

FUTURING SECTOR COUPLING: CONCEPTUALIZING PATHWAYS BY SCIENTIFIC DISCIPLINES

Lisa Nabitz, KIT-ITAS
Dirk Scheer, KIT-ITAS



GEFÖRDERT VOM

AGENDA

- background** › climate protection goals & transformation paths
- identification of pathways** › sorting boxes
- case study** › pathways for sector coupling
- next steps/ further steps** › path heuristic
- feedback** › your opinion and ideas?

GEFÖRDERT VOM

CLIMATE PROTECTION GOALS OF THE GERMAN GOVERNMENT

Goals for the reduction of greenhouse gas emission in Germany (compared to 1990)

- *by 2050: - 80 to 95 %*
- *by 2030: - at least/
minimum 55 %*

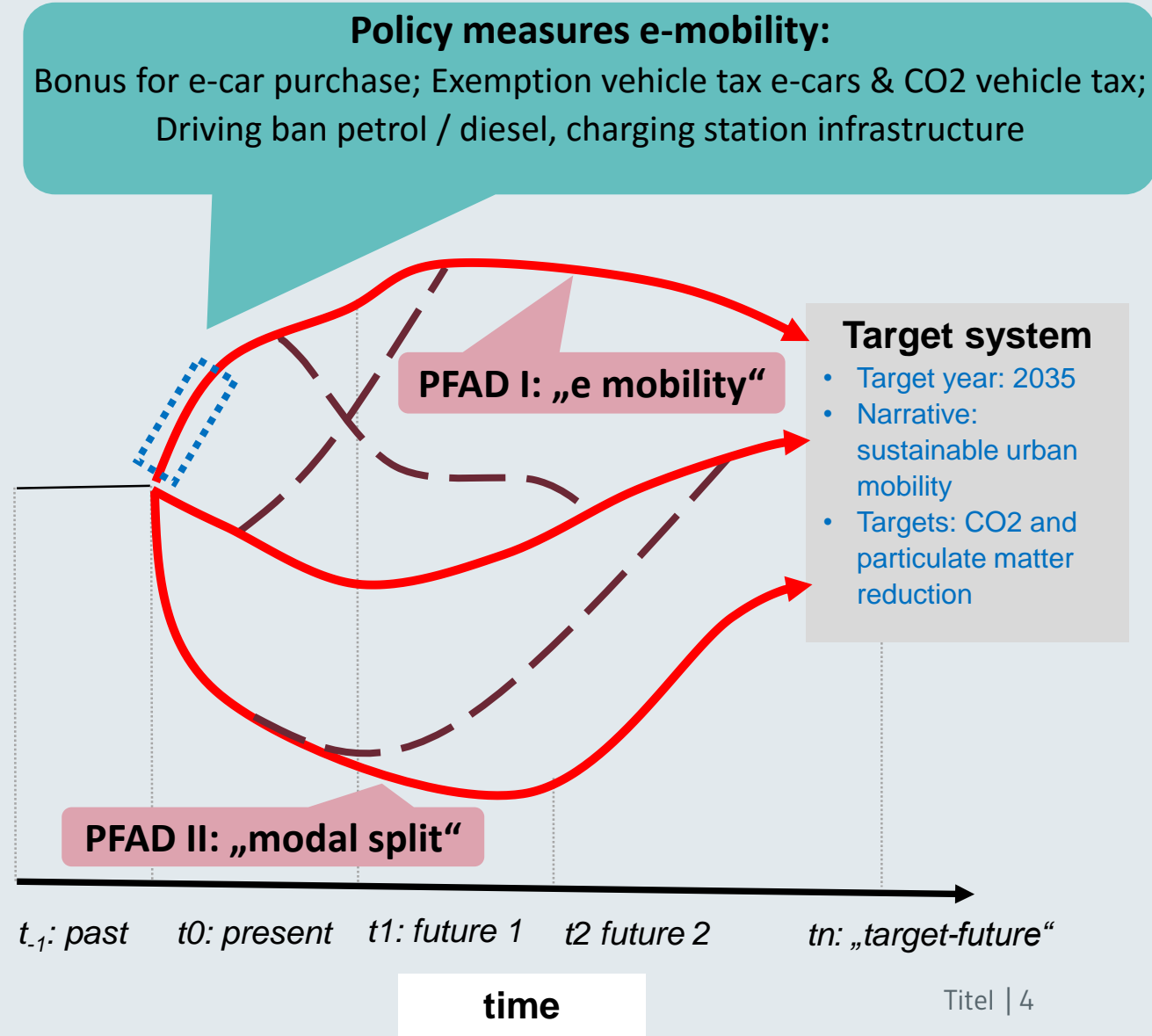
Area of action	1990 (in million tonnes of CO ₂ equivalent)	2014 (in million tonnes of CO ₂ equivalent)	2030 (in million tonnes of CO ₂ equivalent)	2030 (reduction in % compared to 1990)
Energy sector	466	358	175 – 183	62 – 61 %
Buildings	209	119	70 – 72	67 – 66 %
Transport	163	160	95 – 98	42 – 40 %
Industry	283	181	140 – 143	51 – 49 %
Agriculture	88	72	58 – 61	34 – 31 %
Subtotal	1,209	890	538 – 557	56 – 54 %
Other	39	12	5	87 %
Total	1,248	902	543 – 562	56 – 55 %

