KLEINE WINDENERGIEANLAGEN BETRIEBSERFAHRUNGEN & ERTRAGSABSCHÄTZUNG

Paul Kühn | Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik

3. BWE-Kleinwindanlagen-Symposium | 20. März 2010 | Husum

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

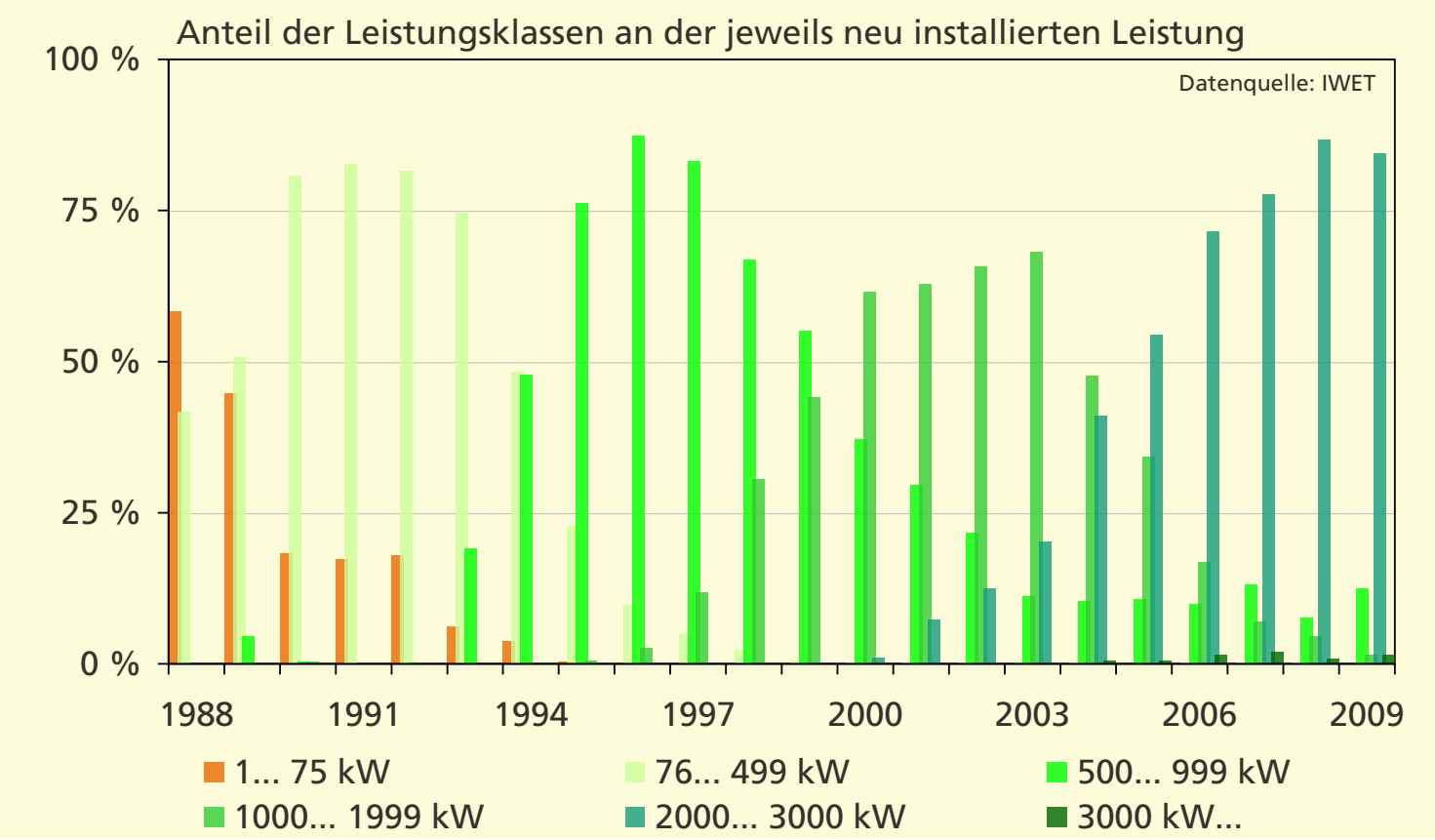
KLEINE WINDENERGIEANLAGEN BETRIEBSERFAHRUNGEN & ERTRAGSABSCHÄTZUNG

1. Einführung
2. Betriebserfahrungen
3. Ertragsabschätzung

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Durchdringung des Marktes mit großen Windenergieanlagen (WEA) in Deutschland

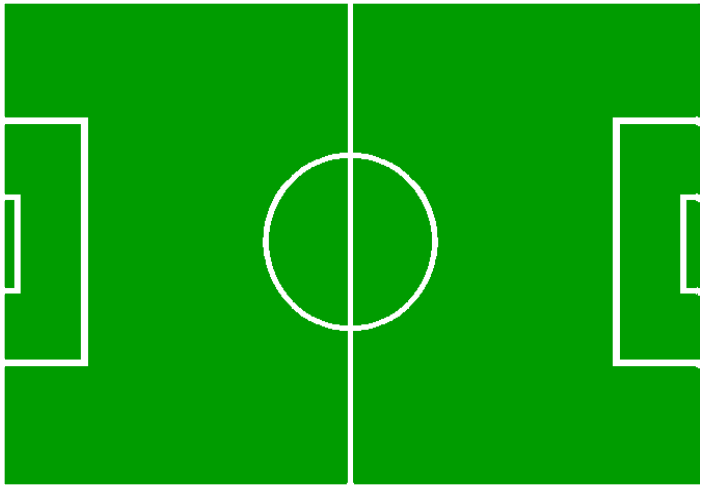


© Fraunhofer IWES

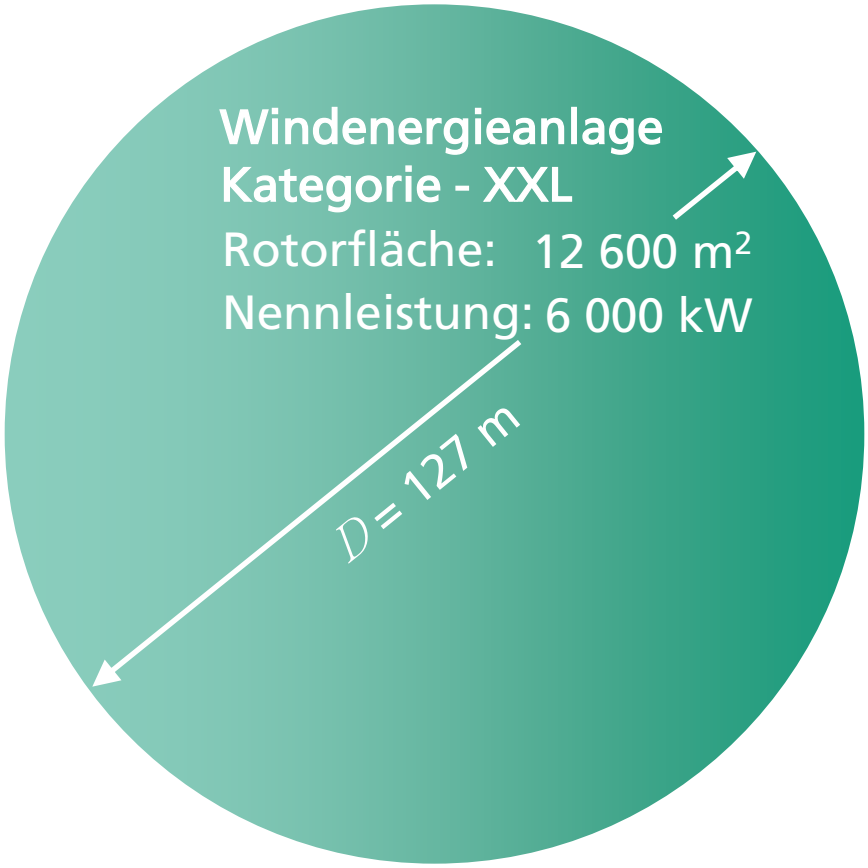
Fraunhofer IWES

Große Windenergieanlagen (WEA)
Größenvergleich 1

Fußballfeld



Spielfläche: 7 140 m²

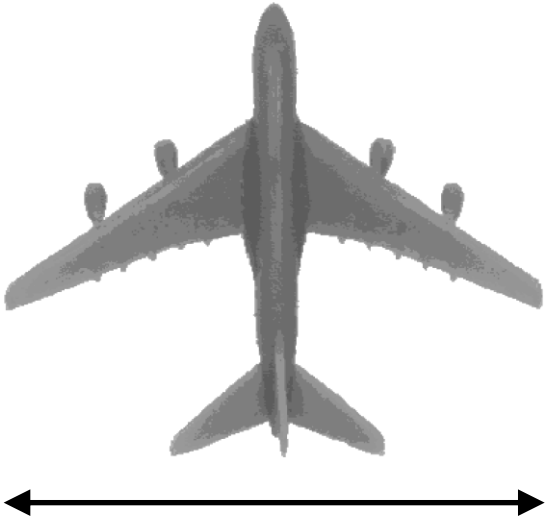


© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Große Windenergieanlagen (WEA)
Größenvergleich 2

Airbus A 380



Spannweite: 80 m

Windenergieanlage
Kategorie - XXL

Rotorfläche: 12 600 m²

Nennleistung: 6 000 kW

D = 127 m

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Kleine Windenergieanlagen (KWEA)

