



EIFER

EUROPÄISCHES INSTITUT FÜR ENERGIEFORSCHUNG
INSTITUT EUROPEEN DE RECHERCHE SUR L'ENERGIE
EUROPEAN INSTITUTE FOR ENERGY RESEARCH

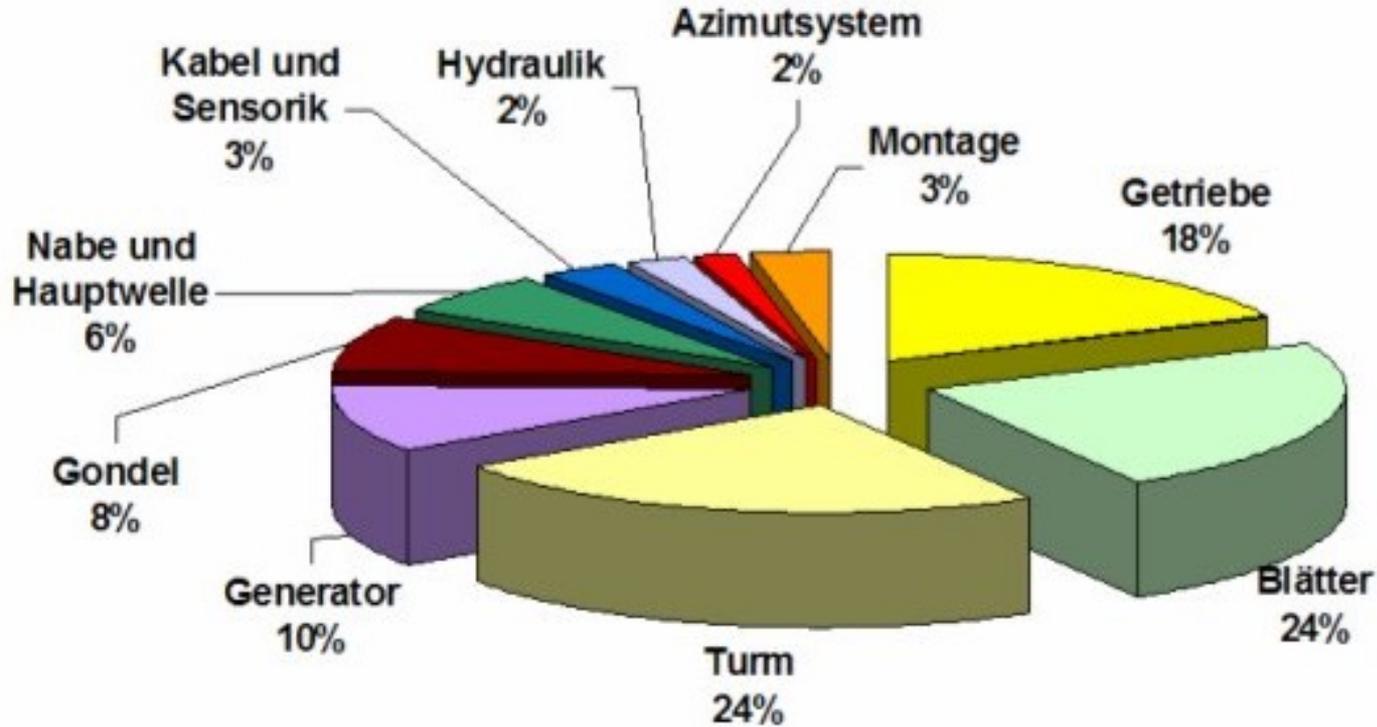
Wind Ökonomie

KIT



- Wind
- Investition
 - Projektentwicklung
 - Technische Investition
 - Finanzierung
- Betrieb
 - Betriebskosten
 - Kapitalkosten
- Leistung
 - Normierte Leistungskurve, Verfügbarkeit
 - Standorteinflüsse, Parkaufstellung
 - Verfügbarkeit, Netzleistungsfähigkeit

Kostenstruktur der WKA (ca. 800-1.000 €/kW)

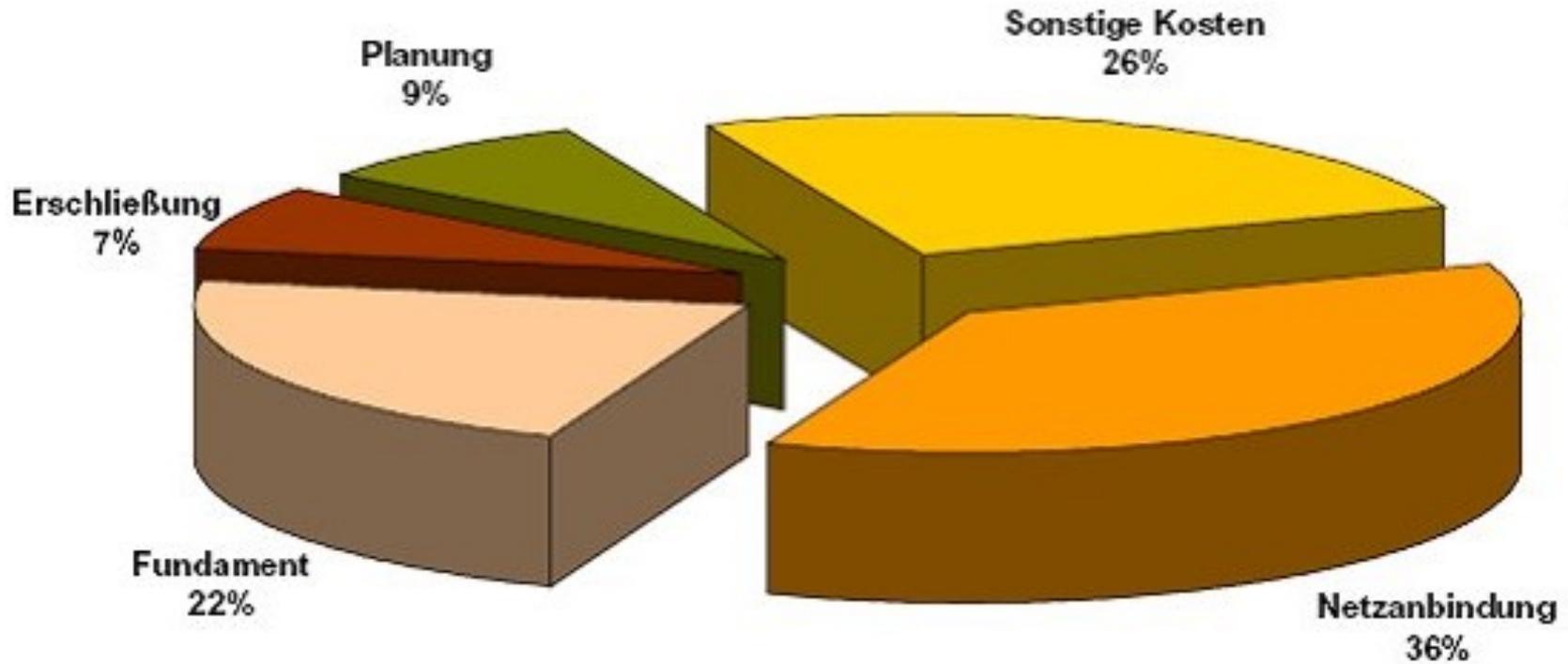


Kostenstruktur von 1,2 MW Windkraftanlagen. Quelle: DEWI

Preise pro kW sind fehlerhaft !

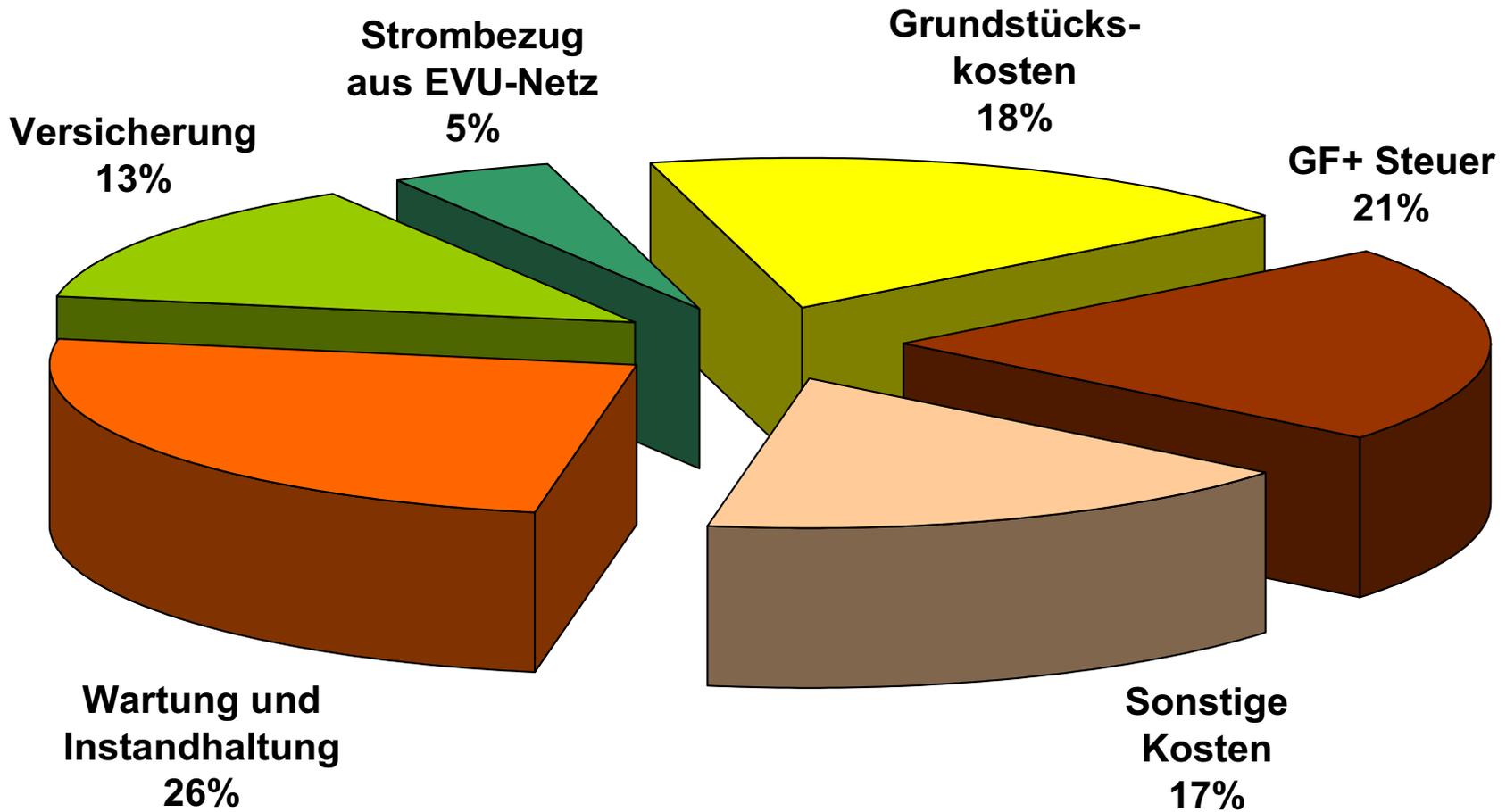
- **Zwei Anlagen**
 - Vestas V39, eine 600 kW-Anlage mit 39 m Rotordurchmesser
 - Vestas V47, eine 660 kW-Anlage mit 47 m Rotordurchmesser
- **V47 hat 45,2% mehr Ertrag als V39**
 - Preis +33%
 - Preis pro KW +21%
 - Preis pro m² -8,4%
 - Preis pro kWh -8,4%

