

Evaluation Leichtwindanlage Aventa AV-7

	Seite
1. Einleitung	2
2. Anlagenparameter	3
3. Marktrecherche	4
4. Vergleich der Leichtwindanlage AV-7 mit Konkurrenzprodukten	10
5. Up-scaling in größere Leistungsklasse	16
6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen	17
7. Quellenangaben	17

1. Einleitung

Die Windkraftanlage Aventa AV-7 (*Bild 1*) wurde für besondere Einsatzbedingungen entwickelt, die für die bisherige Nutzung der Windenergie eher untypisch sind. Das Konzept ist auf niedrige Windgeschwindigkeiten, sogenannte Schwachwind- oder auch als Leichtwindgebiete bezeichnet, abgestellt. Dies führt zu spezifischen Entwurfsparametern, die deutlich von denen anderer Windkraftanlagen abweichen. Der Untersuchungsauftrag besteht in einer Bewertung des Anlagenkonzeptes der Aventa AV-7 unter Berücksichtigung dieser besonderen Einsatzbedingungen.



Bild 1: Windkraftanlage Aventa AV-7 /1/

2. Anlagenparameter

Die wesentlichen technischen Daten der Aventa AV-7 sind in **Tabelle 1** zusammengestellt.

Tabelle 1: technische Daten der Windkraftanlage Aventa AV-7 /1/

Rotordurchmesser [m]	12,8
Nennleistung [kW]	6,5
Einschaltwindgeschwindigkeit [m/s]	2
Auslegungswindgeschwindigkeit [m/s]	6
Abschaltwindgeschwindigkeit [m/s]	14
Drehzahl [U/min]	variabel 22 - 66
Blattspitzengeschwindigkeit [m/s]	max. 44

Die besonderen Leichtwindeigenschaften der Windkraftanlage Aventa AV-7 lassen sich an folgenden Parametern erkennen:

- Die Relation von Nennleistung auf die überstrichene Rotorfläche beträgt ca. 50 W/m^2 . Bei Windkraftanlagen konventioneller Bauart sind Auslegungen auf 200 bis 500 W/m^2 üblich. Größere Werte für die flächenspezifische Leistung deuten auf Standorteignungen im Küstenbereich hin, niedrige Werte werden für Binnenlandstandorte gewählt.
- Die Einschaltwindgeschwindigkeit der Aventa AV-7 liegt mit 2 m/s an der unteren Grenze üblicher Werte. Bei netzeinspeisenden Windkraftanlagen beträgt die Einschaltwindgeschwindigkeit $3,5$ bis $4,5 \text{ m/s}$ bei kleinen Windkraftanlagen für den Inselbetrieb sind auch Werte von 2 bis 3 m/s zu finden.
- Die Auslegungswindgeschwindigkeit liegt mit 6 m/s deutlich unter den sonst üblichen Werten von 10 bis 15 m/s . Dies führt dazu, dass der Bestpunkt (höchster Leistungsbeiwert c_p) bereits bei einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s erreicht wird (**Bild 2**).
- Die Wahl der Abschaltwindgeschwindigkeit mit 14 m/s (übliche Werte: 25 bis 30 m/s) führt einerseits dazu, dass sich die Windkraftanlage Aventa AV-7 nicht für Standorte mit hohen Windgeschwindigkeiten eignet bzw. an solchen Standorten nicht genehmigungsfähig ist. Andererseits führt die konsequente Auslegung auf niedrige Windgeschwindigkeiten zu einer kostengünstigen Anlage, da für die Dimensionierung der einzelnen Komponenten nur geringe aerodynamische Lasten berücksichtigt werden müssen.
- Die maximale Blattspitzengeschwindigkeit von 44 m/s (übliche Werte: 70 bis 90 m/s) führt zu einer niedrigen Geräusentwicklung. Dies kommt einer möglichen Aufstellung in unmittelbarer Nähe von bewohnten Gebäuden zu Gute.

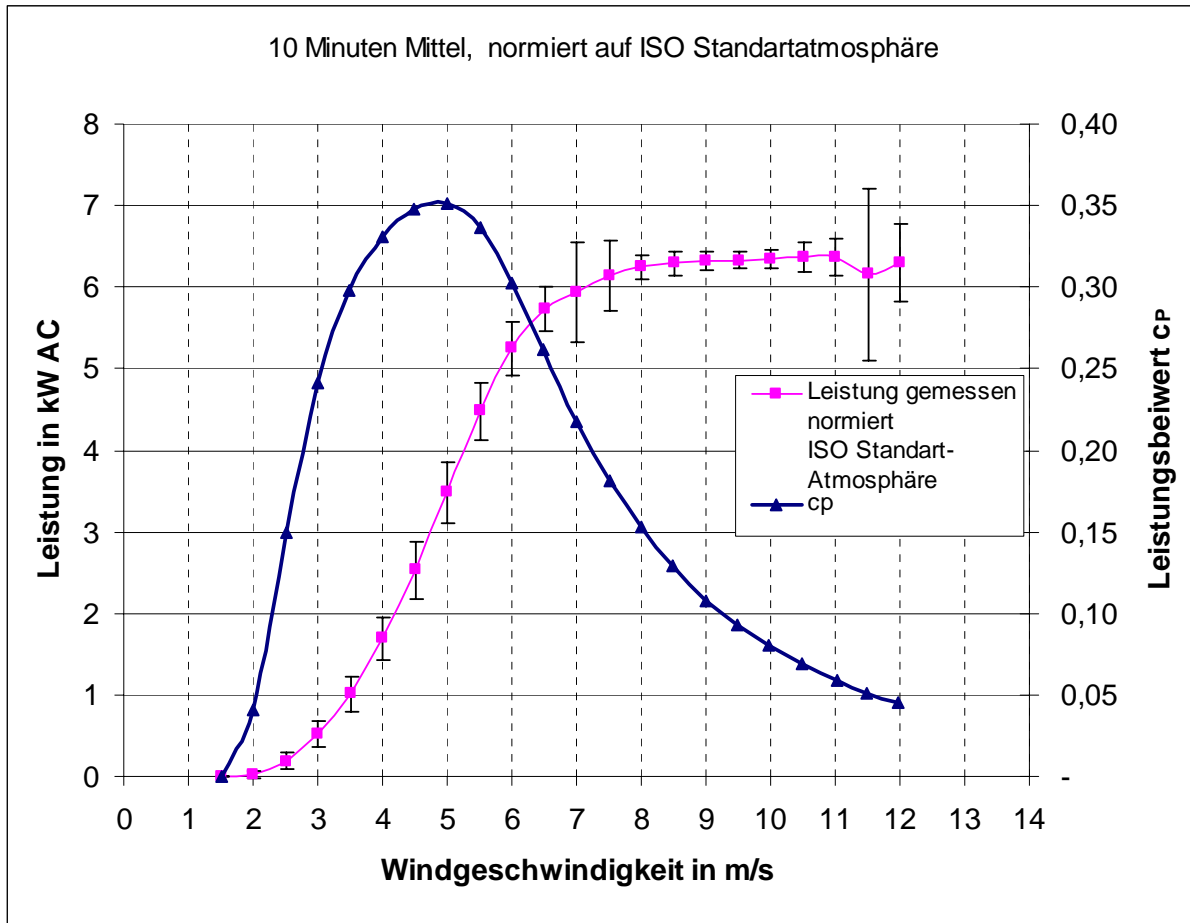


Bild 2: vermessene Leistungskurve Aventa AV-7 /1/

3. Marktrecherche

Die Märkte für Windkraftanlagen haben sich in den letzten Jahren stark verändert. Generell ist ein deutliches Wachstum zu verzeichnen. In 2006 erreichte der weltweite Markt für Windkraftanlagen einen neuen Rekord. Zum Jahresende 2006 waren rund 74.500 MW an Windkraftleistung installiert davon 48.500 MW in Europa. Allein in den weltweit fünf größten Märkten, Deutschland, USA, Indien, Spanien und China wurden 2006 knapp 9.500 MW Windkraftleistung neu installiert /2/. Die technischen Ausprägungen sind dabei in den einzelnen Märkten sehr unterschiedlich. Standortbedingungen (wie z.B. Windverhältnisse), Flächenverhältnisse, Bevölkerungsdichte, Netzverhältnisse oder die Infrastruktur haben direkte Auswirkung auf die technischen Konzepte der Windkraftanlagen, die die jeweiligen Märkte dominieren. In fast allen Märkten ist ein deutliches Größenwachstum zu verzeichnen. Dieses ist im deutschen Markt wegen der begrenzten Standorte und der hohen Bevölkerungsdichte mit Abstand am schnellsten vonstatten gegangen (**Bild 3**).

