

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Forum Energiedialog Baden-Württemberg

Stand der Energiewende und die Rolle der Windenergie

Prof. Dr. Uwe Leprich
Abteilung I 2 Klima und Energie

Bad Waldsee, 30. Januar 2017

Vor der Klammer:



United Nations
Framework Convention on
Climate Change



PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21·CMP11



2016 toppt Wärmerekorde

Wieder ein hitziges Rekordjahr

Stand: 18.01.2017 19:13 Uhr



Das letzte Jahr stellt wieder einen Rekord auf - zumindest was die Temperaturen betrifft. Global war 2016 das wärmste Jahr seit mehr als 130 Jahren. In Deutschland allerdings kletterte die Jahres-Mitteltemperatur auf keinen neuen Höchstwert.

Seit mehr als 130 Jahren war kein Jahr so warm wie 2016 - genauer gesagt seit dem Beginn der offiziellen Messaufzeichnungen im Jahr 1880. Das gab die Weltwetterorganisation WMO bekannt.

Die Temperatur über Landes- und Meeresflächen lag global gesehen um 0,94 Grad Celsius über dem Durchschnittswert des 20. Jahrhunderts, wie Daten der US-Ozeanografie- und Wetterbehörde NOAA sowie der Raumfahrtbehörde NASA belegen. Gegenüber dem Vorjahr stieg der Mittelwert in 2016 um 0,07 Grad Celsius.

SPIEGEL ONLINE

DER SPIEGEL SPIEGEL TV



WISSENSCHAFT

Schlagzeilen | Wetter | DAX 10.568,80 | TV-Programm

Nachrichten > Wissenschaft > Natur > Klimawandel > Klimawandel: Pentagon sieht Gefahr für nationale Sicherheit

Erderwärmung

Pentagon stuft Klimawandel als Gefahr für nationale Sicherheit ein

Dürren, Missernten, schmelzende Gletscher: Das US-Verteidigungsministerium sieht im Klimawandel jetzt eine Gefahr für die nationale Sicherheit der USA. Das könnte zu einer Neuausrichtung des Militärs führen.

1. Energiewende in Zahlen

1. Energiewende in Deutschland / Europäische Einbettung

Ziele der EU bis 2020

- 40%

Quelle: Thomas Neitsch



20% CO₂-Reduktion im Vergleich zu 1990



Quelle: Greenpeace

20% Energieeinsparung im Vergleich zum Szenario „Business as usual“

27%



Quelle: Stiftung Offshore Windenergie

20% Anteil erneuerbarer Energien an Primärenergie

27%

Beschluss des Europäischen Rates im März 2007

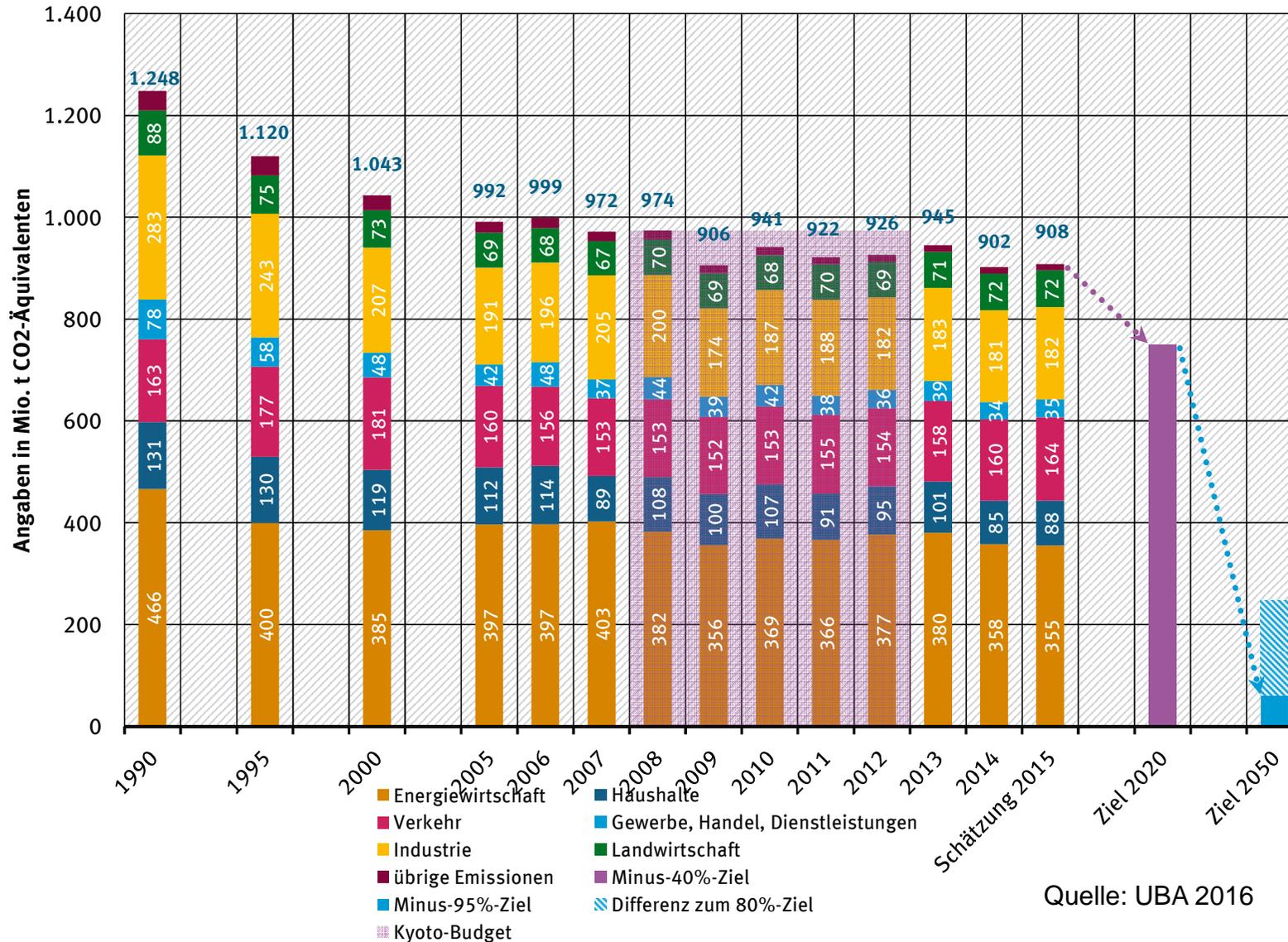
1. Energiewende in Deutschland

Aktuelle Ziele nach den Beschlüssen von 2010, 2011, 2014 und 2016

	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-erzeugung	Primär-energie	Gebäude-Wärme	End-energie Verkehr	Strom-verbrauch	
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: Felix Chr. Matthes / Öko-Institut
auf der Basis der Beschlüsse von Bundesregierung und Bundestag

1. Energiewende in Deutschland / Treibhausgasemissionen



1. Energiewende in Deutschland / THG-Minderungsziele

	1990	2014	2014	2030	2030
Handlungsfeld	(in Mio. t CO ₂ -Äq.)		Δ in % gg. 1990	(in Mio. t CO ₂ -Äq.)	Δ in % gg. 1990
Energiewirtschaft	466	358	23,2%	175-183	62-61
Gebäude	209	119	43,1%	70-72	67-66
Verkehr	163	160	1,8%	95-98	42-40
Industrie	283	181	36,0%	140-143	51-49
Landwirtschaft	88	72	18,2%	58-61	34-31
Sonstige	39	12	69,2%	5	87
Gesamtsumme	1.248	902	27,7%	543-562	56-55

