
KLEINE WINDENERGIEANLAGEN BETRIEBSERFAHRUNGEN & ERTRAGSABSCHÄTZUNG

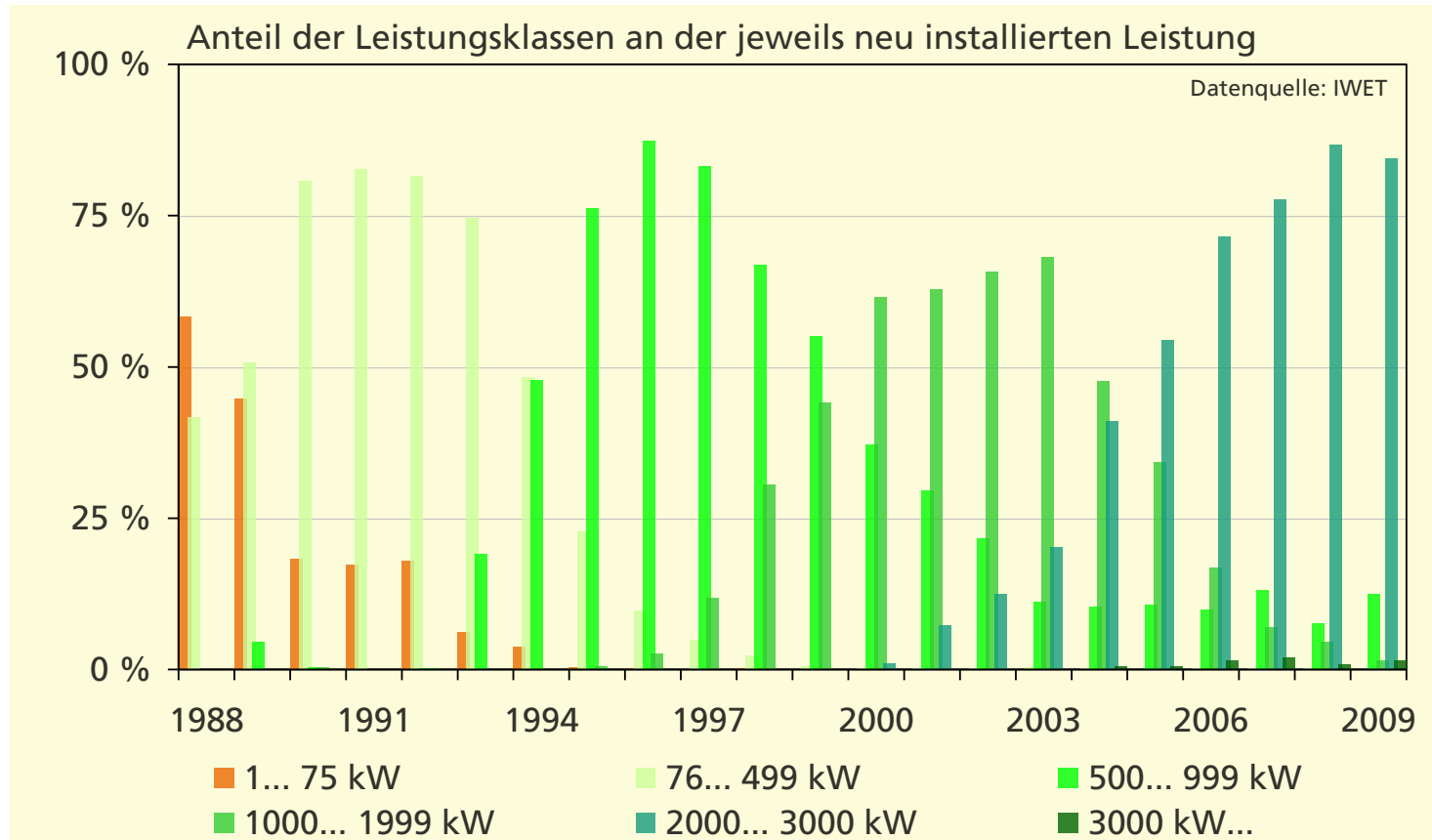
Paul Kühn | Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik
3. BWE-Kleinwindanlagen-Symposium | 20. März 2010 | Husum



KLEINE WINDENERGIEANLAGEN BETRIEBSERFAHRUNGEN & ERTRAGSABSCHÄTZUNG

1. Einführung
2. Betriebserfahrungen
3. Ertragsabschätzung

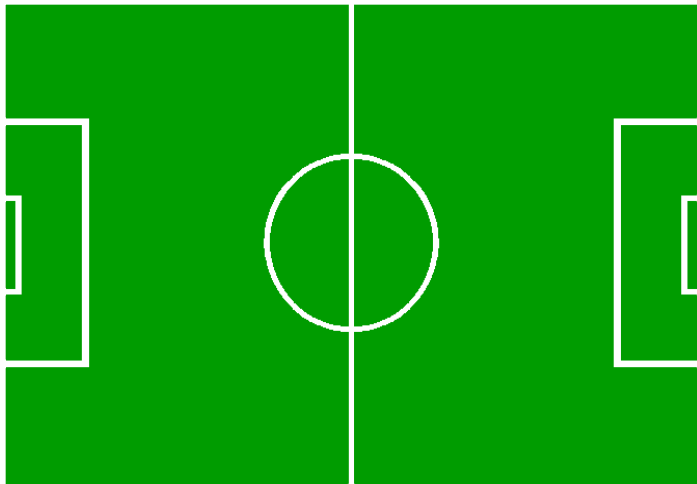
Durchdringung des Marktes mit großen Windenergieanlagen (WEA) in Deutschland



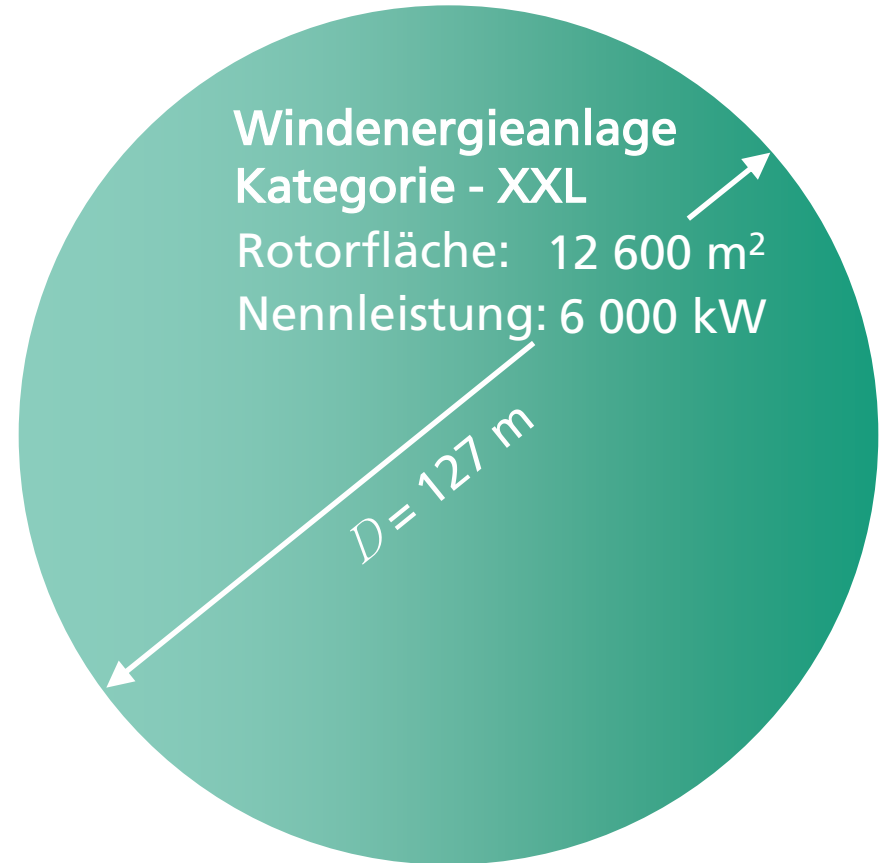
Große Windenergieanlagen (WEA)

Größenvergleich 1

Fußballfeld



Spielfläche: 7 140 m²



Große Windenergieanlagen (WEA)

Größenvergleich 2

Airbus A 380



Spannweite: 80 m

**Windenergieanlage
Kategorie - XXL**

Rotorfläche: 12 600 m²

Nennleistung: 6 000 kW

$D = 127 \text{ m}$

Kleine Windenergieanlagen (KWEA)

