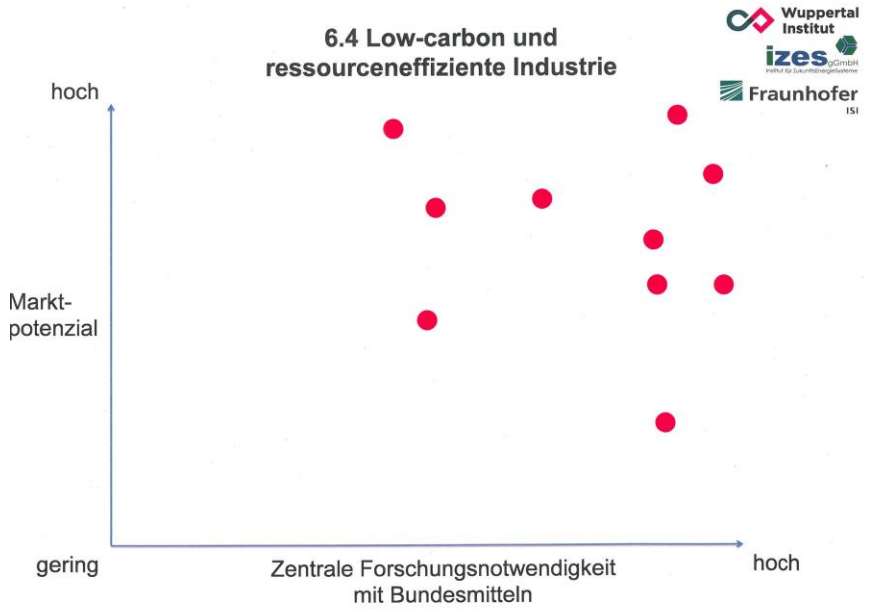
Halbzeit der Bewertung – erste Ergebnisse

Ausblick

Halbzeit der Bewertung

Erste Ergebnisse

- **Technologiebewertung**
  - Technologieberichte liegen im Entwurf vor
  - Technologie-Steckbriefe stellen ergänzend eine Kurzfassung der Berichte dar und geben ersten Einblick in den F&E-Bedarf
- **Interne Reviewphase und Überarbeitung**
  - Zeitraum Mai – Juni
- **Externe Reviews**
  - Expertenworkshops auf der BMWi-Konferenz Zukunft der Energieforschung in Deutschland (02. Mai 2017)



Halbzeit der Bewertung

Erste Ergebnisse

- **Technologiebewertung**
  - Technologieberichte liegen im Entwurf vor
  - Technologie-Steckbriefe stellen ergänzend eine Kurzfassung der Berichte dar und geben ersten Einblick in den F&E-Bedarf
- **Interne Reviewphase und Überarbeitung**
  - Zeitraum Mai – Juni
- **Externe Reviews**
  - Expertenworkshops auf der BMWi-Konferenz Zukunft der Energieforschung in Deutschland (02. Mai 2017)
  - 760 Rückmeldungen aus der Online-Umfrage unter den Mitgliedern der BMWi-Energieforschungsnetzwerke
  - Abgleich mit europäischen (SET-Plan) und internationalen Analysen (IEA Tracking Clean Energy Innovation Progress)
- **Finale Technologieberichte** im Sommer 2017

Drei Beispiele für ausgewählte Ergebnisse der multikriteriellen Bewertung (Fokus: F&E-Bedarf)

- Energiebereitstellung: Photovoltaik
- Energie- und Ressourceneffizienz in der Industrie: Low-carbon Technologien
- Sektorenkopplung: Power to Gas (Wasserstoff) (inkl. Beispiel für Steckbrief)

Vorläufiges Ergebnis Photovoltaik ...