Quelle: KSP 2050

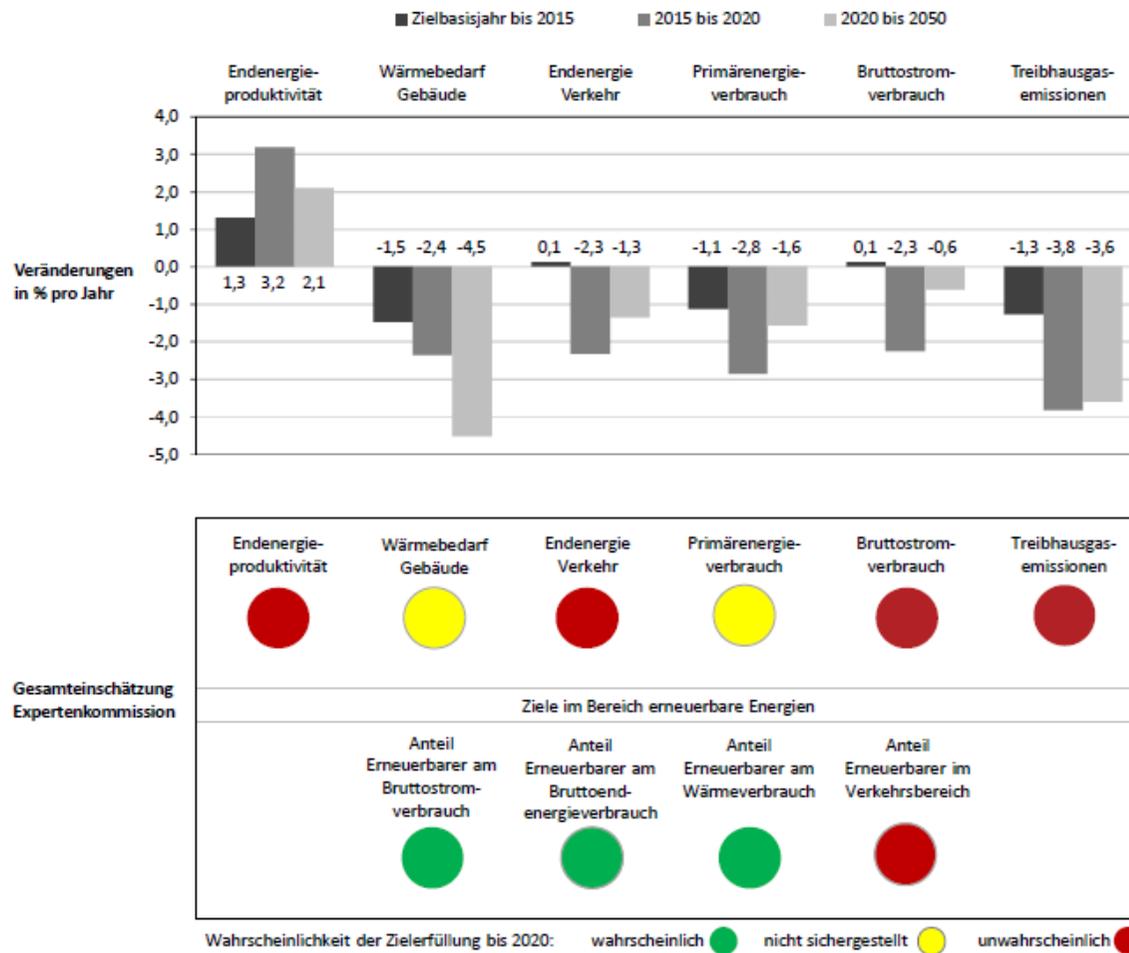
1. Energiewende in Deutschland / Treibhausgasemissionen

- Anteile der Treibhausgase: 87,8% CO₂, 6,2% Methan, 4,3% Lachgas und 1,7% F-Gase
- Minderung seit 1990 um **27,9%**
- Nach ersten Schätzungen werden die THG-Emissionen im Jahr 2016 um etwa 1% steigen
- Die Erreichung des 2020-Ziels (minus **40%** gegenüber 1990) ist ohne weitere signifikante Maßnahmen nicht möglich

2. Stand der Energiewende

2. Stand der Energiewende

Abbildung 1: Einschätzung der Expertenkommission zur Zielerfüllung



Quelle: Expertenkommission 2016

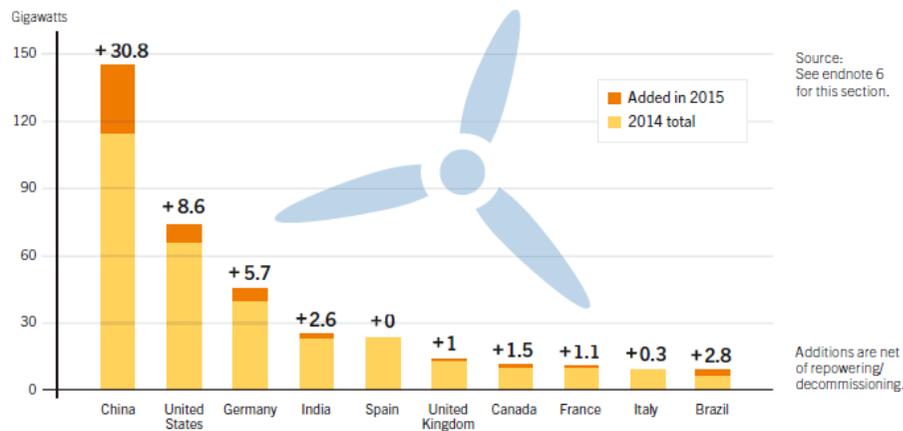
3. Zur aktuellen Rolle der Windenergie in Deutschland

3. Windenergie in Deutschland Exkurs: Situation weltweit

		2014	2015
INVESTMENT			
New investment (annual) in renewable power and fuels ¹	billion USD	273	285.9
POWER			
Renewable power capacity (total, not including hydro)	GW	665	785
Renewable power capacity (total, including hydro)	GW	1,701	1,849
Hydropower capacity ²	GW	1,036	1,064
Bio-power capacity ³	GW	101	106
Bio-power generation (annual)	TWh	429	464
Geothermal power capacity	GW	12.9	13.2
Solar PV capacity	GW	177	227
Concentrating solar thermal power capacity	GW	4.3	
Wind power capacity	GW	370	433

**AKW-Kapazität
2016: 392 GW**

Figure 24. Wind Power Capacity and Additions, Top 10 Countries, 2015

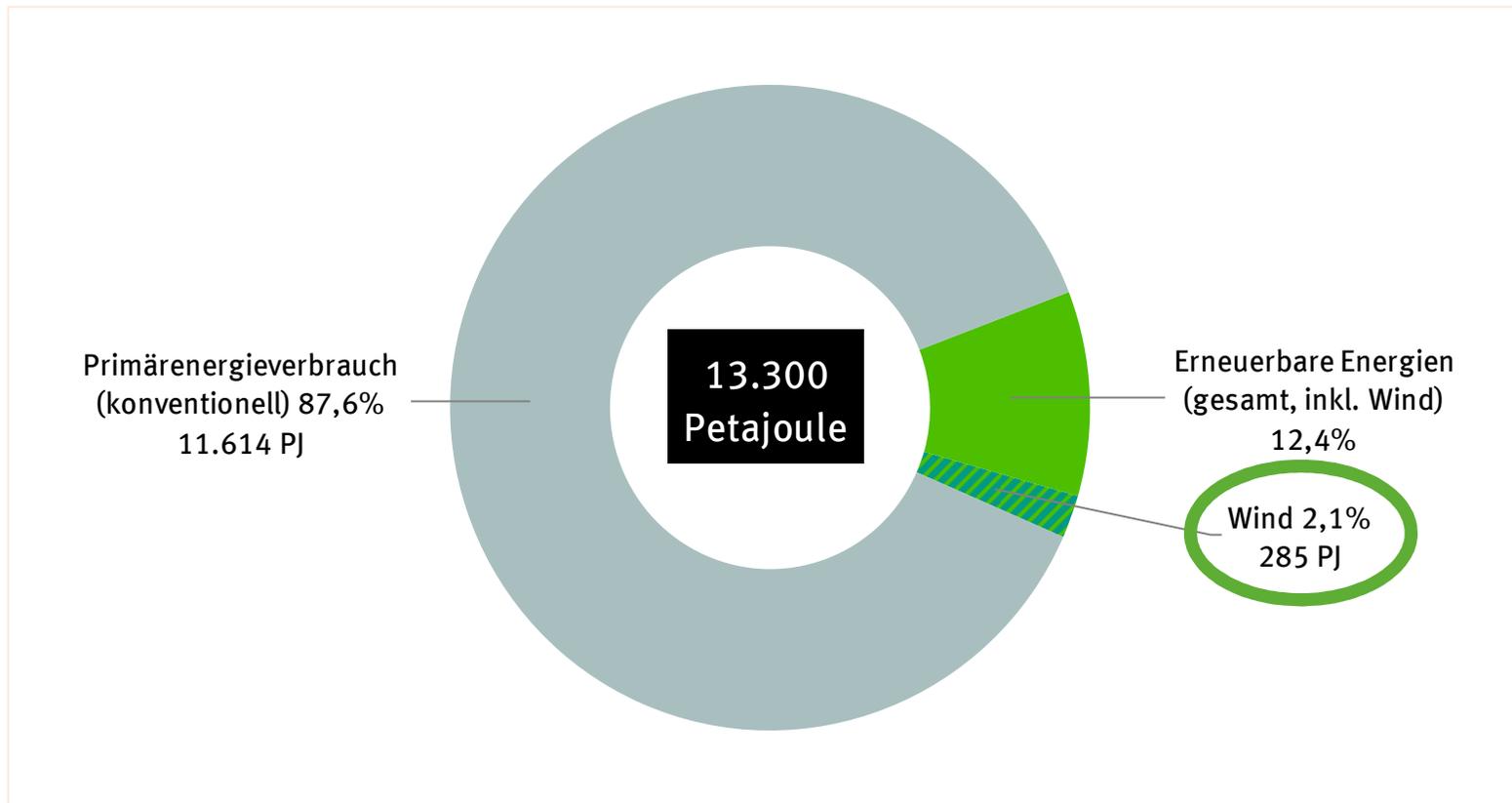


Quelle: REN21, 2016

3. Aktuelle Rolle der Windenergie in Deutschland

Stromerzeugung Windenergie in Deutschland (2015)