Kleine Windenergieanlage Kategorie - S

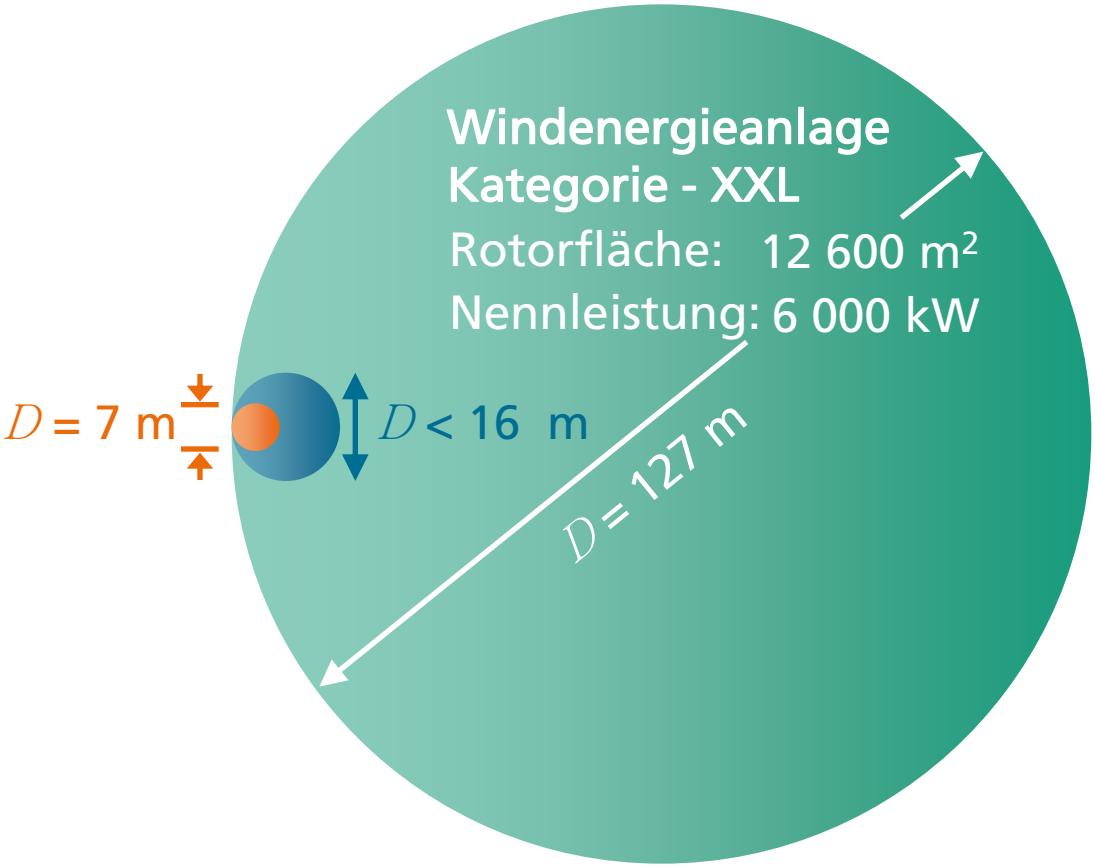
Rotorfläche: bis 200 m²

Nennleistung: bis 75 kW

Kleine Windenergieanlage Kategorie - XS

Rotorfläche: bis 40 m²

Nennleistung: bis 10 kW



© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

KLEINE WINDENERGIEANLAGEN BETRIEBSERFAHRUNGEN & ERTRAGSABSCHÄTZUNG

1. Einführung
2. Betriebserfahrungen
3. Ertragsabschätzung

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Wissenschaftliches Mess- und Evalurierungsprogramm (WMEP) zum Breitentest „250 MW Wind“

- Begleitung der Windenergienutzung in Deutschland durch das ISET* seit 1989
- Datenbeschaffung:
  - Logbücher und Berichte der Betreiber
  - Fernmessnetz (elektrische Leistung, Wind)
- Schwerpunkte:
  - Windangebot
  - Betriebsergebnisse
  - Zuverlässigkeit
  - Wirtschaftlichkeit
- Daten von 1 500 WEA davon 235 KWEA

*aus ISET wurde IWES. Das ISET ist 2009 in die Fraunhofer-Gesellschaft übergegangen.

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Südlichste KWEA im WMEP: HM H-Rotor 60 am Rotwandhaus in den bayrischen Voralpen

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Beispiele für KWEA-Typen im WMEP

Kategorie S

www.windstrom-service.de

$40\ m^2 < A_{Rotor} < 200\ m^2$

Kategorie XS

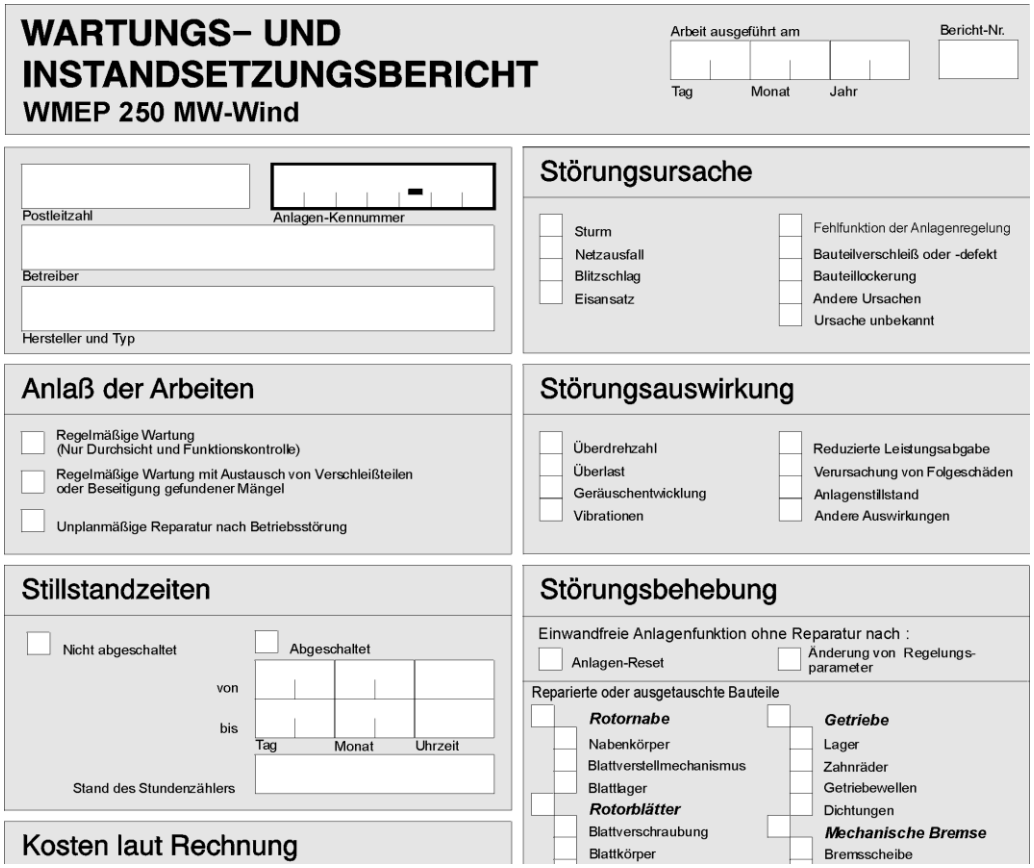
$A_{Rotor} \leq 40\ m^2$

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Datengrundlage:
Berichte der Betreiber & Telefoninterviews

- Berichte zu Betriebs-ergebnissen:
  - Stromproduktion
  - Kosten
- Insgesamt mehr als 62 000 Wartungs- und Instand-setzungsberichte, davon:
  - ca. 4 200 von KWEA
- Telefonbefragung (September/Oktober 2009)
  - 51 Betreiber von KWEA



WARTUNGS– UND INSTANDSETZUNGSBERICHT
WMEP 250 MW-Wind

Arbeit ausgeführt am: Tag / Monat / Jahr
Bericht-Nr.

Postleitzahl
Anlagen-Kennummer
Betreiber
Hersteller und Typ

Störungsursache
- Sturm
- Netzausfall
- Blitzschlag
- Eisansatz
- Fehlfunktion der Anlagenregelung
- Bauteilverschleiß oder -defekt
- Bauteillockerung
- Andere Ursachen
- Ursache unbekannt

Anlaß der Arbeiten
- Regelmäßige Wartung (Nur Durchsicht und Funktionskontrolle)
- Regelmäßige Wartung mit Austausch von Verschleißteilen oder Beseitigung gefundener Mängel
- Unplanmäßige Reparatur nach Betriebsstörung

Störungsauswirkung
- Überdrehzahl
- Überlast
- Geräuschentwicklung
- Vibrationen
- Reduzierte Leistungsabgabe
- Verursachung von Folgeschäden
- Anlagenstillstand
- Andere Auswirkungen

Stillstandzeiten
- Nicht abgeschaltet
- Abgeschaltet

von / bis: Tag, Monat, Uhrzeit

Stand des Stundenzählers

Störungsbehebung

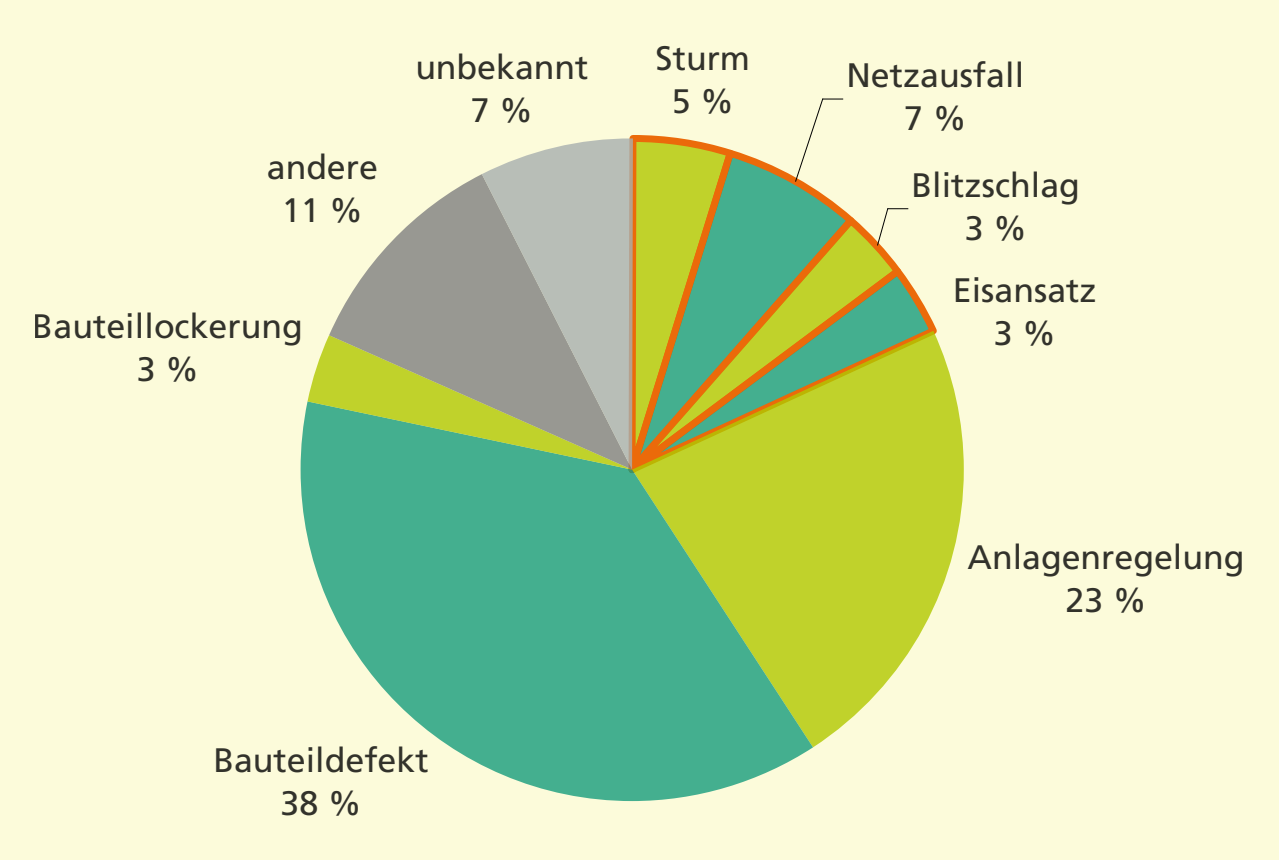
Einwandfreie Anlagenfunktion ohne Reparatur nach :
- Anlagen-Reset
- Änderung von Regelungs-parameter