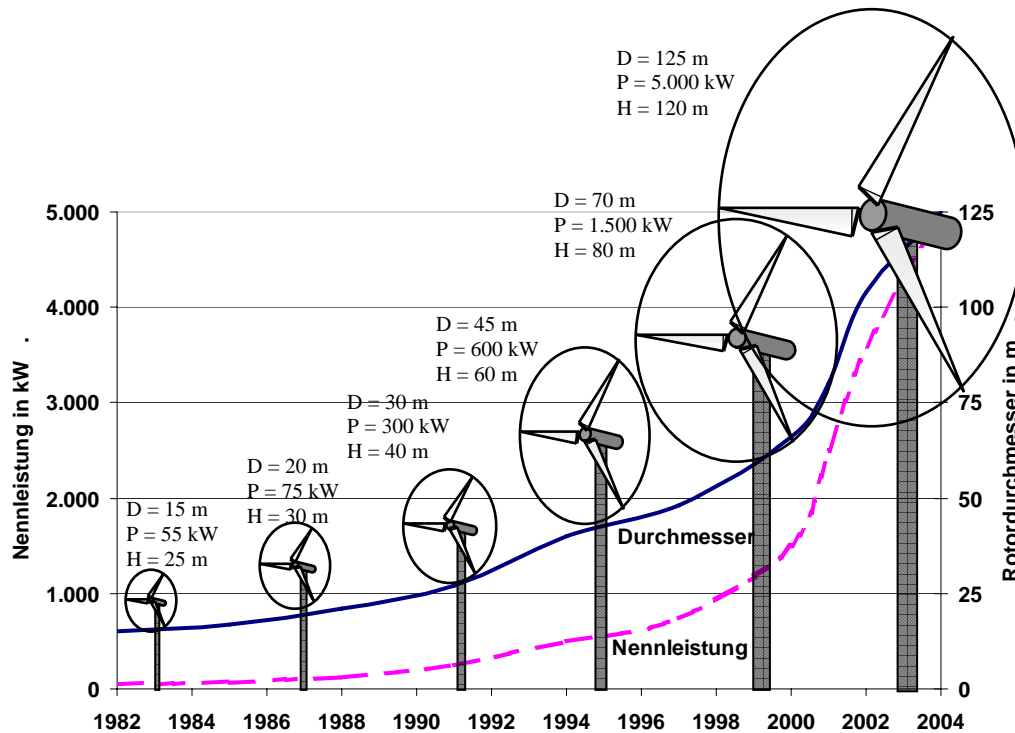


Bild 3: Größenwachstum der Windkraftanlagen im deutschen Markt /3/

Ein besonderes Marktsegment mit anderen technischen Anforderungen stellen kleine Windkraftanlagen dar, da diese oft auch für Inselbetrieb, d.h. netzunabhängig, betrieben werden. Hierbei kommen andere Generatorkonzepte, andere Regelungskonzepte und teilweise auch andere Rotoren zum Einsatz. Das Marktsegment in dem die Aventa AV-7 anzusiedeln ist sind Kleinanlagen die sowohl im Inselbetrieb als auch als netzeinspeisende Anlagen betrieben werden.

Ausgewertet wurden 200 Windkraftanlagen-Typen im Leistungsbereich von 25 W bis 20 kW /4, 5, 6/. Dieses Marktsegment unterliegt einer hohen Fluktuation von Anbietern. Viele dieser Anbieter sind reine Vertriebs- und Handelsorganisationen, die Produkte anderer Entwickler und Hersteller anbieten /7/. Studien weisen ein weltweit großes Potenzial von jährlich über 45.000 Windkraftanlagen in dem Marktsegment unter 30 kW aus /8/.

Bild 4 zeigt die Daten der untersuchten Windkraftanlagen in dem Marktsegment von 25 W bis 20 kW hinsichtlich Nennleistung und Rotordurchmesser.

Einen besseren Eindruck über die Auslegung und die Spezifikationen hinsichtlich der Standorteigenschaften vermittelt die Auftragung der flächenspezifischen Leistung (**Bild 5**) in W/m^2 . Diese erhält man, wenn man die Nennleistung auf die vom Rotor überstrichene Kreisfläche bezieht. Hohe Flächenleistungen, d.h. ein großer Generator bei kleiner Rotorfläche bringt nur an Standorten mit hohen Windgeschwindigkeiten gute Energieerträge. Die Auslegung der Aventa AV-7 macht ihre besondere Schwachwindeignung deutlich.

