CIPRA-Workshop „Natur- und umweltverträgliche Energiewende in den bayerischen Alpen“
23. Oktober 2017, München

Umwelt Bundesamt

Herausforderung Energiewende: Wirkungsvoll. Nachhaltig. Zukunftsfähig.

Dr. Benno Hain
Umweltbundesamt
Dessau-Roßlau

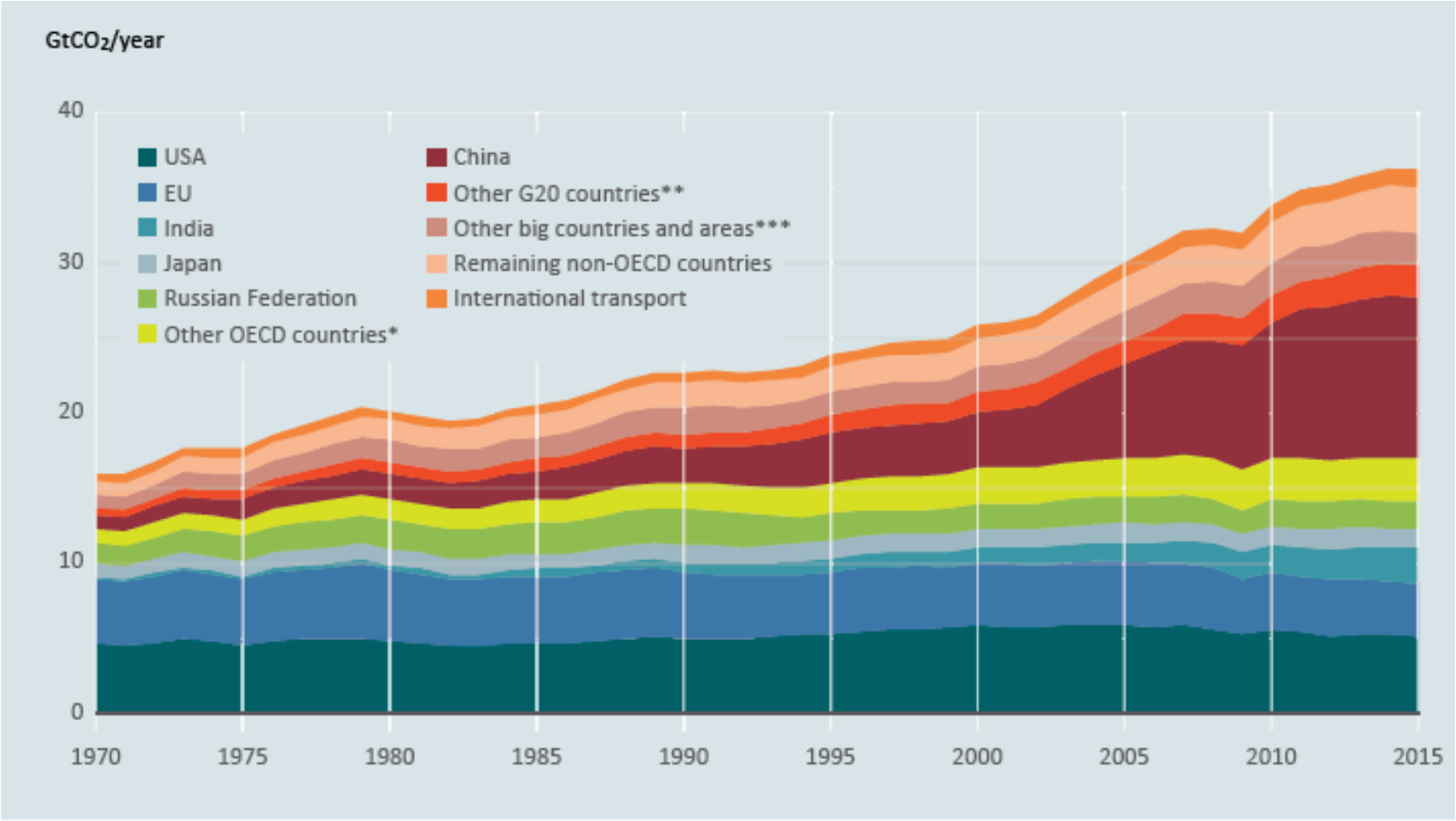
Braunkohletagebau Nochten mit Kraftwerk Boxberg

Worüber ich reden will

1. Wo stehen wir in der Energiewende?
2. Was sind die großen Herausforderungen?
3. Wie kann die Zukunft aussehen?
4. Die Alpen naturverträglich treibhausgasneutral gestalten?

1. Wo stehen wir in der Energiewende?

Entwicklung der globalen Treibhausgasemissionen 1970 bis 2015

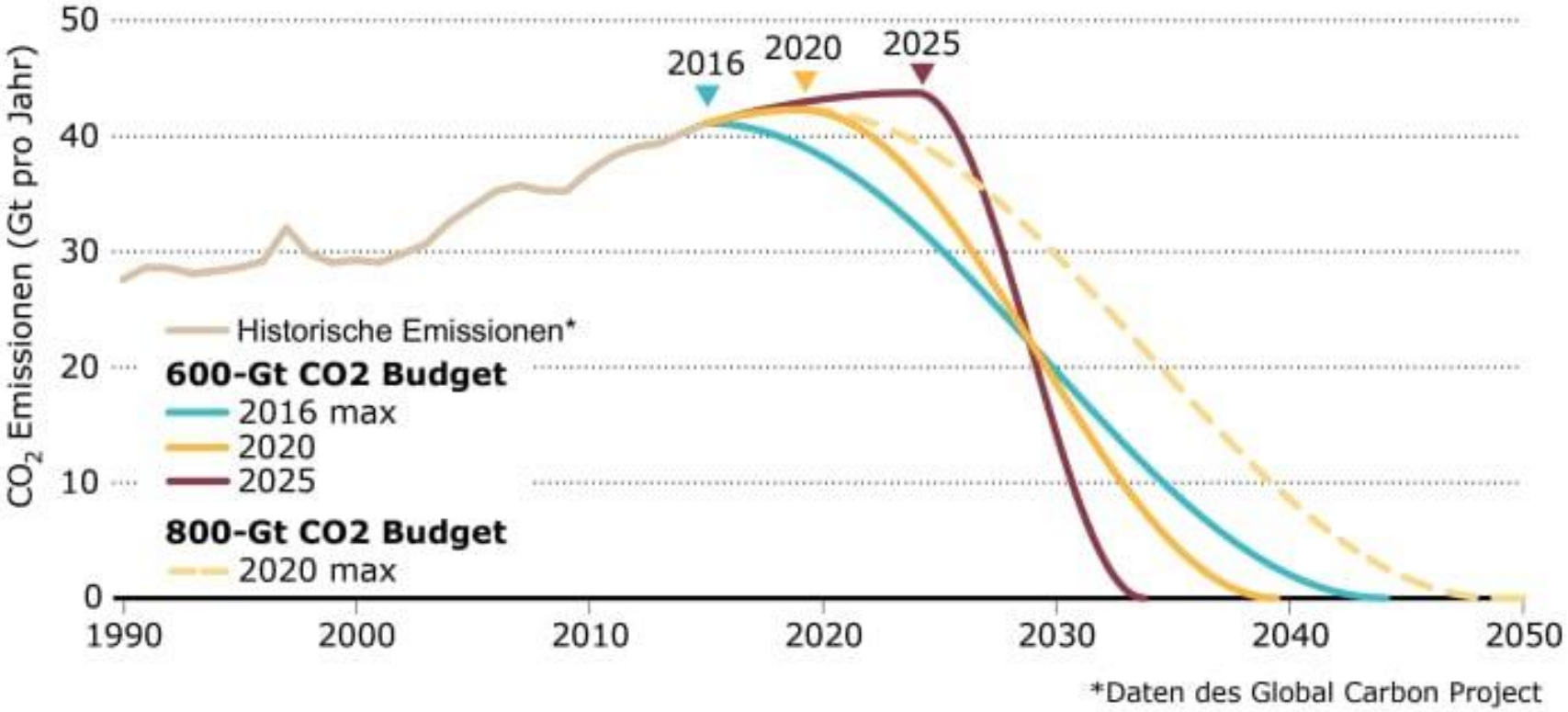


* Other OECD countries include Australia; Canada; Mexico; Republic of Korea and Turkey.
** Other G20 countries include Argentina; Brazil; Indonesia; Saudi Arabia; South Africa and Turkey.
*** Other big countries and areas include Egypt; Iran; Kazakhstan; Malaysia; Nigeria; Taiwan, Province of China; Thailand and Ukraine.

Quelle: UNEP (2016), The Emissions Gap Report 2014

Die Vereinbarung von Paris

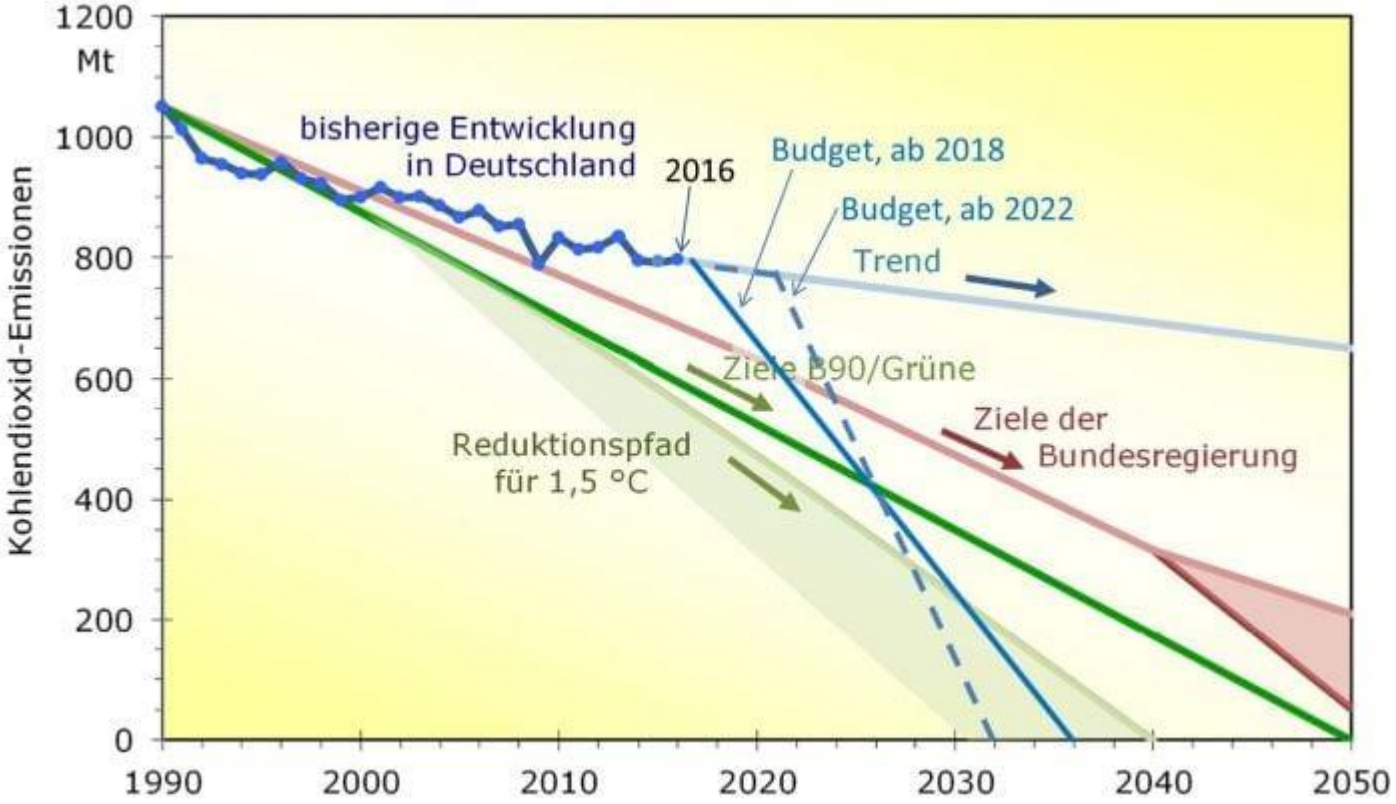
Historischer Verlauf der globalen Kohlendioxidemissionen sowie mögliche künftige Verläufe, die mit dem Paris-Korridor vereinbar sind. Die drei durchgezogenen Linien entsprechen einem Gesamtausstoß von 600 Gt CO_2 ab 2016, die gelbe gestrichelte Linie einem Ausstoß von 800 Gt. Die drei durchgezogenen Linien zeigen, wie sich die zeitliche Verzögerung beim Klimaschutz auf den Kurvenverlauf und den Zeitpunkt der Nullemission auswirkt.