Source: Climate Action Plan 2050 of the Federal Government

GEFÖRDERT VOM

TRANSFORMATION PATHS?

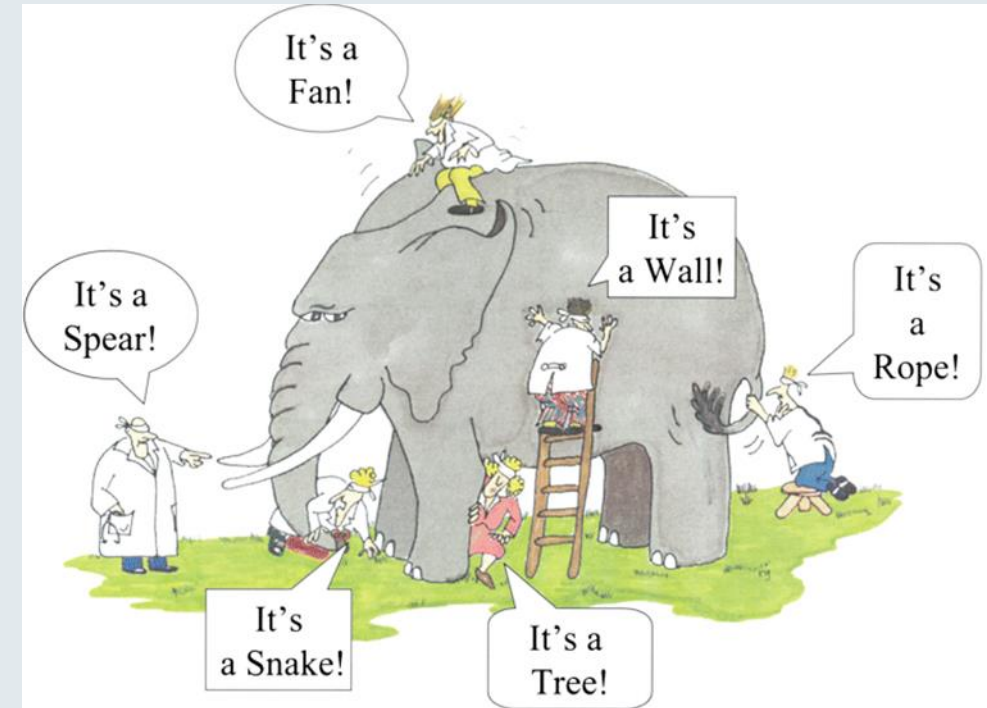
- › Transformation process: interplay of a specific goal and path(s) to reach this goal
- › Future linearity vs. future complexity
 - › Reduction of complexity to analyse different impacts
 - › Need for flexibility to cover variety of possible futures



„QUOT HOMINES TOT SENTENTIAE“

Divergent conceptions of paths: existence of many interpretations to design an energy transition

Main challenge: mosaïque-based analysis which show the entire picture



GEFÖRDERT VOM

WHAT IS THE MAIN IDEA OF SORTING BOXES?