Anteile am Primärenergieverbrauch

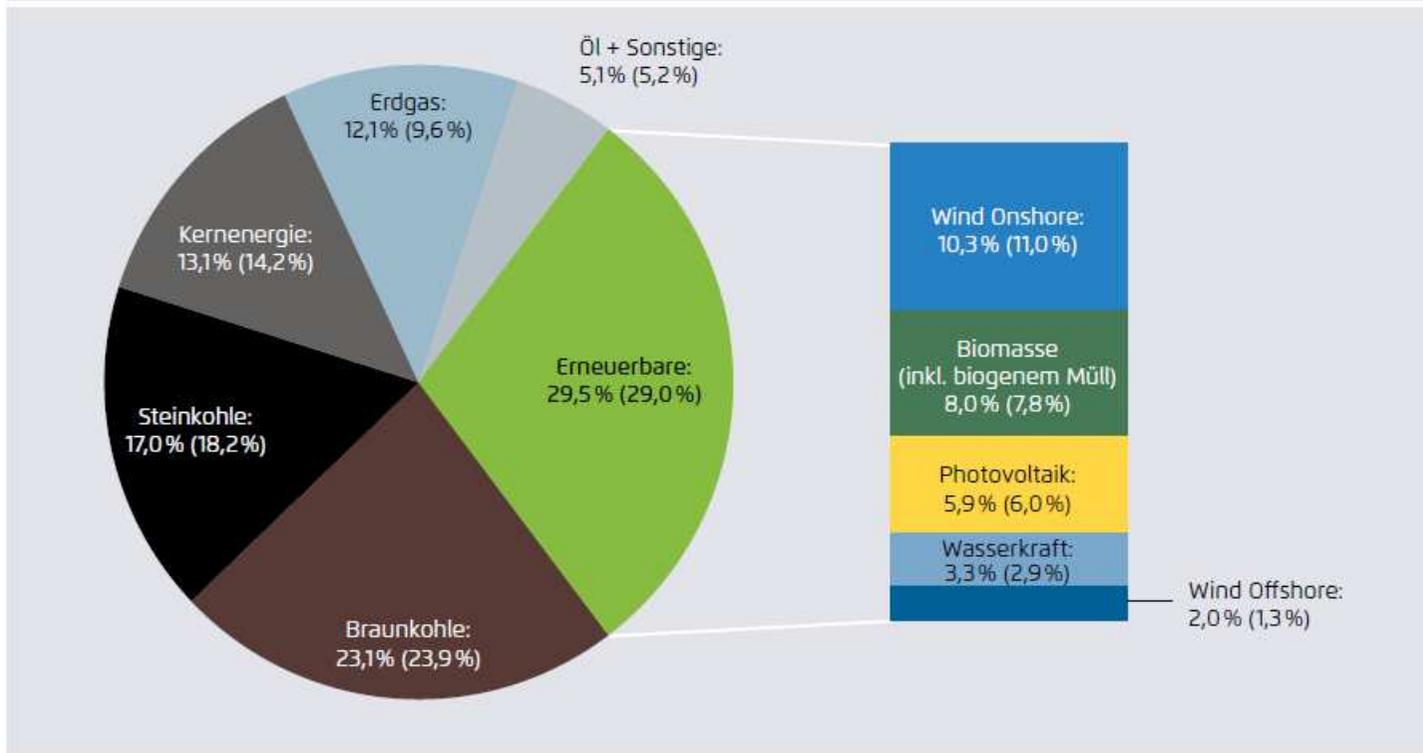


Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie auf Basis AGEE-Stat, Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Stand: 12/2016

3. Aktuelle Rolle der Windenergie in Deutschland

Erneuerbare Energien etablieren sich als stärkster Stromproduzent:
Strommix des Jahres 2016 (Werte für 2015 in Klammern)