Kleine Windenergieanlage Kategorie - S

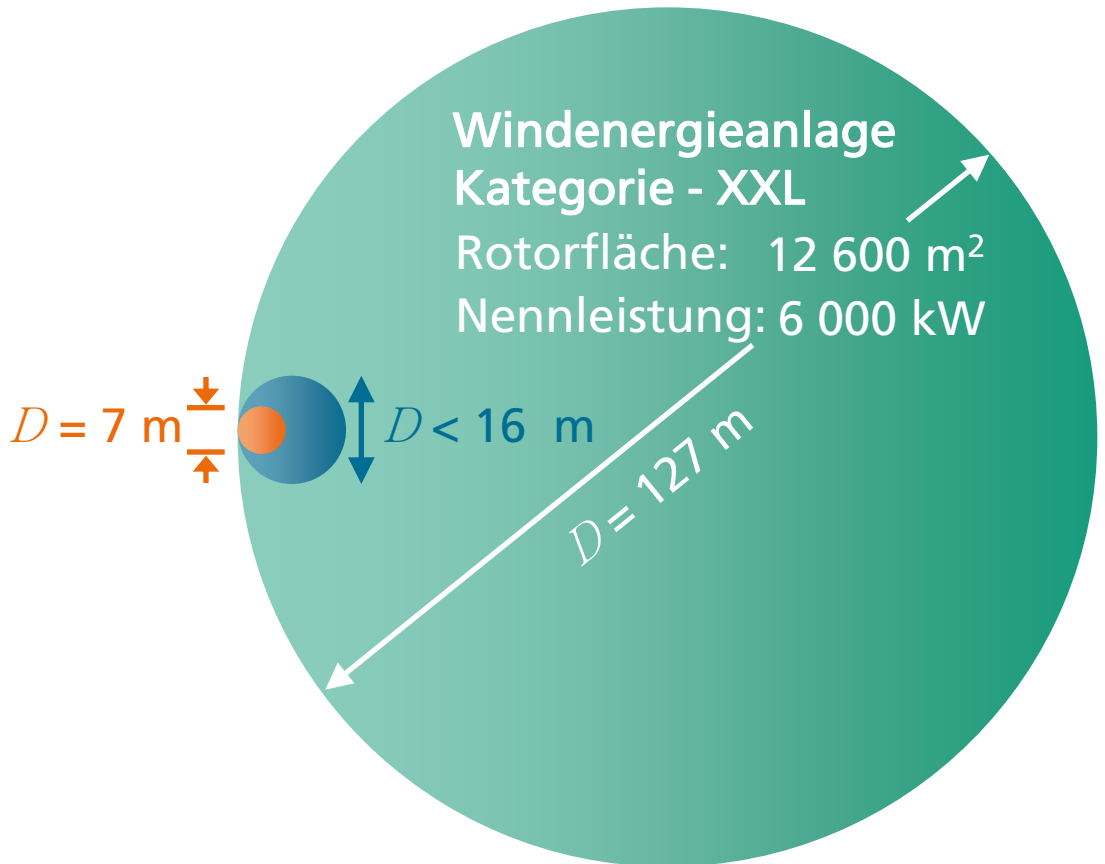
Rotorfläche: bis 200 m²

Nennleistung: bis 75 kW

Kleine Windenergieanlage Kategorie - XS

Rotorfläche: bis 40 m²

Nennleistung: bis 10 kW



KLEINE WINDENERGIEANLAGEN BETRIEBSERFAHRUNGEN & ERTRAGSABSCHÄTZUNG

1. Einführung
2. Betriebserfahrungen
3. Ertragsabschätzung

Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm (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.

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



Beispiele für KWEA-Typen im WMEP Kategorie S

Kategorie XS



www.windstrom-service.de



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

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

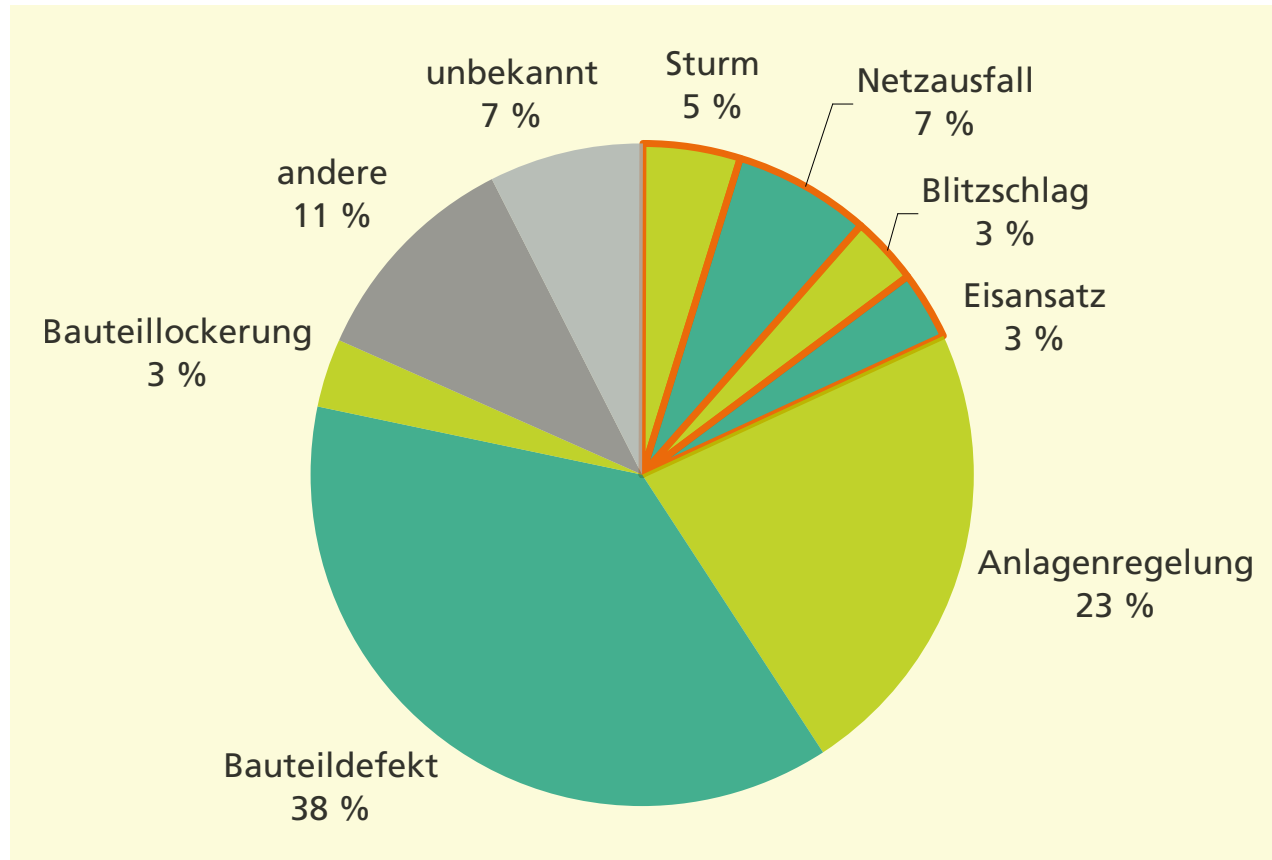


Datengrundlage: Berichte der Betreiber & Telefoninterviews

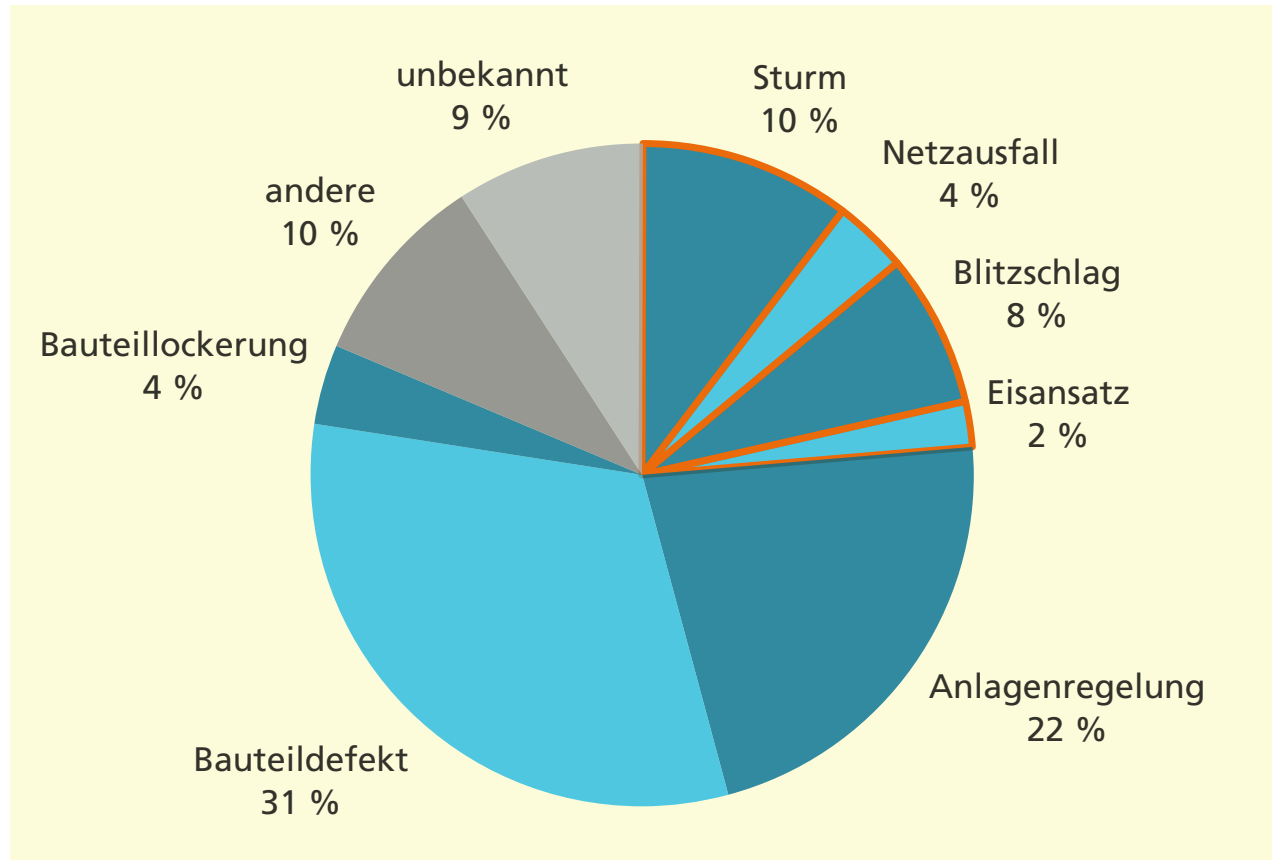
- Berichte zu Betriebsergebnissen:
 - Stromproduktion
 - Kosten
- Insgesamt mehr als 62 000 Wartungs- und Instandsetzungsberichte, davon:
 - ca. 4 200 von KWEA
- Telefonbefragung (September/Oktober 2009)
 - 51 Betreiber von KWEA

