

# **Windkraft eine alte, „neue“ Energie**

**Ein Beitrag der gkL Waldsee-Otterstadt  
zur Diskussion**

**09.11.2023**

**Remigiushaus Otterstadt  
Eckhard Sans und Harald Endres**

# Agenda:

- **Blitzumfrage**
- **Grundlagen zur Windkraft in Deutschland**
- **Was können Windenergieanlagen heute?**  
Fakten zur Technik, zum Schutz von Mensch, Umwelt und Natur.
  - Flächenversiegelung, Zuwegung, Aufbau und Rückbau.
  - Lärm, Infraschall, Nachtkennzeichnung.
  - Schutz von Vögeln und Fledermäusen. Flugzeuge etc..
- **Mögliche Vorteile für Dorf und Bürger**
- **Erfahrungen mit Windenergieanlagen:**  
Bürgermeister und Gemeinderäte aus dem Umland kommen zu Wort.
- **Diskussion**

# Blitzumfrage:

- **Wer kommt aus:**
  - Speyer
  - Waldsee
  - Otterstadt
  - anderswo her
- **Wieviel wissen Sie bereits über Windenergieanlagen ?**
  - So gut wie nix
  - Ein bissl was
  - Ich weiss viel
- **Wer war schon mal in Urlaub in Holland, Norddeutschland, an Nord- und Ostsee?**
  - Für wen gehören WEA dort „einfach dazu“?
- **Wer würde dort wieder hinfahren zum Urlaub etc.?**

# Agenda:

- **Blitzumfrage**
- **Grundlagen zur Windkraft in Deutschland**
- **Was können Windenergieanlagen heute?**  
Fakten zur Technik, zum Schutz von Mensch, Umwelt und Natur.
  - Flächenversiegelung, Zuwegung, Aufbau und Rückbau.
  - Lärm, Infraschall, Nachtkennzeichnung.
  - Schutz von Vögeln und Fledermäusen. Flugzeuge etc..
- **Mögliche Vorteile für Dorf und Bürger**
- **Erfahrungen mit Windenergieanlagen:**  
Bürgermeister und Gemeinderäte aus dem Umland kommen zu Wort.
- **Diskussion**

# Unsere Quellen:



Bundesamt  
für Naturschutz

[Publikationen | BFN](#)



Ministerium für Landesentwicklung und  
Wohnen Baden-Württemberg

Bayerisches Landesamt für  
Umwelt



Deutscher Wetterdienst  
Wetter und Klima aus einer Hand



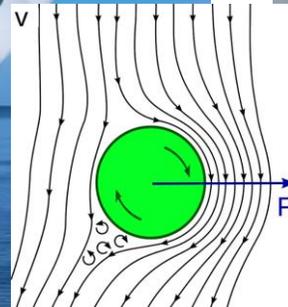
# Windkraft wird schon immer gerne genutzt



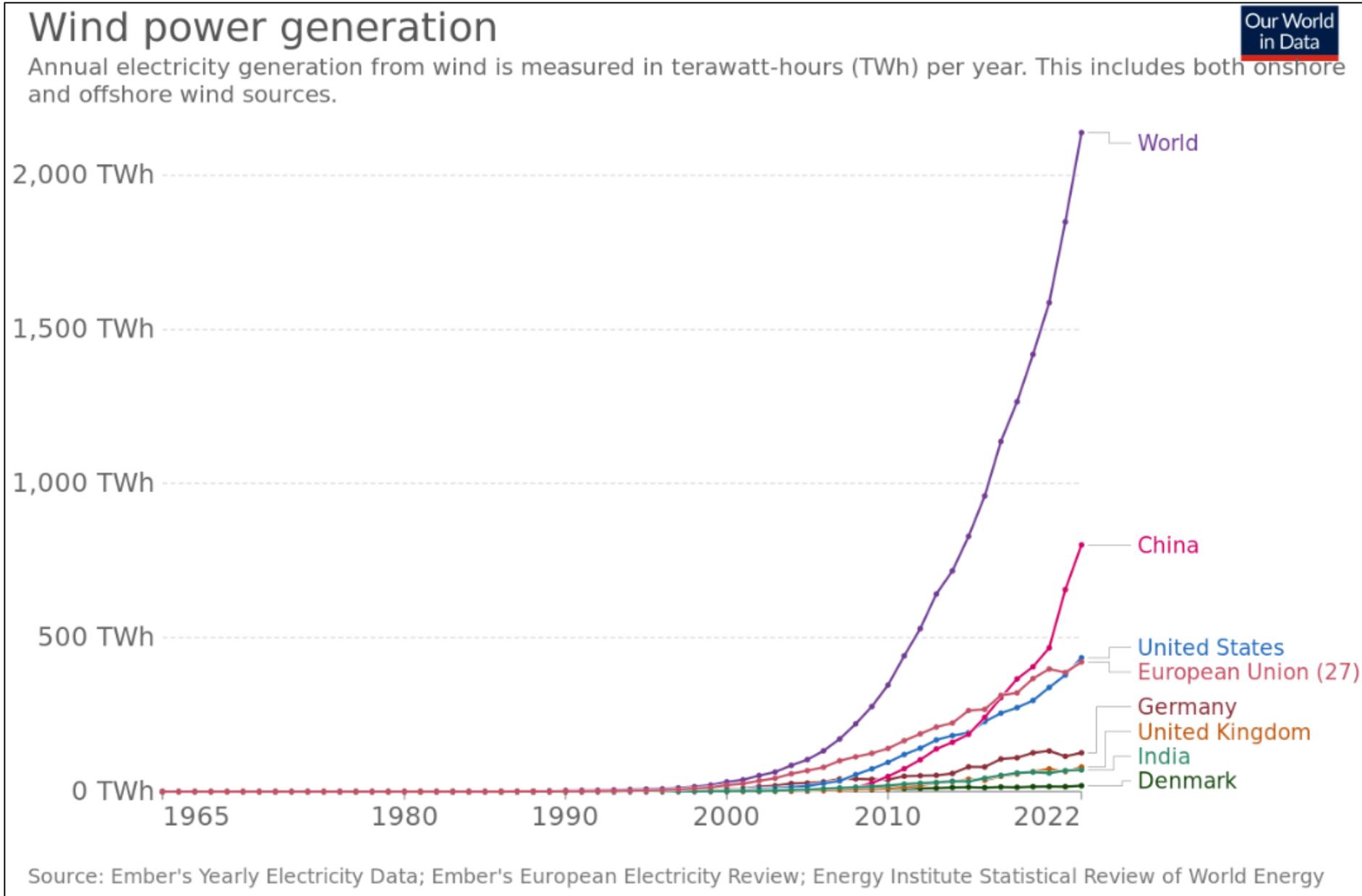
Wesentliche Konstruktionsmerkmale sind bis heute gleich geblieben:

- Umwandlung von linearer Bewegung (Windrichtung) in eine Drehbewegung (Nabe).
- Flügel sitzen vor dem Turm => aktive Nachführung nötig.
- Kopf („Gondel“) wird in Windrichtung gedreht.
- Nabe ist um ca.  $5^\circ$  nach oben gerichtet.
- Blätter hatten damals schon einen „Drall“ (Verdrehung).

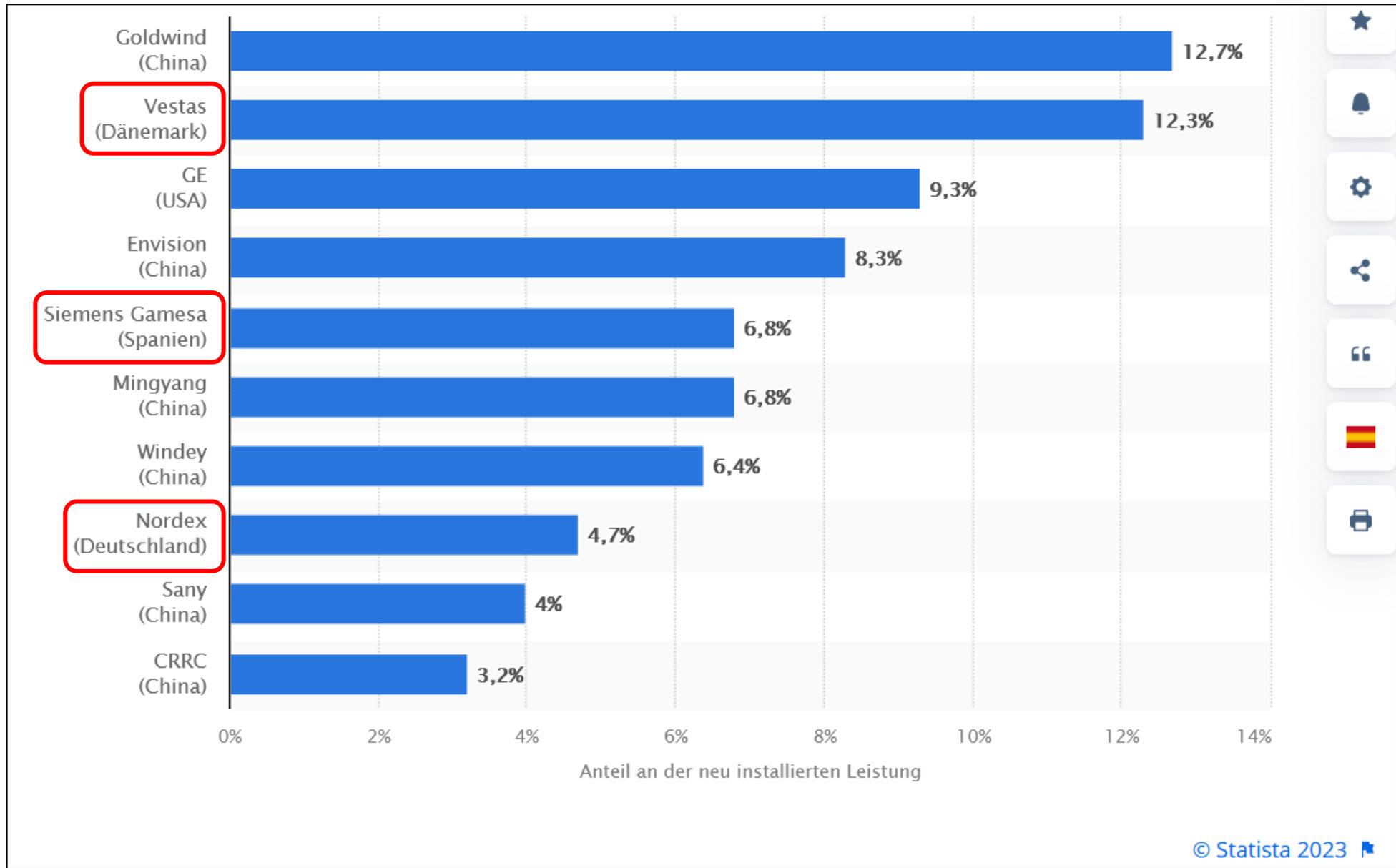
# Windkraft wird (*wieder*) gerne genutzt



# Die „Big 8“ – weltweit größte Erzeuger



# „Big 10“ – weltweit größte WEA-Hersteller



# Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland 2022

Kreisdiagramme zur Stromerzeugung | Energy-Charts

**Nicht-erneuerbarer Müll:**  
4,50 TWh  
0,9%

**Öl:**  
0,81 TWh  
0,2%

**Steinkohle:**  
55,31 TWh  
11,3%

**Erdgas:**  
45,66 TWh  
9,3%

**Braunkohle:**  
106,28 TWh  
21,7%

**Kernenergie:**  
32,78 TWh  
6,7%

**Erneuerbarer Müll:**  
4,16 TWh  
0,8%

**Laufwasser:**  
15,05 TWh  
3,1%

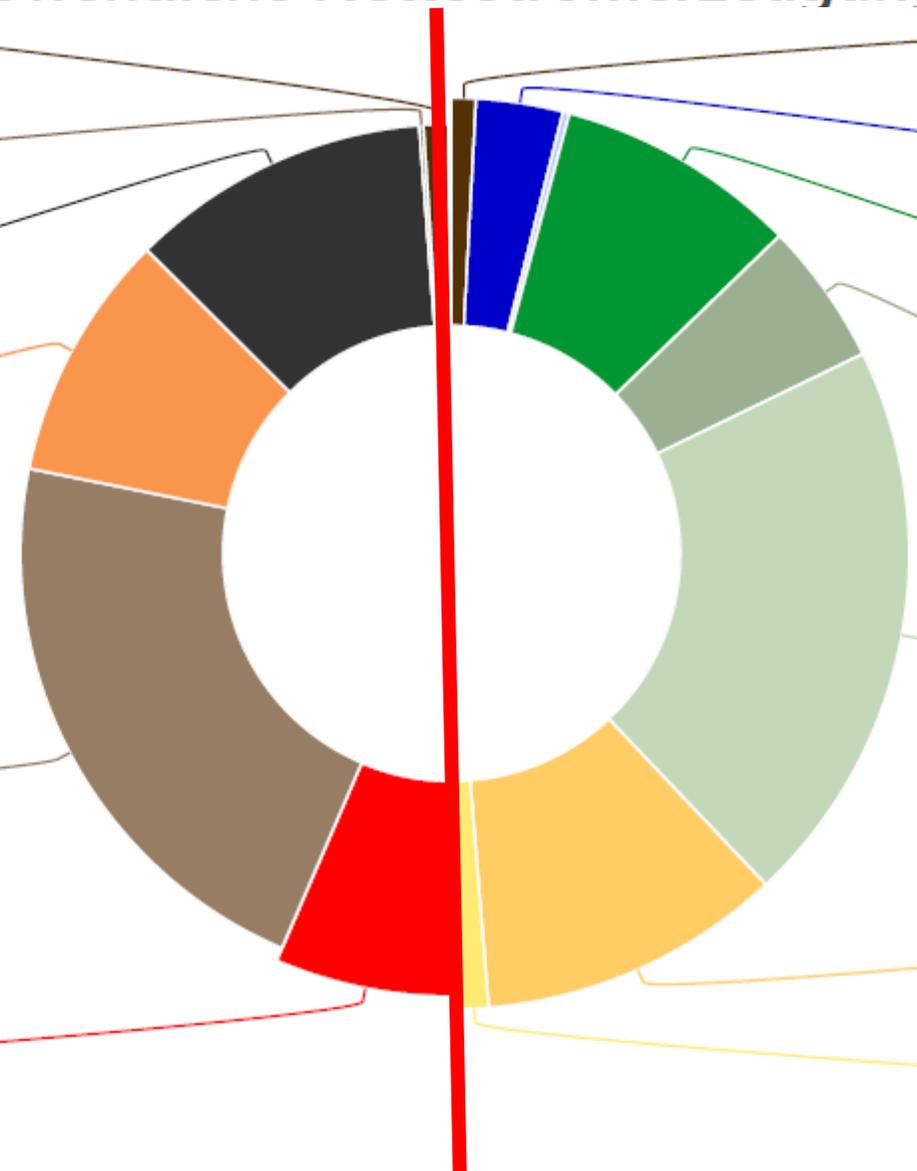
**Biomasse:**  
42,00 TWh  
8,6%

**Wind Offshore:**  
24,75 TWh  
5,1%

**Wind Onshore:**  
98,70 TWh  
20,2%

**Solar Netzeinspeisung:**  
52,65 TWh  
10,8%

**Solar Selbstverbrauch:**  
4,96 TWh  
1,0%



- Erneuerbarer Müll
- Laufwasser
- Speicherwasser
- Biomasse
- Wind Offshore
- Wind Onshore
- Solar Netzeinspeisung
- Solar Selbstverbrauch
- Geothermie
- Kernenergie
- Braunkohle
- Erdgas
- Nicht-erneuerbarer Müll
- Öl
- Andere

**2022 - Gesamte Stromerzeugung in Deutschland:**  
486,5 TWh =  
486,5 Milliarden kWh

**Davon waren Erneuerbare:**  
243,56 TWh  
= **49,8%**

2023 bisher über  
54% erneuerbarer  
Strom

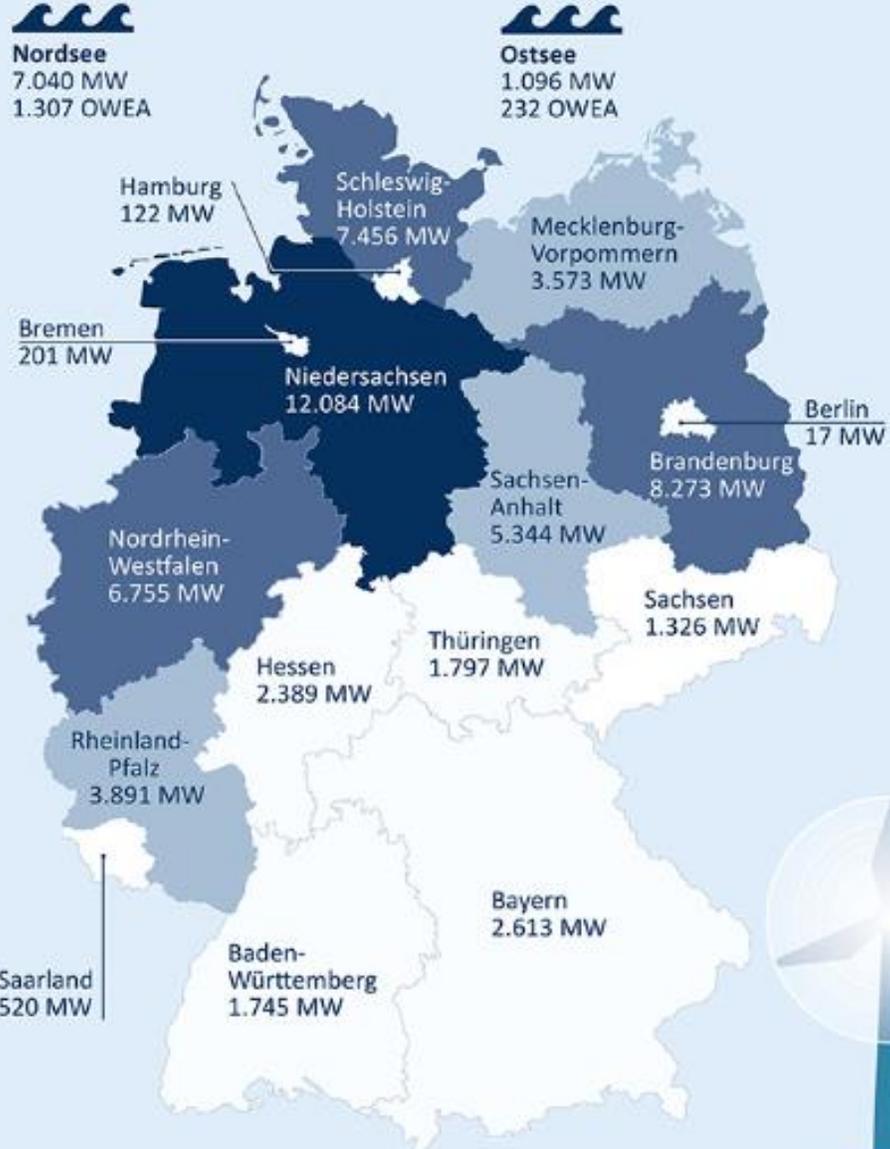
Quelle: Fraunhofer ISE

## Bruttowindstromerzeugung pro Kopf in Kilowattstunden

(kWh)<sup>[6]</sup> 2022

Rang ↕	Land ↕	Erzeugung pro Kopf ↕
1	 Dänemark	8.422
2	 Schweden	8.062
3	 Norwegen	7.111
4	 Irland	5.891
5	 Finnland	5.601
6	 Deutschland	3.918
7	 Spanien	3.437
8	 Vereinigte Staaten	3.385
9	 Portugal	3.385
10	 Australien	3.152
11	 Niederlande	3.140
12	 Vereinigtes Königreich	3.096
13	 Griechenland	2.731
14	 Belgien	2.663
15	 Kanada	2.544

Rang ↕	Land ↕	Windanteil in Prozent ↕ der Stromerzeugung 2022
1	 Dänemark	55,03 %
2	 Litauen	38,13 %
3	 Irland	33,32 %
4	 Uruguay	32,61 %
5	 Luxemburg	28,32 %
6	 Portugal	28,26 %
7	 Vereinigtes Königreich	24,62 %
8	 Spanien	21,72 %
9	 Deutschland	21,66 %
10	 Griechenland	20,71 %
11	 Schweden	19,36 %
12	 Niederlande	17,88 %
13	 Finnland	16,58 %
14	 Kroatien	16,08 %
15	 Kenia	13,36 %



**66.242 Megawatt [MW]**

Gesamtleistung installiert  
58.106 MW an Land  
8.136 MW auf See

Entspricht ca. 75 Kohle-  
od. 55 Atomkraftwerke



**29.982 Anlagen [kumuliert]**

28.443 an Land  
1.539 auf See

Entspricht dem Zubau  
von ca. 2 Kohle- oder  
Atomkraftwerken/Jahr



**2.479 Megawatt [MW]**

Gesamtleistung installiert  
MW an Land  
auf See

Entspricht Strom für  
35,3 Mio. Haushalte



**123,3 Terawattstunden [TWh]**

98,6 TWh an Land  
24,7 TWh auf See



**25,9 Prozent**

Anteil an der deutschen  
Stromproduktion

**Durchschnittliche Anlage 2022**

Leistung 4.362 kW  
Gesamthöhe 206 m  
Rotordurchmesser 137 m

1. Halbjahr 2023:  
4.700 kW => ca.  
4,7 MW je WEA

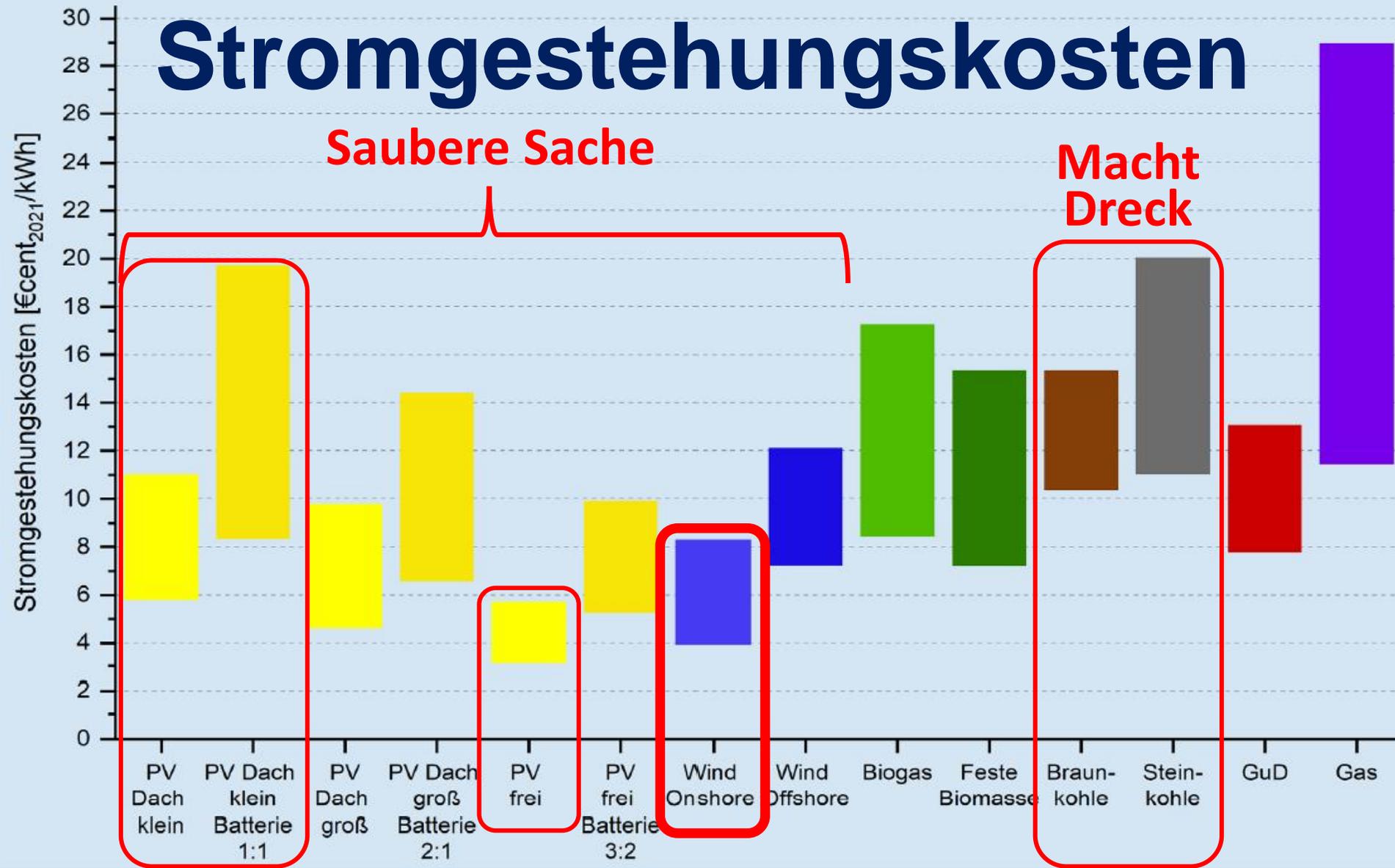


Abbildung 5: Stromgestehungskosten für erneuerbare Energien und konventionelle Kraftwerke an Standorten in Deutschland im Jahr 2021. Spezifische Anlagenkosten sind mit einem minimalen und einem maximalen Wert je Technologie berücksichtigt. Das Verhältnis bei PV-Batteriesystemen drückt PV-Leistung in kWp gegenüber Batterie-Nutzkapazität in kWh aus. Weitere Annahmen in Tabelle 3 bis 6.

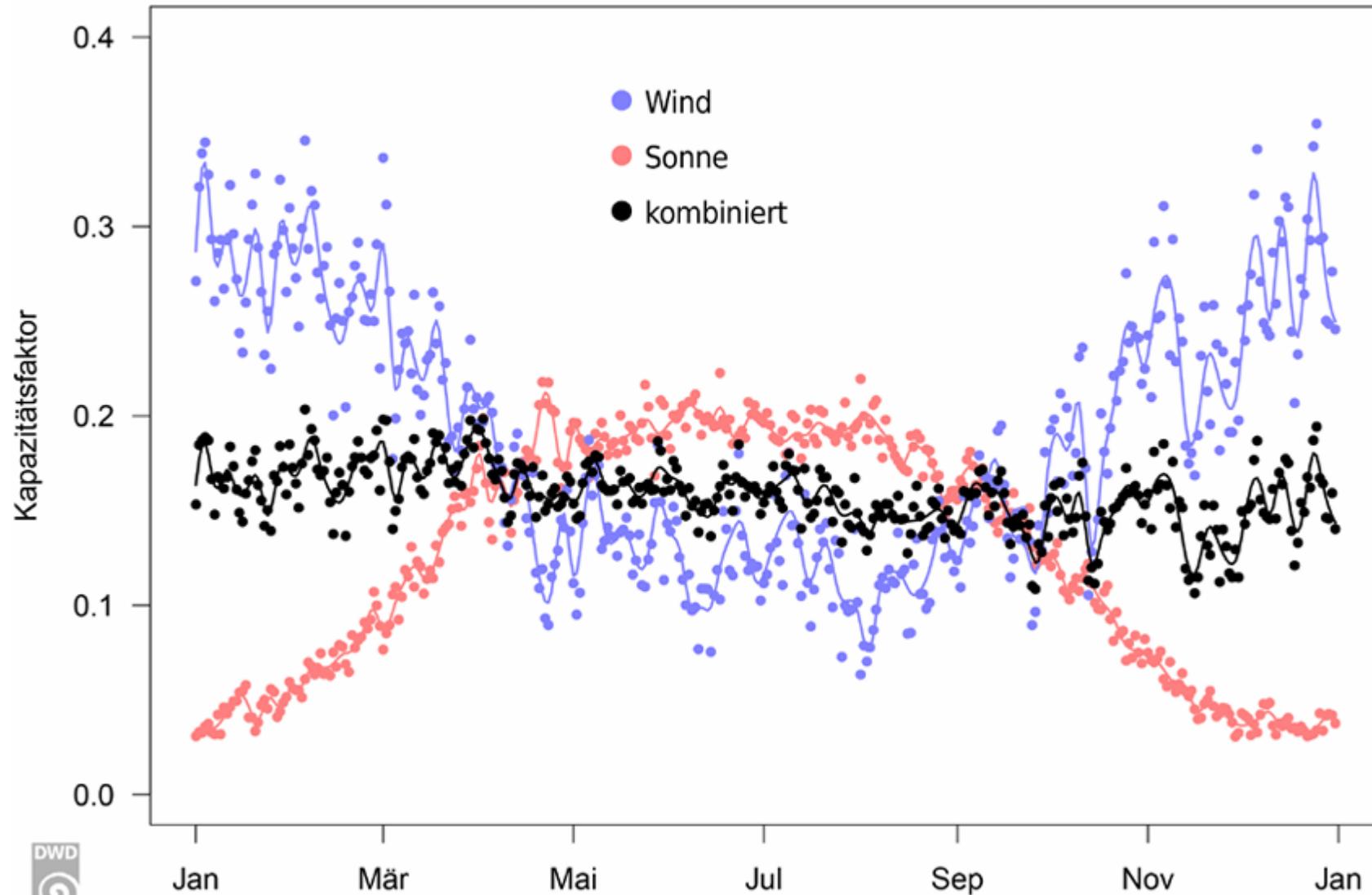
# Wind und Sonne gleichen sich aus

Die Grafik zeigt den mittleren Jahresgang des Kapazitätsfaktors für Windenergie (blau) und Photovoltaik (rot) sowie deren Kombination (schwarz; beide zu gleichen Anteilen) über Deutschland. Es ergibt sich ein zeitlich nahezu konstant bleibender Ausgleichswert.

