

Chancen und Herausforderungen der Energiewende aus übergeordneter Perspektive



Präsentation:

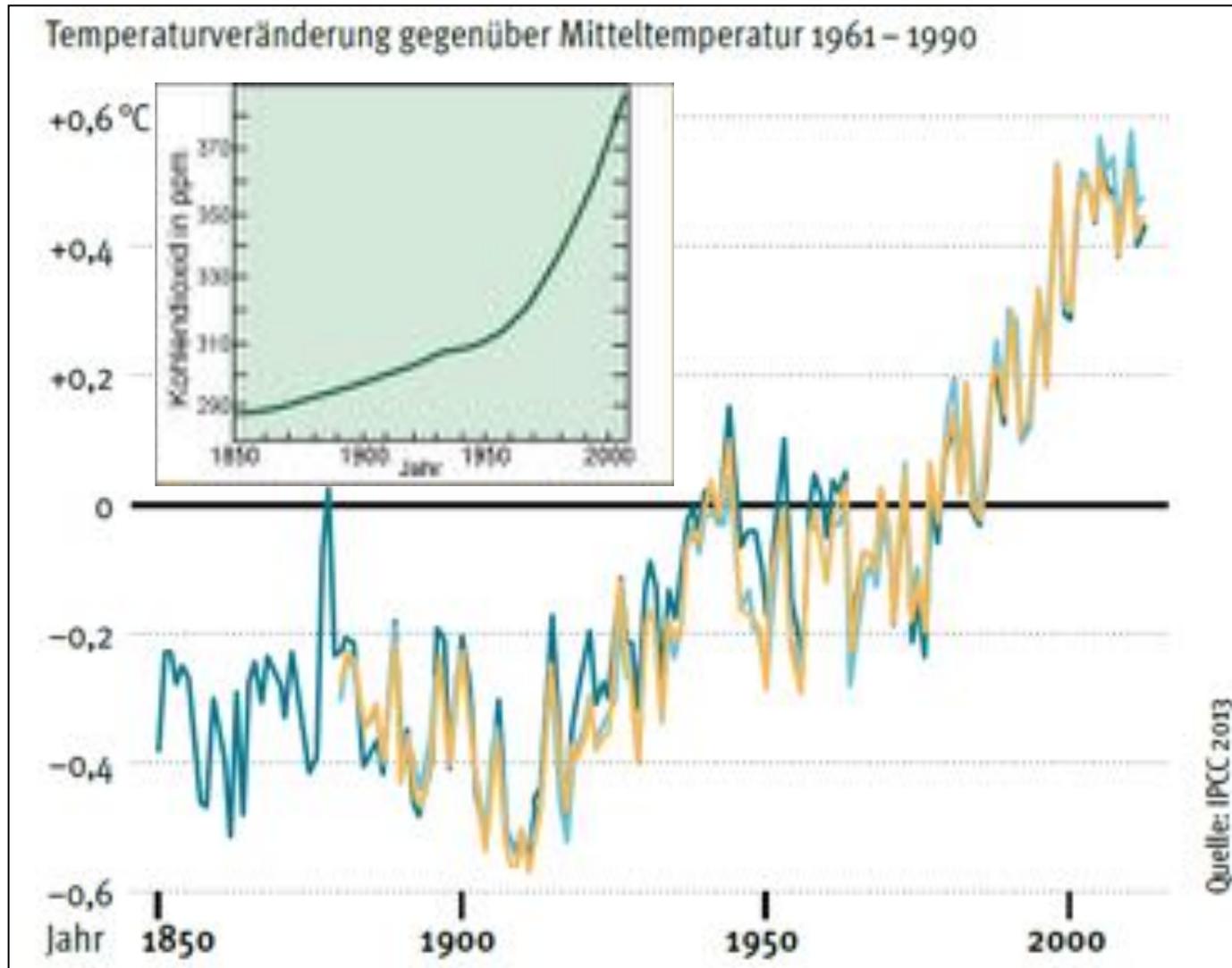
Prof. Dr. Manfred Fishedick
Wuppertal Institut

Forum für Zukunftsenergien
November 2018

Die Herausforderung Klimaschutz und Energiewende

Herausforderung Klimawandel

Erderwärmung – bisherige Entwicklung seit 1850



Herausforderung Klimawandel

Die Erderwärmung ist längst bei uns angekommen

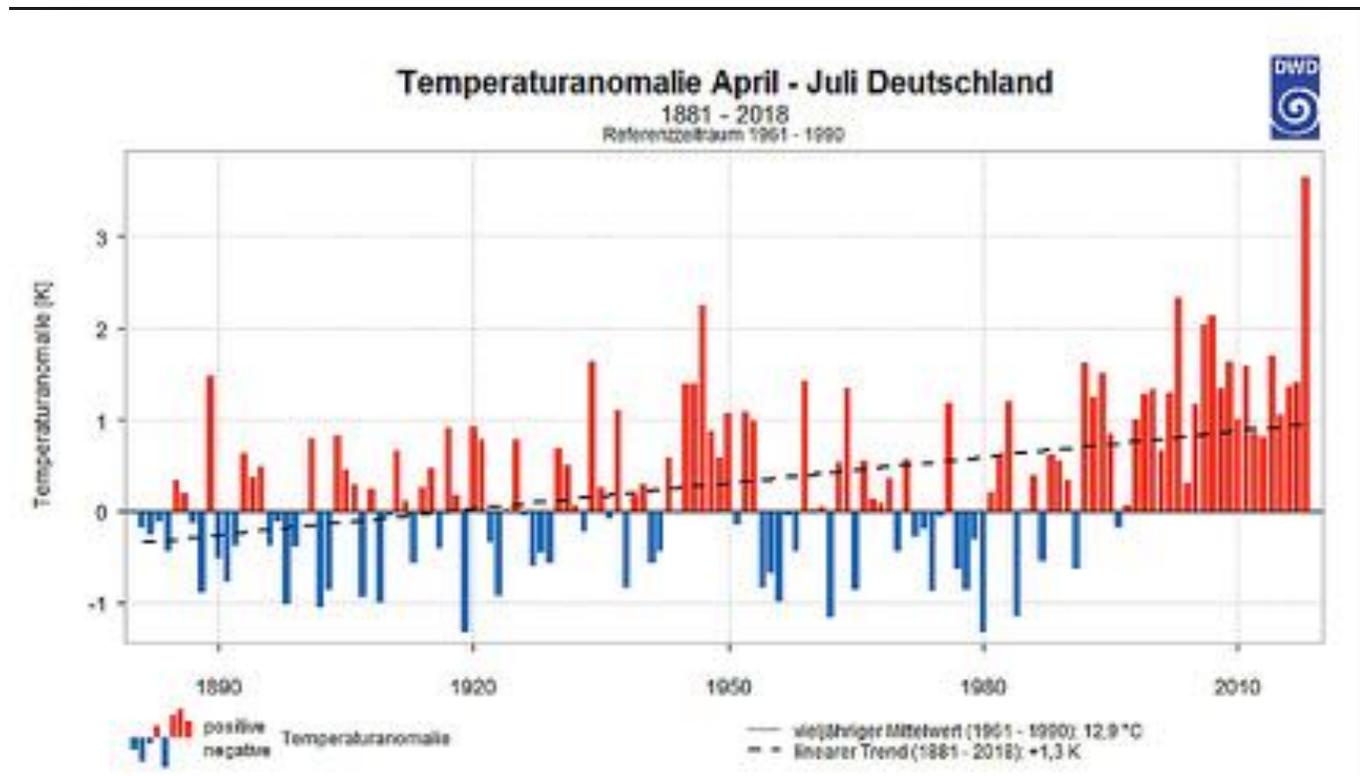
2018 ein Sommer der Extreme



Der Rhein bei Ludwigshafen im Sommer 2018



Hitze führt zu gesundheitlichen Schäden



Herausforderung Klimawandel

Treiber für die Energiewende gehen weit über Klimaschutz hinaus

- Sustainable Development Goals (SDGs)
 - Zugang zu sauberer Energie (als Grundlage für die Sicherung der Lebensbedingungen)
 - Berücksichtigung von Wechselwirkungen (e.g. energy – water – climate – food nexus)
 -



Herausforderung Klimawandel

Treiber für die Energiewende gehen weit über Klimaschutz hinaus

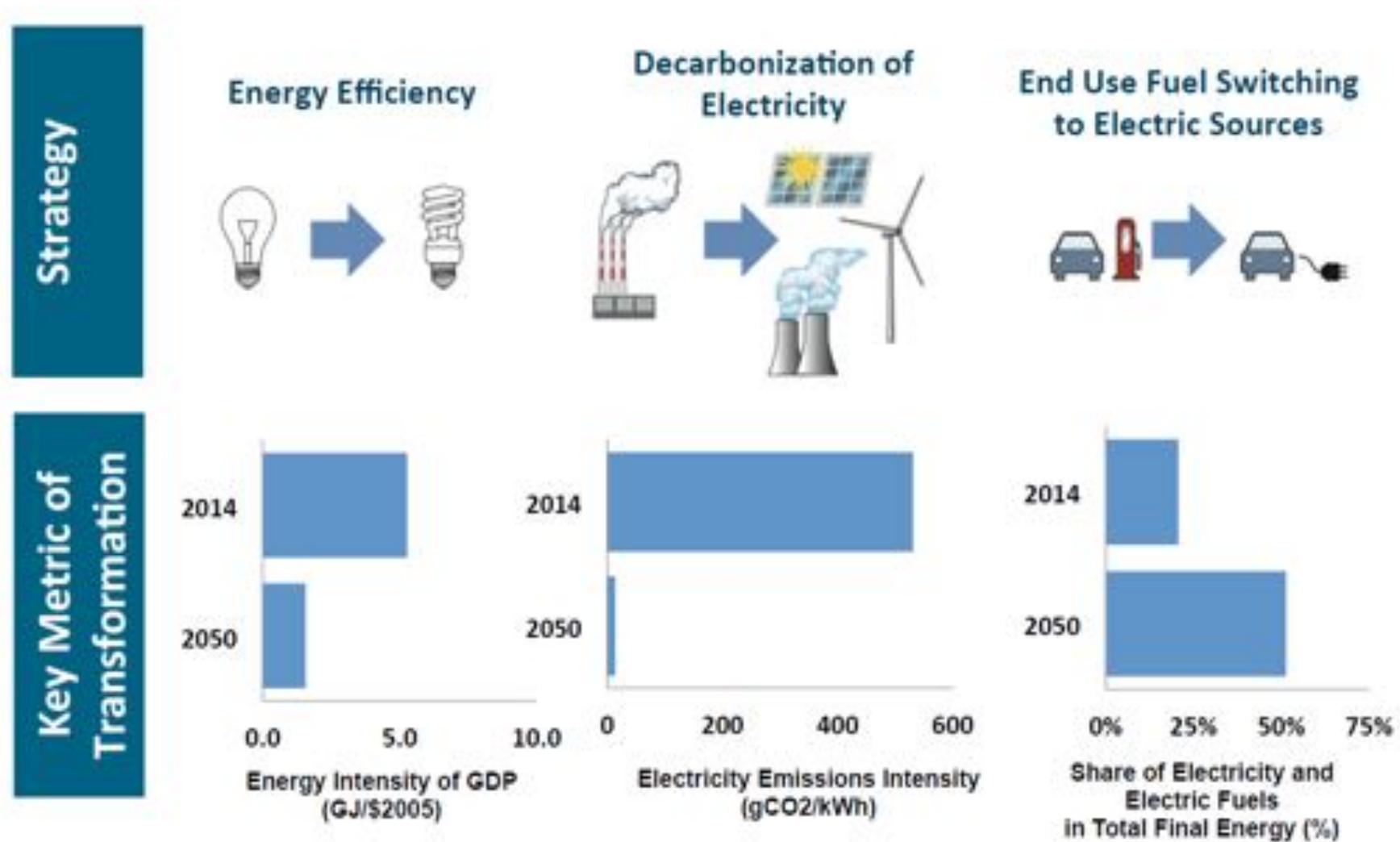
- Sustainable Development Goals (SDGs)
- Klimaschutz: Paris Agreement (COP 21) erfordert einen stufenweisen aber konsequenten Übergang zu einem THG-neutralen Energiesystem
- Reduktion der Nachfrage nach fossilen Energieträgern und der damit für viele Länder verbundene Importabhängigkeit
- Verbesserung der Luftqualität (Reduktion der Luftverschmutzung speziell in Städten durch NO_x , Staub)
- Regionalwirtschaftliche Effekte und Beschäftigungseffekte
-mehr und mehr rein ökonomische Gründe in Folge der Wettbewerbsfähigkeit alternativer technischer Lösungen (z.B. erneuerbare Energien, Elektrofahrzeuge)



Strategieelemente (strategische Aufgaben) für den Klimaschutz

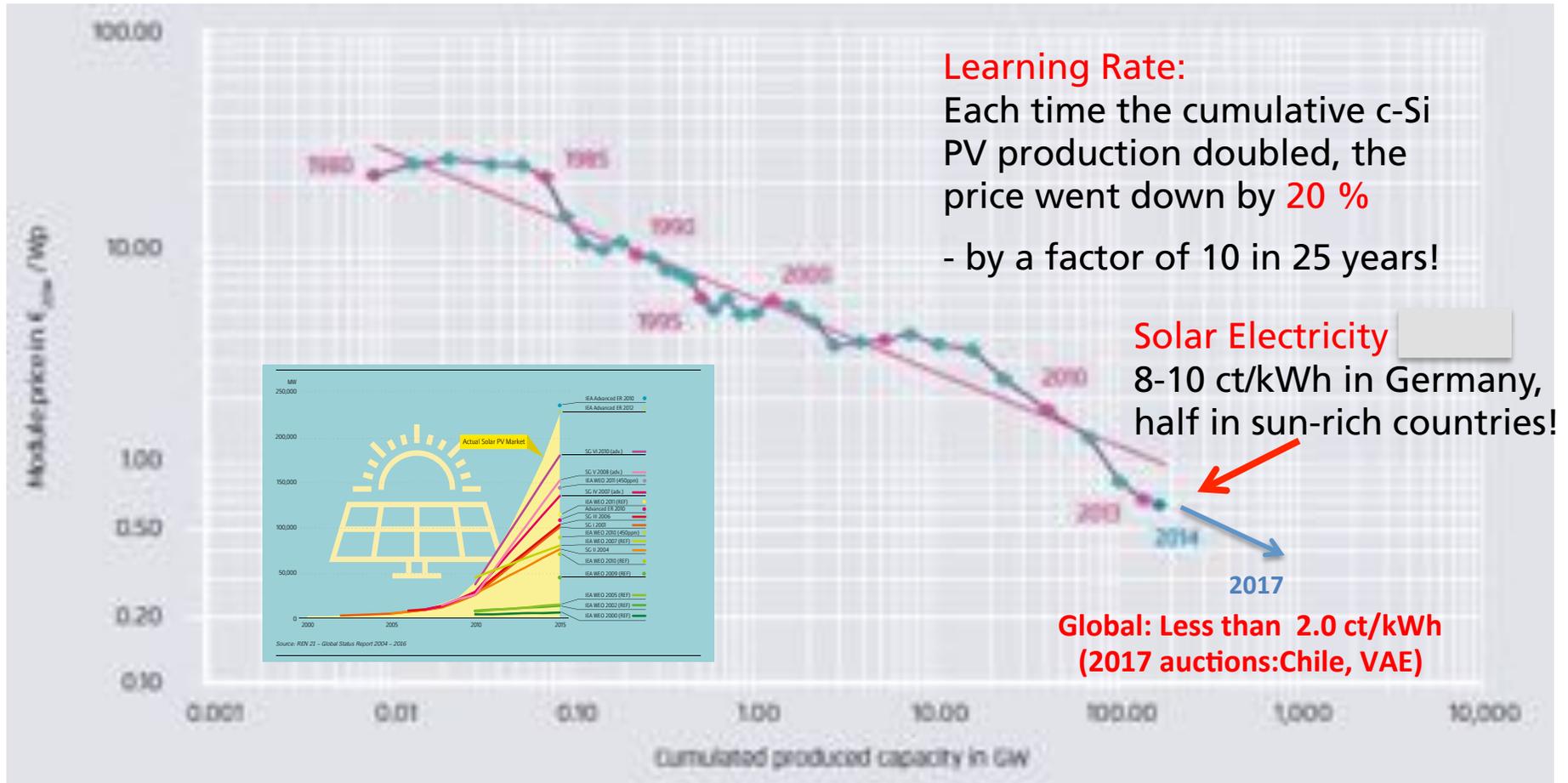
Herausforderung Klimawandel

Strategieelemente für den Klimaschutz – es gibt keine „silver bullet“ (kein Königsinstrument) alle Optionen sind notwendig



Herausforderung Klimawandel

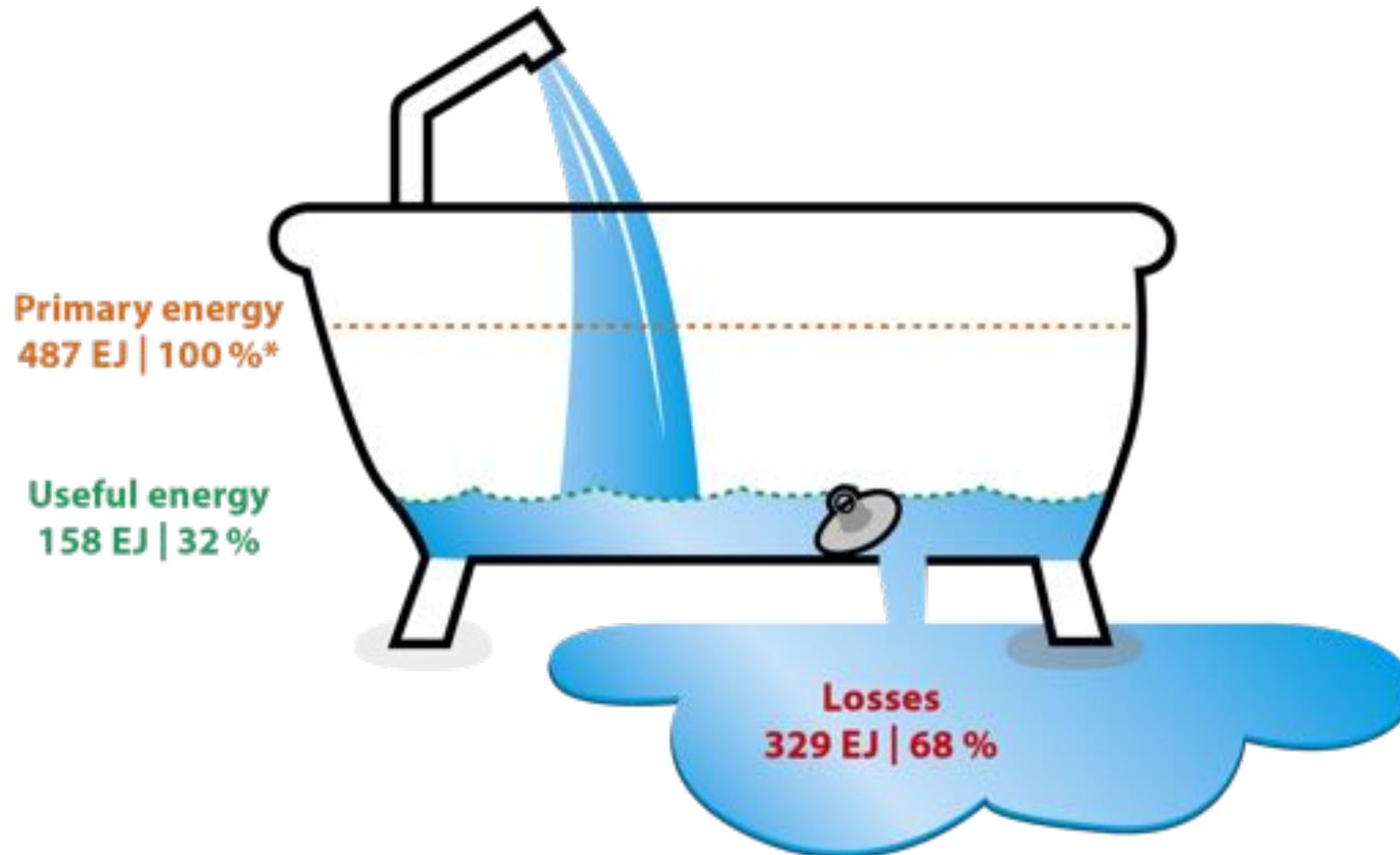
Dramatische Kostensenkungen machen Ausbau erneuerbarer Energien zu einer ökonomisch hoch attraktiven Option



Source: Navigant Consulting; EUPD PV module prices (since 2006), Graph: ISE 2014

Herausforderung Klimawandel

Reduktion der Energieverluste als zentrales Element für den globalen Klimaschutz neben dem Ausbau erneuerbarer Energien



*Total primary Energy 519 EJ less 32 EJ non energetic consumption

Source: Hennicke/Grasekamp 2014; based on Jochem/Reize 2013; figures from IEA/OECD/IREES

Herausforderung Klimawandel

World Energy Outlook (WEO) bestätigt die Relevanz der Energieeffizienz als zentraler „Enabler“ für den Klimaschutz

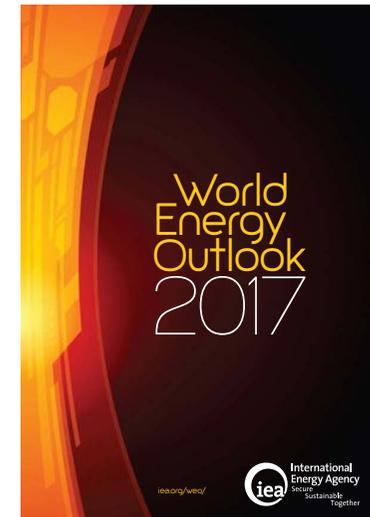
Global energy intensity falls by 2.3% per year to 2040 in the **New Policies Scenario (NPS)**. Without expected improvements in energy efficiency, the projected rise in global final energy consumption would more than double.