Investitionsnebenkosten (30% Anlagenkosten)



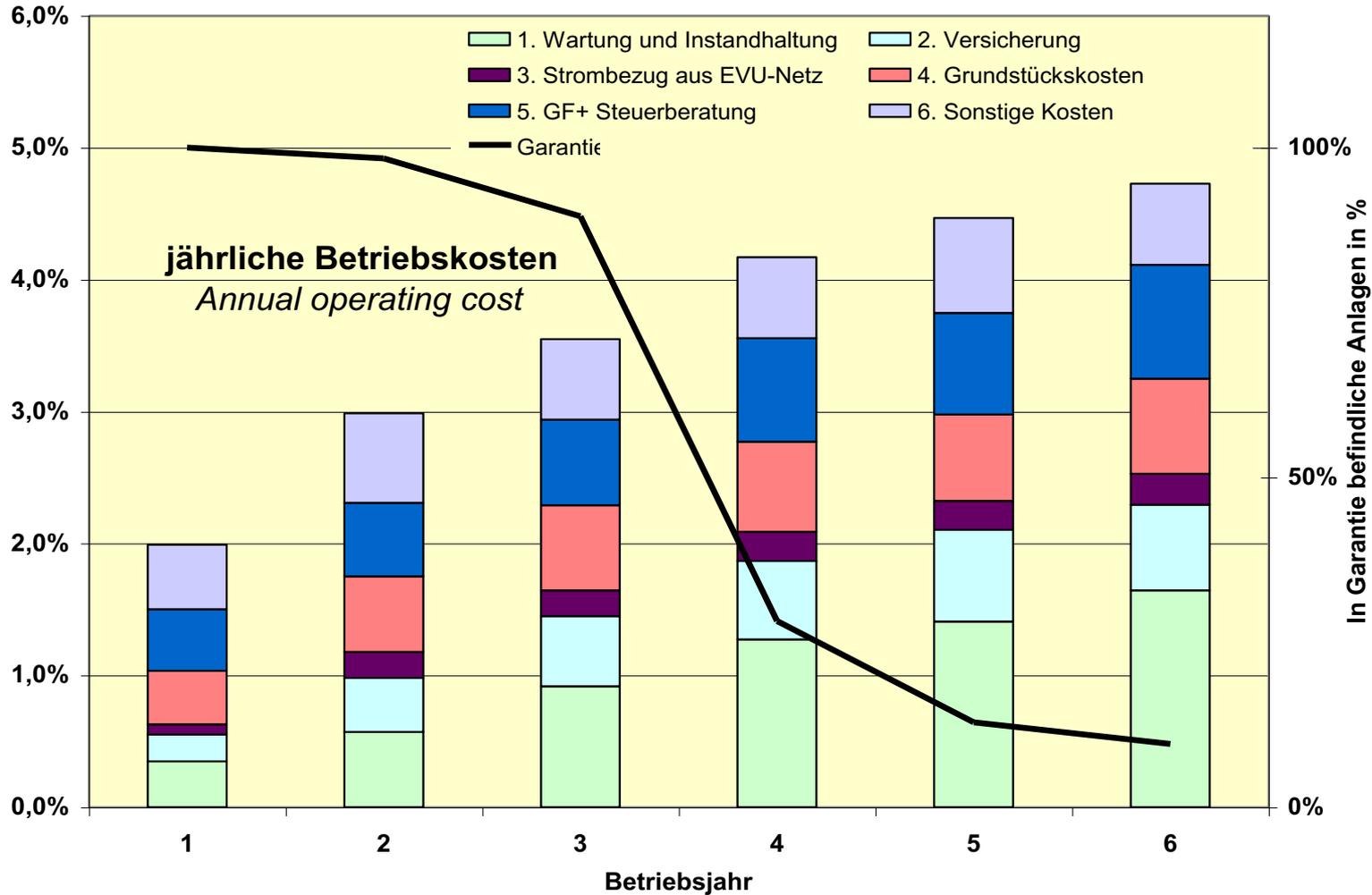
Investitionsnebenkosten über die Jahre 1994-2001. Quelle: DEWI

Betriebskosten



Jährliche Betriebskosten

Jährliche Betriebskosten in % des WEA-Preises



Gesamte Betriebskosten

- 1. Dekade: 4,8% der WEA-Investition = 24% der Einspeiseerlöse
- 2. Dekade: 6,6% der WEA-Investition = 33% der Einspeiseerlöse

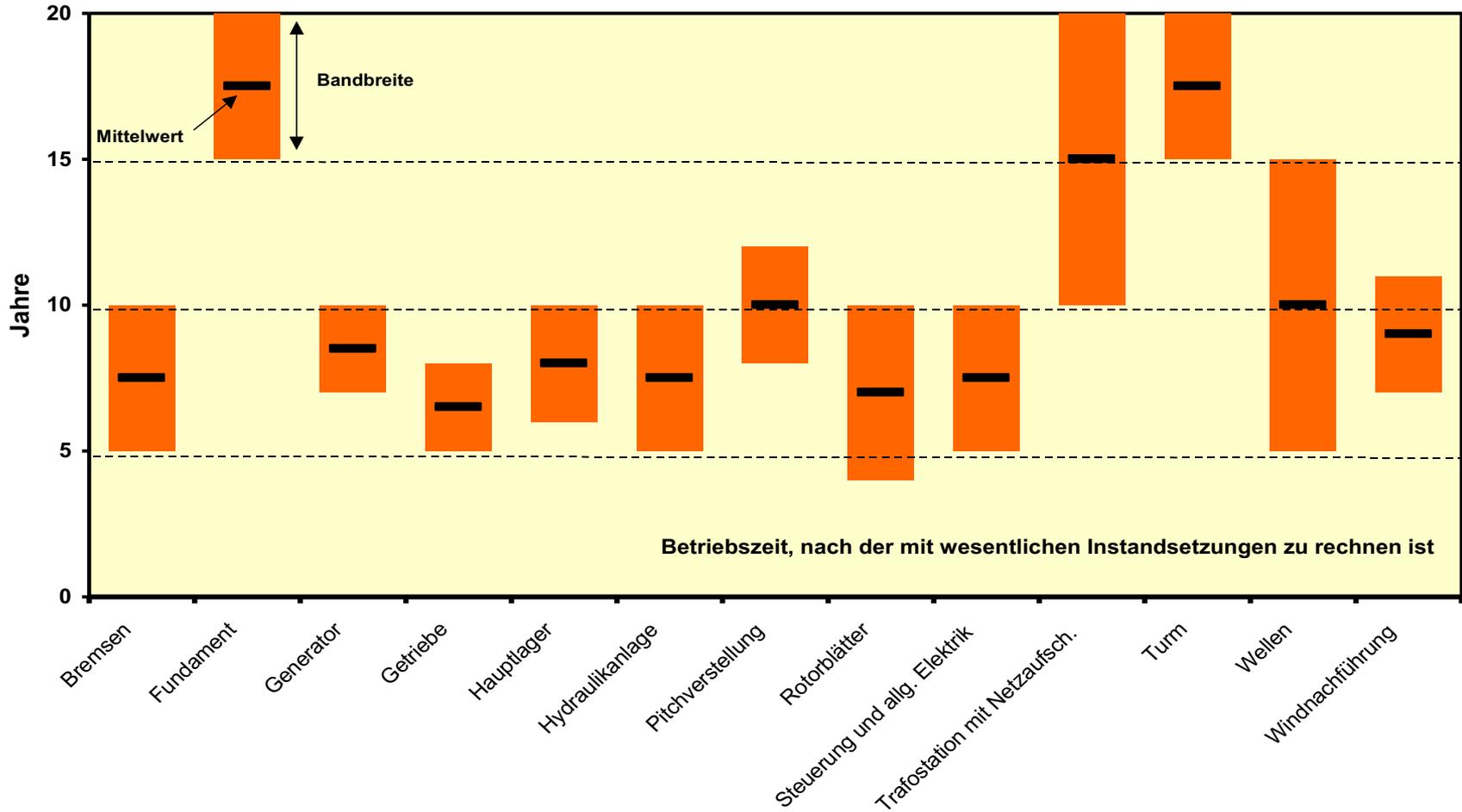
Davon Instandhaltung

- 1. Dekade: 1,8% der WEA-Investition = 9% der Einspeiseerlöse
- 2. Dekade: 3,6% der WEA-Investition = 18% der Einspeiseerlöse