## Kapazitätsfaktor:

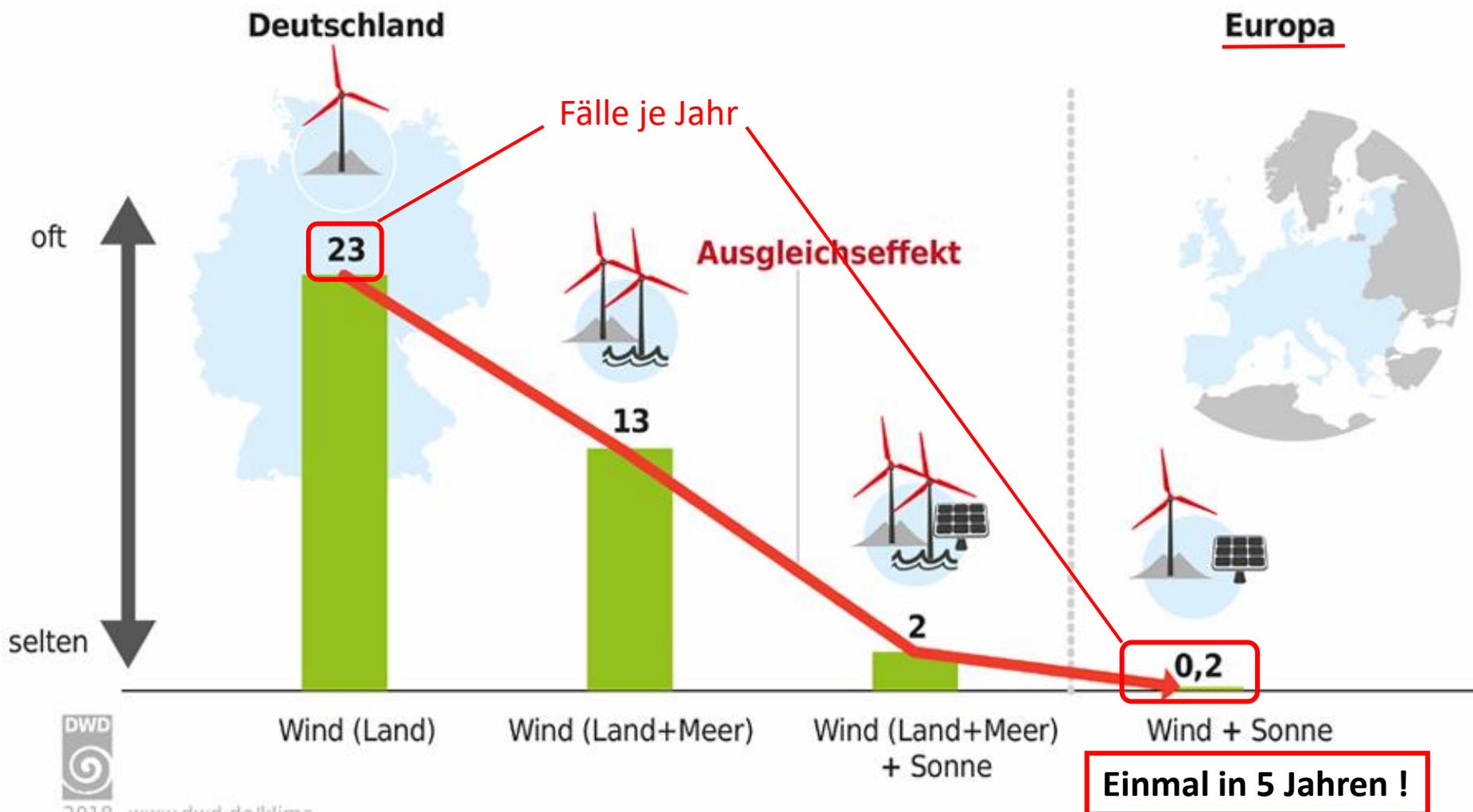
Tatsächlicher Ertrag / Nennleistung.  
(0=Kein Strom, 1=Maximale Erzeugung)

## Der mittlere Jahresgang des Kapazitätsfaktors über Deutschland (Mittelwert 1995 bis 2015)



# Europäischer Stromverbund minimiert Ertragsausfälle bei erneuerbaren Energien

Abgebildet ist die Anzahl der Situationen pro Jahr, in denen zusammenhängende Flaute- und sonnenarme Phasen über die Zeitspanne von 48 Stunden über Deutschland und Europa auftraten (1995 -2015).



Ausgezählt wurden Phasen, bei denen der Kapazitätsfaktor über einen längeren Zeitraum unter 0,1 blieb, (mittlere Energieerzeugung des betrachteten Gebiets unterhalb von 10 Prozent der installierten Nennleistung )

# Was sagen die Umweltverbände?



Windenergie –  
das Arbeitspferd der Energiewende – BUND e.V.

„Der BUND geht nach heutigem Wissenstand davon aus, dass der Einfluss der **Windkraft auf zwei bis vier Prozent** der Landfläche Deutschlands bei richtiger Planung **nicht ausreicht, um Arten zu gefährden. ...**

**Mehr Strom aus Windenergie** zu erzeugen hat daher für eine zukunftsfähige Energieversorgung eine **zentrale Bedeutung**... Windkraftanlagen vertragen sich dann mit dem Schutz der Natur, wenn ihr Standort sorgfältig ausgewählt worden ist und in der Einzelfallprüfung deutlich wird, dass keine erheblichen Schäden zu befürchten sind.

Angesichts des Klimawandels, der eine der Hauptbedrohungen unserer biologischen Vielfalt darstellt, können diese Anlagen einen wertvollen Beitrag dazu leisten, **die negativen Auswirkungen auf unsere Umwelt zu mindern.**

Der Schutz der Landschaft, von Lebensräumen und Arten werden in Deutschland **bei jedem Bau von Windkraftanlagen** durch die zuständigen Behörden geprüft. Außerhalb von entsprechend festgelegten Schutzzonen (s. vorige Antwort) hält der BUND den Bau von Windenergieanlagen, gegebenenfalls nach einer Einzelfallprüfung, auch in folgenden Gebieten für **zulässig**:

- Landschaftsschutzgebiete
- Naturparks
- Waldgebiete als Prüfzonen, wenn außerhalb der Wälder keine ausreichenden verträglichen Standorte bestehen.

**Der BUND distanziert sich ausdrücklich von Artenschutzklagen, die nur der Verhinderung des Ausbaus der Erneuerbaren Energien dienen.**

# Was sagen die Umweltverbände?



Der NABU fordert konsequente Maßnahmen zur Einsparung von 50% Energie!

„Sowohl die Energiewende als auch eine drastische Reduktion des Energieverbrauchs sind für einen wirkungsvollen Klimaschutz, ... , unerlässlich. ... .

Die räumliche Steuerung des Windenergieausbaus muss an dem Aspekt der Naturverträglichkeit ausgerichtet werden.

Eine Ausweisung von 2 % der Fläche der Bundesrepublik für den Ausbau der Windenergie auf Grundlage von Natur- und Artenschutzkriterien unterstützt der NABU. Sie sollte schnell und konsequent bei gleichzeitiger Berücksichtigung naturschutzfachlicher Belange umgesetzt werden. ...

Die Möglichkeiten der Länder, pauschale Abstände zu Wohnbebauungen einzuführen, sollte ebenso wie bestehende Abstandsregelungen abgeschafft werden. Der Schutz der Anwohner\*innen ist bundesweit bereits hinreichend über das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) sichergestellt.. ...

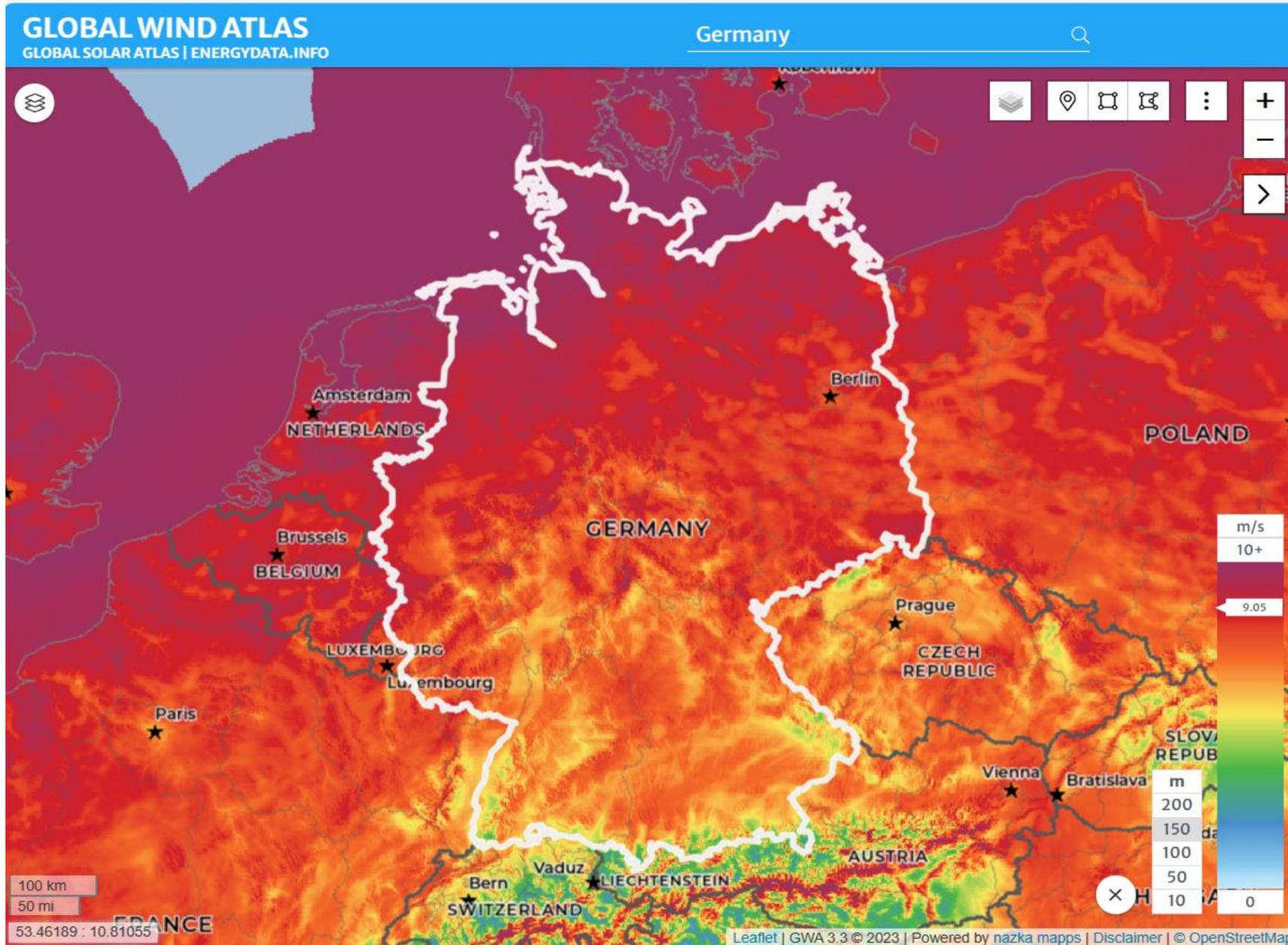
Der NABU fordert daher, dass der Arten- und Naturschutz auf den jeweiligen Ebenen hinreichend vertieft berücksichtigt wird. ...

# Ehrgeizige Ausbauziele

- Vorgaben : EU -> BRD -> RLP -> RP-Kreis -> VG
- Wenn Ausbauziel 2030 erreicht werden soll sind 2000 neue WEA/Jahr nötig !!
- RLP – Ziel: Ausweisung von 1,4% der Fläche bis 2026/27 und 2,4% der Fläche bis 2030.
- Entweder:
  - Kommunen weisen Flächen selber aus und bestimmen, wo WEA gebaut werden – und wo nicht.Oder:
  - Wenn 1,4% bzw. 2,4% nicht erreicht werden, bestimmt das Land/der Bund selbst.
  - Dann kein Mitspracherecht der Kommunen mehr.
  - Abstände zu Wohnbebauung können dann evtl. verringert werden.
- Speyer erreicht mit ihren Zielflächen knapp 2,4%.
- VG muss für Altrip „mitplanen“, da dort keine WEA erlaubt wären wg. Naturschutzgebieten.

# Windhöffigkeit: Deutschland (150 m über Grund)

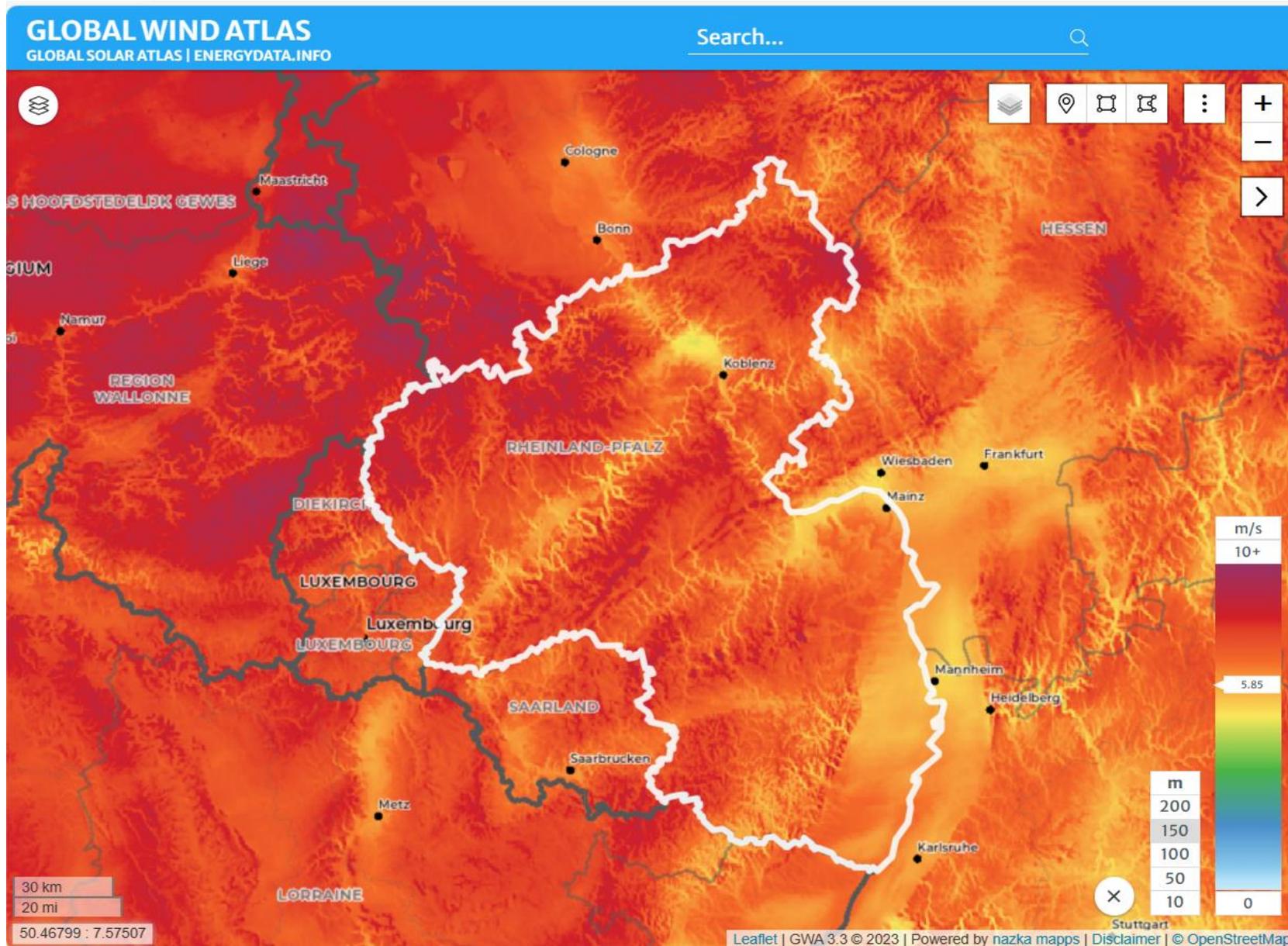
Quelle: [GLOBAL WINDATLAS.info](https://globalwindatlas.info)



Es gibt ausreichend Wind in D mit von Nord nach Süd fallender Windhöffigkeit!

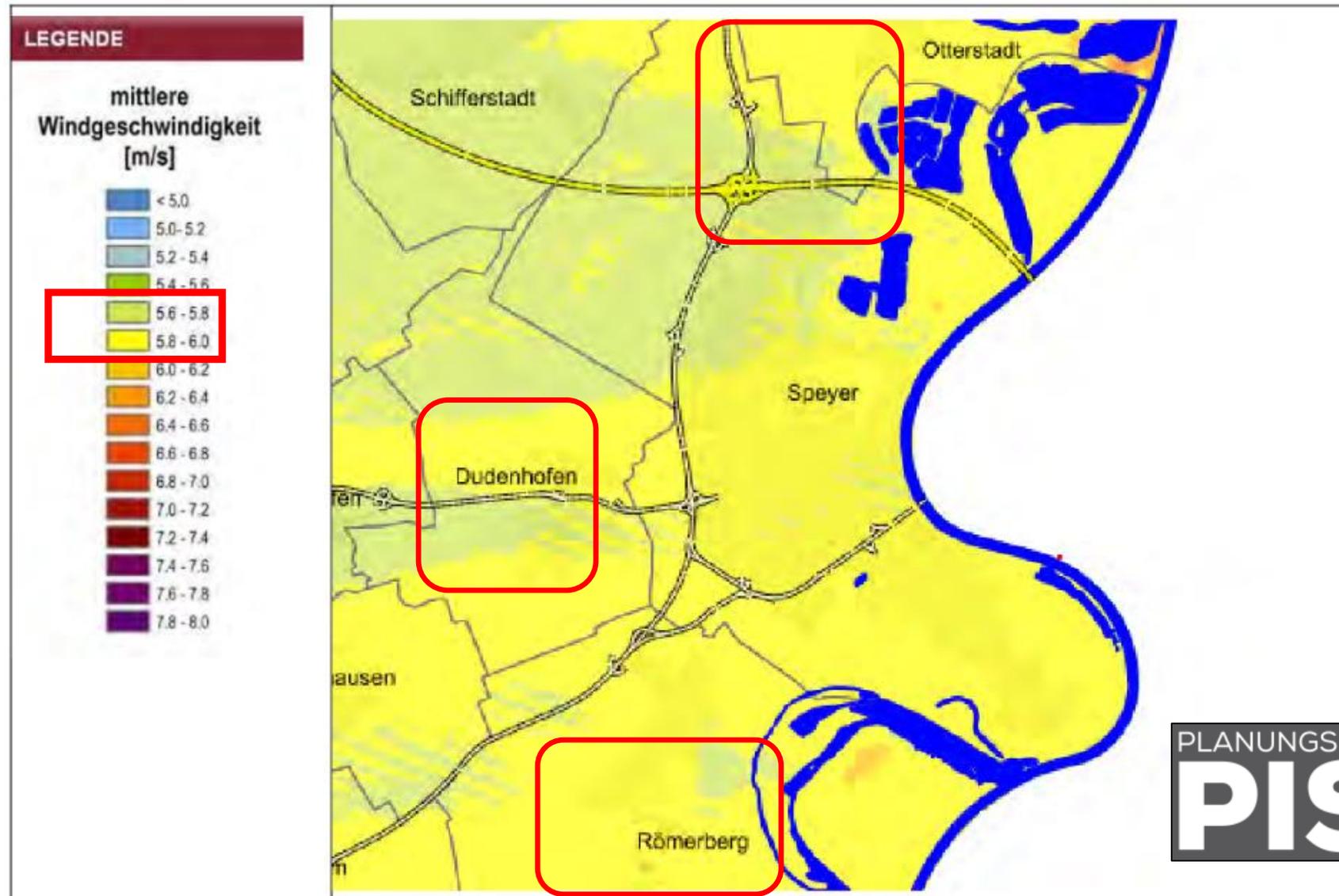
# Windhöffigkeit: Rheinland-Pfalz (150m über Grund)

Quelle: [GLOBAL WINDATLAS.info](https://globalwindatlas.info)



# Windhöffigkeit: VG Rheinauen

5,6 – 6 m/sek



PLANUNGSBÜRO  
**PISKE**

Mittlere Windgeschwindigkeit in 160 m über Grund, Quelle: Windatlas Rheinland Pfalz, herausgegeben vom Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung.

# Nur gemeinsam sind wir gut



Tabelle 4: Potenzialflächen nach Gemeinden

Gemeinde	Gesamtfläche	Potenzialfläche	Prozentualer Anteil der Potenzialfläche an der Gesamtfläche
Limburgerhof	899 ha	7,1 ha	0,8 %
Schifferstadt	2.805 ha	335,4 ha	12,0 %
VG Rheinauen	5.136 ha	104 ha	2,02 %
Altrip	1.046 ha	0 ha	0 %
Neuhofen	1.230 ha	21,2 ha	1,7 %
Waldsee	1.293 ha	19,9 ha	1,5 %
Otterstadt	1.567 ha	62,9 ha	4,01 %
<b>Gesamt</b>	<b>8.842 ha</b>	<b>446,5 ha</b>	<b>5,05 %</b>
<b>Speyer</b>	<b>42.580 ha</b>	<b>102,2 ha</b>	<b>2,4 %<sub>2</sub></b>

# Nur gemeinsam sind wir gut: VG Rheinauen



Integriertes Klimaschutzkonzept  
Verbandsgemeinde Rheinauen

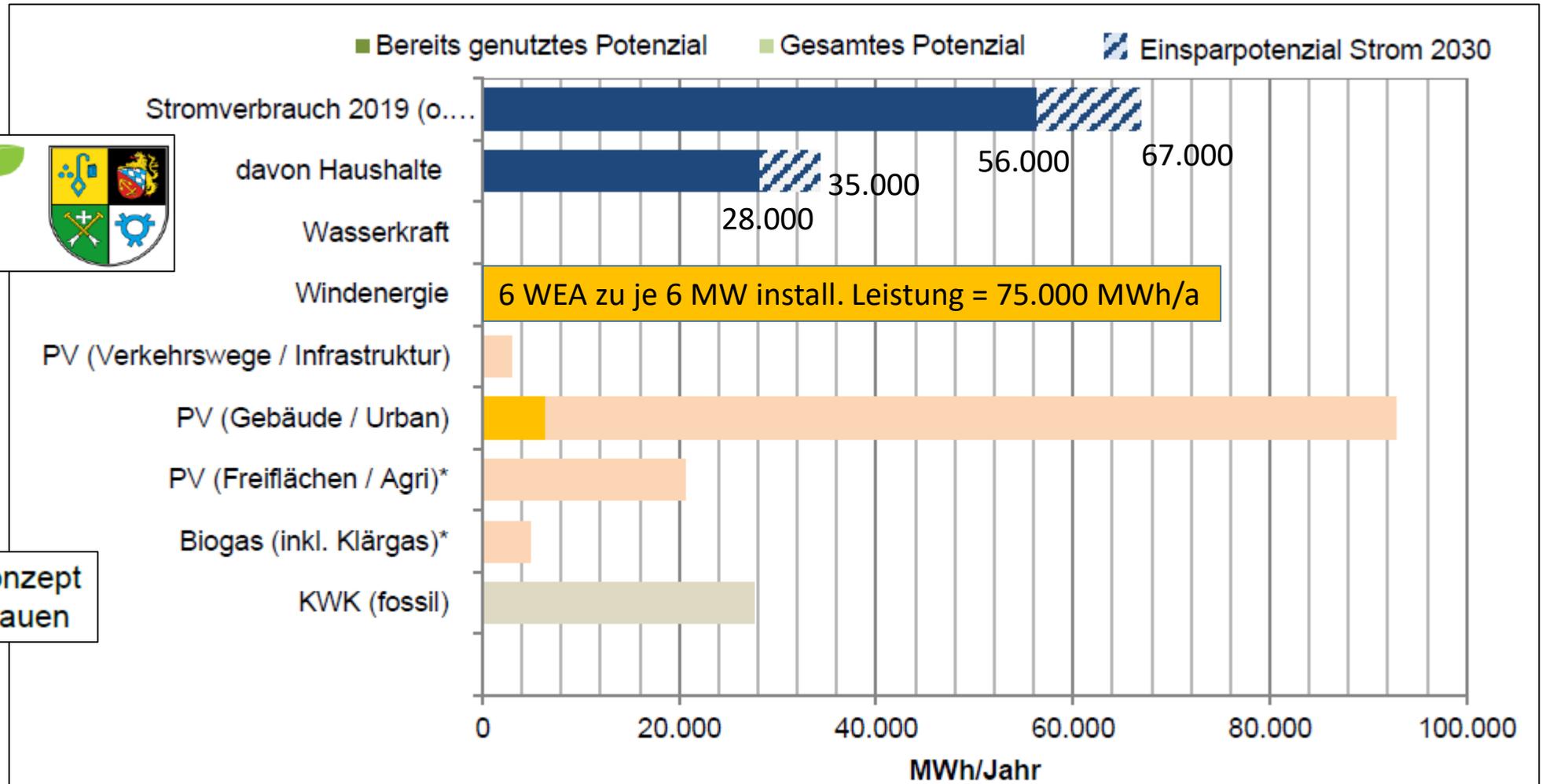


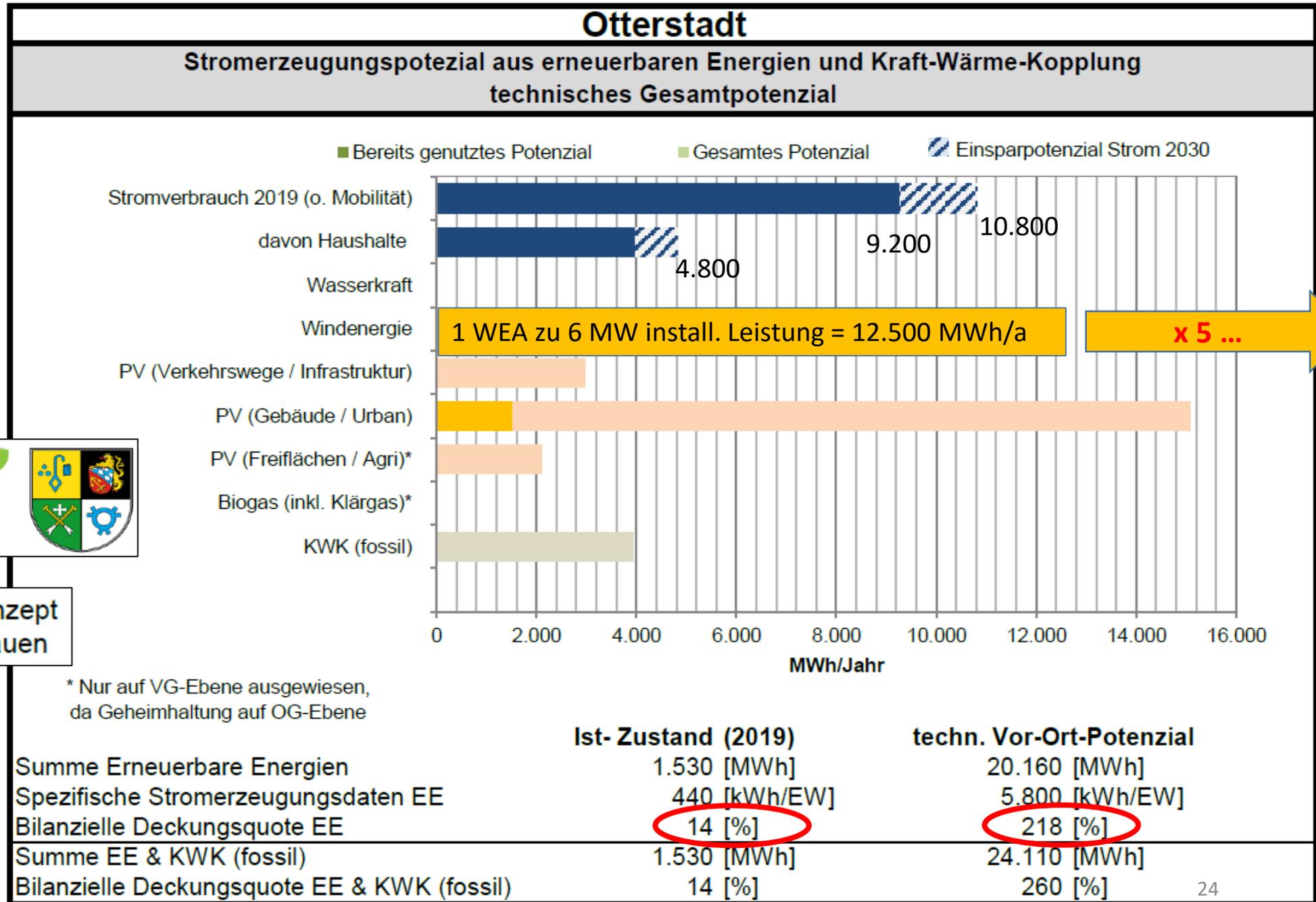
Abbildung 32: Technisches Potenzial zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und KWK in der VG Rheinauen

# Ungenutzte Potenziale

Beispiel:  
Otterstadt  
Ländliche Region



Integriertes Klimaschutzkonzept  
Verbandsgemeinde Rheinauen



# Agenda:

- Blitzumfrage
- Grundlagen zur Windkraft in Deutschland
- **Was können Windenergieanlagen heute?**  
Fakten zur Technik, zum Schutz von Mensch, Umwelt und Natur.
  - Flächenversiegelung, Zuwegung, Aufbau und Rückbau.
  - Lärm, Infraschall, Nachtkennzeichnung.
  - Schutz von Vögeln und Fledermäusen. Flugzeuge etc..
- Mögliche Vorteile für Dorf und Bürger
- Erfahrungen mit Windenergieanlagen:  
Bürgermeister und Gemeinderäte aus dem Umland kommen zu Wort.
- Diskussion

# Einige Grundlagen zu WEA:



Getriebelose, direkt angetriebene WEA:  
Z.B. Enercon, Aurich/Hamburg. Teurer in der  
Anschaffung. Günstiger in der Wartung.