Abbildung 1



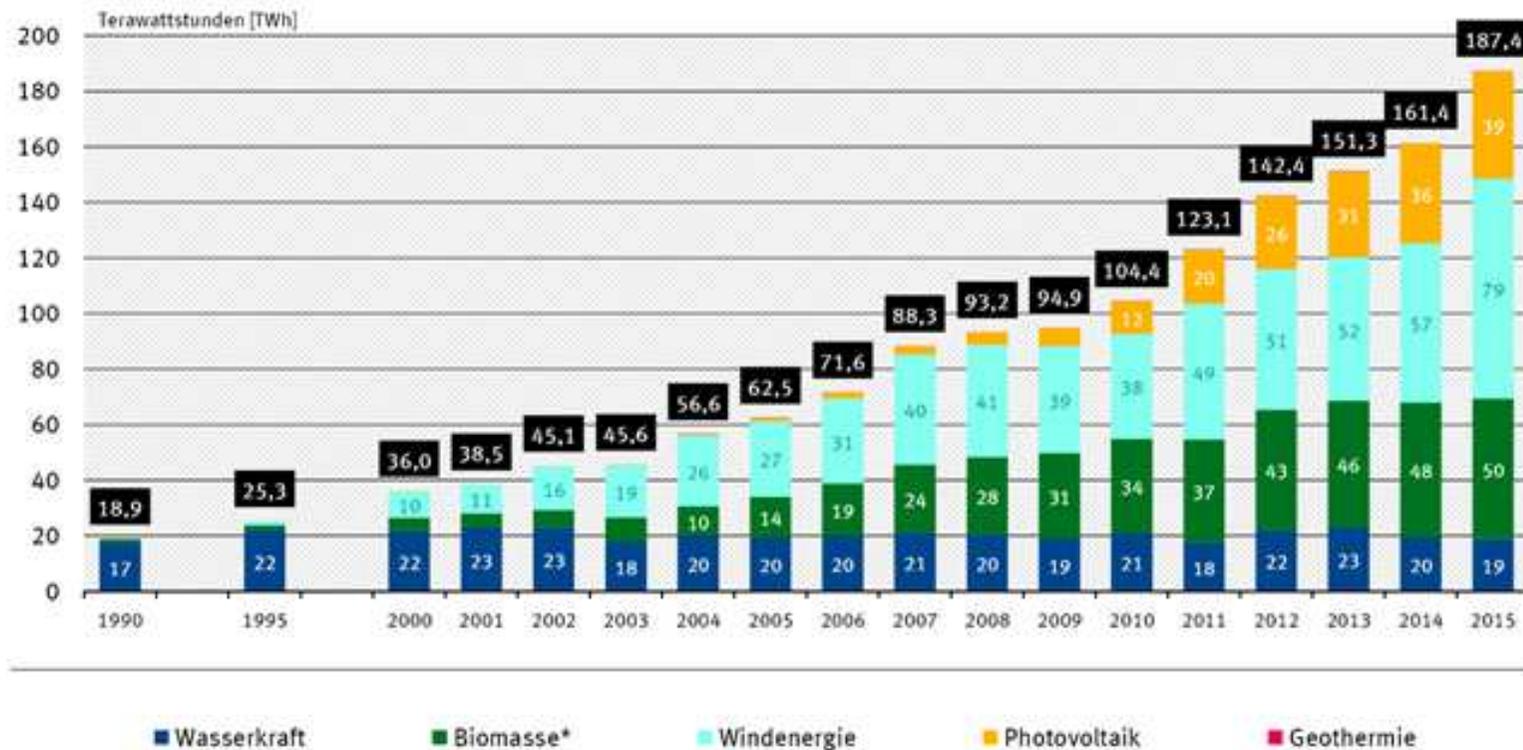
AG Energiebilanzen 2016a

Quelle: Agora 2017

3. Aktuelle Rolle der Windenergie in Deutschland

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland

Entwicklung von 1990 bis 2015

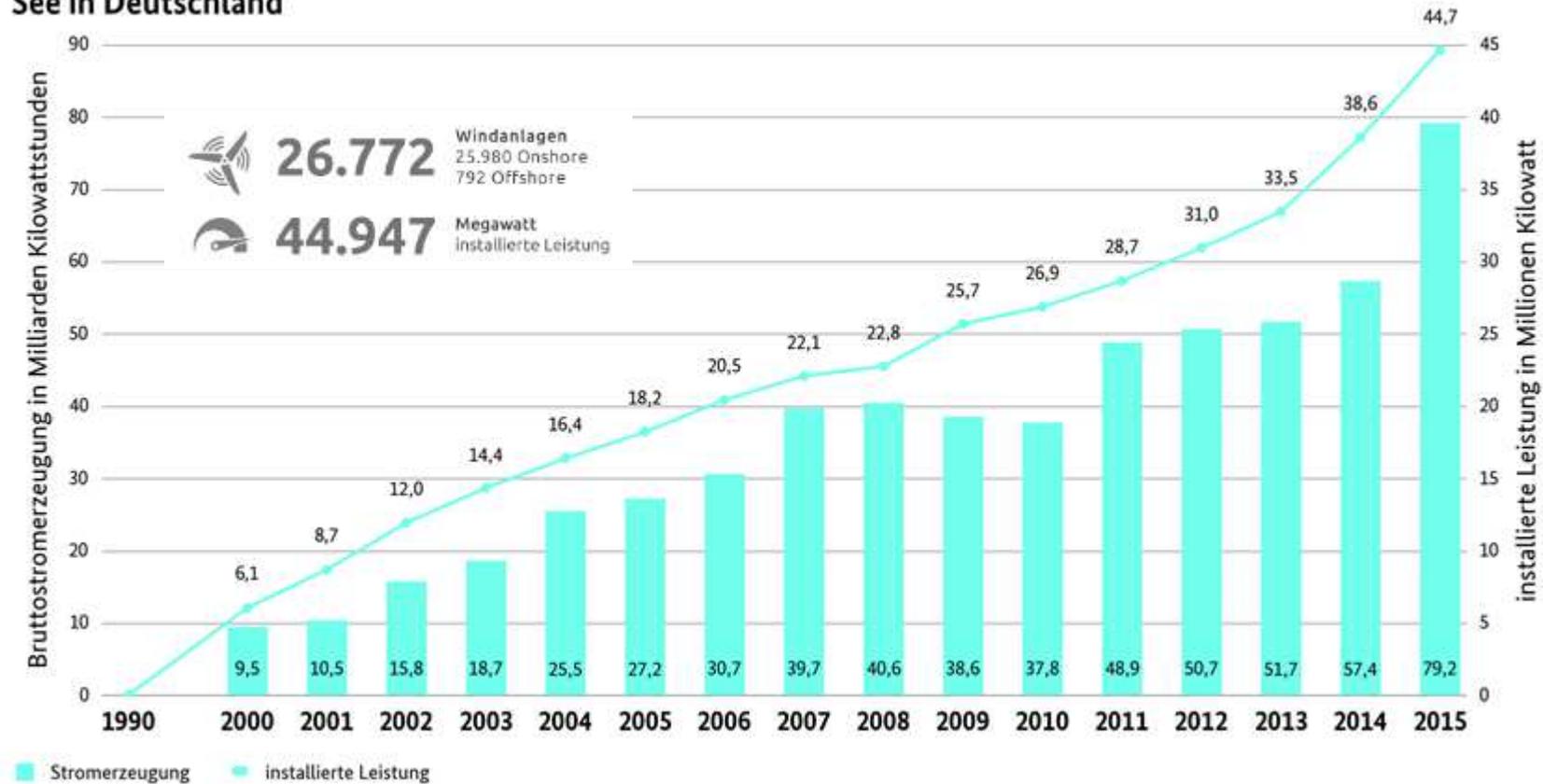


* inkl. feste und flüssige Biomasse, Biogas inkl. Biomethan, Deponie- und Klärgas und dem biogenen Anteil des Abfalls, ab 2010 inkl. Klärschlamm

Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie auf Basis AGEE-Stat, Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Stand: 12/2016

3. Aktuelle Rolle der Windenergie in Deutschland

Entwicklung der Stromerzeugung und der installierten Leistung von Windenergieanlagen an Land und auf See in Deutschland

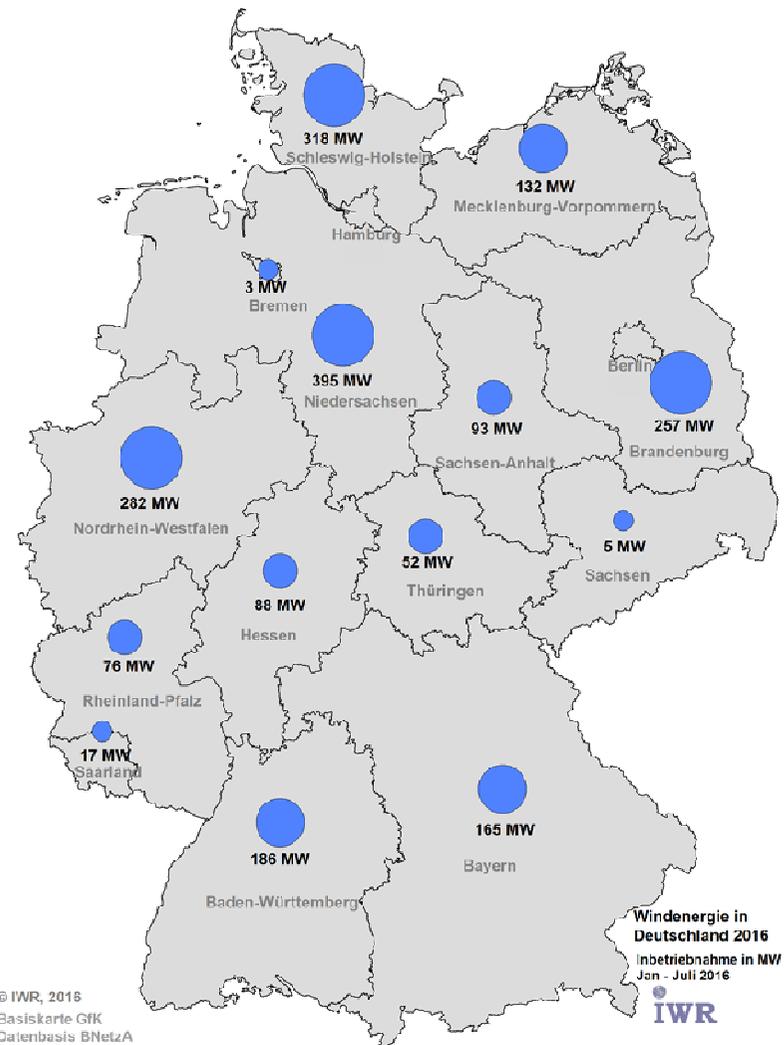


BMWi auf Basis Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat); Stand: Dezember 2016; Angaben vorläufig

3. Aktuelle Rolle der Windenergie in Deutschland hier: nach Bundesländern

Region/ Bundesland		Kumulierte Leistung [MW] Status: 31.12.2015	Kumulierte Anzahl Status: 31.12.2015
Norden	Niedersachsen	8.602,45	5.713
	Schleswig-Holstein	5.896,57	3.435
	Mecklenburg-Vorpommern	2.884,32	1.788
	Bremen	170,81	84
	Hamburg	62,09	53
Mitte	Brandenburg	5.849,56	3.463
	Sachsen-Anhalt	4.598,64	2.697
	Nordrhein-Westfalen	4.080,32	3.172
	Hessen	1.386,52	886
	Thüringen	1.199,99	749
	Sachsen	1.132,10	880
	Berlin	9,00	4
Süden	Rheinland-Pfalz	2.925,73	1.535
	Bayern	1.892,77	937
	Baden-Württemberg	693,95	448
	Saarland	266,70	136
Gesamt		41.651,50	25.980

Quelle: Deutsche Windguard 2016



Quelle: IWR 2016

4. Zur künftigen Rolle der Windenergie in Deutschland

4. Zur künftigen Rolle der Windenergie in Deutschland

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.

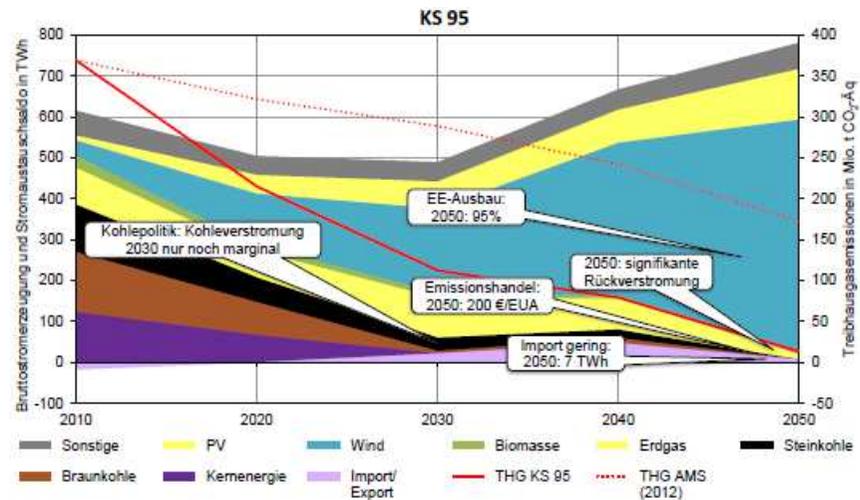
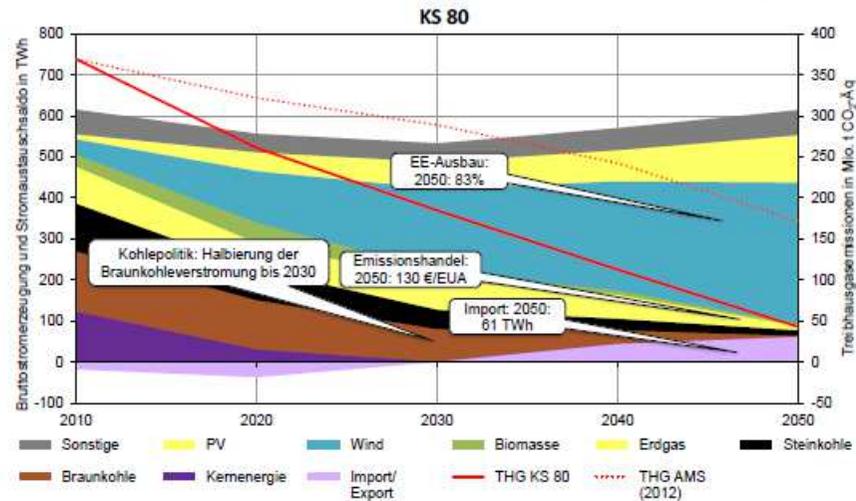
4. Zur künftigen Rolle der Windenergie in Deutschland