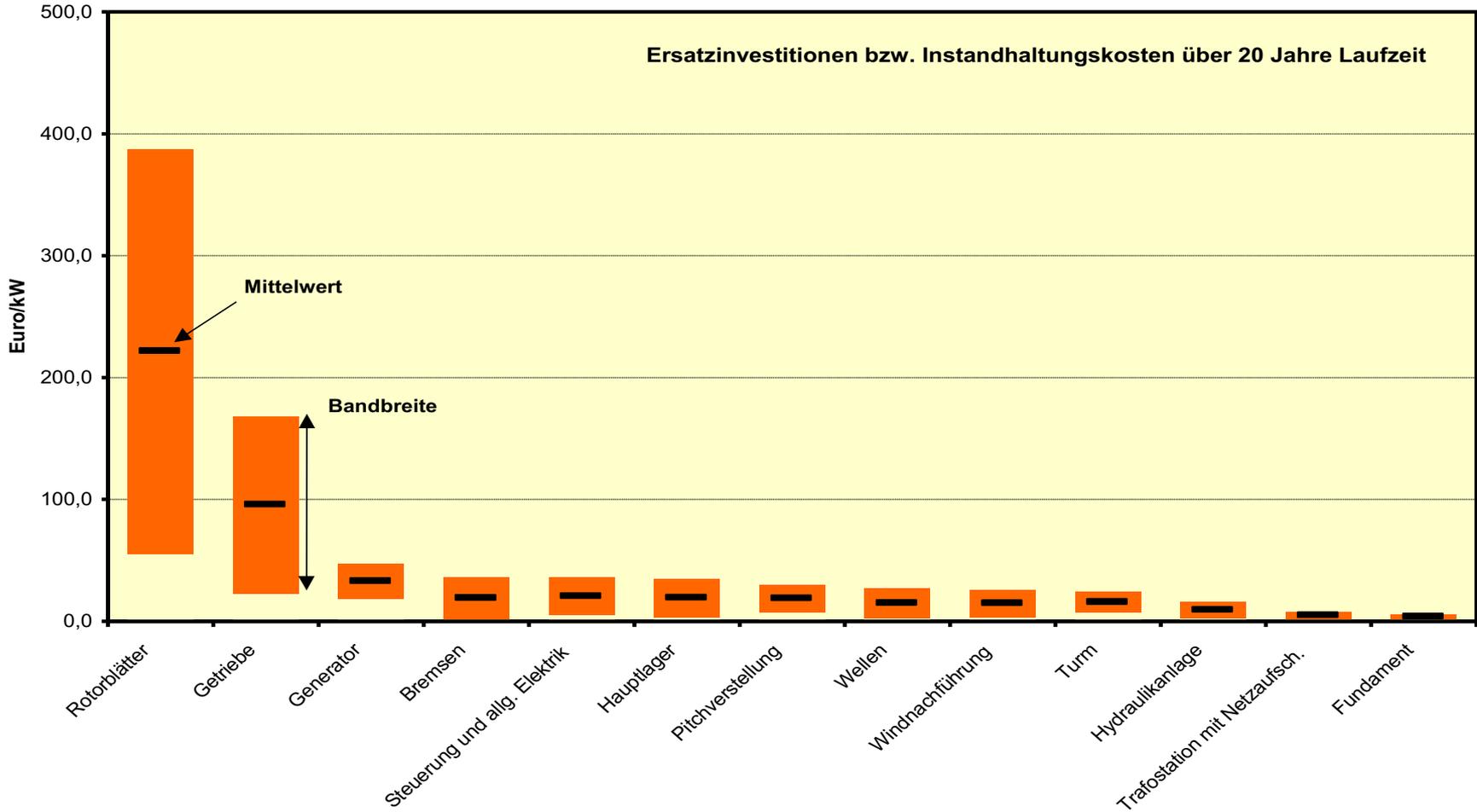
Annahmen:

- WEA-Investition: 895 €/kW
- Preissteigerung: 1%/a
- Ausnutzung 2.000 h/a
- Einspeisevergütung: 9 ct/kWh
- Ersatzinvestitionen: 54% der WEA-Investition (= 483 €/kW)

Häufigkeit von Instandsetzung



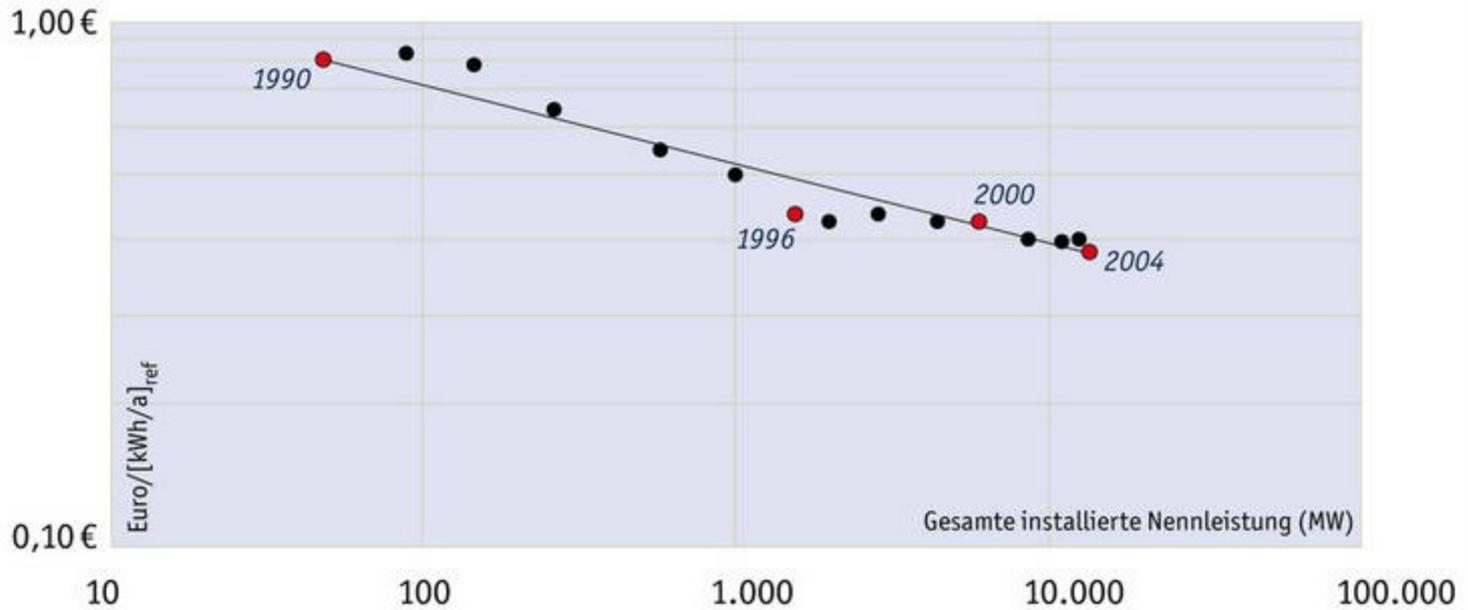
Ersatzinvestitionen



Windkraftanlagen werden immer günstiger

Lernkurve Windenergie.

WEA-Preis pro kWh Jahresenergieertrag (Referenzstandort)

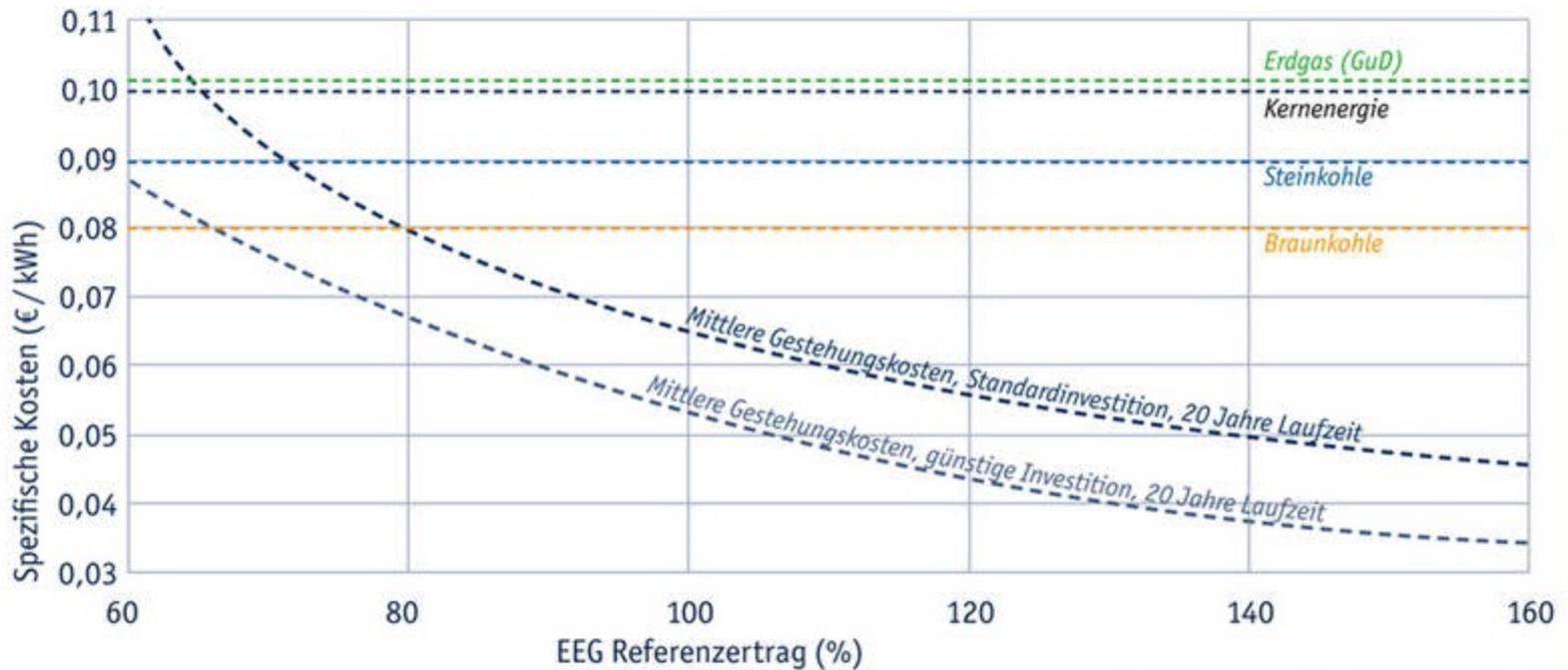


Grafik: Bundesverband WindEnergie e.V.
Quelle: ISET, 2005

- Definition laut EEG
 - 30 m Höhe
 - 5,5 m/s Windgeschwindigkeit im Jahresmittel.
- Beispiel mit typischer Windverteilung:
 - 1,5 MW
 - 100m Turmhöhe
 - 4,5 Mio. kWh