Reparierte oder ausgetauschte Bauteile
- ***Rotornabe***
  - Nabenkörper
  - Blattverstellmechanismus
  - Blattlager
- ***Rotorblätter***
  - Blattverschraubung
  - Blattkörper
- ***Getriebe***
  - Lager
  - Zahnräder
  - Getriebewellen
  - Dichtungen
- ***Mechanische Bremse***
  - Bremsscheibe

Kosten laut Rechnung

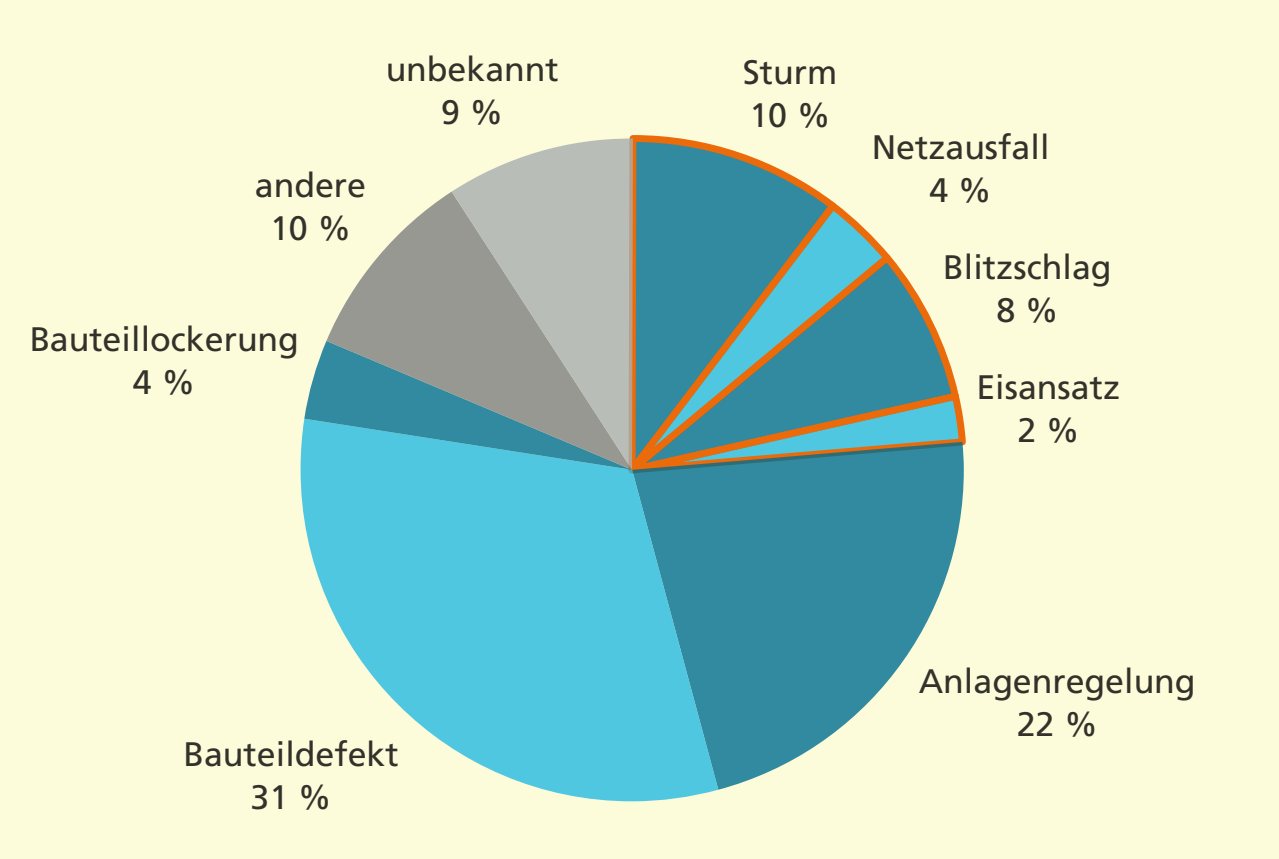
© Fraunhofer IWES
Fraunhofer IWES

Störungsursachen: Große WEA



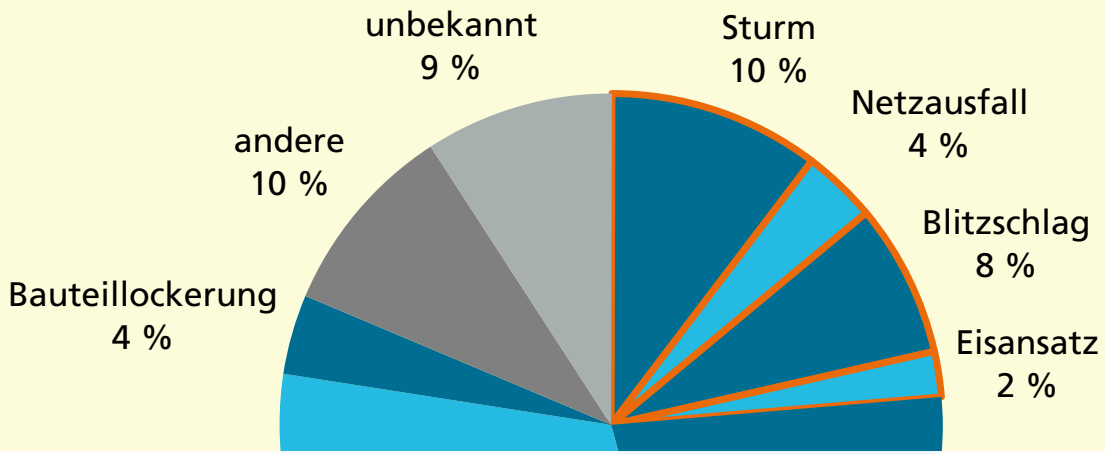
© Fraunhofer IWES

Störungsursachen: KWEA



© Fraunhofer IWES

Störungsursachen: KWEA



„Ein Rotorblatt musste wegen eines Blitzschadens repariert werden!“

„Stillstand nach Blitzschlag; Elektronik defekt, Drehkranz fest!“

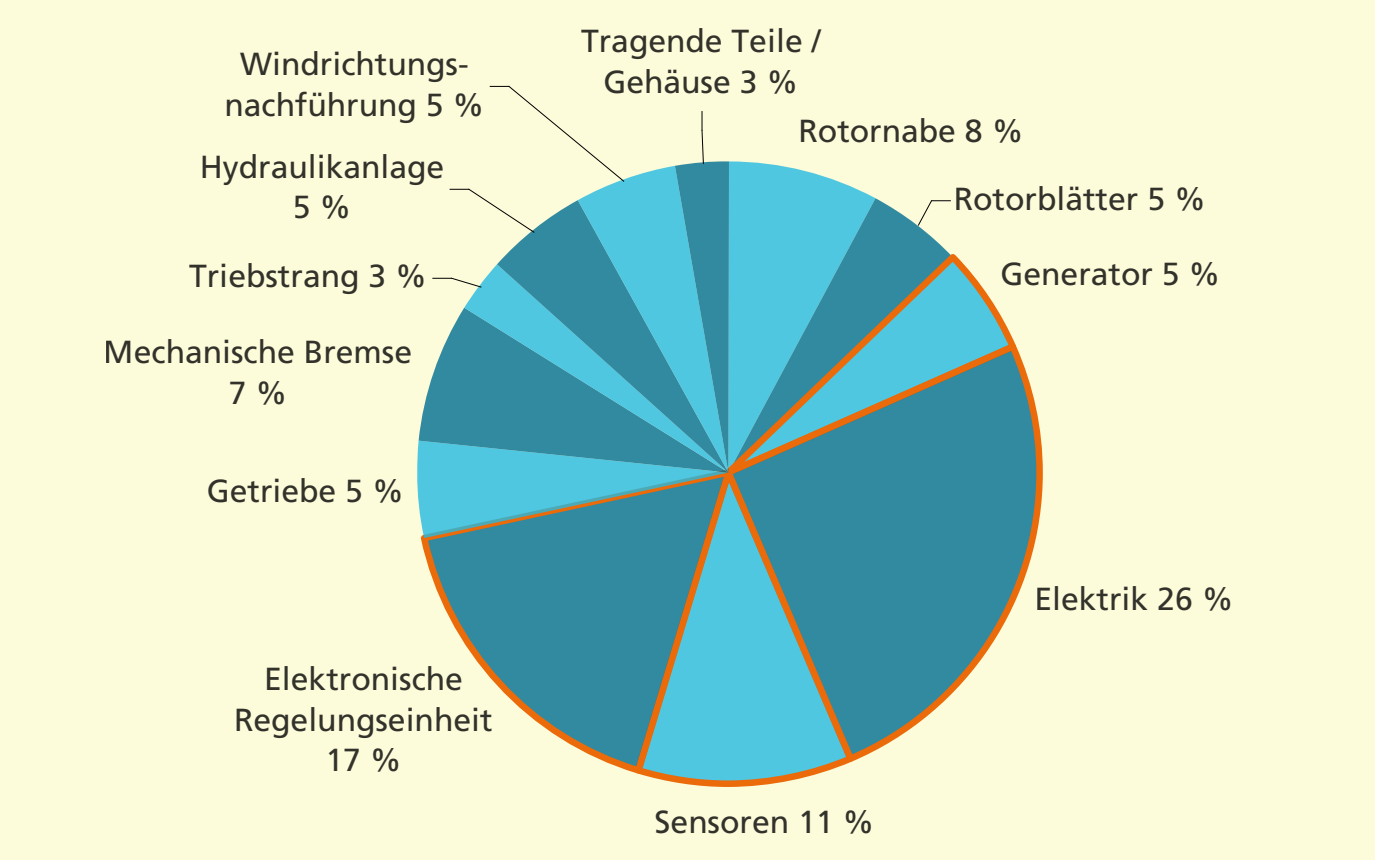
