

 **ENERCON**

Windenergieanlagen

E 40 II 40 445

ENERCON-40 / 500 kW

Betriebsbeschreibung

Zu Bauschein Nr.
gehörig.

1109735

Betriebsbeschreibung E-40

Betriebsdaten:

$$\text{Huben} - \phi = 40.5 \text{ m}$$

Windgeschwindigkeiten:

Einschaltwind	v_l	: 3 m/s
Nennwind	v_R	: 13 m/s
Abschaltwind	v_0	: 25 m/s (10 min)
Kurzzeitabschaltwind	v_A	: 30 m/s (Spitze)

Drehzahlen:

Betriebsbereich	n_1, n_2	: 18 - 40 min ⁻¹
Nenn Drehzahl	n_R	: 38 min ⁻¹
Auslösedrehzahl	n_A	: 43 min ⁻¹

Blattverstellgeschwindigkeiten:

Regelbetrieb	:	0 - 11 °/s
Notsystem	:	11 °/s

Windnachführgeschwindigkeit: 45 °/min⁻¹

Ansprechzeit d. Notsystems : 0,2 s

Steuerung:

Die Steuerung der Anlage erfolgt durch einen Mikroprozessor, der im ungestörten Betriebszustand der Anlage die Steuerung und Überwachung übernimmt. Das Notsystem wird in erster Linie durch Störungserkennung durch den Prozessor aktiviert.

Alle sicherheitsrelevanten Funktionen werden parallel dazu rein elektromechanisch mit übergeordnetem Zugriff überwacht.

Windnachführung:

Grundsätzlich ist die Windnachführung bei allen Windgeschwindigkeiten oberhalb der Einschaltwindgeschwindigkeit in Funktion. An der Windfahne in Nabenhöhe wird kontinuierlich die Windrichtung gemessen. Ist die mittlere Abweichung der Rotorachsrichtung zur gemessenen Windrichtung im 1-min Mittel größer als 10° , so wird die Gondel über die beiden Azimutstellantriebe nachgeführt. Durch das Trägheitsmoment der Gußlüfter auf den Stellantrieben erfolgt der An- und Auslaufvorgang bedämpft. Der Nachführungsvorgang wird durch Auszählung der Stellmotorumdrehungen erfaßt und die benötigte Verstellzeit auf Plausibilität kontrolliert.

Automatischer Anlaufvorgang:

Wird im dreiminütigen Intervall eine für den Betrieb der Anlage geeignete Windgeschwindigkeit gemessen und die Überwachungssensorik meldet keine Störungen der Komponenten, so wird der automatische Anlaufvorgang gestartet. Dazu wird die Gondel quer zur Windrichtung ausgerichtet und darüber die Windnachführung mit Sensorik kontrolliert. Nach einminütiger Kontrollmessung wird die Gondel in Windrichtung ausgerichtet und die Rotorblätter in Betriebsposition verstellt. Bei Erreichen der unteren Grenze des Nenndrehzahlbereichs beginnt die Leistungsabgabe, während die Anlage in den Regelbetrieb übergeht.

Regelbetrieb:

Nach erfolgreichem Startvorgang geht die Anlage in den Regelbetrieb über. Weiterhin werden die Sensoren der Komponenten abgefragt, und bei Bedarf die entsprechenden Maßnahmen zum sicheren Betrieb/Parken/Notstop eingeleitet. Im Regelbetrieb oberhalb der Nennwindgeschwindigkeit wird die Rotordrehzahl über die Verstellung des Blattwinkels bei Nenndrehzahl gehalten. Dabei werden die erforderlichen Blattstellwinkeländerungen durch Auswertung der Drehzahl- und Beschleunigungsmessung ermittelt. Weiterhin wird der Blattwinkel bereits im Teillastbetrieb leistungsabhängig abgeregelt, so daß bei Nennbetrieb ca. 3 Grad erreicht werden.

Parken der Anlage:

Wird die Anlage durch manuellen Eingriff oder durch die Steuerung geparkt, so wird der Blattwinkel abgeregelt und die Anlage läuft bis zum quasi Stillstand aus. Beim Parken wird die Haltebremse nicht betätigt und die Windnachführung bleibt in Funktion.