Beispiel: Nordex-WEA mit Getriebe. Nenndrehzahl: 10 Upm  
Billiger in Anschaffung, teurer in der Wartung.

# Einige Grundlagen zu WEA:



Anlage steht. Rotorblätter sind „in den Wind gedreht“. Trudelbetrieb.

## Azimut-Motoren

drehen die gesamte **Gondel** in die richtige Stellung zur maximalen Wind-Ausbeute.

Nachführung der Gondel während des Betriebes bei **Änderung der Windrichtung**.

## Pitch-Antriebe

verstellen die **Rotorblätter** zur

- Maximalen Windausbeute
- Drehzahlregulierung bei wechselnder Windstärke bzw. Starkwind
- Abschaltung der Anlage in den „Trudelbetrieb“.

WEA fangen **50-56%** der im Wind enthaltenen Energie ein.

**Überstrichene Fläche des Rotors** bei 80m Blattlänge: Zwei Fußballfelder.



Anlage läuft. Rotorblätter fangen den Wind ein.

# Grundlagen zu WEA:

## Windgeschwindigkeiten und Anlagenbetrieb:

2,5 – 3 m/sek. =	9 – 11 km/h	Einschaltgeschwindigkeit
2,5 – 12 m/sek. =	9 – 43 km/h	Variable Geschwindigkeit
12 – 25 m/sek. =	43 – 90 km/h	Starkwind - Vari. Geschw.
Mehr als 26 m/sek. =	94 km/h	Sturm → Abschaltung

**Nenn Drehzahl:** 10 Umdrehungen/Minute.

Ab 3 Umdrehungen je Minute arbeitet die Anlage effizient.  
Rotoren 6-7 MW drehen mit 5 – 11,6 Umdrehungen/Minute.

Die **Blattspitzen** erreichen eine Geschwindigkeit bis 280 km/h.

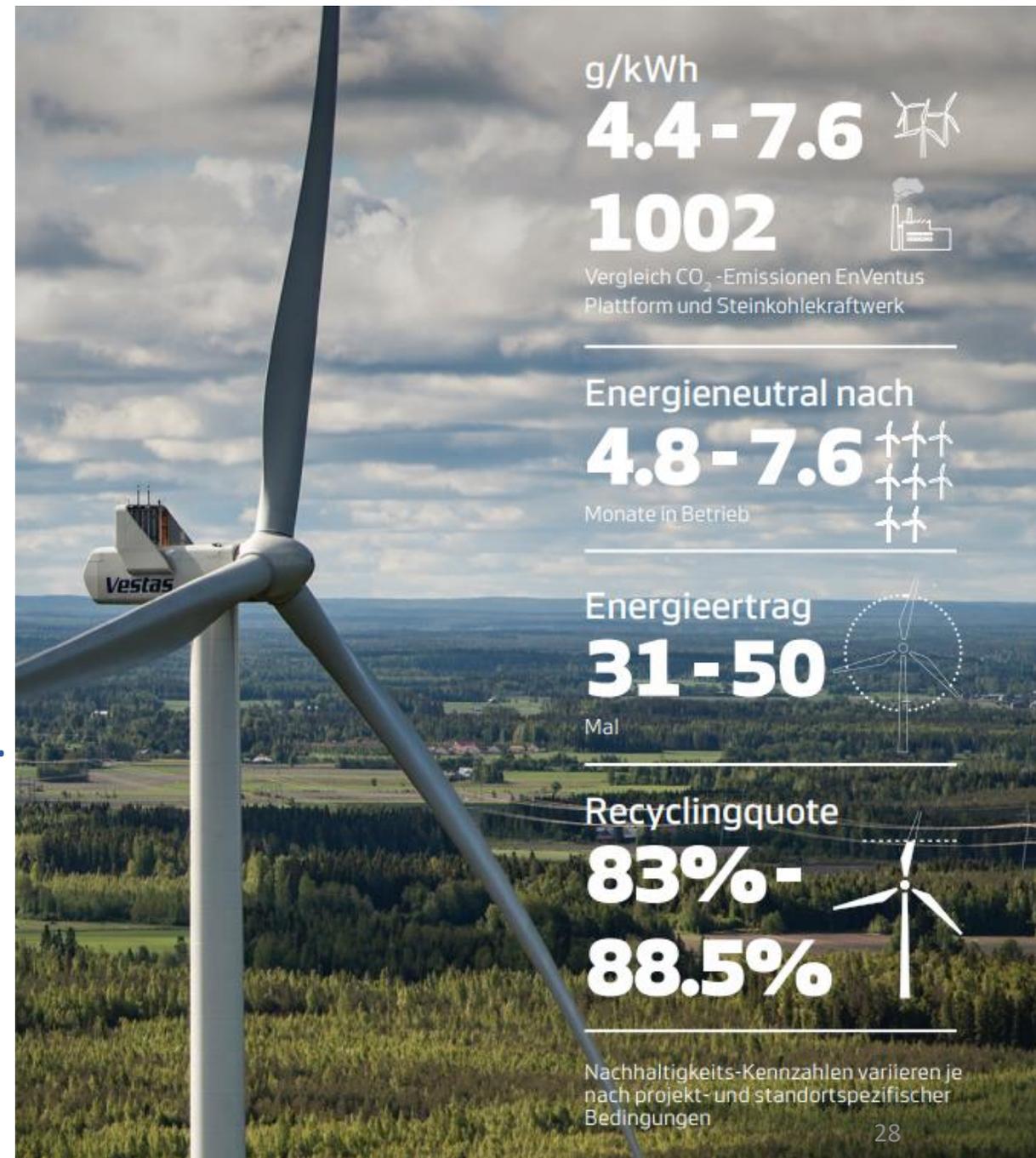
## Höhen:

Nabenhöhen bis 200m sind möglich. Höhere in Entwicklung.  
**Je 1 m Nabenhöhe steigt der jährliche Energieertrag um 0,7-1%.**

**Rechnerische Lebensdauer-Auslegung:** 25 Jahre.

An einem **typischen vorderpfälzischen Standort** produziert **eine** einzige **6 MW-WEA** (wie in Römerberg geplant):

- ca. **12,5 Mio. kWh** Strom im Jahr (=12.500 MWh),
- Versorgt ca. **4.000 Haushalte** mit Elektrizität.
- Vermeidet ca. **7.500 t CO<sub>2</sub>** im Jahr.
- Vermeidet bis **187.500 t CO<sub>2</sub>** in ihrer „Lebenszeit“ (20-25 J.).



# Bodenversiegelung und Flächenbedarf



## Platzbedarf:

- Fundament: Versiegelt  $D=25\text{m}$ ,  $h=4\text{m}$   $< 500\text{ m}^2$
- Kranstellfläche: Geschottert aber nicht versiegelt: Ca.  $2500\text{ m}^2$ .
- Gesamter Flächenbedarf je WEA:  $0,33 - 0,45\text{ ha}$ .  
 $= 3.300 - 4.500\text{ m}^2$ .

[Windkraftanlage Bilder Sockel - Bing images](#)



- Die Kranstellfläche sollte nach Süden vor dem Turm ausgerichtet sein. Dann kann dort eine schnell demontierbare PV-Anlage installiert werden in Süd- oder Ost/West-Ausrichtung.
- Demontage der PV bei großen Wartungsarbeiten mit Kraneinsatz innerhalb eines Tages möglich.

[Windkraftanlage Bilder kranstellfläche - Bing images](#)

# Flächenverbrauch je MW (*installierte*) Leistung



## PV-FFA:

1 MWp install. Leistung/ha =>  
1.000 – 1.150 MWh/a je ha überbaute Fläche. Erzeugung nur tagsüber!

## WEA:

Möglich sind **3 WEA** / ha überbaute Fläche

Jede 6 MW - WEA erzeugt hier in der Pfalz  
ca. 12.500 MWh/a an Strom. => Bei 3 WEA =  
ca. 37.500 MWh/a je ha überbaute Fläche.

So bleiben ca. 97% der Fläche eines  
Windparks für die landwirtschaftliche  
Nutzung erhalten!

**WEA:** Im vorderpfälzischen Schwachwindgebiet sind durchschnittlich **ca. 25% Ausbeute möglich.**  
(= 2.111 Volllaststunden/Jahr von 8.760 Stunden/Jahr).

# Rückbau und Recycling: Bundesgesetze

Nach **§ 35 BauGB** sowie **§ 4 BBodSchG** ist der Anlagenbetreiber zum **kompletten Rückbau** der WEA verpflichtet, inklusive Entsiegelung, **Rückgängigmachung der Bodenverdichtung** (den „ordnungsgemäßen Zustand des Anlagengrundstücks wiederherstellen“).

Zur **finanziellen Sicherstellung von Rückbau und Entsorgung** hat der Betreiber unbefristete **Sicherheitsleistungen** (nach **§ 232 BGB**) z.B. als „selbtschuldnerische Bank- oder Konzernbürgschaft“, Grundschild, Ausfallversicherung, ... zu hinterlegen („Verursacherprinzip“).

Höhe in **NRW: 6,5 Prozent der Gesamtinvestitionskosten**. (S. 413/419). Die Höhe der Sicherheitsleistung hängt von den Kosten ab, die voraussichtlich für den vollständigen Rückbau der WEA einschließlich der Wiederherstellung eines ordnungsgemäßen Zustandes des Grundstücks aufgewandt werden müssen.

(Bei einer 5,5 MW-WEA im Wert von 6 Mio. = **390.000 EUR** – in NRW).

**50% der Rückbaukosten alleine für die Beseitigung eines (*konventionellen*) Fundaments.**

**Die Wiederverwertung/Entsorgung von Abfällen regeln das KrWG bzw. das BImSchG.**

# Konventionelles Fundament



Abb. 9: Flachfundament (© F. Steinmann, LLUR)

## Errichtung und Rückbau *(konventionell)*

Quelle: S. 22/36

[Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen - LABO-Projekt B2.20 \(labo-deutschland.de\)](#)

Abb. 19: Rückbau eines Flachfundaments (© wiwi consult GmbH & Co. KG, [www.wiwiconsult.de](http://www.wiwiconsult.de))

# Fundament aus Fertigteilen

Schneller Aufbau ohne Trockenzeiten für Beton.  
Sofort belastbar.



Smart & Green ANKER Foundations...eine Erfolgsstory



Kompletter Rückbau  
ohne Rückstände.  
Alle Teile sind wieder  
verwendbar.

RWE Repowering:  
5,7 MW Pilotanlage in  
Lengerich/Emsland.



[Smart & Green ANKER Foundations – IHR SPEZIALIST FÜR  
BETON FERTIGTEIL-FUNDAMENTE \(anker-foundations.com\)](https://www.anker-foundations.com)

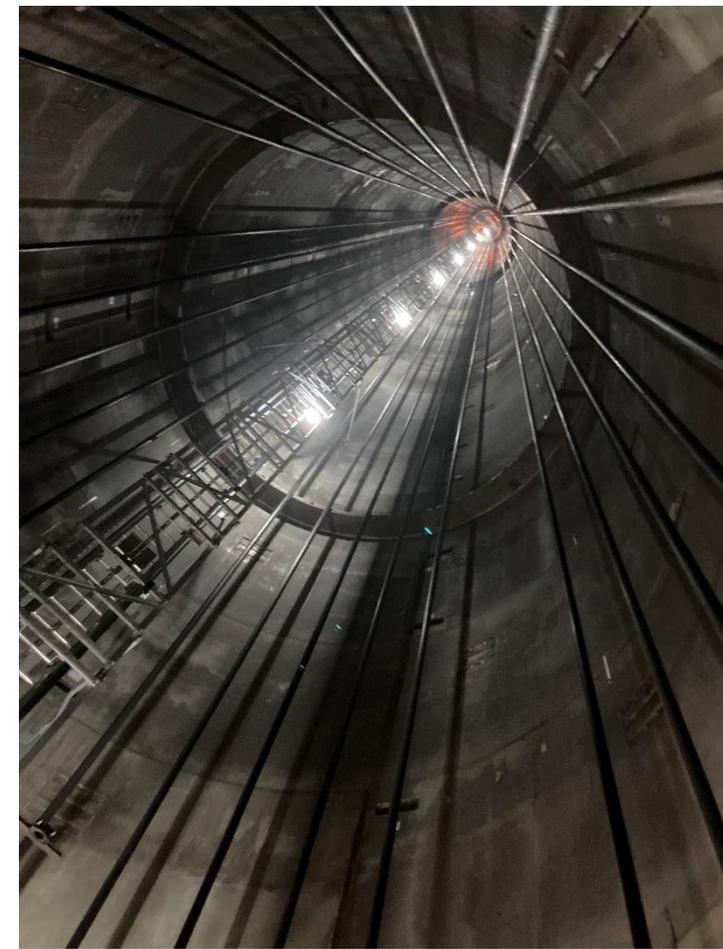
# Anfang und Ende einer WEA



Abb. 22: Betonturm im Fallbett nach erfolgter Sprengung (© Hagedorn Unternehmensgruppe, [www.unternehmensgruppe-hagedorn.de](http://www.unternehmensgruppe-hagedorn.de))



Abb. 18: Mechanischer Rückbau eines Betonturmes (© Hagedorn Unternehmensgruppe, [www.unternehmensgruppe-hagedorn.de](http://www.unternehmensgruppe-hagedorn.de))



Quelle: S. 33/61

[Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen - LABO-Projekt B2.20 \(labo-deutschland.de\)](#)

[Weltpremiere einer Sprengung einer Windkraftanlage, neue Sprengtechnik Demolition - YouTube](#)

[Extreme Demolition Sprengung eines Fundament Windkraftanlage - YouTube](#)

[Weltpremiere beim Rückbau einer Windkraftanlage - Wörmann Team - YouTube](#)

# Einige Neuerungen zur Akzeptanz von WEA



Fa. Parasol ist mit „Passiv-Radar-System“ zertifiziert für einen Überwachungsbereich von 450km<sup>2</sup>.

## Bedarfsgerechte

### Nachtkennzeichnung (BNK):

- Ab 01.01.2023 verpflichtend für Alt- u. Neuanlagen.
- Blinklichter sind bei Nacht generell abgeschaltet. Kein Dauerblinker in der Nacht mehr erlaubt.
- Warnleuchten an WEA werden per Transponder angesteuert von Flugobjekten in Flughöhen von 300 – 600 m im Umkreis von 6 km.
- Das Signal schaltet „Leuchtfeuer“ des ganzen Windparks ein/aus.
- Auch: Detektion ohne Transponder mit abgelenkten Funkwellen (Passiv-Radar-System).

# „Vogelschlag“: NABU u. LAG-VSW

Der NABU **schätzt** ca. 100.000 Schlag-/Vogelopfer/Jahr in Deutschland durch WEA. Bei 30.000 WEA in 2022 in der BRD ergibt das ca. **3,3 Vogelopfer/WEA/Jahr**.

Abstandsempfehlungen des „Helgoländer Papiers“ zu Nestern / Horten von geschützten Arten werden eingehalten.

## Good News:

**Der Rotmilan ist seit 2021 nicht mehr auf der „Roten Liste“ der gefährdeten Tierarten.** (IUCN)

## Schönes Erklär-Video:

[Sind Windräder eine Gefahr für Vögel? | Wild Matters | Quarks - YouTube](#)

[KNE-Antwort 233 Auswirkung von Trudelbetrieb und Blattspitzengeschwindigkeit von Windenergieanlagen auf das Kollisionsrisiko von Vögeln und Fledermäusen - Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende \(naturschutz-energiewende.de\)](#)



## Vogelsterben in Deutschland

### Windkraft als Ursache?

Es stimmt: Windkraftanlagen kosten einigen Vögeln das Leben. Doch das Bild ändert sich, wenn man die Zahlen ins Verhältnis setzt.



# „Vogelschlag“: NABU u. LAG-VSW



## Technische Maßnahmen:

- In Naturschutzgebieten werden grundsätzlich keine WEA genehmigt (BNatSchG).
- Abschaltung während der Flugzeiten pauschal.
- Abschaltung während + nach Bodenbearbeitung.
- Detektion der Vogelart, Erkennung und Berechnung der Flugroute im Abstand von 800 – 1.200 Metern.  
→ Abschaltungssignal an Windpark, wenn nötig.
- Unkritische Blattspitzen-Geschwindigkeit (15-30 km/h = 0,7 Upm = Trudelbetrieb) in 30-45 Sek.
- Ein Storch fliegt 50km/h = 833m/min.

„... **höhere Bauweise** und der dadurch vergrößerte Abstand der Rotorzone zum Boden wie auch zwischen den WEA kann zu einer **Reduktion des Kollisionsrisikos** führen. Allerdings betrifft dies nur WEA-sensible Vogelarten, die überwiegend in vergleichsweise niedrigen Höhen fliegen/jagen und die nicht zu den Thermikseglern zählen.“

Störche und Fledermäuse „unterfliegen“ die Unterseite der Rotoren von neuen, höheren WEA.

# Maßnahmen



„Trudelbetrieb“ in < 1Min.  
Blattspitze 15-30 km/h.

Evtl. Drosselbetrieb

800 - 1.200m ->

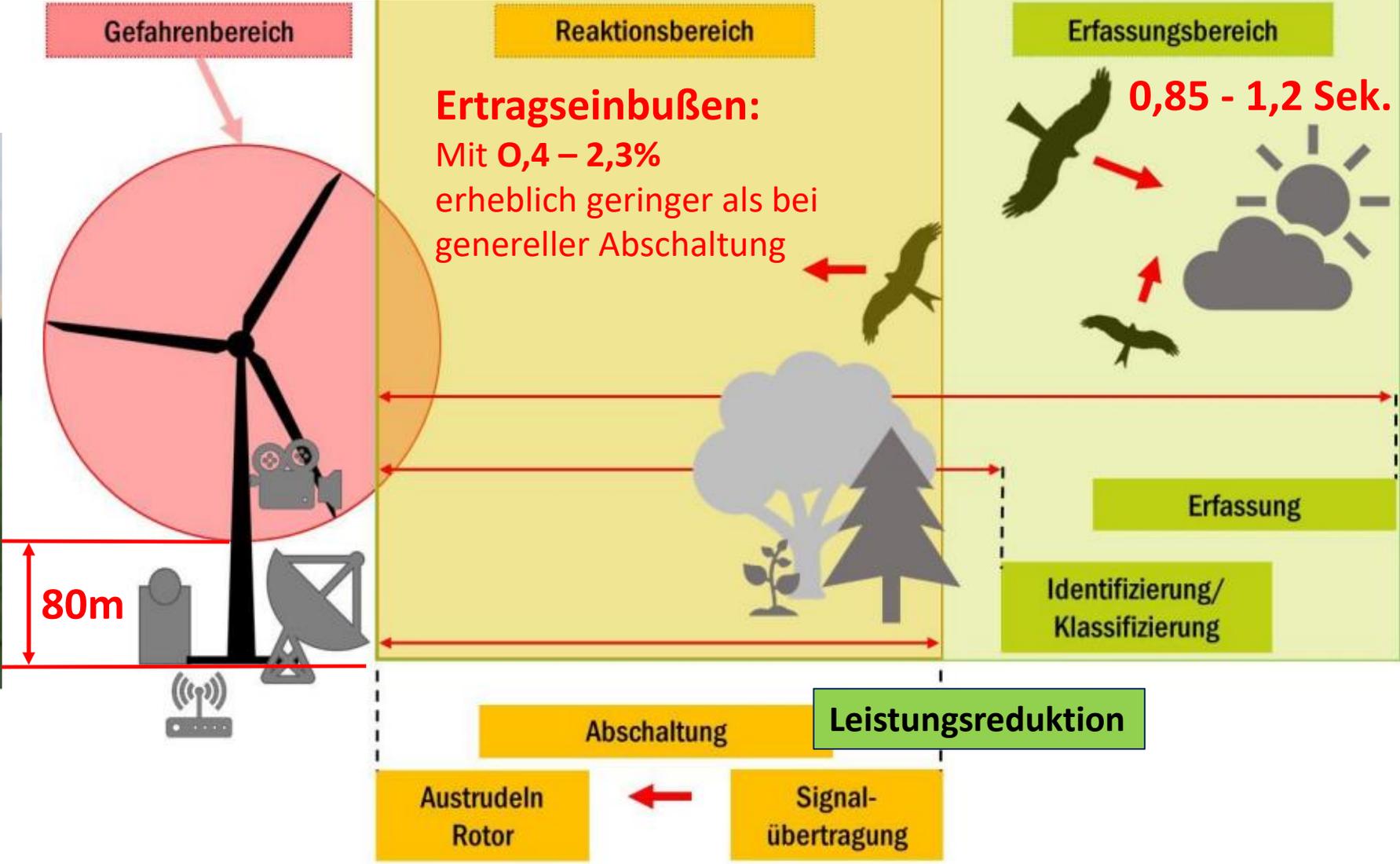


Abbildung 1: Schritte der technischen Detektion und Betriebsregulierung einer Windenergieanlage (schematisch; Quelle: KNE, verändert)

[Stand der Forschung - IdentiFlight® \(e3-identiflight.de\)](http://e3-identiflight.de)

[Vorlage Interne Berichte \(zsw-bw.de\)](http://zsw-bw.de)

[\\*Technische Systeme zur Minderung von Vogelkollisionen an Windenergieanlagen \(bnf.de\)](http://bnf.de)

# Einige Neuerungen zur Akzeptanz von WEA

## Schutz von Fledermäusen:

NABU fordert Ausstattung von WEA mit Schutzmaßnahmen für Vögel und Fledermäuse.



Rufaufzeichnung und Gondel-Monitoring in Studien „ReneBat I-III“ in 2015-2017.

Daraus **abgeleitete Maßnahmen** bei Bedarf:

- Detektion der Fledermaus-Rufe am Turm durch Ultraschallmessung / -erkennung.
- Abschaltung der WEA`s bei Auftreten von Schwärmereignissen / Schwarmflügen.
- Dadurch **Reduktion der „Schlagopfer“ auf 1 Tier/Anlage je 100 Nächte.**
- Prognostizierte Abschaltungen/a werden bei Standortgenehmigung berücksichtigt.

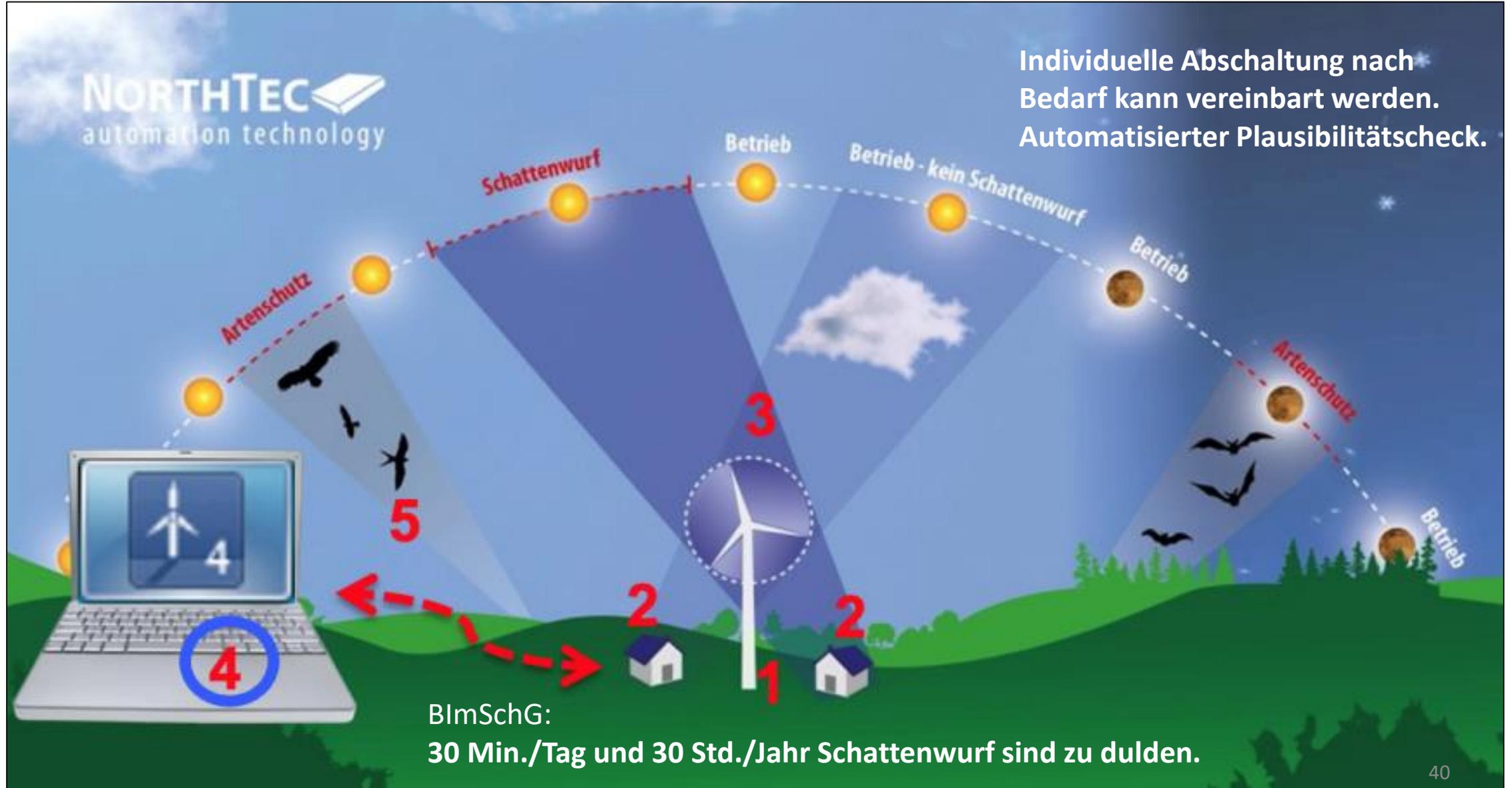
[Fledermäuse und Windräder - NABU](#)

[Fledermausschutz und Windkraft - Teil 3 \(bayern.de\)](#)

[Windenergie und Fledermausschutz - LfU Bayern](#)

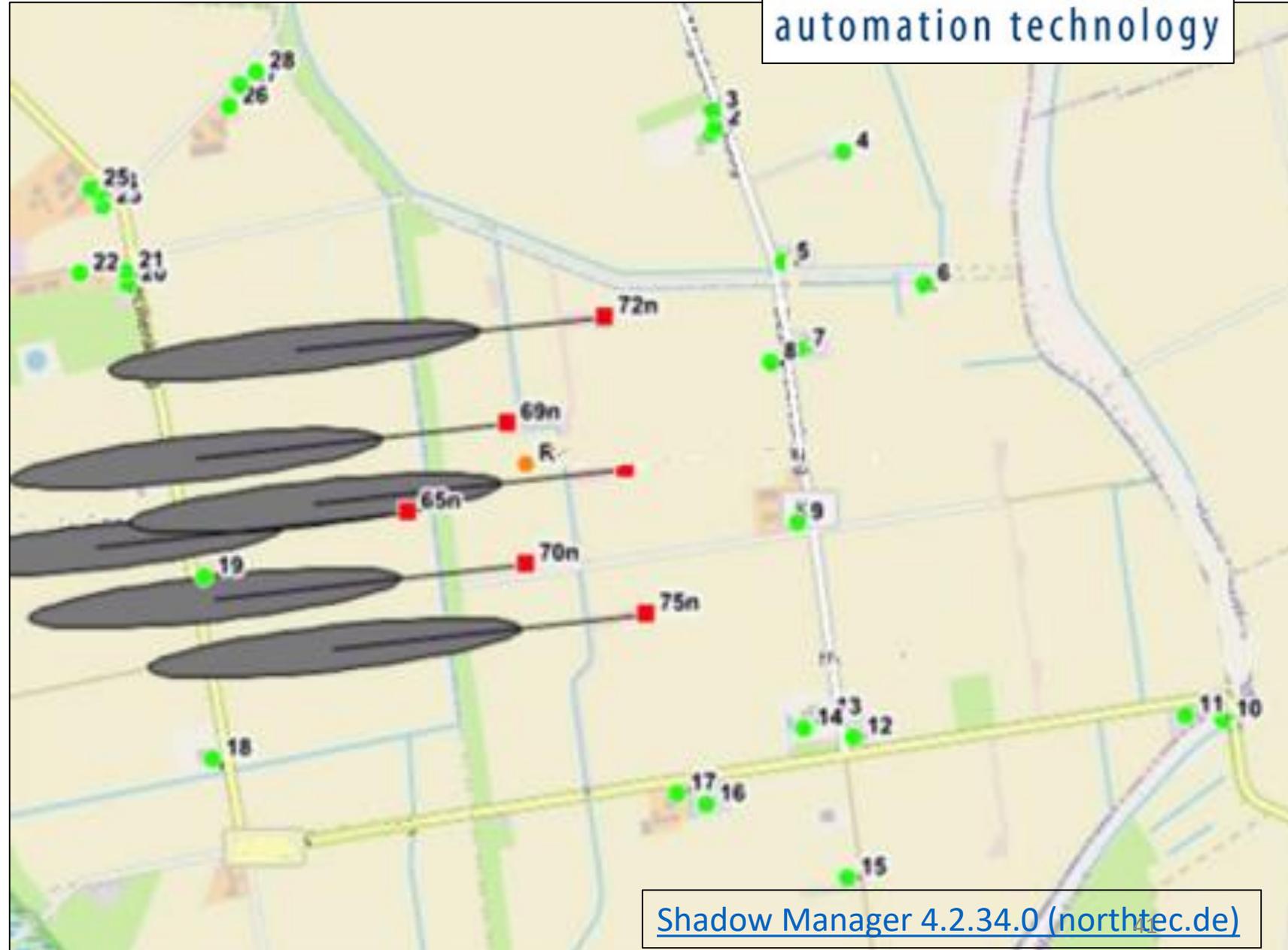
[KNE-Antwort 253 Wissensstand von Schlagopferzahlen bei Vögeln und Fledermäusen durch Windenergieanlagen - Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende \(naturschutz-energiewende.de\)](#)