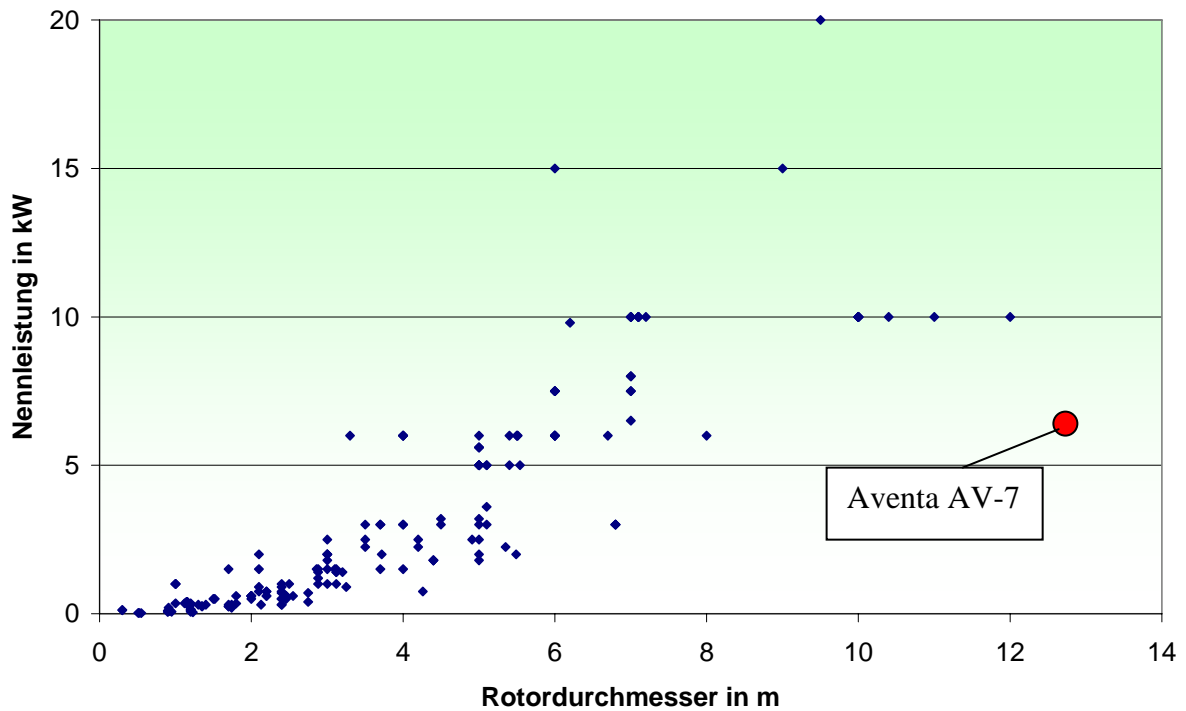


Bild 4: Nennleistung und Rotordurchmesser im Marktsegment von 25 W bis 20 kW

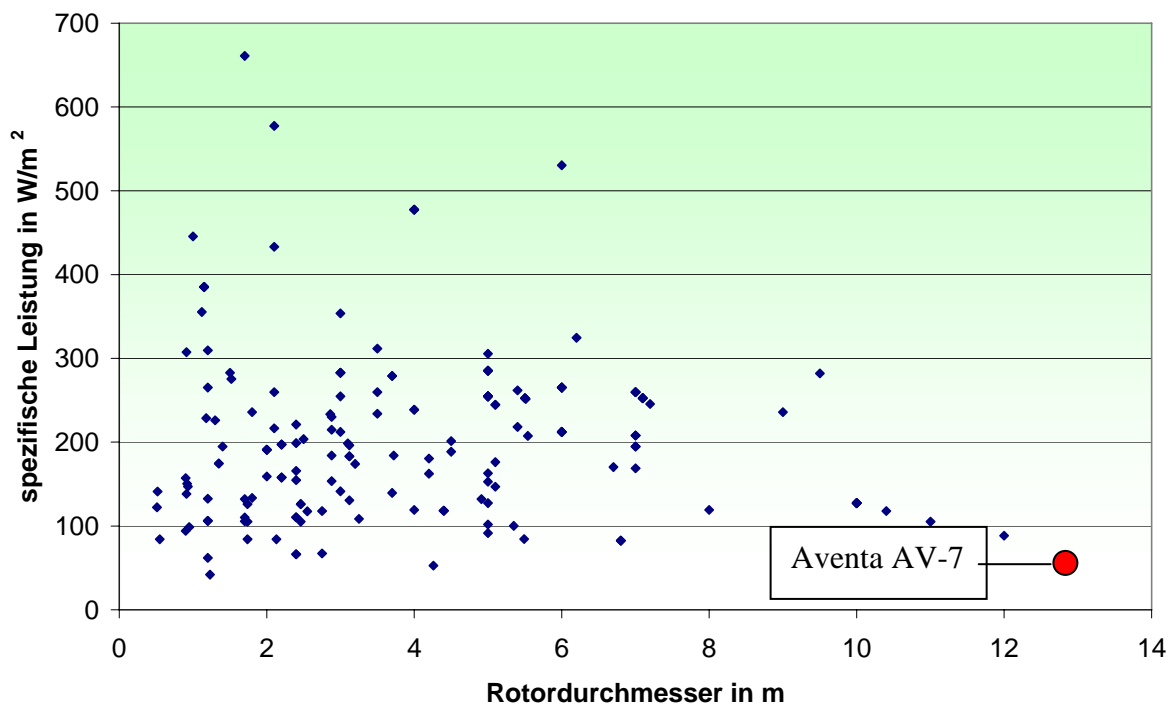


Bild 5: flächenspezifische Leistung der untersuchten Windkraftanlagen im Marktsegment von 25 W bis 20 kW

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei der Auswertung der Nennwindgeschwindigkeiten, die üblicherweise ebenfalls als Anpassung an die Windverhältnisse des Standorts gewählt werden (**Bild 6**). Auch hier zeigt sich die außergewöhnliche Schwachwind-Dimensionierung der Aventa AV-7.

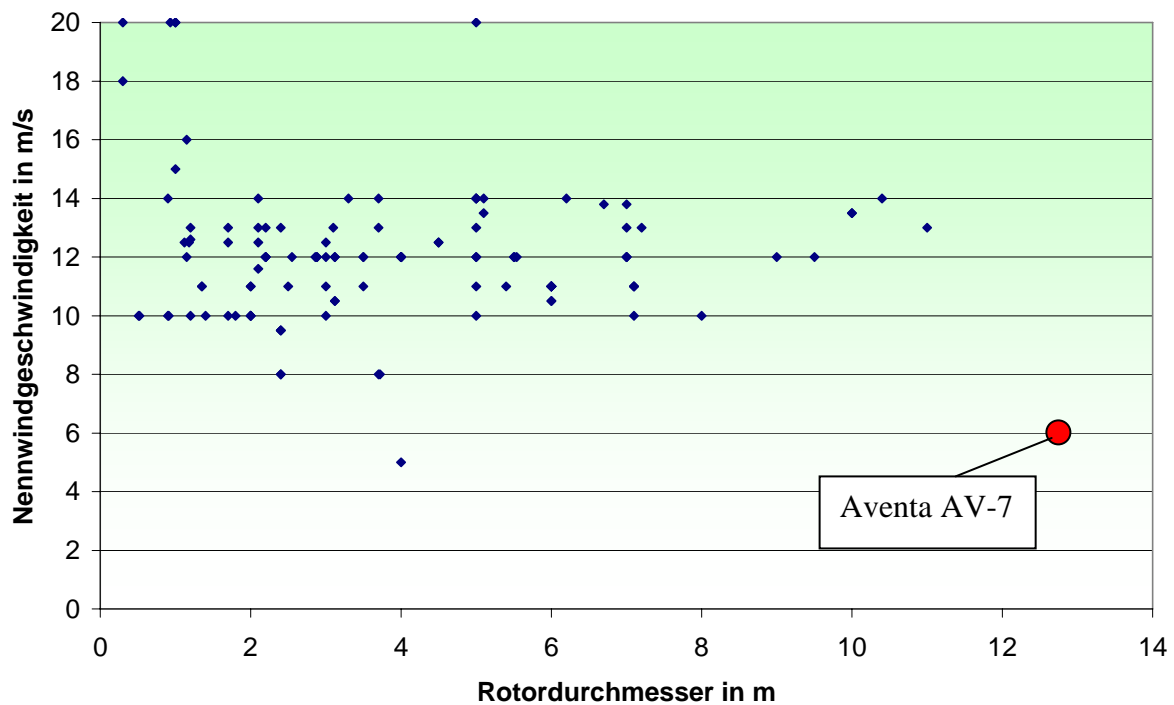


Bild 6: Nennwindgeschwindigkeiten der untersuchten Windkraftanlagen im Marktsegment von 25 W bis 20 kW

Für die aerodynamische Auslegung spielt die Wahl der maximalen Blattspitzengeschwindigkeit eine große Rolle. Hohe Blattspitzengeschwindigkeiten sind aerodynamisch durchaus wünschenswert, führen jedoch zu hohen Anforderungen an die Qualität und die Oberflächengüte der Rotorblätter einerseits und zu großen Geräusentwicklungen andererseits. An Binnenlandstandorten mit nahegelegenen Anwohnern und wenig Hintergrundgeräuschen aufgrund niedriger Windgeschwindigkeiten sind moderate Blattspitzengeschwindigkeiten angeraten. Dies wurde bei der Auslegung der Aventa AV-7 berücksichtigt, wie **Bild 7** zeigt. Eine Ausnahme stellt der Langsamläufer mit 5 m Durchmesser dar, der mit einer Auslegungsschnelllaufzahl von $\lambda_A = 1$ entworfen wurde.