Gestehungskosten im Vergleich

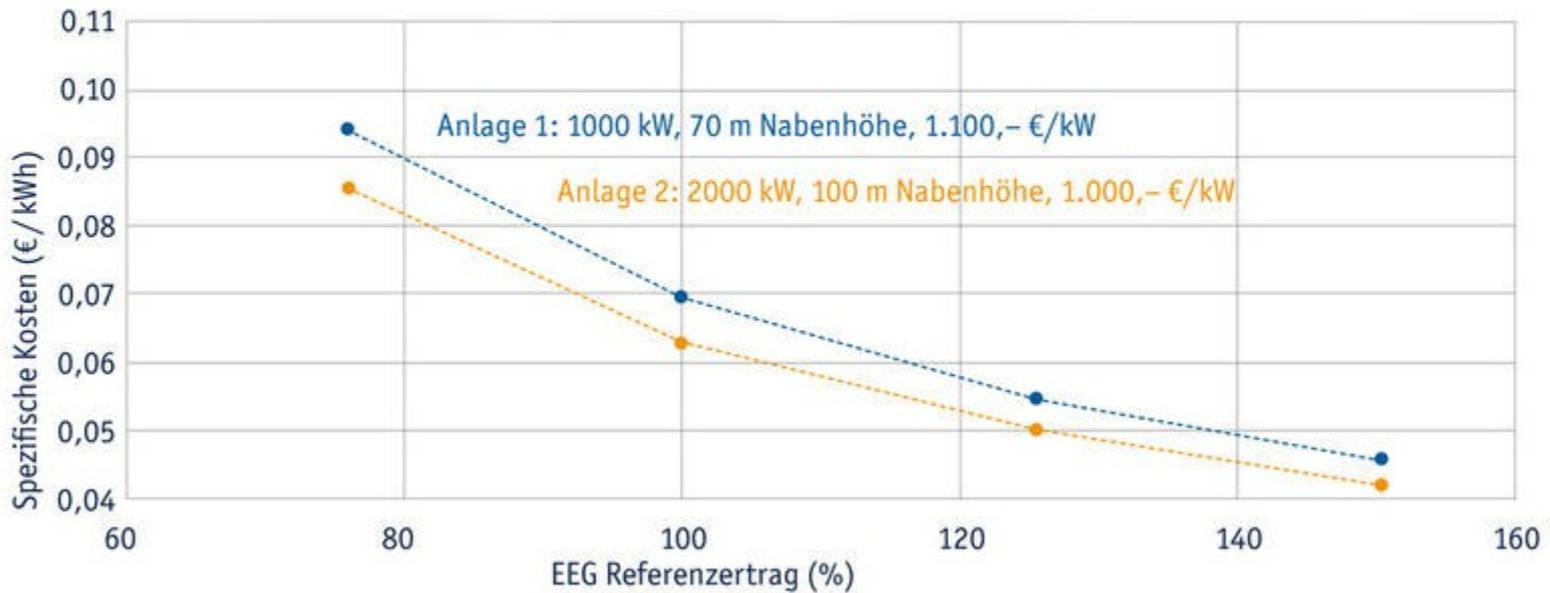
Windenergie auf dem Weg zur günstigsten Stromquelle



Grafik: Bundesverband WindEnergie e.V.
Quelle: ISET, 2005

Gestehungskosten im Vergleich

Vergleich der Stromgestehungskosten
für unterschiedliche Anlagengrößen



Grafik: Bundesverband WindEnergie e.V.
Quelle: BWE, ISET, 2005

Annuität

$$A = \frac{(1+p)^n \cdot p}{(1+p)^n - 1}$$

mit :

A = jährliche Kapitalkosten [%]

p = Realzins (inflationbereinigt) [%]

n = Kapitalrückführungsdauer [a]

n [a]	Zinssatz p [%]					
	3	4	5	6	7	8
5	21,840 %	22,460 %	23,100 %	23,740 %	24,390 %	25,050 %
10	11,720 %	12,330 %	12,950 %	13,590 %	14,240 %	14,900 %
15	8,337 %	8,994 %	9,634 %	10,300 %	10,980 %	11,680 %
20	6,722 %	7,358 %	8,024 %	8,719 %	9,439 %	10,190 %
25	5,743 %	6,401 %	7,095 %	7,823 %	8,581 %	9,368 %
30	5,102 %	5,783 %	6,505 %	7,265 %	8,059 %	8,883 %
35	4,654 %	5,358 %	6,107 %	6,897 %	7,723 %	8,580 %
40	4,326 %	5,052 %	5,828 %	6,646 %	7,501 %	8,386 %

0,04 – 0,13 €/kW

Auswirkungen EEG-Novelle und weiterer Aspekte auf Windenergieausbau

Vergütungshöhe für 2012 bleibt unverändert bei 8,93 Cent/kWh

Um ein Jahr verlängerter Systemdienstleistungsbonus (bis 31.12.2014)

Bonus für Repowering bleibt erhalten

Erhöhung der Degression von 1 % auf 1,5 % jährlich

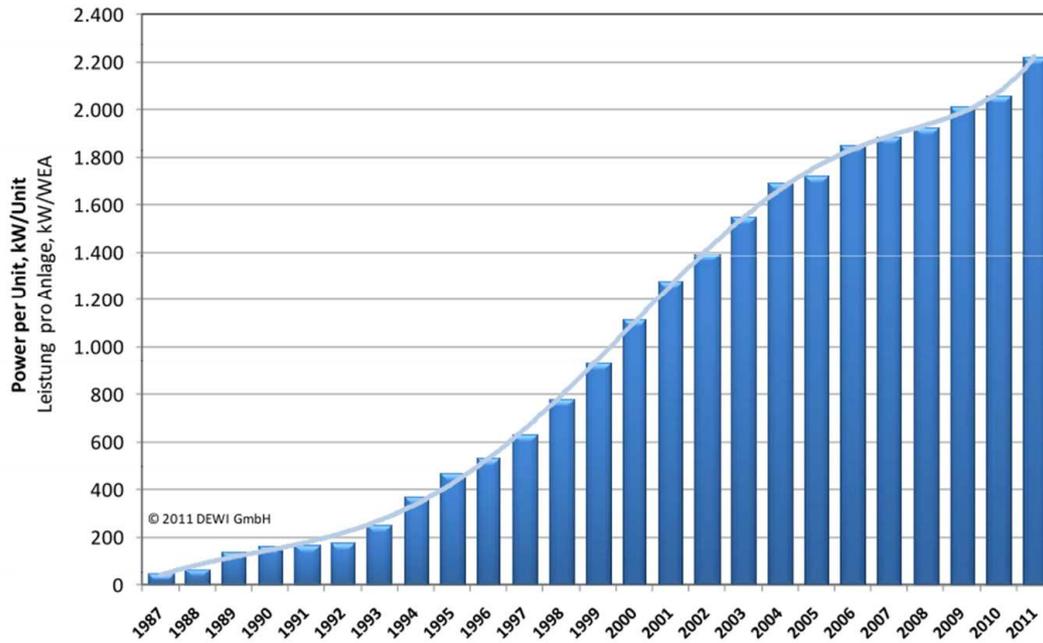
Verringerung baurechtlicher Hürden (Abstandsregelungen und Höhenbegrenzungen)

Ankündigung zügigerer Genehmigungsverfahren

Umfangreiche Ausweisungen neuer Windflächen

Ausbau der Windenergie

Durchschnittlich installierte Leistung pro WEA

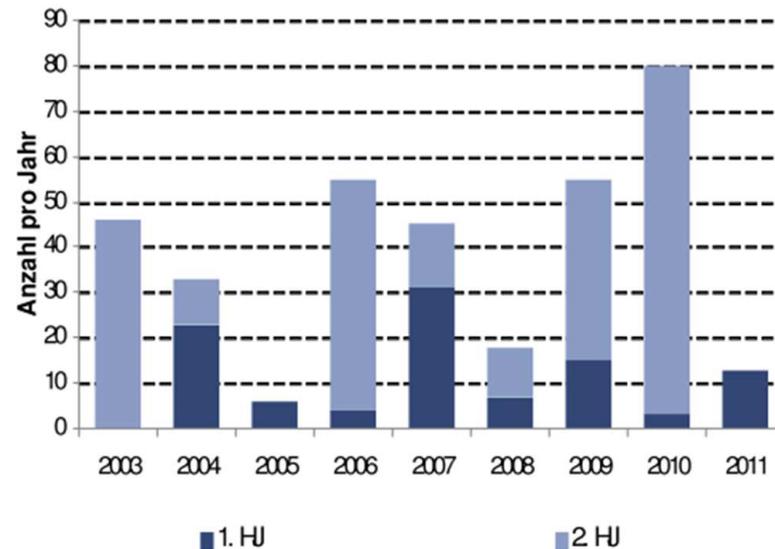


- » Anlagen werden:
 - » Höher
 - » Größer
 - » Leistungsstärker
 - » Besser integrierbar
- Aber auch:
 - » Leiser
 - » Langsamer
 - » Mit neuer Befeuerung nachts unsichtbar

Repowering: Alternative zur Neuplanung

- » Möglichkeit der Nutzung sehr guter Standorte
- » Erhöhung der Akzeptanz, da weniger und leisere Anlagen
- » Leistungsbegrenzung auf maximal 5-fache Leistung entfällt im EEG 2012
- » In Schleswig-Holstein ist Repowering auch außerhalb von Vorrangflächen möglich
- » Bisher sehr verhaltenes Repowering
2010: 6,9 MW
2011 1HJ: 42 MW aber 793 MW neu