- › Data base: Broad basis of scientific literature on future energy systems from a different of disciplines
- › Explore existing (disciplinary) scientific findings and objectives concerning transition paths regarding sector coupling
- › Transition paths are not necessarily explicit, challenge to identify their constitutive elements

Case study: sector coupling



HOW IS THE SORTING BOX DEVELOPED?

distinction and prioritization of the paths:

➤ *Step 1: Creation of a framework for the analysis of transformations paths*

1.1.: identification of the sources (search term: sector coupling)

1.2.: independent raster development > several rasters emerge independently (flexible structure)

1.3.: raster synthesis > merger of sorting boxes and findings

➤ *Step 2: deduction of the path heuristic → based on the characteristics (e.g. of agents, technology, political interventions, etc.)*

➤ *Step 3: Classification of **path families***

GEFÖRDERT VOM

STEP 1.1. – IDENTIFICATION OF THE SOURCES

Source	
S1_Ausfelder et al. 2017	»sector linkage« –research and consideration to develop an integrated energy system
S2_BMUB 2016	German Climate Action Plan 2050 – principles of politics of global warming and goals of the German government
S3_Henning et al. 2015	How much will the energy transition cost? Paths/ Possibilities for the transformation of German energy system by 2050
S4_Wietschel et al. 2018	sector linkage – definition, opportunities and challenges
S5_Bauknecht et al. 2018	visions and path decision of the energy transition
S6_Winter 2018	efficient linkage of the energy and transport sectors. status of research
S7_Hoffrichter & Beckers 2018	Cross-border coordination as a prerequisite for efficient sector coupling in interconnected power systems
S8_Canzler & Knie 2013	smart networks. How the energy and transport transition works

GEFÖRDERT VOM

➤ *Total of 264 sources*

➤ *Starting point: 8 sources*

Case study: paths of “sector linkage”

STEP 1.2. – INDEPENDENT SORTING

Hintergrund		
Randbedingung Transformation Klimaschutz <ul style="list-style-type: none">• Lange Lebensdauer erfordert schnelles Handeln:• Technik, Politik, Stakeholder integrieren• Technikkonfiguration SchwerpunktAnforderungen Zielerreichung Klimaschutz	Endenergieformen Strom, Brenn- und <u>Kraftstoffe</u> sowie Fernwärme. <ul style="list-style-type: none">• Themen außerhalb der Studie• Randbedingung für StudieEnergiesystem DE heute• Endenergieverbrauch Sektoren:• Vier Nutzungsbereiche Strom, Wärme (Niedertemperaturwärme, Prozesswärme)• 3. Alternative EE	Endenergieformen Strom, Brenn- und <u>Kraftstoffe</u> sowie Fernwärme. <ul style="list-style-type: none">• Themen außerhalb der Studie• Randbedingung für StudieEnergiesystem DE heute• Endenergieverbrauch Sektoren:• Vier Nutzungsbereiche Strom, Wärme (Niedertemperaturwärme, Prozesswärme)• 3. Alternative EE
Verständnis/Definition Sektorkopplung <ul style="list-style-type: none">• Zusammenwachsen Sektoren über EE	3. Platte Sektorkopplung: <ul style="list-style-type: none">• 1. Direkte Elektrifizierung• 2. Indirekte Elektrifizierung (z.B. Wasserstoff, z.B. Synthetische Brenn- und <u>Kraftstoffe</u>)• 3. Alternative EE	Anforderungen der Sektoren <ul style="list-style-type: none">• Energieträger für Sektoren nach Originäre Stromanwendungen, Niedertemperaturwärme, Prozesswärme und andere Energieträger in der Industrie, Verkehr
Optionen für Gesamtsysteme über Sektorkopplung		
Sektorkopplung über EE (Strom) und Effizienz <ul style="list-style-type: none">• Sektorkopplung über EE-Strom:• über Biomasse• über Geothermie• über EffizienzSchlüsselerfolge Energieeffizienz• Effiziente Anwendungen vs. effiziente alte• „Neue“ Umwandlungstechnologien• Gesamteffizienz reduziert EE-Ausbau• Effizienz und CO2-Reduktion• Hemmnisse Effizienzinstrumenten: Optionen für die Industrie <ul style="list-style-type: none">• Industrie aktuell• Wärmebedarf branchenspezifisch• Vier Zukünftige Optionen: 1) Substitution, 2) Elektrifizierung, 3) Recycling, 4) Nutzung industrieller Abwärme 1. Direkte Elektrifizierung <ul style="list-style-type: none">Optionen• Strom als Energieträger• Raumwärme und Warmwasser• Prozesswärme• Mobilität Systemische Gesichtspunkte <ul style="list-style-type: none">• Energiespeicher• Flexibilisierung: Raumwärme und Warmwasser, Prozesswärme, Mobilität, Ausbaubedarf der Stromnetze Voraussetzungen und mögliche Hemmnisse <ul style="list-style-type: none">• Umstellung auf Stromerzeuger: Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme, Mobilität, Netzausbau und systemische Betriebsweise	2a. Indirekte Elektrifizierung über Wasserstoff <ul style="list-style-type: none">• ElektrolyseOptionen• Energieträger Wasserstoff• Wärmesektor:• Industrieprozesse• Verkehr Systemische Gesichtspunkte <ul style="list-style-type: none">• Nachteile Wasserstoff• Wasserstoff als chemischer Speicher• Wasserstoffspeicherung• Wasserstoff und Infrastruktur:• Wasserstoff im Verkehr:Voraussetzungen und mögliche Hemmnisse• Aufbau Wasserstoffsystem:• Zentrale und dezentrale Wasserstoffproduktion• Wasserstoff und Erdmoleküle:• Wasserstoffinfrastrukturen• 2b. Indirekte Elektrifizierung über synthetische Brenn- und <u>Kraftstoffe</u>• Wasserstoff für Kohlenwasserstoffproduktion:Optionen• Power-to-X:• Power-to-X und CO2-Punktquellen• Mögliche Power-to-X-Verfahren• 1) Methanisierung, 2) Fischer-Tropsch, 3) Fischer-Tropsch• Synthesekette für neue disruptive Innovationen• auf allen Ebenen und von allen Akteuren• Forschungsbereiche u. Ergebnistransfer• Notwendige Forschung• integrierte Forschung	• Mehrkosten über Elektrolyse- und Umwandlungskapazitäten: <ul style="list-style-type: none">Voraussetzungen und mögliche Hemmnisse• 1. Synthetische Natural Gas (SNG)• 3. Alternative EE: Biomasse, Geothermie und Solarthermie• Direkte Nutzung EE für Wärme und Verkehr:• Bioenergie vielfältig einsetzbar• Geothermie und Solarthermie für Wärme (perspektivisch Strom)Solarthermie• Solarthermie für Wärme Haushaltsindustrie:• Solarthermie für Strom:• Niedertemperaturwärme• Industrielle Prozesse• Biomasse• Energieeffizienz und stoffliche Nutzung Biomasse:• Nutzungskonkurrenzen Biomasse• Rest- und Abfallstoffe• Bioenergie und Stromerzeugung• Bioenergie und Wärmeerzeugung• Bioenergie im Verkehr• Sektorkopplungs-Konzepte:• Geothermie
Sektorkopplung in wissenschaftlichen Energie		