Ausgelöst wird die Parkroutine durch

- manuelles Stoppen
- Windmangel
- Erreichen des Abschaltwindes
- Erreichen des Abschaltblattwinkels
- Kabelverdrillung
- Störung der Notversorgungseinheiten
- Übertemperaturmeldungen
- nicht sicherheitsrelevante Komponentenstörungen

Stehen die Störmeldungen nicht mehr an, erfolgt der automatische Wiederanlauf.

Kabelverdrillung:

Die Steuer- und Versorgungskabel hängen frei im Turm und dürfen nur begrenzt verdrillt werden. Ein elektromechanischer Nockenschalter kontrolliert Anzahl und Richtung der Verdrehungen. Werden vier Umdrehungen in einer Richtung erreicht, wird die Anlage geparkt und das Kabel durch Zurückdrehen der Gondel entdrillt. Wenn die Kabelverdrillmeldung nicht erkannt wird, löst bei viereinhalb Umdrehungen der Endschalter aus, der jedwedes weiteres Verfahren in diese Richtung stoppt und die Anlage parkt.

Notversorgungseinheiten:

Jeder Blattverstellantrieb wird im Störfall aus einer eigenen akkugepufferten Notversorgungseinheit betrieben. Die Verfügbarkeit wird durch Ladungsautomatik und Ladezustandsüberwachung durch zyklische Belastung sichergestellt. Auf Störungen der Notversorgungseinheiten wird durch Parken der Anlage reagiert. Die Auslösung der Blattschnellverstellung über die Notversorgungseinheiten erfolgt synchron durch elektromechanische Verknüpfung.

Haltebremse:

Zur Unterstützung des Notbremsvorgangs bei betätigtem NOT-AUS Schalter, wird die Bremsung über die Blattschnellverstellung durch die Haltebremse unterstützt, die den Rotor in Verbindung mit der Blattverstellung bis zum Stillstand stoppt. Die Haltebremse ist nicht Bestandteil des Sicherheitssystems, durch ihren Ausfall wird die Sicherheitsfunktion der Notbremsung nicht beeinträchtigt. Zum Setzen der Rotorarretierung wird der Rotor über die Haltebremse festgesetzt. Die Haltebremse wird erst nach Lösen der Rotorarretierung wieder geöffnet.

Notstop:

Bei Auslösung des Notstopvorgangs werden die Blattverstellantriebe auf die akkugepufferten Notversorgungseinheiten umgeschaltet und die Blattschnellverstellung ausgelöst. Je nach Auslöseursache wird parallel dazu die Haltebremse ausgelöst, bzw. ist vor erneutem automatischem Wiederanlauf eine Quittierung erforderlich.

Auslöseursache der Notbremsung	Zuschalten der Haltebremse	Quittierung erforderlich
Netzausfall	nein	nein
Lastabwurf	nein	nein
Überdrehzahl 128 %	nein	ja
NOT-AUS	ja	ja
Schwingungsmelder	nein	ja
Rotorarretierung	ja	ja
Brechbolzenüberwachung	nein	ja
Blattwinkelsynchronisation	nein	ja
Generatorluftspalt	nein	ja

Tritt eine nicht zu quittierende Störung (außer Netzausfall) häufiger als dreimal am Tag auf, so wird ebenfalls eine Quittierung erforderlich, auch wenn aufgrund dieser Ursache keine Notbremsung eingeleitet wird.

Netzausfall:

Bei Netzausfall wird der Notstopvorgang über Blattschnellverstellung ausgelöst. Die Haltebremse wird nicht betätigt und der Rotor trudelt frei.

Lastabwurf:

Der generatorseitige Lastabwurf, z.B. durch Wechselrichterkippen oder Auslösen der Halbleitersicherungen, wird über Abregeln des Blattwinkels durch die Regelung abgefangen.

Überdrehzahl 128 %:

Erreicht der Rotor eine 28 % ige Überdrehzahl (51 min^{-1}), so löst rotorseitig ein elektromechanischer Überdrehzahlschalter den Notstopvorgang mit Blattschnellverstellung aus. Vor Wiederinbetriebnahme ist eine Quittierung erforderlich.