WARTUNGS- UND INSTANDSETZUNGSBERICHT WMEP 250 MW-Wind		Arbeit ausgeführt am	Bericht-Nr.
		<input type="text"/> Tag <input type="text"/> Monat <input type="text"/> Jahr	<input type="text"/>
<input type="text"/> Postleitzahl	<input type="text"/> Anlagen-Kennnummer	Störungsursache	
<input type="text"/> Betreiber	<input type="text"/> Hersteller und Typ	<input type="checkbox"/> Sturm <input type="checkbox"/> Netzausfall <input type="checkbox"/> Blitzschlag <input type="checkbox"/> Eisansatz	
Anlaß der Arbeiten		<input type="checkbox"/> Fehlfunktion der Anlagenregelung <input type="checkbox"/> Bauteilverschleiß oder -defekt <input type="checkbox"/> Bauteillockerung <input type="checkbox"/> Andere Ursachen <input type="checkbox"/> Ursache unbekannt	
<input type="checkbox"/> Regelmäßige Wartung (Nur Durchsicht und Funktionskontrolle) <input type="checkbox"/> Regelmäßige Wartung mit Austausch von Verschleißteilen oder Beseitigung gefundener Mängel <input type="checkbox"/> Unplanmäßige Reparatur nach Betriebsstörung		Störungsauswirkung	
Stillstandzeiten		<input type="checkbox"/> Überdrehzahl <input type="checkbox"/> Überlast <input type="checkbox"/> Geräuschentwicklung <input type="checkbox"/> Vibrationen	
<input type="checkbox"/> Nicht abgeschaltet <input type="checkbox"/> Abgeschaltet		<input type="checkbox"/> Reduzierte Leistungsabgabe <input type="checkbox"/> Verursachung von Folgeschäden <input type="checkbox"/> Anlagenstillstand <input type="checkbox"/> Andere Auswirkungen	
von <input type="text"/> Tag <input type="text"/> Monat <input type="text"/> Uhrzeit bis <input type="text"/> Tag <input type="text"/> Monat <input type="text"/> Uhrzeit Stand des Stundenzählers <input type="text"/>		Störungsbehebung	
Kosten laut Rechnung		Einwandfreie Anlagenfunktion ohne Reparatur nach : <input type="checkbox"/> Anlagen-Reset <input type="checkbox"/> Änderung von Regelungsparameter	
		Reparierte oder ausgetauschte Bauteile	
		<input type="checkbox"/> Rotornabe <input type="checkbox"/> Nabenkörper <input type="checkbox"/> Blattverstellmechanismus <input type="checkbox"/> Blattlager <input type="checkbox"/> Rotorblätter <input type="checkbox"/> Blattverschraubung <input type="checkbox"/> Blattkörper	<input type="checkbox"/> Getriebe <input type="checkbox"/> Lager <input type="checkbox"/> Zahnräder <input type="checkbox"/> Getriebewellen <input type="checkbox"/> Dichtungen <input type="checkbox"/> Mechanische Bremse <input type="checkbox"/> Bremsscheibe

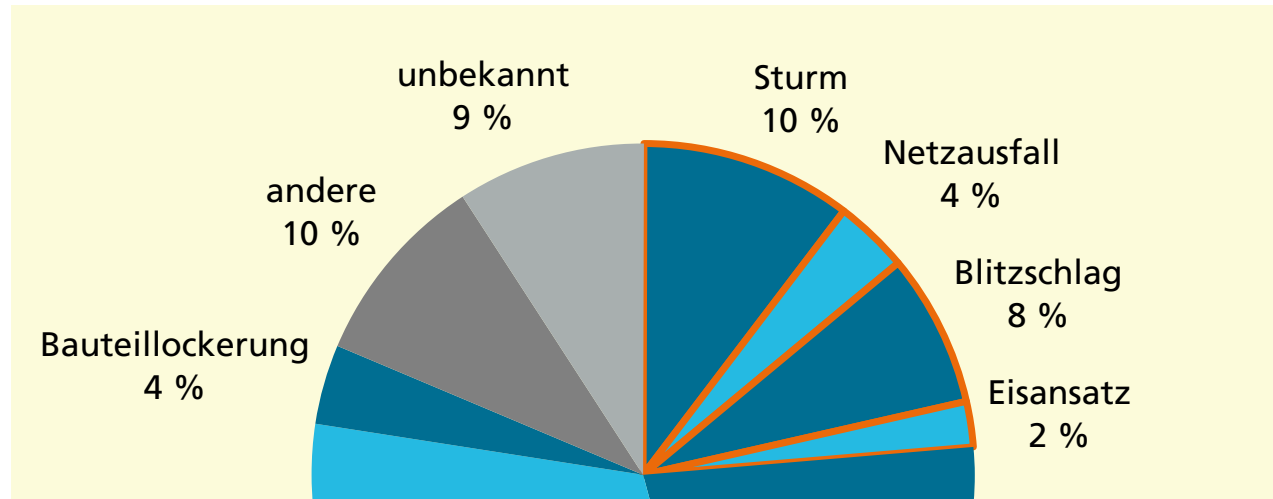
Störungsursachen: Große WEA



Störungsursachen: KWEA



Störungsursachen: KWEA



„Ein Rotorblatt musste wegen eines Blitzschadens repariert werden!“

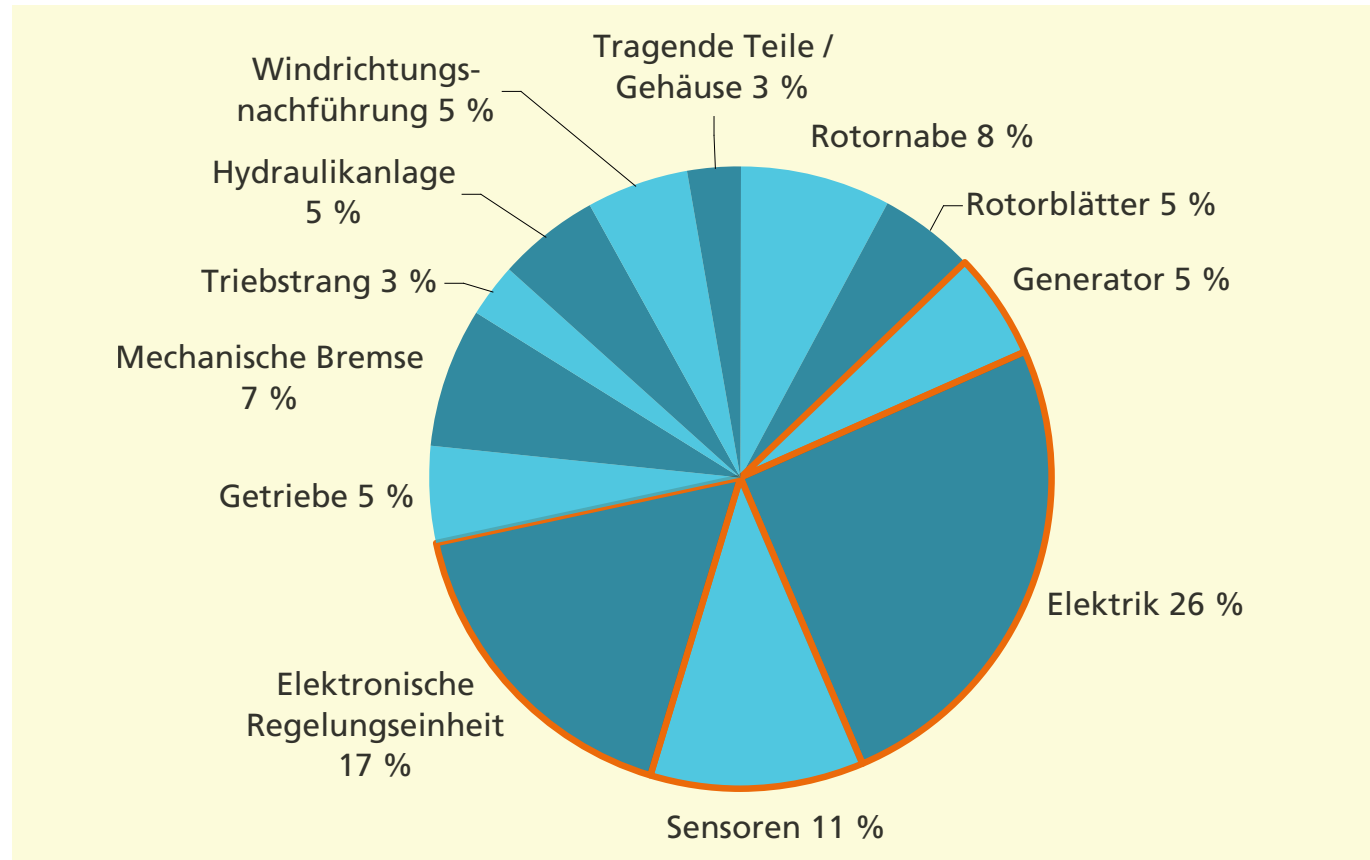
„Stillstand nach Blitzschlag; Elektronik defekt, Drehkranz fest!“

