Gutachtliche Stellungnahme

BRAUN Windturbinen GmbH
ANTARIS 6.5kW Kleinwindenergieanlage

Auftraggeber des Gutachtens	:	BRAUN Windturbinen GmbH Südstraße 19 57583 Nauroth
Gutachter	:	Dipl.-Ing. Holger Peters
Datum	:	02.04.2014

Auftragsumfang des Gutachtens:

- Prüfung der technischen Dokumentation auf Vollständigkeit.
- Prüfung der Lastannahmen und des Sicherheitssystems

Dieser Bericht ist VERTRAULICH. Weitergabe nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung durch den Auftraggeber!

Inhalt

1 Haftungsausschluss 2
2 Vorliegende Unterlagen 2
3 Verwendete Normen und Richtlinien 3
4 Technische Daten 4
5 Qualitätssicherung 4
6 Ergebnis der Prüfung 5
6.1 Vollzähligkeit der Unterlagen 5
6.2 Belastungstest Rotorblätter 5
6.3 Nachweis des maschinenbaulichen Teils 6
6.4 Zusammenfassung 6

1 Haftungsausschluss

Der nachstehende Bericht wurde unter Nutzung vorliegender Materialien vom Auftraggeber und von Dritten, sowie eigener Beobachtungen vor Ort angefertigt. Es konnten nicht sämtliche Informationen auf Richtigkeit geprüft werden. Der Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen sorgfältig und fachgerecht angefertigt. Fehlerfreiheit der Ergebnisse und Berücksichtigung sämtlicher Informationen können nicht garantiert werden. Es wird keine Haftung übernommen.

2 Vorliegende Unterlagen

Von Braun-Windturbinen zur Verfügung gestellt:

- **Lasten auf den Mast nach DIN EN 61400-2** (31.03.2014)
  Übersicht zu den Schnittlasten von der Maschine auf den Mast (5 Seiten)
- **Inbetriebnahme- und Wartungspflichtenbuch** (23.03.2014)
  (4 Seiten)
- **Installations- und Betriebsanleitung** (31.03.2014)
  Gemeinsame Anleitung für die Antaris 6.5 kW und Antaris 9.5 kW (16 Seiten)
- **EC declaration of conformity** (01.07.2012)
  (1 Seite in englischer Sprache)
- **Produktdatenblatt Bremswiderstand PWR-3TR320S 1x18R 6kW**
  (1 Seite)
- **ANTARIS 6.5 kW Kleinwindanlage** (24.03.2014)
  Produktbroschüre (2 Seiten)

- **Baubeschreibung der ANTARIS 6.5 kW Kleinwindanlage** (24.03.2014)
  noch mit dem Vorgängermodell der Netzeinspeisung (6 Seiten)
- **Fotos zum Kippmechanismus in die Helikopterposition** (03.05.2012)
  (2 Fotos vom Versuch bei *CK Krüger GmbH & Co. KG*, keine weitere schriftliche Dokumentation)
- **Fotos zum statischen Belastungstest der Rotorblätter** (02.04.2014)
  (20 Fotos des Blattherstellers)
- **Messwerte zum Energieertrag und Generatormaximalleistung** (Februar 2014)
  (1 Bildschirmfoto)

Von Smart Power Electronics GmbH & Co. KG vorliegend:

- **Smart!wind SW-7.5 | SW-10 Betriebsanleitung** (06.2012)
  (59 Seiten)
- **EG Konformitätserklärung Smart!wind** (19.04.2013)
  für SW-5.5, SW-7.5, SW-10 (5 Seiten)
- **Smart!wind SW-5.5, SW-7.5 und SW-10** (03.2013)
  Broschüre (6 Seiten)
- **Installation Smart!wind** (August 2013)
  Anschlussplan (1 Seite)

Die von Braun-Windturbinen vorgelegten Unterlagen wurden im Prozess der Prüfung durch Braun-Windturbinen überarbeitet und ergänzt. Das Datum bezieht sich auf den letzten zur Prüfung vorgelegten Stand.

3 Verwendete Normen und Richtlinien

- Richtlinie 2006/42/EG des europäischen Parlamentes und Rates über Maschinen (Maschinenrichtlinie) 29.06.2006
- DIN EN 61400-2 (IEC 61400-2:2006): Windenergieanlagen – Teil 2: Sicherheit kleiner Windenergieanlagen. Deutsche Fassung, Februar 2007
- DIN EN 61400-2 (IEC 88/399/CD:2011): Windenergieanlagen – Teil 2: Anforderungen für kleine Windenergieanlagen. Deutsche Fassung, Entwurf Mai 2012
- Deutsches Institut für Bautechnik DIBT: Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung. Fassung März 2004
- Deutsches Institut für Bautechnik DIBT: Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung. Fassung Oktober 2012

4 Technische Daten

Daten wurden aus der vorliegenden Dokumentation des Herstellers übernommen, im Folgenden werden die wichtigsten Daten wiedergegeben.