Hintergrund		
Klimaschutzpolitik <ul style="list-style-type: none">• Richtlinie• Klimaschutz als Verantwortung Industrieland und größtes EU-MitgliedRahmenbedingungen• Anforderungen• Rahmenbedingungen: Investitionsklausel, Kosteninternalisierung, Anreize, Partizipation	Weg <ul style="list-style-type: none">• Klimaschutz fördert WettbewerbsfähigkeitVoraussetzungen• Gesellschaftliche Zustimmung• WohlstandsniveauKlimaschutzplan 2050• Klimaschutzplan im Koalitionsvertrag• Energieeffizienz wirtschaftlich/sozial tragbar zu gestalten	Ansatz <ul style="list-style-type: none">• Partizipative Vorschläge über nächste Maßnahmen:• Leitbilder, Meilensteine, Maßnahmen• Klimaziele unter Beibehaltung Handlungsfelder• Klimaschutzplan auf Sektorziele• Handlungsfelder
Ebene		
Internationaler Ebene <ul style="list-style-type: none">• Übereinkommen von Paris• Pled zu einer klimaresistenten EntwicklungFörderaktivitäten• Unterstützung den verwundbaren Ländern• internationalen• KlimafinanzierungNachhaltiger Handel• ökologische/soziale Verbesserungen entlang Lieferketten EU Ebene <ul style="list-style-type: none">• EU Ziele 2030 für erneuerbare Energien und Energieeffizienz• Emissionshandel und LastteilungsentscheidungEU-Emissionshandel• Zentrale europäische Klimaschutzinstrument u. Nationale Klimaschutzmaßnahmen• sektorenübergreifende Maßnahmen• ETS für Energiewirtschaft und (teilweise) Industrie• CO2-Preis als Anreize für Emissionsminderungen	Nationaler Ebene <ul style="list-style-type: none">• Abstimmung der MaßnahmenKommission „Wachstum, Strukturwandel und Regionalentwicklung“• Entwicklungspolitik als Grundlage für den Transformationsprozess• Arbeit der Kommission: „Greenbook Energieeffizienz“• Strategie zur Senkung des Energieverbrauchs „Strom 2030“• Konversationsprozess zur Gestaltung der Transformation des Energiesystems• Behandlung der entscheidenden FragenRegionaler Ebene• regionalwirtschaftlichen• „Unterstützung der Klimaschutzbildung• Förderung von Klimaschutzprojekten	Lokaler Ebene <ul style="list-style-type: none">Bürgerbeteiligung• Je früher die Bürgerbeteiligung, desto mehr die Akzeptanz• Aktionsvielfalt muss gewahrt werden• Nationale Klimaschutzinitiative (NKi)• „Förderprogramme u. strategische Vorhaben• „Change Agents u. Real LaborMasterplan-Kommunen• „spezielle Förderung zur Erreichung der kommunalen Klimaschutzziele• „Kommunen, Länder Unternehmen und Organisationen fordernUmweltministerkonferenz• „Umweltministerkonferenz“• „Resonanz und Akzeptanz führen InformationskampagneKlimaschutz 2050• Information und BeratungBildungssysteme• „Unterstützung der Klimaschutzbildung• Förderung von Klimaschutzprojekten
Transformationsprozess		
Modernisierung <ul style="list-style-type: none">• „Wandel als Chance• „Technologienutralität und Innovationsoffenheit• „ParadigmenwechselTechnologienoffenheit• Synergien für neue disruptive Innovationen• auf allen Ebenen und von allen Akteuren• Forschungsbereiche u. Ergebnistransfer• Notwendige Forschung• integrierte Forschung	Partnerschaften für nachhaltige Innovationen <ul style="list-style-type: none">• „Technologienneutralität und Innovationsoffenheit• „ParadigmenwechselTechnologienoffenheit• Synergien für neue disruptive Innovationen• auf allen Ebenen und von allen Akteuren• Forschungsbereiche u. Ergebnistransfer• Notwendige Forschung• integrierte Forschung	Investitionen in Infrastruktur, Bildung und Gesundheit in <ul style="list-style-type: none">• „Wandel als Chance• „Technologienneutralität und Innovationsoffenheit• „ParadigmenwechselTechnologienoffenheit• Synergien für neue disruptive Innovationen• auf allen Ebenen und von allen Akteuren• Forschungsbereiche u. Ergebnistransfer• Notwendige Forschung• integrierte Forschung