„Windfahne eingefroren!“

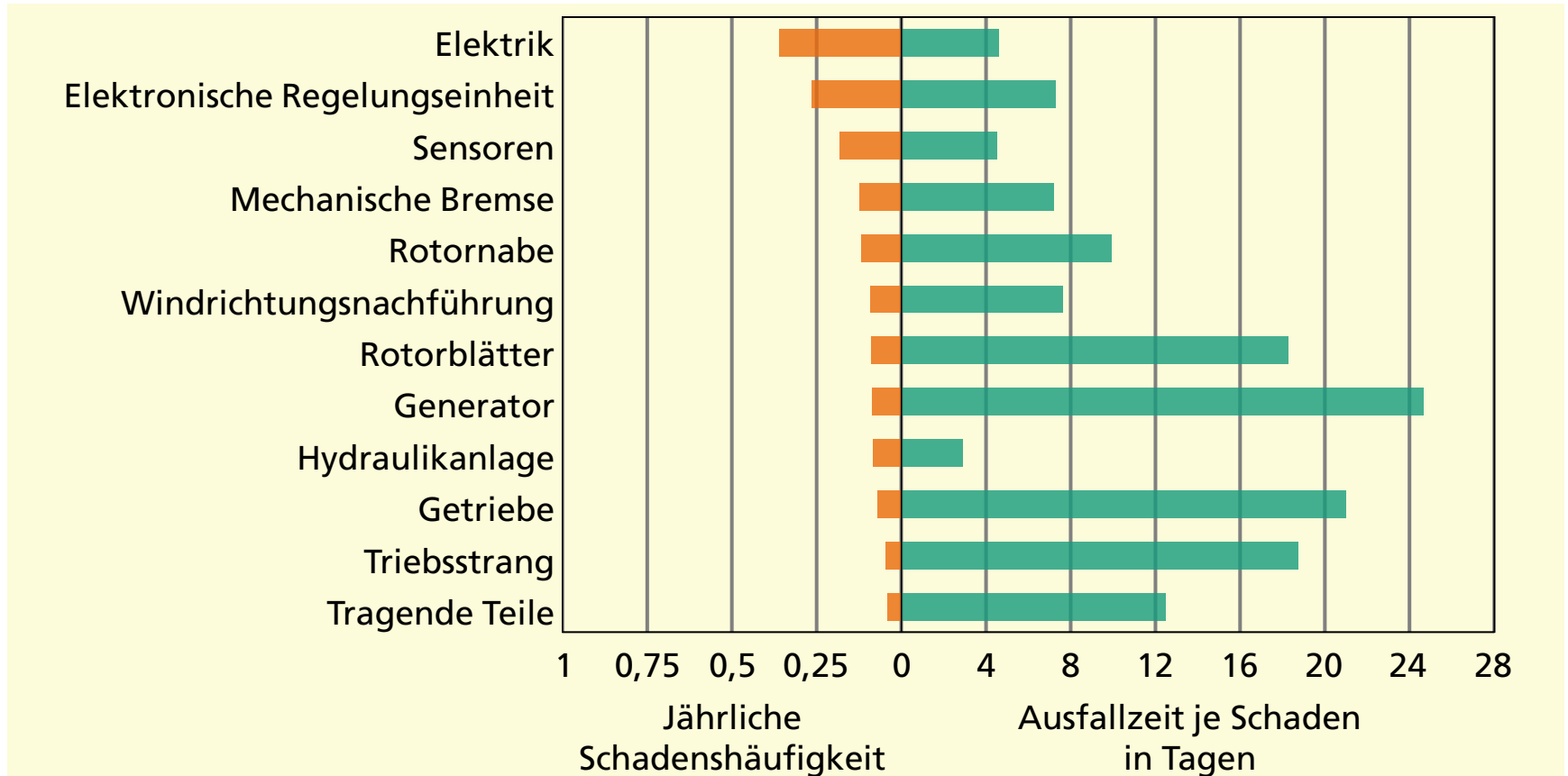
„Windfahne durch Sturm beschädigt. Reparatur vom Betreiber ohne Kosten durchgeführt!“

„Kabel durch Rattenbiß defekt, Stellmotor gewechselt“

Störungsauswirkungen: KWEA



Schadenshäufigkeit von KWEA-Komponenten und zugehörige Ausfallzeiten

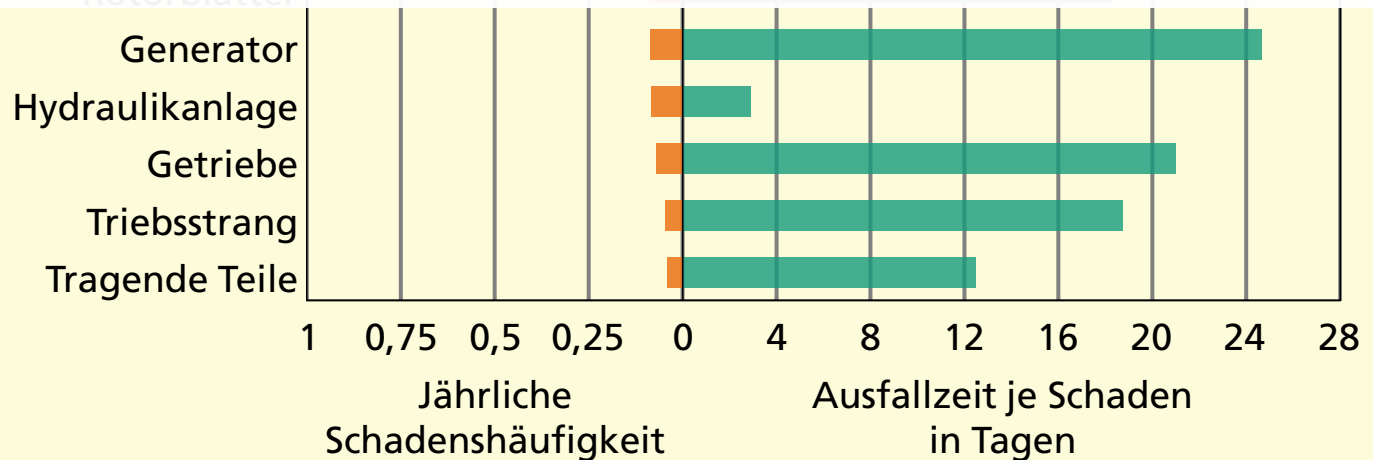


Schadenshäufigkeit von KWEA-Komponenten und zugehörige Ausfallzeiten

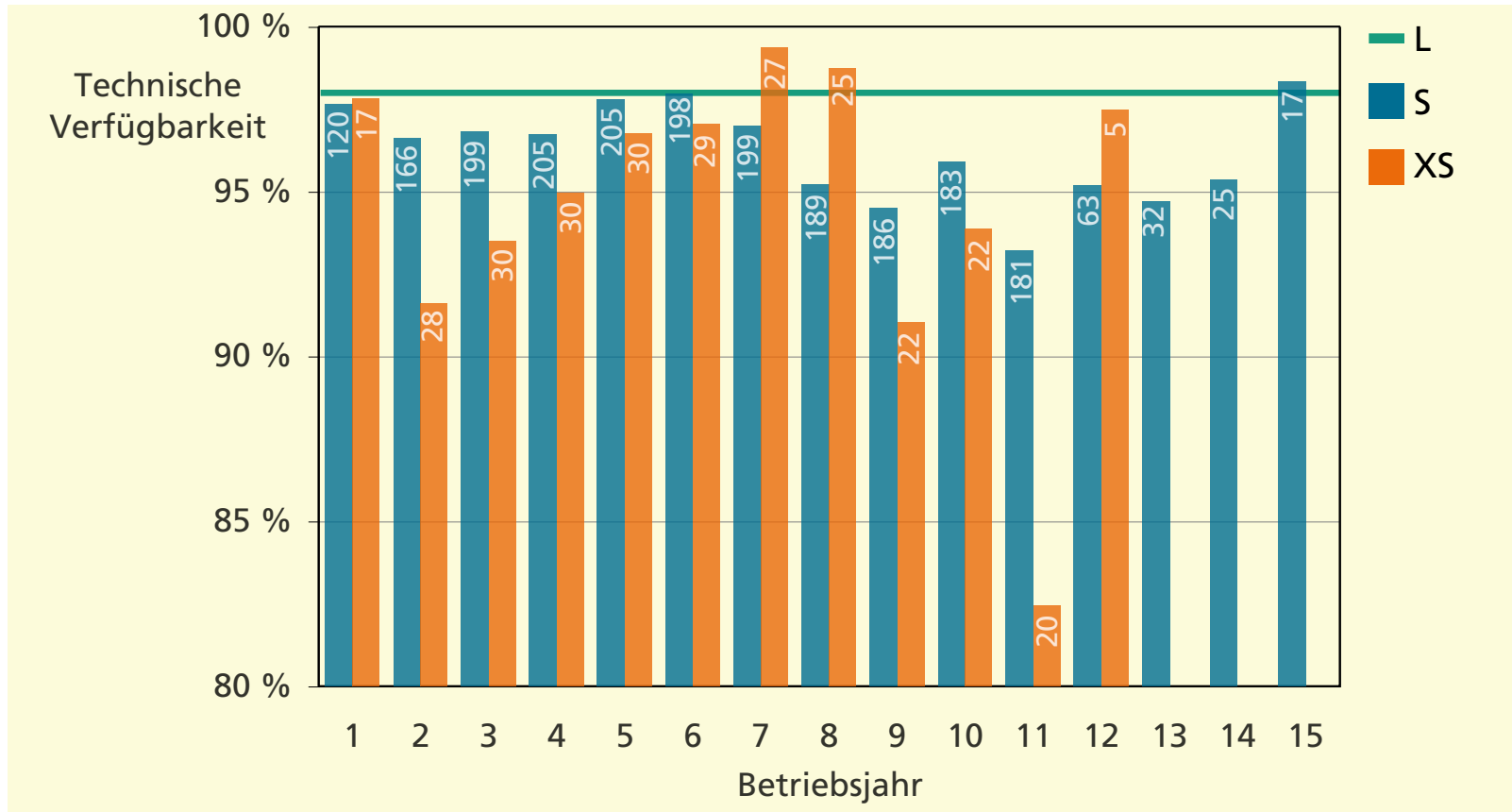
„Totalschaden am Generator! Ersatzteilbeschaffung ist sehr problematisch, wegen Konkurs der Herstellerfirma!“