→ However reduction of energy demand is not sufficient in NPS – more engagement needed.

Expected increase of energy demand in New Policies Scenario of 30% until 2040 is equivalent „to adding another China and India“ to the energy system.

For shaping a sustainable energy system more Investments in energy efficiency and renewables are necessary – note: they bring multiple benefits in addition to the reduction in GHG and local pollutant emissions.

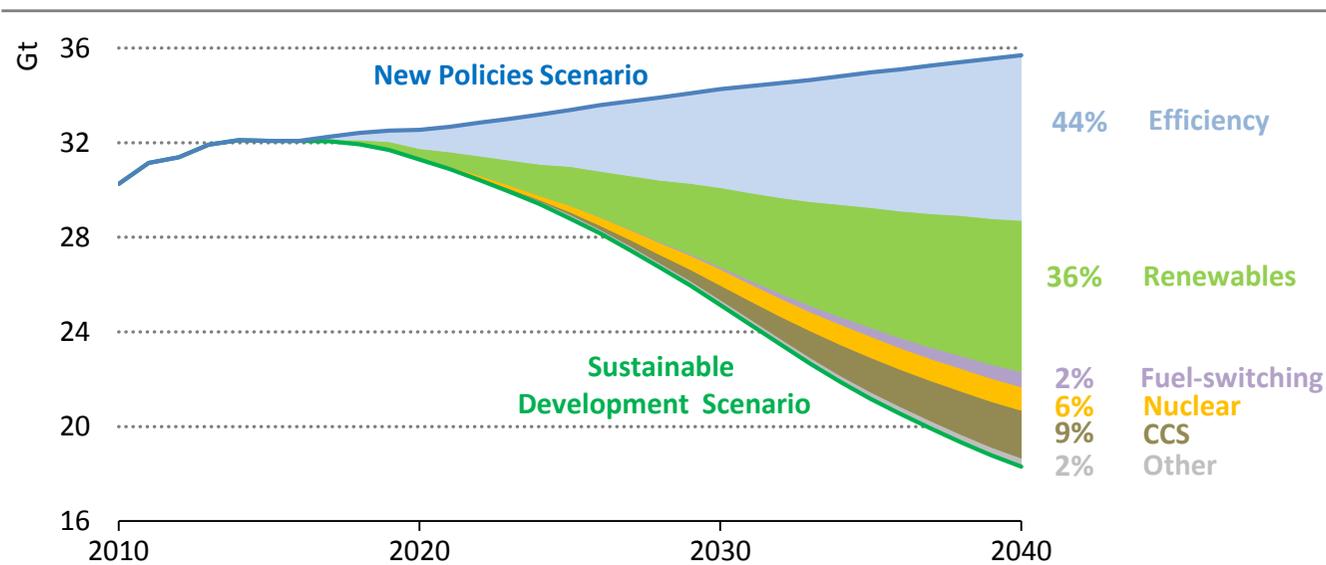
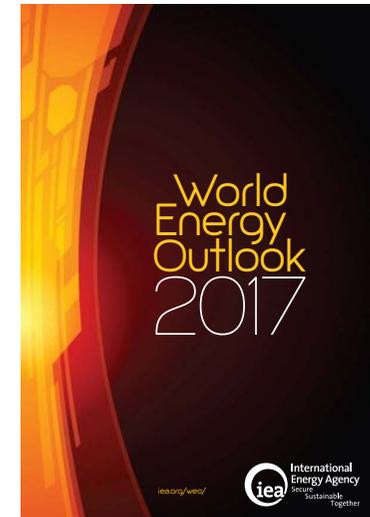
NPS: describes pathway where all announced policy instruments will be fully and successfully implemented



Herausforderung Klimawandel

World Energy Outlook (WEO) bestätigt – ambitionierter Klimaschutz geht nur durch Kombination von Energieeffizienz und Erneuerbaren

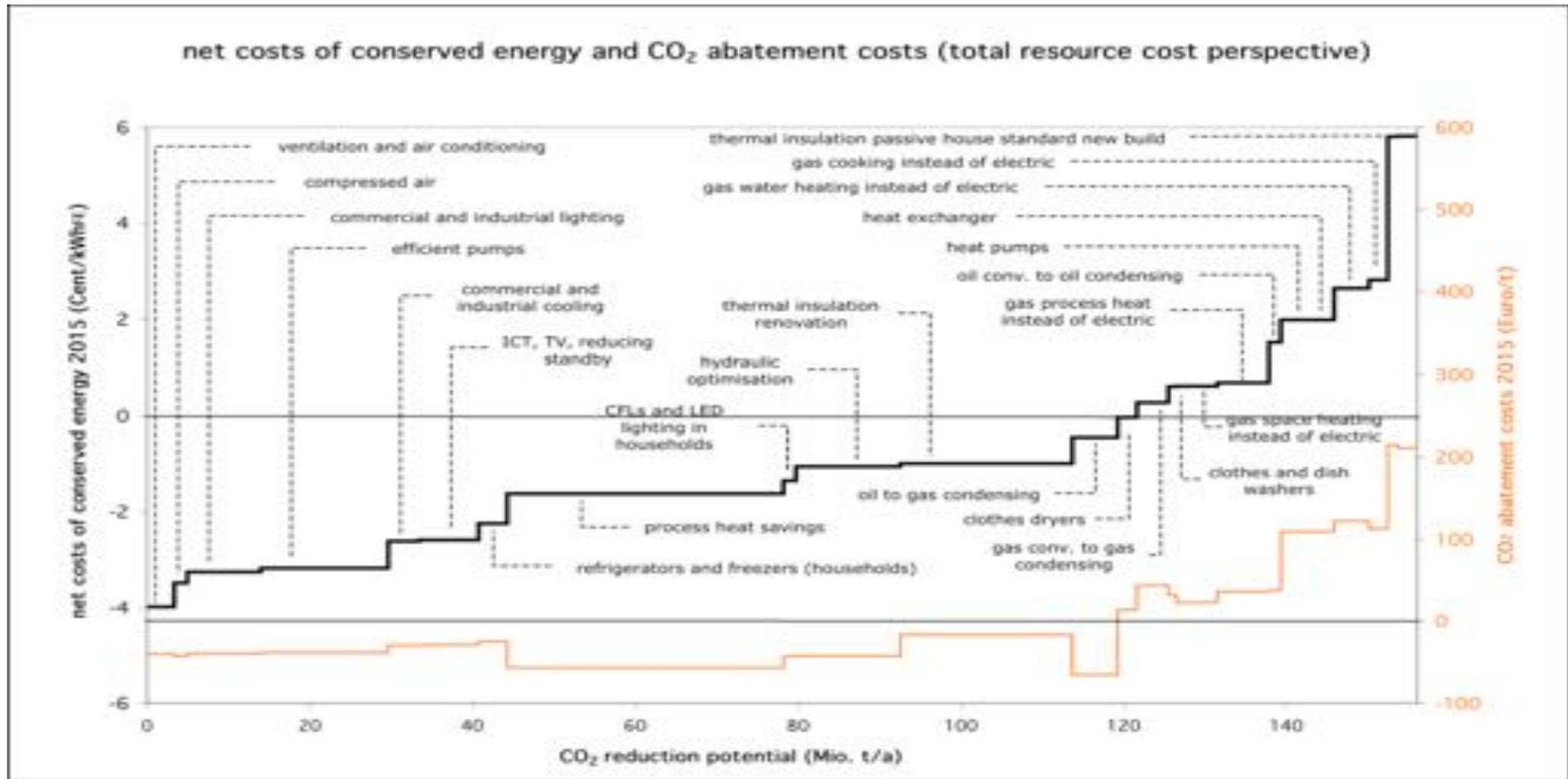
In the **Sustainable Development Scenario (SDS)**, co-ordinated deployment of energy efficiency and renewables is the key to an early peak in energy-related CO₂ emissions and their subsequent decline; each account for around 40% of emissions reductions relative to the New Policies Scenario (NPS).



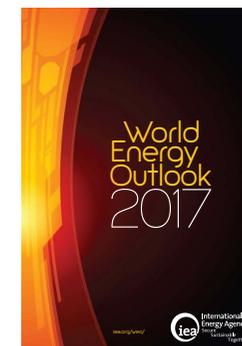
Energy efficiency and renewables account for 80% of the cumulative CO₂ emissions savings in the Sustainable Development Scenario

Herausforderung Klimawandel

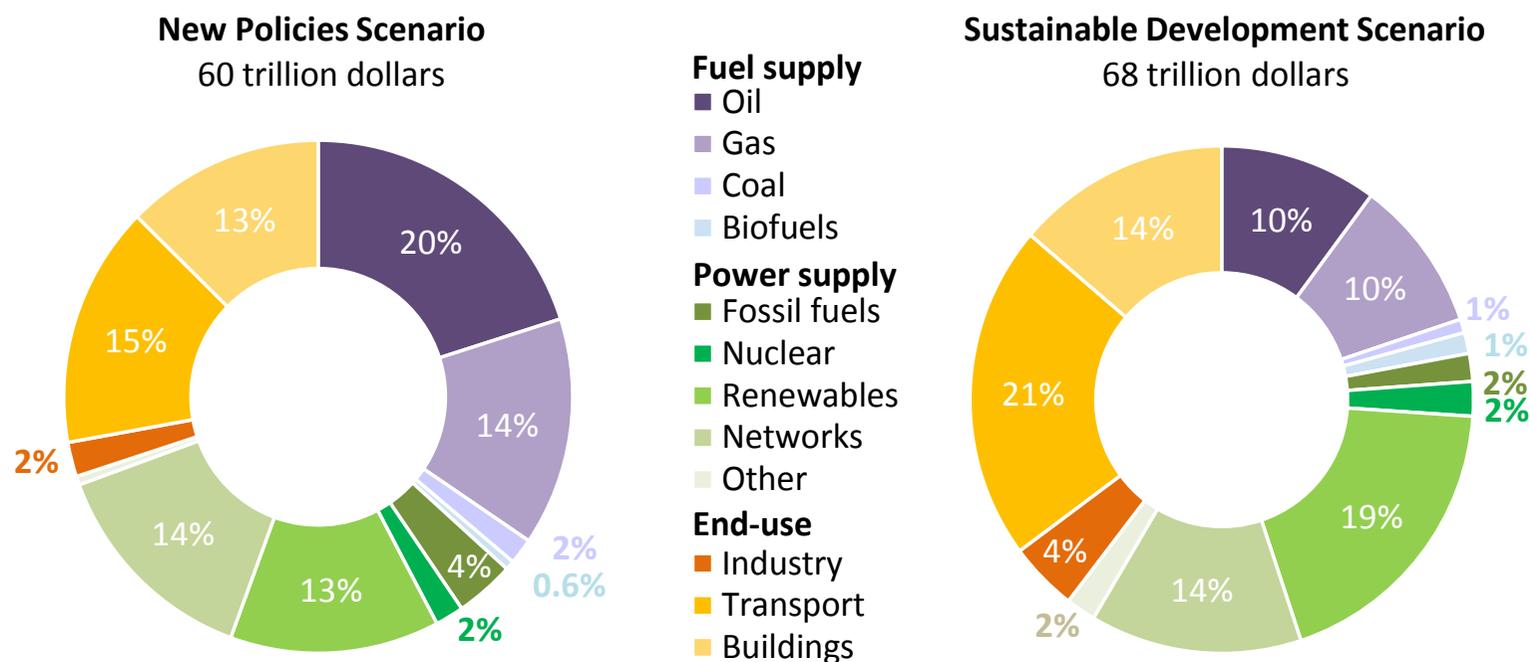
Hohe zu wirtschaftlich attraktiven Konditionen zu erschließende Energieeffizienzpotenziale (Fallbeispiel Deutschland)



Herausforderung Klimawandel und zugleich Chance Klimaschutz führt zu großen neuen internationalen Märkten und damit erheblichen Exportchancen technologischer Vorreiter



Cumulative investment needs by sector in the New Policies and Sustainable Development scenarios, 2018-2040

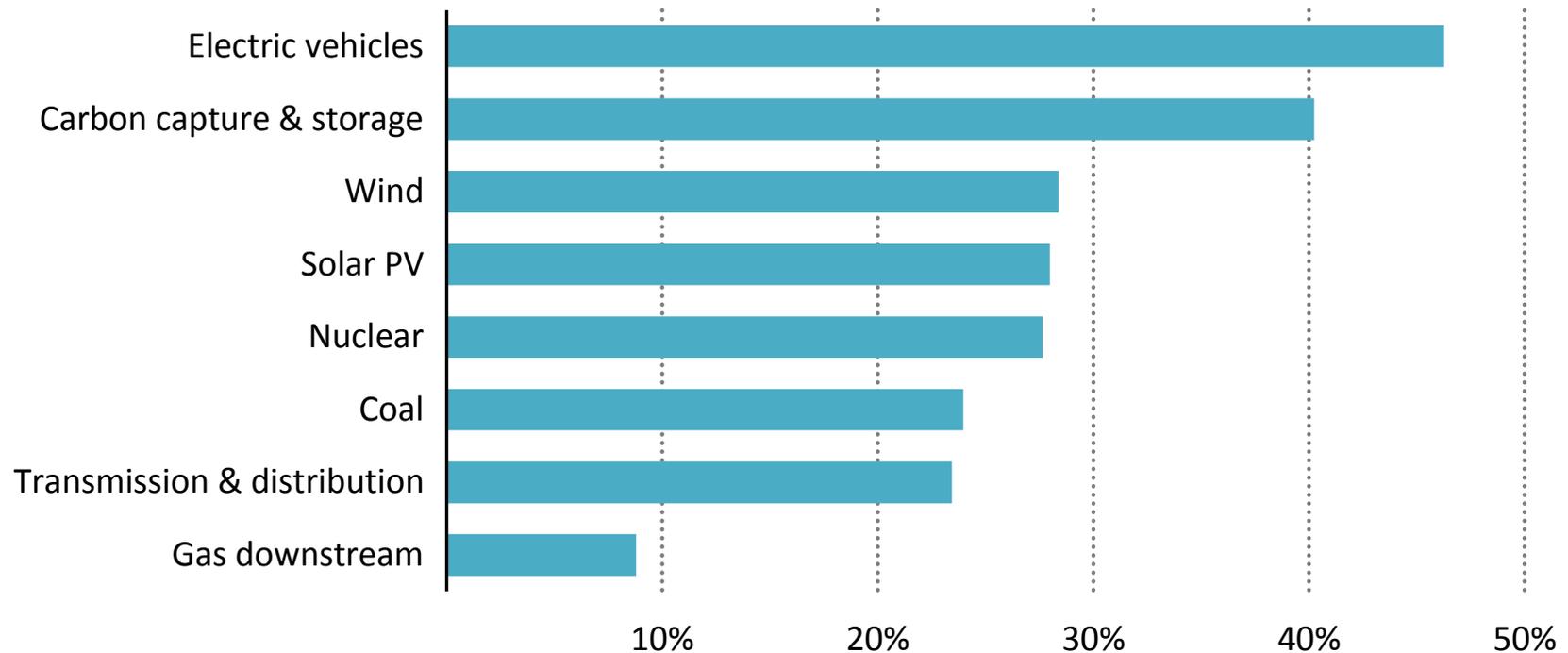


Total investment in the Sustainable Development Scenario is only about 15% higher than in the New Policies Scenario, but there is a marked difference in capital allocation

Herausforderung Klimawandel und zugleich Chance

Klimaschutz führt zu großen neuen Märkten – man muss aber aufpassen, dass die Chancen nicht die anderen aufgreifen

China's share of cumulative global investment in selected fuels and technologies in the New Policies Scenario, 2017-40

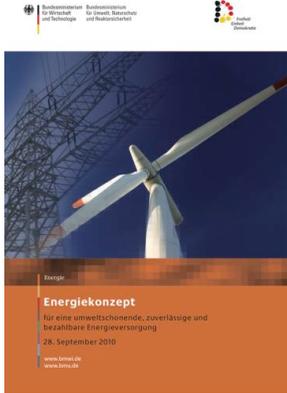


The effects of China's energy transition are reflected in its high shares of global investment in a range of low-carbon technologies in the New Policies Scenario

Ein Blick auf Deutschland – wo steht die Energiewende im Wechselspiel zwischen ehrgeizigen Zielen und realer Entwicklung

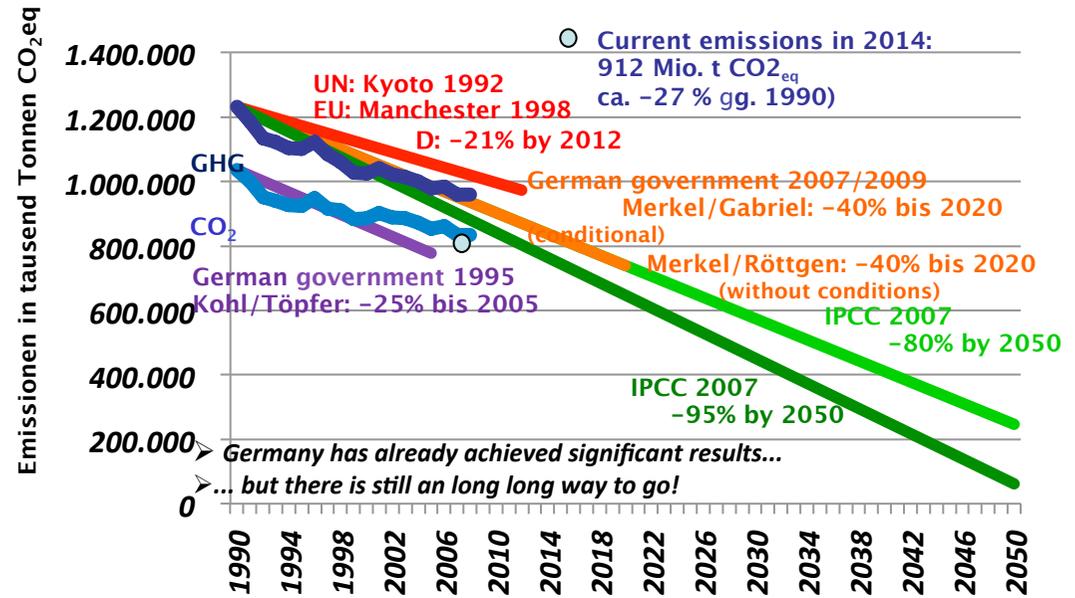
Zentrale Ziele und Meilensteine der Energiewende

Klimaschutz und Ausstieg aus der Kernenergie als zentrale Pfeiler des Energiekonzeptes der Bundesregierung



- **THG-Emissionsreduktion:**
80–95% bis 2050
- **Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch:**
60% bis 2050
- **Anteil der Stromerzeugung aus EE:**
80% bis 2050
- **Senkung des Energiebedarfs gg. 2008**
 - Bruttoendenergiebedarf um 50% bis 2050
 - Bruttostrombedarf um 25% bis 2050
- **Ausstieg aus der Kernenergie**
Abschaltung aller Kernkraftwerke bis Ende 2022

Unter Berücksichtigung der Ziele: Wettbewerbsfähigkeit, Versorgungssicherheit, Sozialverträglichkeit



Zentrale Ziele und Meilensteine der Energiewende

Klimaschutz und Ausstieg aus der Kernenergie als zentrale Pfeiler des Energiekonzeptes der Bundesregierung