# Schattenwurf- Simulation

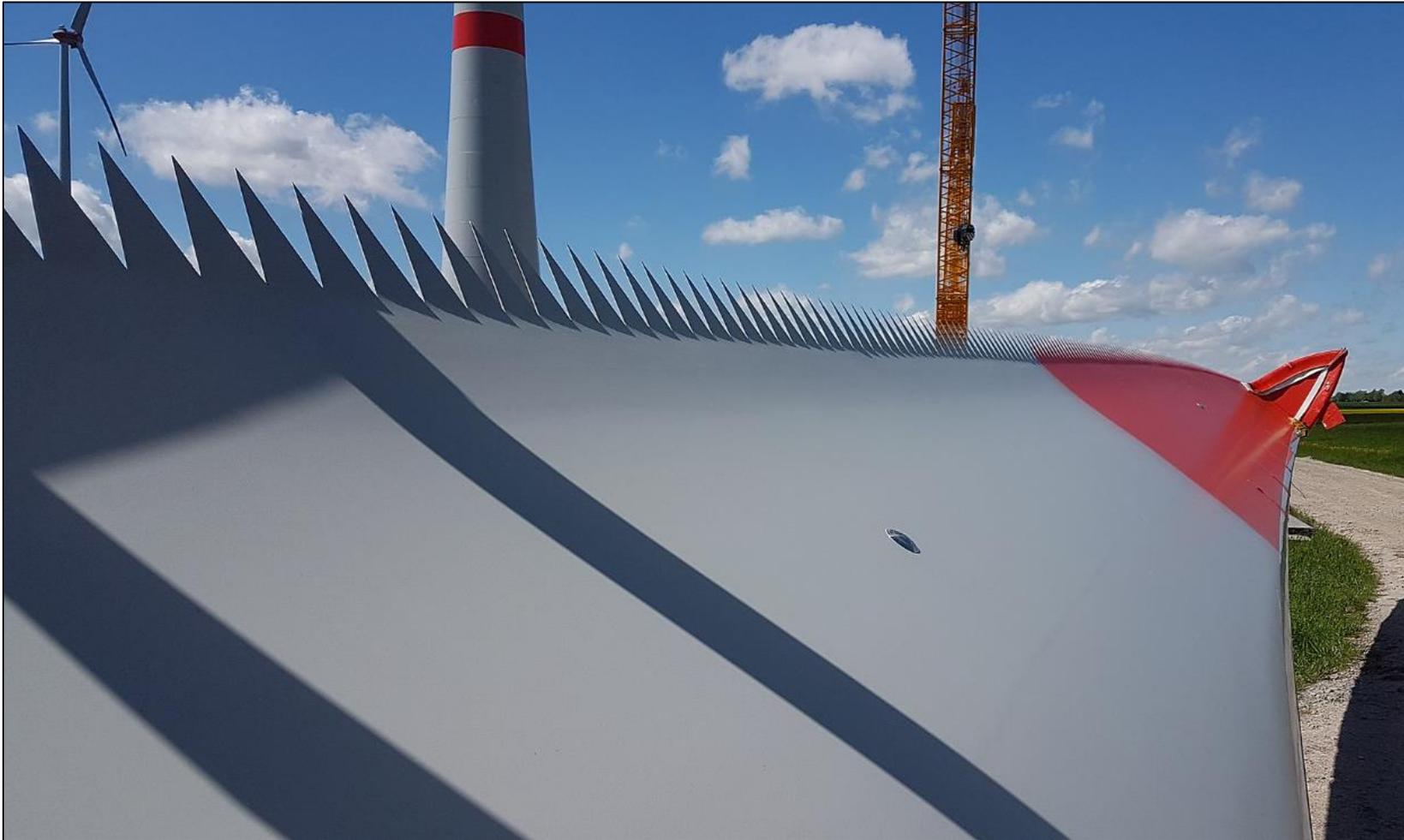


# Schattenwurf- Simulation

- Schattenwurfsimulation ist Teil des Genehmigungsverfahrens.
- Definition zu berücksichtigender Objekte auf der Karte. (~~Scheune~~)
- Zum Beispiel: Automatische Abschaltung nach Sonnenstand, Tages- u. Jahreszeit.
- Nur bei Sonnenschein!
- Auch: Möglichkeit der manuellen Abschaltung durch Hausbesitzer. Verifizierung durch System.
- Aufzeichnung/Speicherung von Gondelstellung und Sonnenstand zur Behandlung von Beschwerden.



# Einige Neuerungen zur Akzeptanz von WEA



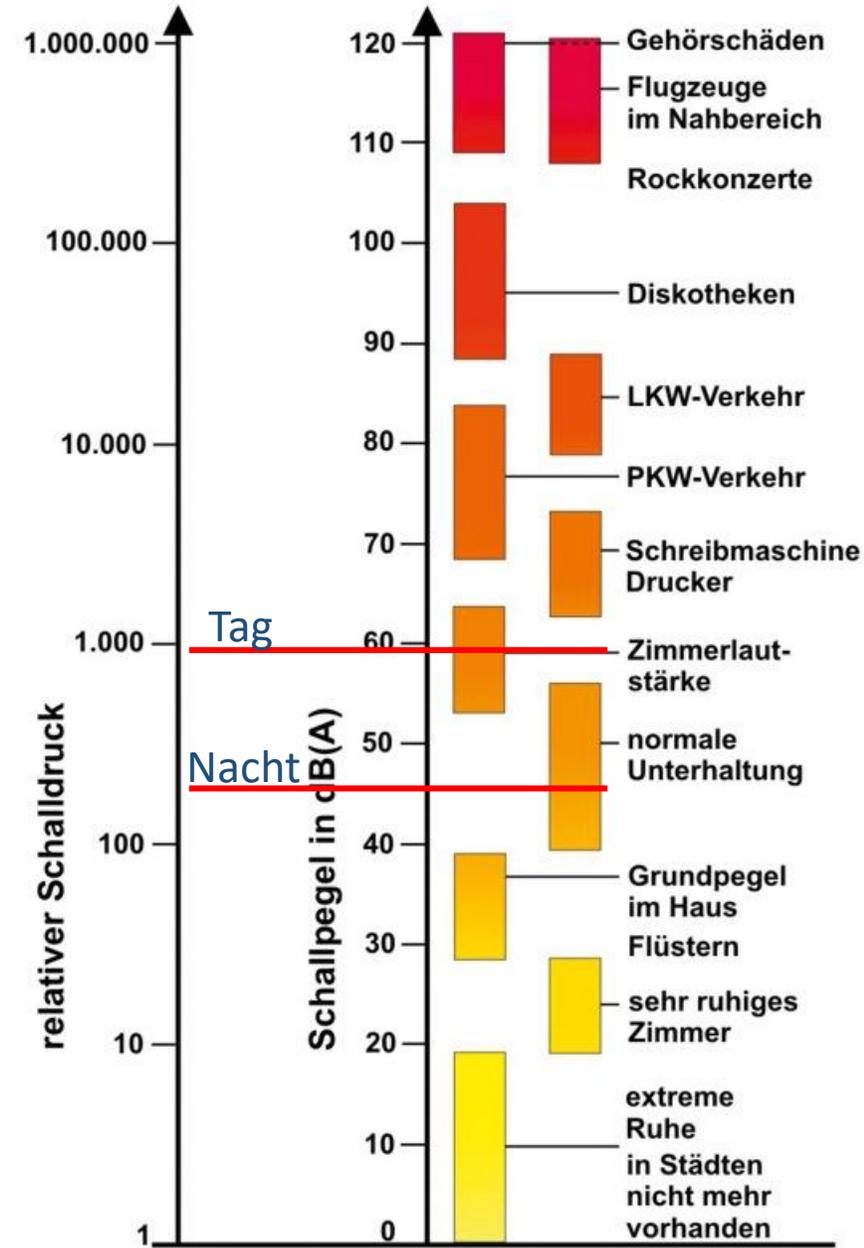
WEA produzieren Betriebsgeräusche von ca. 105dB (hörbarer Schall).  
Diese werden reduziert durch:

- Low-Noise-Serrations (Hinterkantenkammsegment) sind inzwischen Standard.
- Abgebogene Flügelspitzen (wie beim Flugzeug)
- Reduktion und Modulation der Schallemissionen.
- Wenn TA Lärm nicht einzuhalten ist wird reduzierte Leistung z.B. bei Nacht vorgeschrieben.

# Schalldruck-Pegel - 1

Gebietsart	TA Lärm Immissions- richtwerte	16. BImSchV Immissions- grenzwerte
	Tag / Nacht	Tag / Nacht
Industriegebiete	70 / 70	-
Gewerbegebiete	65 / 50	69 / 59
Urbane Gebiete	63 / 45	-
Kerngebiete		64 / 54
Dorf- und Mischgebiete	60 / 45	64 / 54
Besondere Wohngebiete	60 / 40 <sup>(1)</sup>	64 / 49 <sup>(1)</sup>
Allgemeine Wohngebiete	55 / 40	59 / 49
Kleinsiedlungs- gebiete		59 / 49
Reine Wohnge- biete	50 / 35	59 / 49

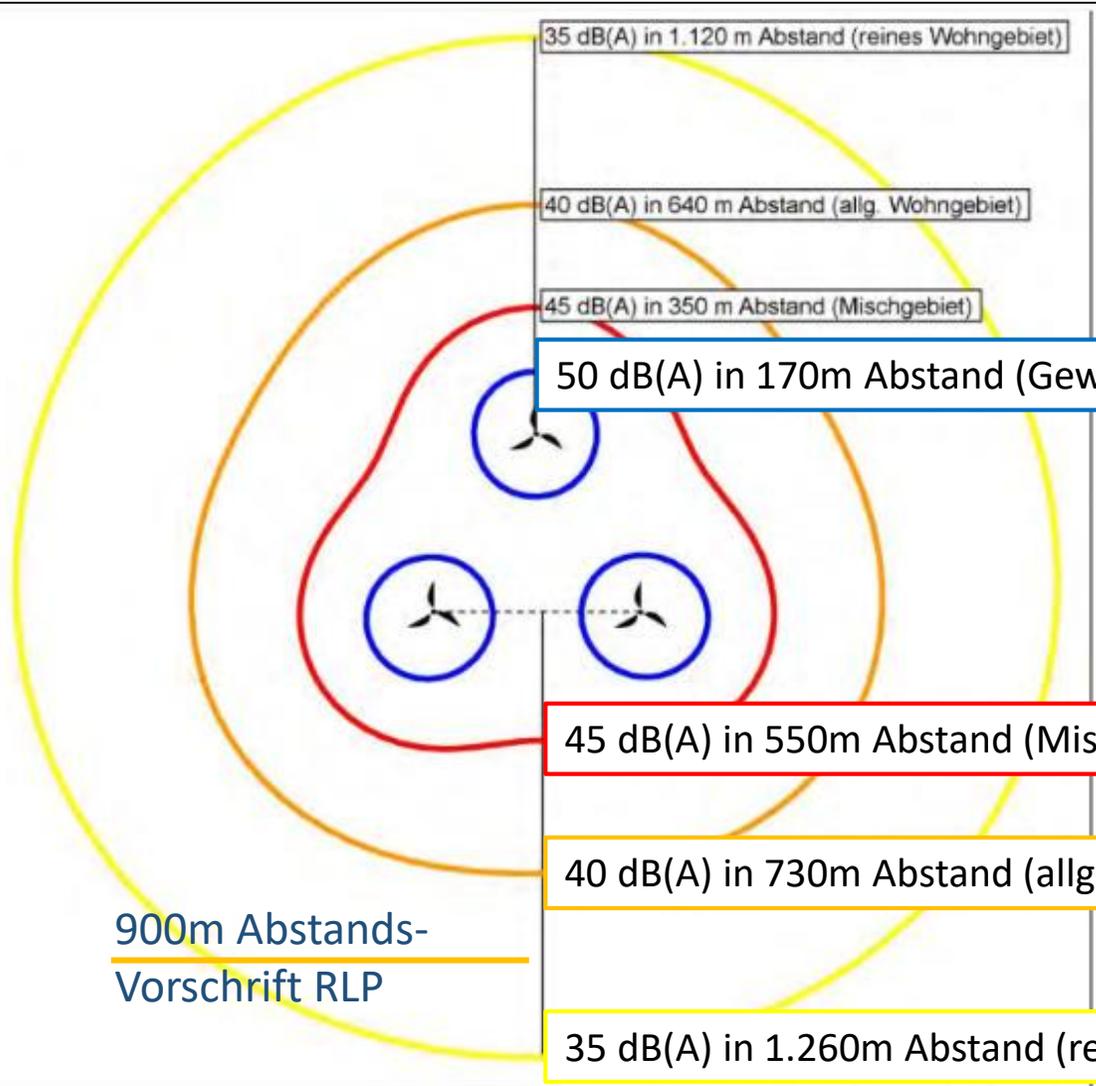
- Die Beurteilung der Lautstärke ist subjektiv: Eine vom Menschen empfundene Verdopplung der Lautstärke (= dB(A)) entspricht etwa einer Pegeländerung des Schalls zwischen 6 dB und 10 dB.



# Schalldruck-Pegel – 2: Physik

Daten Windenergieanlage:  
 Rotordurchmesser: 126 m  
 Nabhöhe: 137 m  
 Schalleistung  $L_{WA}$ : 105,0 dB(A)

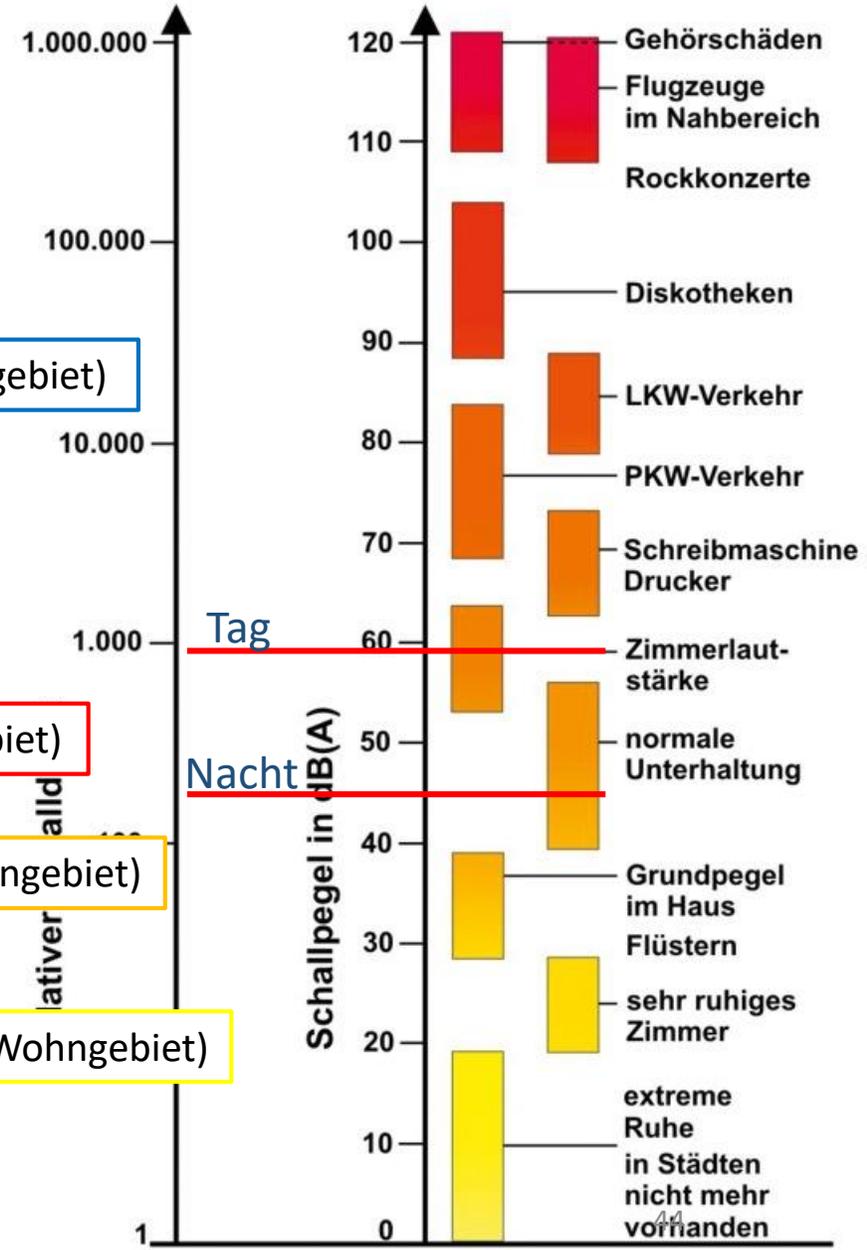
Schallausbreitung: Interimsverfahren  
 Abstände auf 10 m gerundet



PLANUNGSBÜRO  
**PISKE**

**LU:W**

900m Abstands-  
 Vorschrift RLP

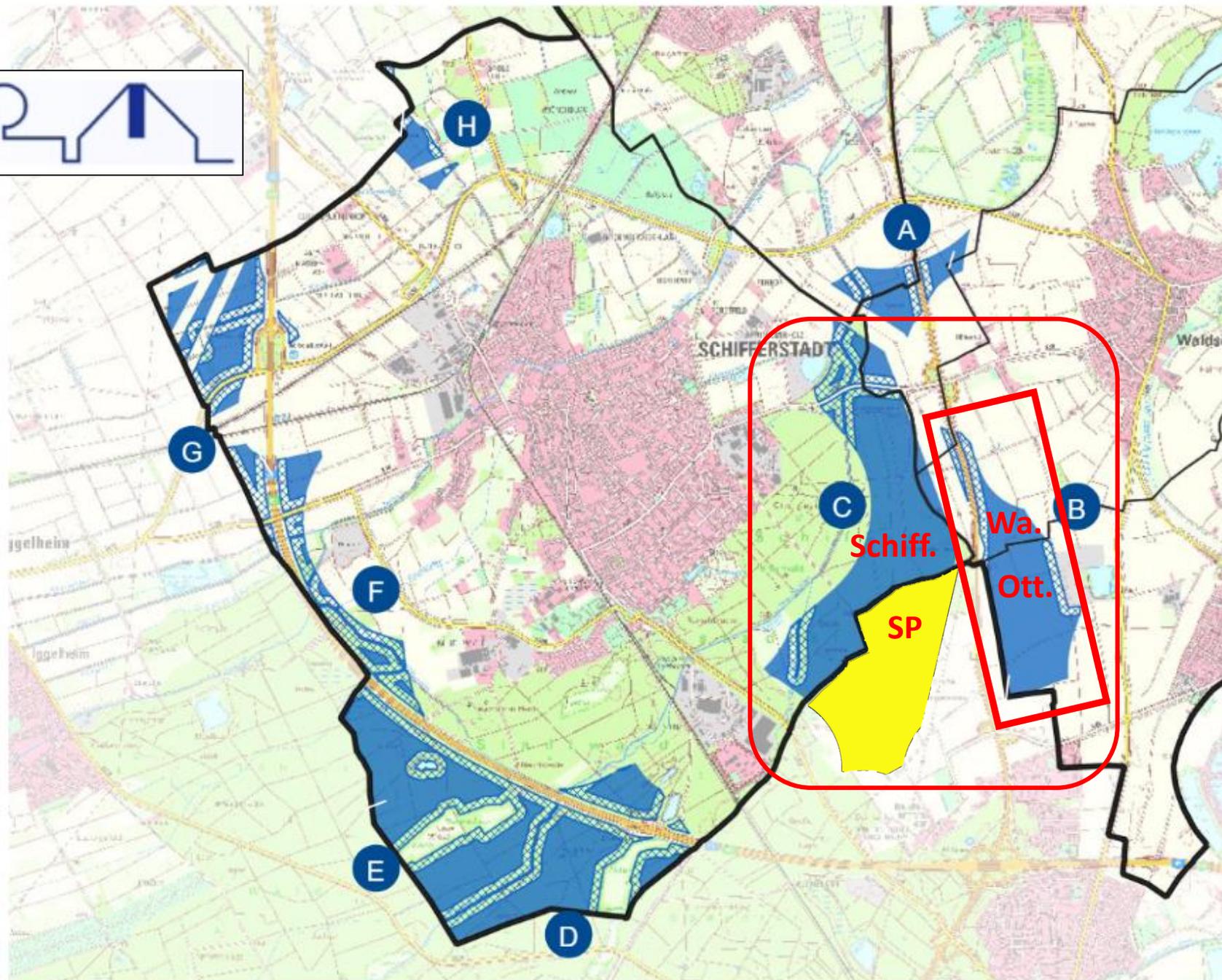


Schallimmissionsprognose für einen Windpark aus drei Windenergieanlagen im Dreieck. Aus: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), 2016, Messprojekt „Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen“

# Agenda:

- **Blitzumfrage**
- **Grundlagen zur Windkraft in Deutschland**
- **Was können Windenergieanlagen heute?**  
Fakten zur Technik, zum Schutz von Mensch, Umwelt und Natur.
  - Flächenversiegelung, Zuwegung, Aufbau und Rückbau.
  - Lärm, Infraschall, Nachtkennzeichnung.
  - Schutz von Vögeln und Fledermäusen. Flugzeuge etc..
- **Mögliche Vorteile für Dorf und Bürger**
- **Erfahrungen mit Windenergieanlagen:**  
Bürgermeister und Gemeinderäte aus dem Umland kommen zu Wort.
- **Diskussion**

Abbildung 18: Bezeichnung Potenzialflächen



# Beispiel: Windpark Römerberg, SWS

## WINDPARK-PLANUNG

### Windparkdaten

- voraussichtlich 5 Anlagen der 6-MW-Klasse
- 30 MW elektrische Leistung
- Investitionsvolumen: 40 Mio. €
- Jahresstromproduktion: 12,5 Mio. kWh/WEA
  - bei 5 WEA: 62,5 Mio. kWh
- Jahreserlöse (abhängig von Zuschlagspreis nach EEG) ca. 5 Mio. €

## Rechnung für 1 WEA:

12,5 Mio. kWh/a/WEA x 0,2 cent/kWh = 25.000 € /a/1 WEA  
aufzuteilen auf den **Flächenanteil der einzelnen Gemeinden im Umkreis von 2,5 km um jede einzelne WEA.**

**Plus Gewerbesteuer, wenn die Betreibergesellschaft ihren Sitz in Otterstadt hat.**

## WINDPARK-PLANUNG

### General Electric GE6.0-164

- Rotordurchmesser: 164 m
- Nabhöhe: 167 m
- Gesamthöhe: 249 m
- Nennleistung: 6,0 MW



## PACHTKONZEPT

### Beteiligungsmöglichkeiten Gemeinde

- Sitz der Betreibergesellschaft in Römerberg
  - 100 % der Gewerbesteuereinnahmen verbleiben vor Ort
- Wegenutzungs- und Kabelentgelt
- Abgabe von 0,2 cent/kWh an Gemeinden in direkter Nähe zum Windpark gemäß § 6 EEG, u.a. an Römerberg, Dudenhofen, Harthausen, Schwegenheim und Lingenfeld

# Fläche B\*

Mögliche in 1. Schritt zu entwickelnde Fläche: 

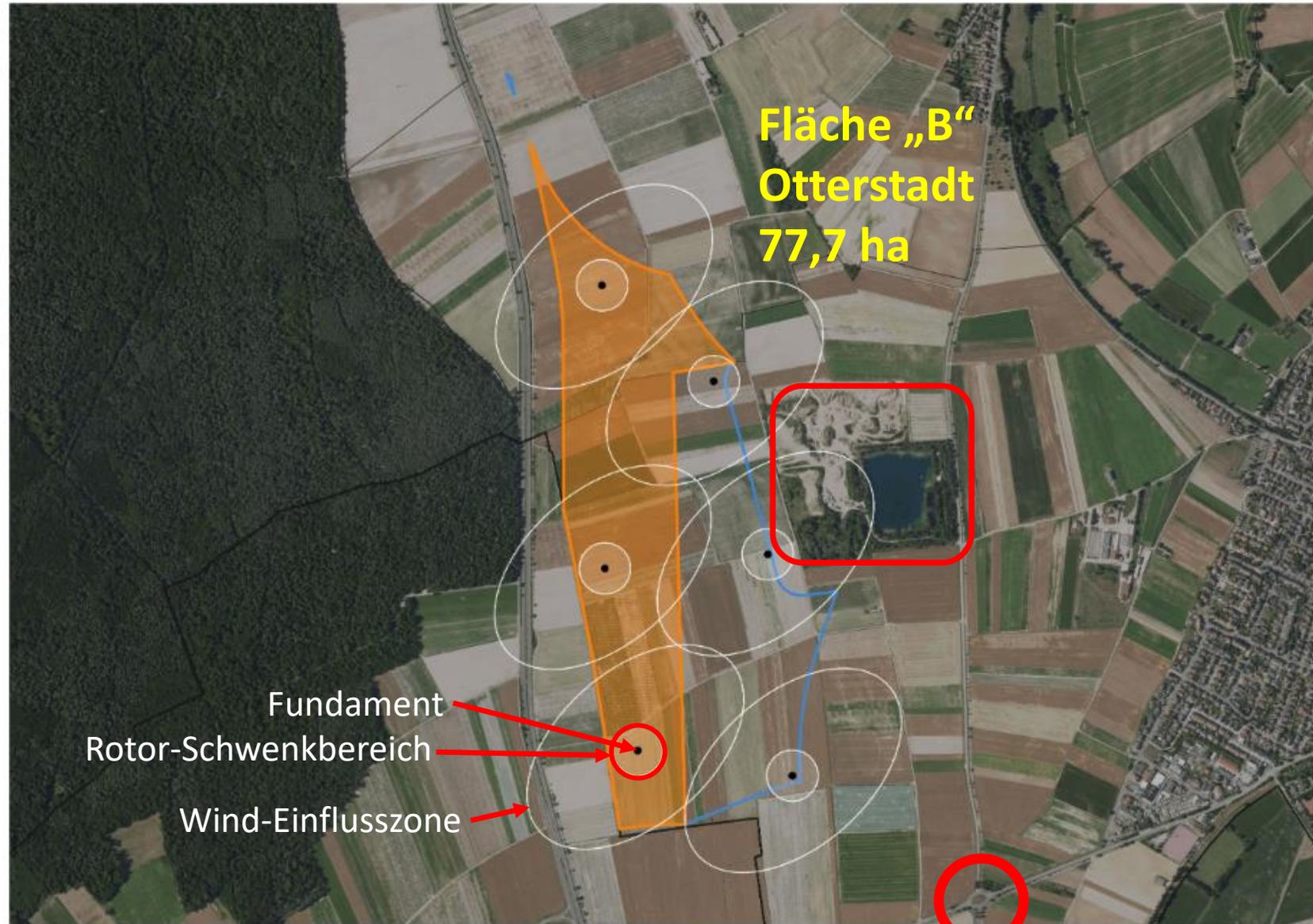
Mögliche in 2. Schritt zu entwickelnde Fläche: 

Die exemplarisch dargestellten Anlagen orientieren sich mit 140m Rotordurchmesser, an der durchschnittlich realisierten Anlagengröße in Rheinland-Pfalz im Jahr 2022. Die genaue realisierbare Anzahl und Abstände sind zu prüfen und hängen von der tatsächlich realisierten Anlagengröße ab.



## Fläche B:

Gesamt 77,7 ha / 6 WEA á 3.500m<sup>2</sup> = **2,7% der Fläche** entfallen für die landwirtschaftliche Nutzung. Dafür gibt's **Strom für ca. 24.000 Haushalte.**



# Fläche B\*

Mögliche in 1. Schritt zu entwickelnde Fläche:



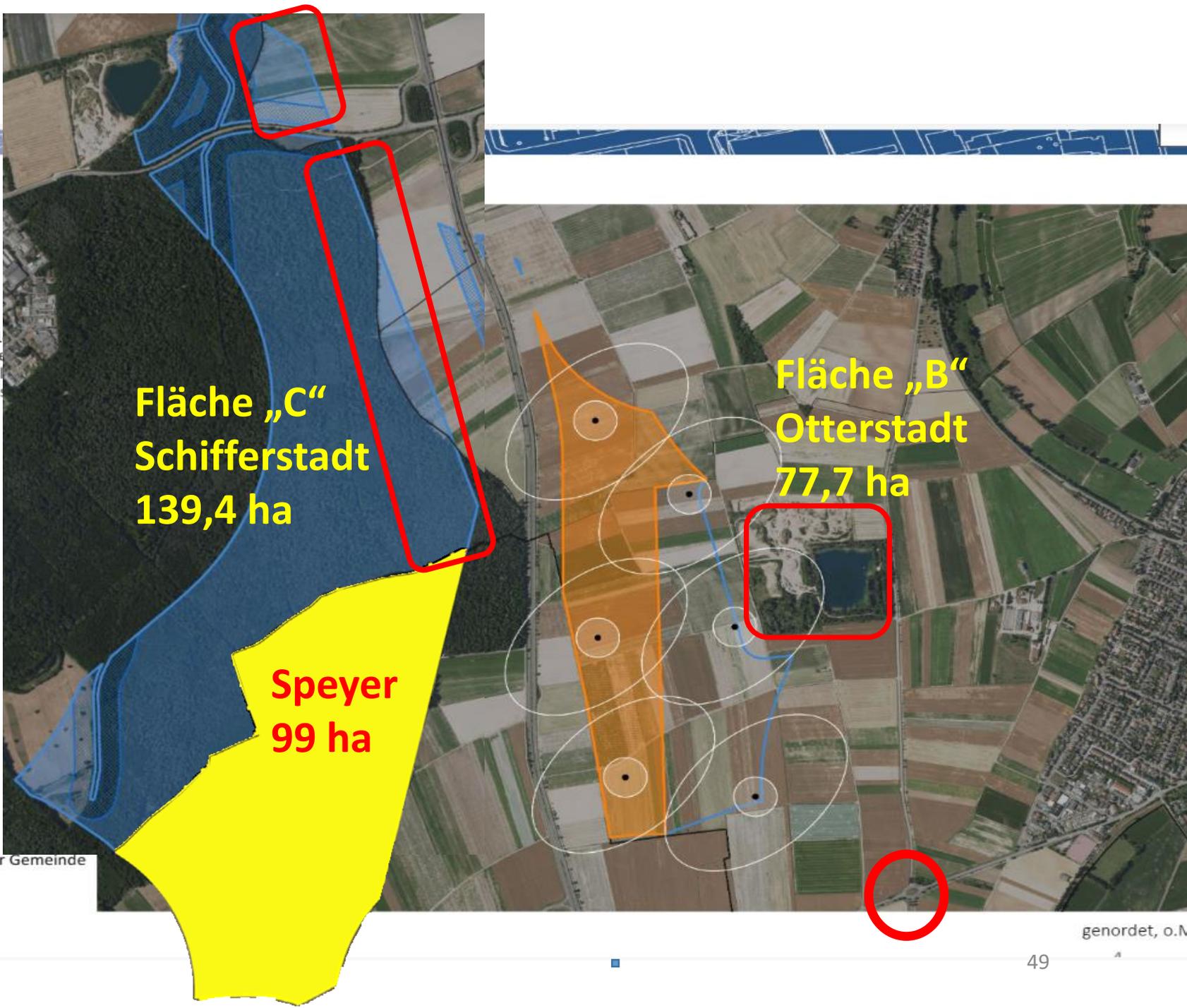
Mögliche in 2. Schritt zu entwickelnde Fläche:



Die exemplarisch dargestellten Anlagen orientieren sich mit 1 m Rotordurchmesser, an der durchschnittlich realisierten Anlage Rheinland-Pfalz im Jahr 2022. Die genaue realisierbare Anzahl Abstände sind zu prüfen und hängen von der tatsächlich realisierten Anlagengröße ab.