Genaue Bezeichnung	:	ANTARIS 6.5kW	
Nennleistung	:	6,5	kW
Generator-Bremsleistung	:	15	kW
Nenndrehzahl	:	330	min^{-1}
Rotordurchmesser	:	5,3	m
Masse ohne Mast	:	225	kg
Nennwindgeschwindigkeit	:	12	m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit	:	keine	
Windklasse nach IEC 61400-2:2006	:	III	
Überlebenswindgeschwindigkeit	:	52,5	m/s
Netzeinspeisung mit	:	Smart!wind SW-7.5	
Mast und Nabenhöhe	:	Auftragsspezifisch	

5 Qualitätssicherung

Die mechanischen Komponenten der Maschine werden von der *CK Krüger GmbH & Co. KG* in *57629 Mörsbach* gefertigt. Das Unternehmen wurde am 11.04.2013 persönlich besichtigt und ist nach ISO 9001:2008 vom TÜV Rheinland zertifiziert.

Die Fertigung der Rotorblätter erfolgt in Serbien durch einen ISO9001:2008 vom TÜV Rheinland zertifizierten Betrieb, jedes Blatt trägt eine Seriennummer, der gesamte Rotor wird gewuchtet. Das Ergebnis wird protokolliert.

Die Generatoren werden von Braun-Windturbinen in Zusammenarbeit mit lokalen Betrieben selbst hergestellt. Auch die Generatorfertigung wurde persönlich besichtigt. Jeder Generator von Braun-Windturbinen wird einzeln geprüft.

6 Ergebnis der Prüfung

6.1 Vollzähligkeit der Unterlagen

Die von Braun-Windturbinen vorgelegten technischen Unterlagen sind vollzählig vorhanden und erfüllen mit dem letzten Bearbeitungsstand den Anforderungen der EG Maschinenrichtlinie 2006/42/EG.

Es fehlt eine Erklärung, dass der Smart!wind auch bei einer internen Störung die Anlage nicht anlaufen lässt, bzw. immer herunter bremst.

Die Konformitätserklärung für die Windenergieanlage durch Braun-Windturbinen ist der technischen Dokumentation auch in deutscher Sprache beizufügen.

Der Betriebsanleitung sollte noch zu Möglichkeiten der Fehlererkennung während des normalen Betriebs (Vibration, Ausfall des Dämpfers der Windfahne, etc.) ergänzt werden. In der Nähe des Hauptschalters an der Anlage und am Schlüsselschalter muss eine eindeutige Abschaltanweisung angebracht werden.

6.2 Belastungstest Rotorblätter

Zu dem statischen Belastungstest der Rotorblätter liegen Versuchsergebnisse eines Belastungstestes des Herstellers vor. Die dort bei 2/3 des Rotorradius aufgebrachte Kraft von 296 kgf entspricht 2,90 kN. Das Blatt wurde nicht bis zum Bruch belastet.

Der maximale Schub des Rotors mit 3 Blättern ist von Braun-Windturbinen mit 2,375 kN angegeben, bzw. nach der IEC 61400-2 konservativ berechnet. In der Praxis schwenkt der Rotor bereits bei der Hälfte des Schubs in eine Helikopterposition. Dazu wurde von Braun-Windturbinen auch ein Versuch durchgeführt; die Kraft mit der der Kippmechanismus eingestellt ist beträgt 122 kgf, entsprechend 1,2 kN. Der Kippmechanismus ist einfach und robust unter Nutzung eines Gegengewichtes ohne Federn aufgebaut, ein Blockieren oder Ausfall des Mechanismus daher unwahrscheinlich. Bei 1,2 kN auf 3 Rotorblätter, entsprechend 0,4 kN auf ein Rotorblatt, berechnet sich der Sicherheitsbeiwert für das Rotorblatt zu γ_m = 7,3. Bei der konservativen Berechnung des maximalen Schubs mit 2,375 kN/3 = 0,79 kN je Blatt errechnet sich der Sicherheitsbeiwert zu γ_m = 3,7. Nach Anhang E der IEC 61400-2:2006 ist für Verbundwerkstoffe aus Kohlefaser ein Sicherheitsbeiwert γ_m = 3,7 mindestens einzuhalten. Für die konservativ gerechnete höhere Last auf den Rotor wird der minimale Sicherheitsbeiwert erreicht; es besteht wahrscheinlich auch eine Reserve, da das Blatt nicht bis zum Bruch belastet wurde. Mit dem durch den Kippmechanismus begrenzten Rotorschub besteht noch eine Sicherheitsreserve von mindestens 96 %. Das Blatt erfüllt damit den Anforderungen für den Betriebsfestigkeitsnachweis für einen auf 1,2 kN begrenzten Rotorschub aufgrund einer statischen Messung. Auch bei blockiertem Kippmechanismus wird der Sicherheitsbeiwert erreicht. Nach in der Produktbeschreibung von Braun-Windturbinen ist das Blatt sowohl aus Glas und Kohlefasern aufgebaut. Für Verbundwerkstoffe aus Glasfaser wäre ein Sicherheitsbeiwert von mindestens γ_m = 7,4 einzuhalten; der hochbelasteten Teile des Rotorblattes ist jedoch vollständig aus Kohlefaser aufgebaut. Das Blatt sollte nach den Empfehlungen der Norm noch bis zum Bruch belastet werden, um die Sicherheitsreserven genau zu ermitteln.