© Stefan Rahmstorf/Global Carbon Project; Figueres, C.: Three years to safeguard our climate. In: Nature 546, S. 593-595, 2017; dt. Bearbeitung: Stefan Rahmstorf (Ausschnitt)

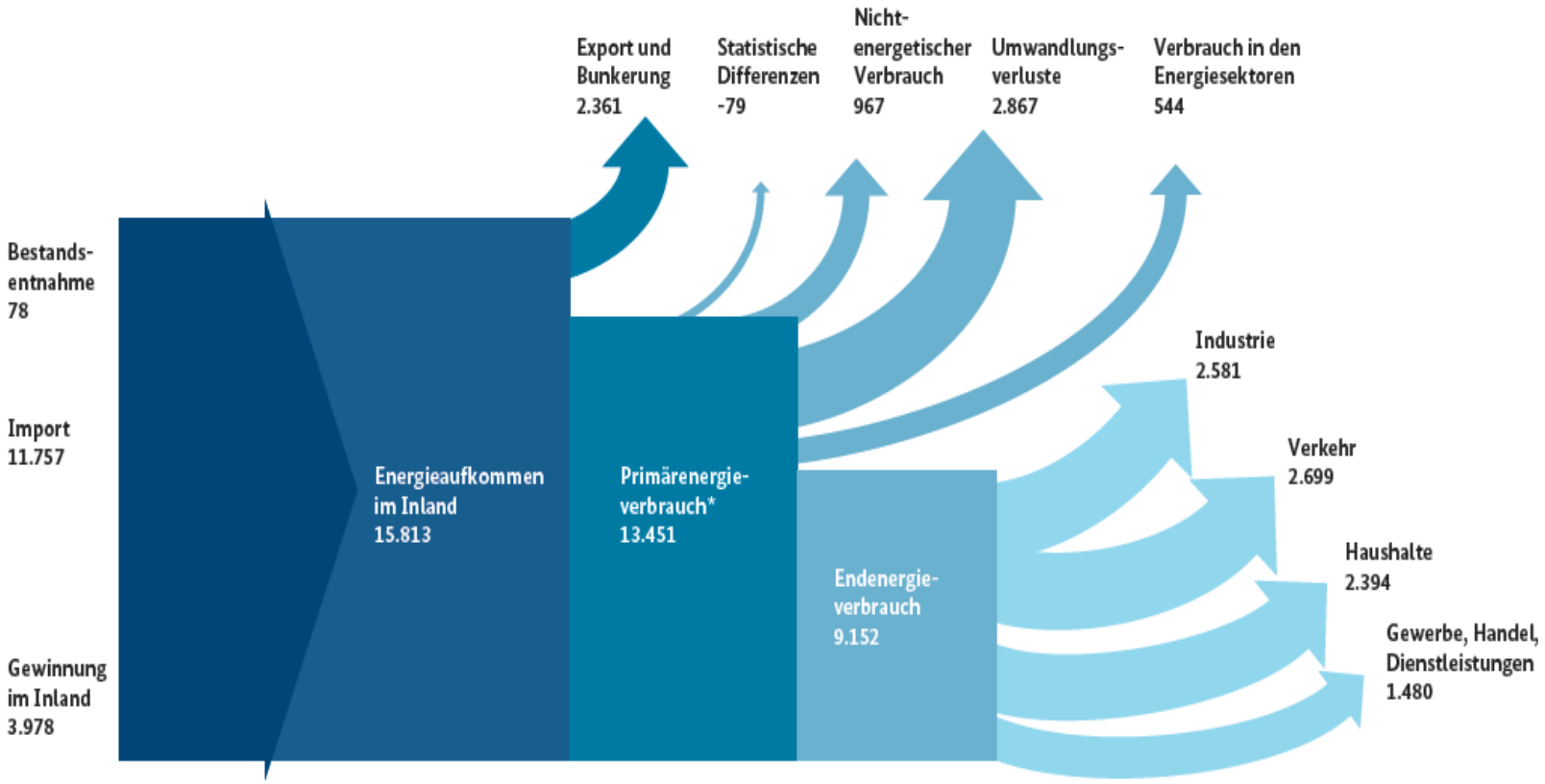
Deutsches Emissionsbudget nach Paris

Die deutschen Emissionen und Ziele. Die blauen Geraden zeigen Verläufe mit einem Budget von 7 Gt ab 2018, bei sofortiger linearer Minderung (durchgezogen) und bei Minderung erst ab 2022. Diese Linien hat Stefan Rahmstorf mit freundlicher Genehmigung der Originalgrafik von Volker Quaschning zugefügt.



Quelle: Stefan Rahmstorf 2017 nach © Volker Quaschning

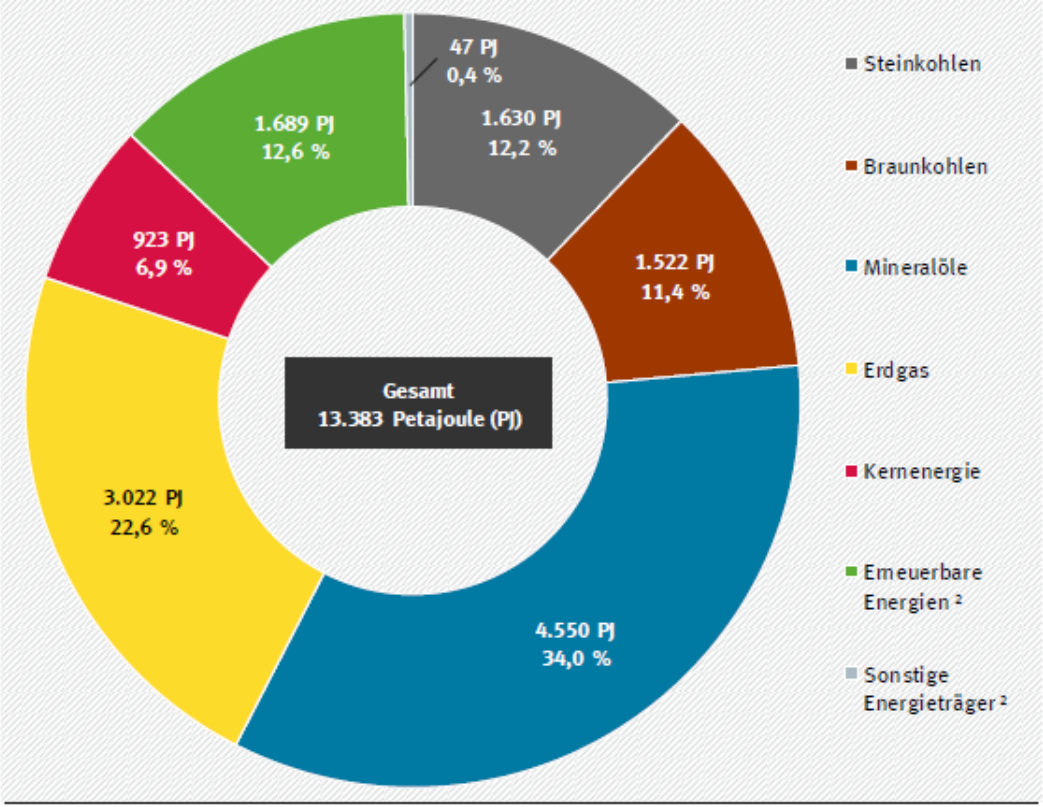
Energieflussdiagramm Deutschland



Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt bei 12,6 %. Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.
* Alle Zahlen vorläufig/geschätzt
29,308 Petajoule (PJ) ≙ 1 Mio. t SKE

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) 07/2017

Primärenergieverbrauch nach Energieträgern in Deutschland 2016

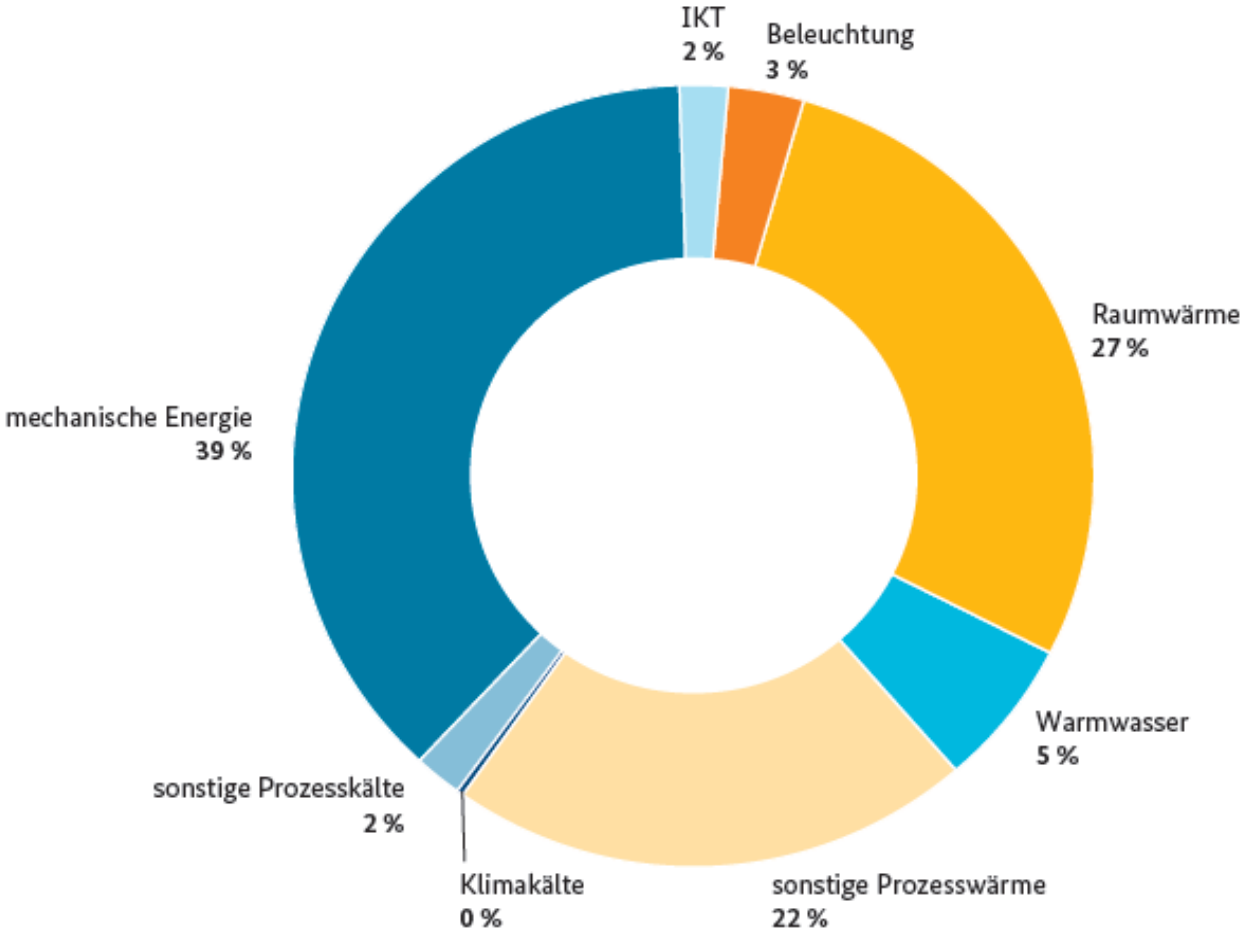


¹ Berechnungen auf der Basis des Wirkungsgradansatzes
² Nichterneuerbare Abfälle, Abwärme und Außenhandelssaldo von Fernwärme und Strom

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Primärenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland 2015/2016, Stand 03/2017