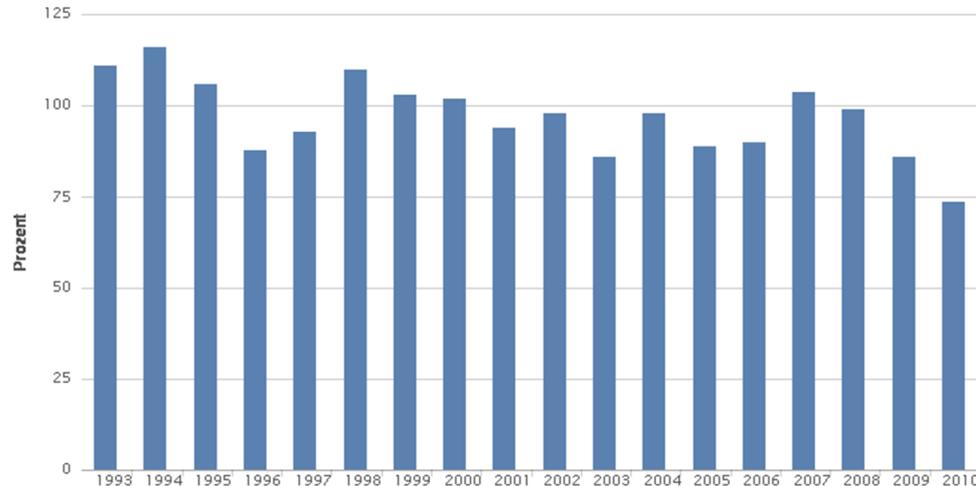
Anzahl repowerter Anlagen



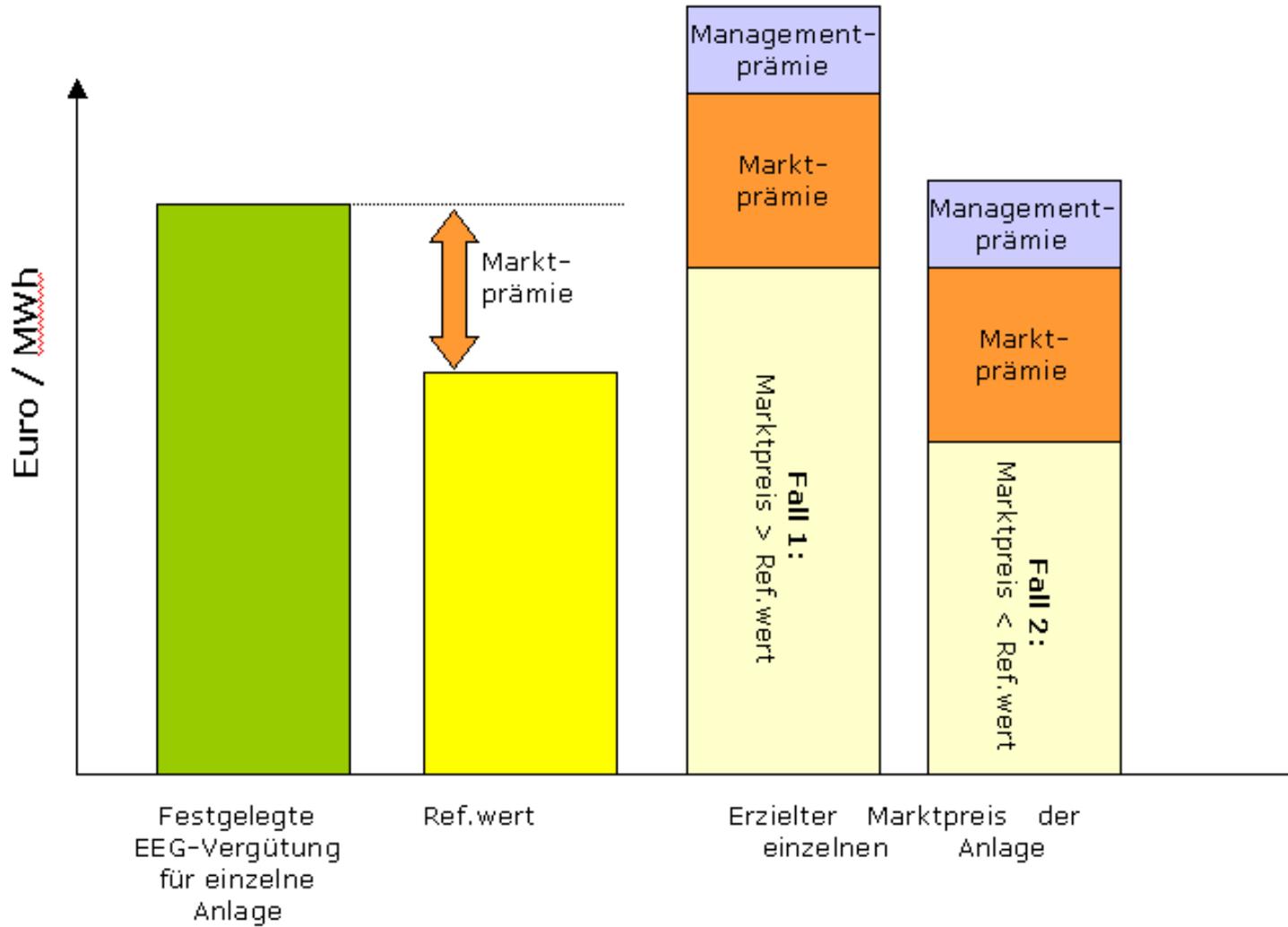
Einflussfaktoren Windenergienutzung

- » **Winddargebot**
- » **Förderung**
- » **Häufigkeit von Abregelungen bei Netzüberlastung**
- » **Ausgleichszahlungen**
- » **Strompreis**
- » **Regelung für Direktvermarktung**

Windjahr in Prozent zum langjährigen Mittel



- Differenz zwischen der für jede Energieform festgelegten Vergütung und dem monatlich ermittelten durchschnittlichen Börsenpreis für Strom (EPEX)
- $\text{Marktprämie} = \text{EEG} - (\text{MW-Pm})$
 - MW : Monatsmittelwert Marktpreis
 - Pm : Managementprämie



Höhe der Managementprämie

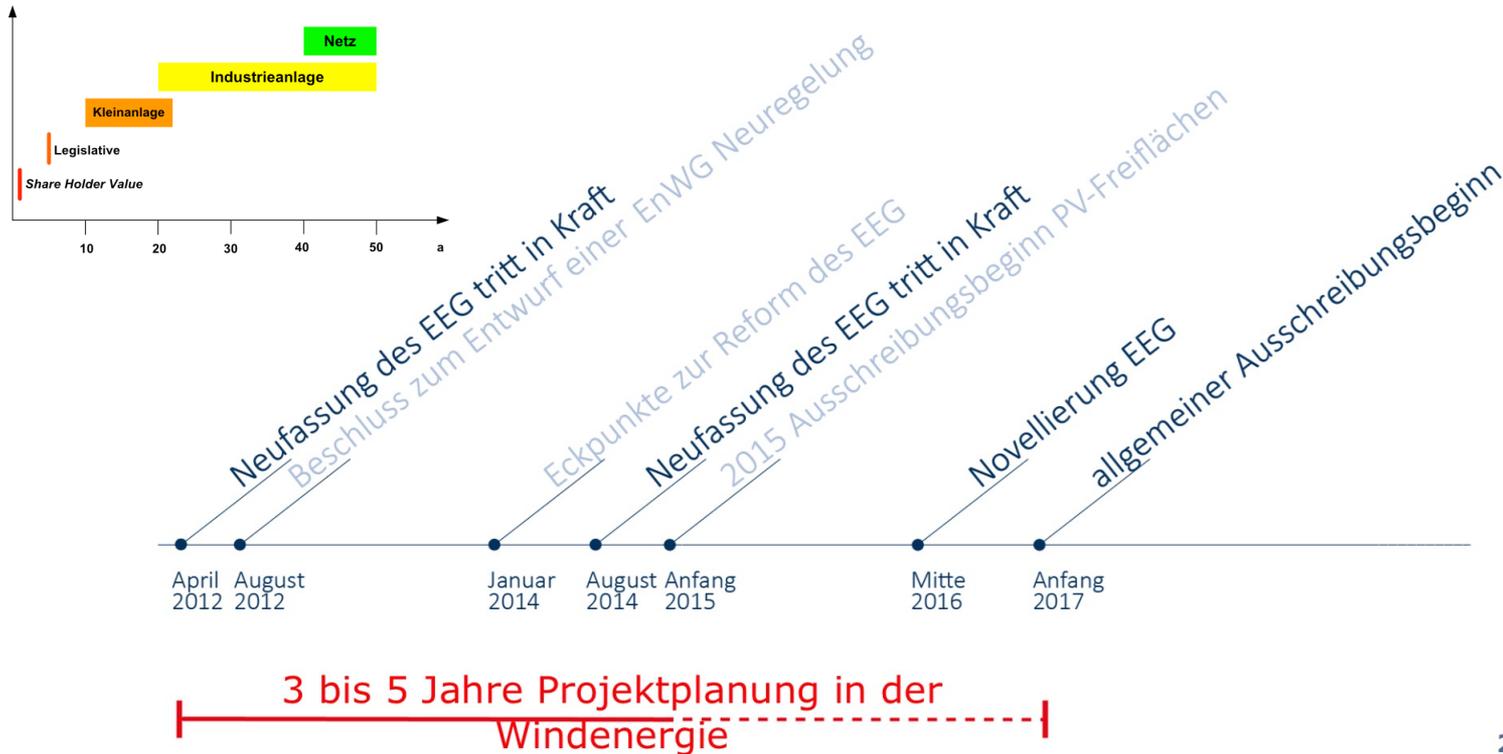
Jahr	Wind on- und offshore, Solar	Wasserkraft, Deponiegas, Klärgas, Grubengas, Biomasse, Geothermie
2012	1,2 ct/kWh	0,3 ct/kWh
2013	1,0 ct/kWh	0,275 ct/kWh
2014	0,85 ct/kWh	0,25 ct/kWh
2015	0,7 ct/kWh	0,225 ct/kWh

- Weiterer Ausbau der Erneuerbaren Energien erfolgt in einem gesetzlich festgelegten Ausbaukorridor: 40 bis 45 Prozent im Jahre 2025, 55 bis 60 Prozent im Jahr 2035.
- **Photovoltaik:** Jetzt geltende Regelung (u.a. „atmender Deckel“) wird beibehalten
- **Biomasse:** Begrenzung des Zubaus auf überwiegend Abfall- und Reststoffe
- **Wind an Land:** Senken der Fördersätze, insbesondere bei windstarken Standorten
- **Wind an See:** Ausbaupfad auf 6,5 GW für 2020 angepasst, bzw. 15 GW bis 2030
- **Wasserkraft:** Regelungen werden beibehalten