6.3 Nachweis des maschinenbaulichen Teils

Ein rechnerischer Nachweis für den Maschinenträger, die Generatorbefestigung und die Generatorwelle liegt nicht vor. Die Welle aus 48 mm 42 CrMo4 ist aus einem deutlich hochfesteren Werkstoff gefertigt als üblich. Der vordere Lagerschild aus Vollmaterial gefräst ist mit zusätzlichen Schrauben befestigt. Der Maschinenträger ist augenscheinlich sehr kompakt und stabil ausgeführt. Die Dimensionierung basiert auf 23 Jahren Erfahrung des Unternehmens in Bereich der Kleinwindenergie. Die Sichtprüfung vermittelt einen soliden und durchdachten Eindruck.

Die kompakte Gondelverkleidung aus glasfaserverstärktem Kunststoff mit 4 kg Masse ist mit 4 Schrauben M8 mit der Grundplatte verschraubt. Ohne weiteren Nachweis ist die Gondelverkleidung damit offensichtlich ausreichend stabil dimensioniert und ordentlich befestigt.

6.4 Zusammenfassung

Die Prüfung der Lastannahmen als Schnittgrößen für den Nachweis von Turm und Gründung hat keine Abweichungen von der IEC 61400-2:2006 ergeben.

Die Anlage verfügt über 2 unabhängige Sicherheitssysteme gegen Überschreiten der Bemessungsdrehzahl:

Der Rotor schwenkt auch bei Ausfall des Generators oder der Last bei zu hohem Rotorschub in die Helikopterposition. Dadurch wird die Rotordrehzahl begrenzt.

Das primäre Bremssystem ist die generatorische Bremsung durch Erhöhung der Last auf den Rotor über Belastung des Generators mit einem Bremswiderstand. Durch den Einspeiseumrichter wird der leistungsfähige Generator stark belastet, damit der Rotor fast bis zum Stillstand abgebremst. Vorliegende Messwerte belegen, dass der Generator mehr als die doppelte Nennleistung aufbringen kann. Durch die im Vergleich mit anderen Kleinwindenergieanlagen hohe Leistungsreserve sollte der Generator auch bei extremen Windgeschwindigkeiten gebremst werden können. Abbremsen bis zum Stillstand ist nicht möglich, da der Generator langsam drehen muss, um das Bremsmoment zu erzeugen. Bei der sehr niedrigen Drehzahl geht von dem Rotor jedoch keine Gefahr mehr aus.

Die Rotorblätter wurden durch einen statischen Belastungstest geprüft. Der erreichte Sicherheitsbeiwert ist mindestens 96 % höher als der erforderliche Sicherheitsbeiwert gegenüber den im Betrieb maximal auftretenden Belastungen.

Für die maschinenbaulichen Komponenten liegt kein rechnerischer Nachweis vor. Die Anlage ist im vergleich zu anderen Anlagen augenscheinlich solide und durchdacht konstruiert und aus hochwertigem Materialien –mit Ausnahme der Rotorblätter– komplett in Deutschland gefertigt. Auch die Rotorblätter werden durch ein ISO 9001:2008 zertifiziertes Unternehmen hergestellt.

Der Generator wird durch Braun-Windturbinen selbst hergestellt und geprüft. Die Konformitätserklärungen des in das Sicherheitssystem eingebundenen Einspeiseumrichters vom Hersteller Smart Power Electronics GmbH & Co. KG liegen vor. Ein Blitzschutz für die Anlage besteht nicht und wird jedoch nicht explizit gefordert.

Durch die Ergänzungen der technischen Dokumentation wurden die bisherigen Mängel behoben. Bedienungsanleitung, Inbetriebnahmeprotokoll und Wartungspflichtenbuch liegen vollständig vor.

Goslar, den 02.04.2014

Dipl.-Ing. Holger Petes