... als Beispiel für Energiebereitstellung

- **Betrachtete Technologien**
  - A: Solarzellen und Module (TRL=2-9)
  - B: PV-Fertigungs- und Anlagentechnik sowie Produktionsmittel (TRL=3-9)
  - C: Systemtechnik (TRL=3-9)
  - D: Angrenzende Technologien (TRL=3-9)
- **F&E – Bedarf**
  - A: Höhere Wirkungsgrade, Materialeinsparung/-ersatz, flexible, leichte Solarzellen, Langlebigkeit und Rezyklierbarkeit für Technologien, die bereits im Markt sind; neuartige Halbleiter benötigen F&E zur Umsetzung in eine Massenproduktion
  - B: Optimierte Massenfertigungsprozesse, um Produktionskosten zu senken
  - C: Wechselrichter-Technologie: höhere Wirkungsgrade, Materialeinsparung; Netzanbindung&-dienlichkeit: virtuelle Kraftwerke, Smart Grids
  - D: Architektonische Systemlösungen; Prognose PV-Erträge; Prognosefähigkeit für Systemausfälle (Module, Wechselrichter); Innovative Recyclingverfahren

Vorläufiges Ergebnis Photovoltaik ...

... als Beispiel für Energiebereitstellung

Ausgewählte Ergebnisse der multikriteriellen Bewertung

- Marktpotential: Im Jahr 2050 könnten circa 30 % der Nettostromerzeugung in Deutschland mit PV gedeckt werden, damit THG-Einsparungen von bis zu 180 Mio. t CO2-äq./a
- Beitrag zur Energieeffizienz: Mittlere Einsparung von Primärenergie von bis zu 800 PJ/a in 2050.
- Beitrag zur Ressourceneffizienz: Generell kein Verbrauch kritischer Rohstoffe (Ausnahme CIGS: Indium-Verfügbarkeit, CdTe: Cadmium Schwermetallproblematik)
- Hohe Rezyklierbarkeit von Modulen möglich, diesbezüglich besteht jedoch noch Forschungsbedarf
- Inländische Wertschöpfung: Gesamte Wertschöpfungskette in Deutschland vorhanden. Marktanteil PV-Anlagenbau aus Deutschland 2015 bei 50 % am Weltmarkt

Vorläufiges Ergebnis Low-carbon Technologien Industrie ...

... als Beispiel für Energie- und Ressourceneffizienz Industrie

- **Betrachtete Technologien**
  - A: Hocheffiziente Steam Cracker mit Carbon Capture (TRL = 4)
  - B: Rohstoffliche Nutzung von Kunststoffabfällen (TRL = 7)
  - C: Power-to-Heat (industrielle Prozesswärme (TRL = 3-9)
- **F&E – Bedarf**
  - A: Verbesserung der Selektivität im katalytischen Cracker und Entwicklung haltbarer und kostengünstiger Keramik zur Auskleidung der Rohröfen
  - B: Verbesserung der Selektivität, Anwendung auf gemischte Kunststoff-Abfälle und –Verbundmaterialien
  - C: Entwicklung branchen- und produktspezifischer Elektrifizierungslösungen (Prozess- und Systemintegration)
- **Ausgewählte Ergebnisse der multikriteriellen Bewertung**
  - Einsparung von THG ggü. jeweiliger Referenz 2050: 0.1 – 17 Mio. t CO2-äq
  - Relativ hohe Kostensenkungspotenziale
  - A: sehr hohe / B: geringe / C: mittlere Pfadabhängigkeit
  - PtH-Anlagen in Grundlast erfordern überproportionalen Ausbau von EE-Strom

Vorläufiges Ergebnis Powert to Gas (Wasserstoff) ...

... als Beispiel für Sektorenkopplung

Betrachtete Technologien

- A: Alkalische Elektrolyse (AEL) (TRL = 8)
- B: Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyse (PEM) (TRL = 6)
- C: Hochtemperatur-Elektrolyse (SOE) (TRL = 4)

F&E – Bedarf

- A: Steigerung der Leistungsdichte
- B: Reduktion und Substitution von Edelmetallen
- C: Entwicklung verbesserter und günstigerer Materialien und Verbesserung der Zellmechanik und Dichtungstechnik

Ausgewählte Ergebnisse der multikriteriellen Bewertung

- Einsparung von THG ggü. Referenz Erdgasreformierung (Szenario -80%)
  2020: 0,1 - 0,6 Mio. t CO2-äq. || 2050: 45 - 82 Mio. t CO2-äq.
  Hohe mittel- bis langfristige Potentiale (dann aber deutliche Erhöhung EE-Strombedarf
- Potentiell (geringe) Mehrkosten ggü. Referenz
- Internationale Technologieführerschaft – Marktanteil von 50 % in Deutschland und 20 % international möglich bis 2050