NOT-AUS:

Bei Betätigung des NOT-AUS Tasters in der Gondel oder in der Bodenstation wird der Notbremsvorgang mit Blattschnellverstellung mit Betätigung der Haltebremse ausgelöst. Die Windnachführung wird stillgesetzt.

Schwingungsmelder:

Unzulässig hohe Schwingungen und Vibrationen des Gondelkopfes werden durch den Schwingungsmelder erkannt und leiten darüber den Notstopvorgang mit Blattschnellverstellung ein.

Rotorarretierung:

Zum Setzen der Rotorarretierung wird der Rotor bei in Fahnenstellung stehenden Rotorblättern mit der Haltebremse festgebremst und die Gondel zum Wind ausgerichtet. Soll die Anlage unbeaufsichtigt mit Rotorarretierung geparkt bleiben, so ist die automatische Windnachführung zu aktivieren. Das manuelle Setzen der Rotorarretierung löst automatisch einen Notbremsvorgang mit Blattschnellverstellung und Haltebremse aus, wenn die Rotorblätter nicht vorab bereits zurückgefahren und die Haltebremse gesetzt wurde.

Brechbolzenüberwachung:

Der Stator des Ringgenerators ist über Brechbolzen, deren Anspeichschwelle beim 3,5-fachen Nennmoment liegt, mit dem Achszapfen momentengekoppelt. Überwacht wird dieser Überlastschutz durch Kontrolle des Einstellwinkels der Statorposition. Spricht der Melder an, so wird der Notbremsvorgang mit Blattschnellverstellung ausgelöst.

Blattwinkelsynchronisation:

Der Blattwinkel der drei Rotorblätter wird redundant gemessen und auf synchronen Lauf kontrolliert. Synchronisationsstörungen lösen den Notstopvorgang mit Blattschnellverstellung aus.

Erreichen nicht alle drei Rotorblätter die 90° Parkposition, wird die Anlage zur Entlastung über die Windnachführung 90° zum Wind ausgerichtet.

Generatorluftspalt:

Der Luftspalt des Generators wird auf genügenden Abstand des Rotors zum Stator kontrolliert. Unterschreitungen des Mindestluftspalts führen zum Notstop durch Blatt-schnellverstellung.

Service-Position:

Befindet sich die Anlage in Service-Position, so sind die automatische Windnachführung und automatische Blattverstellung blockiert. Beide Funktionen können nur durch manuelles Bedienen geschaltet werden. Die Service-Schaltstellung erlaubt bei gesetzter Rotorarretierung die Verstellung jeweils eines Rotorblatts aus der 90° Fahnenposition heraus.

Generatorvereisung:

Bei Wicklungstemperaturen in Gefrierpunktnähe wird der Generator vor dem Starten der Anlage durch Zuschalten der Generatorerregung beheizt, um Eisansatz im Luftspalt und in den Spaltdichtungen abzutauen.

Projektbeschreibung

Bei der zu errichtenden Windenergieanlage, handelt es sich um den Typ ENERCON-40 mit 500 kW der Firma ENERCON Gesellschaft für Energieanlagen mbH & Co.

Die Anlage arbeitet ohne Getriebe. Der emittierte Schall wird daher einzig durch die aerodynamischen Geräusche, die bei der Energieumsetzung an den Rotorblättern entstehen, verursacht.