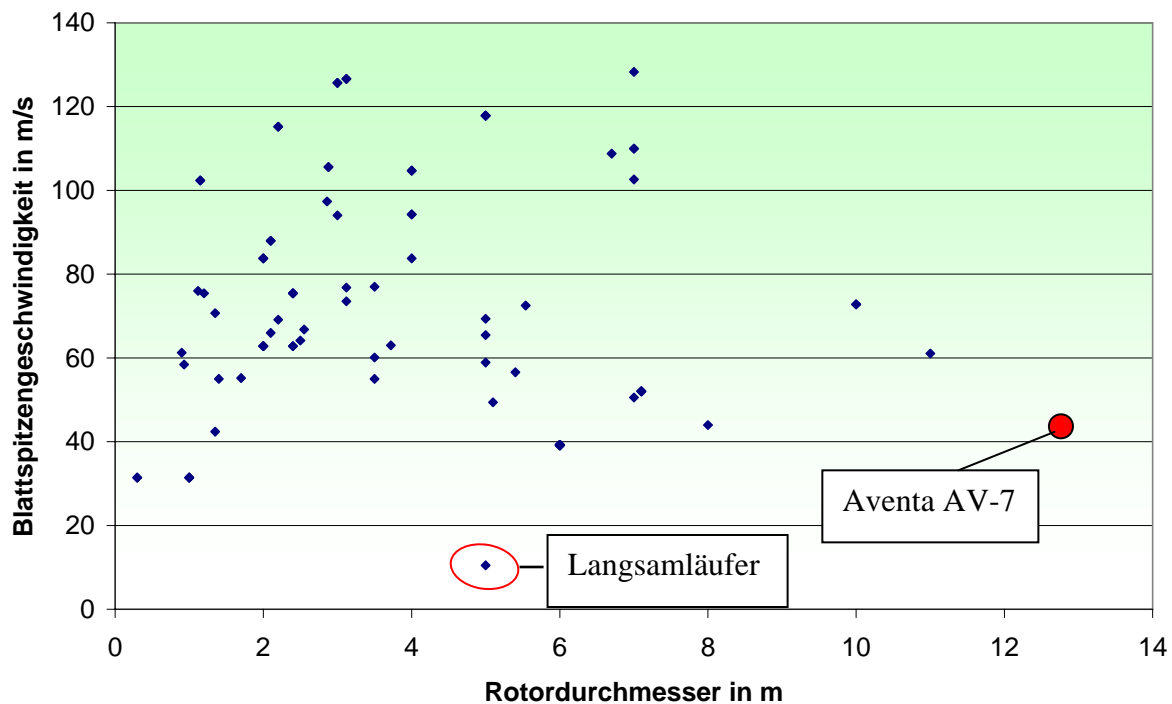


Bild 7: maximale Blattspitzengeschwindigkeiten der untersuchten Windkraftanlagen im Marktsegment von 25 W bis 20 kW

Entscheidend für die Entwurfslasten sind neben den aerodynamischen Kräften, die maßgeblich durch die Wahl der Nennwindgeschwindigkeit beeinflusst werden, die Massenkräfte. Diese lassen sich am besten durch die Turmkopfmasse charakterisieren, da sie alle leistungsübertragenden Bauteile zusammenfasst (**Bild 8**). Durch die Auslegung der Aventa AV-7 auf niedrige Windgeschwindigkeiten ergeben sich keine hohen Belastungen in den leistungsübertragenden Komponenten, so dass diese keine großen Massen aufweisen. Um eine Vergleichbarkeit von Anlagen unterschiedlicher Nennleistung zu ermöglichen bezieht man üblicherweise die Turmkopfmassen auf die Rotorfläche, so dass sich ein flächenspezifischer Wert in kg/m^2 ergibt. Die Aventa AV-7 weist einen extrem niedrigen Wert für die spezifische Turmkopfmasse auf. Dieses sollte sich neben geringen Massenkräften vor allem auch bei den Kosten vorteilhaft bemerkbar machen. Jede Masseneinsparung ist mit vermiedenen Bauteilkosten verbunden. Serienanlagen in der MW-Klasse, die für große Stückzahlen kostenoptimiert wurden, weisen Werte von 10 bis 20 kg/m^2 auf /3/.

Dass dennoch die Bauteildimensionierung zu einer guten Auslastung der zulässigen Materialbeanspruchungen führt, lässt sich anhand der Auswertung des massenspezifischen Drehmomentes überprüfen (**Bild 9**). Diese Werte gewinnt man, in dem man das übertragene Drehmoment auf die Turmkopfmasse bezieht. Beanspruchungsgerecht konstruierte Komponenten weisen einen höheren Wert auf als Komponenten, die überdimensioniert sind. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es einen Skalierungsfaktor gibt, der zu höheren Werten bei größeren Leistungsklassen führt. In **Bild 9** ist daher eine lineare Regression eingetragen, die eine Steigung von 0,14 aufweist. Dies entspricht exakt dem Wert, der bei Windkraftanlagen im Leistungsbereich von 300 kW bis 3 MW zu finden ist. /3/.

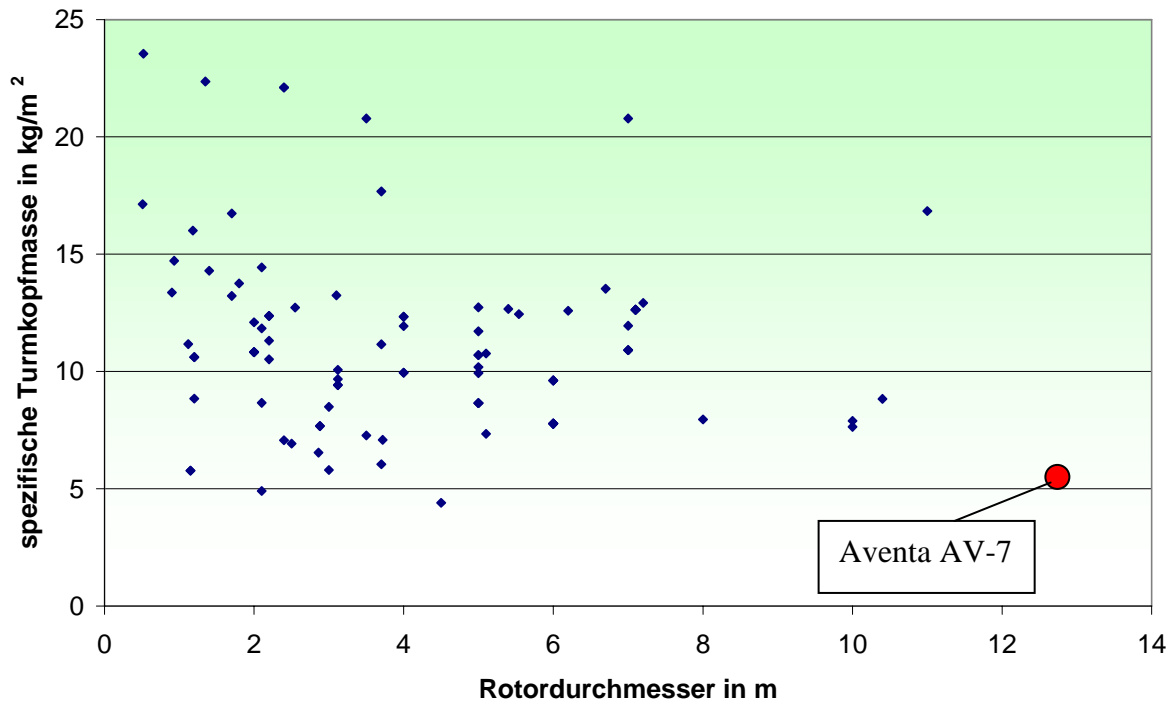


Bild 8: spezifische Turmkopfmassen der untersuchten Windkraftanlagen im Marktsegment von 25 W bis 20 kW