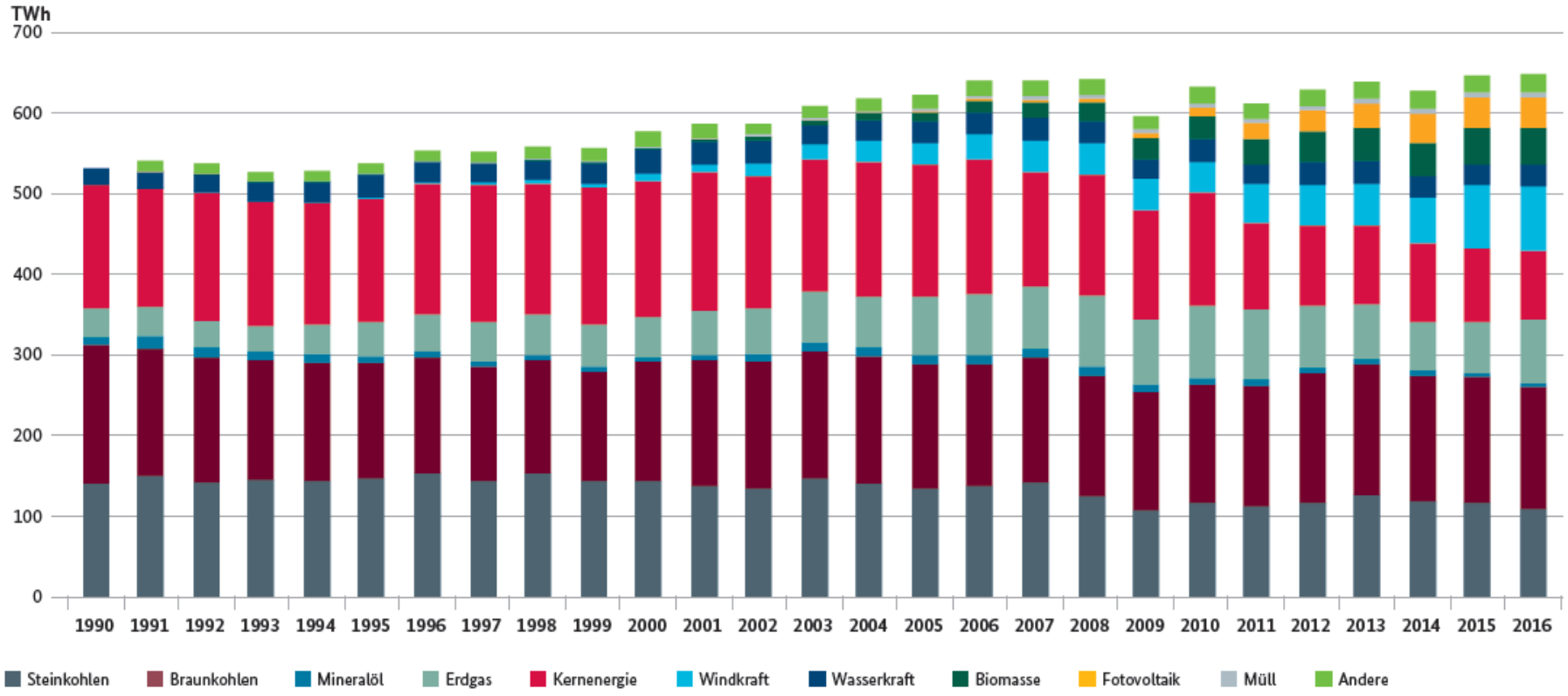
- **Mineralöl und Erdgas wichtigste Energieträger vor den erneuerbaren Energien**
- **Stein- und Braunkohlen machen zusammen fast ¼ des PEV aus**

Energieverbrauch nach Anwendungen in Deutschland 2015



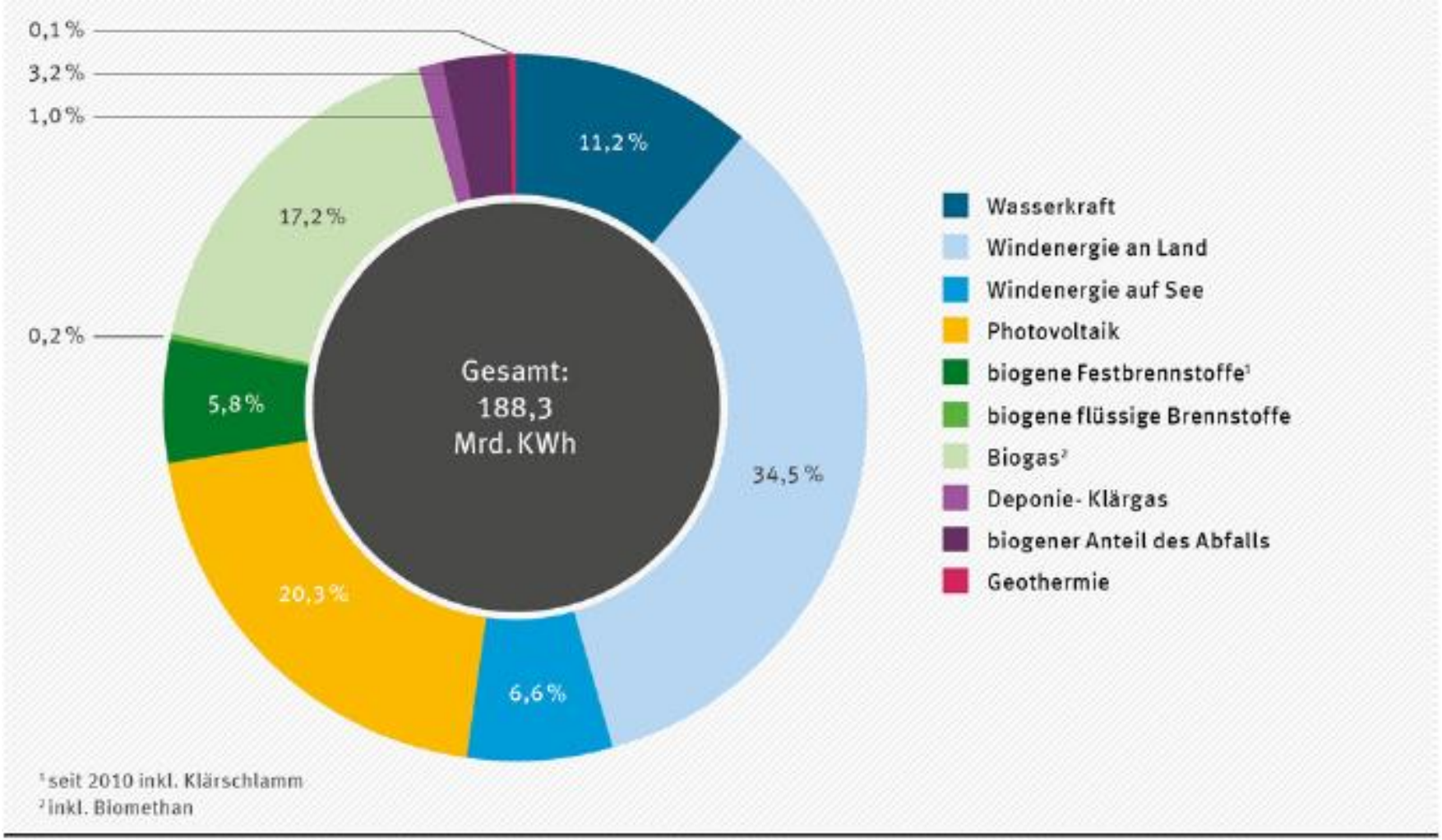
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB)

Bruttostromerzeugung in Deutschland



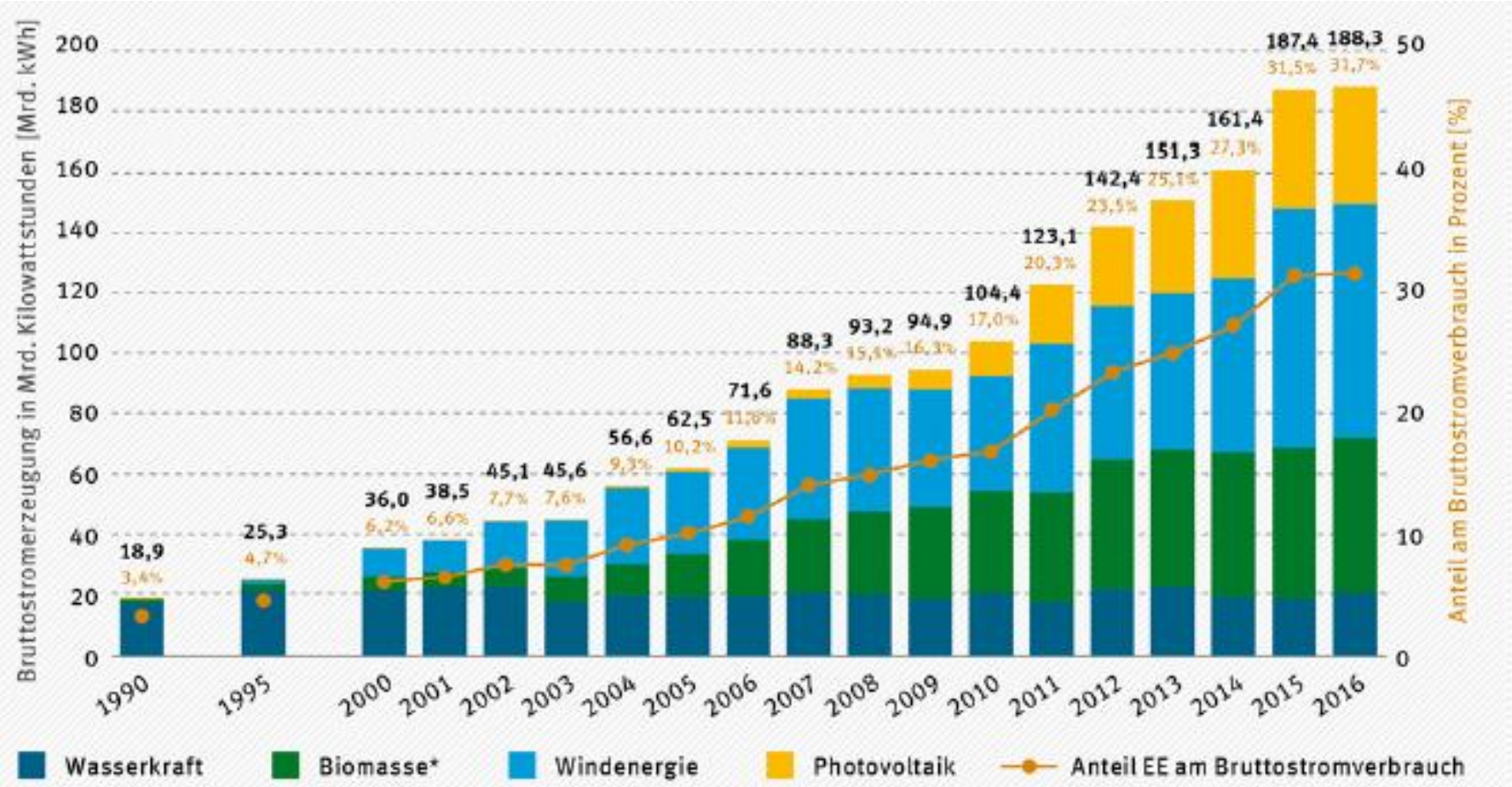
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

Bruttostromerzeugung aus Erneuerbaren Energien in 2016 (Anteile in %)



Quelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

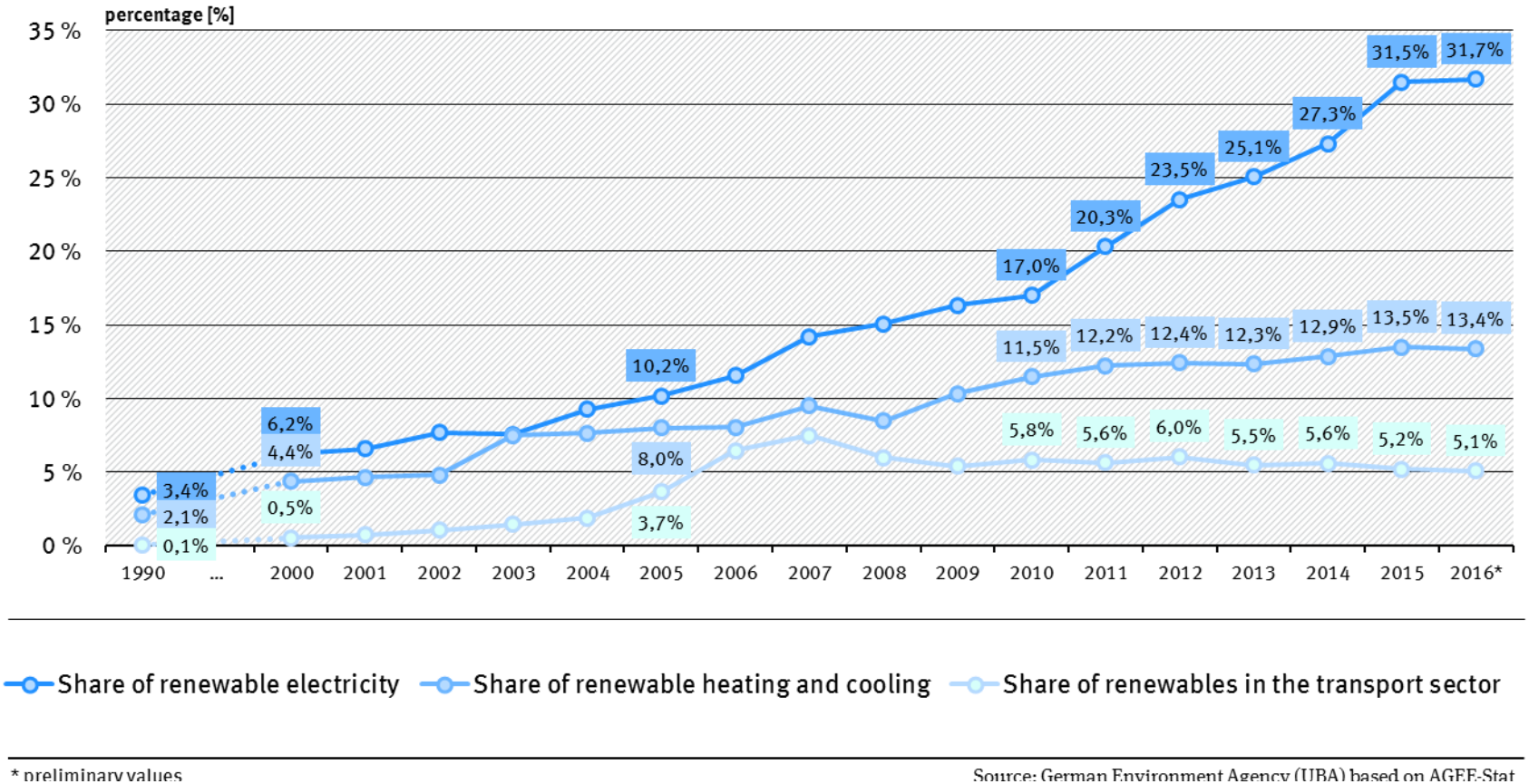
Entwicklung der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland seit 1990