Gesamte Potenzialfläche:

„B“ + „C“ + „Speyer“ = 316 ha



**Fläche „C“  
Schifferstadt  
139,4 ha**

**Fläche „B“  
Otterstadt  
77,7 ha**

**Speyer  
99 ha**

\*Die Aufteilung der Flächen ist in dieser Form auf Wunsch der Gemeinde erfolgt. Sie stellt keine Flächenbewertung dar.

# Zum Mitnehmen: Fakten

## 1. Flächenverbrauch:

Windkraft ist die effizienteste Energieform je ha, besser als Kohle und PV-FFA.  
Bis zu 97% der Fläche eines Windparks steht der Landwirtschaft weiter zur Verfügung.

## 2. Schall: WEA sind leiser als A61 und B9. TA Lärm muss eingehalten werden. → Genehmigungsverfahren

## 3. Infraschall: Unterhalb der Wahrnehmungsschwelle. → Genehmigungsverfahren

## 4. Kollisionsgefahr Vögel / Fledermäuse:

Geringe Opferzahlen im Vergleich zu Gebäude, Verkehr, ... Es gibt technische Mittel, das Tötungsrisiko noch weiter zu minimieren. → Gegenstand des Genehmigungsverfahrens.

## 5. Schattenwurf:

Es gibt technische Möglichkeiten, die Belästigung zu minimieren.  
→ Ist Gegenstand des Genehmigungsverfahrens.

## 6. Rückbau / Recycling: §35 Bundesbaugesetz schreibt 100% Rückbau und Entsiegelung vor. Finanzielle Absicherung des Rückbaus durch Bankbürgschaft. Recyclingquote: >88%.

## 7. Produziert ca. 312,5 Mio. kWh Strom, vermeidet bis zu 187.500 t CO<sub>2</sub> in ihrem „Leben“ (25 Jahre).

# Darüber hinaus:

1. Wir brauchen keine Energiekrise à la Putin mehr! Wir wollen kein Öl von Autokraten.
2. Wir brauchen sicheren, sauberem Strom.
3. Wir wollen Autarkie. Wir brauchen: Verlässliche Partnerschaften im europäischen Verbund.
4. Wir haben Glück mit unserem Standort: Wir haben genug Wind. Wir können uns selbst versorgen - und andere mit.
5. Windstrom und Photovoltaik sind günstig. Wir können bares Geld sparen.
6. Windkraft macht keinen Dreck, keinen Atommüll, kaum CO<sub>2</sub>.
7. Wir haben uns an Strommasten gewöhnt. Warum nicht auch an WEA?
8. Bis es was Besseres gibt, sind Wind und PV erst mal das Beste. Sie sind jetzt verfügbar.
9. Bis dahin: Tun wir das Beste – für unsere Kinder, unsere Enkel.

Angesichts dessen, was auf uns, unsere Kinder und Enkel zukommt, müssen wir alle, jeder einzelne von uns, überlegen, ob ein paar Windräder am Horizont uns wirklich stören.

**Danke**



# Agenda:

- **Blitzumfrage**
- **Grundlagen zur Windkraft in Deutschland**
- **Was können Windenergieanlagen heute?**  
Fakten zur Technik, zum Schutz von Mensch, Umwelt und Natur.
  - Flächenversiegelung, Zuwegung, Aufbau und Rückbau.
  - Lärm, Infraschall, Nachtkennzeichnung.
  - Schutz von Vögeln und Fledermäusen. Flugzeuge etc..
- **Mögliche Vorteile für Dorf und Bürger**
- **Erfahrungen mit Windenergieanlagen:**  
**Bürgermeister und Gemeinderäte aus dem Umland kommen zu Wort.**
- **Diskussion**

# Erfahrungen mit Windenergieanlagen:

Bürgermeister und Gemeinderäte aus dem Umland kommen zu Wort.



**Matthias Hoffmann**

Bürgermeister Römerberg

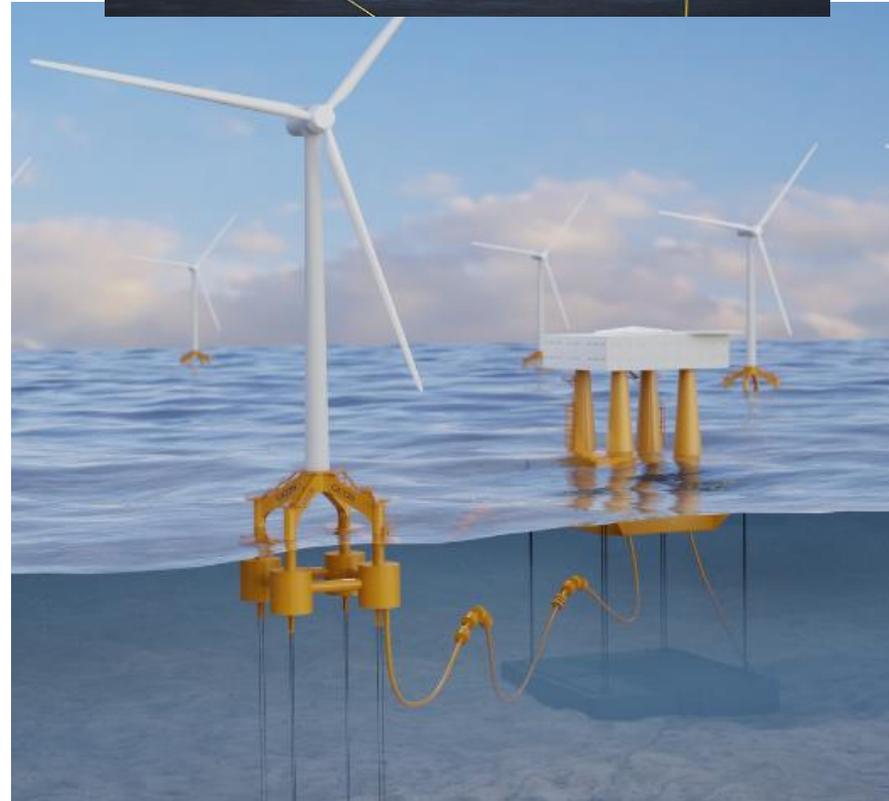
# Agenda:

- **Blitzumfrage**
- **Grundlagen zur Windkraft in Deutschland**
- **Was können Windenergieanlagen heute?**  
Fakten zur Technik, zum Schutz von Mensch, Umwelt und Natur.
  - Flächenversiegelung, Zuwegung, Aufbau und Rückbau.
  - Lärm, Infraschall, Nachtkennzeichnung.
  - Schutz von Vögeln und Fledermäusen. Flugzeuge etc..
- **Mögliche Vorteile für Dorf und Bürger**
- **Erfahrungen mit Windenergieanlagen:**  
Bürgermeister und Gemeinderäte aus dem Umland kommen zu Wort.
- **Diskussion**

# Back-up

Nicht gezeigte Folien

# Neue Entwicklungen: Schwimmende Offshore-WEA für große Wassertiefen: >15 MW.



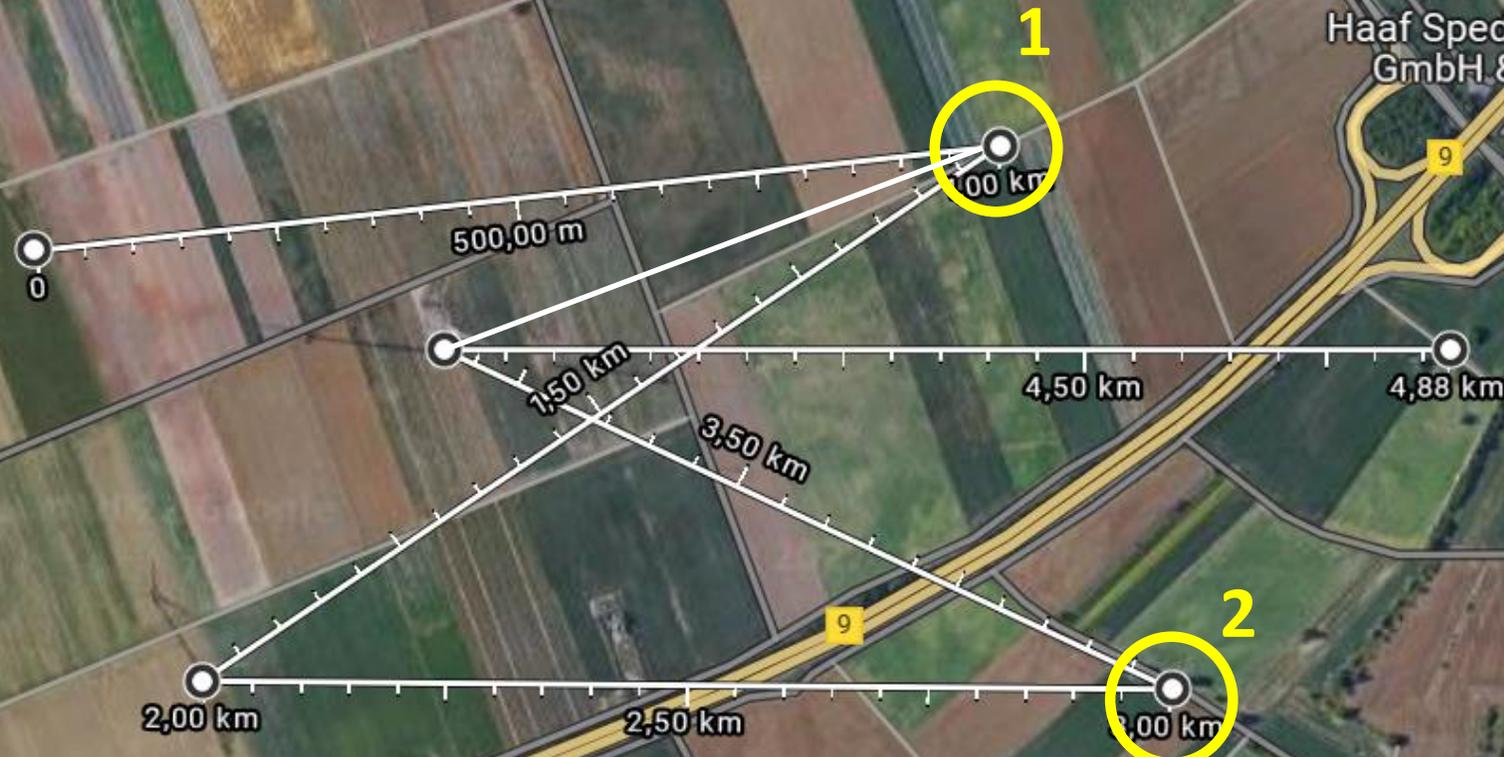
# Ansichten der WEA von Römerberg Richtung Haardt



Entfernung messen  
Klicke auf die Karte, um den Pfad einzufügen.  
Entfernung gesamt: 4,88 km (3,03 mi)



# Ansichten der WEA von Römerberg Richtung Haardt



Entfernung messen  
Klicke auf die Karte, um den Pfad einzufügen.  
Entfernung gesamt: 4,88 km (3,03 mi)

Ebenen

## Blick von 1



**Ansichten der WEA von Römerberg Richtung Haardt: Abstand vordere WEA (am Strommast) ca. 600m, andere ca. 1.000m**

**Blick  
von 2**



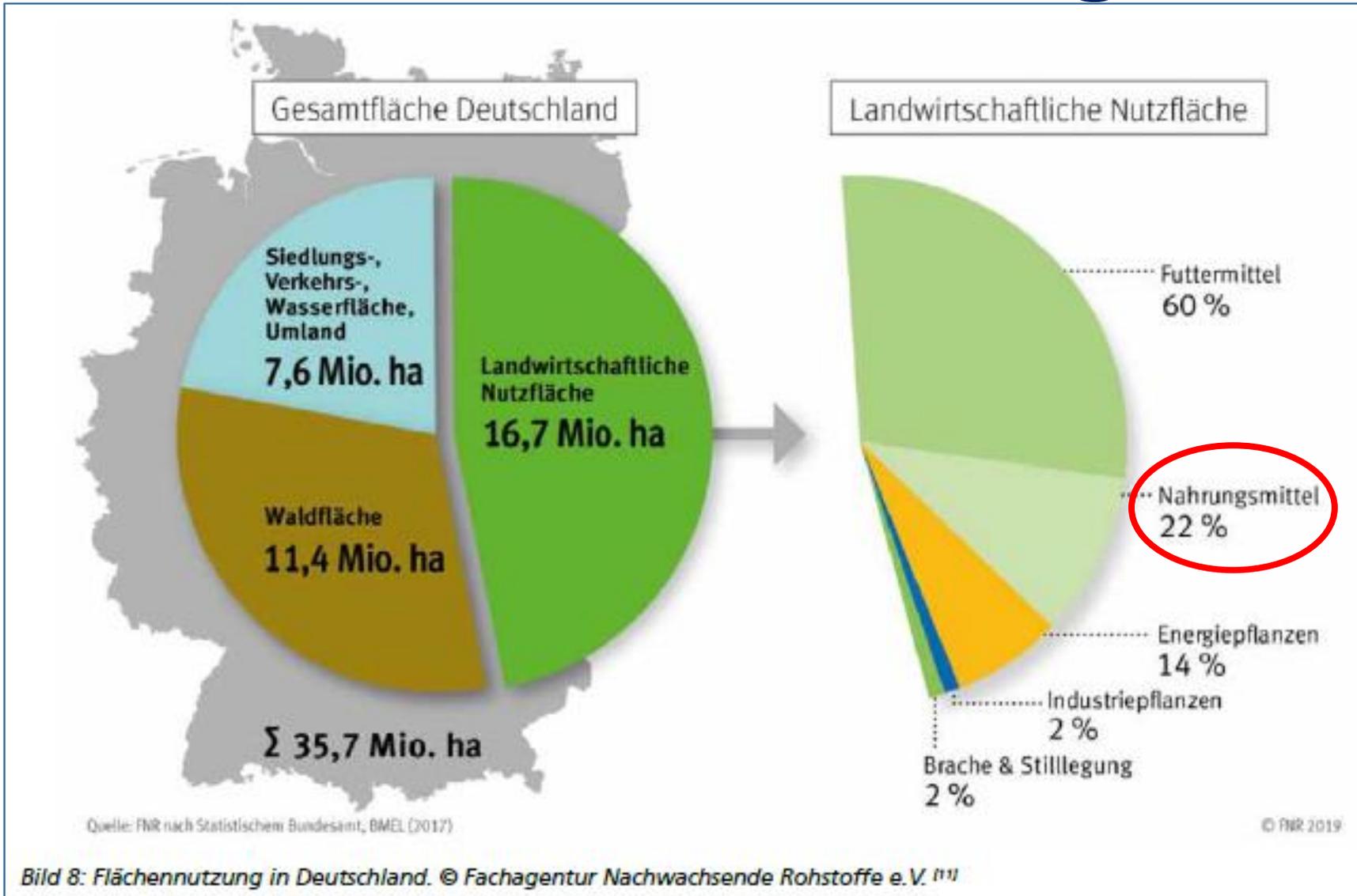
**Ansichten der WEA von Römerberg Richtung Haardt: Abstand ca. 1.000m**

**Blick  
von 2  
Zoom**



**Ansichten der WEA von Römerberg Richtung Haardt: Abstand ca. 1.000m, gezoomt.**

# Flächenverbrauch: Energie / Nahrungsmittel



Nur **22%** der landwirtschaftlich bebauten Flächen werden für die direkte Ernährung von Menschen genutzt.

**97%** der Fläche eines Windparks bleiben für die landwirtschaftliche Nutzung erhalten.

**Eine** einzige WEA mit 6 MW Leistung macht Strom für ca. **4.000 Haushalte** in der Pfalz.

**WEA sind die effektivsten Energieerzeuger je m<sup>2</sup> genutzter Bodenfläche – besser als PV und Kohle.**

# Flächenverbrauch



Der BUND geht von maximal **0,5 ha** Flächenverbrauch je WEA im **Wald** aus – inklusive Zuwegung.

[Windenergie – das Arbeitspferd der Energiewende – BUND e.V.](#)

Quelle: S. 37 [Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen - LABO-Projekt B2.20 \(labo-deutschland.de\)](#)

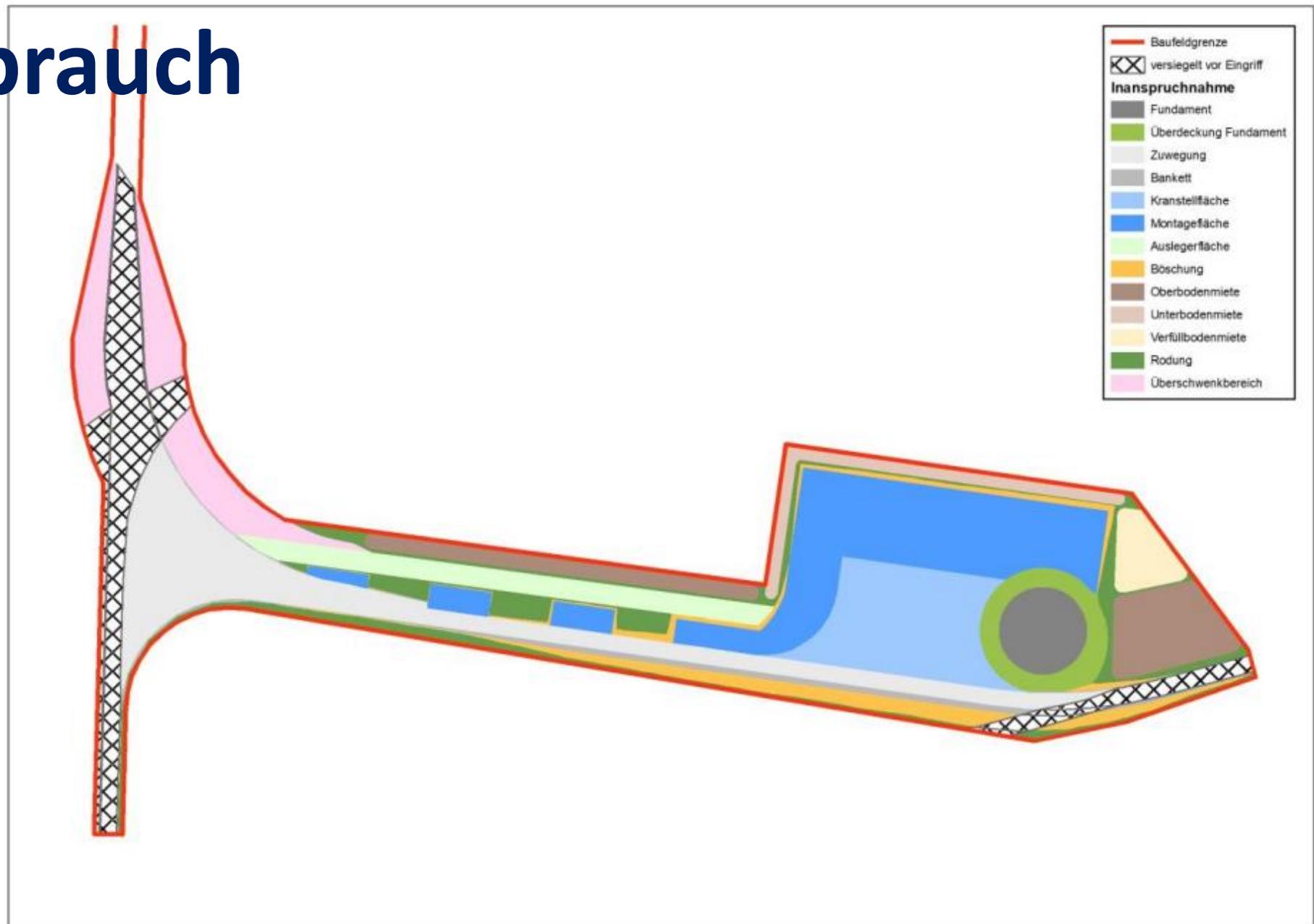


Abb. 20: Planbeispiel für eine Spezifizierung dauerhaft und temporär in Anspruch genommener Teilflächen bei Errichtung bzw. Betrieb einer Windenergieanlage

## Kumulierte Leistung und Anlagenanzahl in den Bundesländern

Kumulierter Anlagenbestand* (30.06.2023)					
Bundesland	Kumulierte Leistung	Kumulierte Anzahl	Anteil	Leistung je km <sup>2</sup>	WEA je km <sup>2</sup>
Niedersachsen	12.268 MW	6.149 WEA	21%	257 kW/km <sup>2</sup>	0,13 WEA/km <sup>2</sup>
Brandenburg	8.403 MW	4.010 WEA	14%	283 kW/km <sup>2</sup>	0,14 WEA/km <sup>2</sup>
Schleswig-Holstein	7.987 MW	3.158 WEA	13%	505 kW/km <sup>2</sup>	0,20 WEA/km <sup>2</sup>
Nordrhein-Westfalen	6.901 MW	3.598 WEA	12%	202 kW/km <sup>2</sup>	0,11 WEA/km <sup>2</sup>
Sachsen-Anhalt	5.372 MW	2.790 WEA	9%	263 kW/km <sup>2</sup>	0,14 WEA/km <sup>2</sup>
Rheinland-Pfalz	3.956 MW	1.769 WEA	7%	199 kW/km <sup>2</sup>	0,09 WEA/km <sup>2</sup>
Mecklenburg-Vorpommern	3.599 MW	1.835 WEA	6%	154 kW/km <sup>2</sup>	0,08 WEA/km <sup>2</sup>
Bayern	2.629 MW	1.149 WEA	4%	37 kW/km <sup>2</sup>	0,02 WEA/km <sup>2</sup>
Hessen	2.462 MW	1.162 WEA	4%	117 kW/km <sup>2</sup>	0,06 WEA/km <sup>2</sup>
Thüringen	1.797 MW	863 WEA	3%	111 kW/km <sup>2</sup>	0,05 WEA/km <sup>2</sup>
Baden-Württemberg	1.774 MW	783 WEA	3%	50 kW/km <sup>2</sup>	0,02 WEA/km <sup>2</sup>
Sachsen	1.321 MW	875 WEA	2%	72 kW/km <sup>2</sup>	0,05 WEA/km <sup>2</sup>
Saarland	535 MW	216 WEA	1%	208 kW/km <sup>2</sup>	0,08 WEA/km <sup>2</sup>
Bremen	201 MW	87 WEA	0%	479 kW/km <sup>2</sup>	0,21 WEA/km <sup>2</sup>
Hamburg	122 MW	67 WEA	0%	161 kW/km <sup>2</sup>	0,09 WEA/km <sup>2</sup>
Berlin	17 MW	6 WEA	0%	19 kW/km <sup>2</sup>	0,01 WEA/km <sup>2</sup>
<b>Deutschland</b>	<b>59.343 MW</b>	<b>28.517 WEA</b>		<b>166 kW/km<sup>2</sup></b>	<b>0,08 WEA/km<sup>2</sup></b>

\* mit einer Mindestleistung von > 100 kW

## Durchschnittliche installierte Anlagenkonfiguration in den Bundesländern

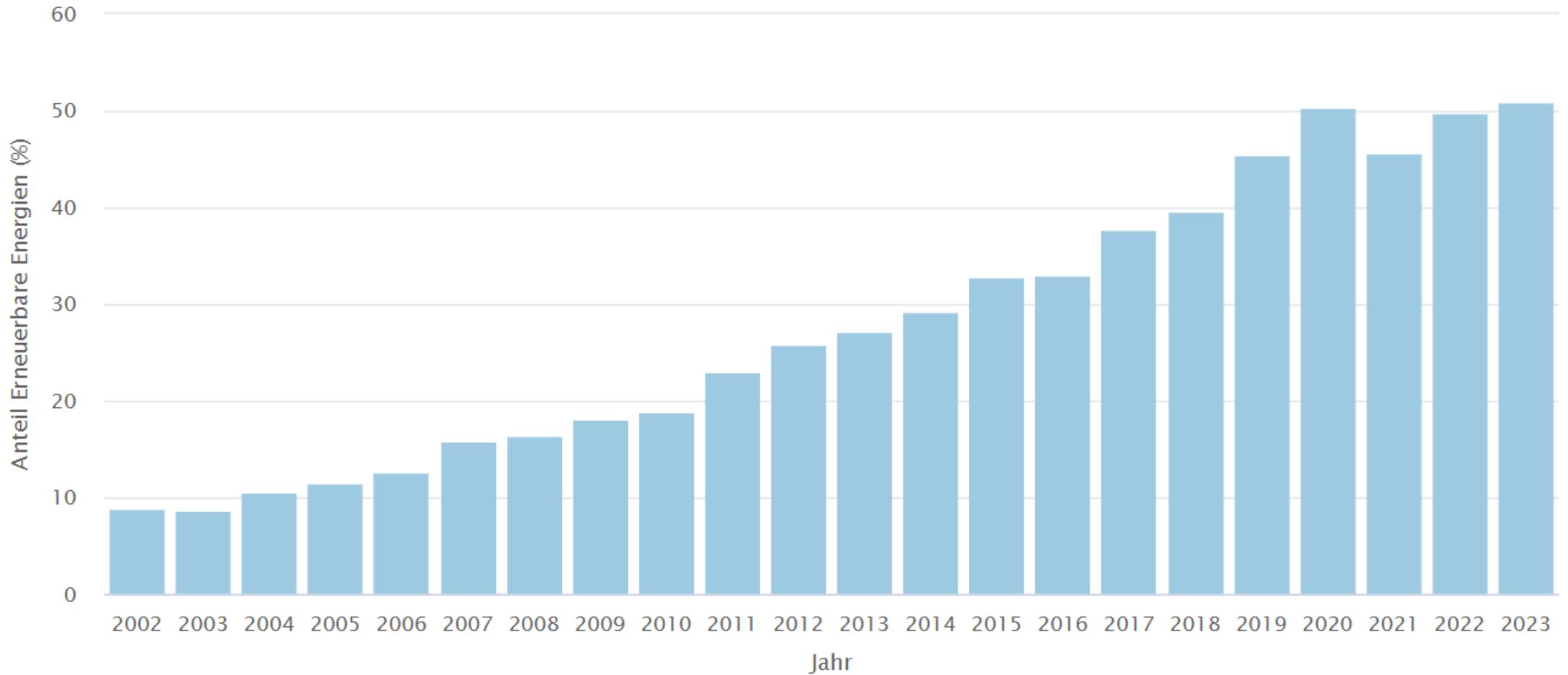
<b>Zubau H1 2023</b>	<b>Durchschnittliche Anlagenkonfiguration der neu installierten Anlagen</b>				
<b>Bundesland</b>	<b>Anlagen- anzahl</b>	<b>Anlagenleistung</b>	<b>Rotordurch- messer</b>	<b>Nabenhöhe</b>	<b>Gesamthöhe</b>
Schleswig-Holstein	125 WEA	4.774 kW	138 m	110 m	179 m
Niedersachsen	52 WEA	5.128 kW	151 m	153 m	228 m
Nordrhein-Westfalen	45 WEA	4.525 kW	140 m	146 m	216 m
Brandenburg	28 WEA	5.288 kW	148 m	156 m	230 m
Rheinland-Pfalz	22 WEA	4.075 kW	134 m	145 m	212 m
Hessen	19 WEA	4.695 kW	141 m	156 m	227 m
Sachsen-Anhalt	11 WEA	5.264 kW	149 m	158 m	233 m
Mecklenburg-Vorpommern	12 WEA	4.108 kW	139 m	155 m	224 m
Baden-Württemberg	8 WEA	3.825 kW	134 m	152 m	219 m
Bayern	5 WEA	3.660 kW	136 m	155 m	223 m
Saarland	4 WEA	3.600 kW	131 m	134 m	200 m
Thüringen	0 WEA	-	-	-	-
Berlin	0 WEA	-	-	-	-
Bremen	0 WEA	-	-	-	-
Hamburg	0 WEA	-	-	-	-
Sachsen	0 WEA	-	-	-	-
<b>Deutschland</b>	<b>331 WEA</b>	<b>4.727 kW</b>	<b>141 m</b>	<b>136 m</b>	<b>206 m</b>

**Zur Erinnerung:**  
 Ziel der BRD zur Erreichung der  
 Klimaziele: 2.000 neue WEA je Jahr!  
 Das sind 4-5 WEA am Tag!