Hintergrund		
Beiträge der SK <ul style="list-style-type: none">• SK für Klimaschutz• Substitution von fossilen Energieträgern: SK für Energieeffizienz• Optimierung- und Geschäftsmöglichkeiten: SK für Wissenschaft• Untersuchung der Möglichkeiten und konkreten Ausgestaltungsmöglichkeiten• Klimaschutzplan im Koalitionsvertrag• Begriffsverständnis• definitorische Lücke• keine einheitliche und umfängliche Definition	enge vs. breite Definition <ul style="list-style-type: none">• Grenzen der existierenden Definitionsansätze• unterschiedliche Perspektiven nicht vereinbarBeziehungen zur SK• über Technologien• über Umwandlung in neue strombasierte Kraftstoffe• über Energieträger• über politische Ziele• über Systemintegration von Erneuerbaren• über Sektorenvernetzung• Umsetzungsanforderungen	Welche Sektoren? <ul style="list-style-type: none">• kein einheitliches Verständnis: klassischen Verbrauchssektoren (Sektoren):• Wärme, Industrie und Verkehr als relevante Bereiche der SK• Kopplung von (Teil-) Energiesystemen:• neuartige Verknüpfungen der klassischen Verbrauchssektoren sowie gekoppelten Infrastrukturen: infrastrukturelle Verknüpfung und Kopplung verschiedener Verbrauchssektoren:
Das Papier		
• Diskussionspapier <ul style="list-style-type: none">Ziel• Entwicklung ein umfassendes Begriffsverständnis	Frage <ul style="list-style-type: none">• Grenzen der SK• Beitrag der existierenden Definitionsansätze• Definitionen und Aussagen: Chancen und Potentiale• Herausforderungen	Ansatz <ul style="list-style-type: none">• Definition aus einer technologischen Perspektive + weitere Aspekte• Aspekten weitere Perspektiven
existierenden Definitionsansätze		
SK aus einer technologischen Perspektive <ul style="list-style-type: none">• SK Optionen• EE Wärmesektor und im VerkehrssektorEine Definition der SK• Erneuerbare Energieträger• Erneuerbare Strom• Klimaschutzplan für Deutschland• Überschüsse• Nicht nur Erneuerbare Energie• Stromerzeugung• Neue Anwendungen SK aus einer System- und Infrastrukturperspektive <ul style="list-style-type: none">• Intelligente Verknüpfung von den Sektoren• Nutzung von Abwärme in verschiedene Bereiche:• Bioenergie im Verkehr• Energieeffizienz	Netzinfrastrukturen <ul style="list-style-type: none">• Netzinfrastrukturen: neuartigen Anwendungen in den Nachfragesektoren• Bedarf an Digitalisierung SK aus einer Energieeffizienzperspektive <ul style="list-style-type: none">• regulatorischen und ökonomischen Rahmenbedingungen:• Abgaben, Umlagen und Steuern• heutige regulatorische Rahmenbedingungen• verschiedene Zielsetzungen verfolgen:Zielsetzungen der Regulierung1. Refinanzierung von Fördermöglichkeiten2. Refinanzierung von sektorspezifischer Infrastruktur3. Ökologische Lenkungsmaßnahmen4. Fiskalische Instrumente Lenkungswirkung5. Zielvorgabe für die Industrie6. Zielmodell: ökonomisch effizient und internalisiert von Umweltkosten• Internalisierung von Umweltkosten• Refinanzierung von Förder- bzw. sektorspezifischer Infrastruktur	Anreize für ein effizientes sektorenübergreifendes System und Berücksichtigung der Umweltwirkungen: <ul style="list-style-type: none">• Technologieförderung• gezielte Technologieförderung: Pilotprojekte und Pilotanwendungen• Anwendungsbeispiele: Gebäude- und Quartiersversorgung mit Strom und Wärme• Industriepilotprojekte• Exportchancen:• Exemplarische Instrumente zur Förderung der SK1. CO2-Steuer und Förderung Erneuerbarer Stromerzeugung2. Förderung erneuerbarer Energien in Wärmenetzen:

Structuring elements, e.g.

- research question
- method
- status quo
- definition of SC
- targets
- role of SC in the system
- number of pathways
- technologies
- involved actors
- Political interventions
- ...

GEFÖRDT VOM

STEP 1.3. – MERGER OF SORTING BOXES

How to compare the studies?

- Creation of a comprehensive sorting raster based on independent analyses

1. study approach	1
focus & research issue method discipline system cutout	
2. today's energy system	2
understanding energy system status quo business as usual / trend	
3. Future energy system	3
3.1. transformation	
goal need to act	
3.2. sector linkage	
definition / understanding importance of sector linkage connecting factor / requirements SL	

4. paths	4
4.1. paths identification	
principle name, number path description	
4.2. paths comparison	
requirements/ demands approach & results	
5. intervention	5
5.1. identification of intervention	
name, number intervention description	
5.2. comparison of interventions	
approach & results	

„SECTOR LINKAGE“ - DEFINITIONS OR RATHER COMPREHENSIONS

3.2

3.2. sector linkage: definition / comprehension

S1_Ausfelder et al. 2017

sector linkage tend to establish the two highly developable renewable energy sources for power generation, – wind power and photovoltaics – also to insert for the allocation of thermal energy and mobility

S4_Wietschel et al. 2018

sector linkage describes the progressive process of substitution fossil fuel via mostly renewable produced power or via other renewable fuel and sustainable forms of energy use

S5_Bauknecht et al. 2018

Behind the keywords „sector linkage“ hides the attempt, to connect different forms of energy production and sectors to apply more with energy. Relevant sectors are energy, transport- and the heat sector.

GEFÖRDERT VOM

IDENTIFICATION OF PATHS – NAME & NUMBER

4.1

	4.1. trail identification: name, number
S1_Ausfelder et al. 2017	<ol style="list-style-type: none">1. electrification directly (e.g. e-cars and heat pump)2. electrification indirectly divided in two points:<ol style="list-style-type: none">2a. hybrid (e.g. fuell cell)2b. synthetic fuel (e.g. methan (natural gas/ natural gasoline), alcohole or synthetic fuel)3. alternative renewable energies (e.g. biomass, solar heat or geothermal energy)
S4_Wietschel et al. 2018	<ol style="list-style-type: none">1. use of power directly (narrow definition)2. transformation of renewable power into synthetic fuel (narrow definition)3. linkage of energy sources > use of waste heat4. new connecting infrastructure among the classic consumption sectors
S5_Bauknecht et al. 2018	<ol style="list-style-type: none">1. use of power directly2. producing synthetic fuel3. import of synthetic fuel