* inkl. feste und flüssige Biomasse, Biogas, Biomethan, Deponie- und Klärgas und dem biogenen Anteil des Abfalls, ab 2010 inkl. Klärschlamm

Quelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch, Endenergieverbrauch für Wärme und Verkehr



* preliminary values

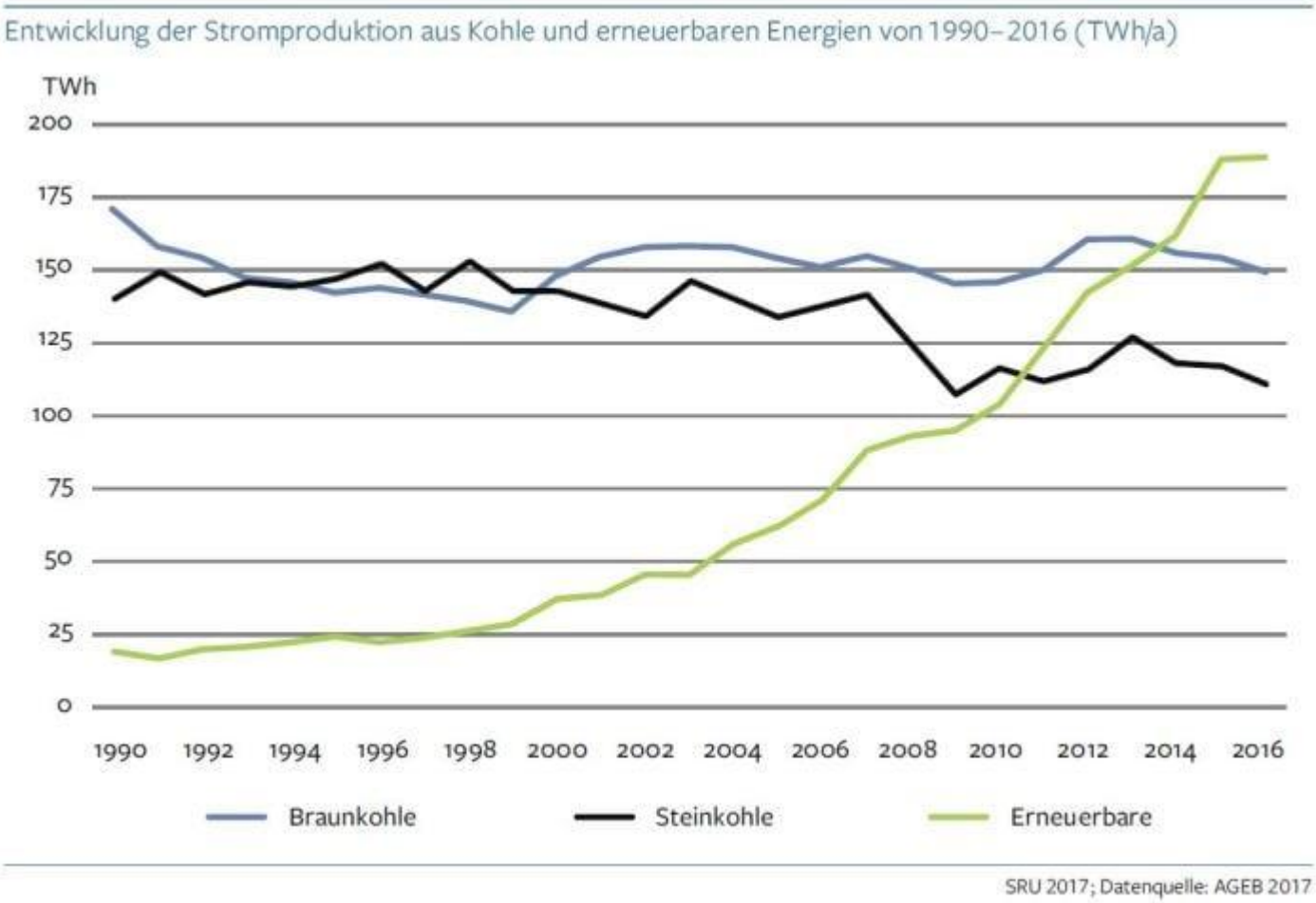
Source: German Environment Agency (UBA) based on AGEE-Stat

Zusätzliche Effekte:

- Vermiedene Treibhausgasemissionen: 159 mill. Tonnen of CO_2- äq. (2016)
- Verdopplung der Arbeitsplätze durch erneuerbare Energien zwischen 2004 und 2014 (221 %)

Deutsche Stromproduktion

Entwicklung der Stromproduktion in Deutschland aus erneuerbaren Energiequellen und Kohle



CO2-Emissionsfaktoren fossiler Brennstoffe im Vergleich zum CO2-Emissionsfaktor des deutschen Strommixes

Brennstoff/Einheit	CO_2-Emissionsfaktor bezogen auf den Brennstoffeinsatz[1] [g/kWh]	Brennstoffausnutzungsgrad netto im Jahr 2014 bezogen auf den Stromverbrauch [%]	CO_2-Emissionsfaktor im Jahr 2014 bezogen auf den Stromverbrauch [g/kWh]	Vergleich CO_2-Emissionsfaktor Strommix 2014 [g/kWh]
Erdgas	201	54%	369	
Steinkohle	337	37%	899	579
Braunkohle	407	35%	1.158	

- Braunkohlestrom ist dreimal so klimaschädlich wie Erdgasstrom
- Der deutsche Emissionsfaktor für den Strommix liegt höher, wenn man den Exportstrom einrechnet; Exportstrom stammt vornehmlich aus Grundlastkraftwerken
- Der Nettostromexport für Deutschland betrug in 2016 etwa 55 TWh (ca. 8% der Bruttostromerzeugung)

Ausbauziele für erneuerbare Energien nach EEG 2017

Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2017)

§ 1 Zweck und Ziel des Gesetzes

(1) Zweck dieses Gesetzes ist es, insbesondere im Interesse des Klima- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen, die volkswirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung auch durch die Einbeziehung langfristiger externer Effekte zu verringern, fossile Energieressourcen zu schonen und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien zu fördern.

(2) Ziel dieses Gesetzes ist es, den Anteil des aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch zu steigern auf

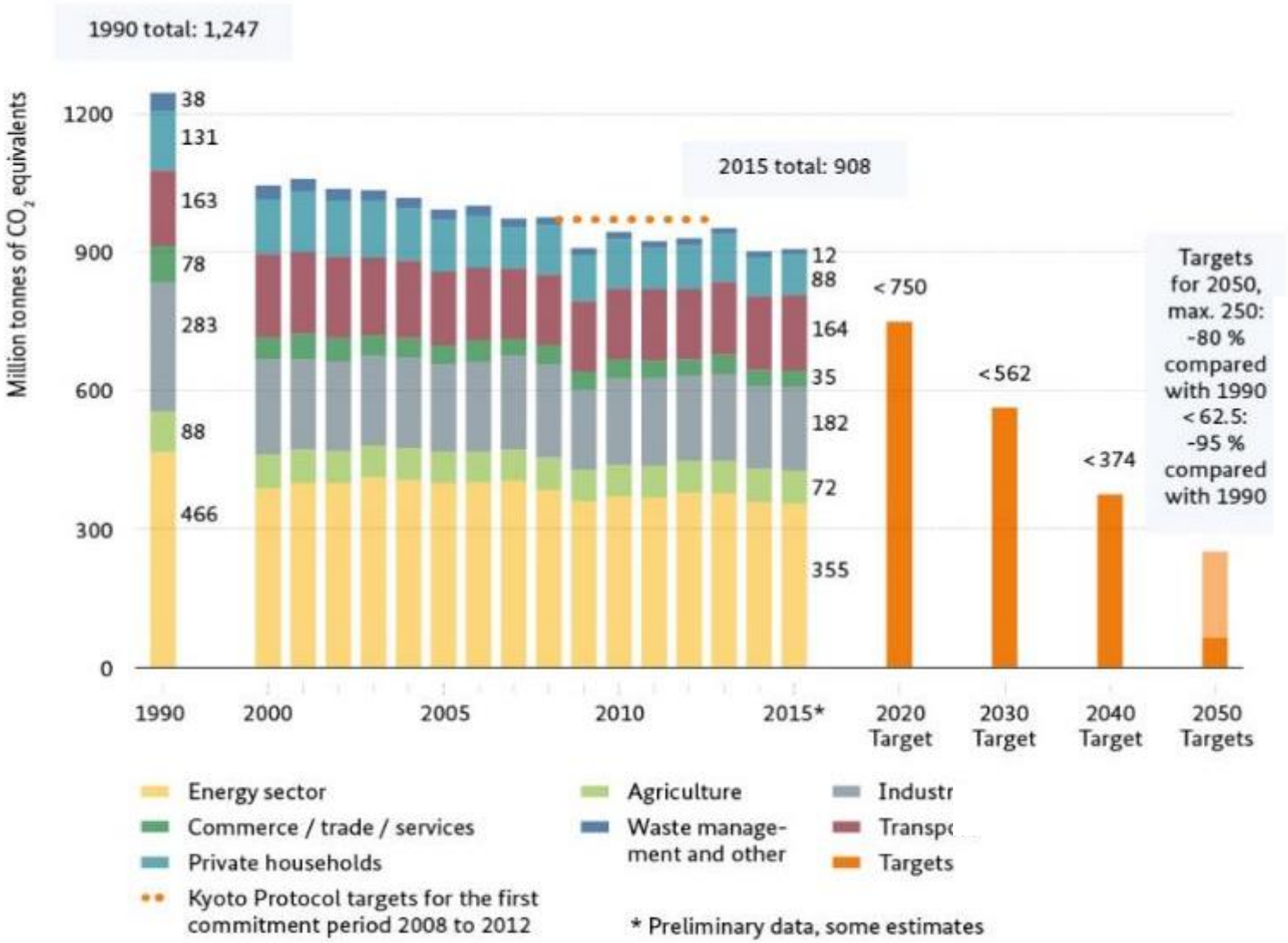
1. 40 bis 45 Prozent bis zum Jahr 2025,
2. 55 bis 60 Prozent bis zum Jahr 2035 und
3. mindestens 80 Prozent bis zum Jahr 2050.

Dieser Ausbau soll stetig, kosteneffizient und netzverträglich erfolgen.

Ausbauziele für Windenergie an Land und PV sowie tatsächliche Ausbauraten

	2013	2014	2015	2016	2017
EEG Ausbaupfad Windenergie an Land	-	2,4-2,6 GW Netto	2,4-2,6 GW Netto	2,4-2,6 GW Netto	2,8 GW Brutto
EEG Ausbaupfad PV	2,5-3,5 GW Netto	2,4-2,6 GW Brutto	2,4-2,6 GW Brutto	2,4-2,6 GW Brutto	2,5 GW Brutto
Zubau Wind	3,025 GW	4,757 GW	3,731 GW	4,259 (Netto)	?
Zubau PV	3,304 GW	1,899 GW	1,480 GW	1,450 GW	?