1. Dem Netzentwicklungsplan 2017-2030 und dem Offshore-Netzentwicklungsplan 2017-2030 sind folgende Szenarien der energiewirtschaftlichen Entwicklung zu Grunde zu legen:

Energieträger	Installierte Leistung [GW]				
	Referenz 2015	Szenario A 2030	Szenario B 2030	Szenario B 2035	Szenario C 2030
Kernenergie	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Braunkohle	21,1	11,5	9,5	9,3	9,3
Steinkohle	28,6	21,7	14,8	10,8	10,8
Erdgas	30,3	30,5	37,8	41,5	37,8
Öl	4,2	1,2	1,2	0,9	0,9
Pumpspeicher	9,4	11,9	11,9	13,0	11,9
sonstige konv. Erzeugung	2,3	1,8	1,8	1,8	1,8
Kapazitätsreserve	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Summe konv. Erzeugung	106,9 ¹⁾	80,6	79,0	79,3	74,5
Wind Onshore	41,2	54,2	58,5	61,6	62,1
Wind Offshore	3,4	14,3	15,0	19,0	15,0
Photovoltaik	39,3	58,7	66,3	75,3	76,8
Biomasse	7,0	5,5	6,2	6,0	7,0
Wasserkraft	5,6	4,8	5,6	5,6	6,2
sonstige reg. Erzeugung	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Summe reg. Erzeugung	97,8	138,8	152,9	168,8	168,4
Summe Erzeugung	204,7	219,4	231,9	248,1	242,9

4. Zur künftigen Rolle der Windenergie in Deutschland

Abbildung 4-2: Stromerzeugung und Stromimport im KS 80 und KS 95, 2010-2050



Öko-Institut / Fraunhofer ISI

Klimaschutzszenario 2050 – 2. Runde

2015

4. Zur künftigen Rolle der Windenergie in Deutschland

ERMITTLUNG DES TECHNISCH- ÖKOLOGISCHEN POTENZIALS

- Verwendung aktueller digitaler Geodaten
- Festlegung von Mindestabständen zu unterschiedlichen Flächen (Siedlungen, Infrastruktur, Schutzgebiete)
- Berechnung des Leistungs- und Ertragspotenzials auf Grundlage der besten verfügbaren Anlagentechnik

ERGEBNISSE

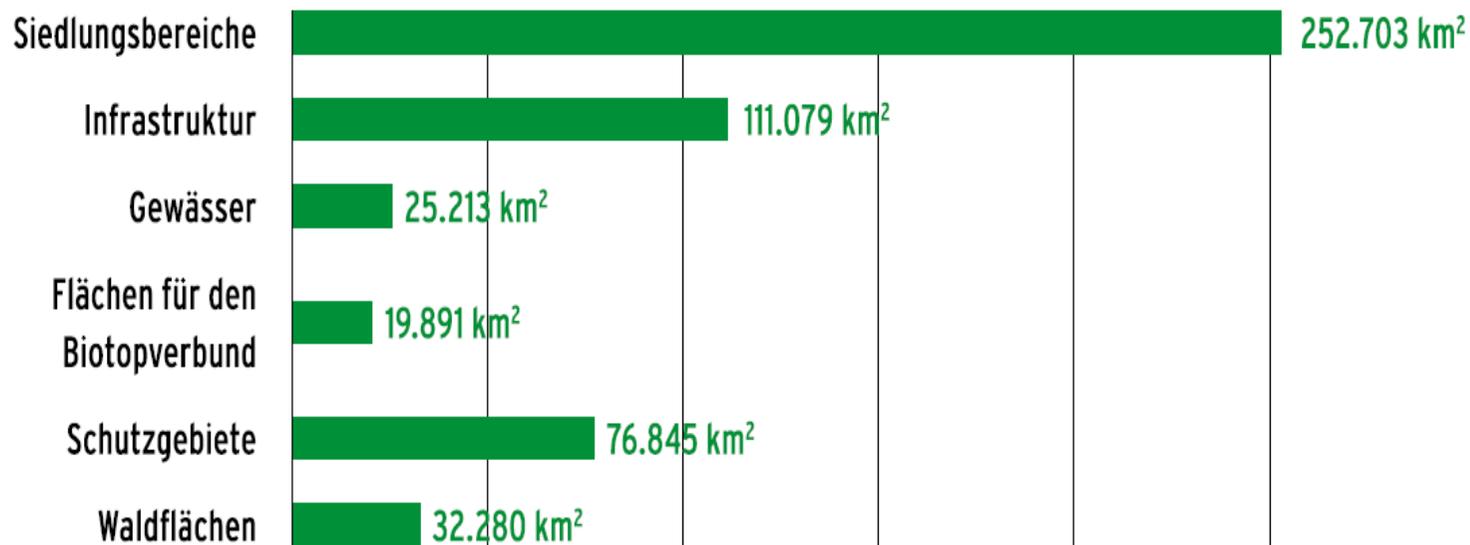
- Flächenpotenzial: **49.000 km²** (13,8 % der gesamten Bundesfläche)
- Leistungspotenzial: **1.200 GW**

...**ABER:**



4. Zur künftigen Rolle der Windenergie in Deutschland Ausschlusswirkung unterschiedlicher Flächentypen

- Siedlungsflächen inkl. der erforderlichen Abstände machen den Großteil der Ausschlussfläche aus
- Der Abstand zwischen Windenergieanlagen und Wohnbauflächen ist damit ein zentraler Einflussfaktor für die Höhe des Flächenpotenzials



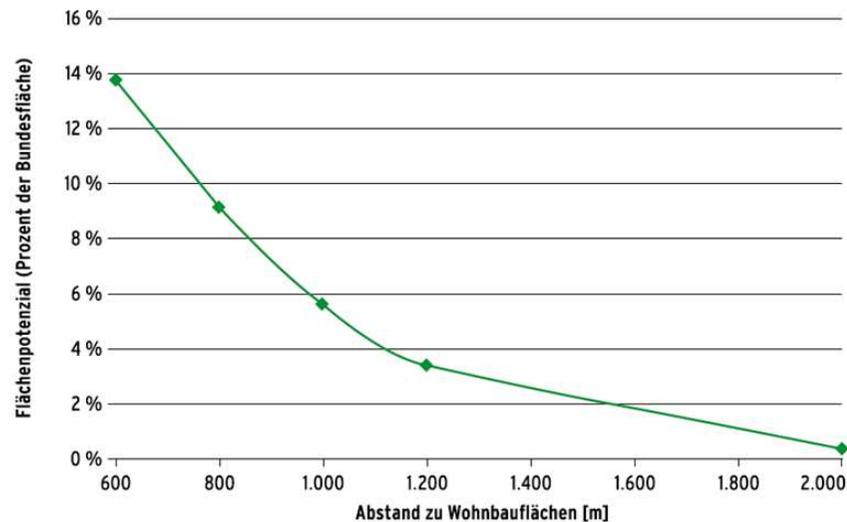
4. Zur künftigen Rolle der Windenergie in Deutschland Planungsgrundlagen und Genehmigungsprozess

GRUNDSÄTZE DER PLANUNG:

- Windenergieanlagen sind im Außenbereich von Siedlungen privilegiert
- Rechtsprechung verlangt, dass der Windenergie „substanziell Raum“ verschafft wird
- Lenkung des Windenergieausbaus durch Ausweisung von Konzentrationszonen möglich