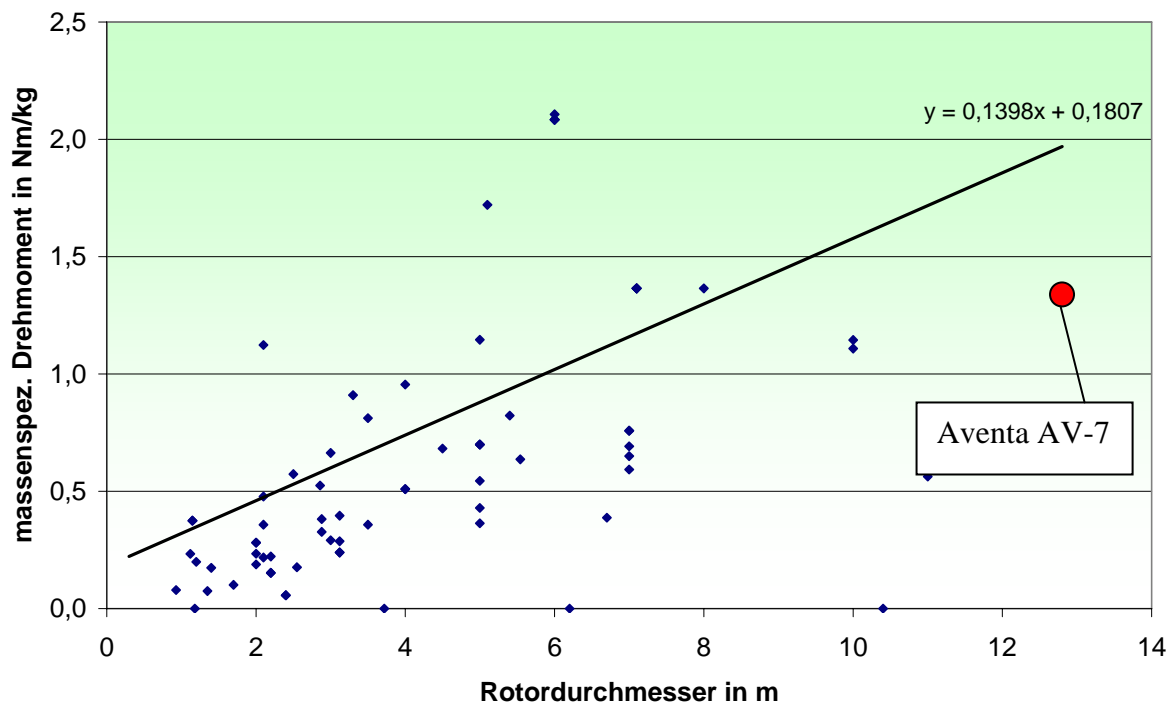


Bild 9: massenspezifisches Drehmoment der untersuchten Windkraftanlagen im Marktsegment von 25 W bis 20 kW

Zusammenfassend lässt sich für die Betrachtung der am Markt befindlichen Windkraftanlagen im Leistungsbereich von 25 W bis 20 kW feststellen, dass so keine Windkraftanlage mit zur Aventa AV-7 vergleichbarer Auslegung angeboten wird. Die Dimensionierung der Aventa AV-7 zielt konsequent auf spezifische Standortbedingungen mit moderaten Windverhältnissen. Standorte mit derartigen Windverhältnissen gibt es unzählige. In der Regel ist es schwieriger Standorte mit besonders guten Windverhältnissen zu finden, als mäßige Windverhältnisse vorzufinden. Ob an diesen Standorten ein wirtschaftlicher Betrieb einer Windkraftanlage möglich ist, hängt von den Kosten für die Windkraftanlage und den Vergleichskosten für andere Energieträger ab.

4. Vergleich der Leichtwindanlage AV-7 mit Konkurrenzprodukten

Der zweite Untersuchungsgesichtspunkt stellt die Windkraftanlage Aventa AV-7 in Beziehung zu anderen am Markt verfügbaren Windkraftanlagen. Die Auswahl von Konkurrenzprodukten fällt schwer, da, wie in Abschnitt 3 ausgeführt, kaum vergleichbare Produkte angeboten werden.

Ein zweites Problem für einen fundierten Vergleich mit Konkurrenzprodukten stellt die Tatsache dar, dass in diesem Leistungsbereich kaum vermessene Leistungskennlinien vorliegen. Leider sind in Prospekten von Herstellern gerade bei Kleinanlagen oft berechnete Kennlinien enthalten, die der wahren Betriebspraxis nicht immer entsprechen /9/. Für netzeinspeisende Windkraftanlagen größerer Leistung werden die internationalen Standards (IEC 61400 – 121) für die Vermessung der Leistungskurve vorausgesetzt. Bei Kleinanlagen haben diese Standards keine Gültigkeit, so dass die Vergleichbarkeit von Angaben oft eingeschränkt ist. Einerseits ist es verständlich, dass bei Produkten im Wert von einigen tausend bis zehntausend Euro nicht ein Vielfaches des Produktpreises für eine normgerechte Vermessung der Leistungskennlinie ausgegeben wird, andererseits sind manche Herstellerangaben unglaubwürdig, da bei einfacher Nachrechnung oft physikalisch unmögliche Wirkungsgrade herauskommen. Eine rechnerische Abschätzung der Leistungskennlinie sollte zumindest auf Plausibilität geprüft werden, bevor sie in Prospekten veröffentlicht wird. Die Leistungskurve ist jedoch unabdingbar, wenn ein Vergleich der Leistungsfähigkeit unter verschiedenen Standortbedingungen durchgeführt werden soll.

Folgende Windkraftanlagen wurden für den Vergleich herangezogen:

Tabelle 2: technische Daten der Vergleichsanlagen

	aerosmart	Aventa AV-7	Bergey BWC Excel R	Lagerwey LW18/80
Rotordurchmesser [m]	5,0	12,8	7,0	18
Nennleistung [kW]	5,1	6,5	7,5	80
Rotorfläche [m ²]	20,4	130,7	38,5	254,5
flächenspez. Leistung [W/m ²]	244,8	49,7	194,9	314,4

Die Auswahl dieser Anlagen erfolgte zum einen, weil glaubwürdige Leistungskurven vorlagen und zum anderen, weil seitens der Baugröße und der Nennleistung vergleichbare Werte gegeben sind. **Bild 10** zeigt die Leistungsbeiwerte der vier Windkraftanlagen. Die besondere Schwachwind-Auslegung der Aventa AV-7 Windkraftanlage wird in dem Erreichen des maximalen Leistungsbeiwerts bei bereits 5 m/s deutlich

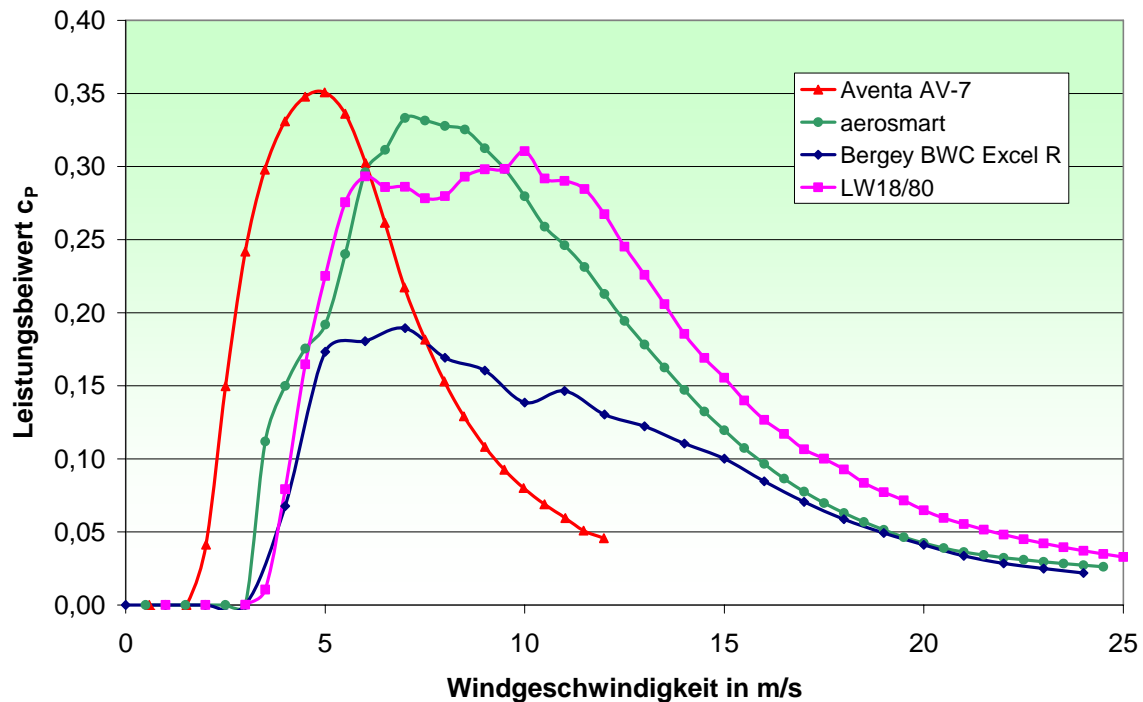


Bild 10: Leistungsbeiwerte der verglichenen Windkraftanlagen

Eine Bewertung der Leistungsfähigkeit der untersuchten Windkraftanlagen kann in erster Linie über eine Bewertung der Energieerträge unter Berücksichtigung konkreter Standortbedingungen erfolgen. Hierfür werden im folgenden Energieerträge unter verschiedenen Annahmen berechnet. Um die Ergebnisse trotz unterschiedlicher Baugröße vergleichbar zu machen sind alle Werte auf die Rotorfläche bezogen dargestellt, so dass sich jeweils ein Wert in kWh pro m² ergibt. Es wurde jeweils der Jahresenergieertrag mittels einer Häufigkeitsverteilung gemäß der Weibull-Funktion berechnet. Die Standortbedingungen variieren in der jährlichen mittleren Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe und im Formfaktor k , der ein Maß für den Turbulenzgrad darstellt. Turbulente Windverhältnisse führen zu einer großen Streuung in der Häufigkeitsverteilung, was sich in einem geringen k -Wert ausdrückt.