Entwicklung der Treibhausgasemissionen und Ziele in D



Zielmatrix des Energiekonzepts und des Klimaschutzplans der Bundesregierung

	Zielsetzungen aus dem Jahr ...												
	2010	2016	2016	2016	2016	2016	2010	2014	2010	2010	2010	2010	2011
	Treibhausgas-Emissionen						Regenerative Energien		Minderung Energiebedarf				Kern-energie
	Gesamt	Energie-wirtschaft	Gebäude	Verkehr	Industrie	Land-wirtschaft	Brutto-End-energie	Strom-erzeu-gung	Primär-energie	Gebäude-Wärme	End-energie Verkehr	Strom-ver-brauch	
2011													-41%
2015													-47%
2017													-54%
2019													-60%
2020	-40%						18%	35%	-20%	-20%	-10%	-10%	
2021													-80%
2022													-100%
2025								40 bis 45%					
2030	-55%	-61 bis -62%	-66 bis -67%	-40 bis -42%	-49 bis -51%	-31 bis -34%	30%						
2035								55 bis 60%					
2040	-70%						45%	65%					
2050	-80 bis -95%						60%	80%	-50%	-80%	-40%	-25%	
Basis-jahr	1990	1990	1990	1990	1990	1990	-	-	2008	2008	2005	2008	(2010)

Quelle: Matthes / Öko-Institut
auf der Basis der Beschlüsse von Bundesregierung und Bundestag

Deutschland ist auf dem Weg, Treibhausgasneutralität zu erreichen

- Energiewende ist auf dem Weg
- Anspruchsvolle Klimaschutzziele existieren
- Aktionsplan Klimaschutz 2050 ist beschlossen
- Der Umsetzungsprozess ist auf dem Weg
- Projektionen evaluieren den Fortschritt
- Jährliche Monoitoringberichte unterrichten Politik und Öffentlichkeit
- UBA-Machbarkeitsstudie: Treibhausgasneutrales Deutschland 2050

Einbindung von Stakeholdern und der Zivilgesellschaft bei Entscheidungen zum Klimaschutz: Beispiel Klimaschutzplan 2050

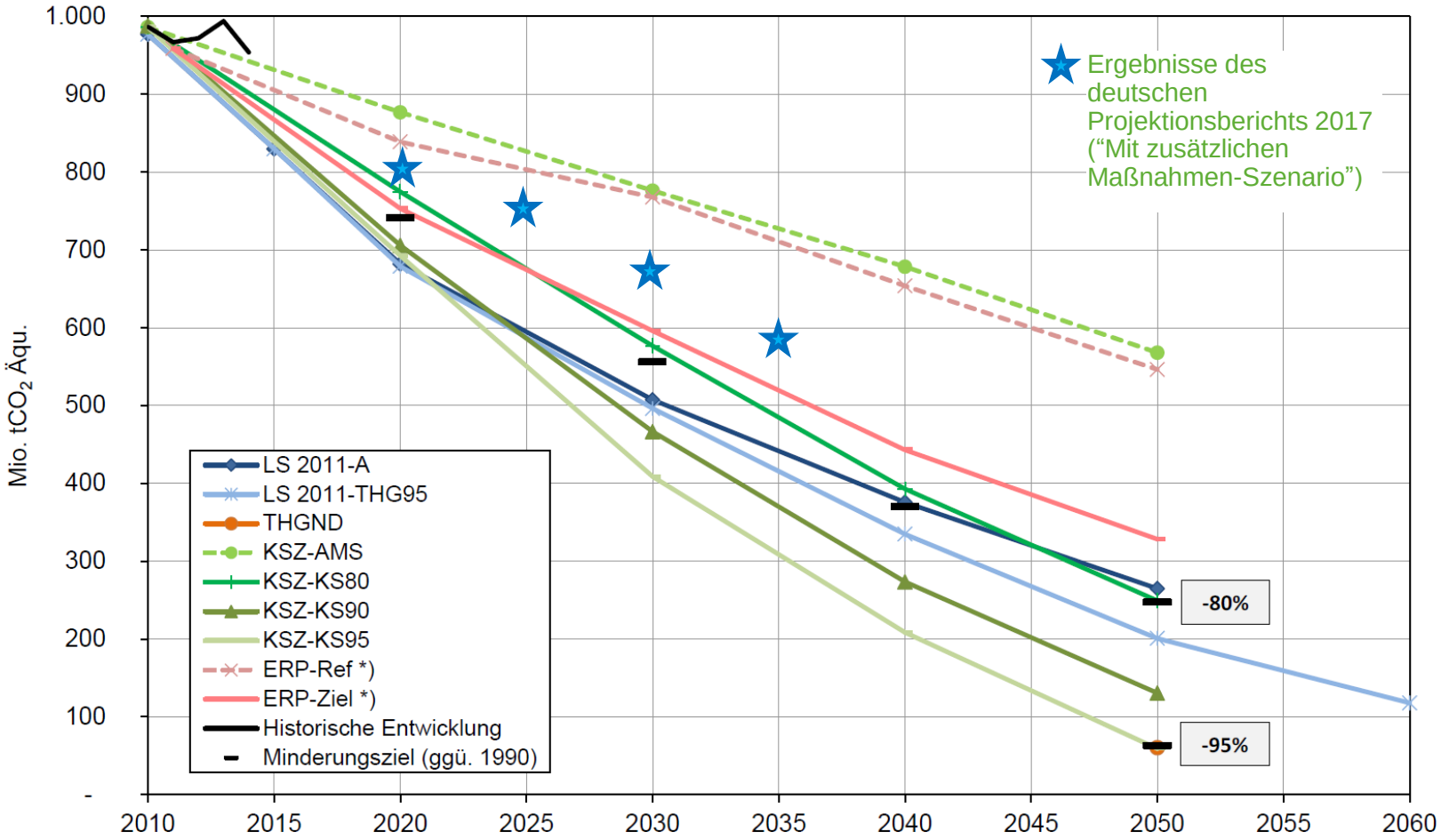
- Breiter Dialog und Beteiligungsprozess mit den Bundesländern, Kommunen, Zivilgesellschaft, Verbänden, Bürgern
- Ergebnis: Maßnahmenkatalog mit Vorschlägen zur Umsetzung strategischer Maßnahmen zur Umsetzung bis 2030
- **Infrastruktur und Plattformen zur Unterstützung des Umsetzungsprozesses**
    1. Zwei interministerielle Arbeitsgruppen
    2. Wissenschaftsplattform
    3. Aktionsbündnis (Allianz der Strakeholder)
    4. Kommission für Strukturwandel
    5. Sektorale Arbeitsgruppen
    6. Unterstützung durch wiss. Gutachter

Ziele des Klimaschutzplans 2050 für Emissionen einzelner Sektoren

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 %**

2. Was sind die großen Herausforderungen?

Projektionen für D: THG-Emissionen 2010 - 2060



Quelle: Report „Überblick über vorliegende Szenarienarbeiten für den Klimaschutz in Deutschland bis 2050“, Öko-Institut und eigene Daten UBA

Die großen Themen für die weitere Debatte, speziell zu den Klimaschutzzielen und dem Kohleausstieg

1. **Deutschland muss auf das Paris-Abkommen angemessen reagieren. Wie sollte Deutschland seine Klimaschutzziele und –politik anpassen?**
2. **Wir werden unser Klimaschutzziel in 2020 wohl stärker als erwartet verfehlen. Was sollte die Bundesregierung kurzfristig tun, um die absehbare Verfehlung noch abzuschwächen?**
3. **Der Kohleausstieg wird ein wichtiges Element der Koalitionsvereinbarung sein. Wie kann er verträglich ausgestaltet und instrumentiert werden?**
4. **Bei einem Kohleausstieg sind die Beschäftigten in den Braunkohleregionen betroffen. Welche strukturpolitischen Flankierungen sind sinnvoll, um diese Wirkung abzupuffern?**
5. **Vor dem Hintergrund der abnehmenden Kohleverstromung und der wachsenden Sektorenkopplung benötigen wir deutlich stärker wachsende Anteile erneuerbare Energien. Was wäre auf Bundesebene zu tun?**
6. **Die Umsetzung der Energieeffizienzmaßnahmen des Nationalen Aktionsplans stockt. Was sollte die Bundesregierung unternehmen, um die Blockade zu lösen, auch ordnungspolitisch?**
7. **Deutschland steht auch in der Gefahr, seine europäischen Klimaschutzziele zu verfehlen. Welche Weichen muss die neue Bundesregierung stellen, um das zu verhindern und wieder auf europäischen Kurs zu kommen?**

Das sollten wir bei der Umsetzung der Energiewende zeitnah erreichen

- Entwicklung des Übertragungsnetzes: Überwindung des Nord-Süd-Flaschenhalses
- Umsetzung der Maßnahmen zur Treibhausgasminderung (siehe Projektions- und Klimaschutzberichte)
- Weitere anspruchsvolle Investitionen in erneuerbare Energien und Erhöhung der installierten Kapazitäten
- Zunehmende Geschwindigkeit der Entwicklung von Energieeffizienz in allen Sektoren
- Deutliche Reduzierung der Kohleverstromung und Kohleausstieg

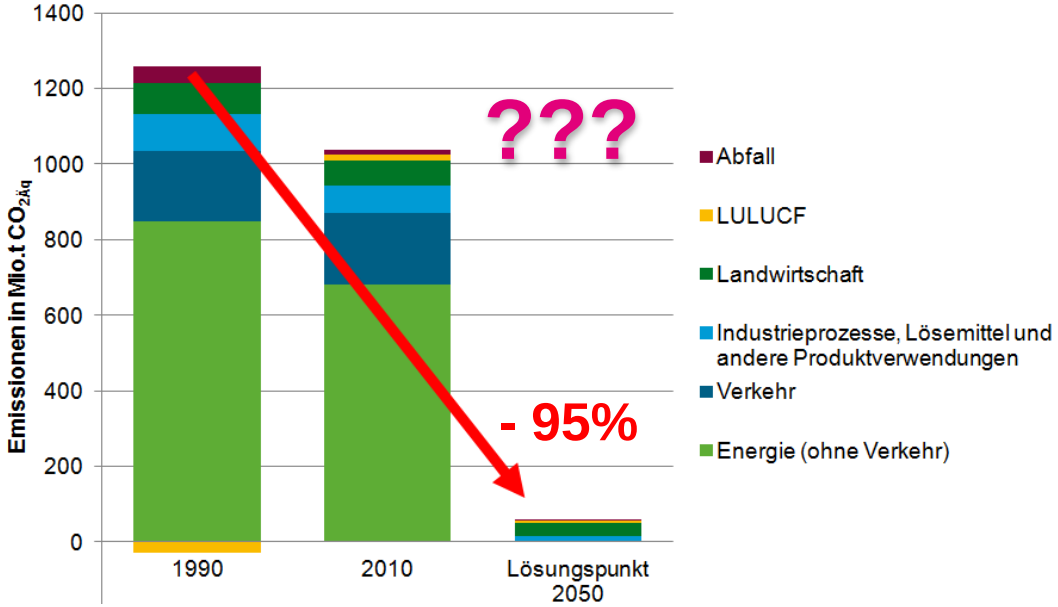
Ausbauziele für PV in verschiedenen Energieszenarien bis 2050

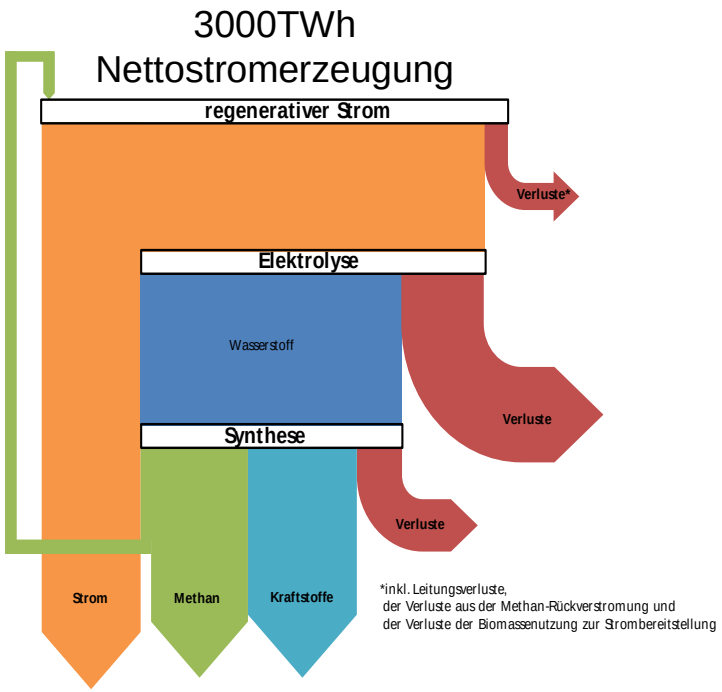
Studie, Jahr und Ersteller, ggf. Szenario	Leistung	Erzeugung	Anmerkung
Energieziel 2050: 100% (2010), UBA (Szenario „Regionenverbund“)	275 GW	248 TWh	identisch zu UBA-TGHND (2014)
Energiesystem Deutschland 2050 (2013), Fraunhofer ISE	147 GW	143 TWh	
Energiewende nach COP21 (2016), Joachim Nitsch im Auftrag BEE (SZEN-16 „KLIMA 2050“)	178 GW	-	
Klimaschutzszenario 2050 (2015), Öko-Institut (Szenario „KS 95“)	130 GW	123 TWh	
Modellierung Stromerzeugung aus 100% EE („150%-Studie“) (2017), Fraunhofer IWES (unveröffentlicht)	170 GW	150 TWh	nur Gebäude
Sektorkopplungsstudie (2016), HTW Berlin	200 GW (in 2040)	190 TWh	nur Gebäude