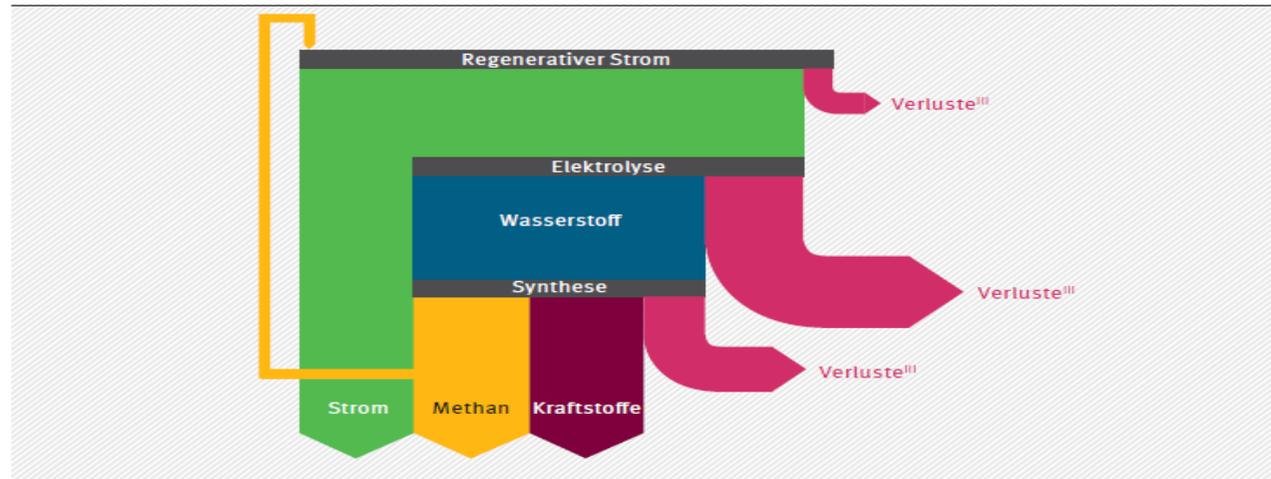
GENEHMIGUNG VON WINDENERGIEANLAGEN

- Anlagen > 50 m Nabenhöhe: Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)
- Ggf. Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)



4. Zur künftigen Rolle der Windenergie in Deutschland Treibhausgasneutrales Deutschland

Qualitative Darstellung des Energieflusses im UBA THGN D 2050 Szenario^{I,II}



I Inklusive des Bedarfs an regenerativen Einsatzstoffen für die chemische Industrie.
 II Die Darstellungen der Energieströme sind proportional zu den notwendigen Energieströmen.
 III einschließlich Leitungsverluste, der Verluste aus der Methan-Rückverstromung und der Verluste der Biomassennutzung und Strombereitstellung)

Quelle: Umweltbundesamt, 2013



**Basis: rund 3.000 TWh
Nettostromerzeugung**

Tabelle B-14: Gesamter Endenergieverbrauch im UBA THGND 2050 – Szenario

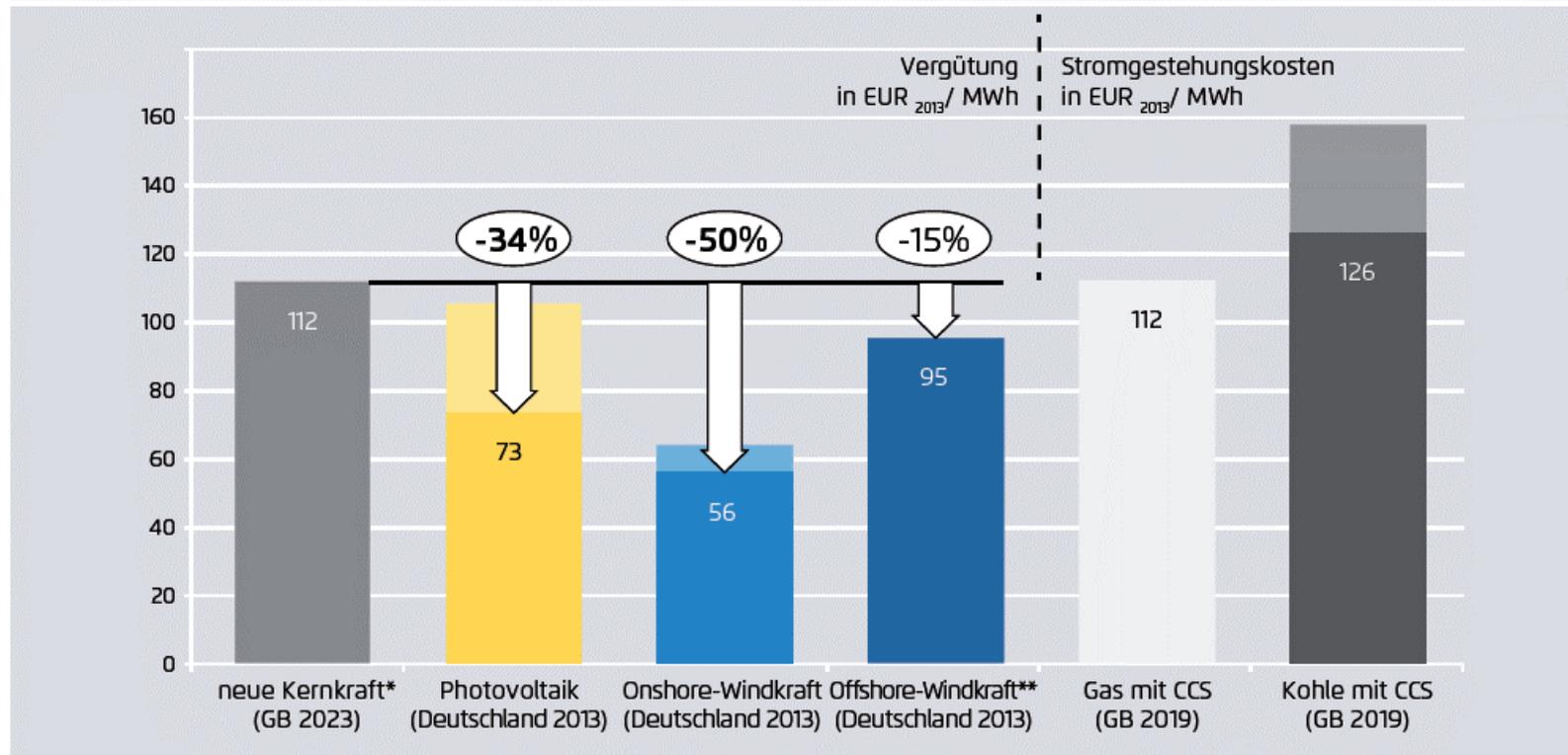
	Strom in TWh	regeneratives Methan in TWh	flüssige regenerative Kraftstoffe in TWh
private Haushalte	104,7	44,5	0
GHD	90,3	62,4	18,6
Industrie ^{LXXXIX, XC}	179,7	198,8	0
Verkehr	91,1	0	533,3
Summe energetisch	465,8	305,7	551,9
		1323,4	
Industrie stofflich		282	
Summe energetisch und stofflich		1605,4	

5. Faktenchecks

5. Windenergie ist zu teuer (1)

Vergleich der durchschnittlichen Vergütung für neue Kernkraft, Photovoltaik und Windkraft sowie Stromgestehungskosten bei Gas- und Kohlekraftwerken mit CCS

Abbildung 4



DECC 2013; EZB 2014a; EEG 2012; Prognos AG 2013; UK Government 2013a; Berechnungen: Prognos AG * gemäß Vereinbarung zu Hinkley Point C ** Offshore-Windkraft 2013 ohne Netzanschlusskosten. Diese Kosten werden in Deutschland nicht mit der Vergütung abgegolten. Ihre Höhe wird, je nach Entfernung zur Küste, auf zwischen 25 und 35 Euro pro Megawattstunde geschätzt.

An guten Standorten ist die Windenergie im Vergleich die kostengünstigste aller Stromerzeugungsoptionen.