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

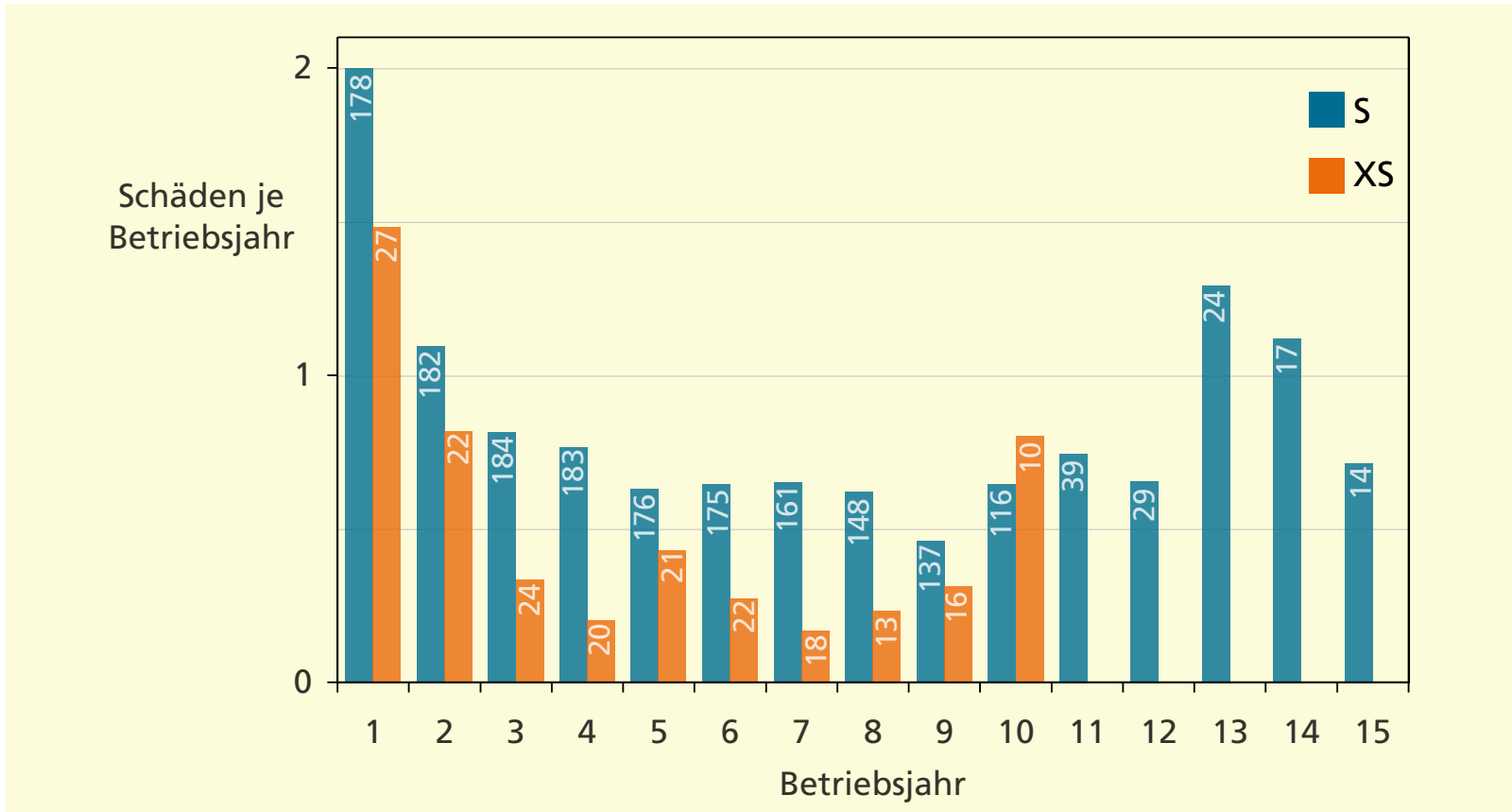
„Anfang Mai hat ein Starenpaar auf dem Bremssattel, Brems Scheibe genistet, wodurch die Leistung der Anlage stark beeinträchtigt wurde. Am 24.06. wurde das Nest entfernt und ein beschädigter Gummipuffer des Blattverstellmechanismus ausgetauscht!“



Technische Verfügbarkeit: Große (L) und kleine WEA



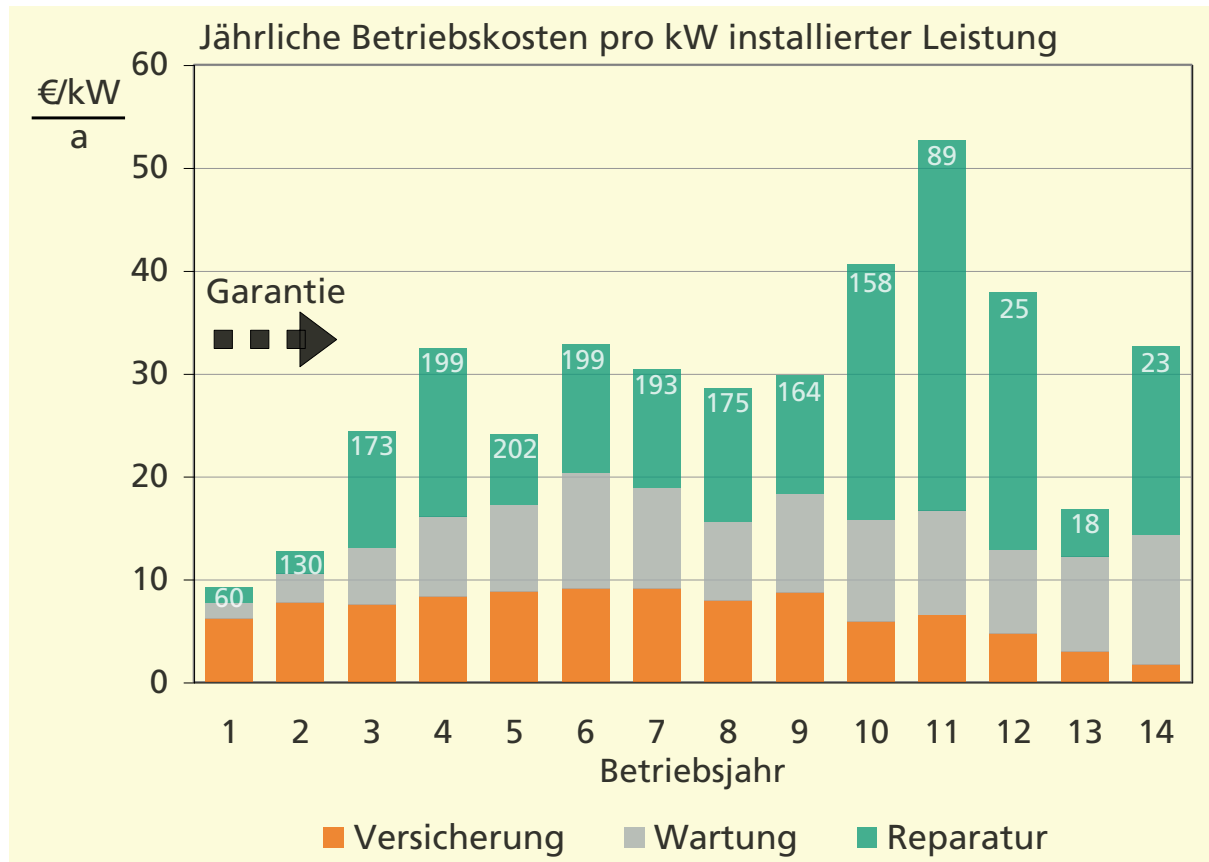
Altersabhängige Zuverlässigkeit von KWEA



Betreiberbefragung: Lebensdauer & Betrieb (September / Oktober 2009)