Quelle: UBA intern

3. **Wie kann die Zukunft aussehen, den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcenschonend zu gestalten?**

Vom THGND zum RTD

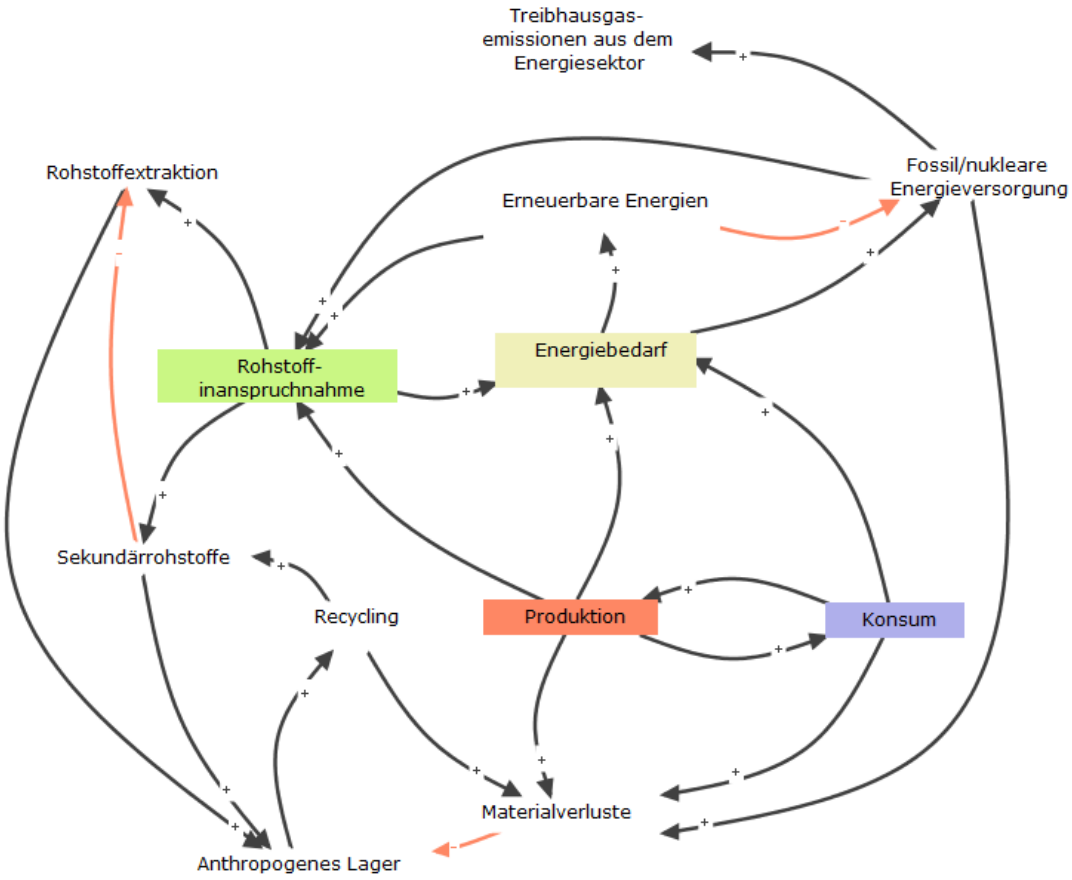




- Ein Treibhausgasneutrales Deutschland 2050 ist technisch machbar.
- Alle Emissionsquellgruppen werden betrachtet.
- Eine nachhaltige Energieversorgung (ohne CCS, Kernenergie und energetische Nutzung von Anbaubiomasse) basiert im wesentlichen auf regenerativer Stromerzeugung.

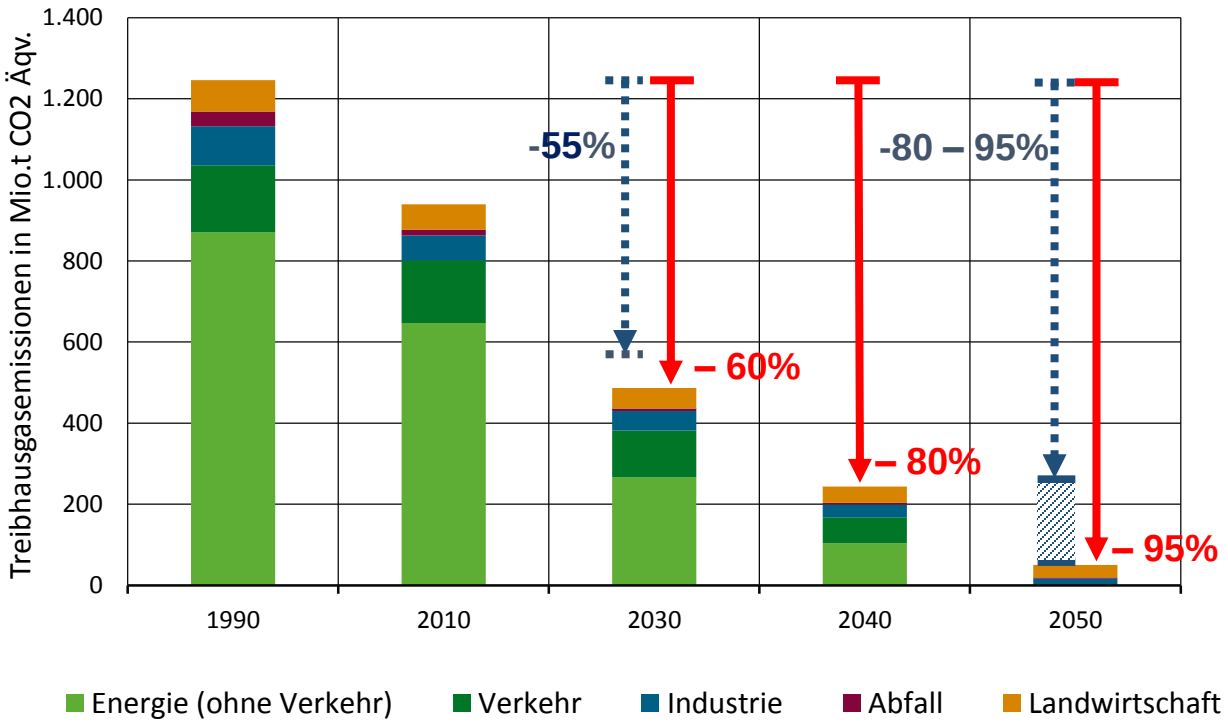
Was sind plausible nachhaltige Wege hin zum treibhausgasneutralen Deutschland ?

Systemischer Zusammenhang von Rohstoffinanspruchnahme und Klimaschutz



- Wie beeinflussen sich Klima- und Ressourcenschutz gegenseitig?
- Wie entwickelt sich der Rohstoffbedarf in einem treibhausgasneutralen Deutschland bis 2050?
- Wie kann der Weg ressourcenschonend gestaltet werden?
- Welche Hürden sind heute bereits absehbar?
- Existieren rohstoffsparende Ansätze eine treibhausgasneutrale Wirtschaft zu erreichen?

Treibhausgasminderungen im GreenEe - Szenario

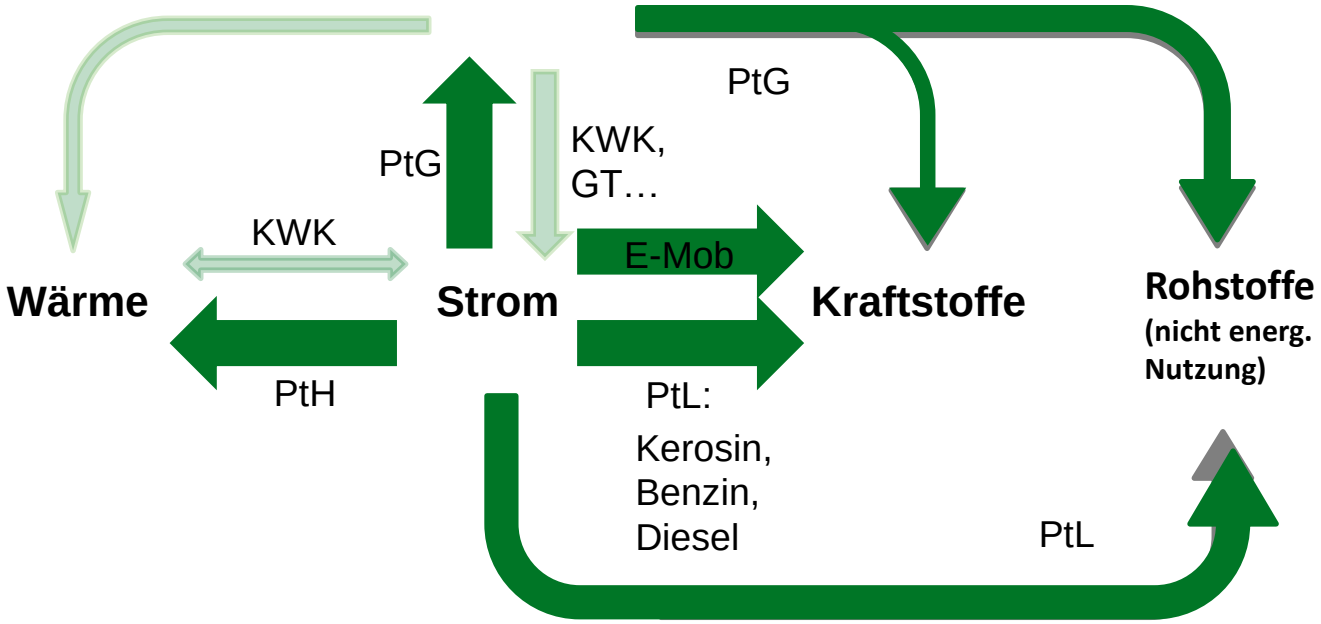


- Überproportionaler Beitrag der Energiewirtschaft; bis 2030 nur noch 7% des Strombedarfes mit Kohle gedeckt; bereits bis 2030 eine wesentliche Erhöhung der EE-Ausbaukorridore
- Verkehr verfehlt als einzige Emissionsquellgruppe das 2030 Ziel im KSP (rund 30 % gegenüber 1990)
- GreenEe-Szenario erfüllt bereits 2040 das derzeitige Langfristziel der Bundesregierung (-80% ggü. 1990)

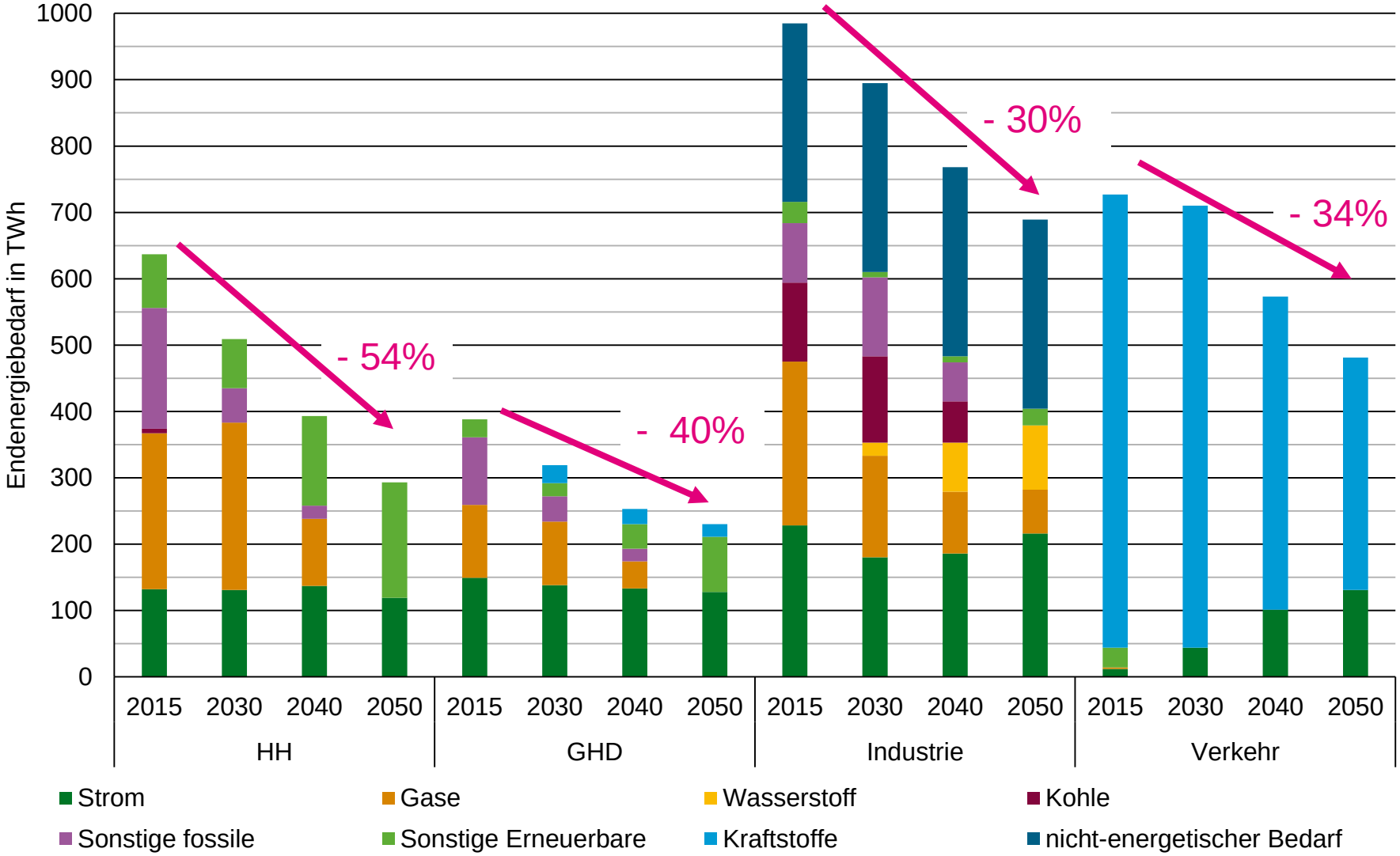
GreenEe-Szenario – energiebedingte Emissionen