GEFÖRDERT VOM

IDENTIFICATION OF PATHS – DESCRIPTION (I)

sorting elements		S1	S3	S4	S5
path consistency	new technical configuration	xxx			
	system configurations		xxx		
	trails as „extreme poles"			xxx	
	trails have different goals/ purposes				xxx
goal	CO2-free sectors	xxx			
	environment- friendliness		xxx		
	economy		xxx		
	security of supply		xxx		
	reduction of primary energy consumption			xxx	
	flexibility increase of power demand			xx	
	goals of the german government				xxx
strategy	new power concepts		xxx		
	restoration of buildings		xxx		
	fossil- fuel phase-out		xxx		
	target values of reduction of CO2-emissions		xxx		
	technologies			xxx	xxx
	transformation in new power based fuels			xxx	
	energy sources			xxx	
	political goals			xxx	
	system integration of renewable			xxx	
	sector networking			xxx	
	implementation requirements			xxx	
	social changes				xxx

4.1

IDENTIFICATION OF PATHS – DESCRIPTION (II)

4.1

sorting elements		S1	S3	S4	S5
Technology	production		xxx	xxx	xxx
	usage				xxx
	infrastructure		xxx	xxx	xxx
system	flexibilisation	xxx	xxx	xxx	xxx
	storage	xxx	xxx	xxx	xxx
agents	civil society		xx	xx	xx
	industry			xxx	xx
interventions	central		xxx	xxx	xxx
	decentral				Xxx
	mix				
time base / requirements	exit from nuclear energy		xxx		
	reduction of primary energy sources				
	output of EE-facilities		xxx		
	reduction of ultimate energy demand		xxx		
	infrastructure development / alteration				xxx
	digitalisation			xxx	
	flexibilisation of power usage				xxx