Quelle: Agora 2015

5. Windenergie ist zu teuer (2)

Weltweit sinken die Kosten für Strom aus Wind und Sonne auf Rekordwerte:
Ausschreibungsergebnisse für Wind- und Solarenergie 2016

Abbildung 40

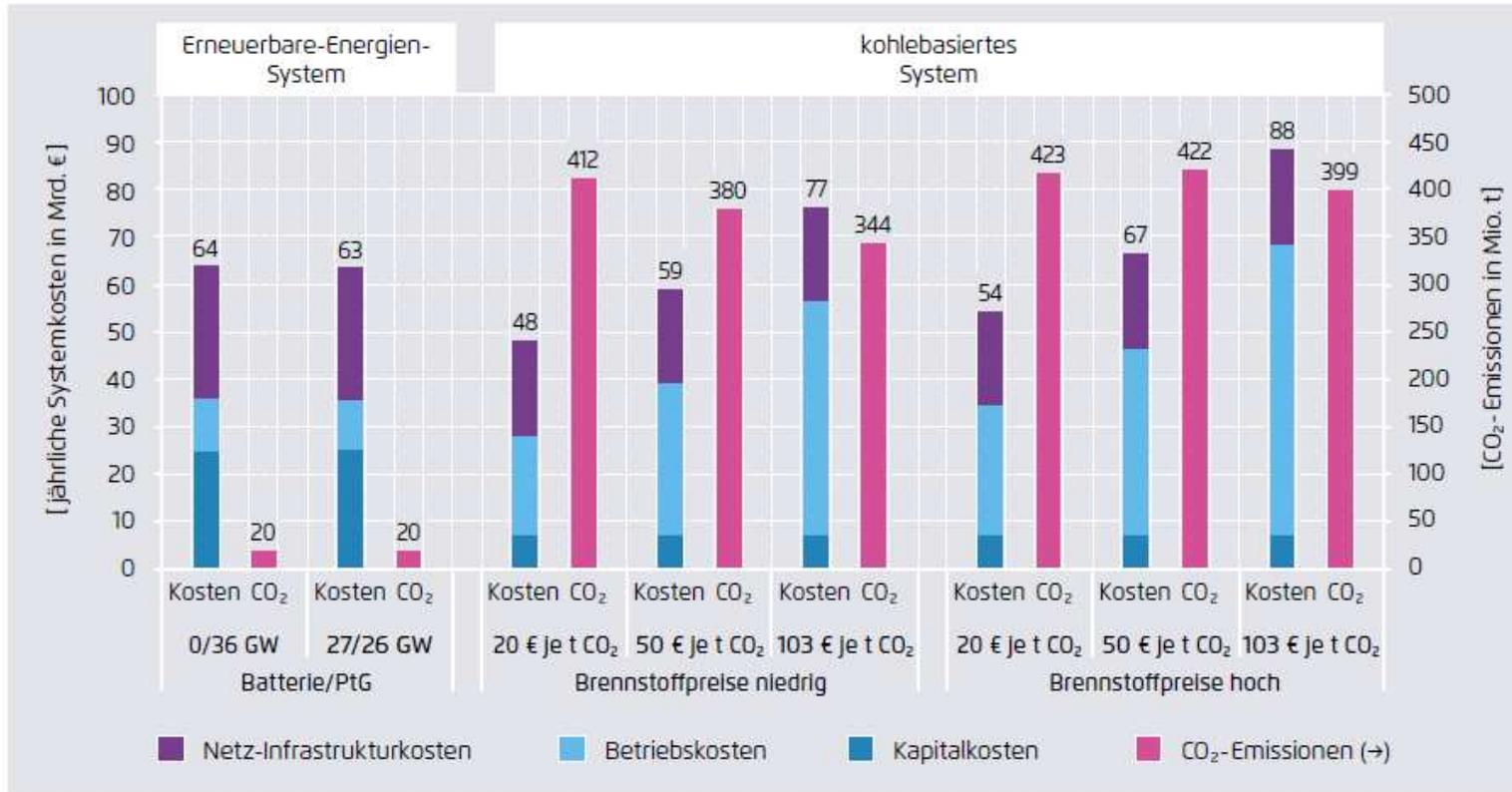


Quelle: Agora 2017

5. Windenergie ist zu teuer (3)

Vergleich der gesamten Systemkosten eines Erneuerbaren- und eines kohlebasierten Stromsystems, 2050

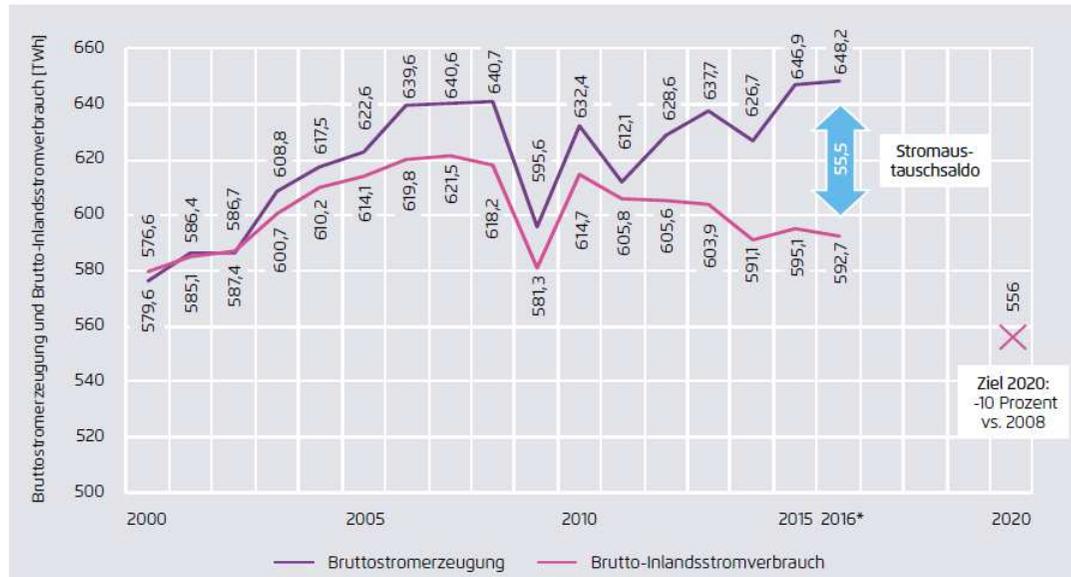
Abbildung 4-10



Bei einem Systemvergleich sind die Annahmen über die Entwicklung der Brennstoff- und der CO₂-Preise entscheidend.

: Agora 2017

5. Windstrom wird ins Ausland verschenkt

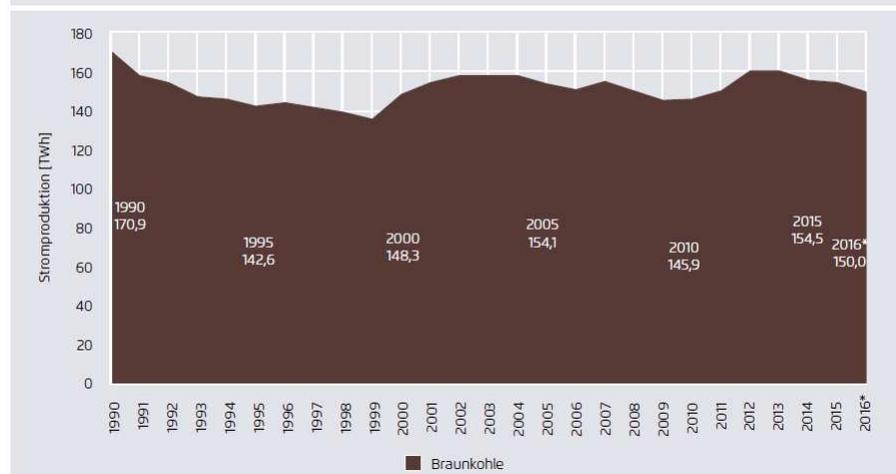


Windstrom wird nicht ins Ausland verschenkt, sondern wg. Einspeisevorrang im Inland genutzt. Der Export von billigem Kohlestrom aus alten abgeschriebenen Kraftwerken hingegen hat spürbar zugenommen.

Quelle: Agora 2017

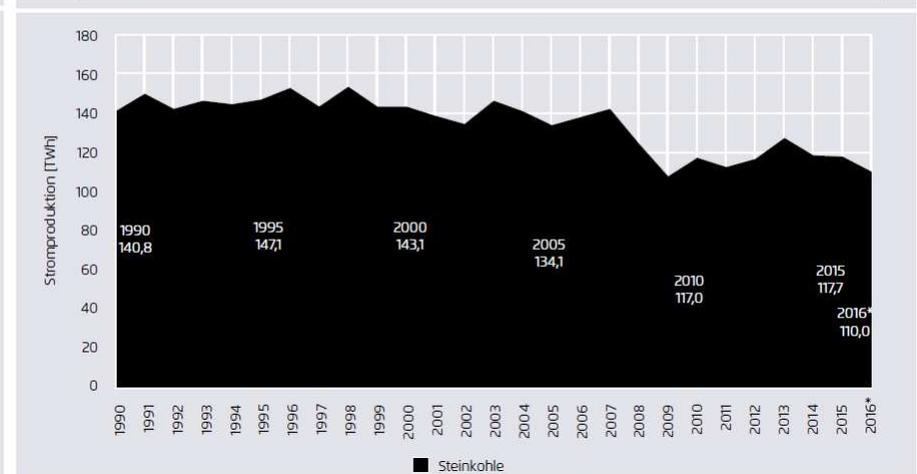
Braunkohleverstromung geht auf hohem Niveau langsam zurück: Stromproduktion aus Braunkohlekraftwerken 1990–2016