# Jährlicher Anteil Erneuerbarer Energien an der öffentlichen Stromerzeugung in Deutschland

Energetisch korrigierte Werte

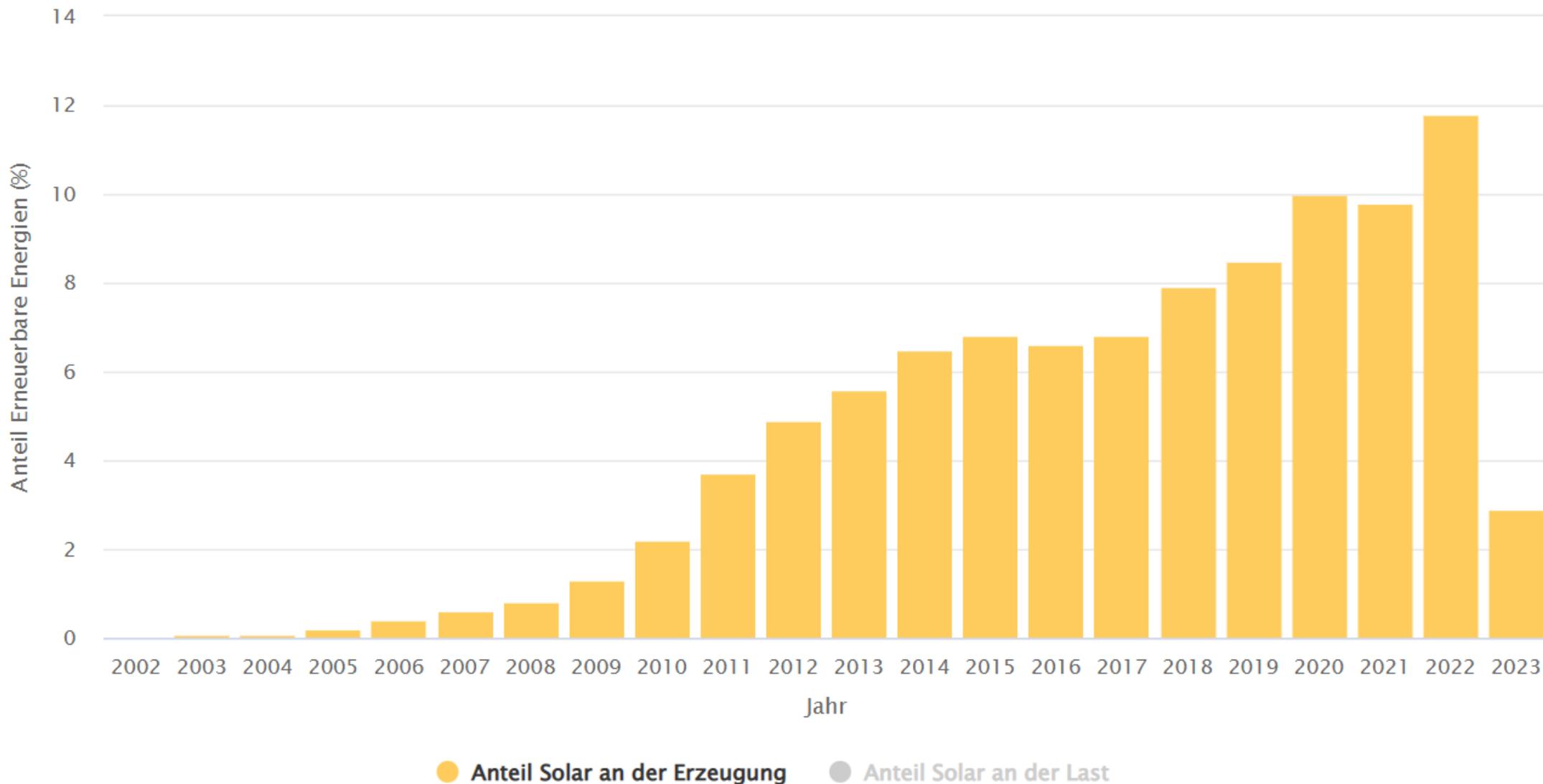


● Anteil EE an der Erzeugung ● Anteil EE an der Last

Quelle: Fraunhofer ISE

# Jährlicher Anteil der Solarenergie an der öffentlichen Stromerzeugung in Deutschland

Energetisch korrigierte Werte

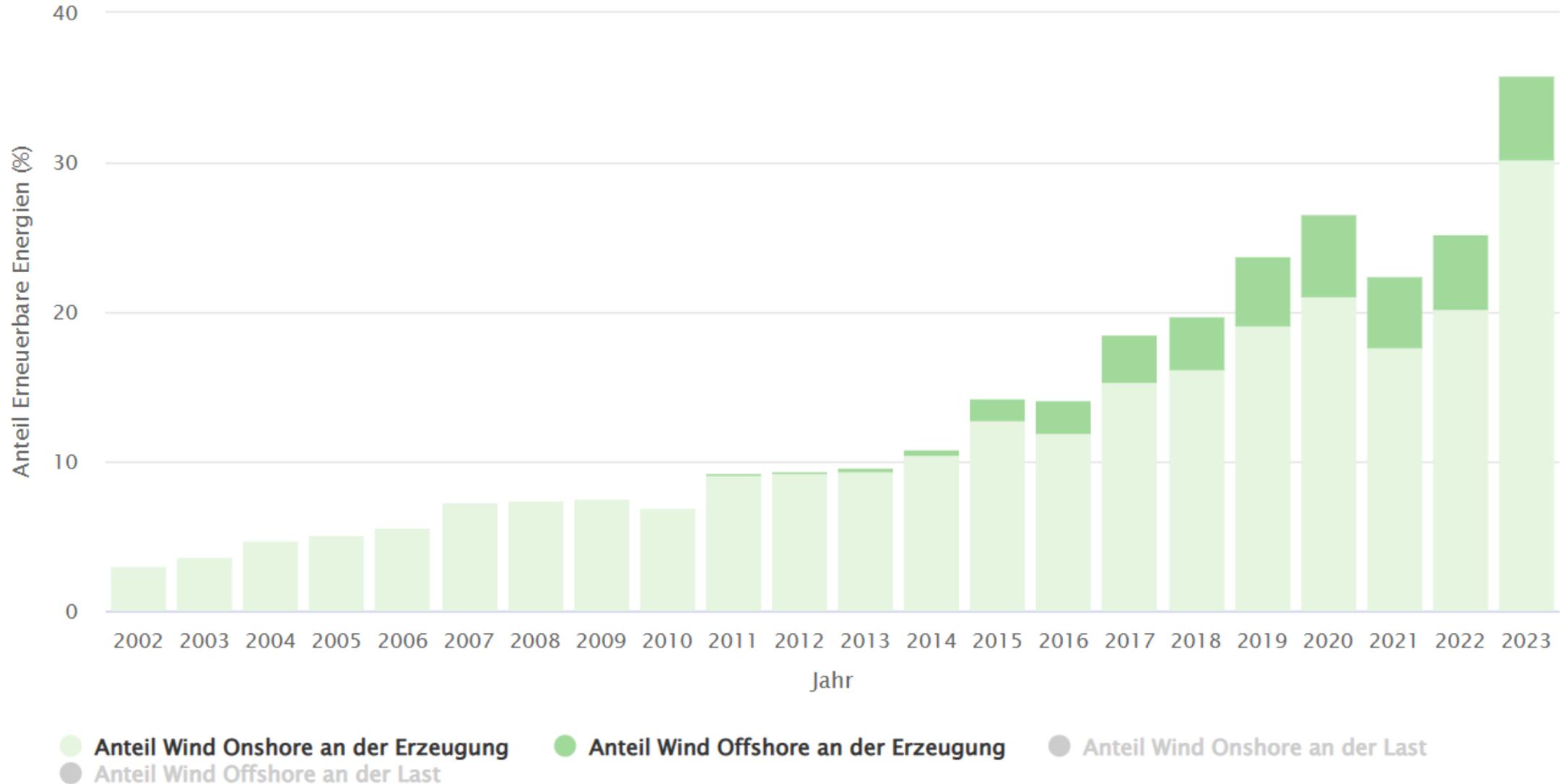


Quelle: Fraunhofer ISE

Energy-Charts.info - letztes Update: 12.02.2023, 20:38 MEZ

# Jährlicher Anteil der Windenergie an der öffentlichen Stromerzeugung in Deutschland

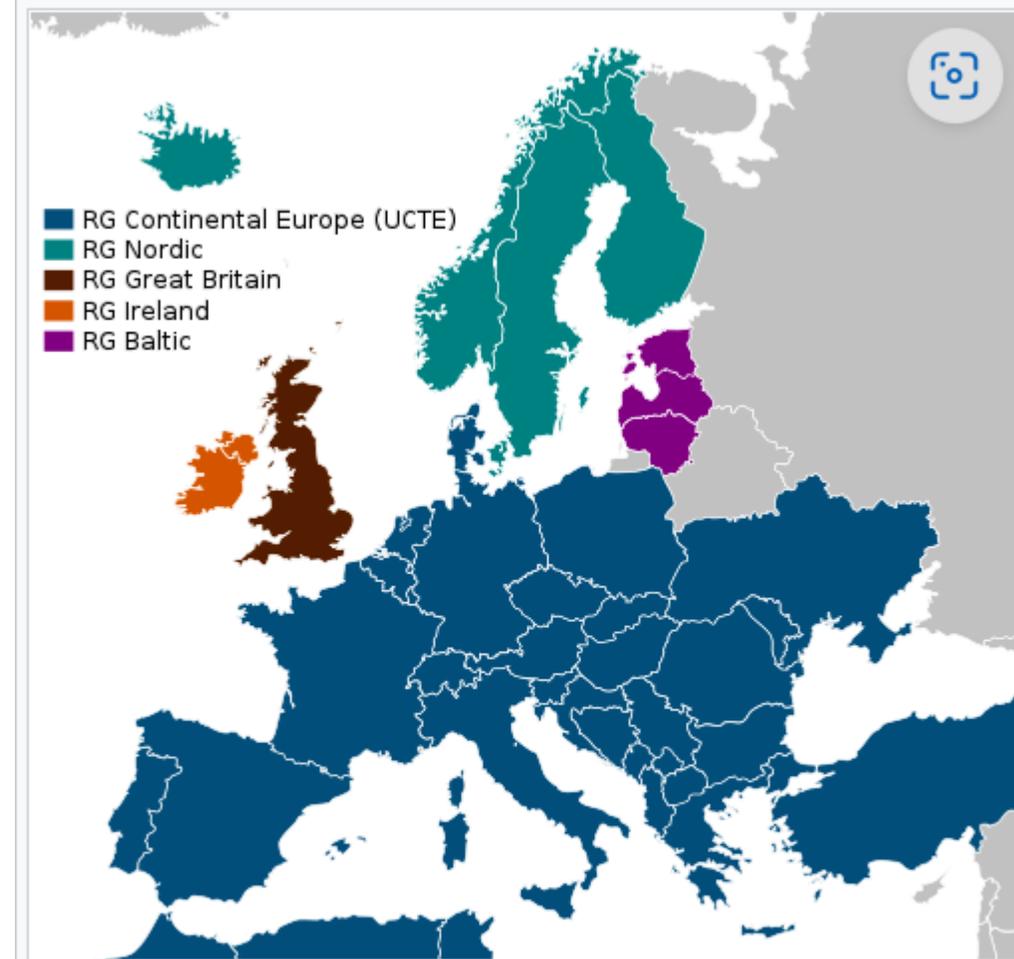
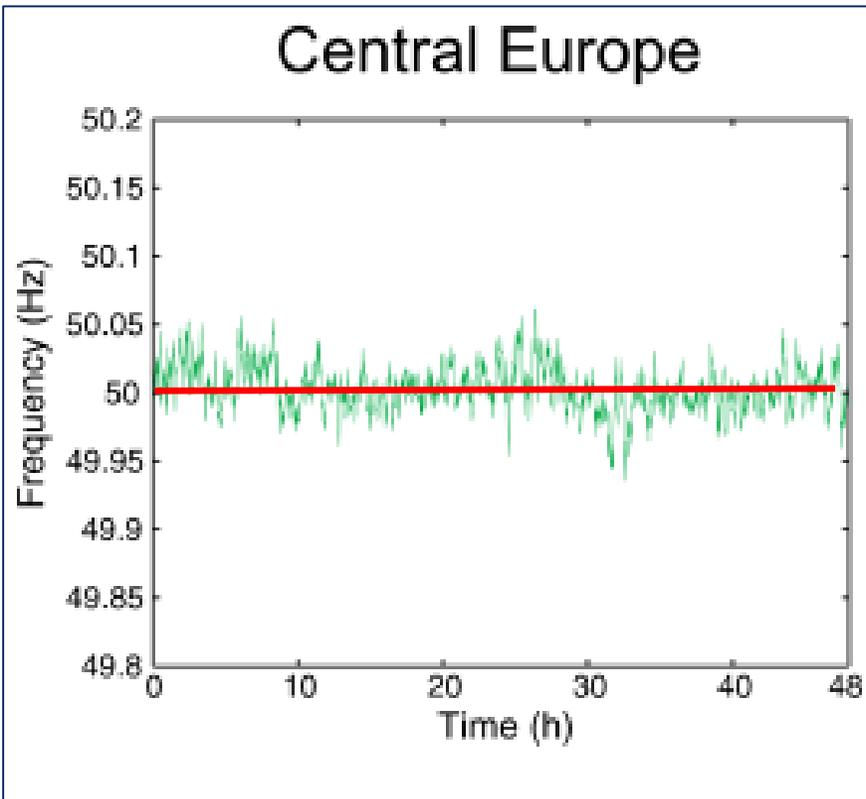
Energetisch korrigierte Werte



# Verbund der Stromnetze in Europa und

## Deutschland:

## Ausgleich von Strombedarf und Stromerzeugung

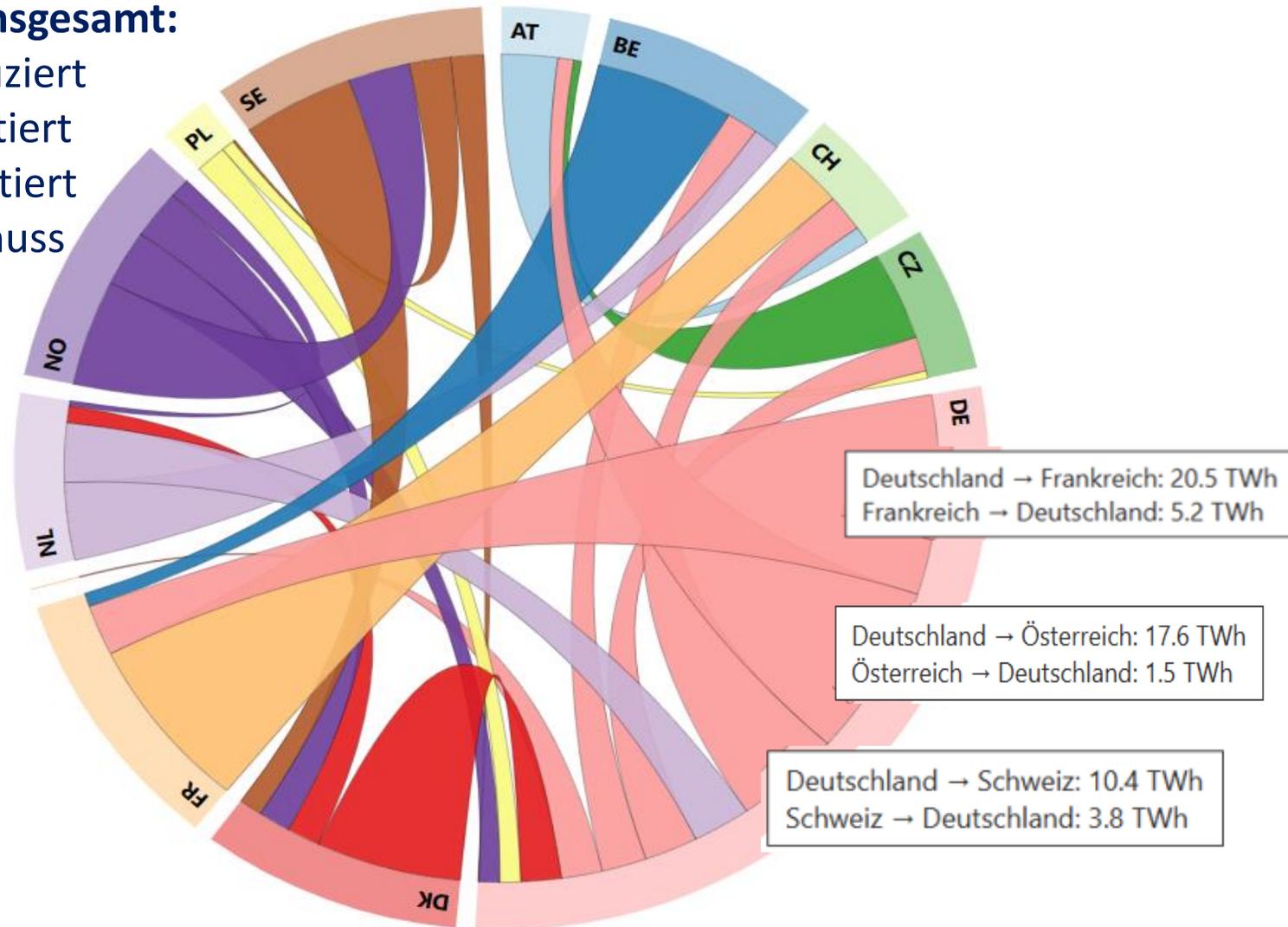


Europäische Verbundsysteme, farblich markiert die Verbundnetze. Der räumliche Bereich des kontinentaleuropäischen Netzes ist blau. Innerhalb eines Verbundsystems ist die Frequenz an jedem Ort gleich.

# Gesamter geplanter Stromhandel zwischen von Deutschland und seinen Nachbarländern in 2022

## In 2022 hat Deutschland insgesamt:

- 489,5 TWh Strom produziert
  - 75,7 TWh Strom exportiert
  - 49,4 TWh Strom importiert
- = 35% netto Exportüberschuss an Strom, = 26 TWh



Quelle: Fraunhofer ISE

[Import und Export | Energy-Charts](#)

# „Vogelschlag“: NABU u. LAG-VSW



## "Schlagopfer" nach "Helgoländer Papier", Stand 2014

Sumpfohreule	2	Uhu	16	Goldregenpfeifer	25
Raufußhühner	0	Wepenbussard	6	Rotmilan	265
Rohrdommel	3	Steinadler	0	Schwarzmilan	28
Schwarzstorch	1	Schreiadler	5	Seeadler	108
Weißstorch	44	Wiesenweihe	2	Baumfalke	10
Fischadler	16	Rohrweihe	17	Wanderfalke	10
Ziegenmelker	0	Kornweihe	0	Kranich	14
Wiedehopf	0	Graureiher	11	Wachtelkönig	1

**Summe: 584 Schlagopfer** "bisher" (seit wann - 2002 ?) in Deutschland bei 24.867 WEA 2014 (= **1,6 nachgewiesene** Opfer/Tag in Deutschland).  
=> an jeder **43. Anlage** gab es **1 nachgewiesenes Schlagopfer** in (?) Jahren.

„... **höhere Bauweise** und der dadurch vergrößerte Abstand der Rotorzone zum Boden wie auch zwischen den WEA kann zu einer **Reduktion des Kollisionsrisikos** führen. Allerdings betrifft dies nur WEA-sensible Vogelarten, die überwiegend in vergleichsweise niedrigen Höhen fliegen/jagen und die nicht zu den Thermikseglern zählen.

Viele Schlagopfer werden nicht gefunden weil sie gefressen werden. Unbekannte Dunkelziffer.

In Deutschland gab es in **2022** bei 2,4 Mio. Verkehrsunfällen:  
**361.134 Verletzte** und: **2.788 Verkehrstote** (= ca. **7,6 Verkehrstote/Tag**)

Quelle:  
Die Rheinpfalz  
17.05.2023

## Freier Flug für Vögel



**Weltweite Premiere: Zum Schutz von Millionen Zugvögeln haben die Niederlande erstmals Windräder in ihren Windparks vor der Küste gestoppt. Am Samstag**

seien zwei Onshore-Windkraftanlagen für vier Stunden abgeschaltet worden, da ein massiver Vogelzug über der Nordsee vorhergesagt worden sei, teilte die Regierung am Montag mit. Der niederländische Energieminister Rob Jetten betonte, nirgendwo sonst auf der Welt würden Windparks im Meer zum Schutz der Vögel abgeschaltet. Die Regierung wolle die Auswirkungen auf die Natur aber so gering wie möglich halten. Voraussichtlich ab Herbst 2023 sollen die Windparks nach der nun laufenden Pilotphase häufiger abge-

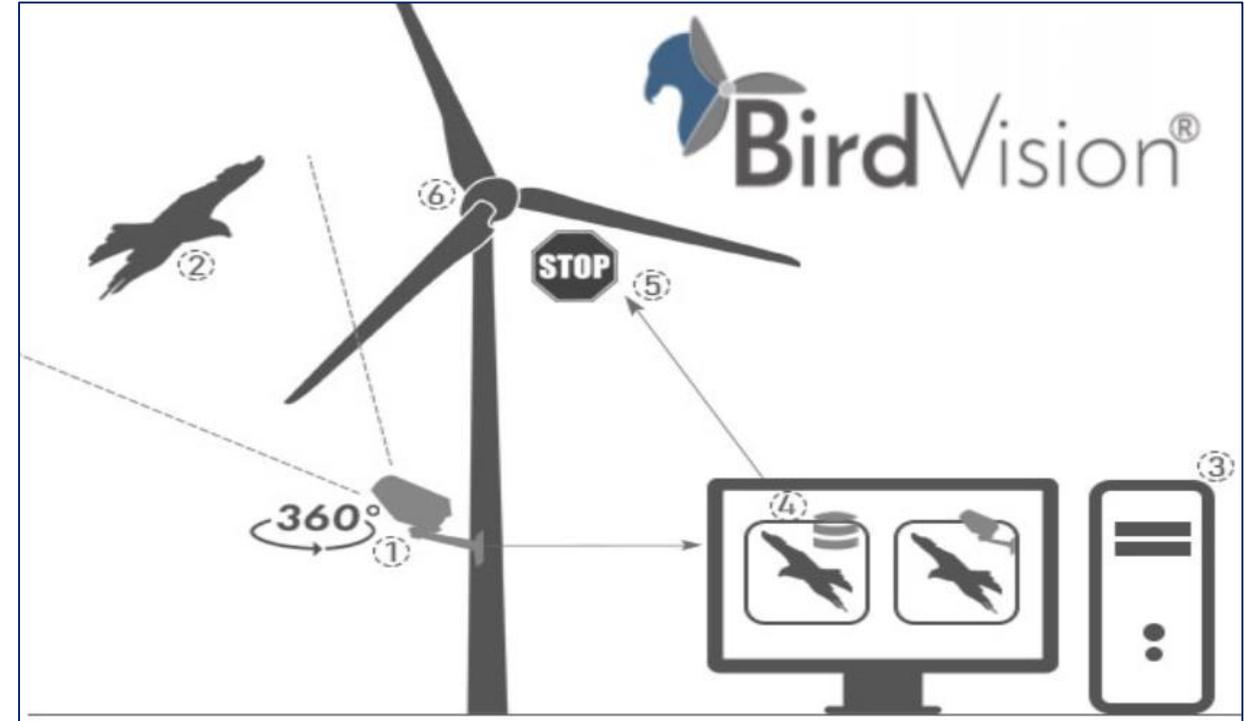
schaltet werden. Um Vögeln einen sicheren Durchzug zu ermöglichen, sollen die Betreiber die Geschwindigkeit der Windturbinen während der vorhergesagten nächtlichen Zugzeit auf maximal zwei Umdrehungen pro Minute reduzieren. Vogelschutzexperten zufolge ziehen zweimal im Jahr, im Frühjahr und im Herbst, in manchen Nächten Millionen von Vögeln über die Nordsee. Mittlerweile gibt es die Möglichkeit, den Vogelzug – ähnlich wie das Wetter – zwei Tage im Voraus vorherzusagen. |dpa

# AKS - Anti-Kollisions-Systeme

## Schutz von (Greif-)Vögeln: Identifizierung + Abschaltung



**Der Rotmilan ist seit 2021 nicht mehr gefährdet** (IUCN)



- Abstände: In „**Neues Helgoländer Papier**“.
- Durch „Verlust von Lebensräumen“ sind mehr Vogelarten gefährdet als durch WEA`s.
- Häufigste Todesursache von Greifvögeln ist das Fressen von an vergifteten Ködern gestorbenen Beutetieren. WEA sind erst auf Rang 7.

# Was sagt das „Neue Helgoländer Papier“ 2014?

**Rotmilan** (*Milvus milvus*) Das Verbreitungsgebiet des Rotmilans ist klein und beschränkt sich fast ausschließlich auf Teile Europas. Für den Rotmilan trägt Deutschland mehr Verantwortung als für jede andere Vogelart, **da hier mehr als 50% des Weltbestandes der Art leben**. Jedoch brüten in Deutschland weniger als 20% der Rotmilane innerhalb von Europäischen Vogelschutzgebieten. Der Rotmilan brütet in abwechslungsreichem Wald-Offenland-Mosaik und bevorzugt häufig Bereiche, die durch lange Grenzen zwischen Wald und Offenland und einen hohen Grünlandanteil gekennzeichnet sind. Die Nahrungssuche findet im Offenland statt. Beim Rotmilan erfolgt sie mehr als bei anderen Greifvögeln fliegend, wobei er gegenüber WEA kein Meideverhalten zeigt. Da Balzflüge im Frühjahr, Thermikkreisen und z.T. Nahrungsflüge in Höhen stattfinden, in denen sich die Rotoren der WEA (einschl. repowerter Anlagen) befinden, besteht für die Art ein sehr hohes Kollisionsrisiko. So gehört der Rotmilan absolut und auf den Brutbestand bezogen zu den häufigsten Kollisionsopfern an WEA. Allein **in Deutschland** wurden bereits **265 kollisionsbedingte Verluste registriert**; auf Vögel jenseits der Nestlingsperiode bezogen, ist die Windenergienutzung zumindest in Brandenburg in kurzer Zeit auf Platz 1 unter den nachgewiesenen Verlustursachen bei dieser Art gerückt. Für das Bundesland Brandenburg lassen sich anhand eines auf systematischen Kollisionsopfersuchen basierenden Modells bei einem Stand von 3.044 WEA 308 Kollisionen pro Jahr **schätzen**. ... Neuere wissenschaftliche Erkenntnisse aus Thüringen mittels Satellitentelemetrie über das räumliche und zeitliche Verhalten von Rotmilanen (Pfeiffer & Meyburg 2015) an über 30 adulten Vögeln mit knapp 10.000 GPS-Ortungen ergaben, dass nur 40% der Flugaktivitäten in einem Radius von 1.000m um den Brutplatz erfolgen. ... In Anbetracht der hohen Verantwortung, die Deutschland für diese Art hat, **wird ein Mindestabstand von 1.500m empfohlen, der rund 60% aller Flugaktivitäten umfasst**. Beim Prüfbereich ergibt sich eine Verkleinerung des Radius auf 4.000m, der einen Großteil (im Schnitt über 90%) der Flugaktivitäten abdeckt.

**Beobachtungszeitraum?**

# Was sagt das „Neue Helgoländer Papier“ 2014?

**Schwarzmilan** (*Milvus migrans*) Der Schwarzmilan verhält sich gegenüber WEA weitgehend ähnlich wie der Rotmilan. Eine Meidung von WEA ist kaum ausgeprägt. Bisher wurden **28 Schlagopfer in Deutschland** und 84 im übrigen Europa registriert. Wegen des etwas geringeren Kollisionsrisikos und stärkerer Präferenz von Gewässern zur Nahrungssuche werden 1.000 Meter Mindestabstand und 3.000 Meter Prüfbereich empfohlen, wobei im Prüfbereich vor allem auf besonders wichtige Nahrungsrefugien (beim Schwarzmilan z.B. auch Gewässer) sowie die Flugwege dorthin zu achten ist.

**Weißstorch** (*Ciconia ciconia*) Bisher wurden **44 Schlagopfer aus Deutschland**, 41 aus Spanien und eines aus Österreich dokumentiert. **80% aller Nahrungsflüge zur Brutzeit finden im Radius von 2.000 m um den Horst statt**, wobei die Aktivitätsräume bei Ackerstandorten größer sind als in Grünlandbereichen. Gering ausgeprägte Meidung von WEA und Gewöhnungseffekte in attraktiven Nahrungsrevieren führen zu einem erhöhten Kollisionsrisiko. Ein nicht unerheblicher Anteil von Nahrungsflügen (22%) kann in einer Höhe zwischen 50 und 150m erfolgen (Traxler et al. 2013). **Mit einem Mindestabstand von 1.000 Metern lassen sich die Hauptnahrungsflächen in der Horstumgebung schützen**, während ein Prüfbereich von 2.000 Metern um den Horst empfohlen wird, um weitere wichtige, abgrenzbare Nahrungsflächen

# Maßnahmen:

\* **Vergrämung** durch unattraktive Gestaltung im Park-/ Mastfuß-/ Rotorbereich. Ziel: Verringerung der Flugaktivitäten.

(Frage: Z.B. durch PV-FFA ?).

\* **„Weglocken“** durch Anlage attraktiverer Nahrungsquellen andernorts: Als hoch „attraktiv“ gelten z. B. extensives Grünland, Ansaat von Luzerne oder Klee gras, Streifenmahd.“

\* **Abschalten** als letztes Mittel, da teuerste Methode.