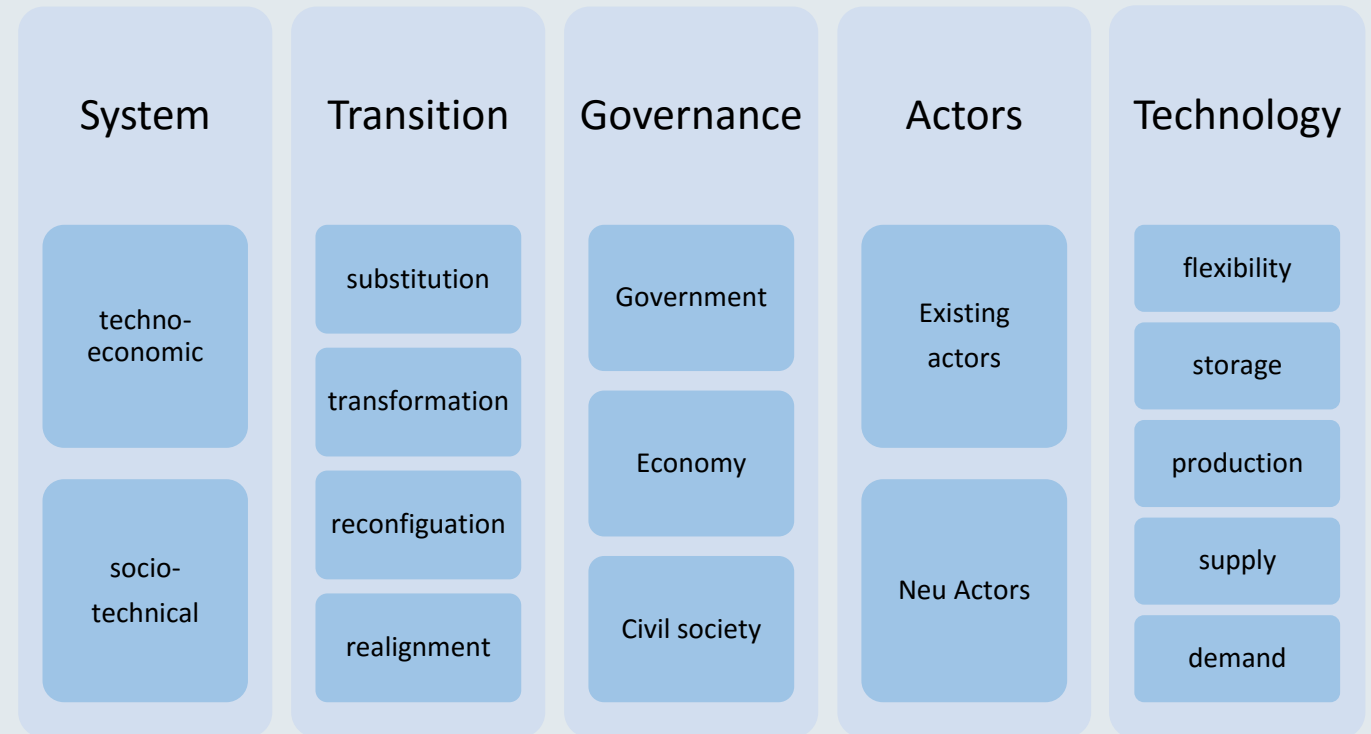
FURTHER STEPS – PATH HEURISTIC

- › deduction of a path heuristic based on identified **characteristics of the paths** (e.g. of agents, technologies, political interventions, etc.)
- › grouping of individual paths to **path families**; prospective families from current point of view:
 - › Technology determined path
 - › Behaviour determined path
 - › Normative determined path
 - › ...

GEFÖRDERT VOM

PATHS HEURISTIC – FIRST IDEAS

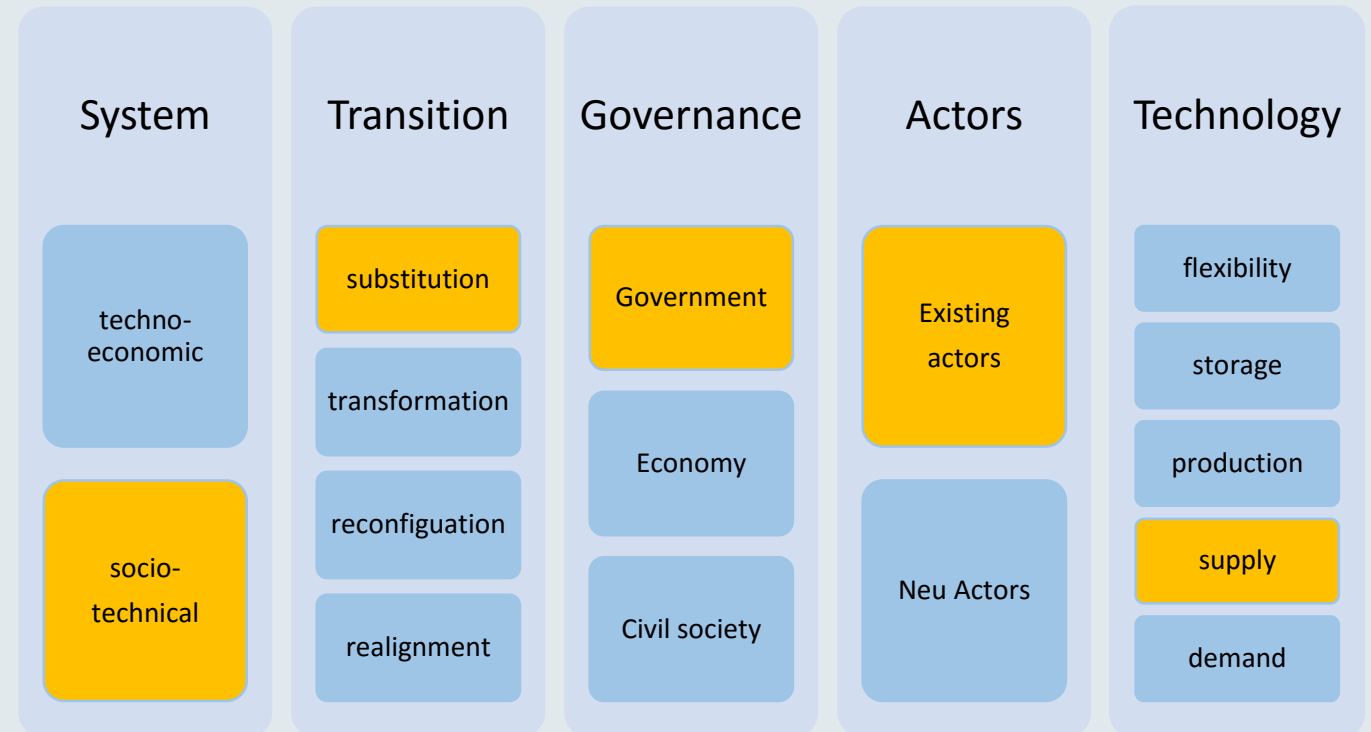
- › First idea for categorizing paths
- › Not all dimensions highly selective



GEFÖRDERT VOM

PATHS HEURISTIC – FIRST IDEAS

- › First idea for categorizing paths
- › Not all dimensions highly selective



GEFÖRDERT VOM

Thank you very much for your attention!

GEFÖRDERT VOM