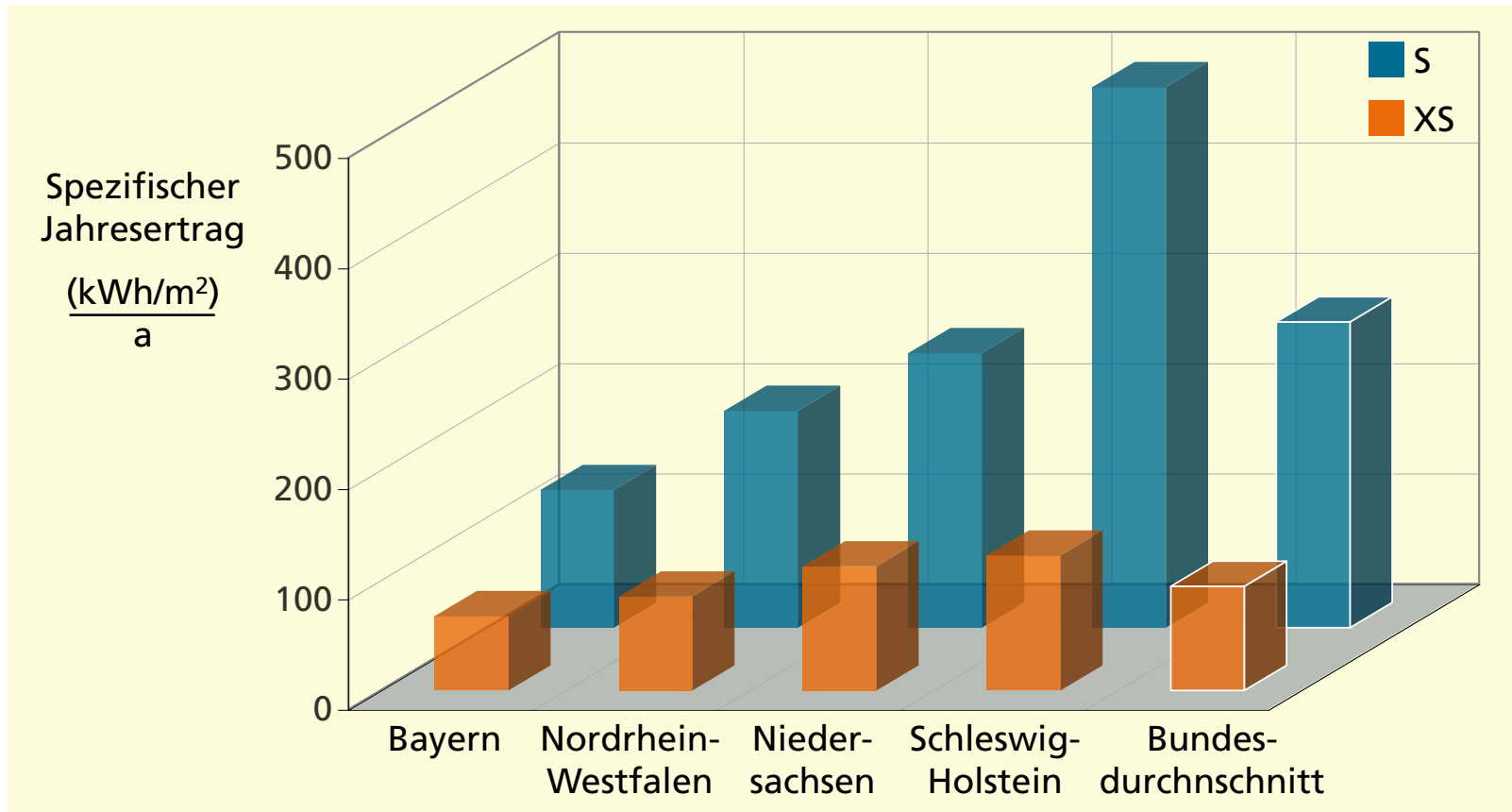
	XS		S	
	Ja	Nein	Ja	Nein
Läuft Ihre KWEA noch?	8	15	22	6
Durchschnittliches Anlagenalter in Jahre	16	9,7	17,4	12,7
Gab es größere Probleme während der Betriebszeit?	12	7	12	8
Gab es Beschwerden, z. B. der Nachbarn?	4	15	6	15
Haben Sie Wartungs- und Reparaturarbeiten selbst durchgeführt?	12	5	12	10

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

Mittlerer flächenspezifischer Jahresertrag von KWEA



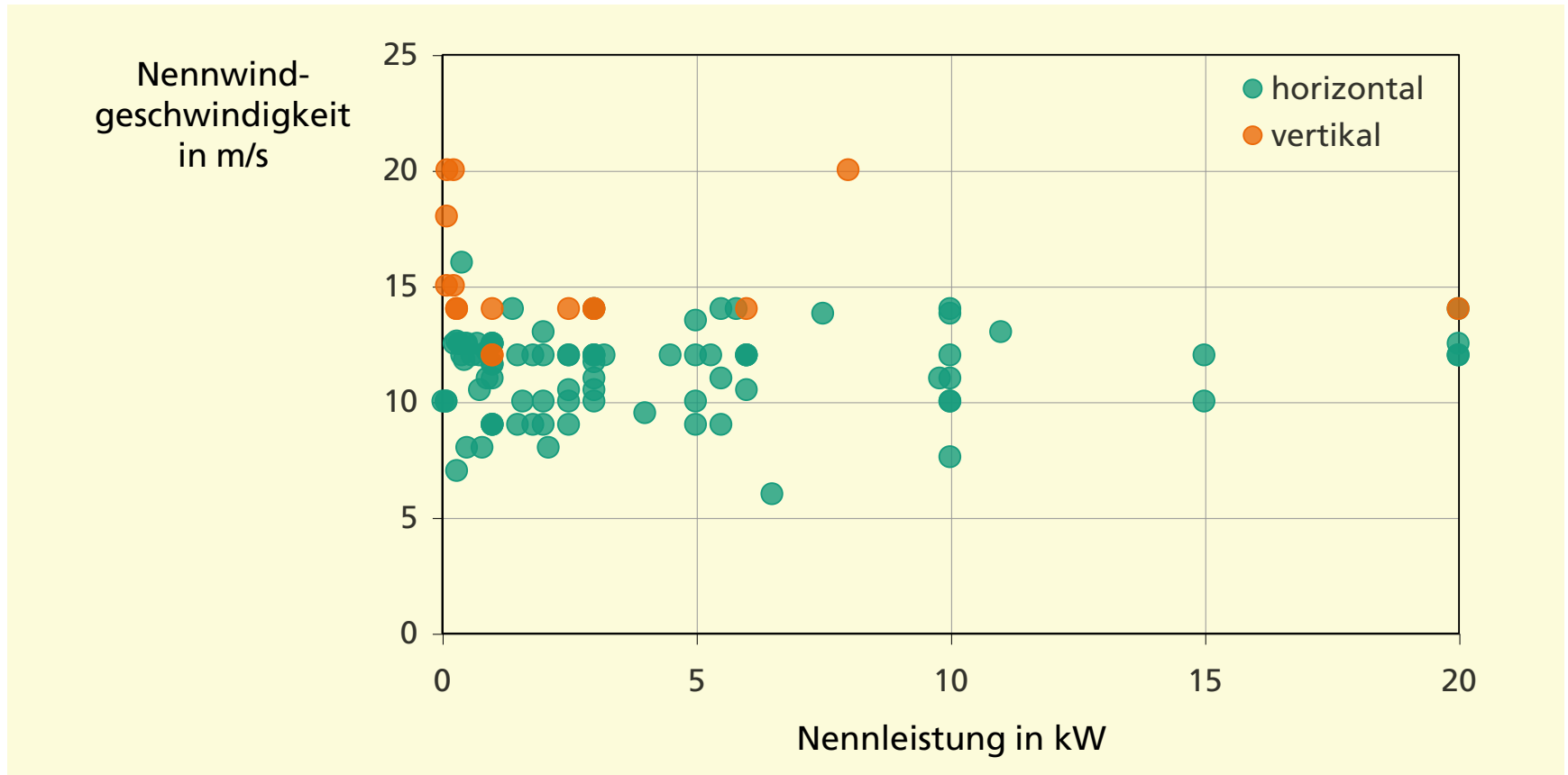
Betreiberbefragung: Zufriedenheit (September / Oktober 2009)