[Progress-Studie: \\*1628.pdf \(bioconsult-sh.de\)](#)

[BfN-Schrift "Prüfung der Wirksamkeit von Vermeidungsmaßnahmen zur Reduzierung des Tötungsrisikos von Milanen bei Windkraftanlagen" \(bsz-bw.de\)](#)

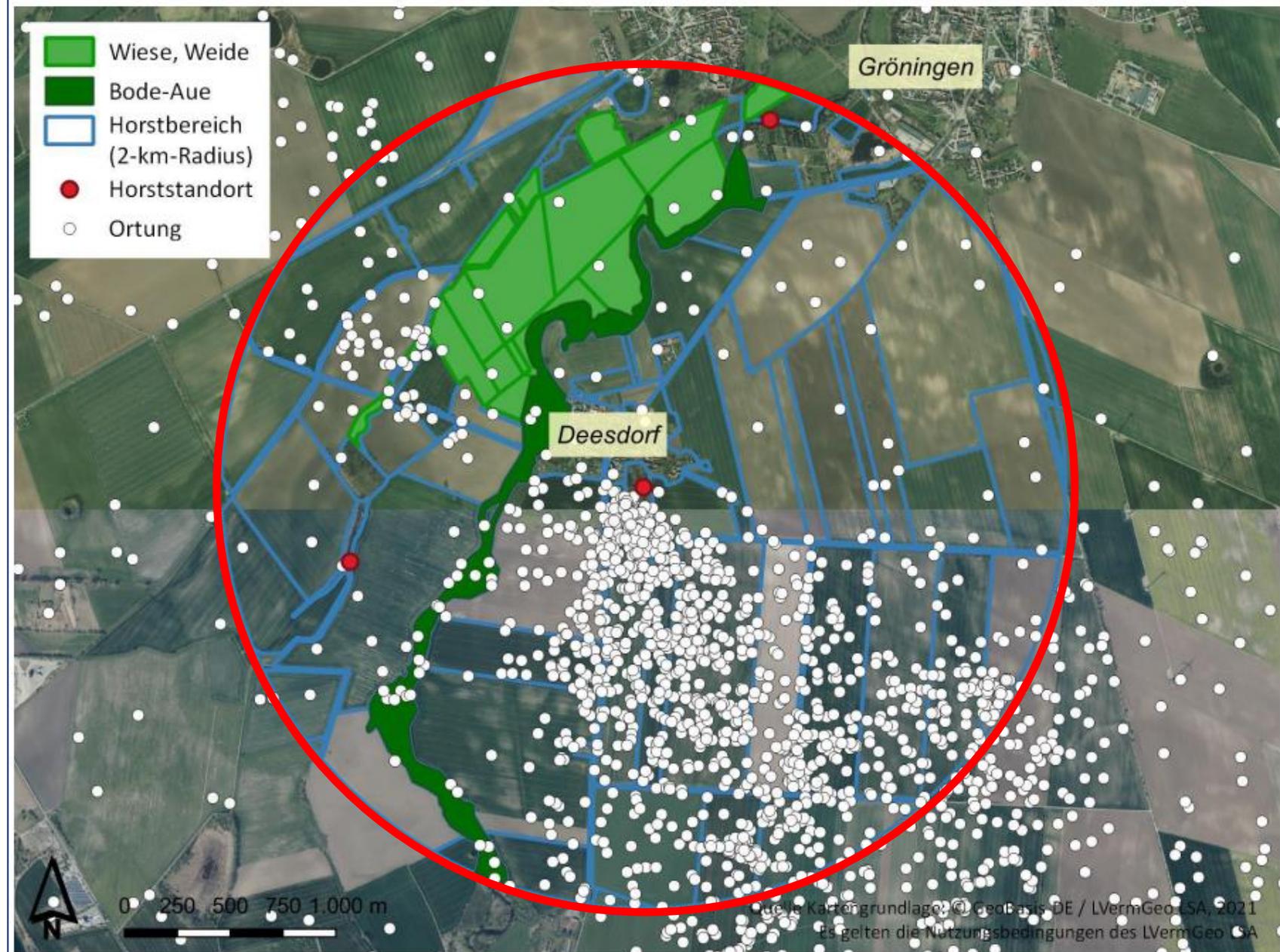


Abb. 86: Aktive Ortungen des Sendervogels 181005-Hanabi im gesamten Betrachtungszeitraum 2019. Der Vogel nutzte nur einen kleinen Teil des 2-km-Horstbereiches und mied offensichtlich die Wiesen und Weiden im nördlichen Bereich.

# SF<sub>6</sub> : Schwefelhexafluorid – der Faktencheck

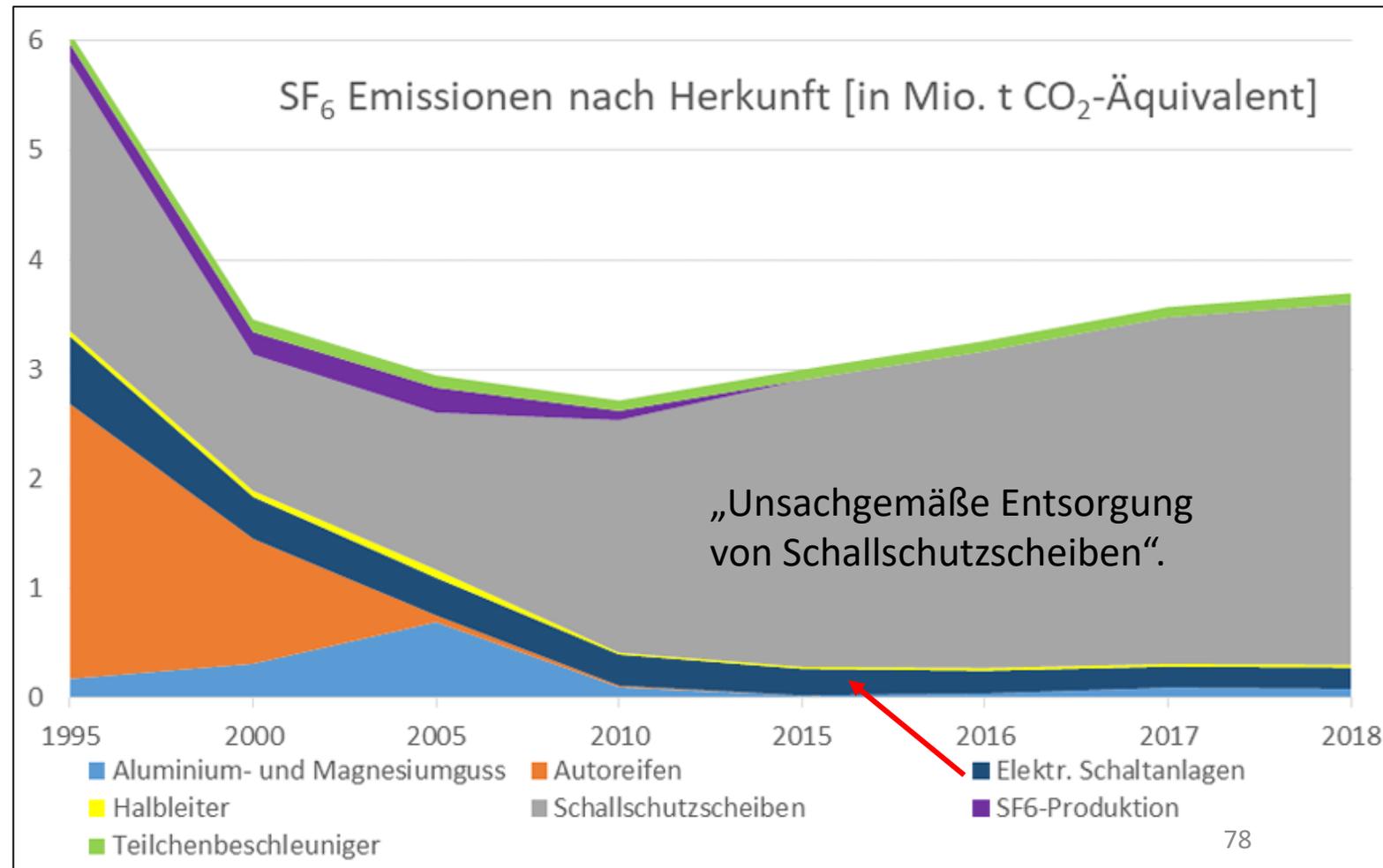
Anorganisches, farb- und geruchsloses, ungiftiges, nicht brennbares, reaktionsträges Gas in Schaltanlagen.

22.800 - 23.500 - fach stärkere Wirkung als CO<sub>2</sub>. Verweildauer in der Atmosphäre: 3.000+ Jahre.

In einer WEA sind bisher ca. **3 kg SF<sub>6</sub>** verbaut. Risiko einer Leckage: Weniger als 0,1 % / Jahr.

Die EU diskutiert ein Verbot bis 2030. Ersatz heute schon möglich. Freiwillige Hersteller-Selbstverpflichtung.

Eine einzige Windenergieanlage mit einer Leistung von **6 MW** führt an einem vorderpfälzischen Standort bei einem Jahresertrag von etwa **12,5 Mio.** eingespeisten Kilowattstunden (kWh) zu einer **Vermeidung von 7.500 Tonnen ausgestoßenem CO<sub>2</sub>/Jahr**. Würde das gesamte SF<sub>6</sub> einer WEA durch einen – sehr unwahrscheinlichen – Defekt freigesetzt, entspräche das etwa **70,5 t CO<sub>2</sub>**. Demgegenüber spart solch eine große Windenergieanlage im Laufe ihrer Betriebszeit weit **über 150.000 t CO<sub>2</sub> ein**. Nach Abschätzung des Umweltbundesamtes werden in Deutschland pro Jahr weniger als 20 kg SF<sub>6</sub> aus **allen** Schalteinrichtungen zusammen (nicht nur WEA!) freigesetzt.



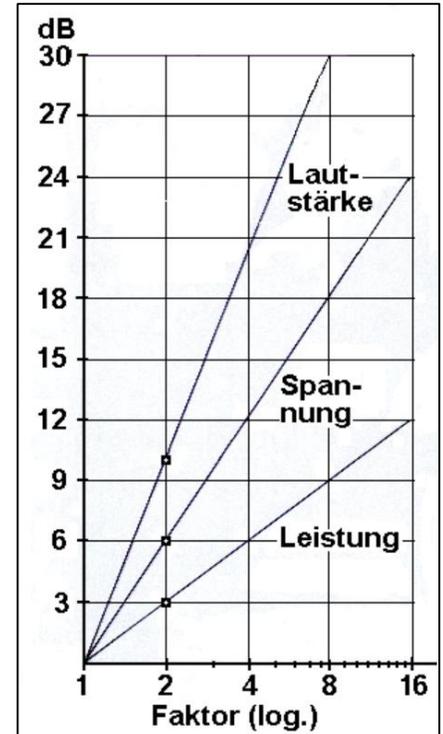
\*20220825 - BWE-Faktencheck\_SF6.pdf (wind-energie.de)

\*221110\_BN\_Informiert\_SF6\_in\_Windrädern-final.pdf (bund-naturschutz.de)

**Eine empfundene Verdopplung der Lautstärke entspricht etwa einer Pegeländerung des Schalls zwischen 6 dB und 10 dB.**

Verhältnis / Faktor	Änderung Schall-lautheitspegel	Änderung Schall-druckpegel	Änderung Schall-leistungspegel
40	+53,22 dB	+32,04 dB	+16,02 dB
30	+49,07 dB	+29,54 dB	+14,77 dB
20	+43,22 dB	+26,02 dB	+13,02 dB
15	+39,07 dB	+23,52 dB	+11,76 dB
10	+33,22 dB	+20 dB	+10 dB
5	+23,22 dB	+13,98 dB	+6,99 dB
4	+20 dB	+12,04 dB	+6,02 dB
3	+15,58 dB	+9,54 dB	+4,77 dB
2	+10 dB	+6,02 dB	+3,01 dB
----- 1 -----	----- ±0 dB -----	----- ±0 dB -----	----- ±0 dB -----
1/2 = 0,5	-10 dB	-6,02 dB	-3,01 dB
1/3 = 0,3333	-15,58 dB	-9,54 dB	-4,77 dB
1/4 = 0,25	-20 dB	-12,04 dB	-6,02 dB
1/5 = 0,2	-23,22 dB	-13,98 dB	-6,99 dB
1/10 = 0,1	-33,22 dB	-20 dB	-10 dB
1/15 = 0,0667	-39,07 dB	-23,52 dB	-11,76 dB
1/20 = 0,05	-43,22 dB	-26,02 dB	-13,02 dB
1/30 = 0,033	-49,07 dB	-29,54 dB	-14,77 dB
1/40 = 0,025	-53,22 dB	-32,04 dB	-16,02 dB

Pegel-Änderung	Lautstärke Lautheit	Spannung Schalldruck	Schallleistung Schallintensität
+60 dB	64	1000	1000000
+50 dB	32	316	100000
+40 dB	16	100	10000
+30 dB	8	31,6	1000
+20 dB	4	10	100
<b>+10 dB</b>	2,0 = Verdopplung	3,16 = $\sqrt{10}$	<b>10</b>
+6 dB	1,52 fach	2,0 = Verdopplung	4,0
+3 dB	1,23 fach	1,414 fach = $\sqrt{2}$	2,0 = Verdopplung
----- ±0 dB -----	----- 1,0 -----	----- 1,0 -----	----- 1,0 -----
-3 dB	0,816 fach	0,707 fach	0,5 = Halbierung
-6 dB	0,660 fach	0,5 = Halbierung	0,25
<b>-10 dB</b>	0,5 = Halbierung	0,316	0,1
-20 dB	0,25	0,100	0,01
-30 dB	0,125	0,0316	0,001
-40 dB	0,0625	0,0100	0,0001
-50 dB	0,0312	0,0032	0,00001
-60 dB	0,0156	0,001	0,000001
<b>Log. Größe</b>	<b>Psychogröße</b>	<b>Feldgröße</b>	<b>Energiegröße</b>
<b>dB-Änderung</b>	<b>Lautstärkefaktor</b>	<b>Amplitudenfaktor (Effektivwert)</b>	<b>Leistungs-faktor</b>



Verdopplung der Lautstärke (Lautheit) soll bei einer Pegeländerung von etwa +10 dB empfunden werden.  
 Verdopplung beim Schalldruck (Spannung) entspricht der gemessenen Pegeländerung von +6 dB •  
 Verdopplung bei der Schallintensität (Schallenergie) entspricht der berechneten Pegeländerung von +3 dB.

+10 dB ist der Pegel der zweifach wahrgenommenen Lautstärke in der Psychoakustik – ungefähr empfunden.  
 +6 dB ist der Pegel vom zweifachen (Effektiv-)Wert der Spannung bzw. dem Schalldruck – hauptsächlich gemessen •  
 +3 dB ist der Pegel als zweifache Energie, also der Leistung (Power) bzw. der Intensität – überwiegend berechnet.

## **Zusammenfassung der UBA-Studie „Geräuschwirkungen ... WEA an Land“ : Seiten 147/148:**

Um also in einem Wohngebiet rund um Windenergieanlagen die Belästigung durch WEA-Geräusche zu reduzieren, bedarf es eines holistischen Lärmmanagementansatzes, der die akustischen Aspekte ebenso wie die kontextuellen Einflüsse im Blick hat und Lösungsansätze in einem Gesamtansatz – im besten Fall unter Einbezug der Anwohnerschaft – verfolgt. ... Dennoch, mehr als die Geräuschpegel selbst, scheinen die optische Wahrnehmung der Windenergieanlagen ebenso wie die von den Menschen wahrgenommenen bzw. erwarteten negativen Auswirkungen der lokalen Anlagen für die eigene Region auf das Lärmbelästigungsurteil einzuwirken. Windenergieanlagen-Geräusche stellen demnach, wie es Schick (1997) allgemein zum Konzept der Belästigung formulierte, nicht die alleinige Ursache, sondern einen Anlass zur Belästigung dar. Die Lärmbelästigung speist sich dabei möglicherweise aus verschiedenen akustischen und visuellen Merkmalen von Windenergieanlagen ebenso wie aus dem Kontext der Planung, Implementierung und des Betriebs dieser Anlagen. ... Um zu verstehen, warum Geräuschpegel allein die Lärmbelästigungsurteile nicht erklären können, muss man sich die Definition der Lärmbelästigung vor Augen halten. Lärmbelästigung ist keine reine Schallreaktion. Sie beinhaltet die (1) wiederholte Erfahrung von Störungen durch die Geräusche und der Aufnahme von Verhaltensweisen, diesen Störungen zu entgehen. Sie beinhaltet weiterhin (2) eine emotionale Reaktion auf die Geräusche und durch sie verursachten Störungen und (3) einen wahrgenommenen Verlust an Kontrolle über die Lärmsituation (Guski et al., 2017). Ein wahrgenommener Kontrollverlust kann sich ergeben, wenn sich im Wohnumfeld Veränderungen ergeben, die u. a. eine Änderung der Geräuschsituation beinhalten können und auf die die Anwohnenden selbst keinen Einfluss wahrnehmen. Dabei ist es nicht relevant, ob man tatsächlich keine Einflussmöglichkeiten oder Bewältigungsmöglichkeiten bzw. keine Kontrolle hat, sondern, ob Anwohnende diese subjektiv wahrnehmen (Glas & Singer, 1972). Der Grundstein für diese Wahrnehmungen wird bereits bei der Planung der Errichtung von Windenergieanlagen gelegt. Umso wichtiger ist es, bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt der Planungen den Effekt des breiteren Kontextes von Windenergieanlagen und ihren Geräuschen auf die Lärmbelästigung zu berücksichtigen. Um die Akzeptanz von Windenergieanlagen zu erhöhen und Anwohnenden das Erleben von Kontrolle über die eigene Wohnsituation zu ermöglichen, sollte aus Sicht der Befragten der Nutzen für die Anwohnenden herausgestellt werden. Sie sollten frühzeitig in die Planung der Errichtung von Anlagen einbezogen werden. Das bedeutet nicht, die Situation schön zu reden; auch mögliche negative Veränderungen sollten transparent gemacht werden. Generell zählt das Vertrauen in Verantwortliche zu den wichtigsten Faktoren der Lärmbelästigung. Das gilt für die Belästigung durch Windenergieanlagenlärm (Hübner et al., 2019) als auch für andere Lärmquellen, z. B. Fluglärm (Schreckenberget al., 2017). Wird dieses Vertrauen durch keine oder unvollständige Informationsgabe verspielt, löst dies das Lärmbelästigungsproblem nicht. Besser noch als eine reine Gabe von Informationen ist es, Anwohnende in Entscheidungsprozesse rund um die Errichtung von Windenergieanlagen so gut es geht einzubeziehen, um ein Kontroll- und Bewältigungserleben zu ermöglichen.

# Infraschall – Basics: „Die Dosis macht das Gift“\*

Für`s menschliche Ohr hörbarer Schall: 16/20 – 20.000 Hz

Darunter liegt der Infraschall: 1 – 16 Hz

Tauben hören ab 1 Hz, Fledermäuse hören bis 200.000 Hz. Beides dient der Orientierung im Raum.

**WEA`s emittieren (verursachen) Infraschall** von 1 – 5 Hz mit 60 dB Schalldruck.

**Natürliche Infraschall-Quellen:** Wind, Meeresrauschen, ...

**Künstliche Infraschall-Quellen:** Verkehr, Kühlschrank, Waschmaschine, Metzgerei (Kühlaggregate), Öl-, Gasheizung ...

**Ein Auto** hat die 1000-fache Infraschall-Belastung wie eine 150 m entfernte WEA. Das wird nicht als schädlich wahrgenommen.

**Beispiel: Messung Landesamt für Umwelt BaWü:** 85 – 110 dB Infraschalldruck im Auto => Autoverkehr sofort einstellen!

- in 150 m Abstand zur WEA liegt der Infraschall weit unter der menschlichen Wahrnehmungsschwelle.
- In 700 m Entfernung ist keine Unterschied mehr zwischen on/off der WEA mess- und feststellbar.

**Ex-Wirtschaftsminister Altmaier** zur jahrelangen Veröffentlichung falscher Zahlen seines Ministeriums (diese waren durch Rechenfehler um den Faktor 1.000 zu hoch angesetzt und wurden jahrelang nicht korrigiert):

„Es tut mir sehr leid, dass falsche Zahlen über einen langen Zeitraum im Raum standen“. Die Akzeptanz von Windanlagen an Land habe „ein Stück weit“ unter den falschen Berechnungen seines Ministeriums gelitten. Es sei zu hoffen, dass Menschen, die sich große Sorgen über die Auswirkungen der Infraschallbelastung auf ihre Gesundheit machen, nun „eine gewisse Erleichterung“ verspürten.

## „Man darf mit den berechtigten Ängsten der Menschen nicht spielen“\*

\*Prof. Volker Quaschnig 81

# Schall ist nicht nur Physik: Studie des UBA 69/2022

76% der Teilnehmenden an der Studie sagen, der Lärm habe mit dem Windpark nicht zugenommen.  
88% der Teilnehmenden erwarten auch „keine“ bzw. „höchstens mittelmäßige“ Belästigung.  
Insgesamt geringe Belästigung (Score 1,75 bei 1 = „überhaupt nicht“ bis 5 = „äußerst belästigt“).

Als belästigend wird das „Wuschen“ der Windflügel empfunden (wegen Amplitudenmodulation).  
„Befragungen ergaben, dass die Windenergieanlagen Geräusche zu einem höheren Anteil von hoch belästigten Personen ... führt, als es bei gleichem Geräuschpegel von anderen Quellen des Umgebungslärms, z. B. Straßenverkehr, bekannt ist.“ (S.147)

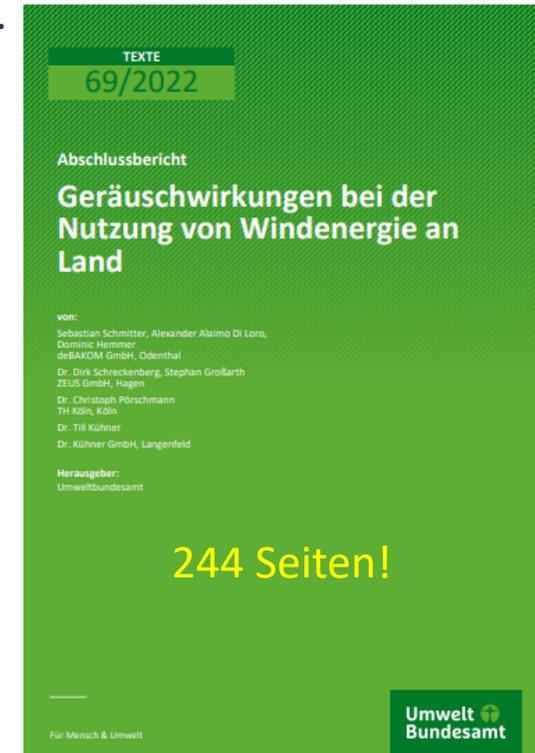
WHO-Leitlinie: 10% hoch belästigte Personen; WEA = 45 dB(A) zu Straßenverkehrslärm = 53 dB(A).  
Je mehr WEA im Windpark sind, desto weniger störend werden Geräusche empfunden (s. 146).  
„Wuschen“ einer Einzel-WEA wird zum „gleichförmigen Rauschen“ eines Windparks (Überlagerung).

„..., dass die **Sicht**barkeit von Windenergieanlagen die **Lärm**belästigung erhöht.“

„**Lärm**belästigung ist keine reine Schallreaktion“:

1. Es braucht „Wiederholte Erfahrung von Störungen und Aufnahme von Vermeidungsverhalten“.
2. Emotionale Reaktion auf Geräusche und Störungen.
3. Wahrgenommener Verlust an Kontrolle über die Lärmsituation.

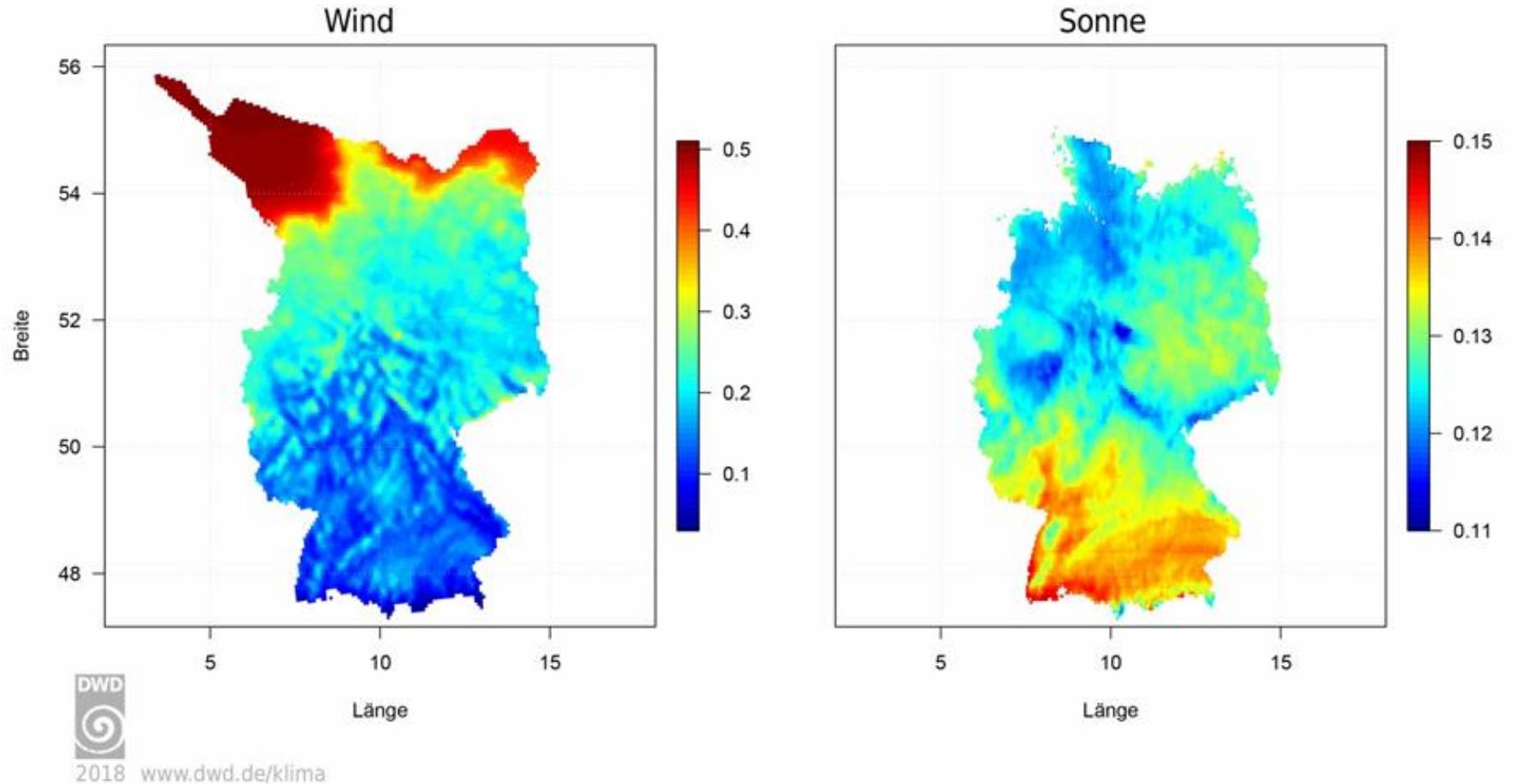
„Generell zählt das **Vertrauen in Verantwortliche** zu den wichtigsten Faktoren der Lärmbelästigung. ... Besser noch als eine reine Gabe von Informationen ist es, **Anwohnende in Entscheidungsprozesse** rund um die Errichtung von Windenergieanlagen so gut es geht **einzubeziehen**, um ein Kontroll- und Bewältigungserleben zu ermöglichen.“



[UBA - texte 69-2022\\_geraueschwirkungen bei der nutzung von windenergie an land.pdf](#)