Bild 11 zeigt die Ergebnisse für extrem niedrige Windgeschwindigkeiten mit einem Jahresmittelwert von 2 m/s. Bei allen Turbulenzgraden, bzw. Formfaktoren zeigt die Aventa AV-7 die besten Betriebsergebnisse. Dies war aufgrund der speziellen Leistungscharakteristik zu erwarten.

Dieser Vorteil ist bei steigender mittlerer Windgeschwindigkeit nur noch gegeben, wenn der Formfaktor k der Weibull-Funktion Werte größer als 1,6 annimmt (**Bild 12**). Die ist jedoch normalerweise gegeben. Auch wenn windschwache Standorte für den Betrieb einer Windkraftanlage gewählt werden, sollten diese eine möglichst ungestörte Anströmung der Windkraftanlage, also keine deutlichen Hindernisse, die zu hohen Turbulenzen führen, besitzen.

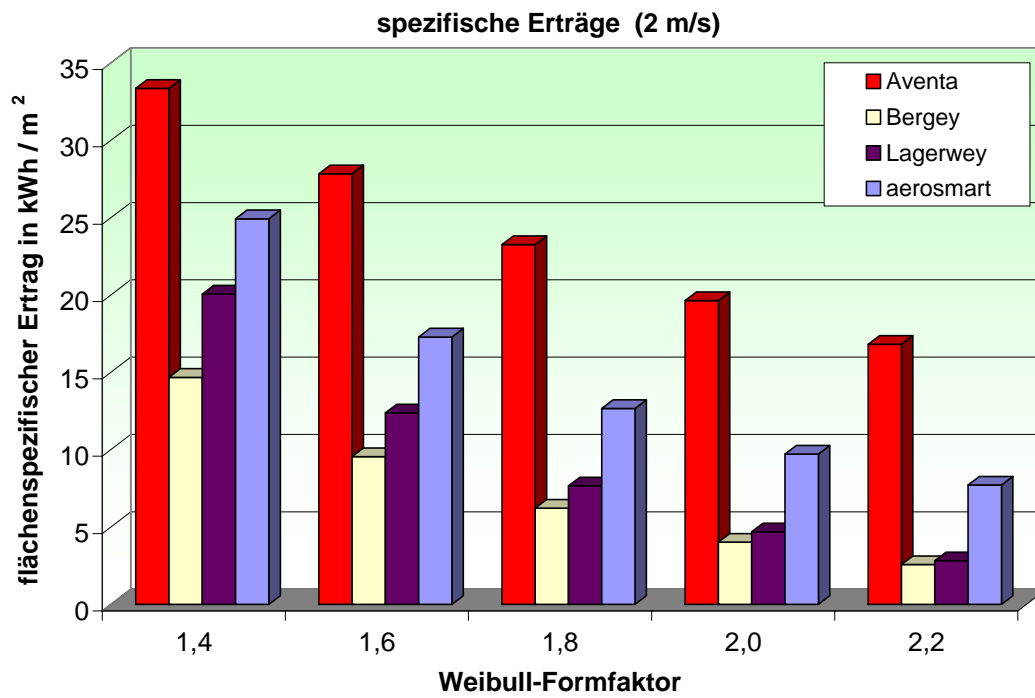


Bild 11: Flächenspezifische Jahresenergieerträge bei extremen Schwachwind

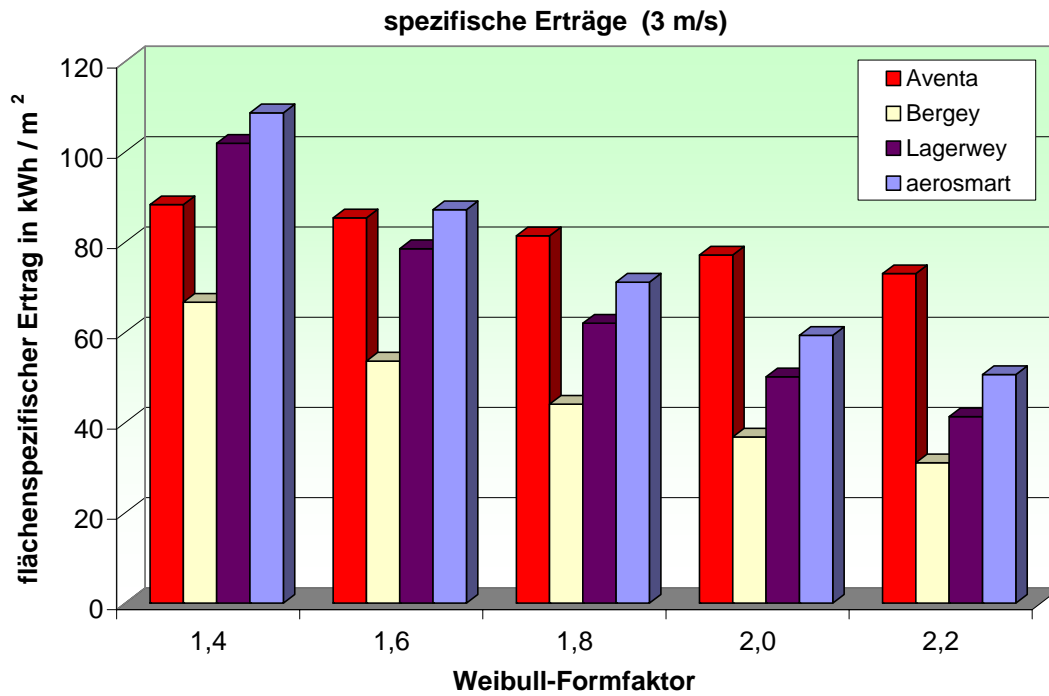


Bild 12: Flächenspezifische Jahresenergieerträge bei Schwachwind

In **Bild 13** und **Bild 14** sind die Ergebnisse aufgetragen, die sich ergeben, wenn die mittlere Windgeschwindigkeit auf 4 m/s bzw. 5 m/s steigt.