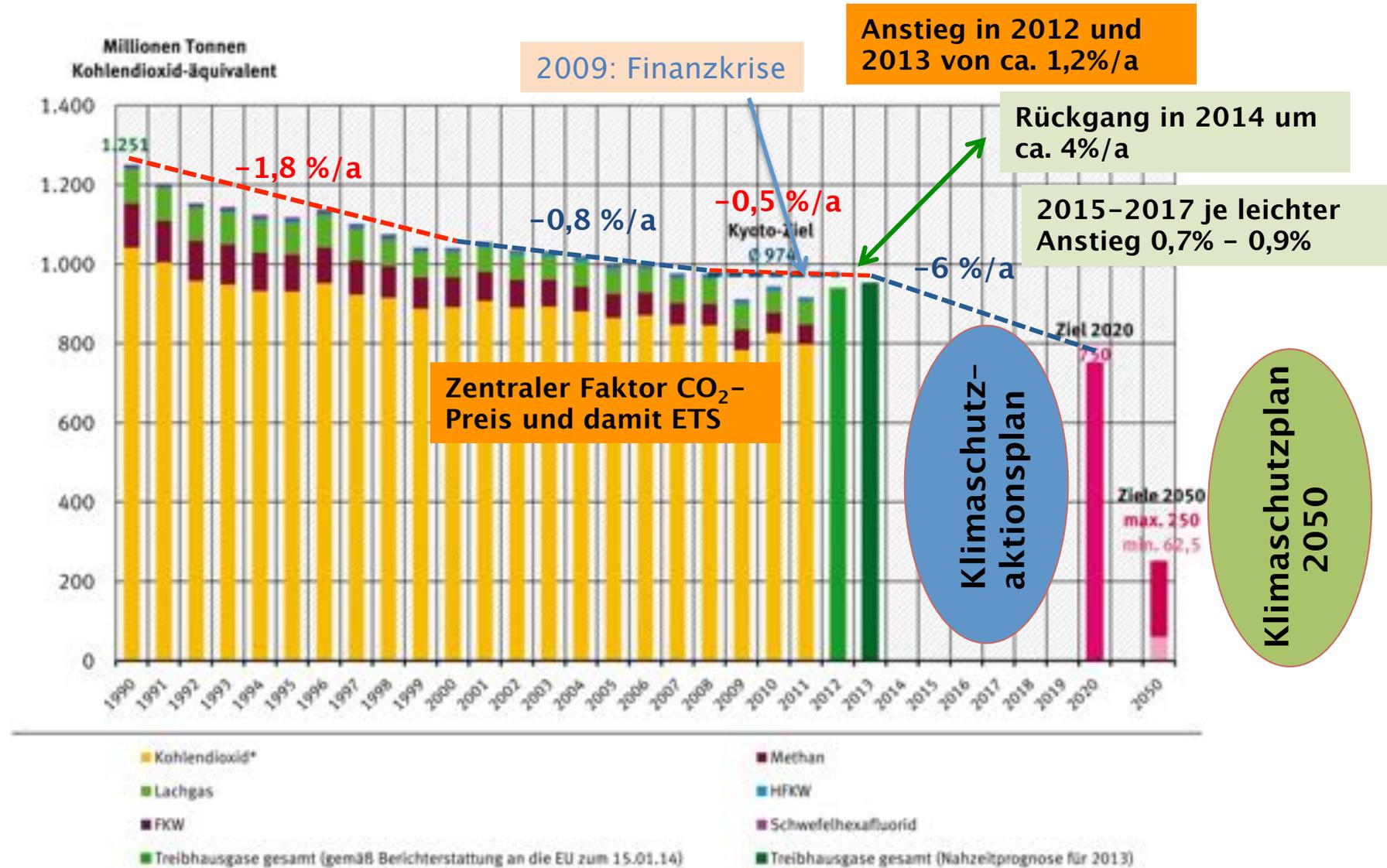


	2014	2020	2030	2040	2050
Greenhouse gas emissions					
Greenhouse gas emissions (compared with 1990)	-27 %	at least -40 %	at least -55 %	at least -70 %	at least -80 bis -95 %
Renewable energy					
Share of gross final energy consumption	13.5 %	18 %	30 %	45 %	60 %
Share of gross electricity consumption	27.4 %	at least 35 %	at least 50 % Renewable Energy Sources Act 2025: 40–45 %	at least 65 % Renewable Energy Sources Act 2025: 55–60 %	at least 80 %
Share of heat consumption	12.0 %	14 %			
Share in transport sector	5.6 %				
Efficiency and consumption					
Primary energy consumption (compared with 2008)	-8.7 %	-20 %	→		-50 %
Final energy productivity (2008-2050)	1.6 %/year (2008–2014)	2,1 %/year (2008–2050)			
Gross electricity consumption (compared with 2008)	-4.6 %	-10 %	→		-25 %
Primary energy consumption in buildings (compared with 2008)	-14.8 %		→		-80 %
Heat consumption in buildings (compared with 2008)	-12.4 %	-20 %			
Final energy consumption: transport (compared with 2005)	1.7 %	-10 %	→		-40 %

Source: In-house figures from the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, October 2015

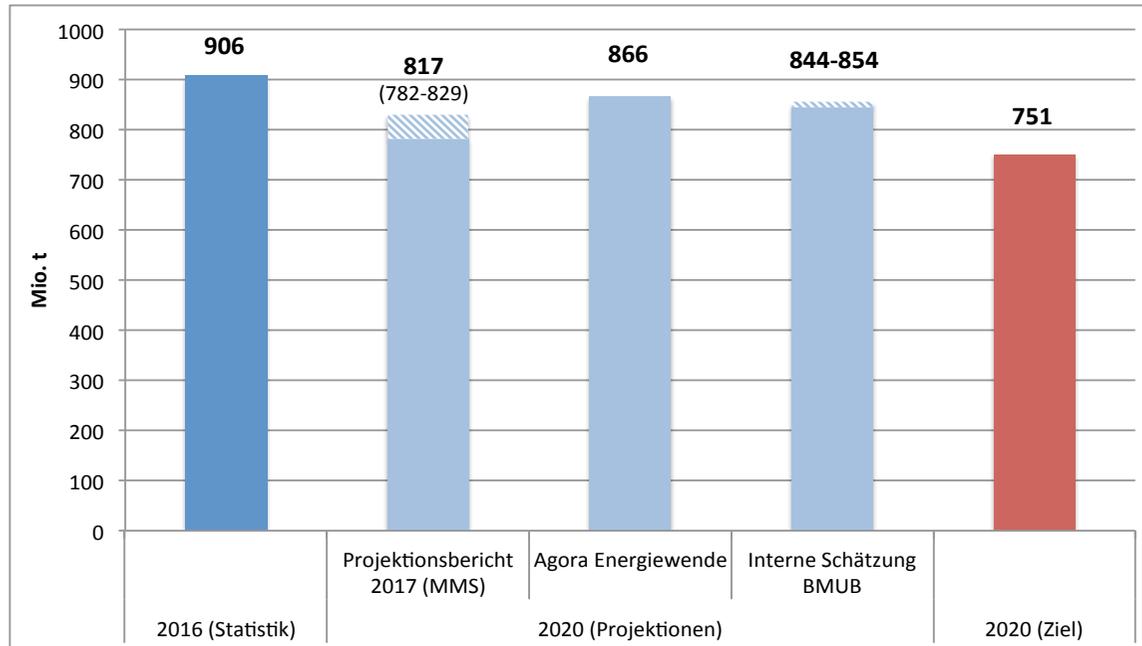
Statuscheck: Entwicklung der THG-Emissionen in Deutschland

Minderung der THG-Emissionen seit 1990 aber trotzdem noch signifikante Klimaschutzlücke für die Jahre 2020 und 2050



Energiewende – wie groß ist der kurzfristige Handlungsbedarf

Aktuelle Abschätzungen zeigen deutliche Klimaschutzlücke für das Jahr 2020



Hintergründe

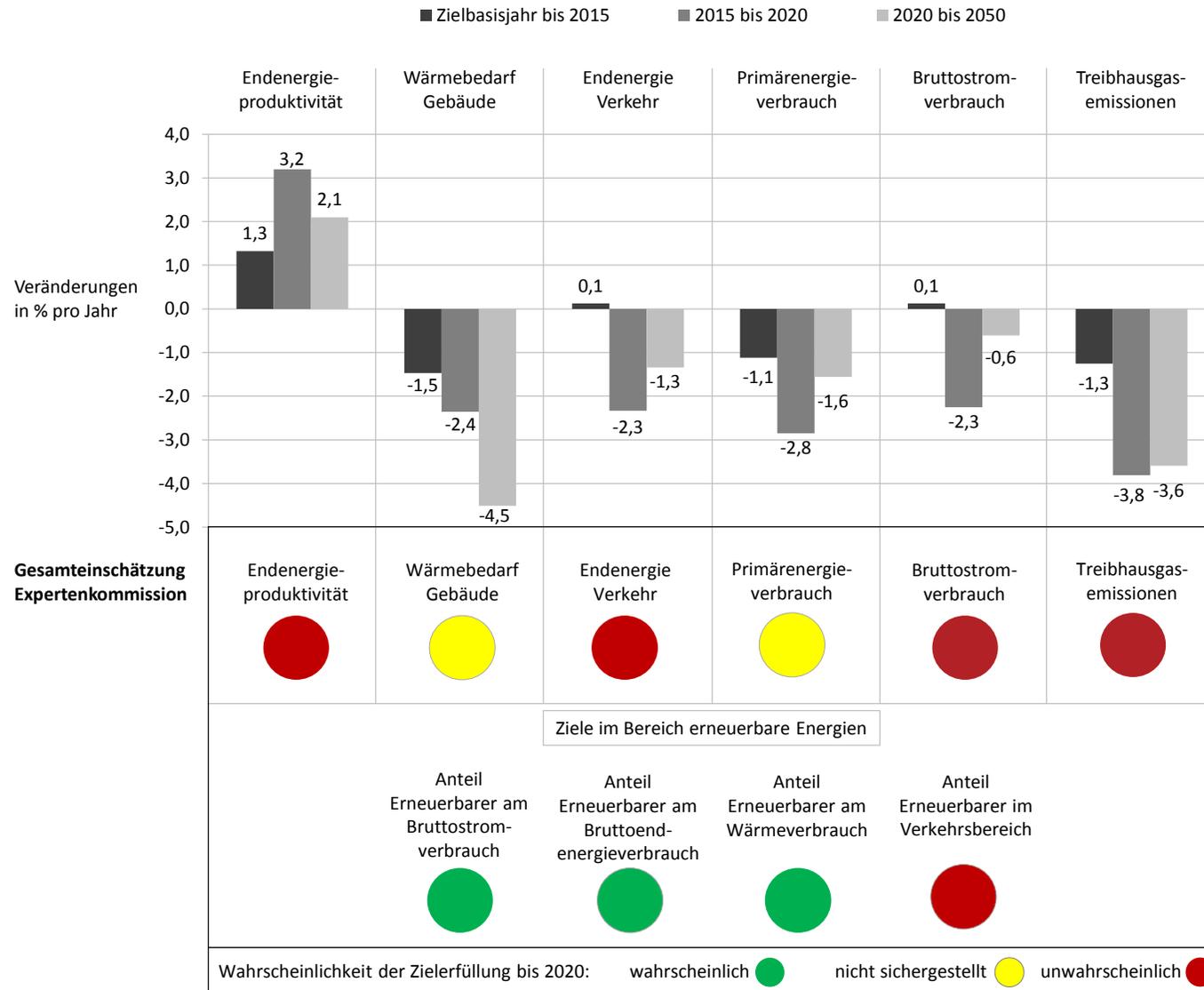
- Nachholbedarf bei der Energieeffizienz
- Das Wirtschaftswachstum in Deutschland wird bis 2020 vermutlich höher sein als zunächst erwartet.
- Die Bevölkerung in Deutschland wird 2020 vermutlich höher sein als zunächst erwartet.
- Der Ölpreis wird im Jahr 2020 vermutlich niedriger sein als zunächst erwartet
- Kohleverstromung (gerade Braunkohle) sinkt nur geringfügig
- Die CO₂-Zertifikatspreise werden 2020 vermutlich niedriger sein als zunächst erwartet.

		Minimale erwartete Minderung	Mittlere erwartete Minderung	Maximale erwartete Minderung
Projektionsbericht 2017 (MMS)	Absolut (in Mio. t)	-33,7 %	-34,7 %	-37,5 %
Agora Energiewende	Absolut (in Mio. t)	k. A.	-30,8 %	k. A.
Interne Schätzung BMUB	Absolut (in Mio. t)	-31,7 %	-32,1 % ^a	32,5 %

Energiewende – wie groß ist der kurzfristige Handlungsbedarf

Große Abweichungen vor allem im Bereich der Energieeffizienz

Gegenüberstellung der bisherigen und der zur Zielerreichung notwendigen Veränderungen ausgewählter Zielwerte bis 2020 respektive 2050



Unerwarteter Rückenwind für die Energiewende durch das Wetter

Deutlicher Rückgang von Energiebedarf und Emissionen durch milde Witterung und weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien



Mehr Ökostrom, langsamerer Ausbau

Stand: 31.10.2018 15:19 Uhr

Energieverbrauch in Deutschland geht zurück

In Deutschland wird weniger Energie verbraucht. Von Januar bis September hat die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen einen Rückgang um 5,3 Prozent errechnet. Für das gesamte Jahr 2018 werde ein Minus von knapp fünf Prozent erwartet, teilten die Statistiker mit. Verantwortlich für den Rückgang waren den Angaben zufolge vor allem die steigenden Preise, die milde Witterung sowie Verbesserungen bei der Energieeffizienz.

Rückenwind für die Energiewende durch neue Bündniskonstellationen

Wachsende Bereitschaft der Wirtschaft sich proaktiv mit Klimaschutz auseinanderzusetzen



Zentrale Aussage:

80% Reduktion der THG-Emissionen ist technisch möglich und volkswirtschaftlich verträglich gestaltbar

→ aber erfordert über das derzeitige Maß hinausgehende Anstrengungen sowie für die Industrie einen umfassenden carbon leakage Schutz

BDI The Voice of German Industry



Climate protection needs massive investment drive according to new BDI study

An 80 percent reduction in greenhouse gas emissions by 2050 is technically and economically feasible. An essential step to achieving this is to release energy-intensive businesses from the extra burdens imposed by climate policy that have no international counterpart.

Rückenwind für die Energiewende durch neue Bündniskonstellationen

Wachsende Bereitschaft der Wirtschaft sich proaktiv mit Klimaschutz auseinanderzusetzen

"Nachhaltiger Klimaschutz eröffnet vielen unserer Unternehmen langfristig Chancen auf dem wachsenden Weltmarkt für klimaschonende Produkte und Prozesse."

Dieter Kempf, Präsident des Bundesverbands der Deutschen Industrie e. V. (BDI)



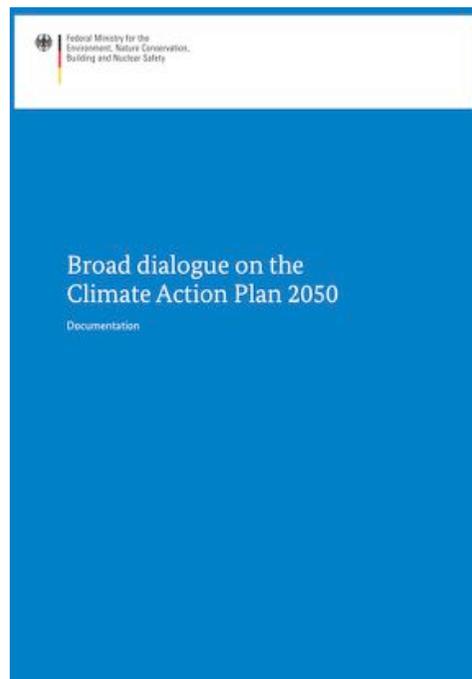
Klimaschutzplan setzt Akzente für 2030 und gibt Orientierung

Der Versuch eines partizipativen Ansatzes für die Bestimmung der Handlungsnotwendigkeiten und -möglichkeiten



Maßnahmenkatalog

Ergebnis des Dialogprozesses
zum Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung



KSP-V-17: Fahrleistungs- und emissionsabhängige Pkw-Maut	
Robuste Strategie: Verbesserung	Transformativer Pfad: Effizientere Nutzung der Pkw durch Minimale, Bündelung von Fahrten aufgrund von Kosten-Transparenz, Pkw-Minimale, Verkehrsvermeidung
Der Maßnahmenvorschlag enthält Beiträge aus dem Verbändeforum	
Kurzbeschreibung der Maßnahme	
Hintergrund Eine EU-kompatible leistungs- und emissionsabhängige Pkw-Maut auf allen Straßen kann einen zusätzlichen Anreiz zum klimafreundlicheren Umgang mit der Pkw-Nutzung führen. Dazu könnte die bisherige Erhebung der KFZ-Steuer, die derzeit Nutzungsunabhängig erhoben wird, eine höhere Lenkungswirkung erzielen.	
Maßnahmen Die Bundesregierung soll <ul style="list-style-type: none"> • Verhandlungen mit den Ländern und Gemeinden über eine Pkw-Maut auf allen Straßen aufnehmen, die die KFZ-Steuer aufkommensneutral ersetzt. • die Entwicklung einer On Board Unit im Rahmen der EU-Mautdienste in Auftrag geben • ein Pkw-Maut-Konzept „Verkehr finanziert Verkehr“ entwickeln. 	
Zentrale Rückmeldungen aus dem Beteiligungsprozess	
Empfehlung des Bundesländer-Forums	Tendenziell zur Aufnahme in den Klimaschutzplan empfohlen Hinweise/Ergänzungen: - Ausweitung der Lkw-Maut ist nicht enthalten, es sollte geprüft werden, warum dies der Fall ist - Maßnahme enthält keinen Klimaschutz, Klimaschutzwirkung wird in aktueller Fassung nicht deutlich
Empfehlung des Kommunalforums	Zur Aufnahme in den Klimaschutzplan empfohlen Keine Hinweise
Empfehlung des Verbändeforums	Mehrwedisch zur Aufnahme in den Klimaschutzplan empfohlen ¹⁰⁰ Konkret diskutiert: - Abhängigkeit der Emissionen vom verwendeten Kraftstoff: Differenzierung der Maut nach Lebenszyklusemissionen vs. Dies sei zu kompliziert - Differenzierung nach Zeit, Ort und Lärm ist langfristig wünschenswert (siehe Erfahrungen aus den Niederlanden) vs. Dies hätte keinen Klimaschutzbeitrag



März 2016

Klimaschutzplan setzt Akzente für 2030 und gibt Orientierung

Formulierung klarer sektoraler Minderungsziele bestimmt Handlungsbedarf für die Akteure (auch für die Problemsektoren)

Handlungsfeld	1990 (in Mio. t CO ₂ - Äq.)	2014 (in Mio. t CO ₂ - Äq.)	2030 (in Mio. t CO ₂ - Äq.)	2030 (Minderung in % ggü. 1990)
Energiewirtschaft	466	358	175 – 183	62 – 61 %
Gebäude	209	119	70 – 72	67 – 66 %
Verkehr	163	 160	95 – 98	42 – 40 %
Industrie	283	181	140 – 143	51 – 49 %
Landwirtschaft	88	72	58 – 61	34 – 31 %
Teilsumme	1209	890	538 – 557	56 – 54 %
Sonstige	39	12	5	87%
Gesamtsumme	1248	 902	543 – 562	56 – 55 %



Schlüsselbereiche für die Umsetzung der Klimaschutzziele

Signifikante Beiträge sind in allen Bereichen gefordert – weiteres “mugging through” gilt nicht mehr

- **Fortsetzung der Stromwende:** Deutliche Reduktion der Verstromung von Stein- und Braunkohle unter Berücksichtigung flankierender strukturpolitischer und sozialer Rahmenbedingungen (Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung soll Eckpunkte bis Ende 2018 setzen) bei gleichzeitigem Ausbau von erneuerbaren Energien und Stromnetzen
- **Glaubhafter Einstieg in die Mobilitätswende:** Maßnahmen umfassen nicht nur technische Konzepte und die (aktuelle) Fokussierung auf Elektromobilität greift deutlich zu kurz
- **Konsequente Umsetzung der Wärmewende:** Heizungsmodernisierung, Erhöhung der energetischen Sanierungsrate, intelligente Versorgungskonzepte für Quartiere, „grüne“ KWK – Umsetzungs- statt Technologiedefizit
- **Sektorenkopplung:** Zusammenwachsen der Sektoren und ganzheitliche Konzepte
- **Digitalisierung als „Enabler und Facilitator“** der Transformationsprozesse aber auch Grundlage für massive Veränderungen in der Branche

Koalitionsvereinbarung der Regierungsparteien markiert erste zentrale Meilensteine und greift Handlungsbedarf für Energiewende auf

In der Koalitionsvereinbarung zwischen CDU/CSU und SPD (Februar 2018) sind u.a. folgende zentrale Aspekte fixiert worden.:

- Anerkennung, dass Klimaschutzziele für das Jahr 2020 nicht erreicht werden
- Zielsetzung die Klimaschutzlücke für das Jahr 2020 so schnell wie möglich nach 2020 durch zusätzliche Maßnahmen in allen Sektoren zu schließen
- **Insbesondere starkes Bekenntnis zu den mittel- bis langfristigen Klimaschutzzielvorgaben (2030: 55%, 2050: 80–95% im Vergleich zu 1990) → 2030 Ziel entspricht Verdopplung der bisherigen Minderung der THG-Emissionen in nur 12 Jahren!**
- **Verabschiedung eines Klimaschutzgesetzes (2019)** und Weiterentwicklung des (partizipativen) Klimaschutzplanprozesses
- Einsetzen einer Kommission “Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung”, die bis Ende 2018 u.a. Vorschläge für den sukzessiven Ausstieg aus der Kohleverstromung entwickeln sollen
- Parallele Entwicklung von Kommissionen für Verkehrs- und Gebäudebereich
- **Erhöhung des Ausbauziels erneuerbarer Energien im Stromsektor (55% → 65% Anteil in 2030) → Verdopplung des aktuellen Anteils in nur 12 Jahren**

Vielfältige Herausforderungen bei der Umsetzung eines komplexen Transformationspfades – von technologischen bis gesellschaftlichen Herausforderungen