	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

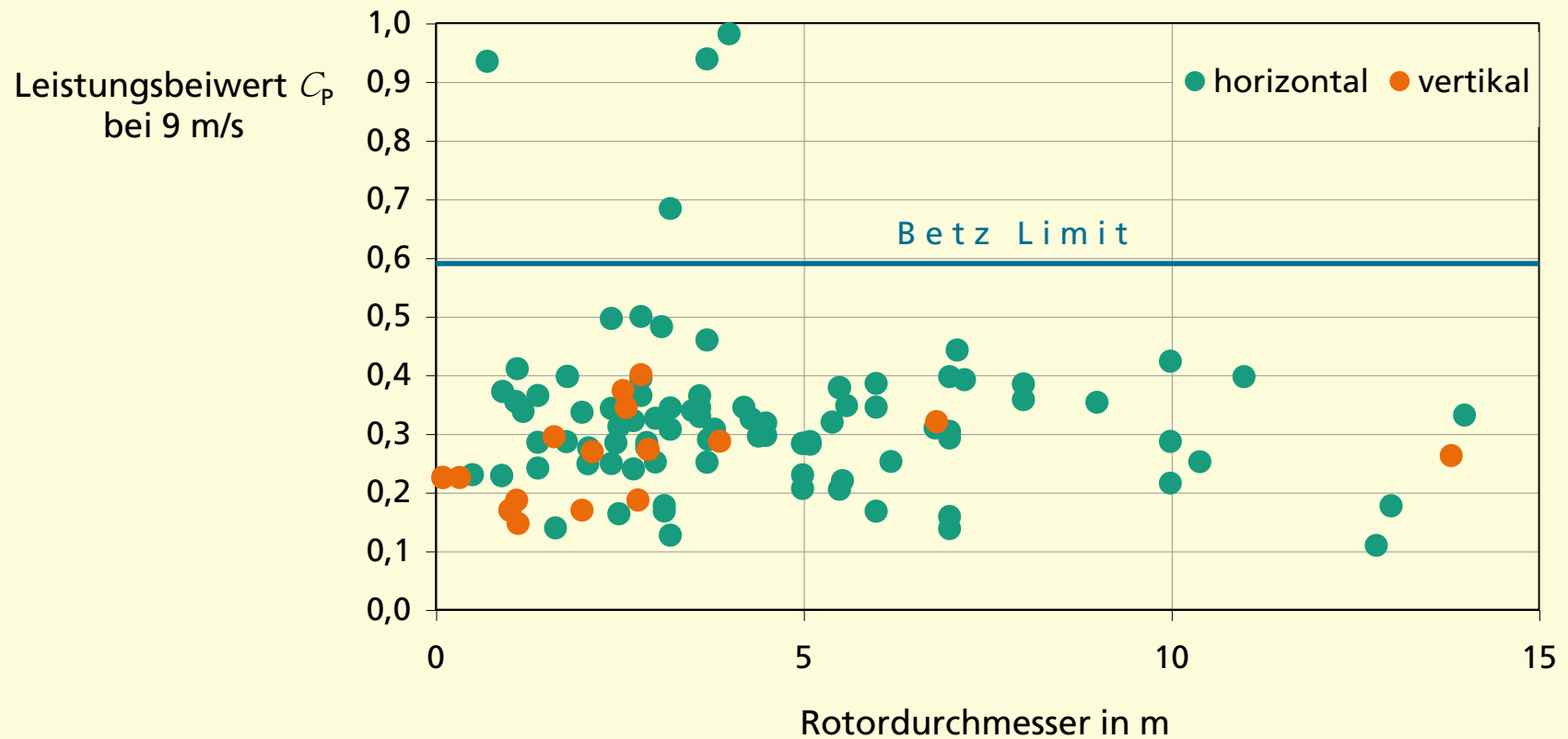
KLEINE WINDENERGIEANLAGEN BETRIEBSERFAHRUNGEN & ERTRAGSABSCHÄTZUNG

1. Einführung
2. Betriebserfahrungen
3. Ertragsabschätzung

Nicht-standardisierte Produktinformationen: Nennwindgeschwindigkeiten aktueller KWEA-Typen



Herstellerangaben: Leistungscharakteristik



Abschätzung des Jahresertrages (AEP): Rotordurchmesser / überstrichene Rotorfläche

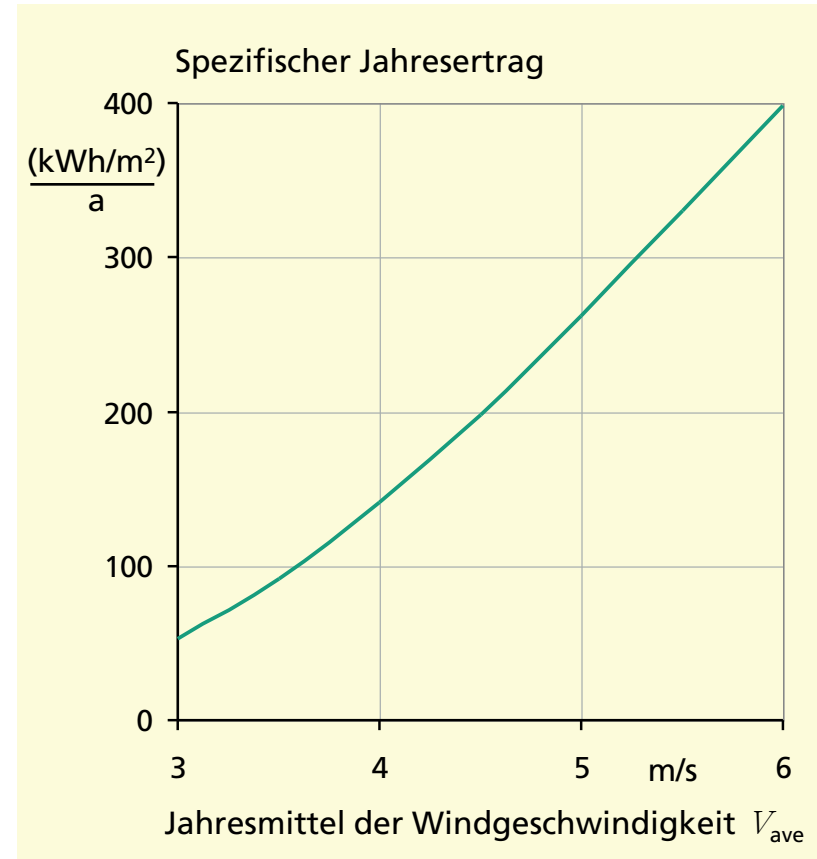
Rotordurchmesser	Rotorfläche	Leistung im Wind x 0,3 bei 9 m/s
1 m	0,8 m ²	105 W
3 m	7 m ²	950 W
5 m	20 m ²	2 630 W
7 m	40 m ²	5 150 W
10 m	80 m ²	10 520 W

Beispiel

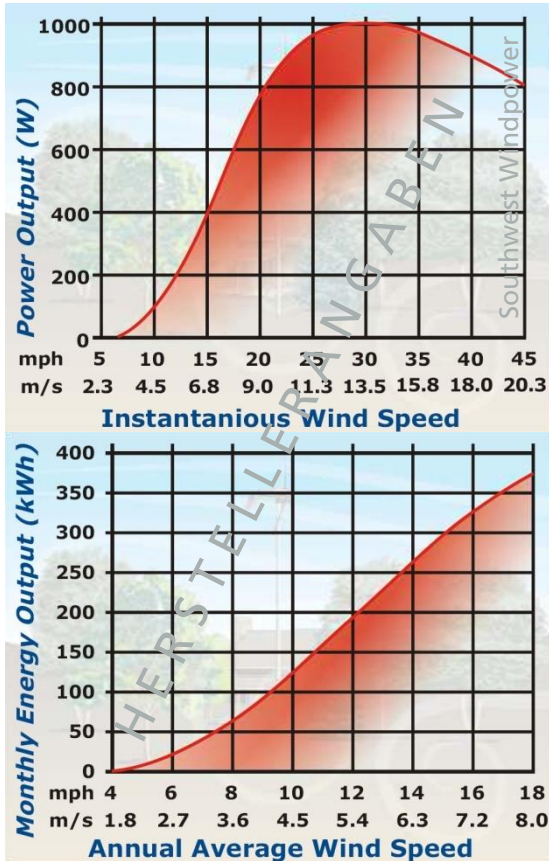
KWEA: $D = 3 \text{ m}$

Standort: $V_{\text{ave}} = 5 \text{ m/s}$

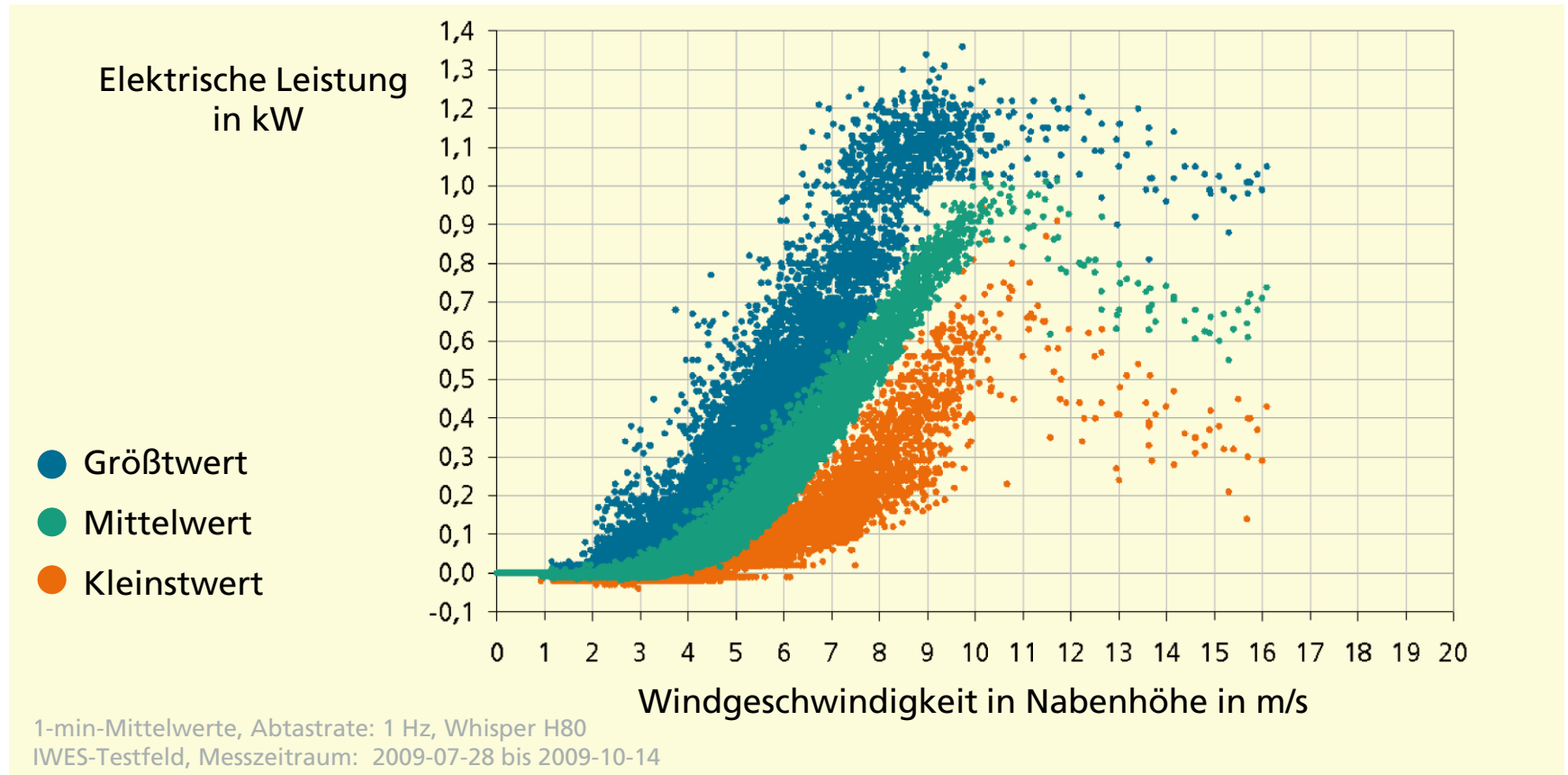
$$\begin{aligned} \text{AEP} &= 260 \text{ (kWh/m}^2\text{)/a} \times 7 \text{ m}^2 \\ &= \underline{\underline{1\ 820 \text{ kWh/a}}} \end{aligned}$$