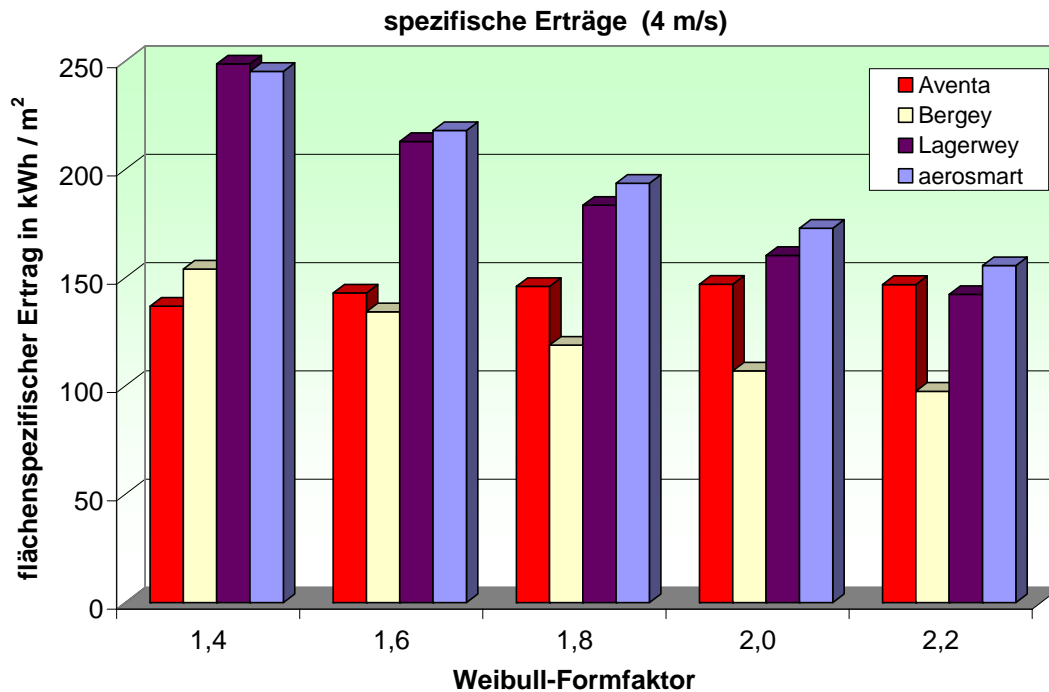


Bild 13: Flächenspezifische Jahresenergieerträge bei moderaten Windverhältnissen

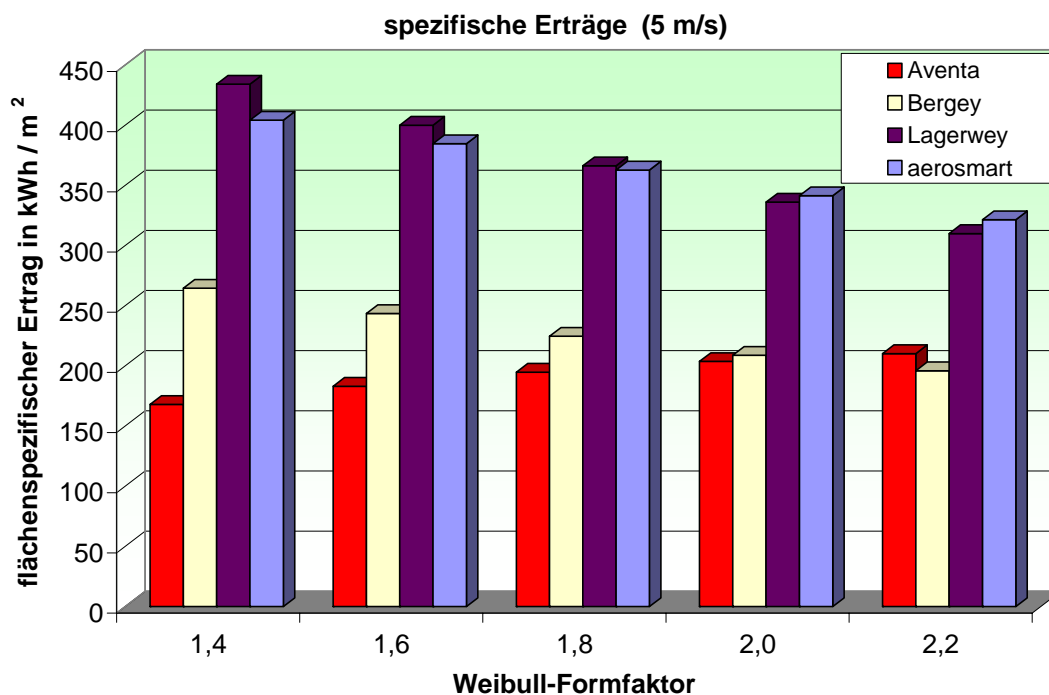


Bild 14: Flächenspezifische Jahresenergieerträge bei mittleren Windverhältnissen

Bei einem Jahresmittelwert von 4 m/s in Nabenhöhe, was allgemein als untere Grenze für einen wirtschaftlichen Betrieb von Windkraftanlagen angenommen wird, ist die Aventa AV-7 bei niedrigem Turbulenzgrad (d.h. $k > 2$) den Vergleichsanlagen ebenbürtig. Steigt die mittlere Windgeschwindigkeit auf 5 m/s wird die spezielle Auslegung der Aventa AV-7 zum Nachteil im Vergleich zu herkömmlich dimensionierten Windkraftanlagen.

Üblicherweise werden als Vergleichswert für unterschiedliche Windkraftanlagen die Kosten pro jährlich erzeugter kWh herangezogen. Dies ist in diesem Fall nicht möglich, da für die verglichenen Anlagen keine Preise für gleichen Leistungsumfang vorliegen. Preisangaben in diesem Marktsegment sind sehr unterschiedlich, da zum Beispiel viele Hersteller ihre Anlagen ohne Turm oder Mast, also nur als reinen Maschinensatz zur Selbstaufstellung anbieten. Ein standardmäßiger Leistungsumfang, wie bei großen Netzeinspeisenden Windkraftanlagen existiert nicht. Die **Bild 15** und **Bild 16** fassen die veröffentlichten Preisangaben zusammen, die mit dem besagten Vorbehalt zu bewerten sind. Dennoch ist eine größenabhängige Tendenz erkennbar.

Die Frage, ob das speziell für die Aventa AV-7 avisierte Marktsegment wirtschaftlich tragfähig ist, hängt weniger von Konkurrenzprodukten ab, als viel mehr von der Frage der Kosten für alternative Energiebereitstellungen aus anderen Ressourcen wie beispielsweise Dieselaggregaten oder Solaranlagen. Diese Entscheidung kann der Investor nur unter Berücksichtigung seiner konkreten Standortbedingungen treffen.

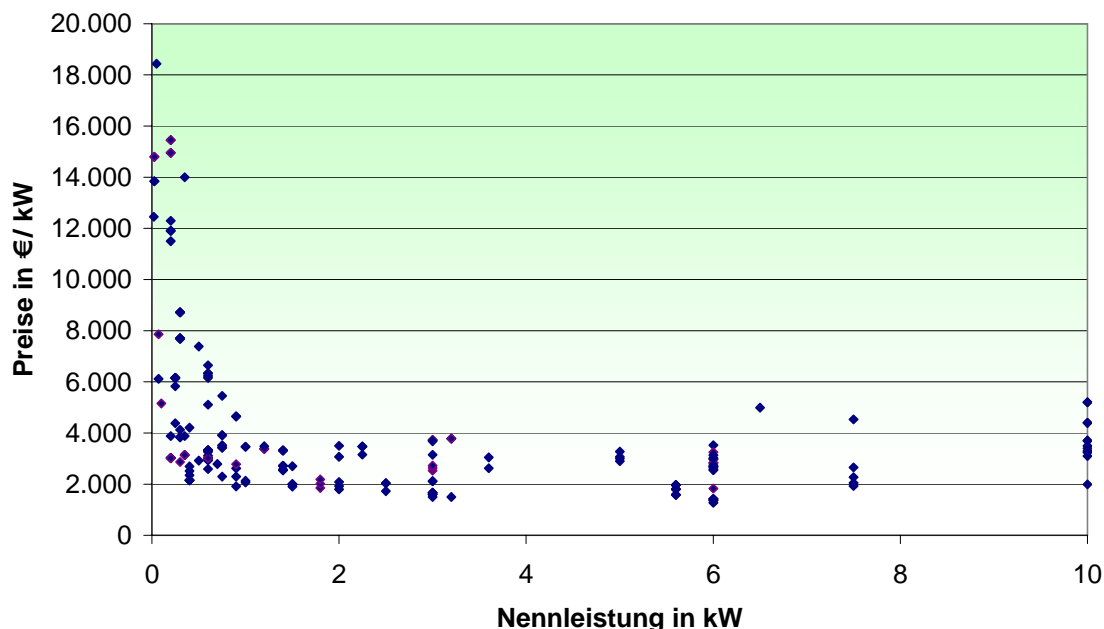


Bild 15: leistungsspezifische Preise von Windkraftanlagen im Marktsegment von 25 W bis 10 kW