„Windfahne eingefroren!“

„Windfahne durch Sturm beschädigt. Reparatur vom Betreiber ohne Kosten durchgeführt!“

„Kabel durch Rattenbiß defekt, Stellmotor gewechselt“

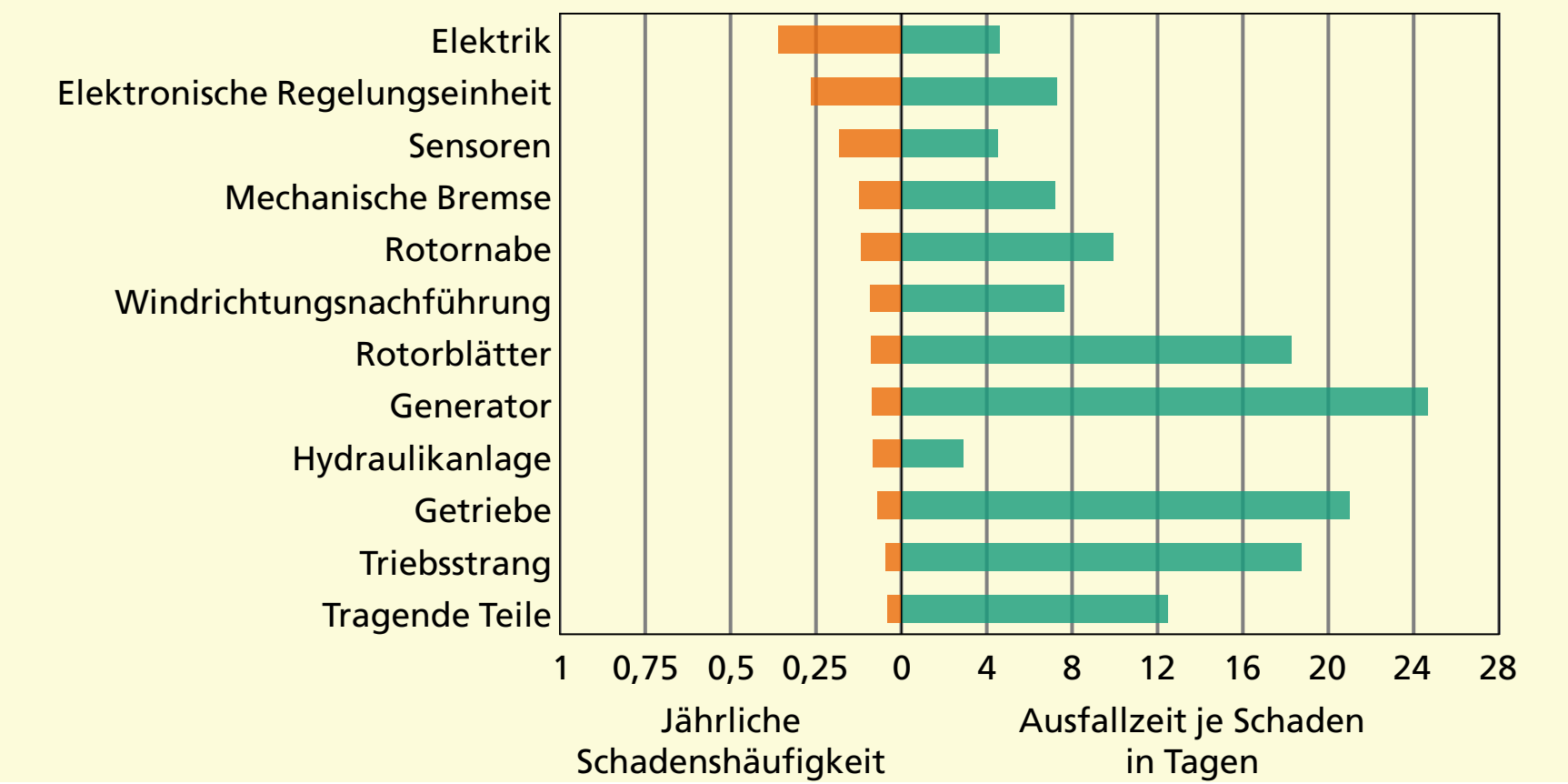
© Fraunhofer IWES

Störungsauswirkungen: KWEA



© Fraunhofer IWES

Schadenshäufigkeit von KWEA-Komponenten und zugehörige Ausfallzeiten



© Fraunhofer IWES

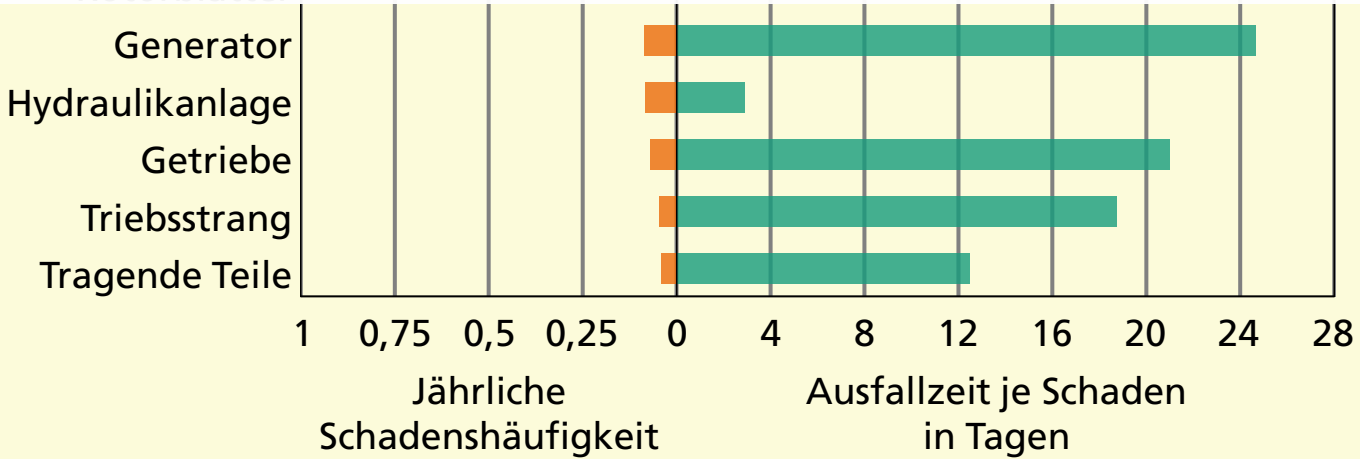
Fraunhofer IWES

Schadenshäufigkeit von KWEA-Komponenten und zugehörige Ausfallzeiten

„Totalschaden am Generator! Ersatzteilbeschaffung ist sehr problematisch, wegen Konkurs der Herstellerfirma!“

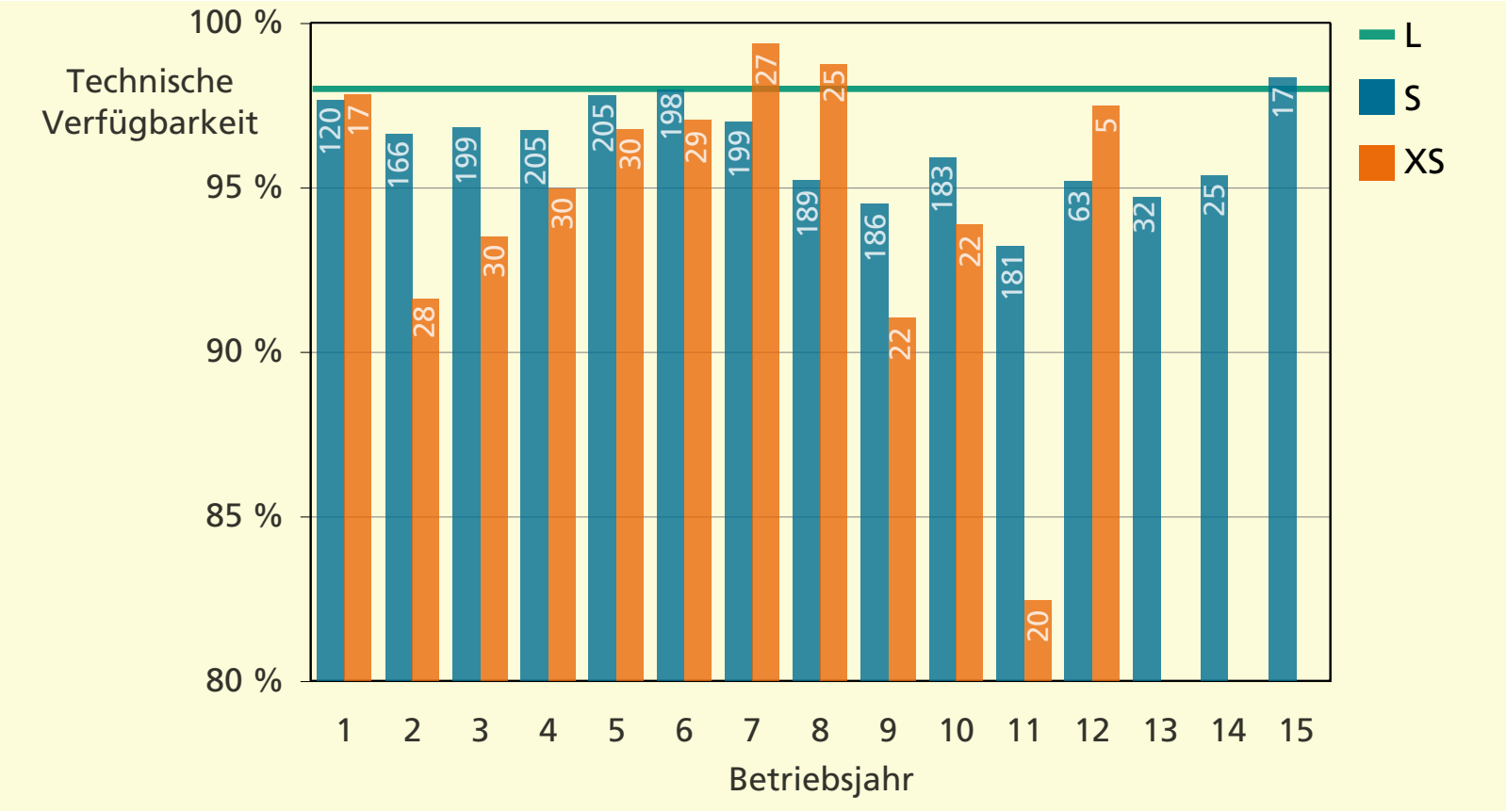
„Generatortausch! Generator gegen Leihgenerator getauscht (Lieferzeit des neuen Generators fünf Monate)!“