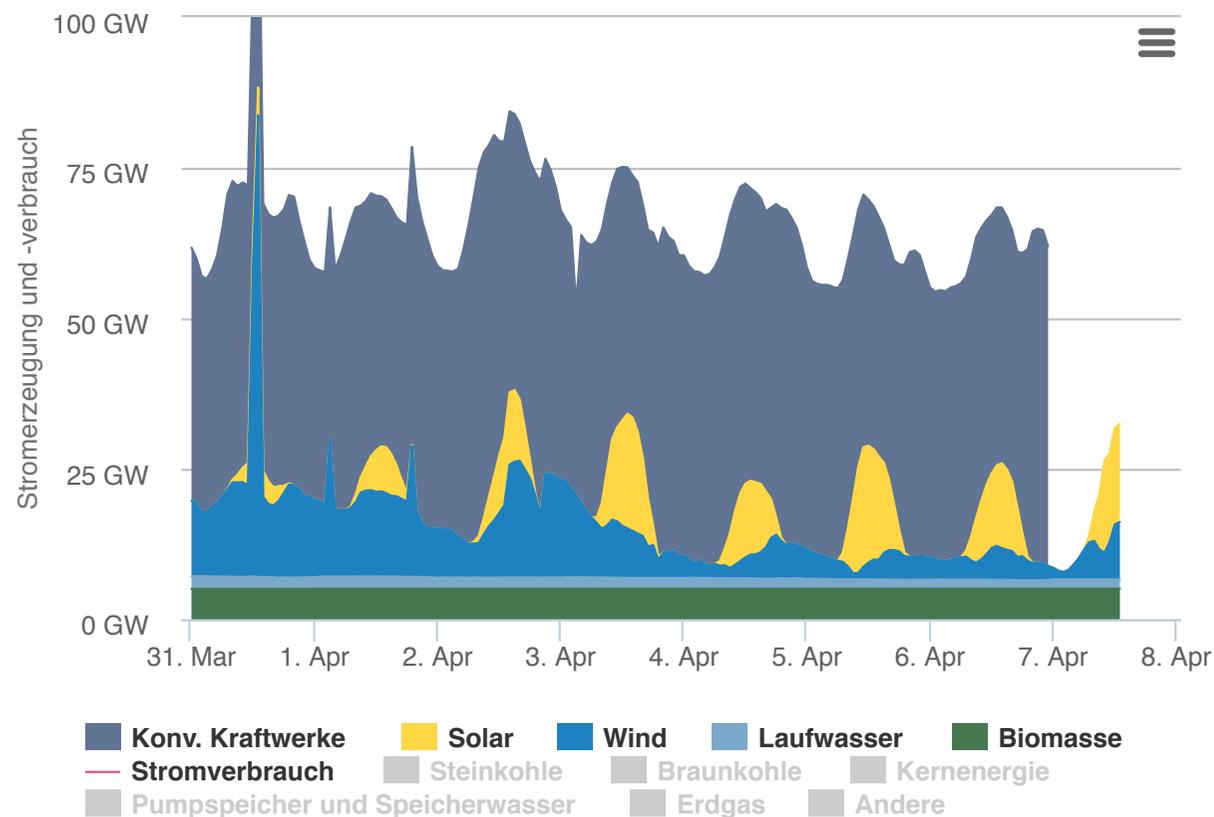
Energiewende ist kein Selbstgänger – vielfältige Herausforderungen bei der Umsetzung des komplexen Transformationsprozesses

- **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

Energiewende ist kein Selbstgänger – vielfältige Herausforderungen bei der Umsetzung des komplexen Transformationsprozesses

- **Technologische Herausforderung:** weitere Entwicklung von Integrationstechnologien (z.B. Speicher- und Hybridsysteme, Prognosesysteme)

Stromerzeugung in der Vorosterwoche 2015



Agora Energiewende; Stand: 07.04.2015, 17:15

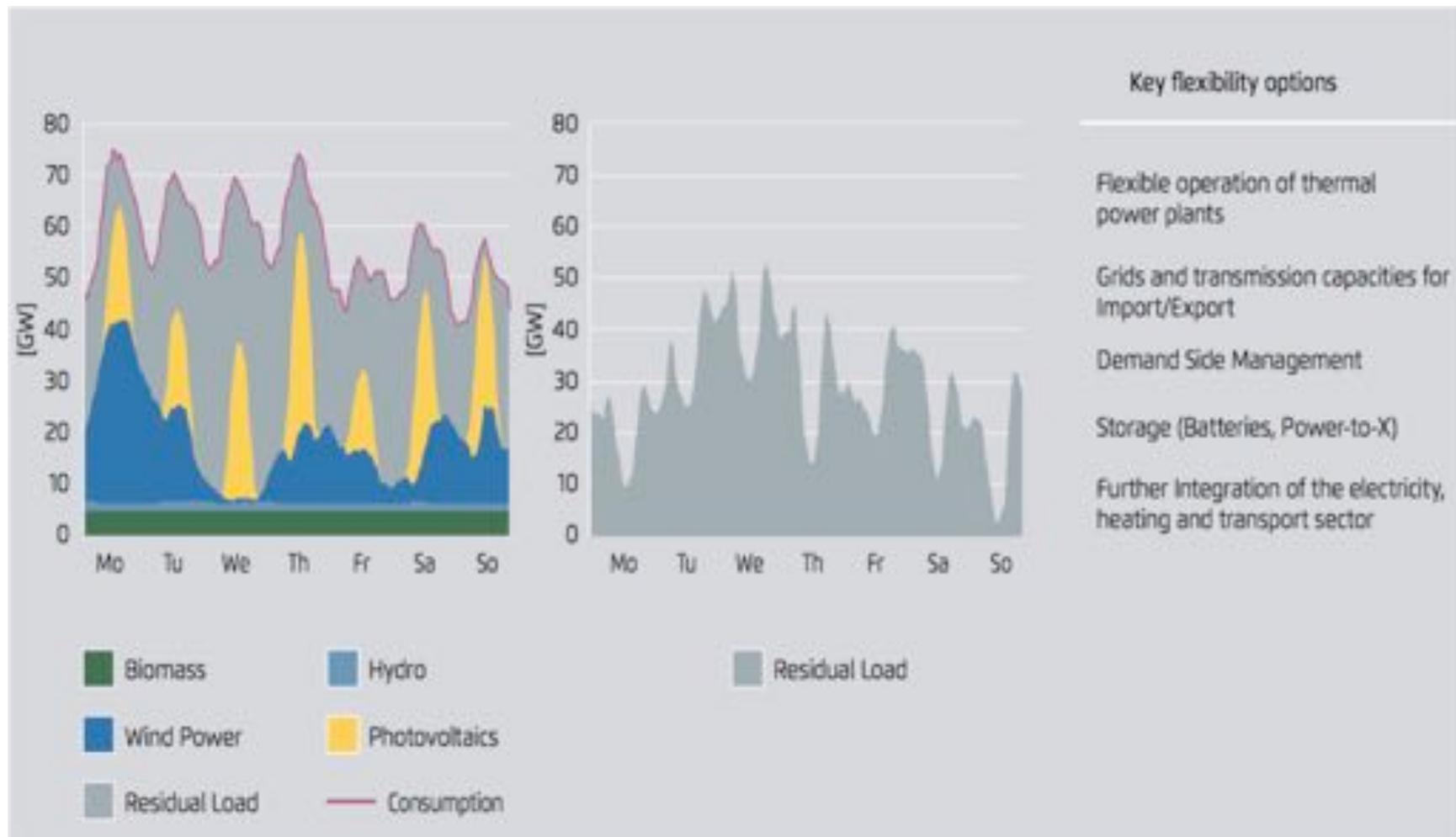
Energiewende ist kein Selbstgänger – vielfältige Herausforderungen bei der Umsetzung des komplexen Transformationsprozesses

- **Kompatibilitätsherausforderung:** Kooperation zwischen konventionellen und neuen Technologien (Gestaltung Energie-/Strommarktdesign) -> **Aufrechterhaltung Systemstabilität**



Energiewende ist kein Selbstgänger – technologische Herausforderung Systemintegration erneuerbarer Energien

Für die Systemintegration erneuerbarer Energien in die Stromerzeugung ist mehr Flexibilität und Intelligenz im System erforderlich



Energiewende ist kein Selbstgänger – technologische Herausforderung

Systemintegration erneuerbarer Energien

Digitalisierung als Enabler für die Energiewende

- **Digitalisierung als Voraussetzung für Effizienzsteigerungen und die Erhöhung der Eigenstromversorgung**
 - Smart Home (Prosumer)
 - Quartierskonzepte
 - Verknüpfung mit Elektromobilität
- **....und für eine Verknüpfung zunehmend dezentraler Anlagen**



1,55
Millionen Produktionsanlagen
für erneuerbare Energie gibt es
in Deutschland.

Davon sind

1,5
Millionen
Photovoltaikanlagen

23 600
Windenergie-Anlagen an Land

13 600
Biomasse-Anlagen

117 000
Gigawattstunden produzierten
die Anlagen 2015 insgesamt

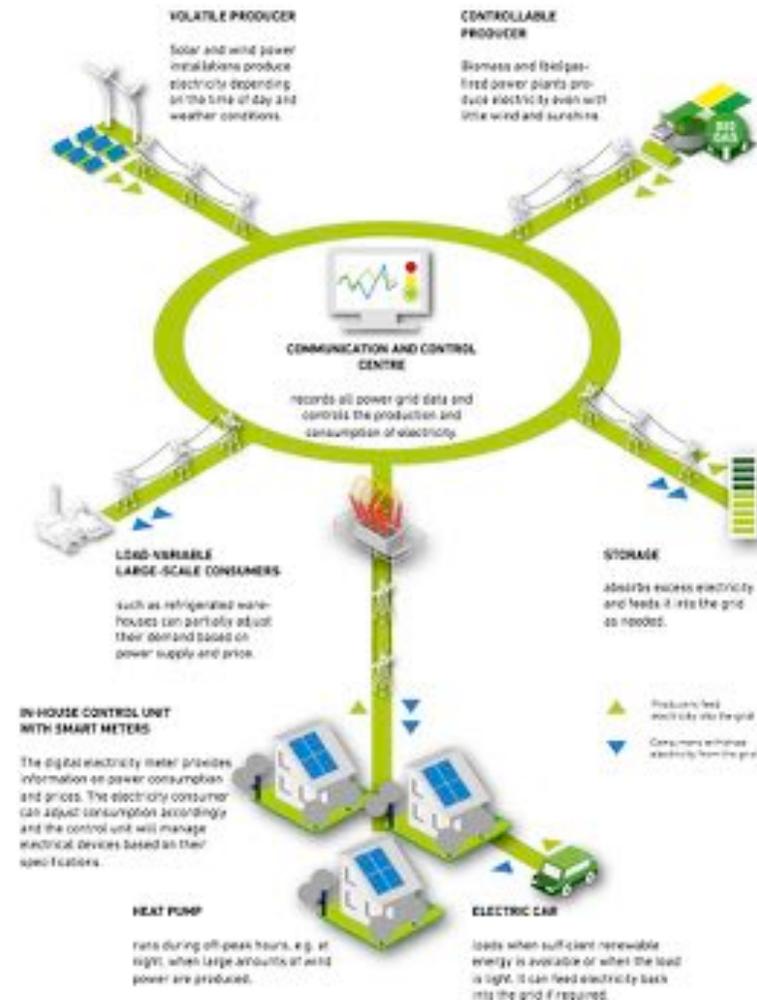
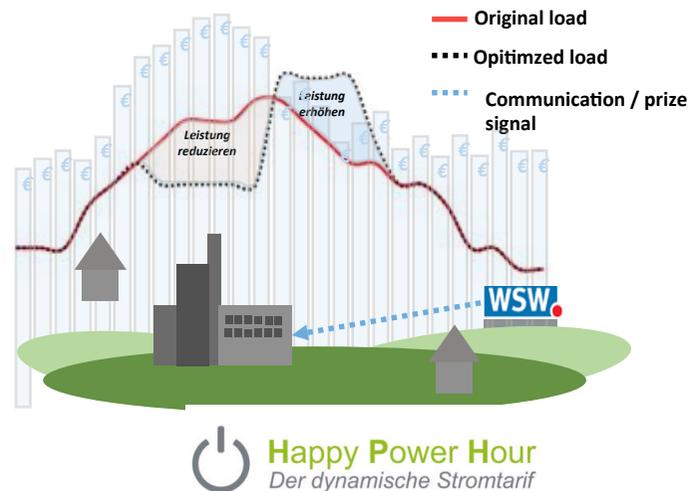
25 000
Gigawattstunden betrug der
Anstieg der Bruttostromerzeugung
aus Wind onshore und Photovoltaik
von 2014 auf 2015

Energiewende ist kein Selbstgänger – technologische Herausforderung

Systemintegration erneuerbarer Energien

Digitalisierung als Enabler für die Energiewende

- **Digitalisierung als Voraussetzung für Effizienzsteigerungen und die Erhöhung der Eigenstromversorgung**
 - Smart Home (Prosumer)
 - Quartierskonzepte
 - Verknüpfung mit Elektromobilität
- **....und für eine Verknüpfung zunehmend dezentrale Anlagen (inkl .DSM)**



Energiewende setzt Impulse für neue Technologien und Märkte

Smart Home – Technologien zur Reduzierung des Energiebedarfs



1 Fraunhofer IBP 2011, für RWE System

- Smart Meter: Mehr Informationen, höhere Flexibilität
 - Erfassen, speichern und übertragen alle Verbrauchsdaten in Echtzeit
 - Können aber auch als Empfänger für Preisinformationen genutzt werden. Entsprechende Schnittstellen zu einem Smart Home System ermöglichen es z.B. den Betrieb von Haushaltsgeräten an schwankende Strommarktpreise anzupassen. Dies könnte zukünftig dazu beitragen, die Netzstabilität zu stärken und die eigenen Stromkosten zu reduzieren
- Beleuchtung: Weitere Einsparpotentiale
 - Auch die Beleuchtung kann per Smartphone ferngesteuert werden und mittels automatisierter Beleuchtungspläne zur Energieeinsparung beitragen
 - Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten, z.B.: Helligkeitssensor stellt Sonnenuntergang fest, was zur automatischen Anpassung der Beleuchtung je nach Präsenz der Bewohner in den einzelnen Gebäudebereichen führt

Energiewende setzt Impulse für neue Technologien und Märkte

Smart Home – Technologien zur Reduzierung des Energiebedarfs



■ Speicher: Intelligente Haushaltsgeräte begünstigen PV-Anlagen

- Aufgrund sinkender Einspeisevergütungen und gesetzlicher Vorgaben hängt die Rendite einer Solarstromanlage zunehmend von der Höhe des Eigenverbrauchsanteils ab
- Durch Vernetzung von dezentralen Erzeugern und Verbrauchern kann dafür gesorgt werden, dass **Haushaltsgeräte erst dann automatisiert gestartet werden, wenn die PV-Anlage einen Überschuss liefert**
- Alternativ kann **überschüssige Energie über einen Wärmespeicher in Brauchwärme** umgewandelt werden



■ Mobilität: Elektroauto auch als Energiespeicher

- Ziel der Bundesregierung sind eine Million Elektrofahrzeuge bis 2020
- In Kombination mit intelligenten Stromzählern und einem Smart Home System lassen sich die **Batterien** dieser Fahrzeugflotte nutzen, um sie **als mobile Energiespeicher** mit Rückeinspeisung in die heimische Energieversorgung einzubinden.
- **Voraussetzung: alle** Verbraucher, Speicher und Erzeuger können miteinander **kommunizieren**

1 Fraunhofer IBP 2011, für RWE System

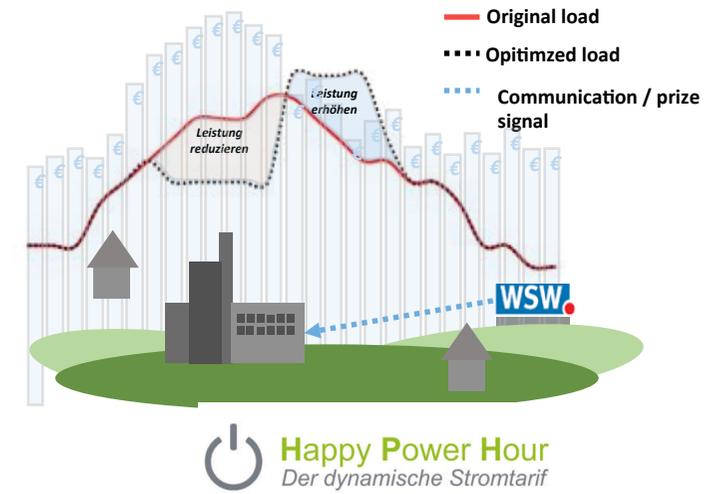
Technologische Herausforderung Systemintegration

Power to X und Sektorenkopplung als mittel bis langfristige Option zum Fluktuationsausgleich und Dekarbonisierung der Endenergiesektoren

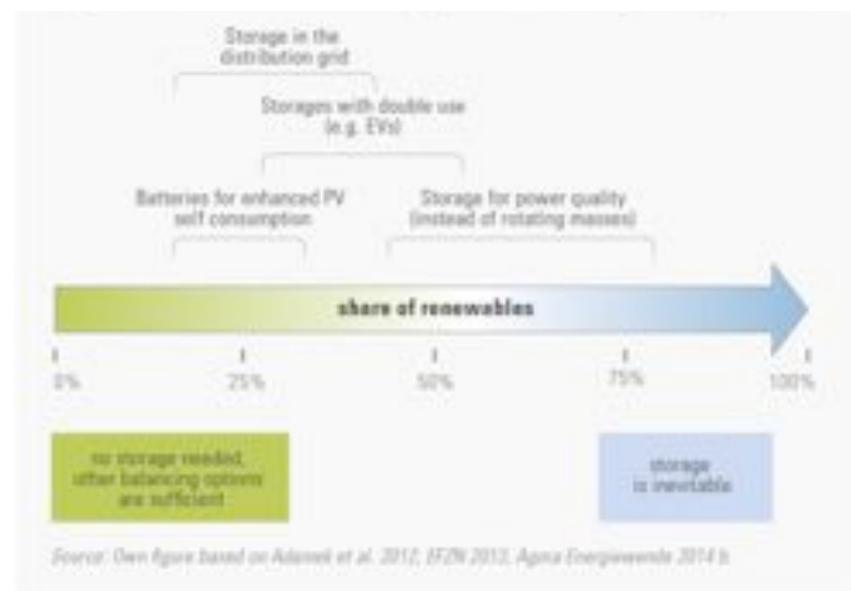
Optionen der Sektorenkopplung

- **Flexible KWK-Anlagen (inkl. Wärmespeicher)**
 - **Demand Side Management (inkl. E-Mob: Power to Mobility)**
 - **Power to Heat**
 -
-
- **Power to X (Gas, Kraftstoffe)**
 - **Power to chemicals**
 - **Stromspeicher**
 -

kurz-/mittelfristig

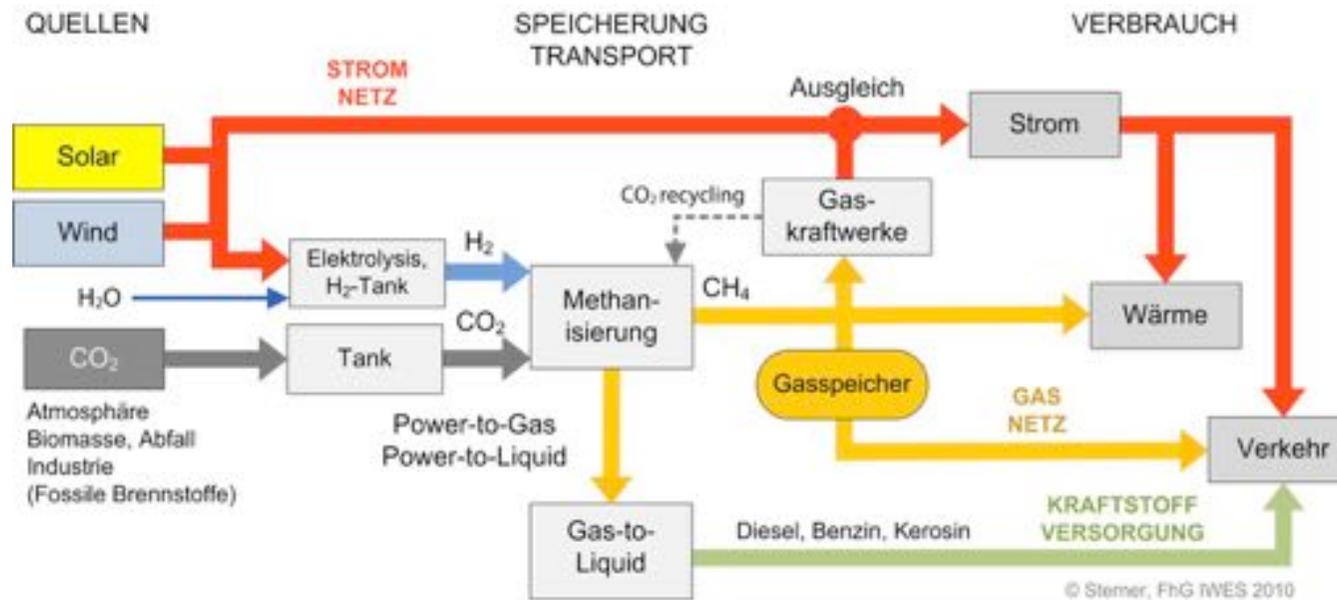


langfristig



Technologische Herausforderung Systemintegration

Power to X als zentrale Option der Sektorenkopplung – Vielfalt der Bereitstellungsmöglichkeiten synthetischer Gase, Brenn- und Kraftstoffe