- **nachhaltige Energieversorgung** - ohne CCS, Kernenergie und energetische Nutzung von Anbaubiomasse (auslaufend bis in die Dekade nach 2030)
- **Ausbau der erneuerbaren Energien**, voranschreitend in der Stromversorgung (78% 2030, 7% Kohle)
- Konsequente Erschließung von **Effizienz**potenzialen über alle Anwendungsbereiche hinweg

effiziente Sektorkopplung

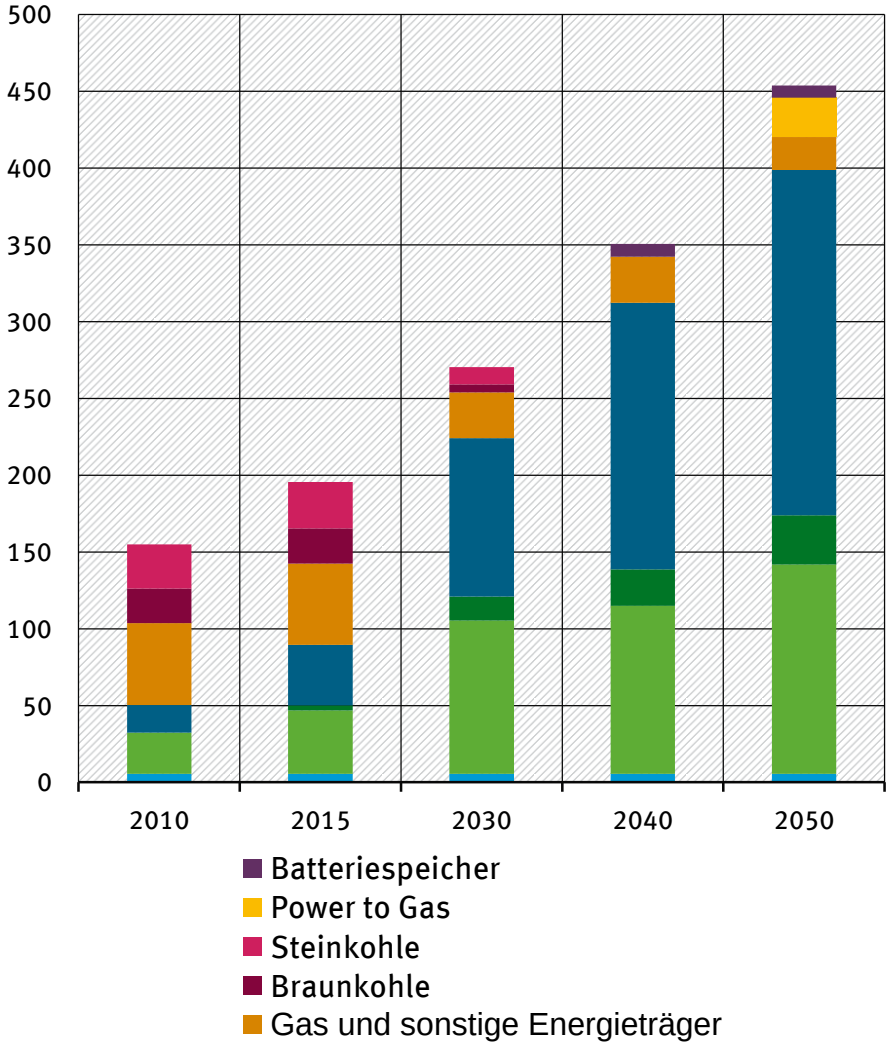


Endenergiebedarfe über alle Anwendungsbereiche

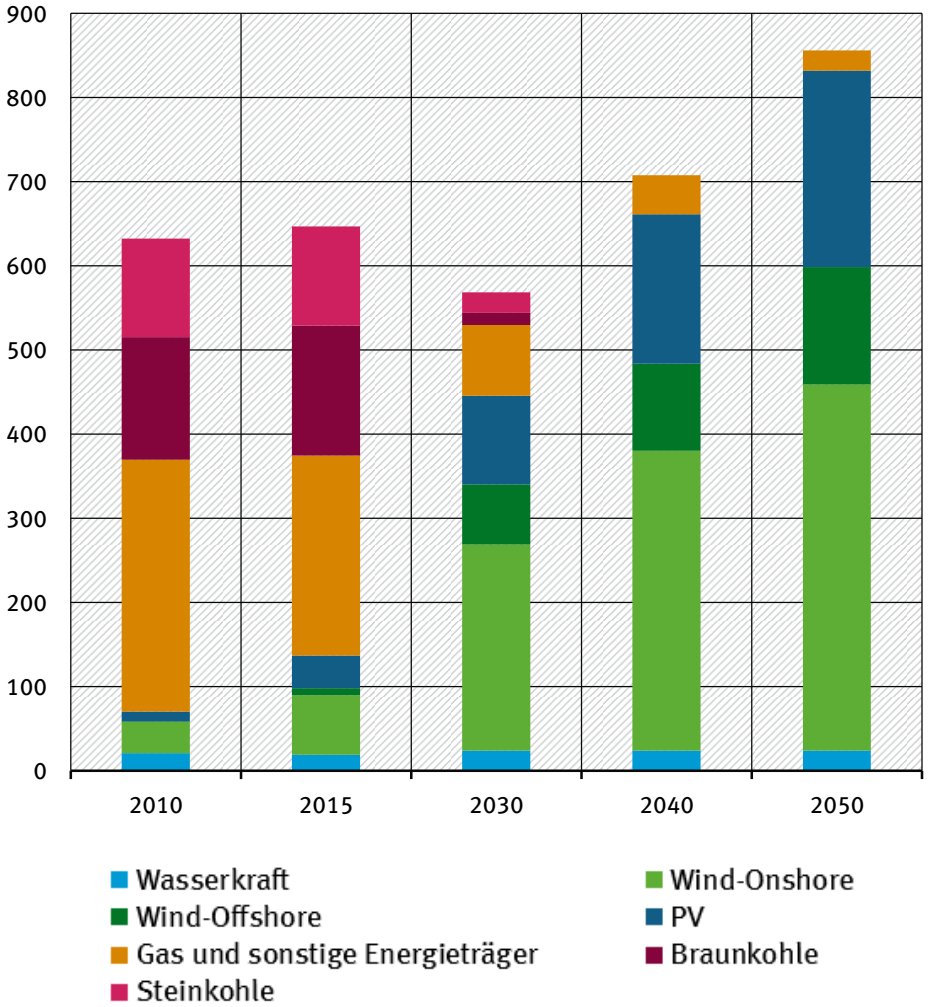


Energieversorgung – in Deutschland

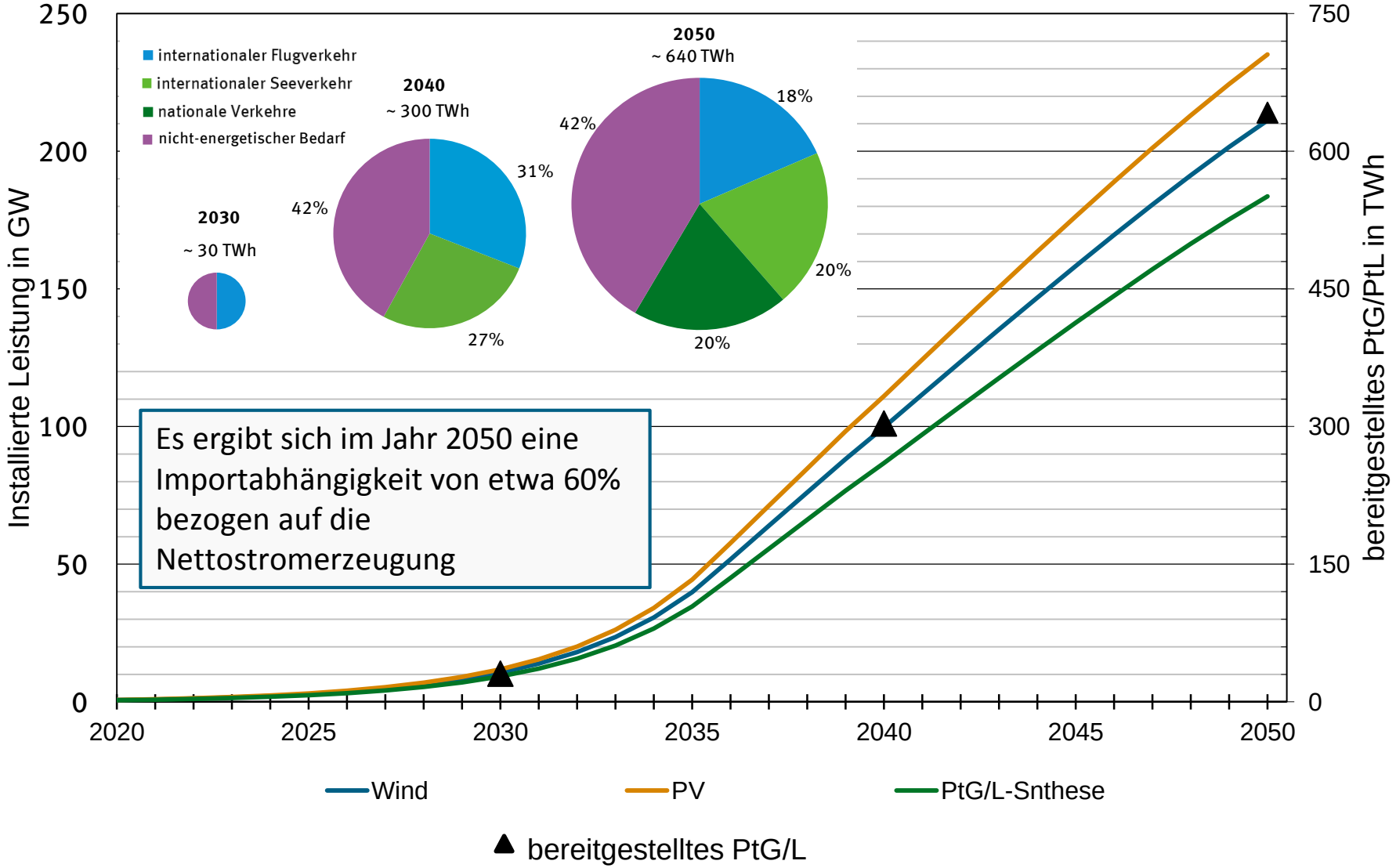
Installierte Leistung in GW



Stromerzeugung in TWh

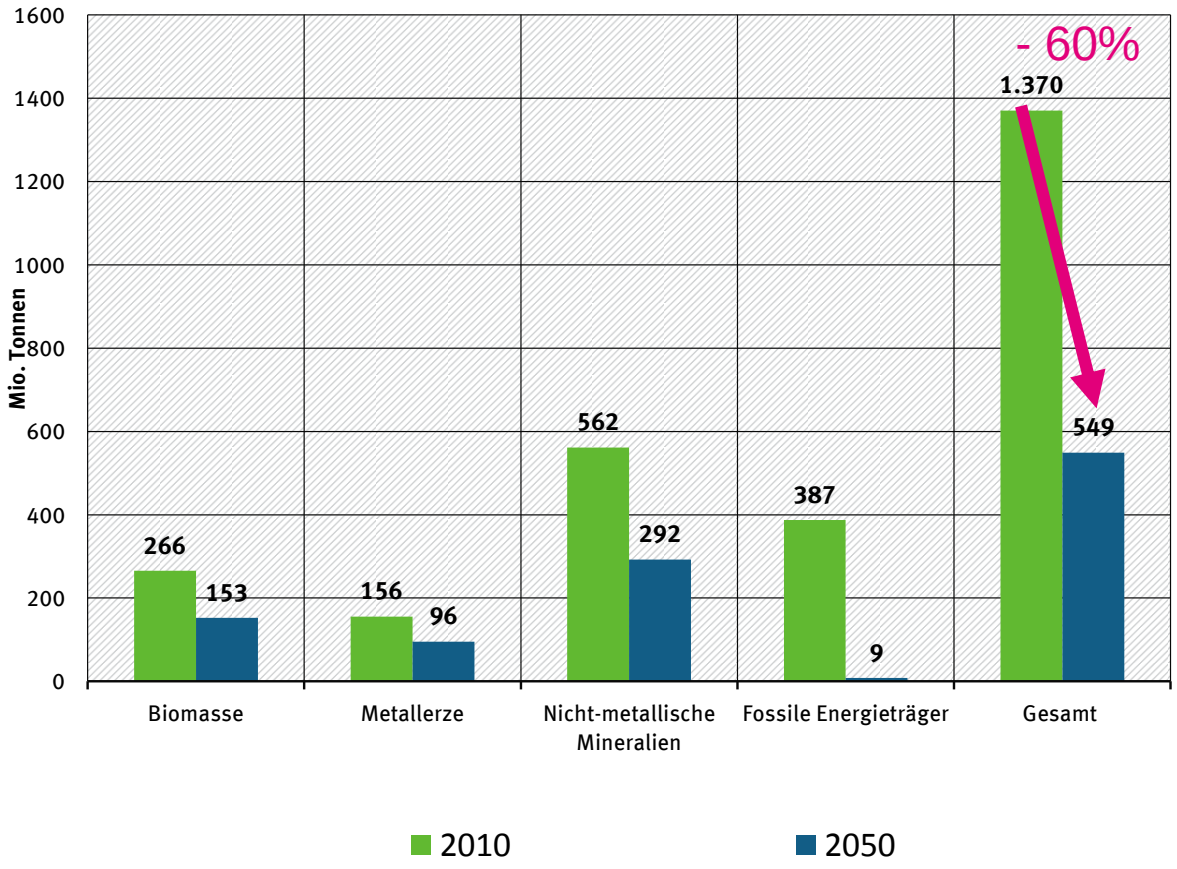


GreenEe-Szenario – Energie - Importe



Es ergibt sich im Jahr 2050 eine Importabhängigkeit von etwa 60% bezogen auf die Nettostromerzeugung

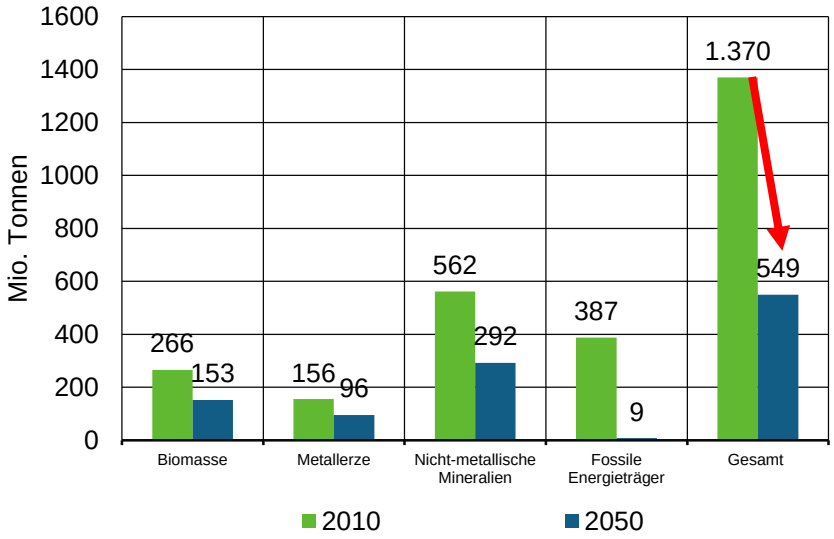
Rohstoffinanspruchnahme 2050 im GreenEe - Szenario

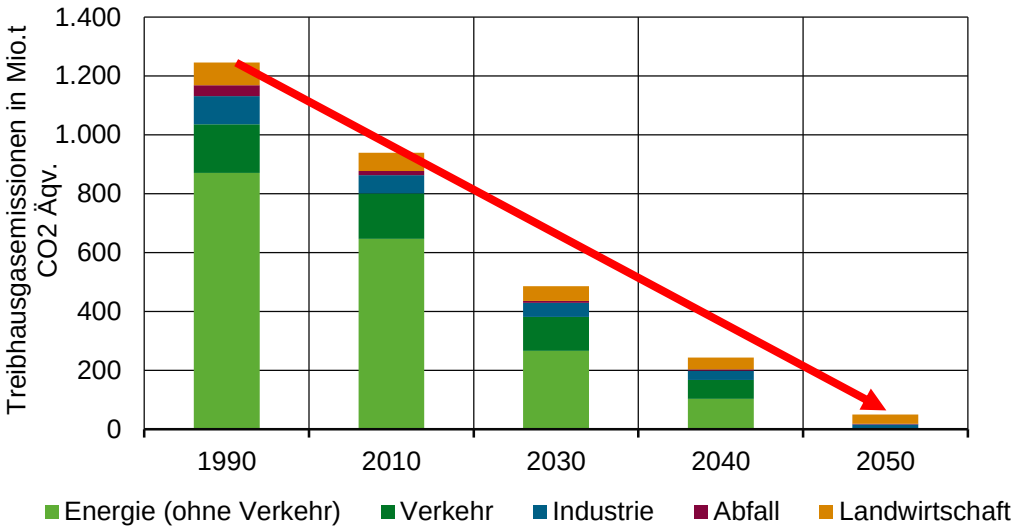


- Rohstoffinanspruchnahme sinkt absolut um 60 %
- RMC pro Kopf 7,6 Tonnen
- Fossile Rohstoffe - 98 %
- Nicht-metallische Mineralien - 48 %
- Biomasse - 43 %
- Metallerze - 39 %
- Steigerung der Gesamtrohstoffproduktivität um 2,5 % pro Jahr

Fazit

- Das vorliegende Szenario „GreenEe“ zeigt, dass es möglich ist, Deutschland sowohl treibhausgasneutral als auch ressourcenschonend umzugestalten.

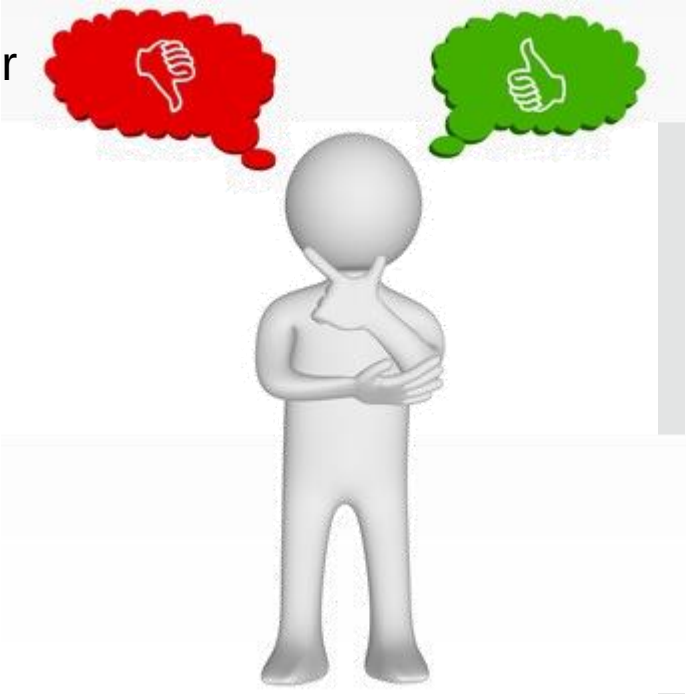




- Das Szenario zeigt, dass ein verschränkter ambitionierter Klima- und Ressourcenschutz hilft, beide Ziele zu erreichen. Eine solche systemische Vorgehensweise sollte künftig stärker politisch diskutiert und realisiert werden.