„Anfang Mai hat ein Starenpaar auf dem Bremssattel, Bremsscheibe genistet, wodurch die Leistung der Anlage stark beeinträchtigt wurde. Am 24.06. wurde das Nest entfernt und ein beschädigter Gummipuffer des Blattverstellmechanismus ausgetauscht!“



© Fraunhofer IWES
Fraunhofer IWES

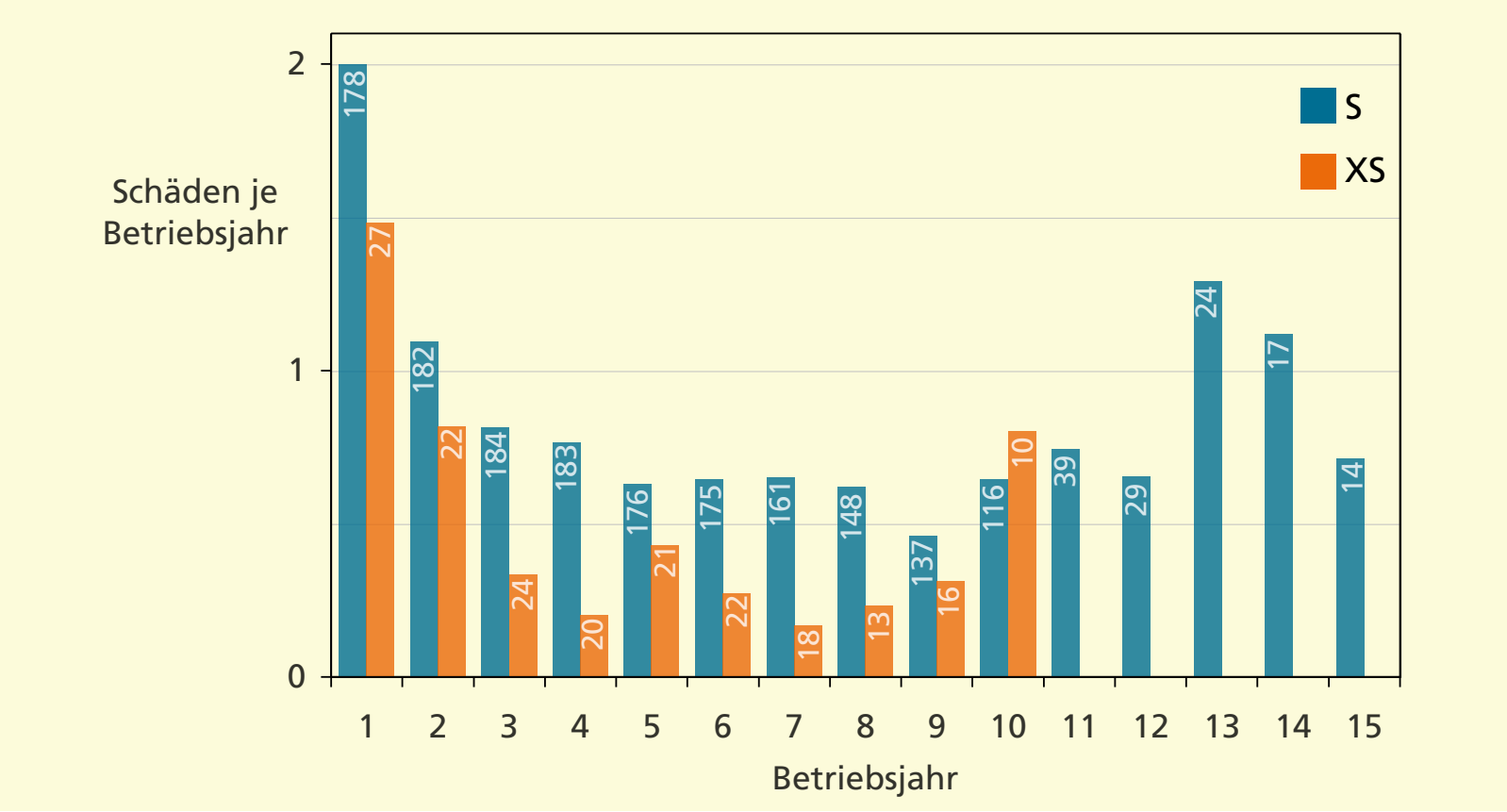
Technische Verfügbarkeit: Große (L) und kleine WEA



© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Altersabhängige Zuverlässigkeit von KWEA



© Fraunhofer IWES

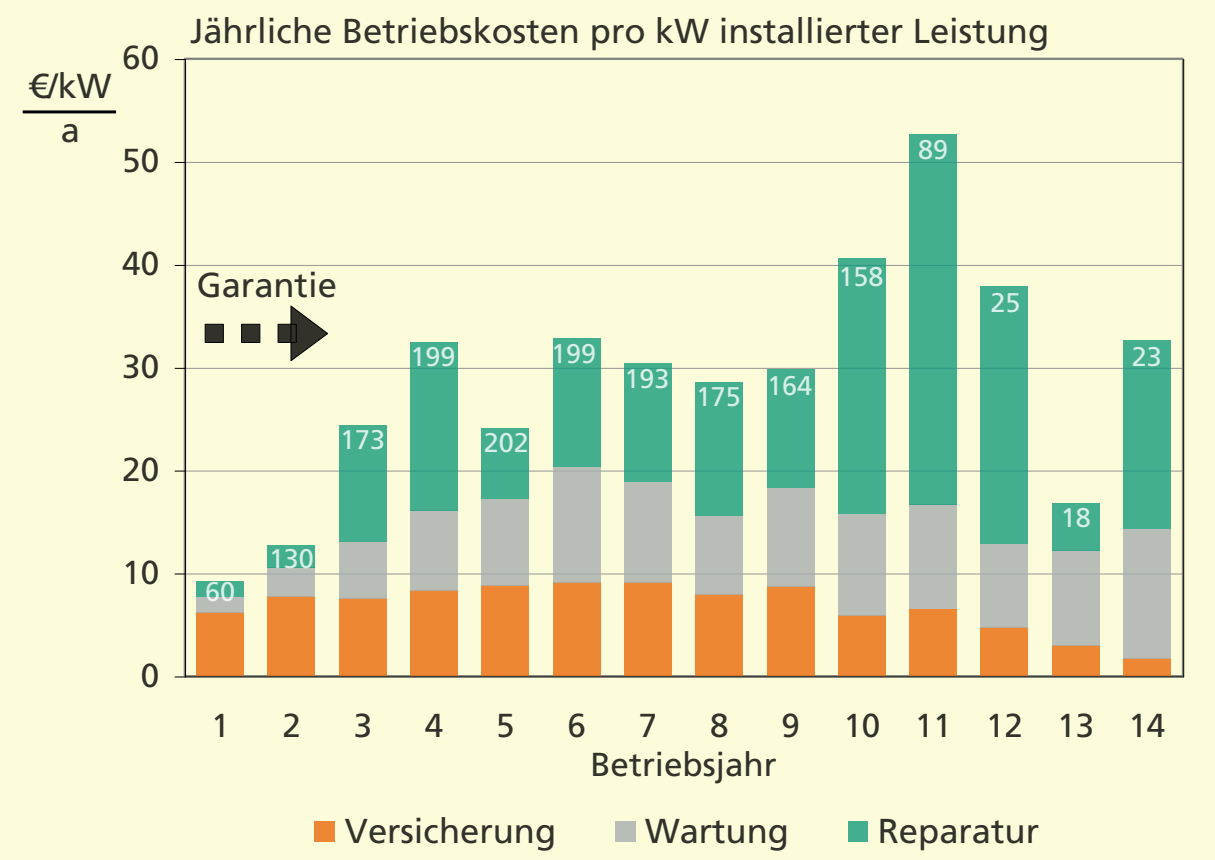
Fraunhofer IWES

Betreiberbefragung: Lebensdauer & Betrieb (September / Oktober 2009)

	XS		S	
	Ja	Nein	Ja	Nein
Läuft Ihre KWEA noch?	8	15	22	6
Durchschnittliches Anlagenalter in Jahre	16	9,7	17,4	12,7
Gab es größere Probleme während der Betriebszeit?	12	7	12	8
Gab es Beschwerden, z. B. der Nachbarn?	4	15	6	15
Haben Sie Wartungs- und Reparaturarbeiten selbst durchgeführt?	12	5	12	10