Überblick

Vorstellung des Projekts und Hintergrund

Halbzeit der Bewertung – erste Ergebnisse

Ausblick

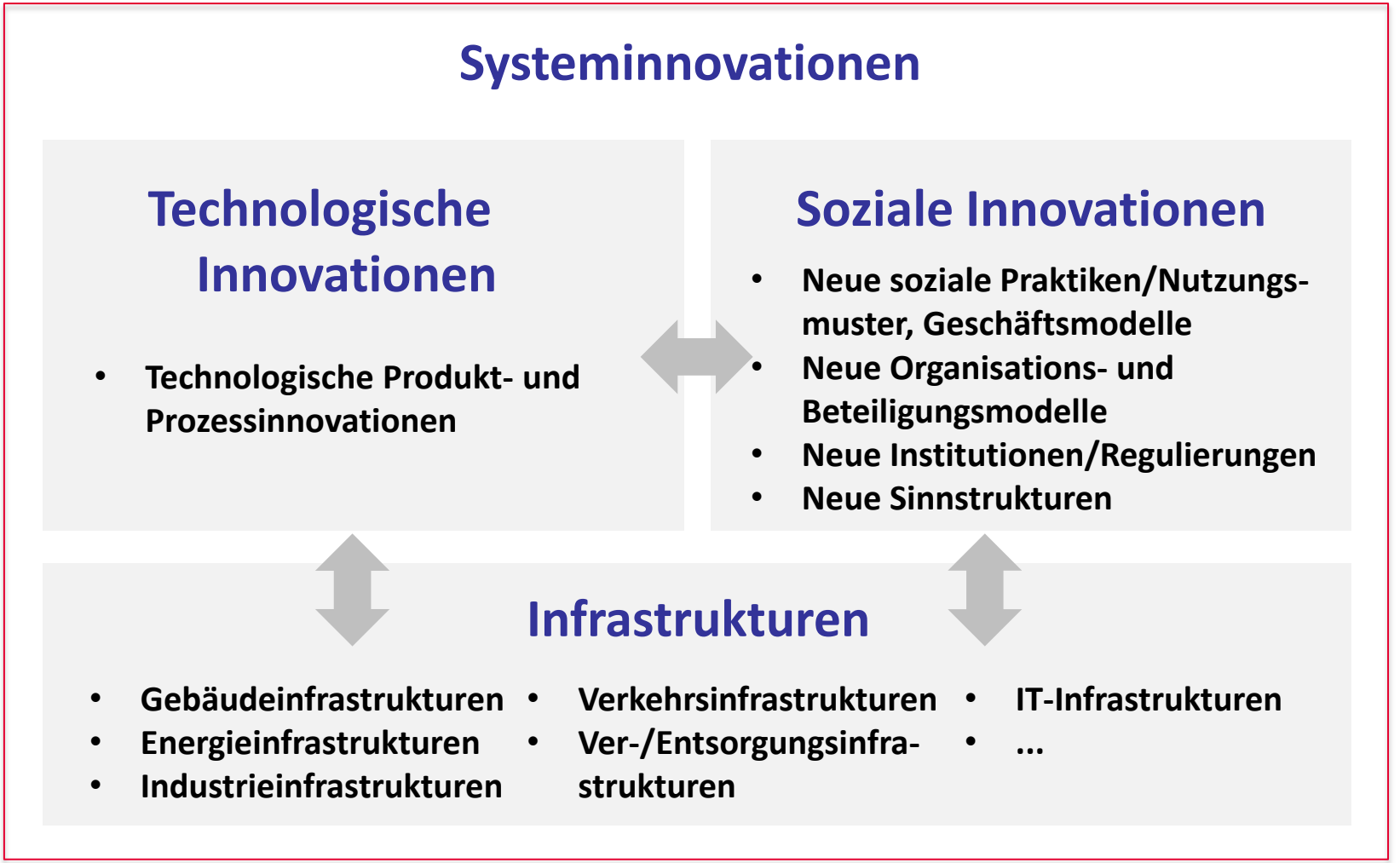
3 Ausblick

Energiewende ist ein komplexer Transformationspfad – vielfältige Herausforderungen erfordern breiteres Innovationsverständnis (Systemlösungen, Systeminnovationen)