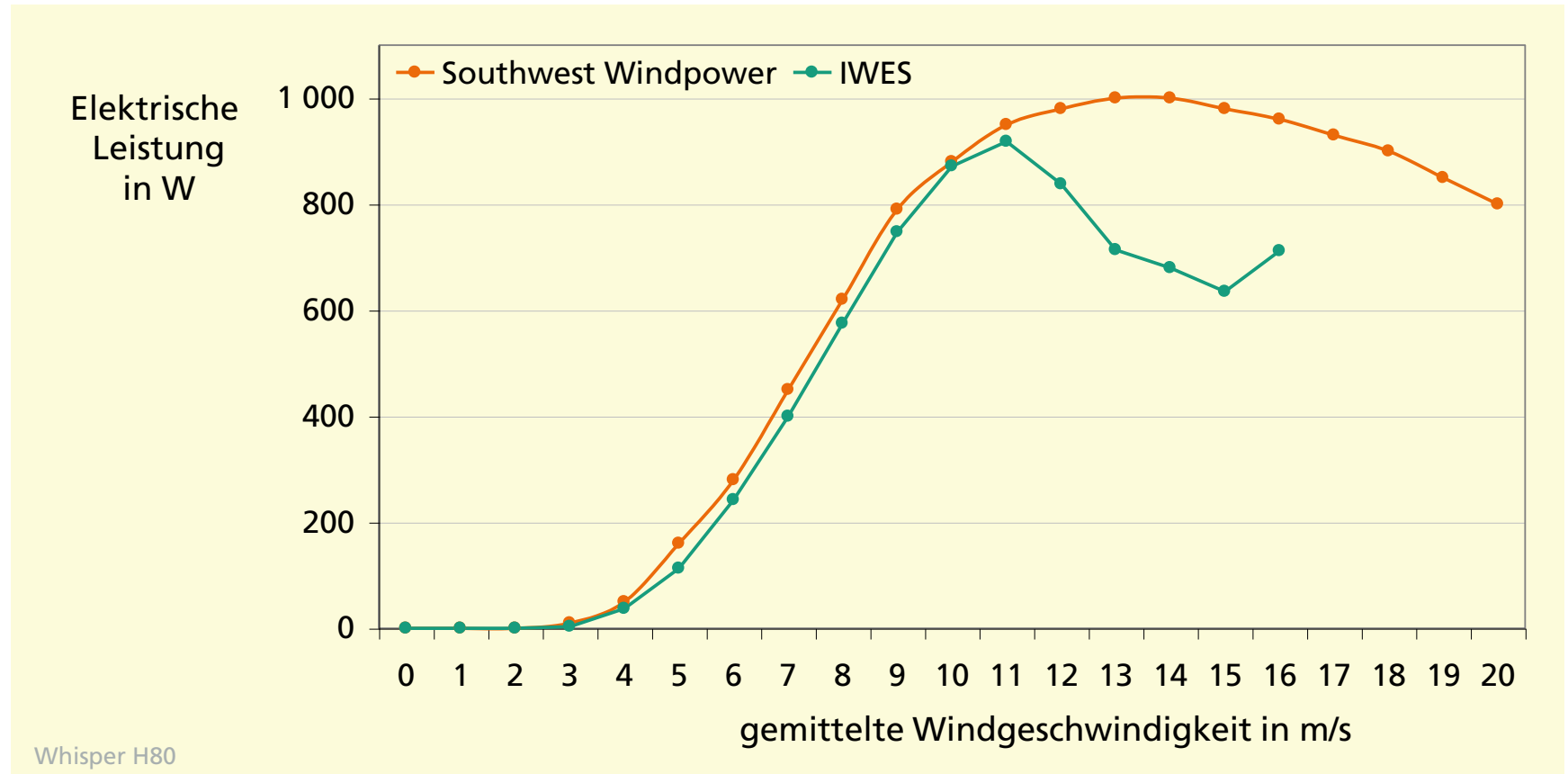
Abschätzung des Jahresertrages: Überprüfung der Leistungscharakteristik einer KWEA auf dem IWES-Testfeld



Gemessene Ausgangsleistung: Whisper H80, Southwest Windpower



Ermittelte Leistungskurve & Leistungskurve des Herstellers



Whisper H80

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

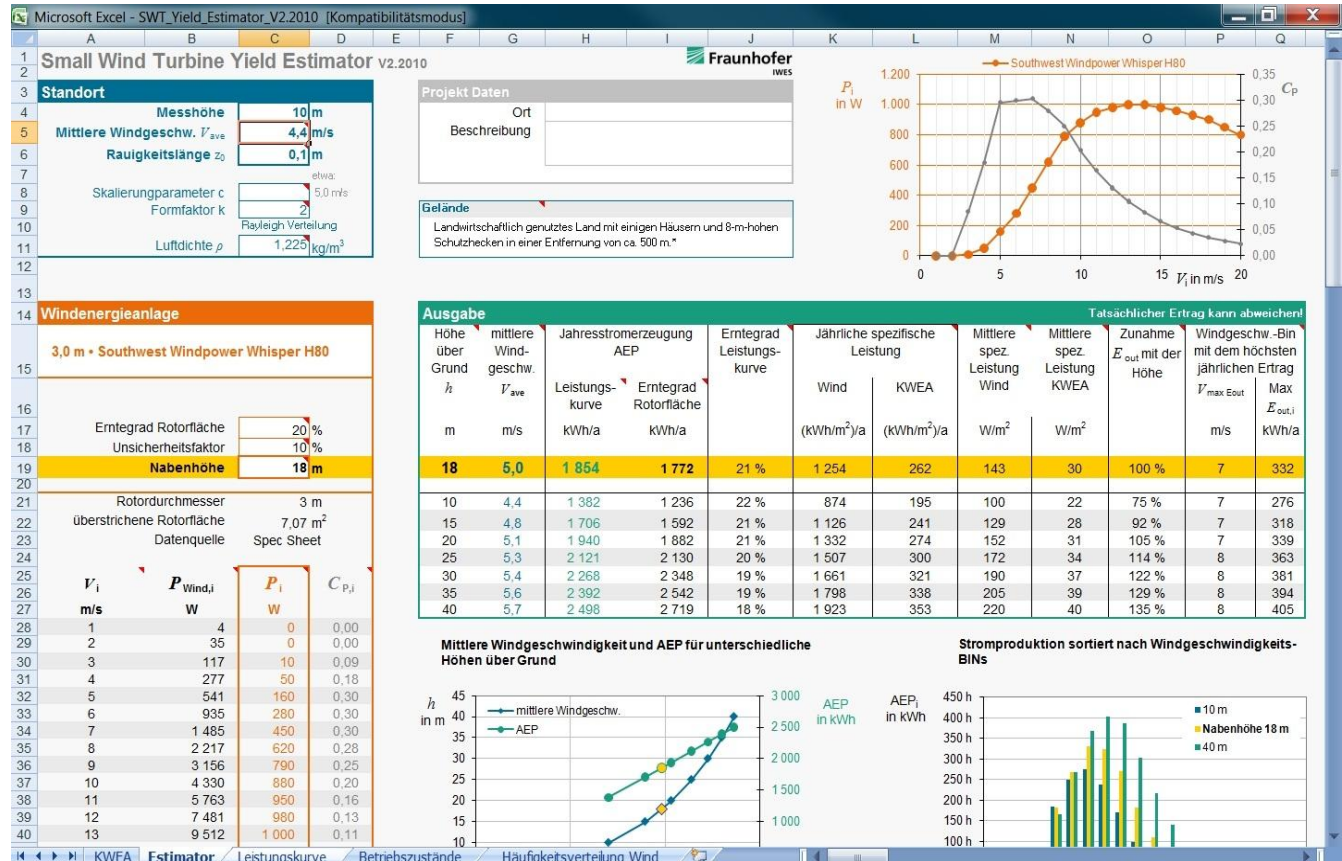
Small Wind Turbine Yield Estimator

Wie viel Ertrag ist möglich?

MS Excel-Tool zur Abschätzung des Jahresenergieertrages kleiner Windenergieanlagen

Download: www.windmonitor.de

Menüpunkt: Kleine Windenergieanlagen → Ertragsschätzung



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