© Fraunhofer IWES

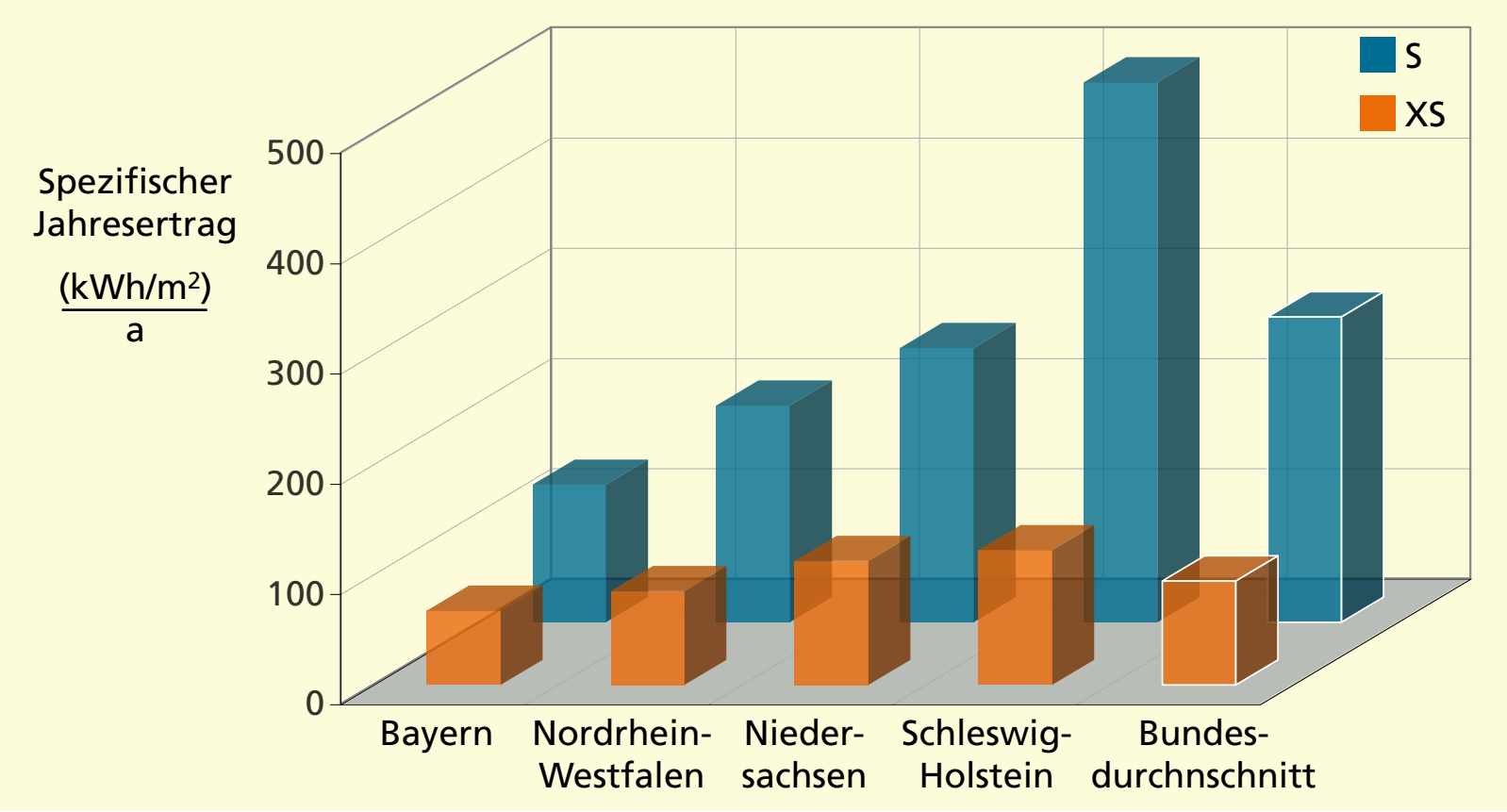
Entwicklung der Betriebskosten von KWEA



- Mittlere jährliche Betriebskosten pro kWh Jahresarbeit:
  - L: 1,5 c€/kWh
  - S: 3,5 c€/kWh
  - XS: 16 c€/kWh

© Fraunhofer IWES
Fraunhofer IWES

Mittlerer flächenspezifischer Jahresertrag von KWEA



© Fraunhofer IWES
Fraunhofer IWES

Betreiberbefragung: Zufriedenheit (September / Oktober 2009)

	XS		S	
	Ja	Nein	Ja	Nein
Wurden Ihre Erwartungen an den Ertrag erfüllt?	3	16	10	22
Konnten Sie Gewinn erwirtschaften?	0	19	7	15
Würden Sie heute noch einmal eine KWEA installieren?	13	5	15	7