Das Grundprinzip von Power to X

X = Wärme, Wasserstoff, synthetisches Erdgas und Kraftstoffe, Grundstoffe für die Chemie

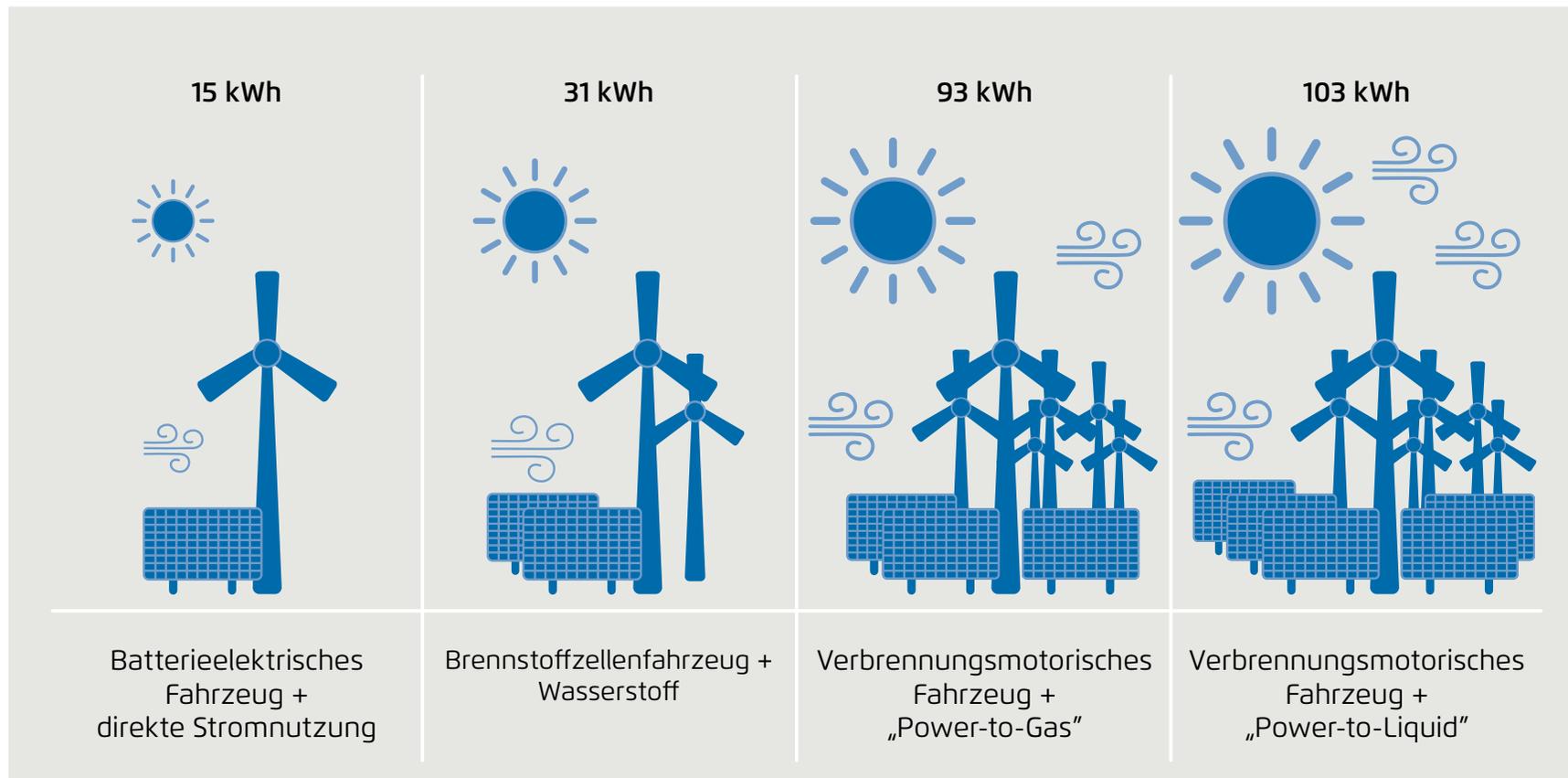


Technologische Herausforderung Systemintegration

Power to X und Elektrifizierung zentrale Option für die Dekarbonisierung aber Vorsicht infolge des induzierten Strombedarf

Strombedarf aus Erneuerbaren Energien für verschiedene Antriebs- und Kraftstoffkombinationen (pro 100 km)

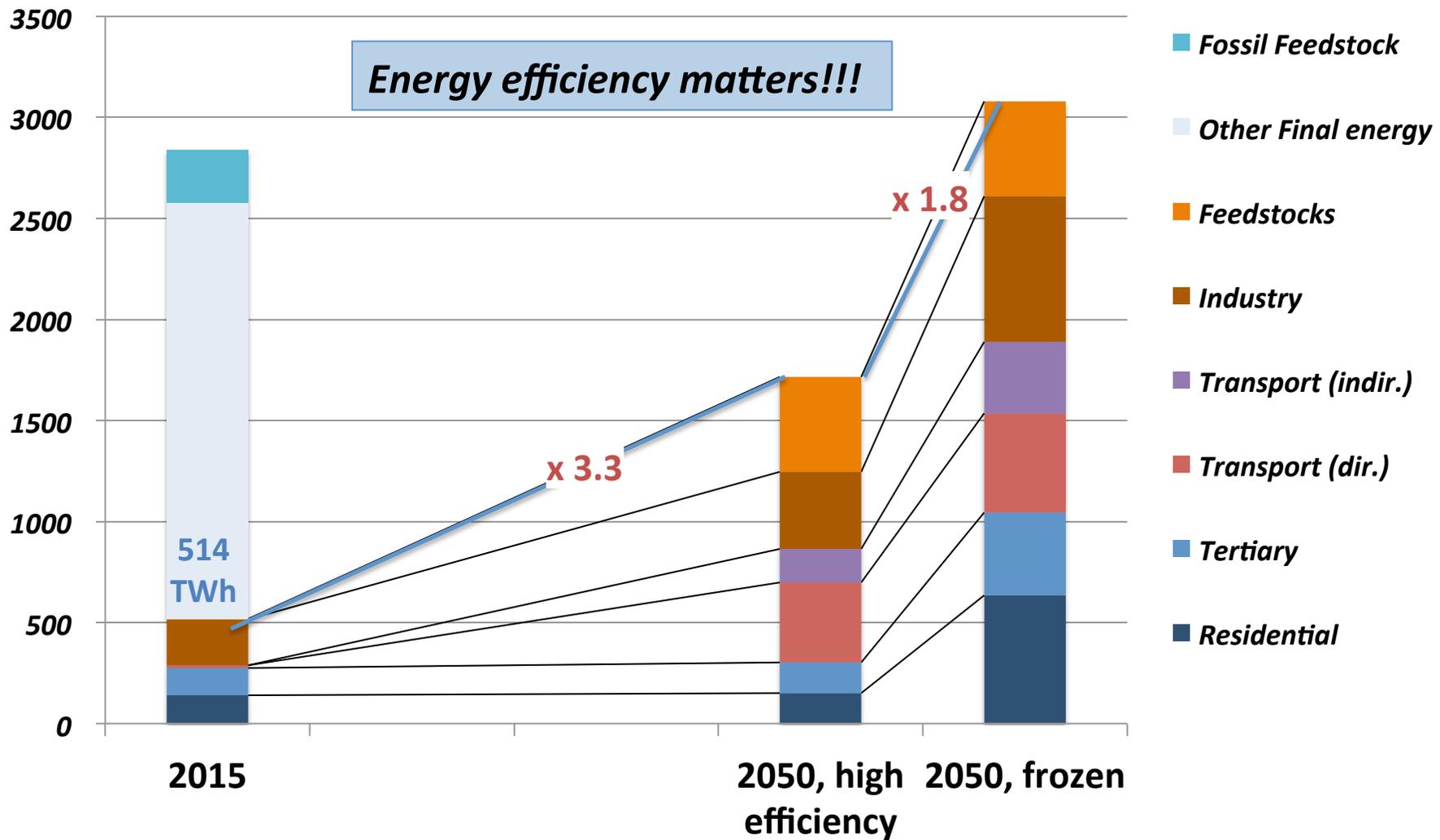
Abbildung 6.1



Eigene Berechnung und Darstellung nach DLR, Ifeu, LBST, DFZ (2015), S. 15

Technologische Herausforderung Systemintegration

Power to X und Elektrifizierung zentrale Option für die Dekarbonisierung aber Vorsicht infolge des induzierten Strombedarf



Technologische Herausforderung Systemintegration

Power to X und Elektrifizierung zentrale Option für die Dekarbonisierung aber Vorsicht infolge des induzierten Strombedarf

Technologie	Langfristiges technisches nachhaltiges Potenzial in TWh/a			Bereits genutztes Potenzial 2012 [AGEB 2014] in TWh/a
	Literatúrauswertung		Annahmen für diese Studie	
	Untere Grenze	Obere Grenze		
Wasserkraft	25	42	25	21,8
Wind Onshore	195	2.897	390	50,7
Wind Offshore	64	300	280	
Photovoltaik	163	405	284	26,4
Geothermie	15	300	15	0,03
Gesamt	462	3.939	~1.000	~100

Quelle: Erneuerbare Energien im Verkehr, DLR, ifeu, LBST, DBFZ, 10. März 2015

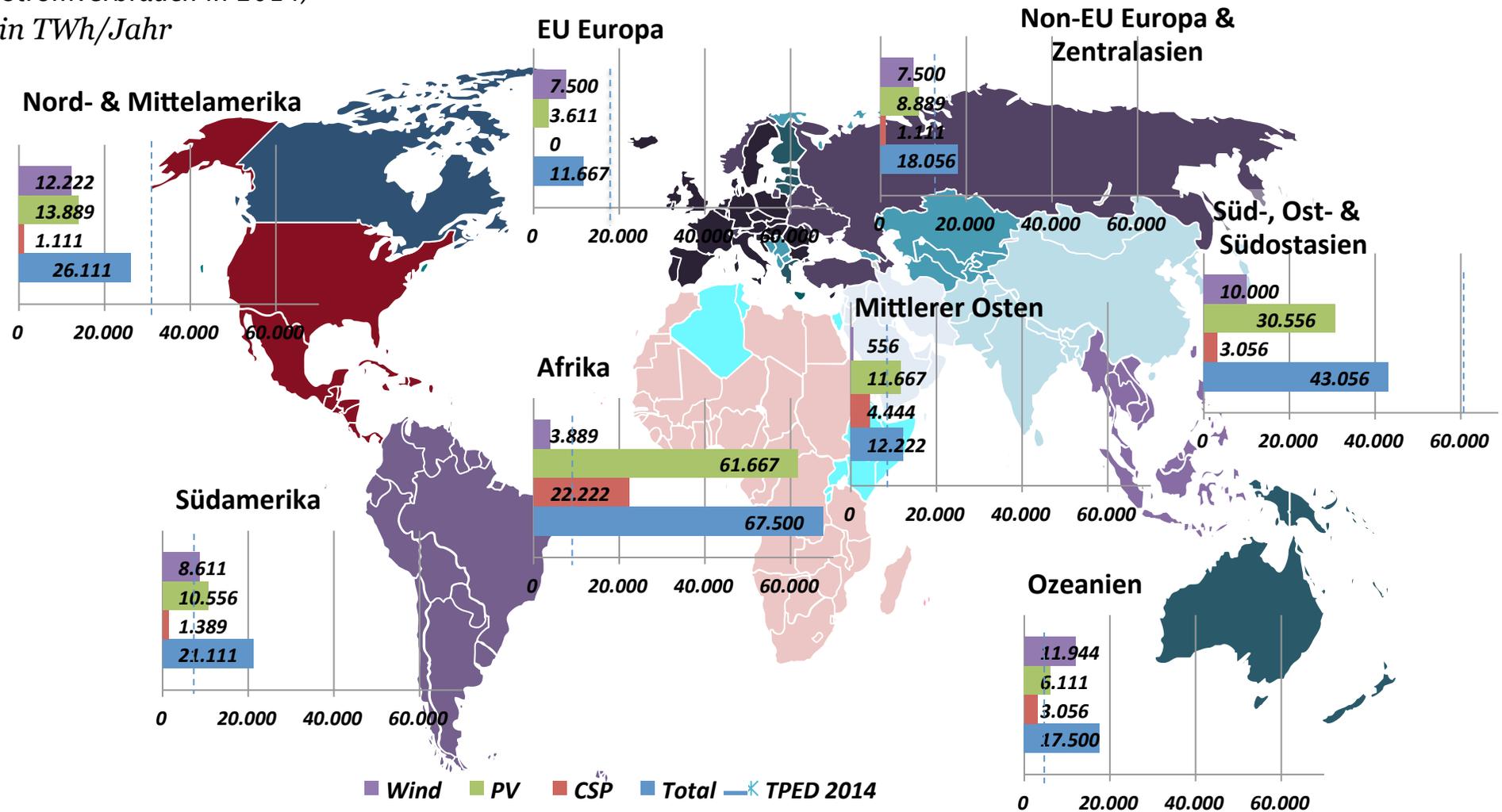
[http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-kurzstudie-ee-im-verkehr.pdf?__blob=publicationFile]

Technologische Herausforderung Systemintegration

Import von Strom oder (auf „grünem“ Strom basierenden) Power to X Produkten als Alternative für heimische Erzeugung

Umsetzbare Stromerzeugungspotentiale erneuerbarer Energien weltweit gut verteilt (vgl. 20.700 TWh Stromverbrauch in 2014)

in TWh/Jahr



Import von Strom oder (auf „grünem“ Strom basierenden) Power to X Produkten als Alternative für heimische Erzeugung

Offshore Windparks könnten direkt PtX Produkte liefern (z.B. H₂)

North Sea Wind Power Hub

Project partner:

TenneT TSO B.V. (Niederlande)

Energinet.dk (Dänemark)

*TenneT TSO GmbH
(Deutschland)*

Gasunie (Niederlande)

Port of Rotterdam (Niederlande)



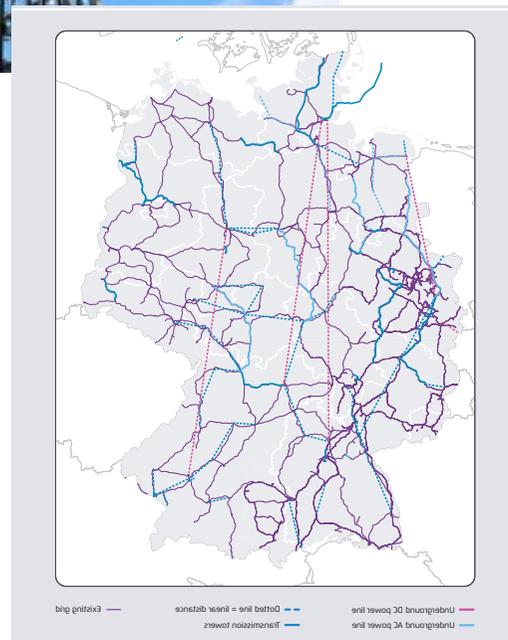
- Artificial island in the North Sea (6 square kilometers)
- Crossroad for offshore wind parks (30 GW installed capacity) and interconnectors for the European electricity trading market
- Starting point for delivering either electricity or hydrogen to neighbouring countries

Sonne Wind & Wärme 5/2017, S.20 „Oase in der Nordsee“

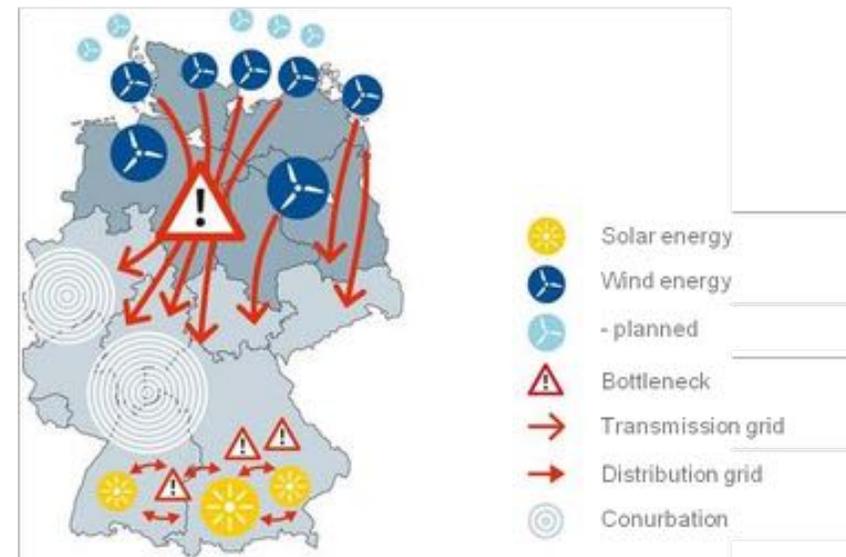
<https://northseawindpowerhub.eu/wp-content/uploads/2017/11/Concept-Paper-3-Hub-as-an-Island.pdf>

Energiewende ist kein Selbstgänger – vielfältige Herausforderungen bei der Umsetzung des komplexen Transformationsprozesses

- **Infrastrukturherausforderung:** weitere Entwicklung von geeigneten Infrastrukturen (e.g. smart und super smart grid)



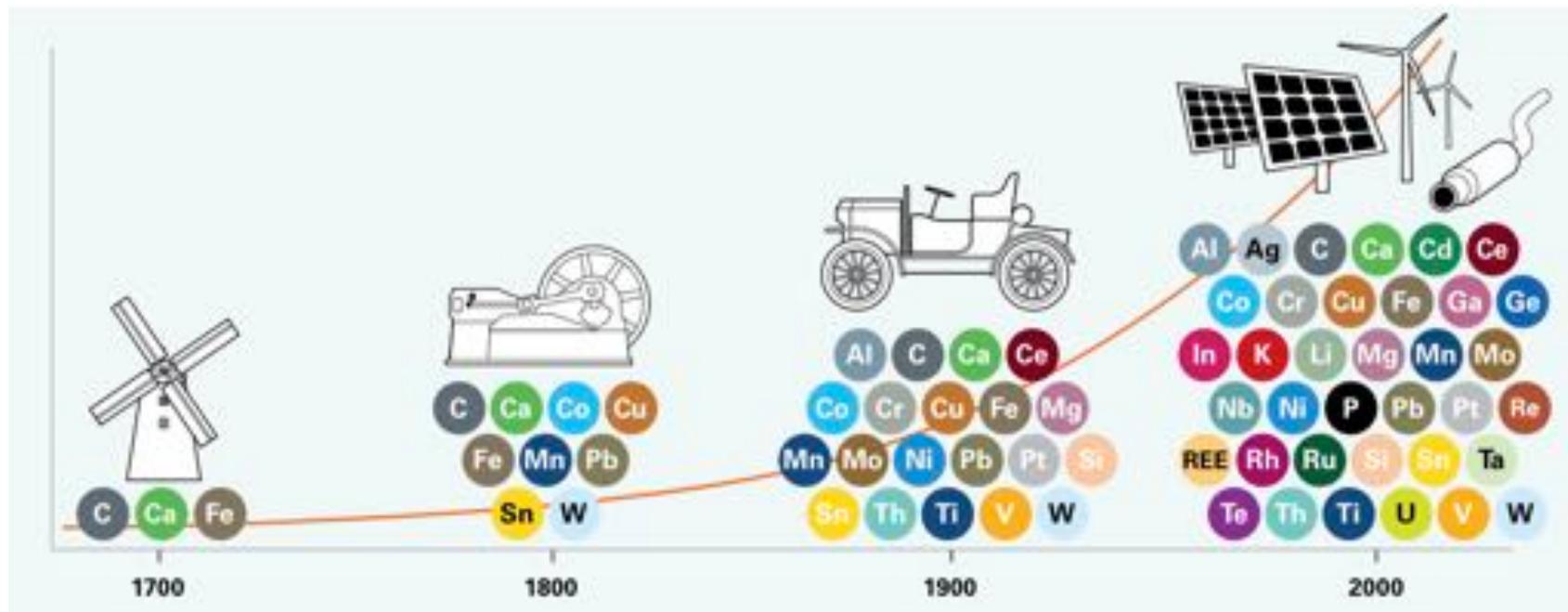
Ausbauplanung großer Stromtrassen in Deutschland infolge der Energiewende



Source: DUH (2014).

Energiewende ist kein Selbstgänger – vielfältige Herausforderungen bei der Umsetzung des komplexen Transformationsprozesses

- **Ressourcenherausforderung:** Vermeidung negativer Ressourcenauswirkungen (kritische Ressourcen, toxische Materialien etc.)