- Ab 2018 Ermittlung der Förderhöhe über Ausschreibungen mit vorheriger Prüfung in Pilotprojekt
- Degression der Einspeisevergütungen sowie stärker marktwirtschaftlich orientierte Förderung; Streichung von Grünstromprivileg sowie Überprüfung und weitgehende Streichung von Bonusregelungen
- Verpflichtende Direktvermarktung für Neuanlagen ab 2017 (bis dahin nur für Neuanlagen ab 5 MW)
- Beibehaltung des Einspeisevorrangs für erneuerbare Energien mit Prüfung, ob große Erzeuger von Strom aus erneuerbaren Energien einen Grundlastanteil ihrer Maximaleinspeisung garantieren müssen (schrittweise Einrichtung einer „virtuellen Grundlastfähigkeit“ durch Speicher, abschaltbare Lasten, fossile Kraftwerke, nachfrageabhängig regelbare erneuerbare Energien)
- Europarechtskonforme Ausgestaltung des EEG unter Berücksichtigung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie (Erhaltung und zukunftsfähige Weiterentwicklung der Besonderen Ausgleichsregelung)

- 8,9 ct für 5 Jahre
- 4,95 ct Grundvergütung (15 Jahre)
- Verpflichtung zur Direktvermarktung
 - > 500 kW bzw. > 100 kW 2016
- Managementprämie integriert
- Kein Grünstromprivileg
- Kein Systemdienstleistungsbonus
- Kein Repoweringbonus
- Ausbaukorridor 2.500 kW Netto
- Ausschreibung ab 2017/2018
- Alle Anlagen fernsteuerbar
- EEG Umlage auf Eigenverbrauch/Nahverbrauch

Politischer Wille und wirtschaftliche Realität

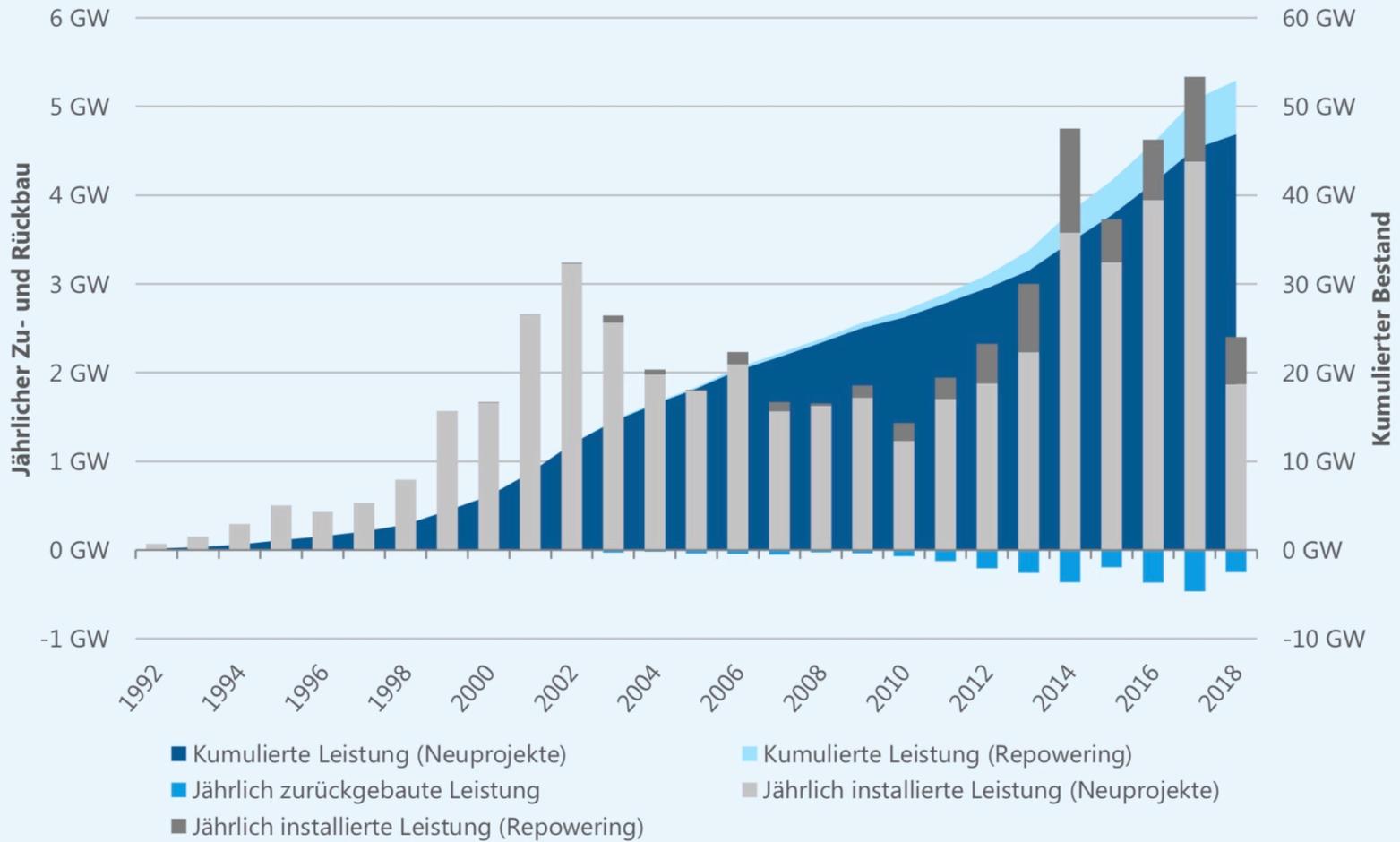


Status des Windenergieausbaus an Land

		Leistung	Anzahl
Entwicklung Jahr 2018	Brutto-Zubau	2.402 MW	743 WEA
	davon Repowering	363 MW	111 WEA
	Abbau (inkl. Nachmeldungen) (unverbindlich)	249 MW	205 WEA
	Netto-Zubau	2.154 MW	538 WEA
Kumuliert 31.12.2018	Kumulierter WEA- Bestand (unverbindlich)	52.931 MW	29.213 WEA