- **Technologische Herausforderung:** weitere Entwicklung von Integrationstechnologien (z.B. Speicher- und Hybridsysteme, Prognosesysteme)
- **Kompatibilitätsherausforderung:** Kooperation zwischen konventionellen und neuen Technologien (inkl. Energie-/Strommarktdesign)
- **Ökonomische Herausforderung:** Volkswirtschaftlich effiziente Umsetzung der Energiewende und Ausschöpfung wirtschaftlicher Optionen (Zusatznutzen in Bilanz berücksichtigen)
- **Infrastrukturherausforderung:** weitere Entwicklung von geeigneten Infrastrukturen (e.g. smart und super smart grid)
- **Ressourcenherausforderung:** Vermeidung negativer Ressourcenauswirkungen (kritische Ressourcen, toxische Materialien etc.)
- **Stakeholder Herausforderung:** Beharrungskräfte etablierter Akteure
- **Innovationsherausforderung:** Systeminnovationen statt reine Technikorientierung
- **Gestaltungsherausforderung:** Wissen über Gestaltung von Transformationsprozessen erforderlich (Ziel-, System- und Transformationswissen)
- **Politikherausforderung:** Integration regionaler, nationaler und internationaler Politikinitiativen (multi-level approach), adaptive und reflektive Politikgestaltung
- **Gesellschaftliche Herausforderung:** Gesellschaftliche Akzeptanz, Teilhabe und Partizipation, Nachhaltige Lebensstile und Vermeidung Reboundeffekten

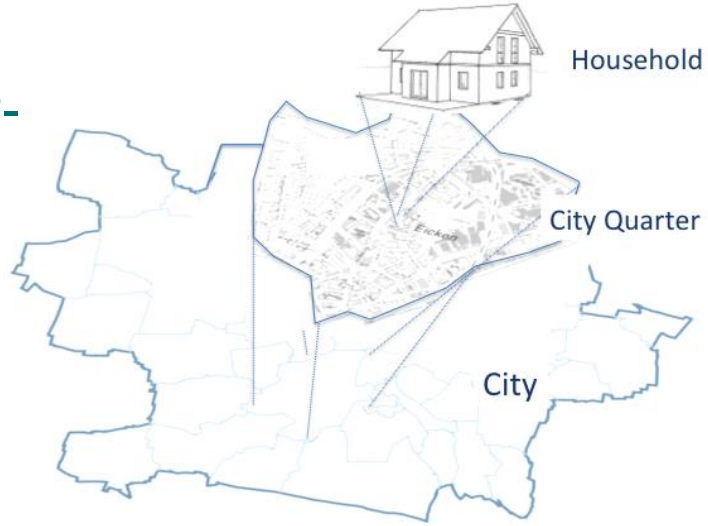
3 Ausblick

Energiewende ist ein komplexer Transformationspfad – vielfältige Herausforderungen erfordern breiteres Innovationsverständnis (Systemlösungen, Systeminnovationen)



3 Ausblick

Energiewende braucht Innovationen und Experimentier-räume - Reallabore ermöglichen notwendigen Erkenntnisgewinn gemeinsam mit Praxisakteuren



Ein Reallabor bezeichnet einen gesellschaftlichen Kontext, in dem Forscherinnen und Forscher **Interventionen im Sinne von „Realexperimenten“ durchführen, um über soziale Dynamiken und Prozesse zu lernen.**

Die Idee des Reallabores überträgt den naturwissenschaftlichen Labor-Begriff in die Analyse gesellschaftlicher und politischer Prozesse. Sie knüpft an die experimentelle Wende in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften an. Es bestehen enge Verbindungen zu Konzepten der Feld- und Aktionsforschung.

Prof. Dr. Manfred Fischedick
manfred.fischedick@wupperinst.org

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Weitere Informationen finden Sie auf unseren Websites
www.isi.fraunhofer.de
www.izes.de
www.wupperinst.org