© Fraunhofer IWES
Fraunhofer IWES

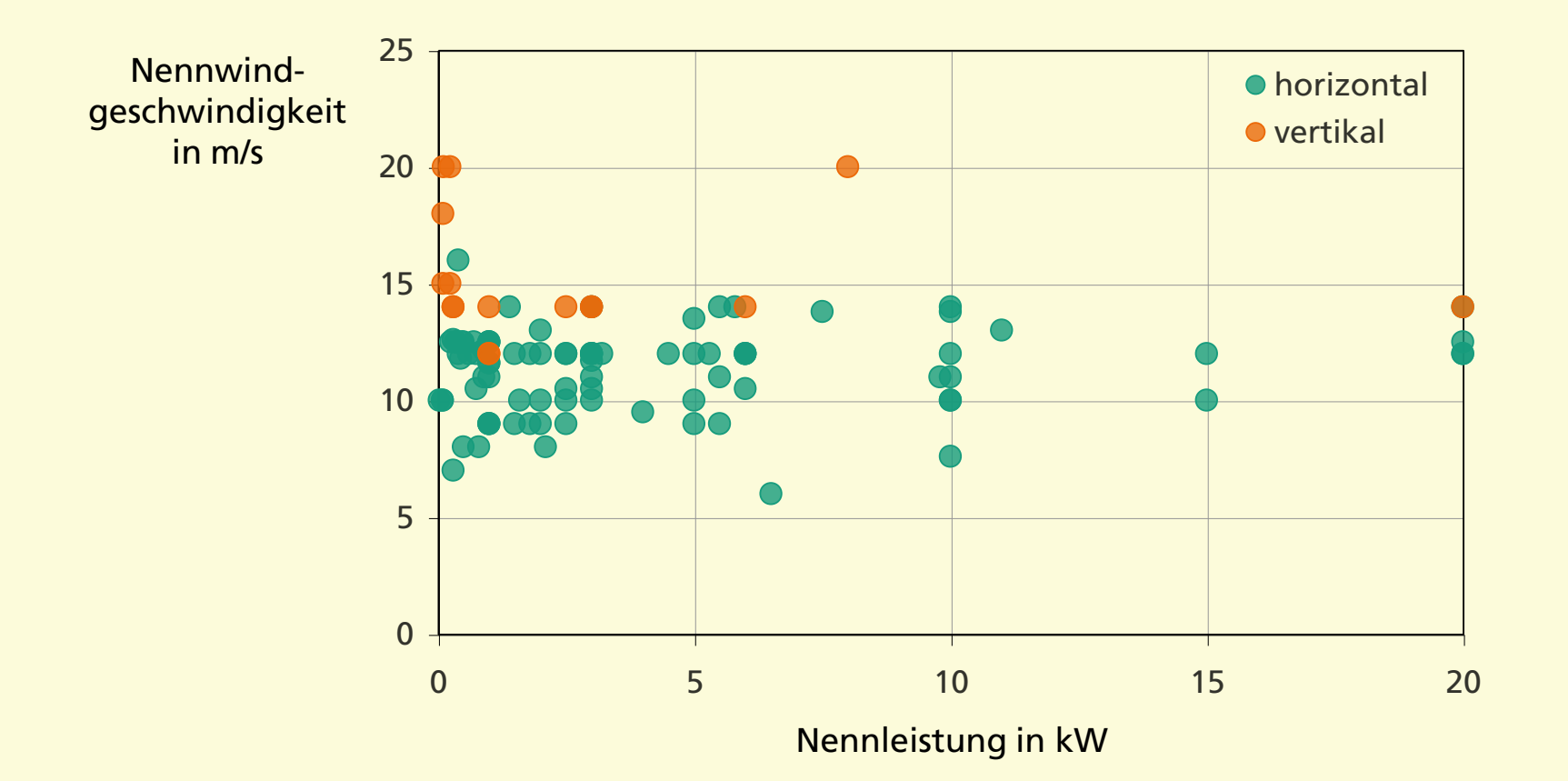
KLEINE WINDENERGIEANLAGEN BETRIEBSERFAHRUNGEN & ERTRAGSABSCHÄTZUNG

1. Einführung
2. Betriebserfahrungen
3. Ertragsabschätzung

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

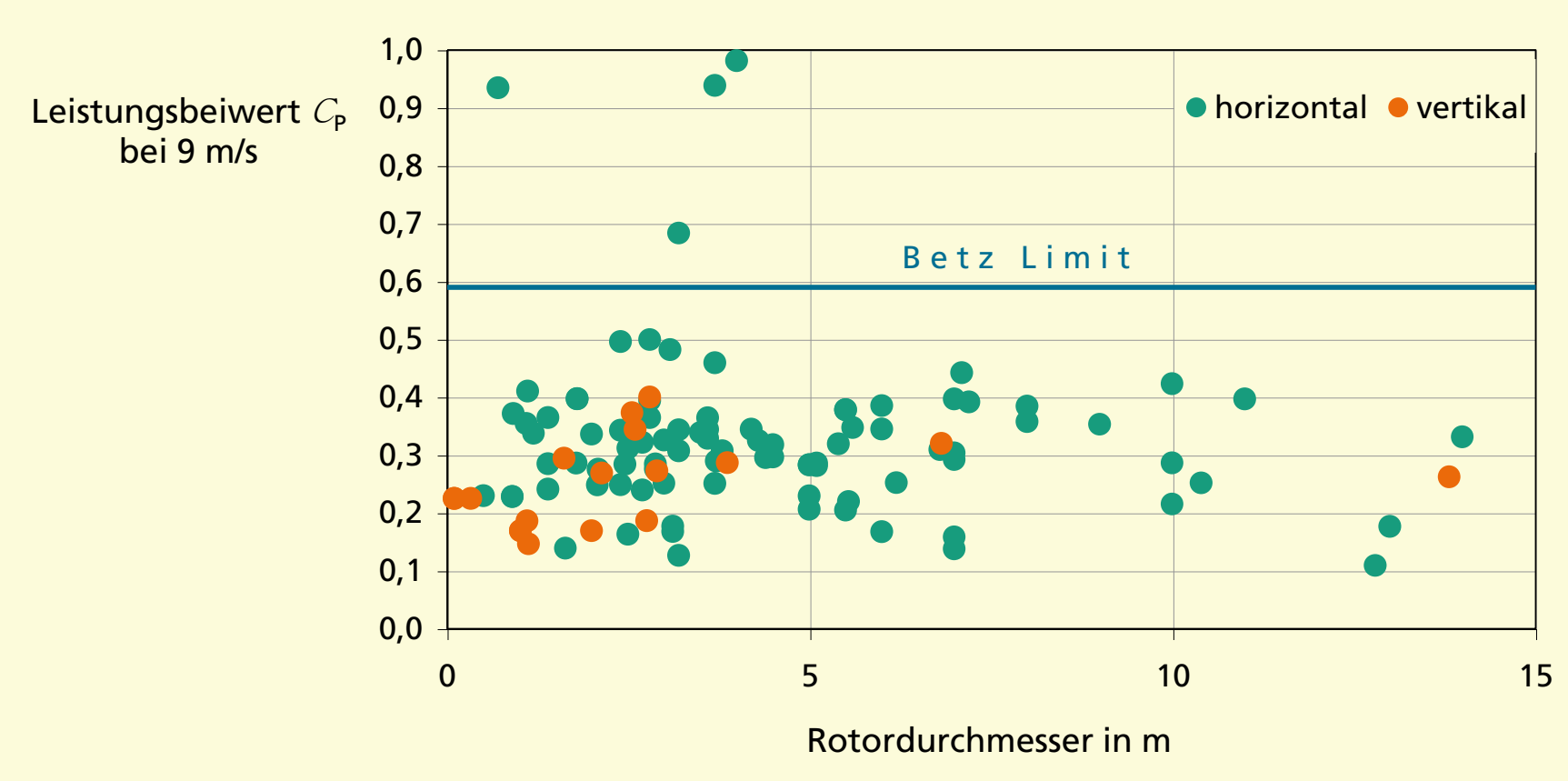
Nicht-standardisierte Produktinformationen: Nennwindgeschwindigkeiten aktueller KWEA-Typen



© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

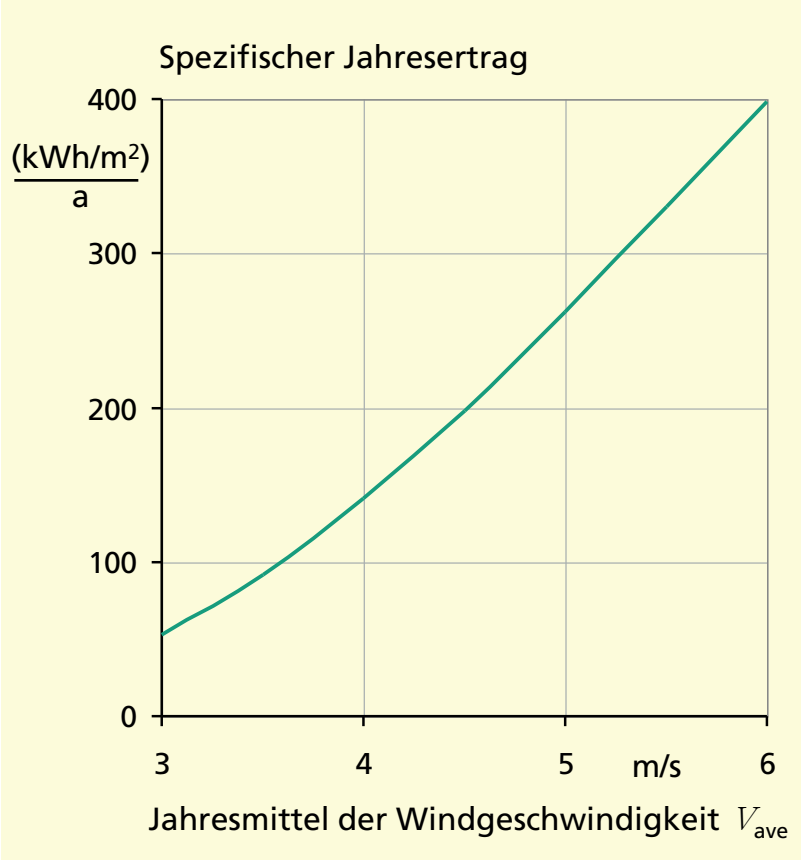
Herstellerangaben: Leistungscharakteristik



© Fraunhofer IWES

Abschätzung des Jahresertrages (AEP): Rotordurchmesser / überstrichene Rotorfläche

Rotor-durchmesser	Rotor-fläche	Leistung im Wind x 0,3 bei 9 m/s
1 m	0,8 m²	105 W
3 m	7 m²	950 W
5 m	20 m²	2 630 W
7 m	40 m²	5 150 W
10 m	80 m²	10 520 W



<u>Beispiel</u>

KWEA: D = 3 m

Standort: V_{ave} = 5 m/s

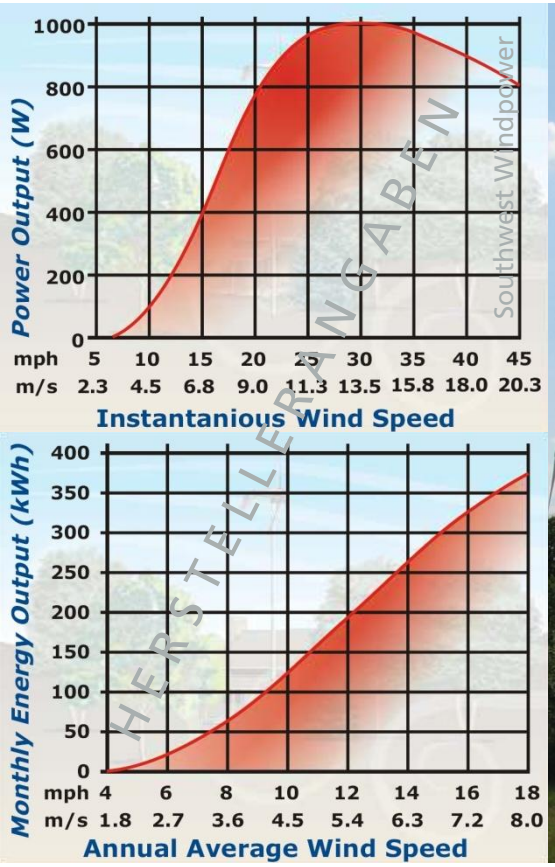
AEP = 260 (kWh/m²)/a x 7 m²

= <u>**1 820 kWh/a**</u>

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Abschätzung des Jahresertrages: Überprüfung der Leistungscharakteristik einer KWEA auf dem IWES-Testfeld

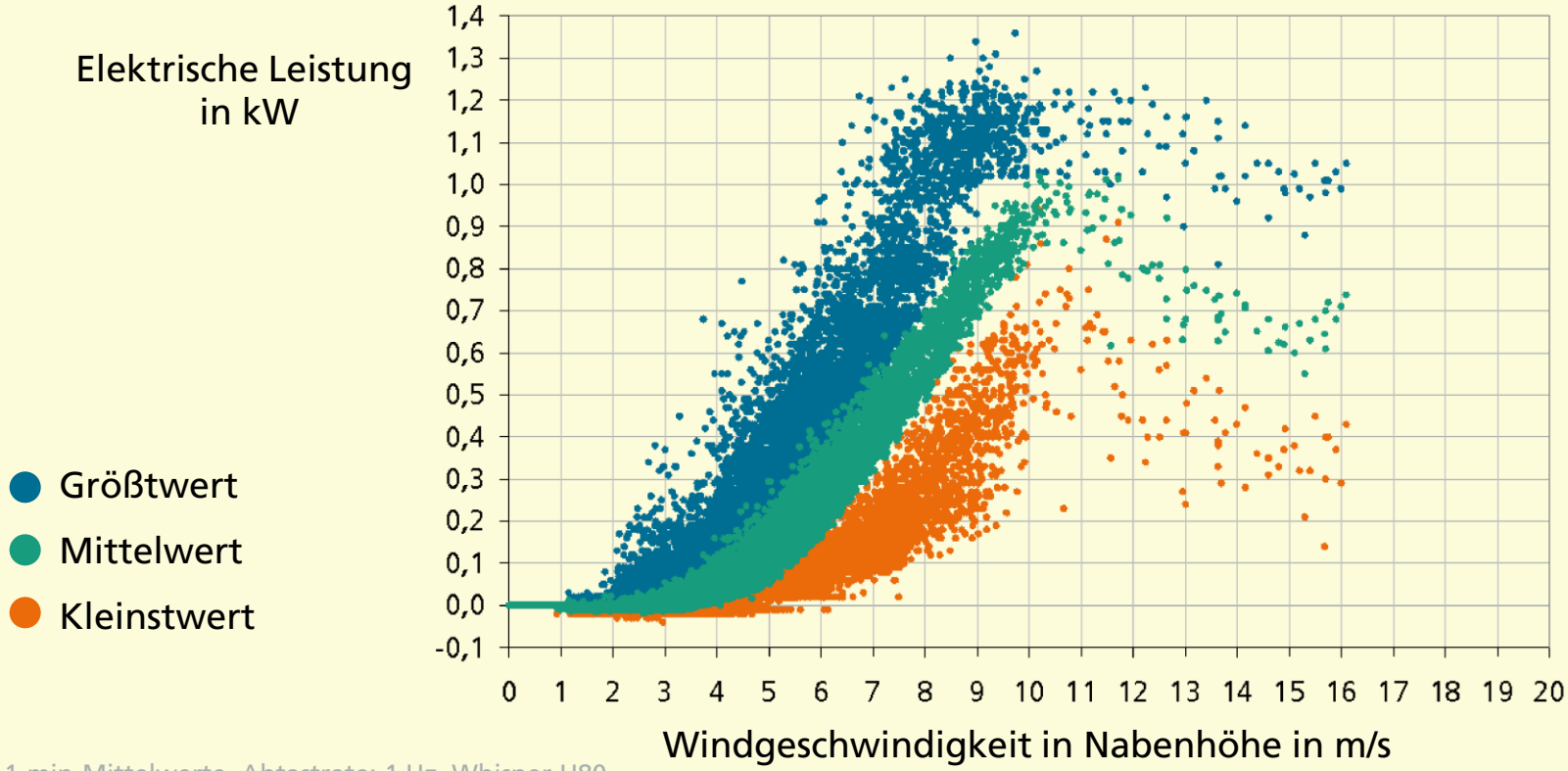


Whisper H80 (Fa. Southwest Windpower) auf dem IWES-Testfeld

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Gemessene Ausgangsleistung: Whisper H80, Southwest Windpower