Energiewende ist kein Selbstgänger – vielfältige Herausforderungen bei der Umsetzung des komplexen Transformationsprozesses

- **Politikherausforderung:** Integration regionaler, nationaler und internationaler Politikinitiativen (multi-level approach), adaptive und reflektive Politikgestaltung

Das Mehrebenensystem

*lokale/
regionale
und Landes-
ebene*



*nationale
Ebene*



EU-Ebene



*supra-
nationale
Ebene*



Energiewende ist kein Selbstgänger – vielfältige Herausforderungen bei der Umsetzung des komplexen Transformationsprozesses

- **Politikherausforderung:** Integration regionaler, nationaler und internationaler Politikinitiativen (multi-level approach), adaptive und reflektive Politikgestaltung
Energiewende wird unterstützt und angetrieben von 100 % EE-Regionen, die 130 Regionen repräsentieren heute schon rund 1/6 der deutschen Bevölkerung



Selected criteria at the...

...target level:

- 100% RE-target in the electricity sector
- RE-target in the heating sector
- Commitment to the objectives and
- setting intermediate targets

...operational level:

- Concept of measures
- Working on a potential study
- Advisory services
- Construction of renewable energy plants

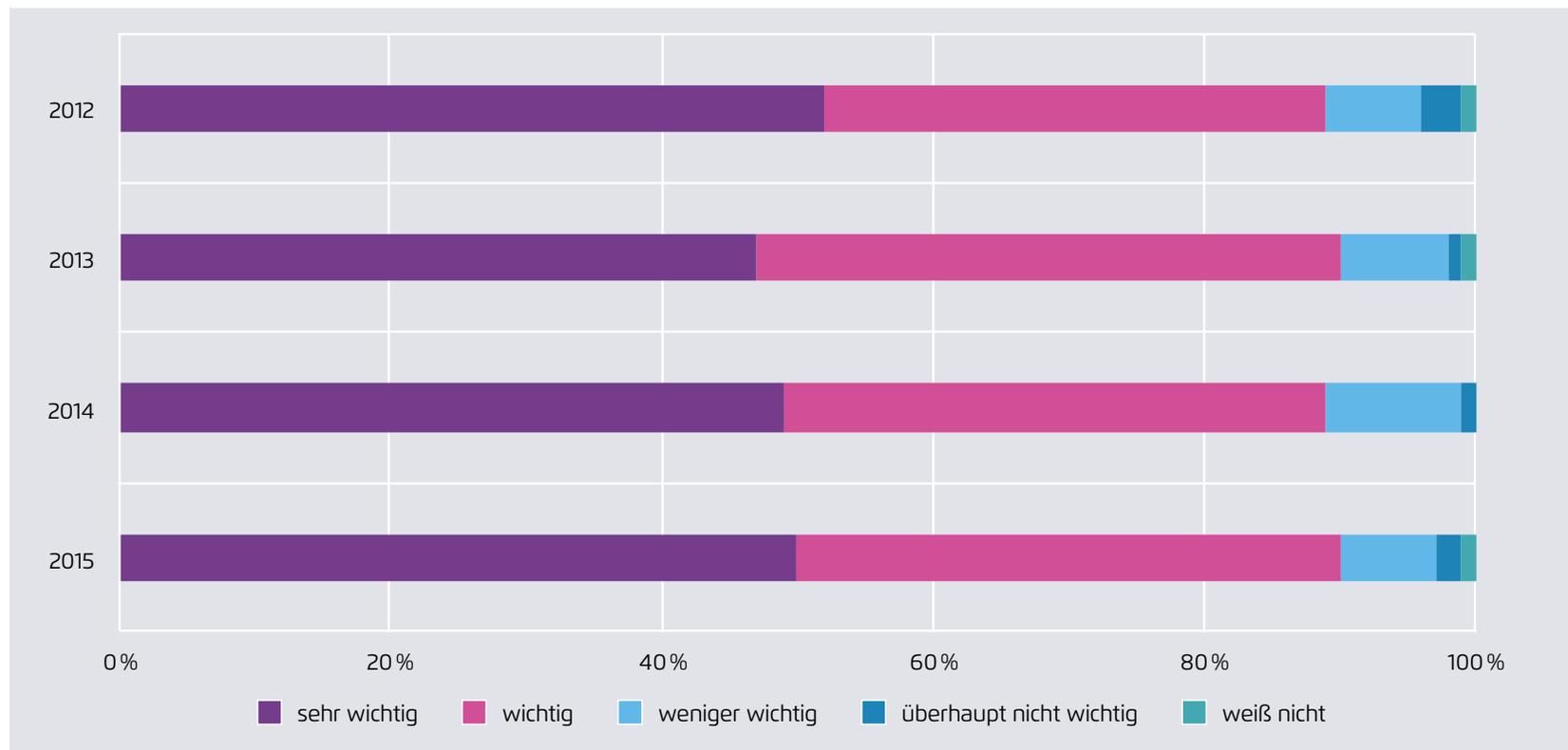
...state level:

- RE-share in electricity demand
- RE-share in heat demand
- Installed capacity photovoltaic and solar thermal energy per capita

Energiewende ist kein Selbstgänger – vielfältige Herausforderungen bei der Umsetzung des komplexen Transformationsprozesses

- **Gesellschaftliche Herausforderung:** Gesellschaftliche Akzeptanz, Teilhabe und Partizipation, Nachhaltige Lebensstile und Vermeidung Reboundeffekten

Energiewende genießt eine stabile 90-Prozent-Zustimmung in der Bevölkerung (Umfrageergebnisse zwischen 2012–2015)



Einstellungen und Akzeptanz in aktuellen Studien zur Energiewende – vor Ort schwindet die Unterstützung aber sehr häufig

- Grundsätzlich hohe Unterstützung für Umweltschutz und Energiewende in der Bevölkerung
 - Allerdings (1): Kluft zwischen unterstützenden Einstellungen und einem dazu in Widerspruch stehendem Verhalten
 - Allerdings (2): Widerstände vor Ort gegen die Umsetzung zentraler Energiewende Investitionen und „enabling“ Infrastrukturen

Nimby steht als englischsprachiges Akronym für Not In My Back Yard (Nicht in meinem Hinterhof). Der entsprechende deutsche Ausdruck lautet Sankt-Florians-Prinzip.

Nimby-Verhalten wird seit 2010 teilweise mit dem Begriff der Wutbürger in Verbindung gebracht oder sogar gleichgesetzt, wenn Bürgerproteste vorrangig lokal geprägt sind.

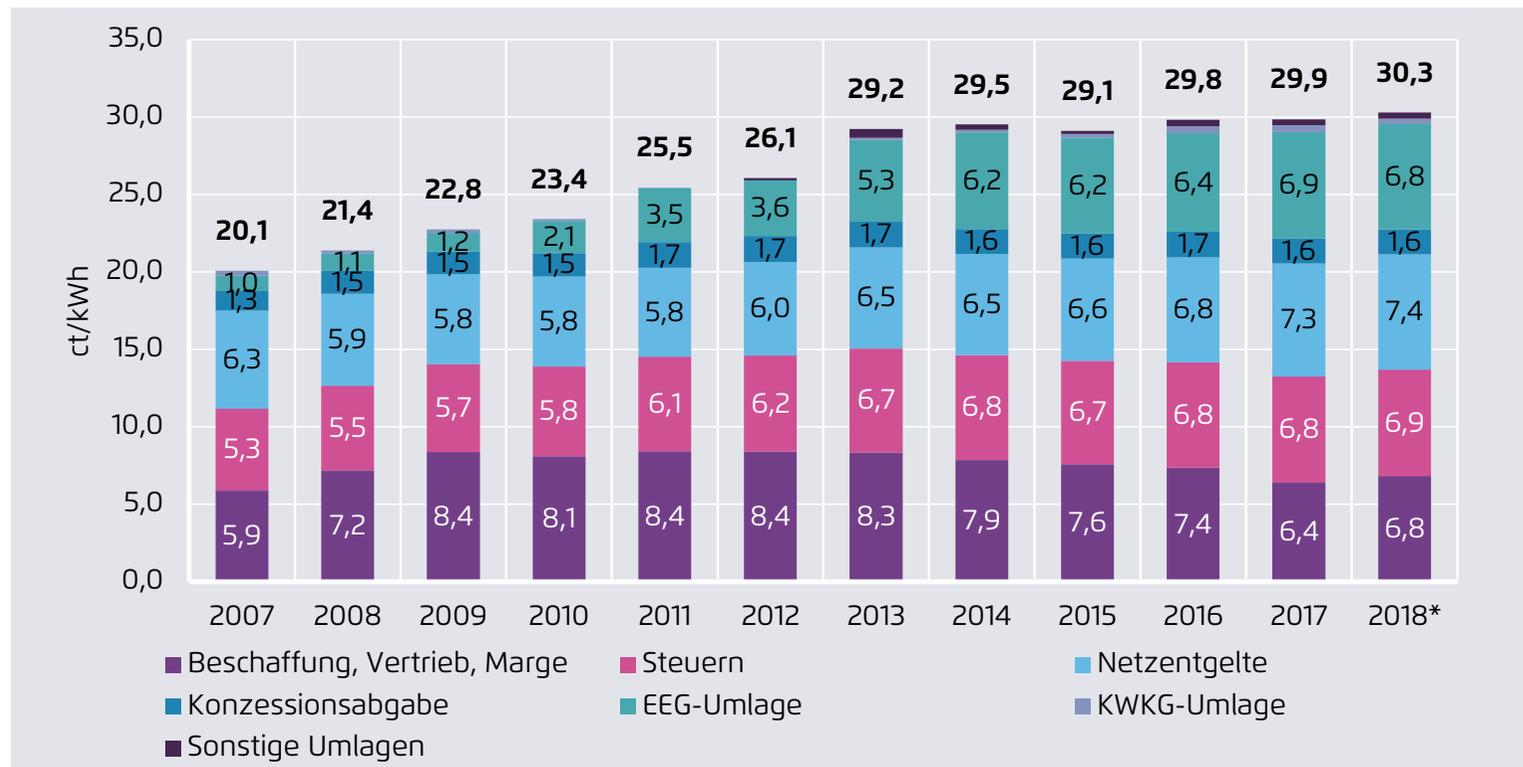


Beispiel: Autofahrer fordern Verkehrslärmschutz vor der eigenen Haustüre

Energiewende ist kein Selbstgänger – vielfältige Herausforderungen bei der Umsetzung des komplexen Transformationsprozesses

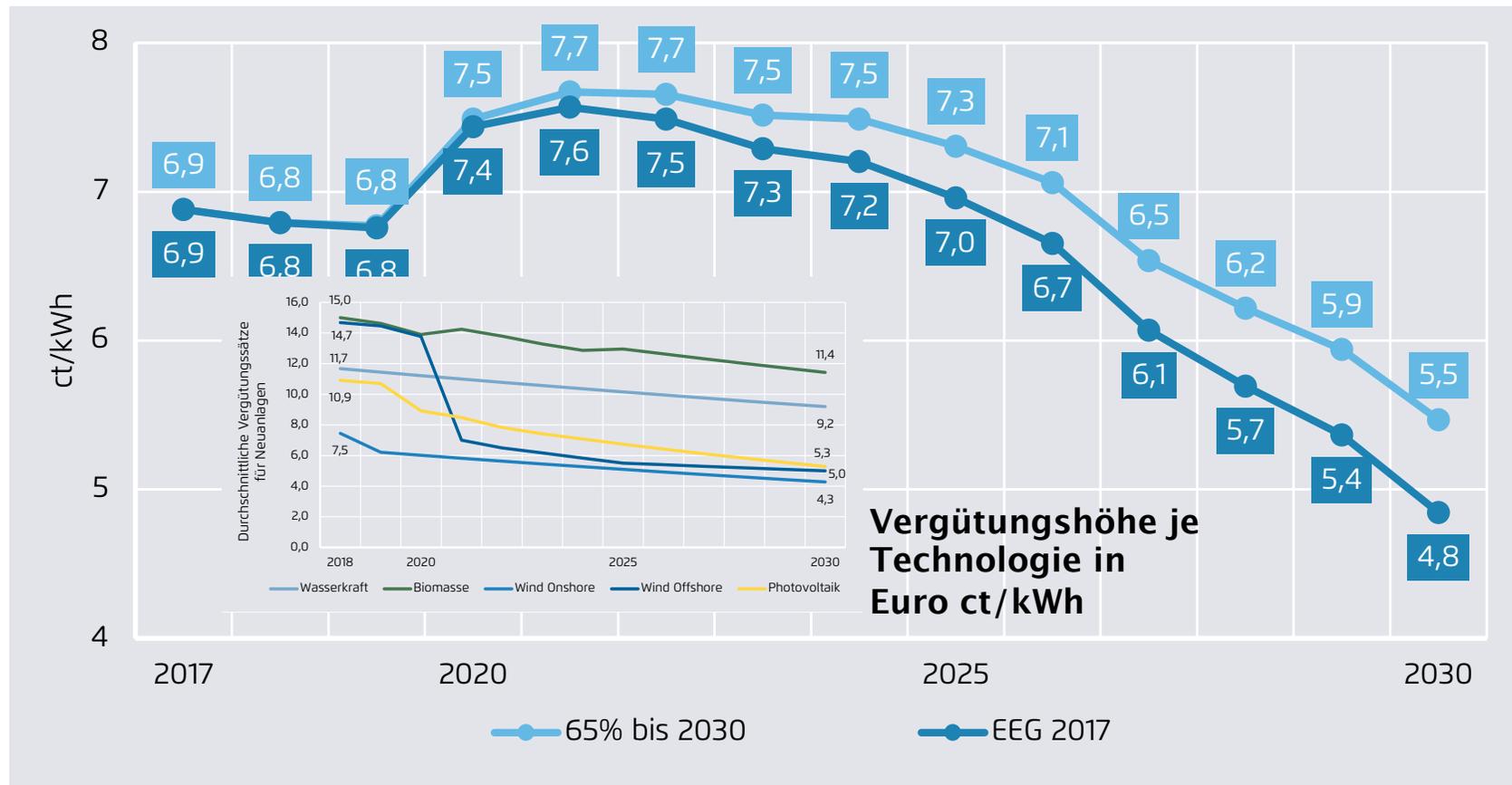
- **Gesellschaftliche Herausforderung:** Gesellschaftliche Akzeptanz, Teilhabe und Partizipation, Nachhaltige Lebensstile und Vermeidung Reboundeffekten

Wie hoch ist die Bereitschaft der Bevölkerung Zusatzkosten (z.B. EEG-Umlage dauerhaft zu tragen)



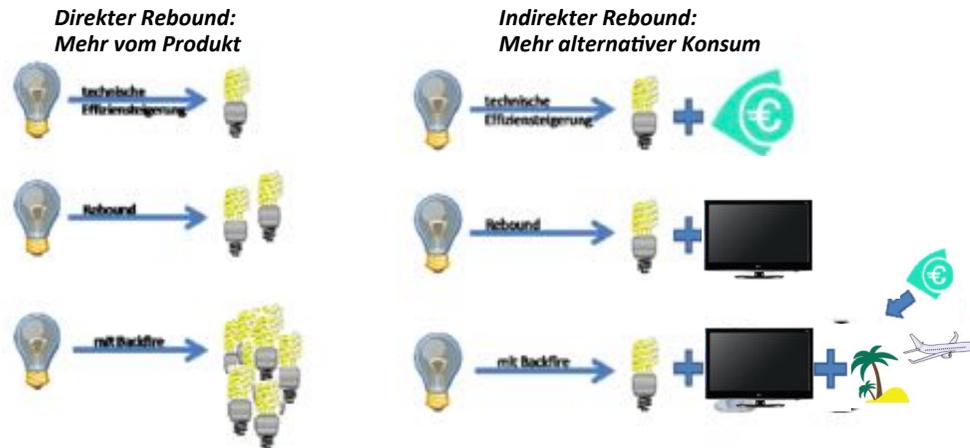
Energiewende ist kein Selbstgänger – vielfältige Herausforderungen bei der Umsetzung des komplexen Transformationsprozesse
 Substantielle Reduktion EEG-Umlage durch sinkende EE-Kosten und Ausphasen teurer Altanlagen aus Förderung hilft Akzeptanz zu erhöhen

Erwartete Entwicklung der EEG-Umlage für die Konsumenten in Euro ct/kWh



Technik allein ist nicht der Problemlöser – technische Neuerungen werden überlagert durch Verhalten

Reboundeffekte können Einspareffekte (teil-)kompensieren



Author	Effects captured	Efficiency or sufficiency	Area of consumption	Estimated rebound effects
Lenzen & Day (2002)	Income	Efficiency & Sufficiency	Food; heating	45-123%
Alfredsson (2004)	Income	Sufficiency	Food; travel; utilities	7-300%
Brannlund (2007)	Income and Substitution	Efficiency	Transport; utilities	120-175%
Mizobuchi (2008)	Income and Substitution	Efficiency	Transport; utilities	12-38%
Thiesen et al (2008)	Income	Sufficiency	Food	-200%
Kratena (2010)	Income and Substitution	Efficiency	Transport; heating; electricity	37-86%
Chitnis et al (2011)	Income	Sufficiency	Transport, heating, food	7-51%
Thomas (2011)	Income	Efficiency	Transport, electricity	7-25%
Murray (2011)	Income	Efficiency & sufficiency	Transport, lighting	5 – 40%

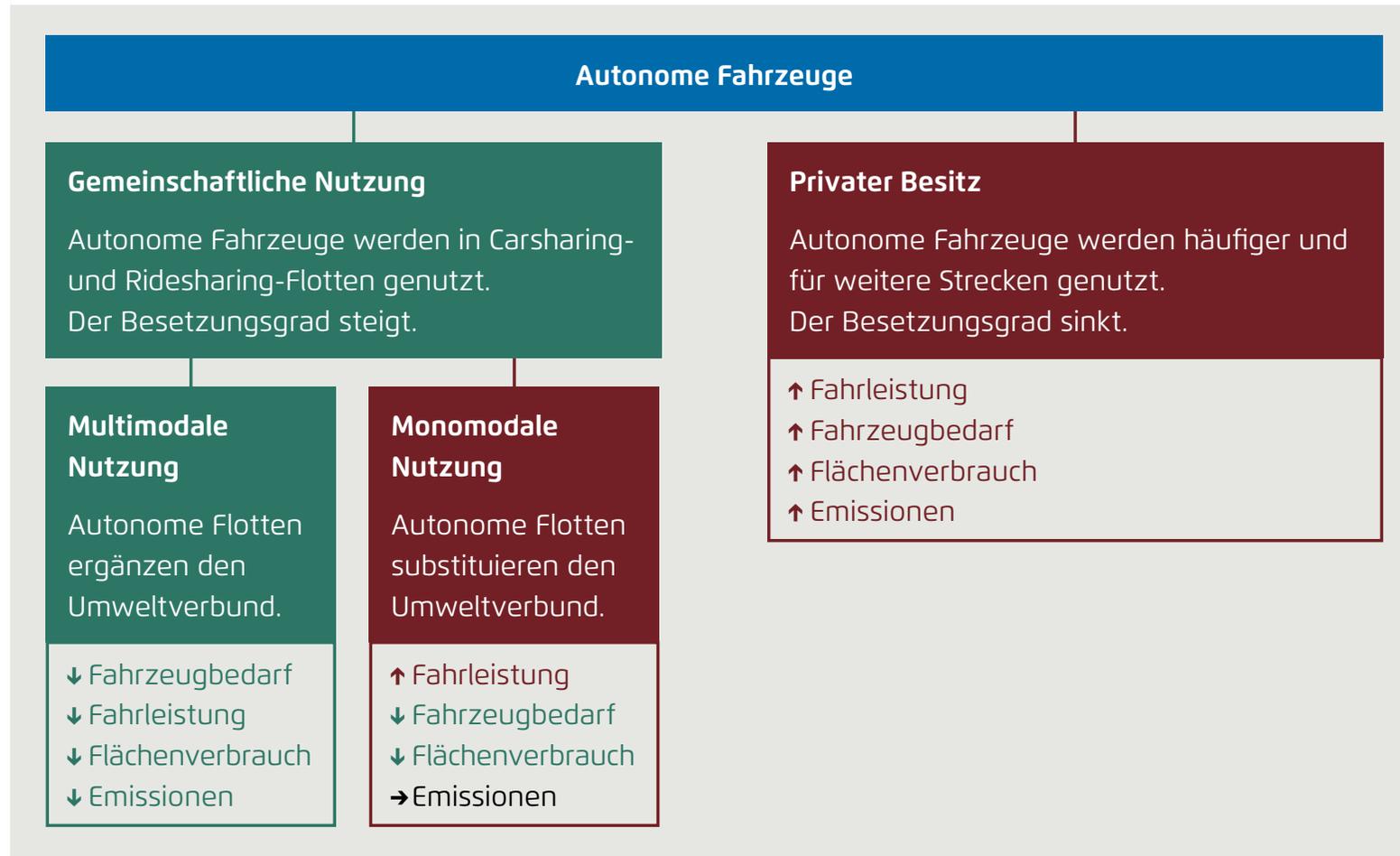
Quelle: Madlener / Alcott 2011, leicht abgeändert



UM EINEN AKTIVEN BEITRAG ZUM KLIMASCHUTZ ZU LEISTEN, SCHRAUBTE JÜRGEN ENERGIESPARENDEN LAMPEN IN DIE SCHEINWÄRFER SEINES SUV.