- Mit diesem Szenario wurden aber sicherlich nicht alle Fragen und Möglichkeiten einer Transformation hin zu einem nachhaltigen Deutschland behandelt worden. Dieses wird in weiteren Green-Szenarien untersucht werden.

Fazit und Handlungsbedarf

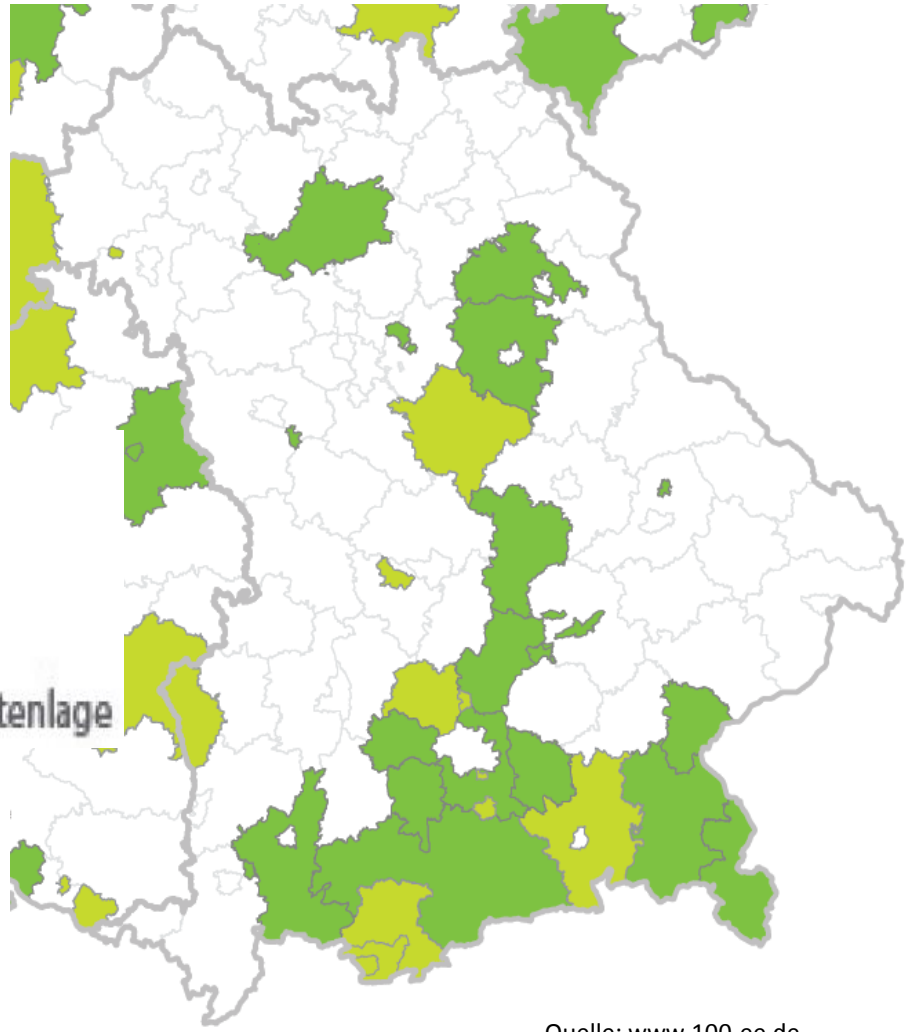
- Ambitionierte Ziele für Deutschland
- Energieeffizienz, effiziente Sektorenkopplung konsequent umzusetzen und Ausbaukorridore der erneuerbaren Energien erhöhen und verstetigen
- Technikwahl entscheidet über Rohstoffbedarf & Rohstoffeffizienzpotenziale nutzen
- Gemeinschaftliches internationales Voranschreiten notwendig
- Fortführung dieser interdisziplinären Studie
- Forschungsbedarf – insbesondere bei Rohstoffbedarfen und systemischen Zusammenhängen
- Download: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/fachbrosch_rtd_vorabversion.pdf



4. Die Alpen naturverträglich treibhausgasneutral gestalten?

Netzwerk der "100% Erneuerbare-Energie-Regionen“ in Bayern (Stand 10/2017)

100ee erneuerbare energie region



- Wachsende Initiative mit ca. 140 Regionen bundesweit
- Konzentration in Südbayern/Alpenraum

Quelle: www.100-ee.de

Fragen zur Diskussion?

- Wie verhält sich die Energiewende auf den verschiedenen Politikebenen zueinander (international, national, regional, kommunal)?
- Ist die dezentrale Ausgestaltung der Energiewende mit geschlossenen regionalen Bilanzkreisen der Königsweg?
- Welche Regionen sind geeignet für 100%EE und Treibhausgasneutralität durch eigene Maßnahmen?
- Wie sinnvoll ist ein treibhausgasneutraler Alpenraum nicht nur als politisches sondern auch als energietechnisches Ziel?
- Limitieren Naturschutzkriterien und der Erhalt der Biodiversität die Umsetzung der Energiewende?

Umwelt Bundesamt

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Benno Hain
benno.hain@uba.de

www.uba.de