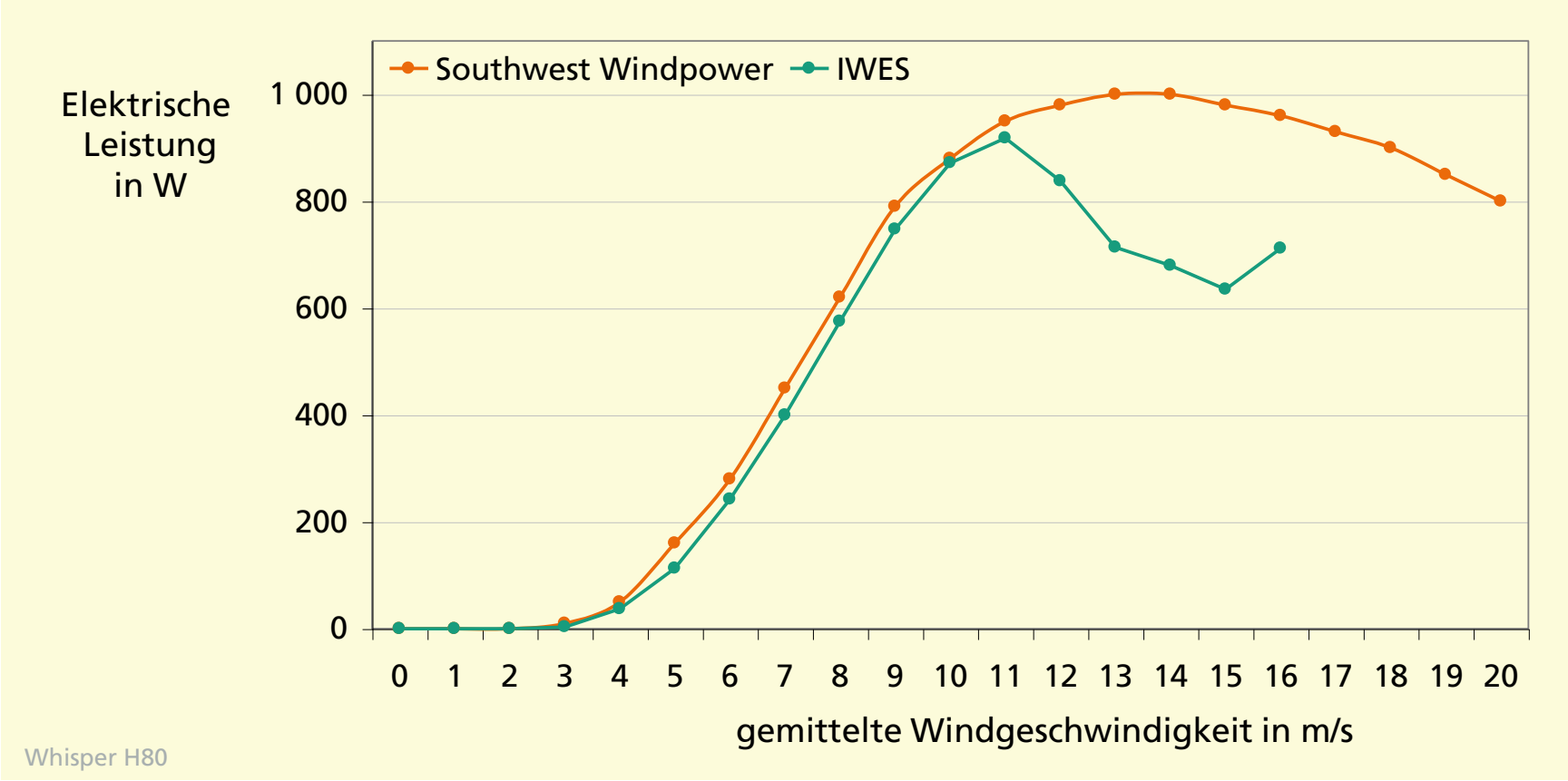


1-min-Mittelwerte, Abtastrate: 1 Hz, Whisper H80
IWES-Testfeld, Messzeitraum: 2009-07-28 bis 2009-10-14

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Ermittelte Leistungskurve & Leistungskurve des Herstellers



© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES

Projektierung einer KWEA
Wie viel Ertrag ist möglich?

- Bewertung der Windressourcen
  - Mittlere Windgeschwindigkeit, Turbulenz, Hauptwindrichtung
- Standortwahl
  - Hindernisse, Oberflächenrauigkeit
  - Schattenwurf, Lärmemissionen...
- Dimensionierung
  - überstrichene Rotorfläche, maximale Leistung
  - Turmhöhe, Abspannradius, Fundament, elektrischer Anschluss
- Wahl des Anlagentyps
  - Produktinformationen, Leistungscharakteristik, Referenzen
- Genehmigungen

© Fraunhofer IWES

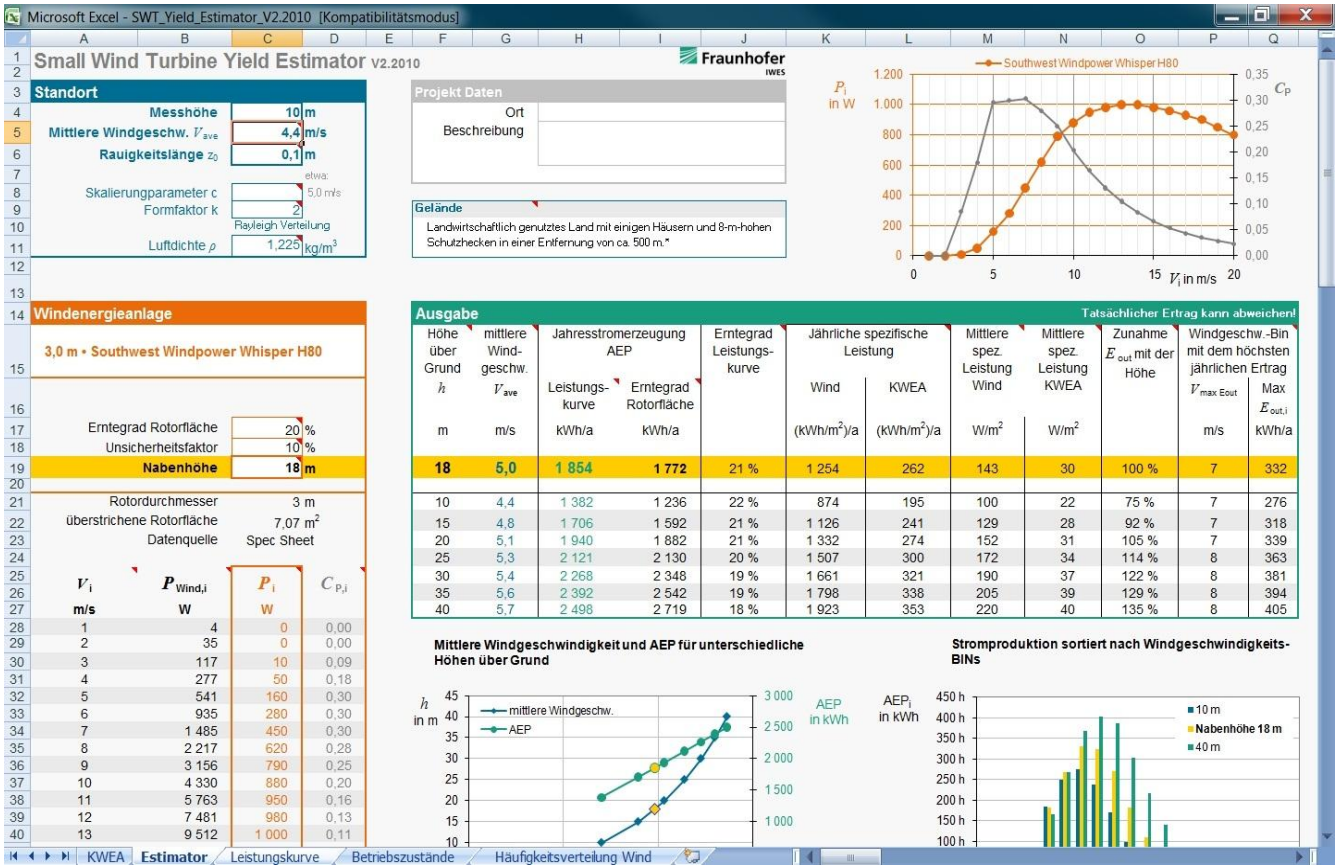
Small Wind Turbine Yield Estimator

Wie viel Ertrag ist möglich?

MS Excel-Tool zur Abschätzung des Jahresenergieertrages kleiner Windenergieanlagen

Download:
www.windmonitor.de

Menüpunkt: Kleine Windenergieanlagen
→ Ertragsschätzung



© Fraunhofer IWES

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

M. Sc. Paul Kühn

Bereich
Energiewirtschaft und Netzbetrieb
Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES

Königstor 59 | 34119 Kassel
Telefon +49 561-7294 351 | Fax +49 561-7294 260
pkuehn@iset.uni-kassel.de

© Fraunhofer IWES

Fraunhofer IWES