Technik allein ist nicht der Problemlöser – technische Neuerungen werden überlagert durch Verhalten

Reboundeffekte können Einspareffekte (teil-)kompensieren



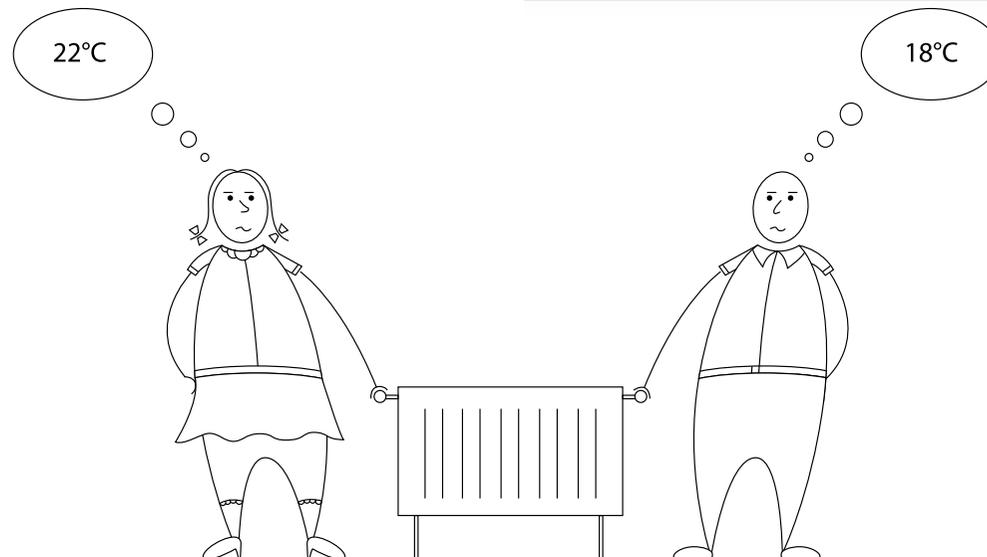
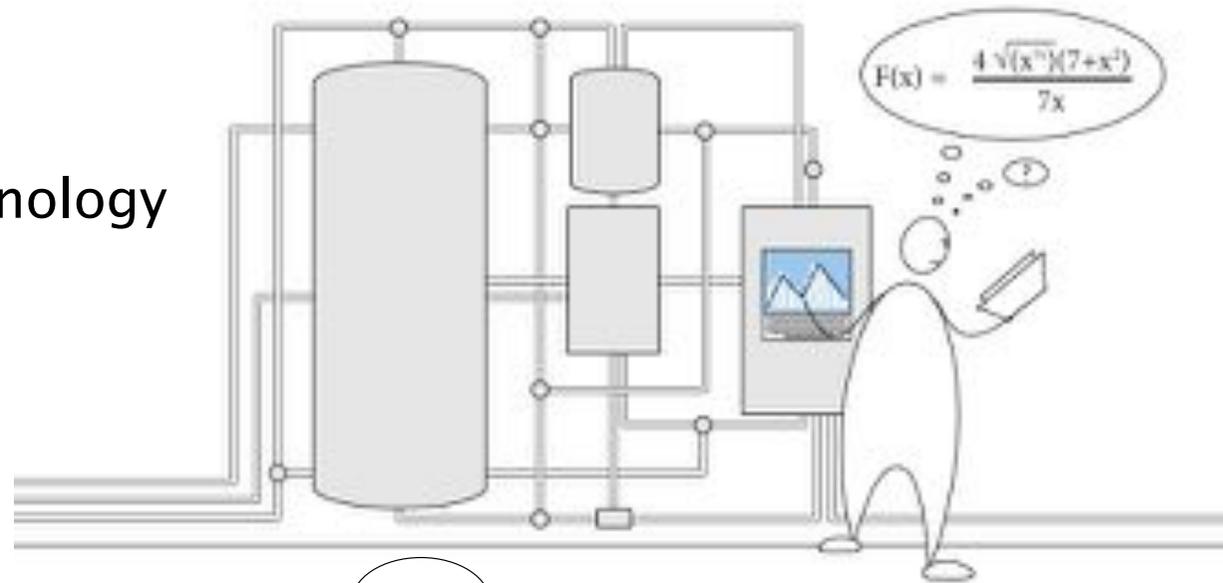
Quelle: Agora Verkehrswende 2017

Autonomes Fahren – je nach Ausgestaltung deutliche Verbesserung des Verkehrsablaufs sowie Verringerung der Umweltbelastung in den Städten oder (ungewollte) Reboundeffekte

Verbraucherverhalten als zentraler Einflussfaktor

Beobachtungen aus der Praxis eines Haushaltes...

The miracle of technology



The aim of 4°C ?

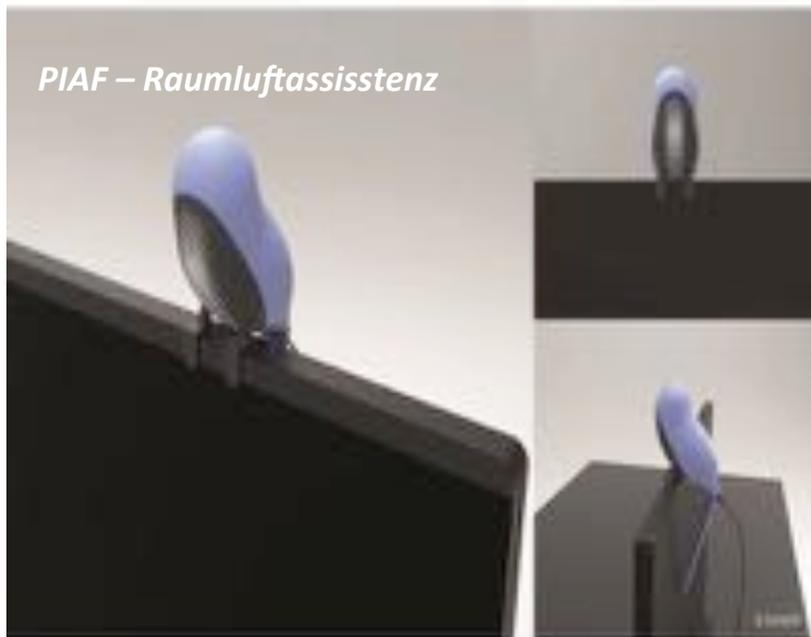
Energiewende setzt Impulse für neue Technologien und Märkte

Achtung – es kommt nicht nur auf High Tech an: Beispiele für kleine Helfer zum alltäglichen sensiblen Umgang mit Energie

CO2-Ampel Elk GmbH
LUQA CO2 IAQ Monitor



Vom technischen Feedbacksystem zur „Raumluftassistentin“



Details:

Piaf mein Name.

-  **Die funktionale Job:**
So lange ich ruhig sitze, ist die Luftqualität in Ordnung.
-  **Wenn die Luftqualität schlechter wird,**
beginne ich schneller zu atmen. Jetzt ist der richtige Zeitpunkt um zu Lüften.
-  **Schließt ich meine und sich meine Kehle**
wie folgt, kann das Problem wieder gelöst werden.

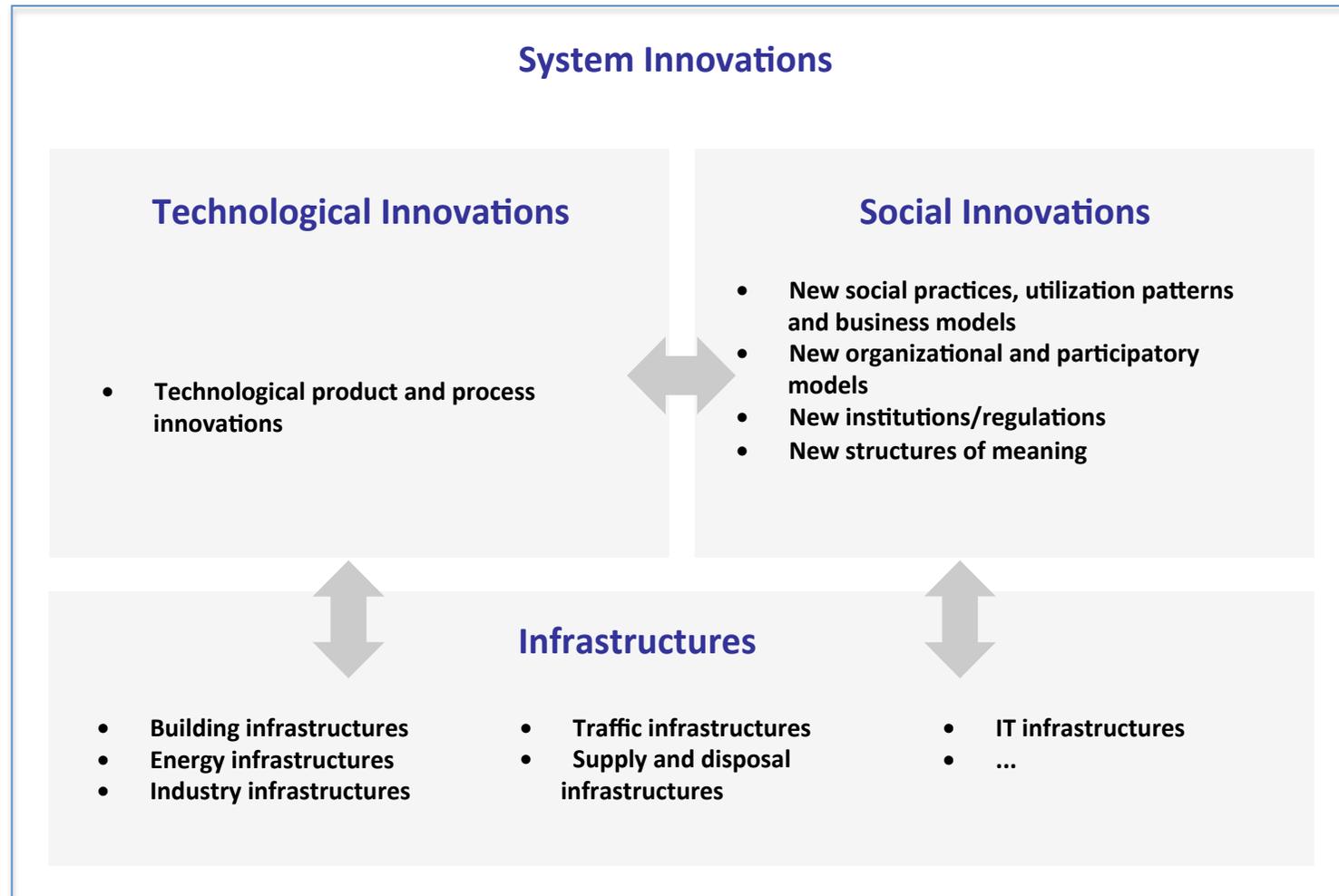
Wussten Sie schon?

Früher wurden Kanarienvögel von Bergleuten als Biogefährter mit in den Bunker genommen. Die Vögel signalisierten über die Kohlenmonoxid Konzentration an hoch wurde und eine Gefahr für die Kurzarbeiter war.



Energiewende ist kein Selbstgänger – vielfältige Herausforderungen bei der Umsetzung des komplexen Transformationsprozesses

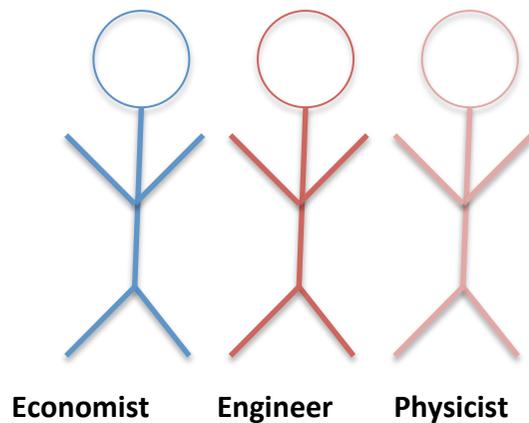
- **Innovationsherausforderung:** Systeminnovationen statt reine Technikorientierung



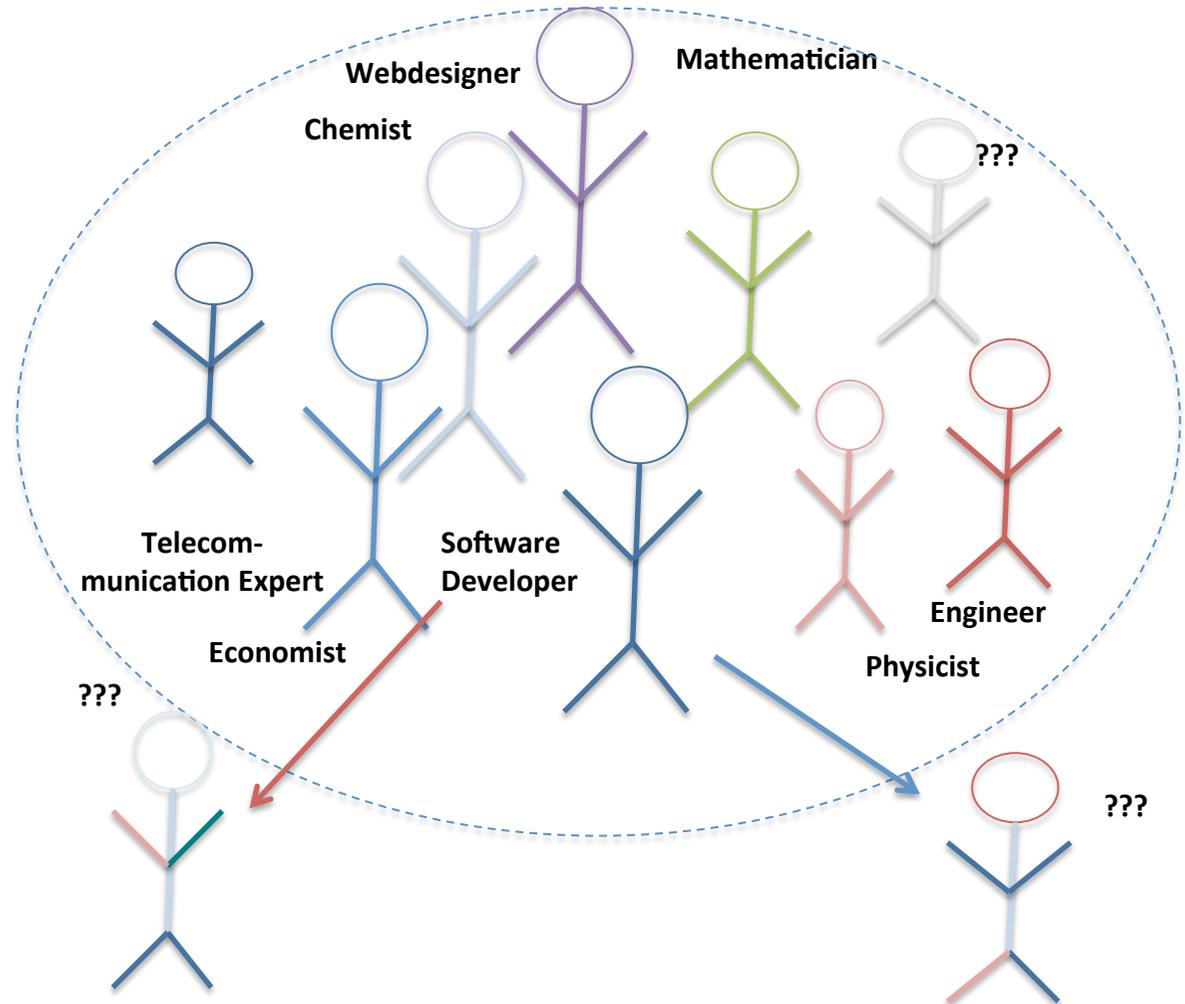
Innovationsherausforderung

Übergang auf Digitalisierung erfordert neue Qualifikationsprofile und Paradigmenwechsel in der Energiewirtschaft

Traditional energy systems
(centralized and stable systems)

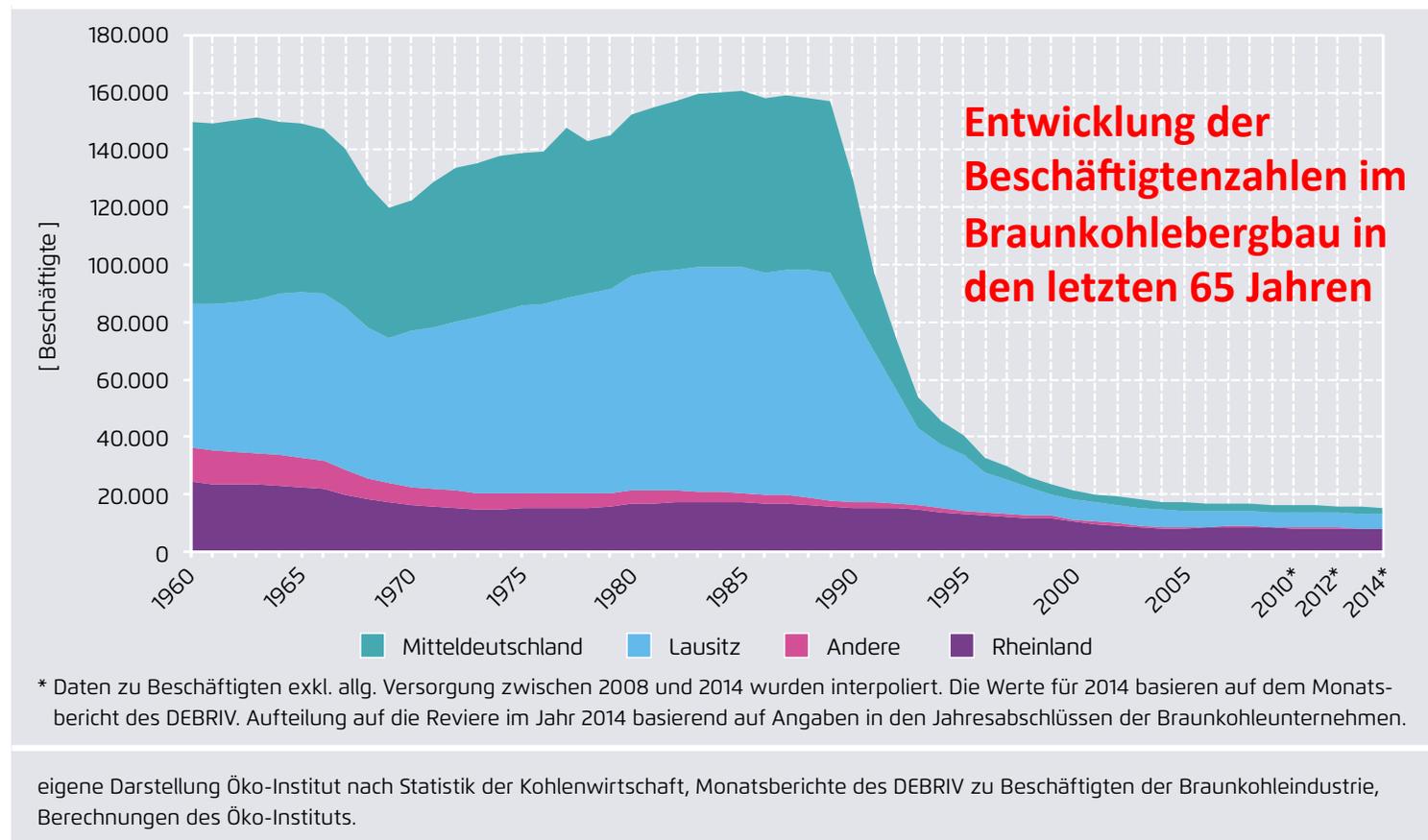


Future (smart) energy systems
(decentralized and fluctuating systems)



Energiewende ist kein Selbstgänger – vielfältige Herausforderungen bei der Umsetzung des komplexen Transformationsprozesses

- **Strukturwandelherausforderung:** proaktive, transparente und gerechte Gestaltung des Strukturwandels („just transition“): Kohleausstieg, Übergang auf Elektromobilität, Digitalisierung