Wind 2018

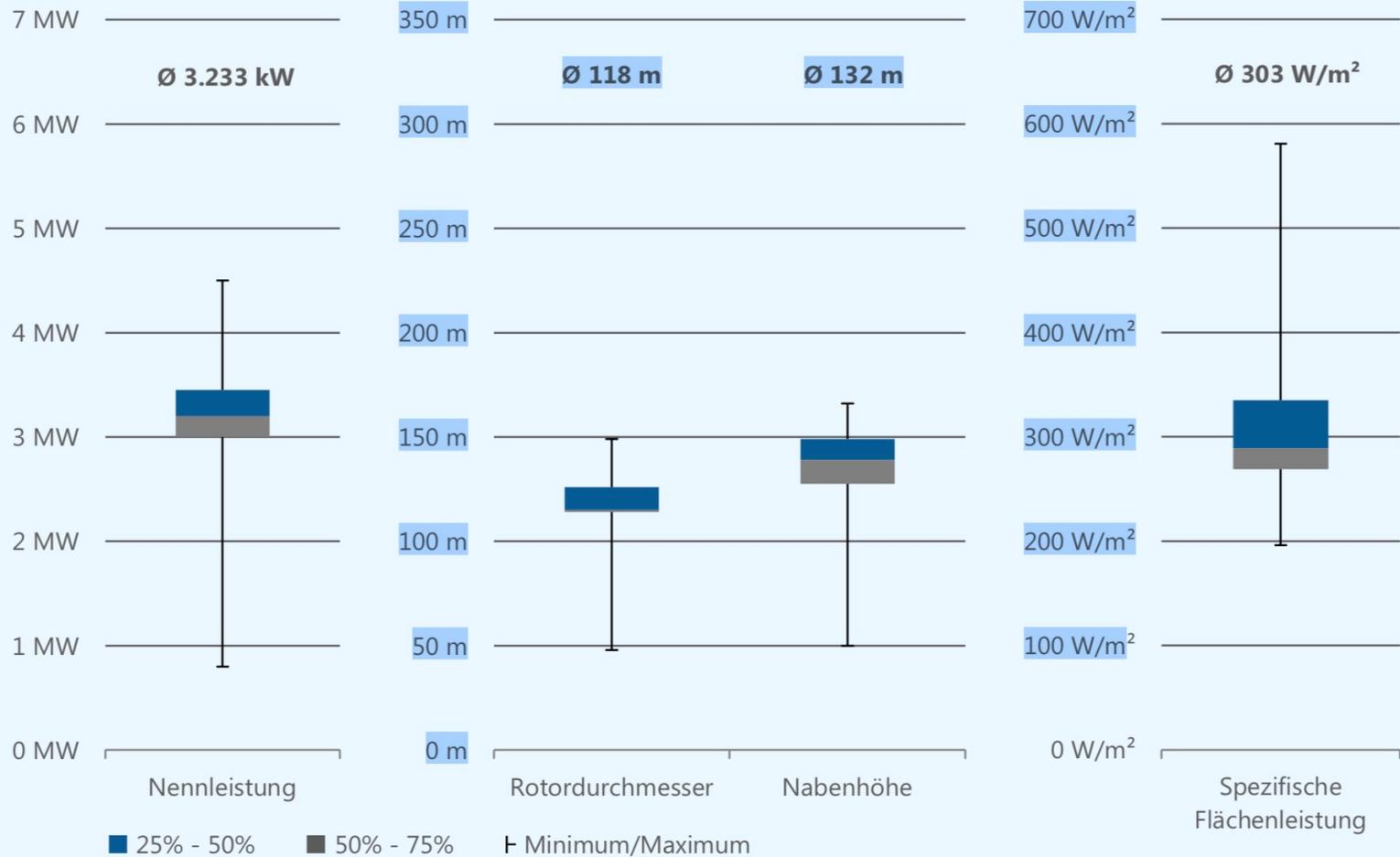
Historie OnShore



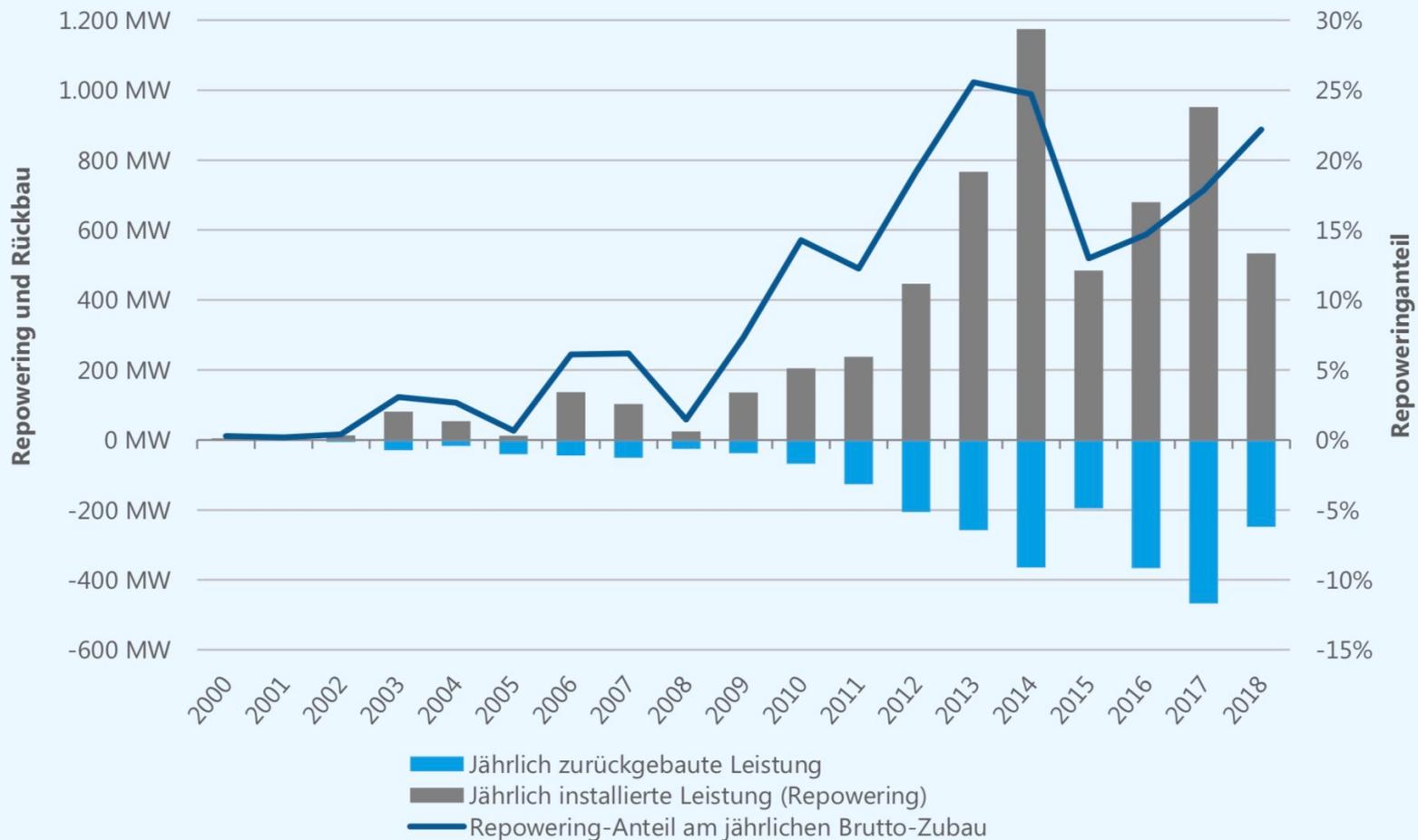
Jährliche Entwicklung der Windenergieleistung an Land in Deutschland

Wind 2018

Anlagenkonfiguration



Spektrum der Kennwerte der Anlagenkonfiguration neu installierter Windenergieanlagen



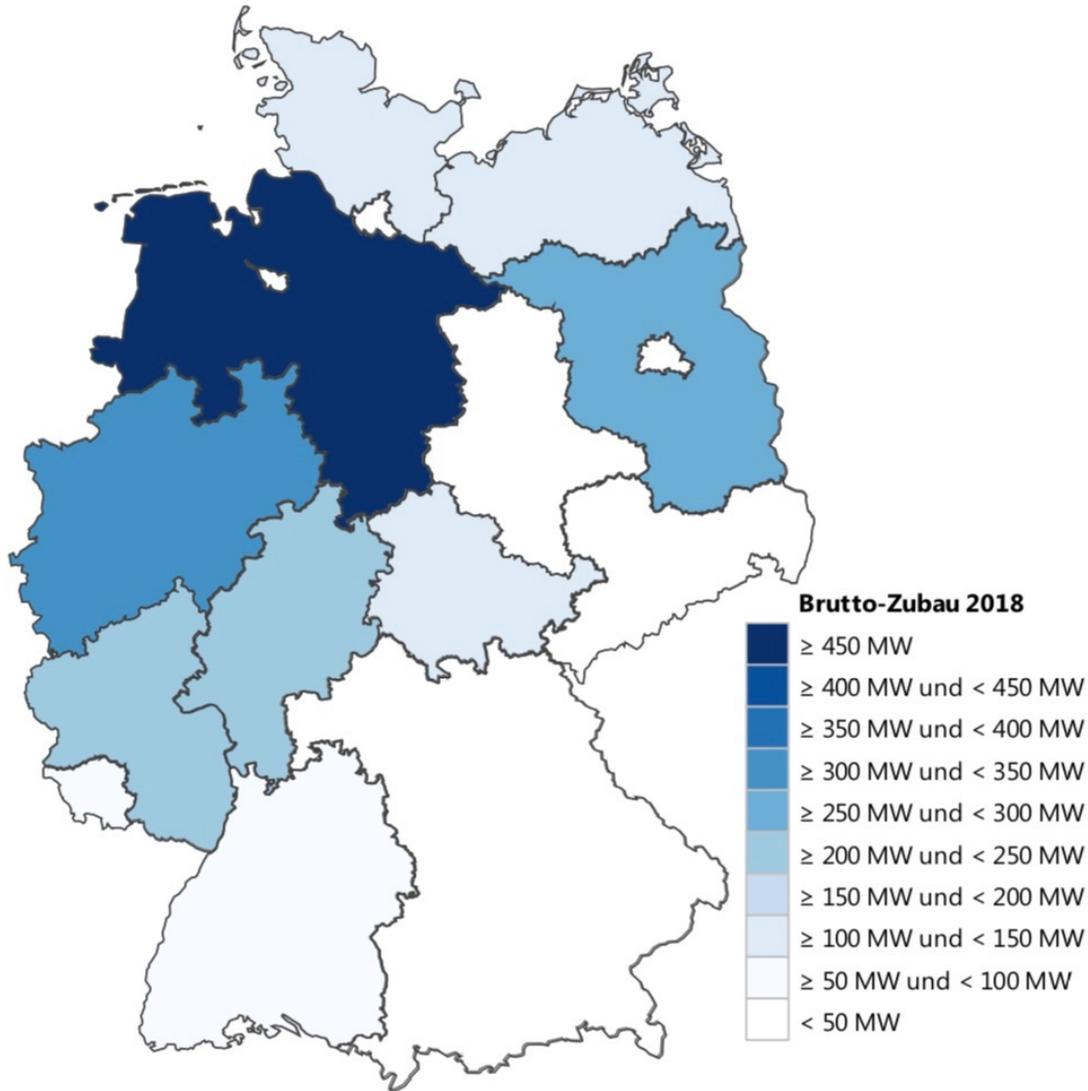
Entwicklung der jährlich und anteilig im Rahmen von Repowering-Projekten installierten sowie abgebauten Leistung

Windenergiezubau (brutto) und durchschnittliche Anlagenkonfiguration der Neuinstallationen in den Bundesländern

Rang	Bundesland	Brutto-Zubau im Jahr 2018			Durchschnittliche Anlagenkonfiguration der neu installierten Anlagen			
		Zubau Leistung	Zubau Anzahl	Anteil am Brutto-Leistung-zubau	Anlagenleistung	Rotor-durchmesser	Nabenhöhe	Spezifische Flächenleistung
1	Niedersachsen	718 MW	206 WEA	29,9%	3.483 kW	120 m	132 m	317 W/m ²
2	Nordrhein-Westfalen	331 MW	106 WEA	13,8%	3.120 kW	116 m	140 m	302 W/m ²
3	Brandenburg	289 MW	91 WEA	12,0%	3.181 kW	120 m	135 m	284 W/m ²
4	Hessen	220 MW	70 WEA	9,1%	3.136 kW	118 m	145 m	288 W/m ²
5	Rheinland-Pfalz	203 MW	66 WEA	8,4%	3.070 kW	117 m	143 m	289 W/m ²
6	Schleswig-Holstein	147 MW	49 WEA	6,1%	2.992 kW	103 m	92 m	365 W/m ²
7	Mecklenburg-Vorpommern	127 MW	38 WEA	5,3%	3.330 kW	120 m	119 m	300 W/m ²
8	Thüringen	112 MW	33 WEA	4,7%	3.405 kW	121 m	132 m	300 W/m ²
9	Baden-Württemberg	87 MW	26 WEA	3,6%	3.362 kW	123 m	143 m	283 W/m ²
10	Saarland	60 MW	21 WEA	2,5%	2.857 kW	116 m	140 m	269 W/m ²
11	Sachsen-Anhalt	33 MW	11 WEA	1,4%	2.991 kW	113 m	123 m	304 W/m ²
12	Sachsen	31 MW	10 WEA	1,3%	3.050 kW	112 m	117 m	305 W/m ²
13	Bayern	22 MW	8 WEA	0,9%	2.731 kW	116 m	133 m	261 W/m ²
14	Bremen	13 MW	4 WEA	0,5%	3.200 kW	113 m	104 m	319 W/m ²
15	Hamburg	11 MW	4 WEA	0,5%	2.850 kW	117 m	91 m	265 W/m ²
16	Berlin	0 MW	0 WEA	0,0%				
	Deutschland	2.402 MW	743 WEA		3.233 kW	118 m	132 m	303 W/m²