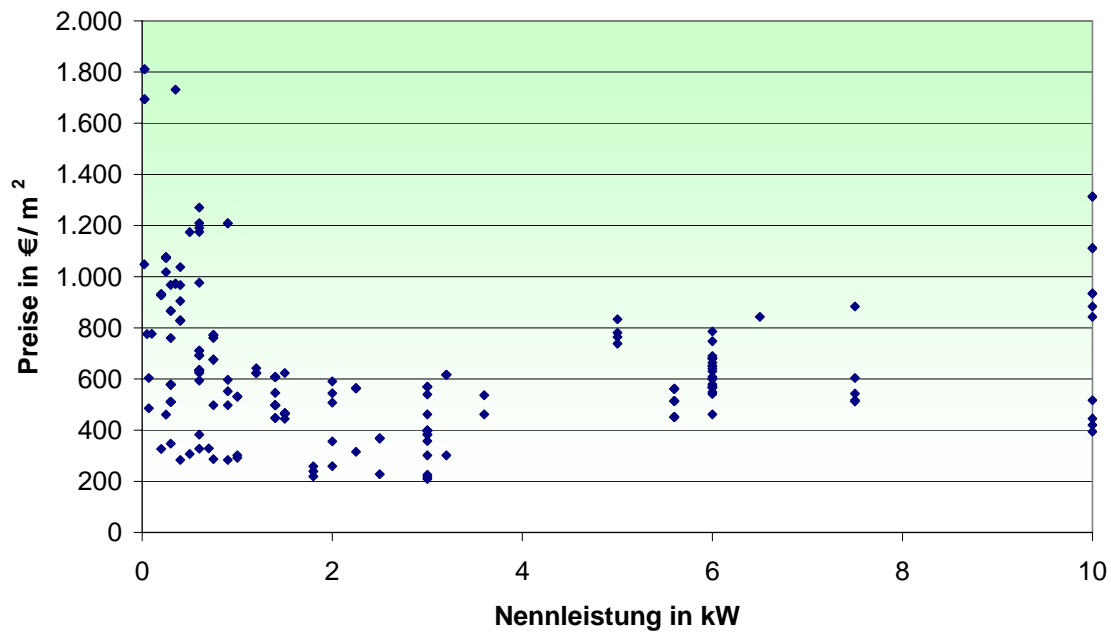


Bild 16: Flächenspezifische Preise von Windkraftanlagen im Marktsegment von 25 W bis 10 kW

Zusammenfassend ist zu dem Vergleich der Aventa AV-7 mit Konkurrenzprodukten zu bemerken, dass

- es keine direkt vergleichbare Windkraftanlage am Markt gibt,
- die flächenspezifischen Erträge die Vorteilhaftigkeit der spezielle Auslegung der Aventa AV-7 bei Schwachwind bestätigen,
- eine wirtschaftliche Bewertung aufgrund der unzureichenden Datenlage nicht möglich ist.

5. Up-scaling in größere Leistungsklasse

Generell ist ein Up-scaling der bestehenden Windkraftanlage in eine größere Leistungsklasse problemlos möglich. Hierfür stehen die bewehrten ingenieurwissenschaftlichen Instrumente zur Verfügung. Der Entwicklungsaufwand kann hiermit deutlich reduziert werden. Aufgrund der Erfahrungen mit dem Ausgangsmodell kann die Spezifikation einer größeren Ausführung mit reduzierten Unsicherheiten festgelegt werden.

Die Frage, ob ein solcher Schritt lohnenswert ist, kann nur nach einer Recherche potenzieller Kunden beantwortet werden. Aus allgemeiner Sicht kann festgestellt werden, dass auch in dem Marktsegment zwischen 10 kW und 100 kW eine Windkraftanlage mit den Spezifikationen der Aventa AV-xx nicht existiert. Grundsätzlich gibt es in dieser Leistungsklasse kaum Angebote. Dies liegt daran, dass einerseits der technisch und wirtschaftlich sinnvolle Leistungsbereich für Windkraftanlagen im Inselbetrieb überschritten ist. Batteriespeicher oder andere Back-up-Systeme sind dann sehr teuer oder extrem aufwendig. Andererseits ist die wirtschaftlich sinnvolle Leistungsklasse für die Netzeinspeisung noch nicht erreicht. Dies beginnt eher bei Nennleistungen größer als 300 kW. Lediglich eine spezielle Randbedingung, nämlich die Einspeisung auf Niederspannungsniveau (400 V) machen die Leistungsklasse von 10 kW bis 100 kW plausibel, da bei dreiphasiger Absicherung mit 63 A noch eingespeist werden kann. Besteht allerdings bei dem potenziellen Kunden ein Netzanschluß stellt sich die Frage der Konkurrenzfähigkeit der aus Windenergie erzeugten Energie im Vergleich zu den Bezugskosten aus dem Netz. Gerade bei Schwachwindstandorten ist dies zumindest bei derzeitigen Strombezugskosten nicht gegeben.

Eine weitere Schwierigkeit in der Leistungsklasse von 10 kW bis 100 kW sind zunehmende genehmigungsrechtliche Auflagen (Baugenehmigung, Umweltverträglichkeitsprüfung, Erfüllung von Netzanschlußrichtlinien, ...), die sowohl seitens des Herstellers als auch seitens des Kunden zu berücksichtigen sind. Dies führt zu einem höheren Beratungs- und Betreuungsaufwand seitens des Anbieters. Ein reines Vertriebsgeschäft, wie es im Leistungsbereich unter 10 kW meist üblich ist, mit Verkauf einer Anlage mit „Beipackzettel“, ist nicht mehr möglich. Dies erhöht deutlich die Vertriebskosten und muss in der Preiskalkulation entsprechend berücksichtigt werden. Hierdurch wird die Wirtschaftlichkeit zusätzlich belastet.

6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Aus technischer Sicht besitzt die Windkraftanlage Aventa AV-7 ein Alleinstellungsmerkmal. Keine andere am Markt angebotene Windkraftanlage besitzt vergleichbare Spezifikationen. Die Ergebnisse weisen die konsequente Auslegung der Windkraftanlage Aventa AV-7 für niedrige Windgeschwindigkeiten nach. Für Standortbedingungen mit mittleren Windgeschwindigkeiten unter 4 m/s erbringt die Windkraftanlage Aventa AV-7 höhere flächenspezifische Energieerträge als Konkurrenzprodukte.

Das Marktpotenzial ist einerseits groß, da es unzählige Standorte mit Windverhältnissen gibt, auf die die Windkraftanlage Aventa AV-7 zugeschnitten ist. Andererseits ergeben sich hohe Energiekosten, die sehr spezielle Kundenbedürfnisse treffen müssen, um eine Investitionsbereitschaft zu wecken. Dies könnte zum Beispiel der Fall sein, wenn standortbedingt keine konkurrierenden Energieversorgungskonzepte existieren bzw. deren Bereitstellung mit hohen Kosten verbunden sind. Dies führt zu Anwendungen im Inselbetrieb. Im netzgekoppelten Betrieb sind kaum Randbedingungen denkbar, die eine wirtschaftlich sinnvolle Nutzung von Windenergie unter diesen Spezifikationen ergeben.

Das Marketing sollte demzufolge auf eine sehr genaue Definition von Kundenkriterien aufbauen, um potenzielle Käufer gezielt ansprechen zu können. Die Analyse von Kundenbedürfnissen klärt auch die Frage, ob deren Leistungs- und Energiebedarf ein Up-scaling der bestehenden Anlage lohnenswert machen.

7. Quellenangaben

- /1/ Firmenunterlagen Aventa, 2006
- /2/ Global Wind Energy Council, Brussels, 2007
- /3/ Gasch, R.; Twele, J.: Windkraftanlagen, Teubner Verlag, 4. Auflage, 2005
- /4/ Bundesverband Windenergie, Marktübersicht, Jahrgänge 2000 bis 2006
- /5/ Windkraftanlagenmarkt 2006, Sun Media Verlag, 2006
- /6/ Windkraftanlagenmarkt 2007, Sun Media Verlag, 2007
- /7/ Heilmann, C.; Twele, J: Kleinwindkraftanlagen zur dezentralen globalen Stromversorgung, in Marktübersicht 2006, Bundesverband Windenergie, 2006
- /8/ Heilmann, C: Globale Stromversorgung mit Klein-Windenergieanlagen, in TU International, TU Berlin, 2005
- /9/ Hacker, G.: Wind ins Netz, Solar-Team Hacker, 2005