Herausforderungen für die Energiewende

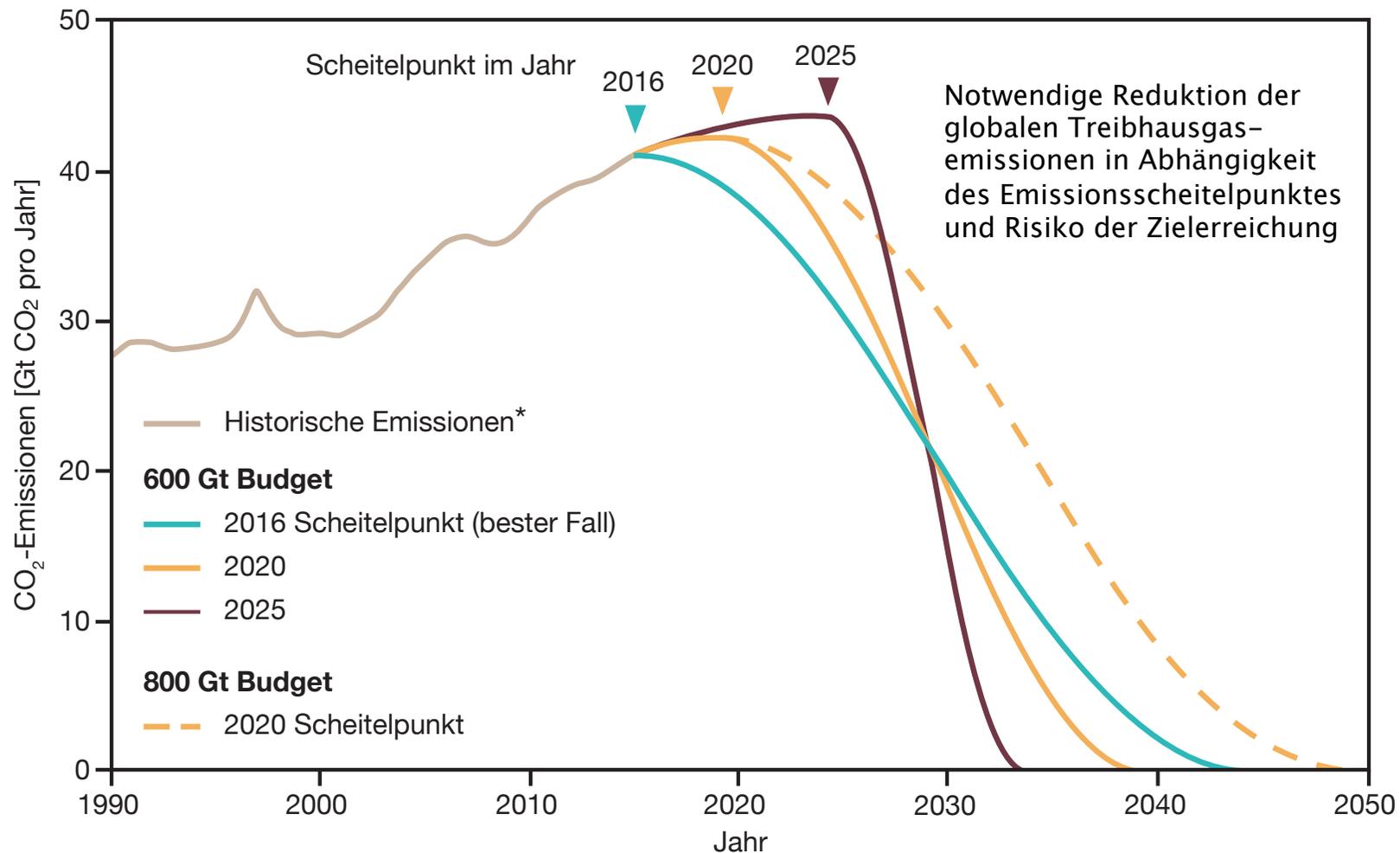
Die Gestaltung des komplexen Transformationsprozesses erfordert eine neue integrative Wissensbasis (“Zukunftskunst”)



Zusammenfassung und Ausblick in fünf Thesen

Zusammenfassung und Ausblick in fünf Thesen

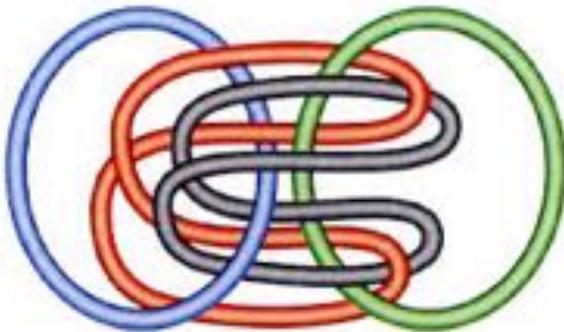
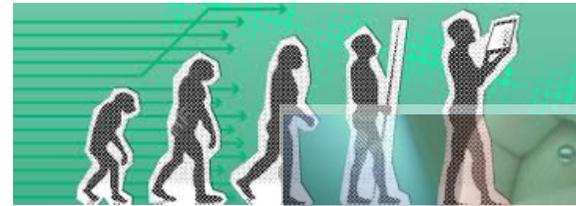
1. Die Umsetzung der Energiewende stockt (auf nationaler und globaler Ebene)
-> warum darf man gerade jetzt nicht locker lassen (Notwendigkeit eines Sturzflugs und damit Gefahr von Strukturbrüchen jetzt gerade noch zu vermeiden)?



Zusammenfassung und Ausblick in fünf Thesen

2. Umsetzung der Energiewende ist trotz des Handlungsdrucks kein Selbstgänger – Handlungsdruck trifft auf wenig transformationsaffine Gesellschaften, hohe Komplexität sowie ein hohes Maß an Unsicherheiten und Dynamik

-> Gefahr der Komplexitätsfalle erfordert empowerment für Entscheidungsträger auf allen politischen Ebenen



- Hohe Dynamik
- Viele Unsicherheiten
- Multidimensionales Optimierungsproblem
- Wechselwirkungen mit Umfeld (Megatrends)
- Entscheidungen im politischen Mehrebenensystem

Zusammenfassung und Ausblick in fünf Thesen

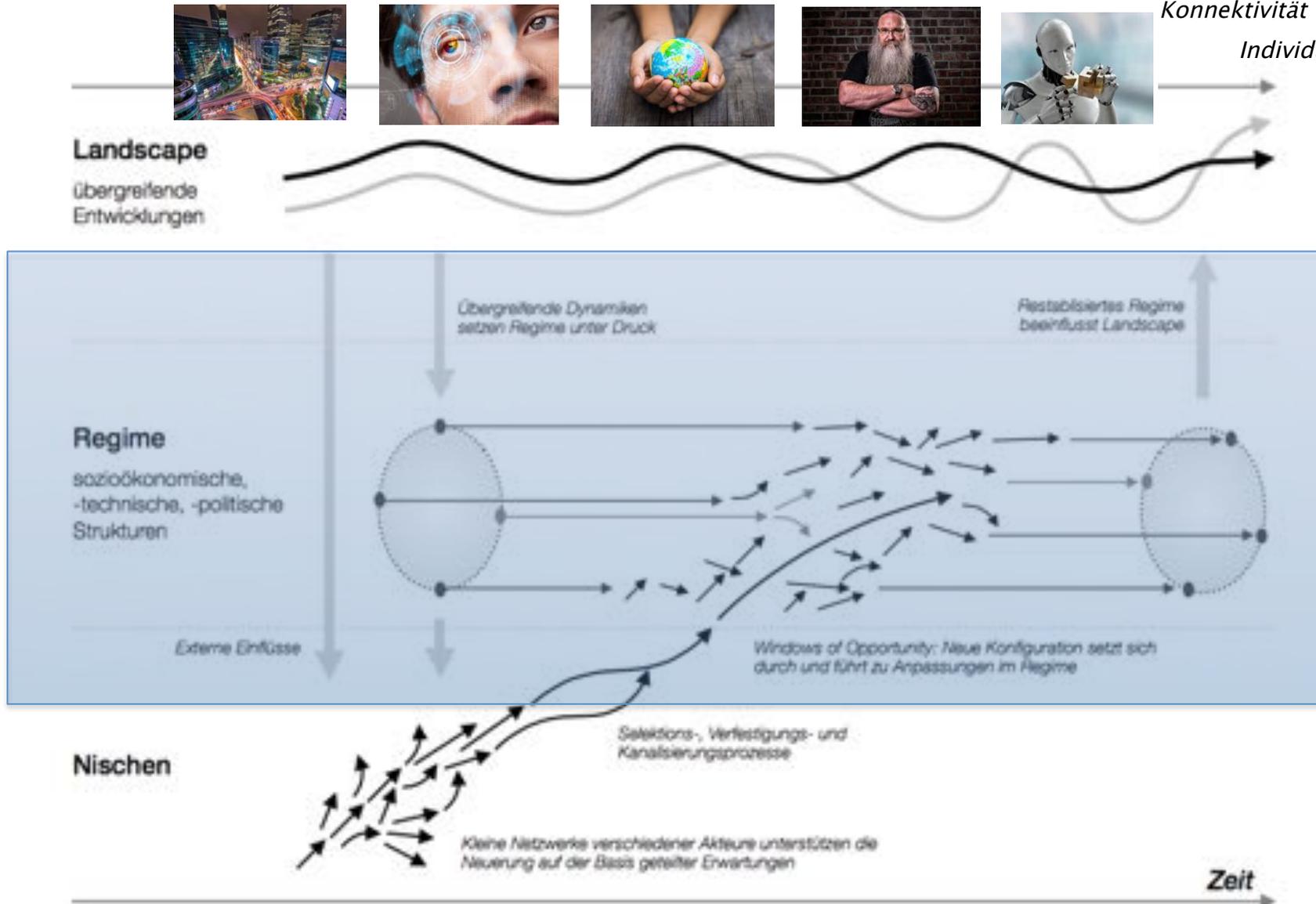
Lernen aus Transformationserfahrungen (Treiber von Transformation, Gestaltungsmöglichkeiten) von hoher Bedeutung

- Transformationsprozesse werden häufig angetrieben von Krisen und Knappheitssituationen
- Transformationsprozesse verlaufen schnell, wenn bestehende Strukturen erkennbar an ihre Grenzen kommen, bisherige Verhaltensmuster nicht mehr tragen und etablierte Geschäftsmodelle rückläufig sind (Gesellschaften ansonsten durch Risiko-/Veränderungsunlust geprägt)
- Transformationsprozesse sind dann erfolgreich, wenn sie eine klare Zielsetzung haben und der Nutzen transportiert werden kann
- Transformationsprozesse sind dann erfolgreich, wenn hinreichende technologische Möglichkeiten bestehen und diese in soziale und kulturelle Kontexte eingebunden werden („embedded technologies“)
- Transformationsprozesse sind dann erfolgreich wenn über Demonstrationsprojekte gezeigt werden kann wie der Weg umgesetzt werden kann (Kristallisationskeime) und ein hohes Maß an Teilhabe möglich ist
- Transformationsprozesse erfordern eine Veränderung sozio-technischer Regime – Nischeninnovationen und Experimente von zentraler Bedeutung

Strukturwandel muss im Kontext äußerer und innerer Entwicklungen gesehen werden – landscape matters

Keine eindimensionalen Wirkungszusammenhänge

Urbanisierung Aging Society
 Globalisierung Digitalisierung
 Konnektivität
 Individualisierung



Strukturwandel kann schnell gehen wenn der Druck im Kessel hoch ist

Beispiel: New York – the great horse manure crisis 1894 und die Folgen



**New York 5th Avenue um 1900:
Where is the car?**



Photo: Fifth Ave NYC on Easter Morning 1900
© 2011, 2014 by Tony Stone
Source: US National Archives from (Wikipedia)

Quelle: Der Spiegel 2012

1913: Where is the horse?

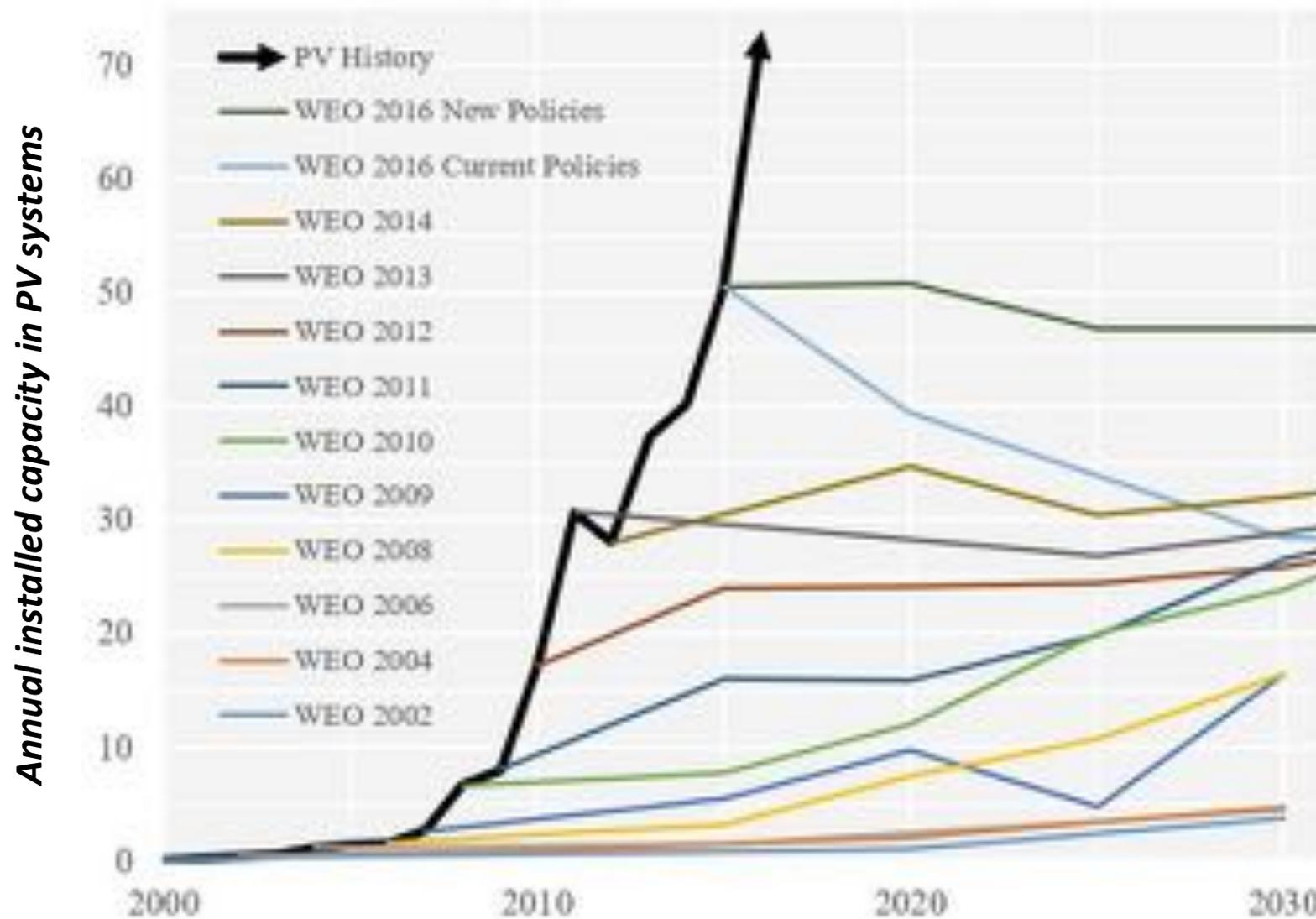


Photo: Easter 1913, New York, Fifth Avenue looking north. George Grantham Bain Collection
Source: shorpy.com

**Sind NO_x und CO₂ die Pferdeäpfel von heute –
Dieselgate und Klimawandel als
Transformationsmotor**

Reale Entwicklung kann Erwartungen deutlich übertreffen

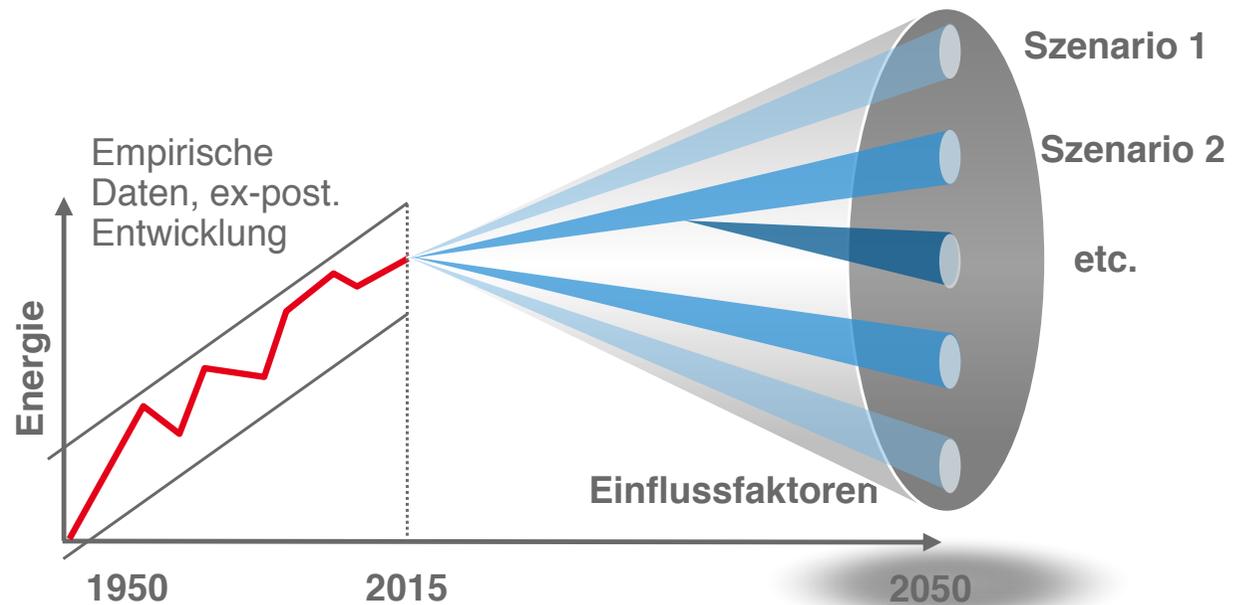
Market deployment of renewable energies has been significantly underestimated by IEA World Energy Outlooks



Zusammenfassung und Ausblick in fünf Thesen

3. Für die Energiewende gibt es keine Blaupause: Umsetzung der Energiewende erfordert verbessertes Ziel-, System- und Transformationsverständnis

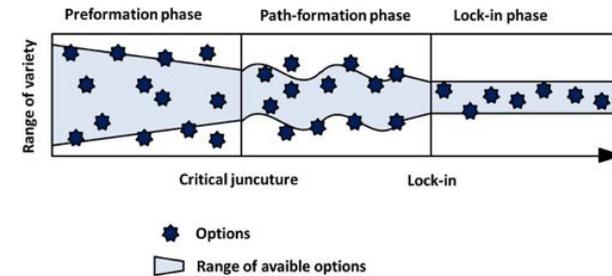
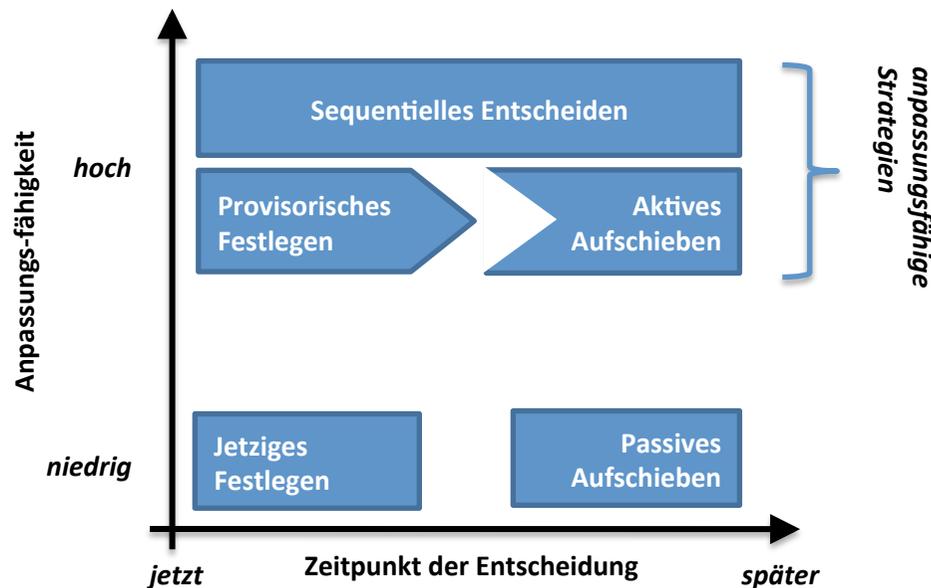
-> Durchführung von Szenarioanalysen (ermöglicht Aufzeigen von Handlungskorridoren sowie Umgang mit Unsicherheiten) und Einsetzen von Reallaboren können helfen notwendiges Orientierungswissen bereitzustellen



Quelle: Prognos 2017

Zusammenfassung und Ausblick in fünf Thesen

4. Umsetzung der Energiewende erstreckt sich über langen Handlungszeitraum – Entscheidungsträger stehen vor dem Dilemma entweder schnell zu handeln (mit der Gefahr suboptimale Entscheidungen zu treffen und Flexibilität einzubüßen) oder (aktiv/passiv) zu warten mit dem Problem kurzfristig keine Erfolge vorweisen zu können (Entscheidungstheorie)



Pfadabhängigkeiten entstehen an kritischen Kreuzungspunkten nach deren Verlassen die Anzahl der verbleibenden Handlungsoptionen geringer wird und im Zeitverlauf „lock-in Situationen“ entstehen können

Zusammenfassung und Ausblick in fünf Thesen

- 5. Umsetzung geht nur im Wechselspiel zwischen top down und bottom up Ansätzen: Zusammenspiel der Ebenen notwendig

Das politische Mehrebenensystem

*lokale/
regionale
und Landes-
ebene*



*nationale
Ebene*



EU-Ebene



*supra-
nationale
Ebene*



.....ein Wort zum Schluss

Abschlussbemerkung im Lichte von Komplexität und Unsicherheiten

Die Entwicklung der Energiewende ist nicht vorherbestimmt –
Herausforderungen, Chancen und Risiken entwickeln sich mit der Zeit

„Confidence is before you encompass the problem!“

Woddy Alan {American actor}



Source: telegraph.co.uk

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