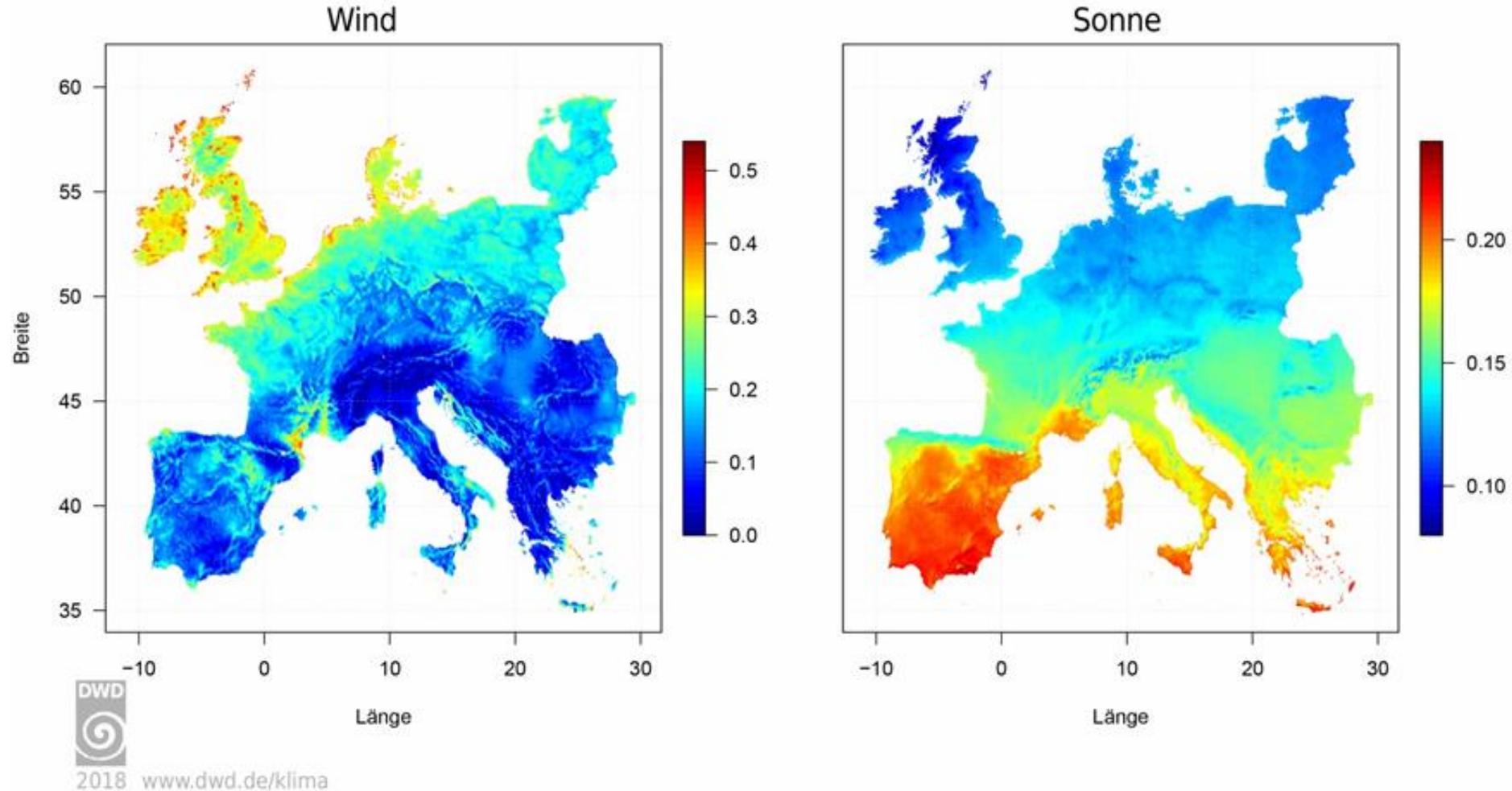


# Der mittlere Kapazitätsfaktor für Windenergie und Sonnenenergie über Deutschland (Mittelwert 1995 bis 2015)

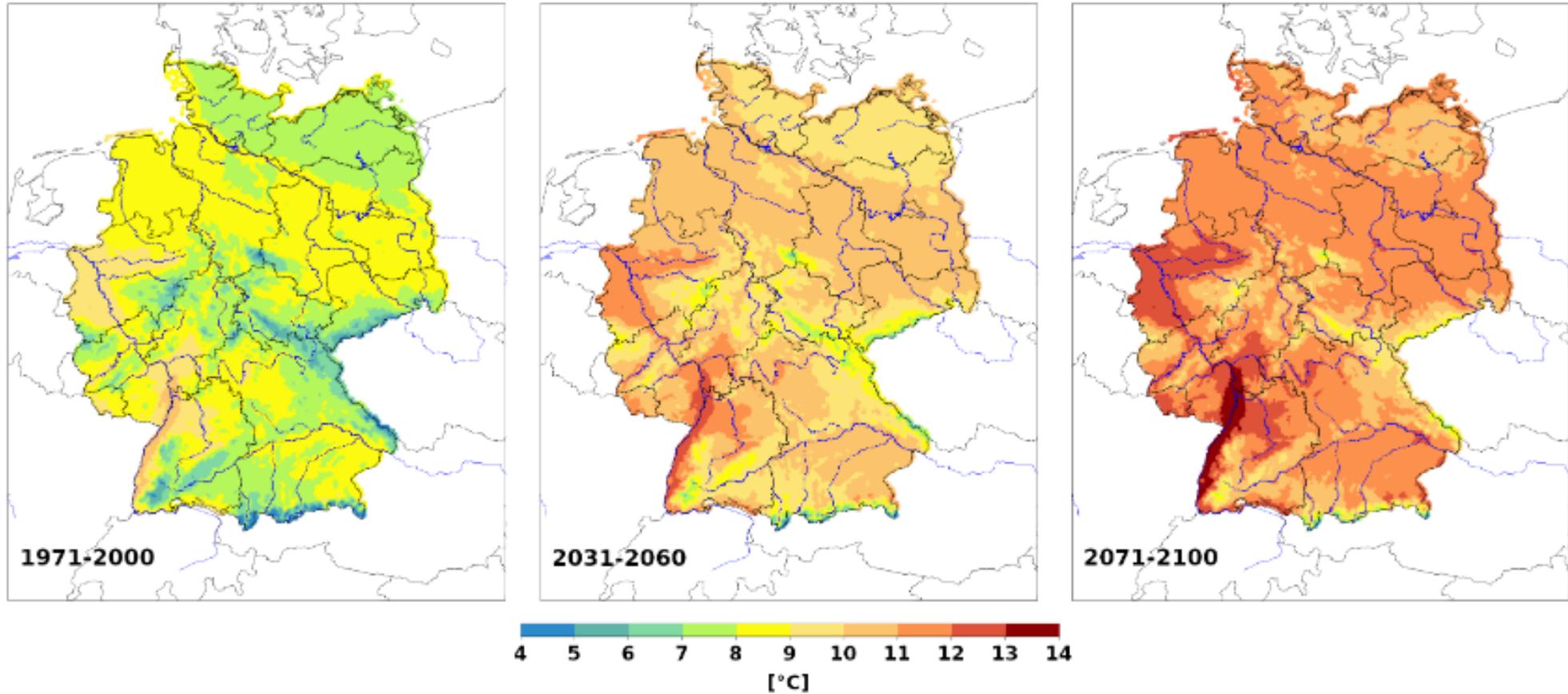


Die linke Grafik zeigt den mittleren Kapazitätsfaktor für Windenergie, einschließlich der Seegebiete der ausschließlichen Wirtschaftszone. Die Berechnung basiert auf der Annahme einer typischen modernen Windkraftanlage. Gezeigt wird der langjährige Mittelwert für eine Nabenhöhe von 116 m. Erkennbar ist, dass die höheren Durchschnittsgeschwindigkeiten an den Küsten oder Mittelgebirgen zu höheren Auslastungen der Windkraftanlagen führen. Deutlich höhere Kapazitätsfaktoren treten in den Offshore Gebieten der ausschließlichen Wirtschaftszone Deutschlands in der Nord- und Ostsee auf. Die rechte Grafik zeigt den mittleren Kapazitätsfaktor für eine repräsentative Photovoltaikanlage als langjährigen Mittelwert für Deutschland. Höhere Werte, also eine höhere durchschnittliche Energieproduktion, ergeben sich für den süddeutschen Bereich.

# Der mittlere Kapazitätsfaktor für Windenergie und Sonnenenergie über Europa (Mittelwert 1995 bis 2015)



Die linke Grafik zeigt den mittleren Kapazitätsfaktor der Windenergie für Europa (Mittelwert 1995 bis 2015, für Länder südlich von 60° nördlicher Breite). Die Berechnung basiert auf der Annahme einer typischen modernen Windkraftanlage. Gezeigt wird der langjährige Mittelwert für eine Nabenhöhe von 116 m. Deutlich werden die hohen Auslastungen in den nordwestlichen Küstenregionen Europas - vor allem im Vergleich zu den geringeren Werten in Südosteuropa. Die rechte Grafik zeigt den mittleren Kapazitätsfaktor für eine repräsentative Photovoltaikanlage als langjährigen Mittelwert für Europa. Deutlich erkennbar sind die höheren zu erwartenden Erträge im südlichen Europa.



# Leistungsbegrenzung durch Verdrehen der Rotorblätter (Pitch)

Die Regelung der Leistung wird bei **pitch-geregelten Windenergieanlagen** durch das Verdrehen der Rotorblätter gewährleistet. Hierbei wird die Vorderkante des Rotorblattes in die Anströmung  $c$  gedreht (so genannte Fahnenstellung). Der geringere Anstellwinkel  $\alpha_A$  führt zu kleineren Auftriebskräften und somit zu einer geringeren Leistung.

\_\_Mit diesem Prinzip wird die Leistung durch die Verdrehung der Blätter (Regelung des Anstellwinkels) an die Windgeschwindigkeit angepasst. Die Arbeitsposition zur besten Leistungsentnahme ist per Definition der Pitchwinkel =  $0^\circ$ . Eine Verstellung führt zur Verminderung der Leistungsabgabe:

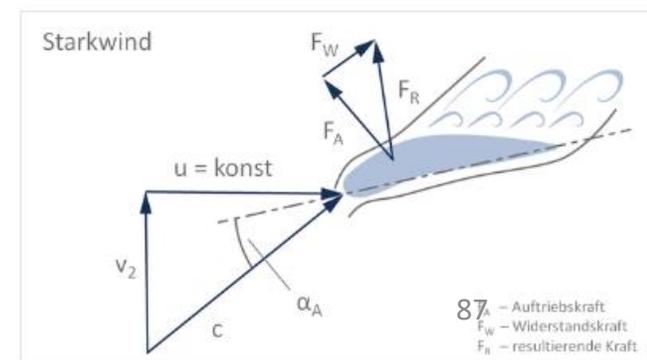
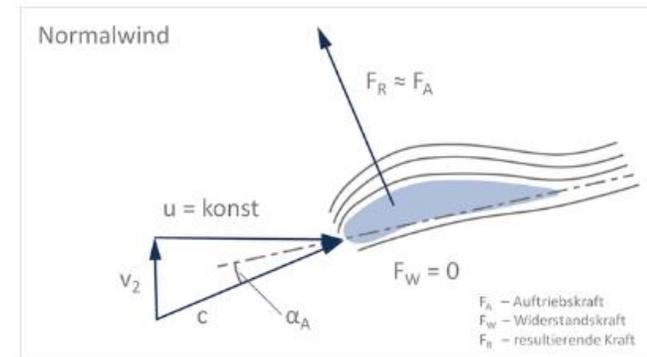
- Bei sehr **schwachem Wind** (unter 2,5 m/s) produziert die Windenergieanlage keinen elektrischen Strom: Der Wind ist zu schwach, um die Rotorwelle anzutreiben. Die Blätter sind in so genannter Fahnenstellung (Pitchwinkel  $\approx 90^\circ$ ) gedreht. Die Windenergieanlage steht still oder dreht sehr langsam, was **Trudelbetrieb** genannt wird.

- Bei **normalem Wind** (2,5 m/s bis 12 m/s) dreht die Windenergieanlage und produziert Leistung, aber der Wind ist noch zu schwach, um die Nennleistung der Anlage zu erreichen. Der Pitchwinkel ist  $0^\circ$ , die Rotorblätter stehen im optimalen Arbeitspunkt. Von der Windleistung wird so viel wie möglich in mechanische Energie umgewandelt. Mit zunehmender Windgeschwindigkeit erhöht sich auch gleichermaßen die Drehzahl („drehzahlvariabler Betrieb“), um die Schnelllaufzahl konstant und damit den Wirkungsgrad optimal zu halten.

- Bei **Starkwind** (12 m/s bis 25 m/s) ist die angebotene Windleistung zu groß und die Anlage muss in ihrer Leistungsabgabe begrenzt werden. Die Anlage wird dann „gepitcht“. Der Pitchwinkel nimmt mit der Windgeschwindigkeit zu (von  $0^\circ$  bis circa  $30^\circ$ ) und die Auftriebskraft wird so beeinflusst, dass die Leistungsabgabe der Windenergieanlage konstant bei Nennleistung bleibt.

- Bei **Sturm** (ab 25 m/s) ist der Wind so stark, dass die Windenergieanlage abgeschaltet werden muss, um eventuelle Schäden zu vermeiden. Der Pitchwinkel ist nahezu  $90^\circ$ ; die Blätter sind in Fahnenstellung.

Die Verdrehung der Blätter wird durch das Pitch-System realisiert. Da es für jedes Rotorblatt als selbständiges und unabhängiges System ausgeführt ist, können sie als **drei Primärbremsen** angesehen werden. Für das sichere Herunterfahren der Anlage aus allen Zuständen reicht das Verstellen von nur einem Rotorblatt, das in die Fahnenposition (Position in Richtung des Windes) gebracht wird.



## Beispiele für die Energierücklaufzeit von Windkraftanlagen

Typ	Energierücklaufzeit
Offshore-Windpark 2010; 200 MW (40 × REpower 5M) Erfassung gesamter Lebensweg, inkl. Netzanbindung <sup>[177]</sup>	5 Monate
Windkraftanlage Enercon E-66; 1500 kW, 66 m Rotordurchmesser; Mischanalyse Herstellung, Auf- und Abbau, Wartung <sup>[178]</sup>	3,7–6,1 Monate
Windkraftanlage Gamesa G80/2MW mit 2000 kW, 80 m Rotordurchmesser und 70 m Turm; voller Lebenszyklus <sup>[179]</sup>	0,58 Jahre (ca. 7 Monate)
Windkraftanlage Enercon E-82 E2 mit 2300 kW, 82 m Rotordurchmesser und 97 m Betonturm; voller Lebenszyklus <sup>[180]</sup>	4,7–6,8 Monate
Windkraftanlage Enercon E-82 E2 mit 2300 kW, 82 m Rotordurchmesser und 107 m Hybridturm; voller Lebenszyklus <sup>[173]</sup>	4,4–8 Monate
Windkraftanlage 2 MW, 90 m Rotordurchmesser; (Getriebe); Herstellung, Betrieb und Rückbau <sup>[181]</sup>	7,2 Monate
Windkraftanlage 1,8 MW, 70 m Rotordurchmesser; (Getriebelos); Herstellung, Betrieb und Rückbau <sup>[181]</sup>	7,2 Monate
Windkraftanlage 2 MW, 78 m Rotordurchmesser, Herstellung, Betrieb und Recycling <sup>[182]</sup>	5,2 Monate
Windkraftanlage 2 MW, 80 m Rotordurchmesser, Herstellung, Betrieb und Recycling <sup>[182]</sup>	6,4 Monate

Die [Energierücklaufzeit](#) (energetische Amortisationszeit) beschreibt die Zeit, die vergeht, bis ein Kraftwerk genauso viel Energie erzeugt hat, wie zu dessen Produktion, Transport, Errichtung, Betrieb usw. benötigt wurde. Die Energierücklaufzeit beträgt bei Windkraftanlagen etwa drei bis sieben Monate und liegt auch nach konservativen Schätzungen deutlich unter einem Jahr.

Energetisch können sich nur Kraftwerke amortisieren, die [regenerative Energiequellen](#) nutzen, da fossile Brennstoffe verwendende [Kraftwerke](#) ständig nicht-regenerative Energievorräte verbrauchen.

# Rückbau und Recycling

Zum **Jahresende 2022** umfasste der bundesweite Bestand **28.440 Windenergieanlagen**. Etwa **6.000** dieser Anlagen sind inzwischen **älter als 20 Jahre**, und knapp **7.000** haben das Alter von **15 Jahren** bereits überschritten.

Bereits seit 2004 müssen sie zur Schonung des Außenbereichs nach § 35 Abs. 5 Satz 2 i. V. m. Satz 3 des Baugesetzbuches (BauGB) zur Deckung der Rückbaukosten inklusive der **Beseitigung von Bodenverdichtungen** eine Bankbürgschaft vorweisen.

Komponenten einer Windenergieanlage sind neben dem **Fundament** und dem **Mast** ein **Rotor mit Nabe** und **Rotorblättern** sowie einer **Maschinengondel**, die den **Generator** und – außer bei getriebelosen Anlagen – ein **Getriebe** enthält. **Weit mehr als 90 Prozent einer Anlage lassen sich wiederverwerten bzw. recyceln.**

Die überwiegend aus Stahlbeton und Stahl bestehenden **Türme und Fundamente** lassen sich problemlos und vollständig recyceln. So wird der Fundament- und Turm-Beton **vor Ort zerkleinert** und im **Straßen- und Wegebau** verwendet. Der Stahl wird der **Stahlproduktion** zugeführt.

Die **Rotorblätter** bestehen in der Regel zu fast zwei Dritteln aus **faserverstärkten Kunststoffen**, zu knapp einem Drittel aus Harzen und Klebern. Bei älteren Anlagen wurden größtenteils **Glasfasern** verwendet (GFK), für Rotorblätter der jüngeren Generation werden auch **Carbonfasern** eingesetzt (**CFK**). Auch befinden sich geringe Kupfer- und Aluminiumbestandteile in den Blättern, die zurückgewonnen werden können. **Mehr als 80 Prozent des Materials gehen in die Zementindustrie**, wobei das verbrennende Epoxidharz die **Prozesswärme** liefert und die **Glasfasern die für die Zementherstellung** notwendigen Zuschlagstoffe ersetzen. Größere Probleme bereitet hingegen die Verwertung der **CFK-Segmente**. Hier werden seit einigen Jahren spezielle Verfahren zur **Faserrückgewinnung durch Pyrolyse** erprobt.

# Rückbau und Recycling: Gesetzestexte

[Nichtamtliches Inhaltsverzeichnis](#)

## **Baugesetzbuch \*) (BauGB) § 35 Bauen im Außenbereich**

(5) Die nach den Absätzen 1 bis 4 zulässigen Vorhaben sind in einer flächensparenden, die Bodenversiegelung auf das notwendige Maß begrenzenden und den Außenbereich schonenden Weise auszuführen. Für Vorhaben nach Absatz 1 Nummer 2 bis 6, 8 Buchstabe b und Nummer 9 ist als weitere Zulässigkeitsvoraussetzung eine Verpflichtungserklärung abzugeben, das Vorhaben nach dauerhafter Aufgabe der zulässigen Nutzung zurückzubauen und Bodenversiegelungen zu beseitigen; bei einer nach Absatz 1 Nummer 2 bis 6 und 8 Buchstabe b zulässigen Nutzungsänderung ist die Rückbauverpflichtung zu übernehmen, bei einer nach Absatz 1 Nummer 1 oder Absatz 2 zulässigen Nutzungsänderung entfällt sie. Die Baugenehmigungsbehörde soll durch nach Landesrecht vorgesehene Baulast oder in anderer Weise die Einhaltung der Verpflichtung nach Satz 2 sowie nach Absatz 4 Satz 1 Nummer 1 Buchstabe g sicherstellen. Im Übrigen soll sie in den Fällen des Absatzes 4 Satz 1 sicherstellen, dass die bauliche oder sonstige Anlage nach Durchführung des Vorhabens nur in der vorgesehenen Art genutzt wird.

[Nichtamtliches Inhaltsverzeichnis](#)

## **Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes- Bodenschutzgesetz - BBodSchG) § 4 Pflichten zur Gefahrenabwehr**

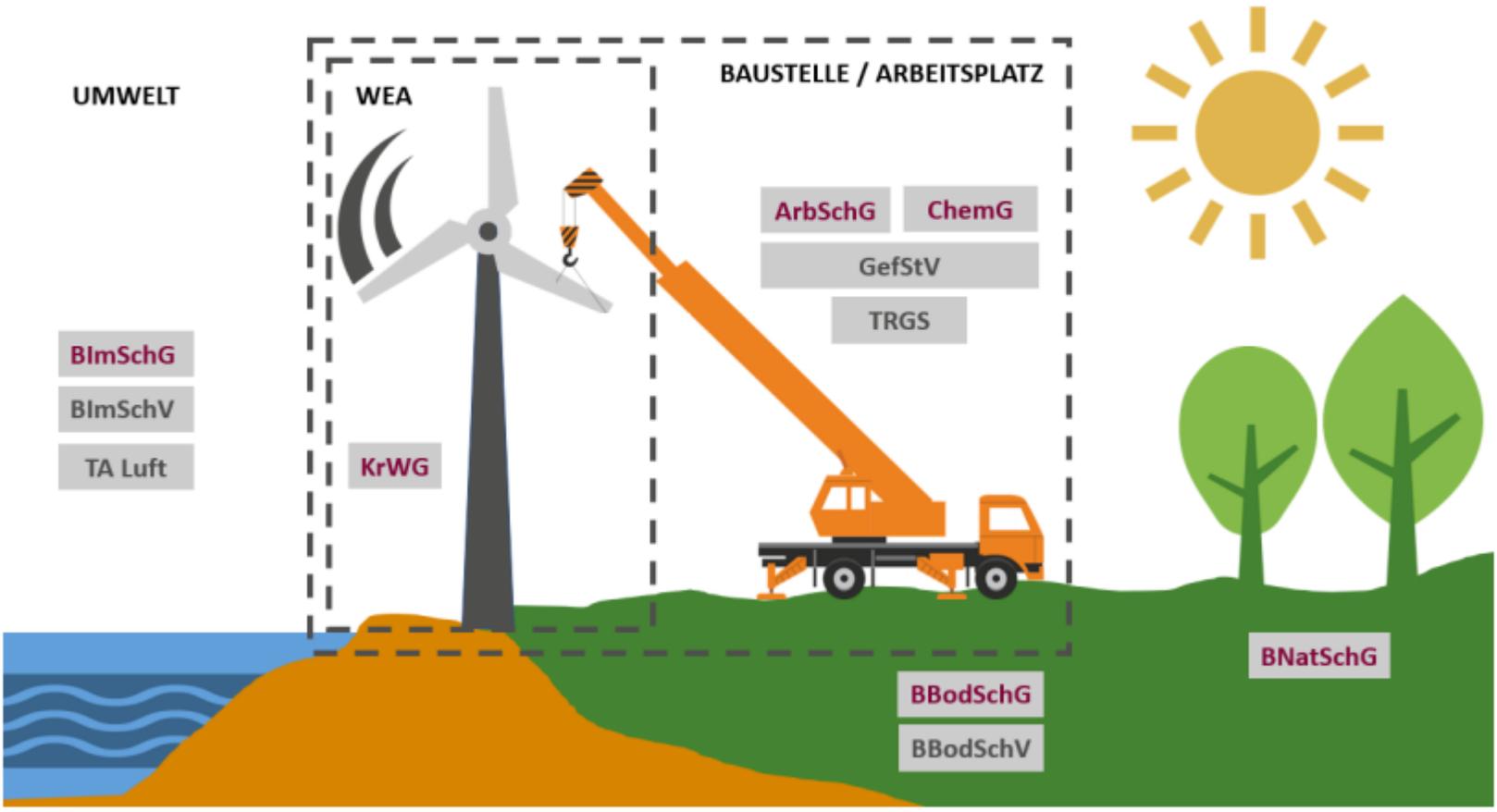
(1) Jeder, der auf den Boden einwirkt, hat sich so zu verhalten, daß schädliche Bodenveränderungen nicht hervorgerufen werden.

(2) Der Grundstückseigentümer und der Inhaber der tatsächlichen Gewalt über ein Grundstück sind verpflichtet, Maßnahmen zur Abwehr der von ihrem Grundstück drohenden schädlichen Bodenveränderungen zu ergreifen.

(3) Der Verursacher einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast sowie dessen Gesamtrechtsnachfolger, der Grundstückseigentümer und der Inhaber der tatsächlichen Gewalt über ein Grundstück sind verpflichtet, den Boden und Altlasten sowie durch schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten verursachte Verunreinigungen von Gewässern so zu sanieren, daß dauerhaft keine Gefahren, erheblichen Nachteile oder erheblichen Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Hierzu kommen bei Belastungen durch Schadstoffe neben Dekontaminations- auch Sicherungsmaßnahmen in Betracht, die eine Ausbreitung der Schadstoffe langfristig verhindern. Soweit dies nicht möglich oder unzumutbar ist, sind sonstige Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen durchzuführen. Zur Sanierung ist auch verpflichtet, wer aus handelsrechtlichem oder gesellschaftsrechtlichem Rechtsgrund für eine juristische Person einzustehen hat, der ein Grundstück, das mit einer schädlichen Bodenveränderung oder einer Altlast belastet ist, gehört, und wer das Eigentum an einem solchen Grundstück aufgibt.

# Rückbau und Recycling

Abbildung 81: Schematische Zusammenfassung einiger relevanter, nationaler Gesetze und Regularien beim Abbau eines Rotorblatts am Standort der Windenergieanlage (WEA).



Quelle: Eigene Darstellung, KIT-ITC.



## Vorbereitung der Sprengung:

Herstellung der  
Sprengbohrlöcher

Fundament einer  
Windkraftanlage ca. 500 m<sup>3</sup>



### Vorbereitung der Sprengung:

Herstellung der  
Sprengbohrlöcher

Abdeckung mit schweren  
Sprengschutzmatten zur  
Reduzierung des Streuflugs

Fundament einer  
Windkraftanlage ca. 500 m<sup>3</sup>



### Vorbereitung der Sprengung:

Herstellung der  
Sprengbohrlöcher

Abdeckung mit schweren  
Sprengschutzmatten zur  
Reduzierung des Streuflugs

Fundament einer  
Windkraftanlage ca. 500 m<sup>3</sup>



## Das Ergebnis einer erfolgreichen Fundamentsprengung:

Ein vollständig zerstörtes Stahl-Beton-Gefüge

### Fakten zu Kosten:

Sprengung Turm kostet 100.000 €

Auseinanderdrücken Turm kostet 50.000 €

### Rückbau Fundament:

Ab 250 m<sup>3</sup> ist Sprengung günstiger als mechanischer Abbruch.

**Fundament einer  
Windkraftanlage ca. 500 m<sup>3</sup>**

S. 387 Der maßgebliche Anteil von Rotorblattabfällen besteht mit etwa 80 % aus GFK, das bisher kommerziell nur über die Zementroute bei entsprechender Aufbereitung verwertet werden kann. Diese Verwertung erfolgt aktuell in Deutschland nur im Zementwerk Lägerdorf der Firma Holcim. Dessen GFK-Kapazität liegt bei maximal 40.000 t/a. Da beim Rückbau von WEA etwa 30.000 t/a an Rotorblattabfällen anfallen, wäre deren Verwertung über die Zementroute gesichert.

#### **Lebensdauer von WEA:**

20 – 25 Jahre (technische Auslegung). Statistisch etwas kürzer wegen Repowering.  
Es existiert ein Markt für gebrauchte Rotorblätter.

Die im Oktober 2020 veröffentlichte **DIN SPEC 4866** legt zum ersten Mal Standards für die Demontage und das Recycling von WEA fest: „Der Betreiber der WEA bzw. der Bauherr der Rückbaumaßnahme trägt die Gesamtverantwortung der Rückbaumaßnahme.“

#### **DIN 19639 „Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben“**

Die DIN 19639 aus dem Jahr 2019 legt Anforderungen des baubegleitenden Bodenschutzes hinsichtlich der fachlichen Grundlagen sowie der praktischen Planung, Umsetzung und Dokumentation fest. Ein Schwerpunkt liegt auf der Beschreibung der einzelnen Maßnahmen zur Vermeidung und Minderung physikalischer Bodenbeeinträchtigungen und des Verlustes von Bodenfunktionen durch mechanische Einwirkungen

#### **DIN 18915 „Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten“**

#### **DIN 19731 „Verwertung von Bodenmaterial und Baggergut“**

Ziel: **Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht.**

2.5.4 Second-use-Markt von Rotorblättern. Gebrauchte Rotorblätter sind auf unterschiedlichen Plattformen verfügbar, die weltweit agieren . S. 150

#### 2.5.5 Lebensdauern von WEA und Rotorblättern

Die Lebensdauern der untersuchten WEA reichen von 23 Jahre bis knapp über 40 Jahre. Die meisten der 43 untersuchten WEA in dieser Quelle haben eine Lebensdauer zwischen 25 und 35 Jahren.

S. 152: „In der Regel sind Windenergieanlagen für das höchste Turbulenzniveau nachgewiesen, denn nur dadurch ist gesichert, dass die Anlagen an jedem beliebigen Standort in der BRD errichtet werden können.“

Schätzungen gehen davon aus, dass WEA, die für die Windlastzone 3 (mittlere Windgeschwindigkeit 27,5 m/s) ausgelegt sind, in der Windlastzone 2 (mittlere Windgeschwindigkeit 25 m/s) ca. drei bis sechs Jahre weiterbetrieben werden können und in der Windlastzone 1 (mittlere Windgeschwindigkeit 22,5 m/s) sogar mehr als 10 Jahre (Berkhout et al.). WEA an weniger turbulenten Standorten und an Standorten in geringeren Windlastzonen haben voraussichtlich das größte Potential zum Weiterbetrieb nach 20 Jahren.



Quelle: S. 31  
[Anforderungen des Bodenschutzes an den Rückbau von Windenergieanlagen - LABO-Projekt B2.20 \(labo-deutschland.de\)](#)

**Abb. 16: Demontage eines Rotorblattes mittels Säge und Schutz des Bodens vor Staubeinträgen im unmittelbaren Umfeld durch Ausbreiten eines Geotextils (© Wörmann-Team GmbH & Co. KG, [www.woermann-team-verkehr.de](http://www.woermann-team-verkehr.de))**

## Abbildung 186: Unterschiedliche Produkte aus recycelten Carbonfasern.

S. 370



Gemahlene Carbonfasern



Geschnittene Carbonfasern



Pelletisierte Carbonfasern



Hochdosierte Carbonfasern



Carbonfaserverstärkte  
Thermoplaste



Textile Carbonfaservliese



Carbonfaserpapiere



Carbonfaserverstärkte  
duroplastische Formmassen

Quelle: Mitsubishi Chemical Advanced Material GmbH, Erlaubnis zur Nutzung der Grafik liegt vor.

Vliese sind eine Produktform, die eine sehr hochwertige Wiederverwendung der rCF in strukturellen Anwendungen ermöglichen können. Grundsätzlich sind Fasern mit einer Länge von ca. 20 bis 150 mm zu Vliesen verarbeitbar. Es existieren sowohl trockene Vliesbildungsverfahren (Krempel und Airlay), als auch nasse Verfahren (Nassvliesanlage mit Ausnutzung des hydrodynamischen Prinzips) zur Herstellung von Vliesstoffen. Für alle

[Lesung mit Harald Lesch: "Erneuerbare Energien zum Verstehen und Mitreden" - YouTube](#)

[Mythen und Methoden der Klimaleugner - Vortrag von Harald Lesch und Udo Ornik - YouTube](#)

[Olympic Cyclist Vs. Toaster: Can He Power It? - YouTube](#)