Wind 2018

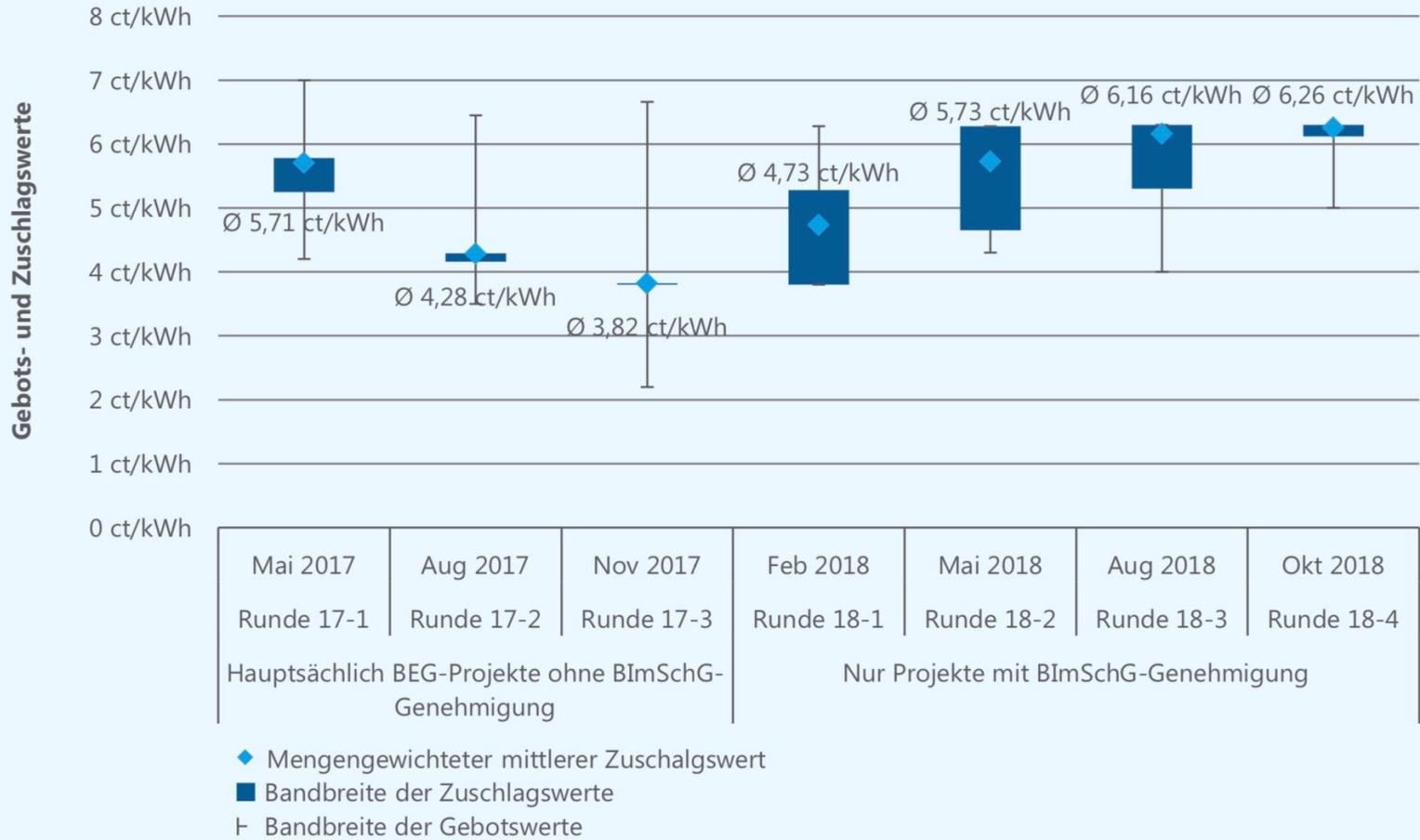
Regionalverteilung



Regionale Verteilung des Brutto-Zubaus

Wind 2018

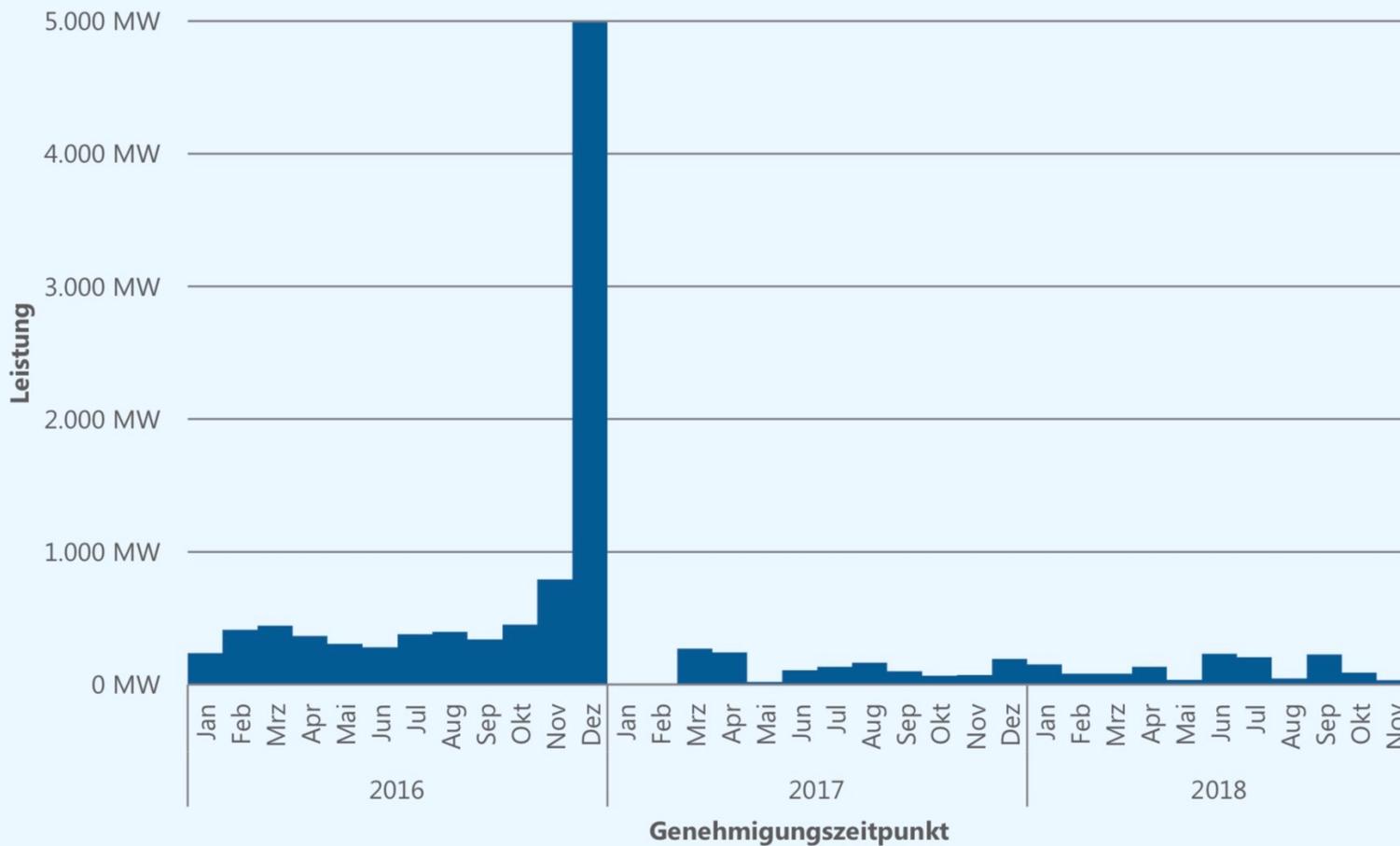
Gebots- und Zuschlagwerte



Entwicklung der Zuschlagswerte für Windenergie an Land in Deutschland (Datenbasis: BNetzA)

Wind 2018

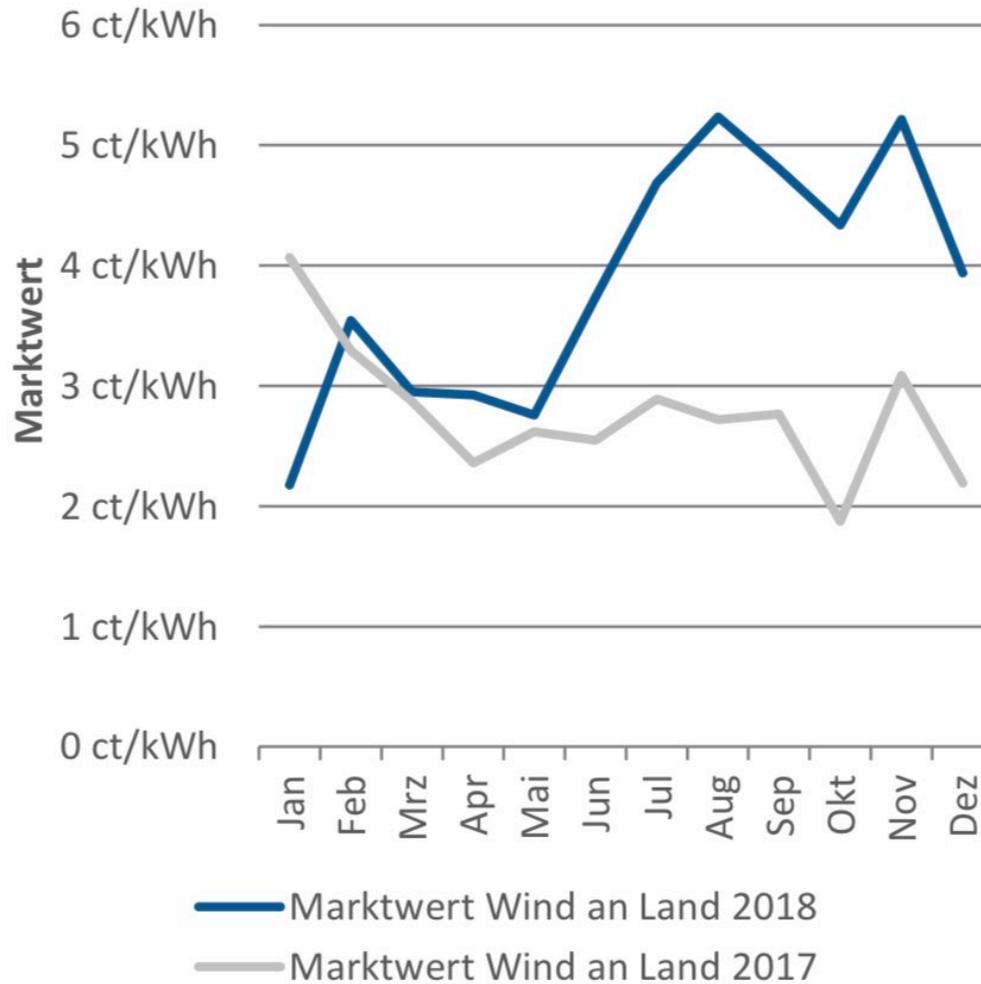
Genehmigungsmengen



Monatliche Genehmigungsmenge seit 2016 (Datenbasis: Anlagenregister der BNetzA, Version 11/18)

Wind 2018

Marktwerte



Monats-Marktwerte für Windenergie an Land
(Datenbasis: Netztransparenz)