Abbildung 12



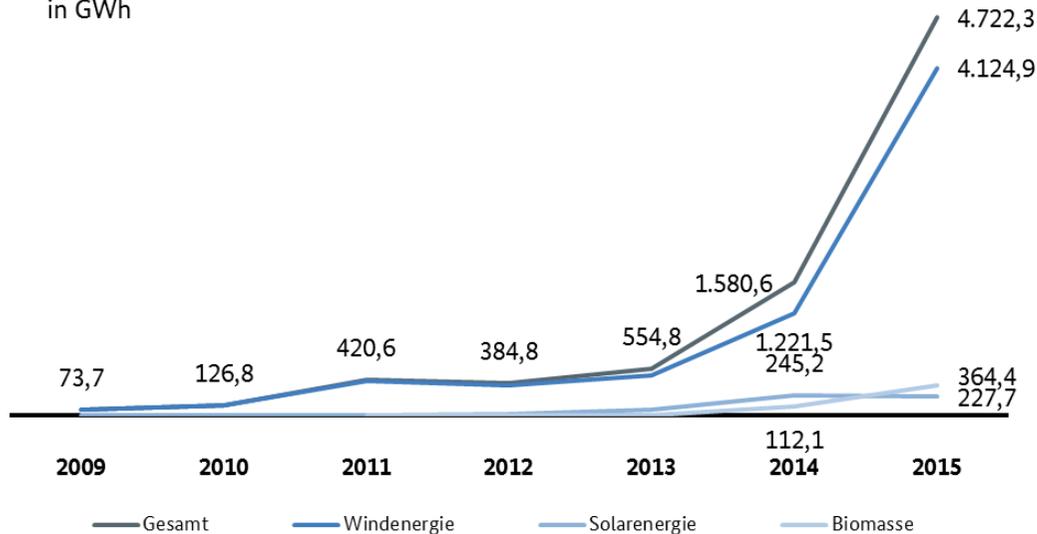
Steinkohleverstromung geht immer weiter zurück: Stromproduktion aus Steinkohlekraftwerken 1990–2016

Abbildung 11



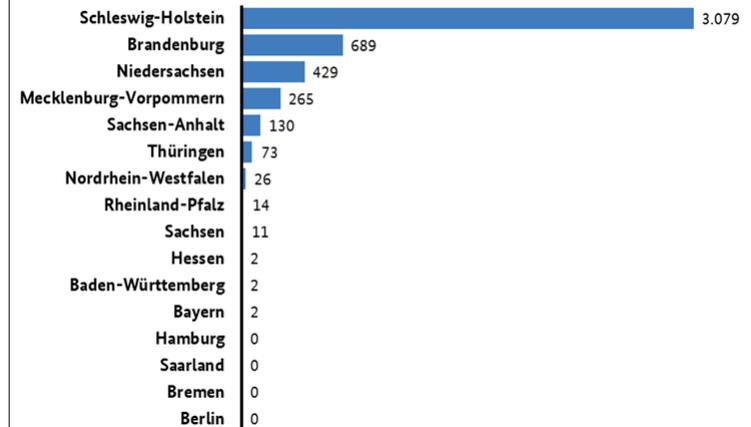
5. Windenergiestrom wird heute schon nicht benötigt und daher aberegelt

Ausfallarbeit verursacht durch EinsMan-Maßnahmen
in GWh



Quelle: Monitoringbericht 2016, BNetzA

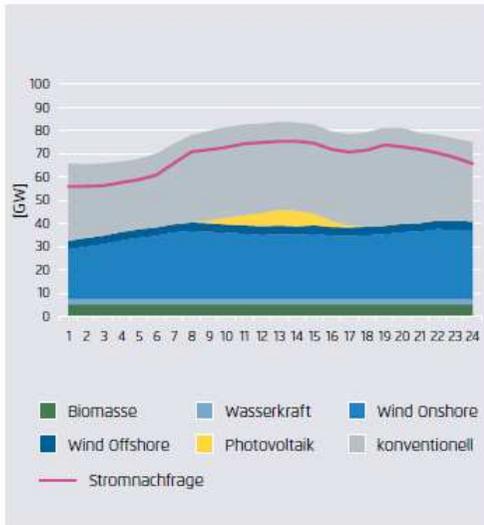
Regionale Verteilung der Ausfallarbeit im Jahr 2015
in GWh



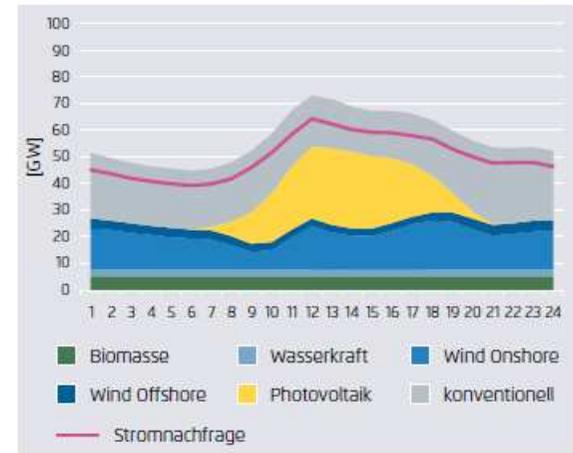
**Die Abregelung erfolgt ausschließlich aus Netz-, nicht aus
Bedarfsgründen. Zügiger Netzausbau und ein Abbau
fossiler Mindestherzeugung sind hier die primären
Lösungsansätze.**

5. Windenergiestrom wird heute schon nicht benötigt und daher abgeregelt

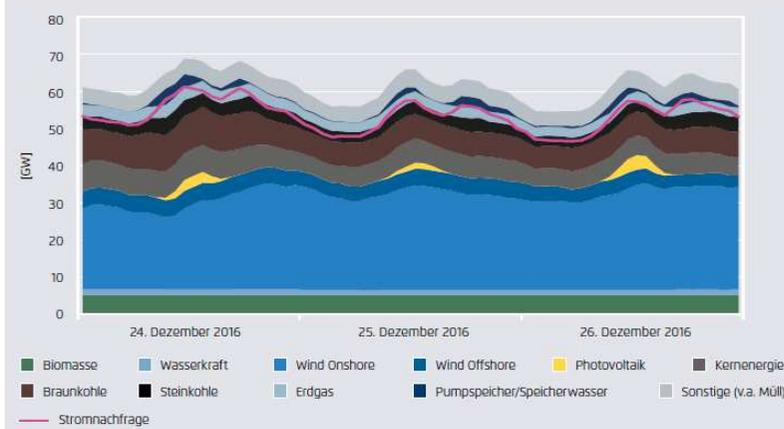
Maximale Windleistung mit 33,745 Gigawatt am 8. Februar 2016 Abbildung 34



Erneuerbare Energien deckten am 8. Mai 2016 bis zu 86,3 Prozent der Stromnachfrage Abbildung 32



Windenergie war zu Weihnachten die mit Abstand wichtigste Stromquelle: Stromproduktion an den Weihnachtstagen 24.-26. Dezember 2016 Abbildung 38



Quelle: Agora 2017

5. Windenergiestrom in Deutschland bringt europäisch nichts für den Klimaschutz

- Fakt: Es gibt ein europaweites CO₂-Budget für alle Anlagen, die dem europäischen Emissionshandel (ETS) unterliegen
- Durch den Emissionshandel sind alle Anlagenbetreiber in der Lage, ihre für den Betrieb der Anlagen notwendigen CO₂-Zertifikate zu kaufen.
- Wird in Deutschland durch die Windenergie fossiler Strom verdrängt und dadurch das nationale CO₂-Budget nicht ausgeschöpft, kann theoretisch im Ausland mehr CO₂ emittiert werden → Nullsummenspiel
- Aber:
 - Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist selbstverständlich bei der Festlegung des CO₂-Budgets berücksichtigt worden, wenngleich prognostiziert.
 - Auch bei künftigen Festlegungen wird der Zubau der erneuerbaren Energien bei der Festlegung des CO₂-Budgets berücksichtigt werden.
 - Künftige europäische CO₂-Reduktionsziele lassen sich kosteneffizient nur bei einem massiven Ausbau von Windenergie in Europa erreichen. Deutschland hat dazu beigetragen, dass Windenergie heute so kostengünstig ist.

Ausblick

- Windenergie stellt eine Hauptsäule für die Transformation zu einem klimaverträglichen Energiesystem dar.
- Windenergie ist aktuell die günstigste erneuerbare Energieoption.
- Es besteht noch viel Potenzial für den Ausbau der Windenergie an Land in Deutschland.
- Im Verbund mit der Solarenergie ist das Energiesystem dann versorgungssicher ausgestaltbar, wenn genügend Flexibilitäten zur Verfügung stehen. Bei einem hohen Anteil erneuerbarer Energien werden dies Speicher sein müssen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Prof. Dr. Uwe Leprich

Uwe.leprich@uba.de