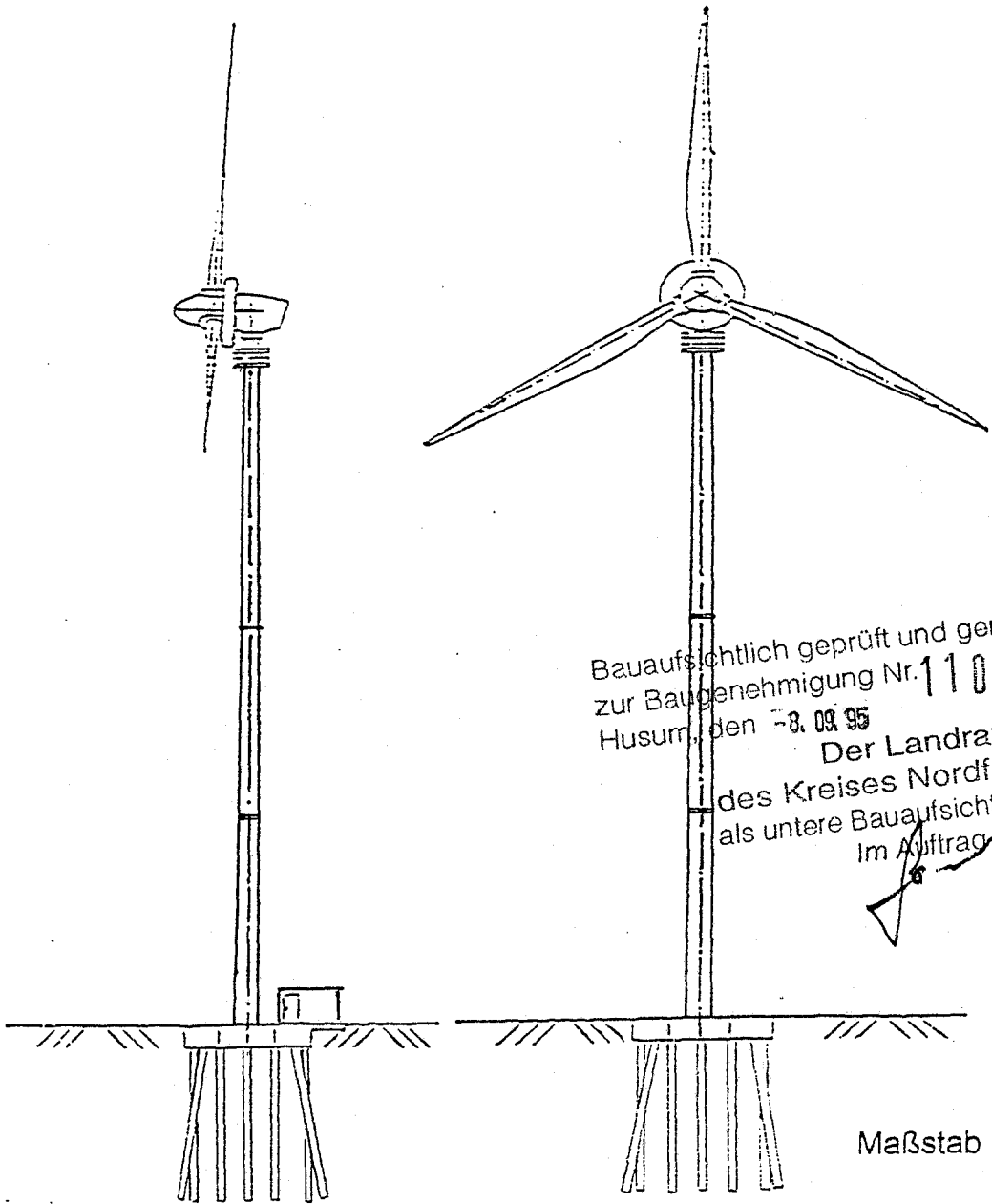
Um die Schallemissionen möglichst gering zu halten, wird der Turm als dreiteiliger Stahlrohrturm mit einer freien Länge von 49m ausgeführt.

Diese Windenergieanlage hat einen Dreiblattrotor mit aktiver Blattverstellung und drehzahlvariabler Betriebsweise mit einer Nennleistung von 500 kW bei 40 Umdrehungen pro Minute. Die Rotorblätter sind über Kugeldrehverbindungen mit vollgekapselter Außenverzahnung mit der Rotornabe verbunden. Jedes Rotorblatt wird über eine vollständig autarke Blattverstelleinheit verstellt. Für jeden Stellmotor übernimmt eine gekapselte Notversorgungseinheit mit ladungsüberwachtem Akku im Störfall die Energieversorgung.

Die Windrichtung in Nabenhöhe wird kontinuierlich gemessen. Bei einer Abweichung der mittleren Windrichtung von der Gondelausrichtung im Meßintervall wird die Gondel bei Bedarf automatisch nachgeführt.

Die Anlagensteuerung erfolgt durch einen Mikroprozessor, der die Sensorik der Anlagenkomponenten abfragt und aus diesen Daten die notwendigen Steuerparameter und Statusmeldungen ermittelt.

ENERCON-40 Gesamtansicht



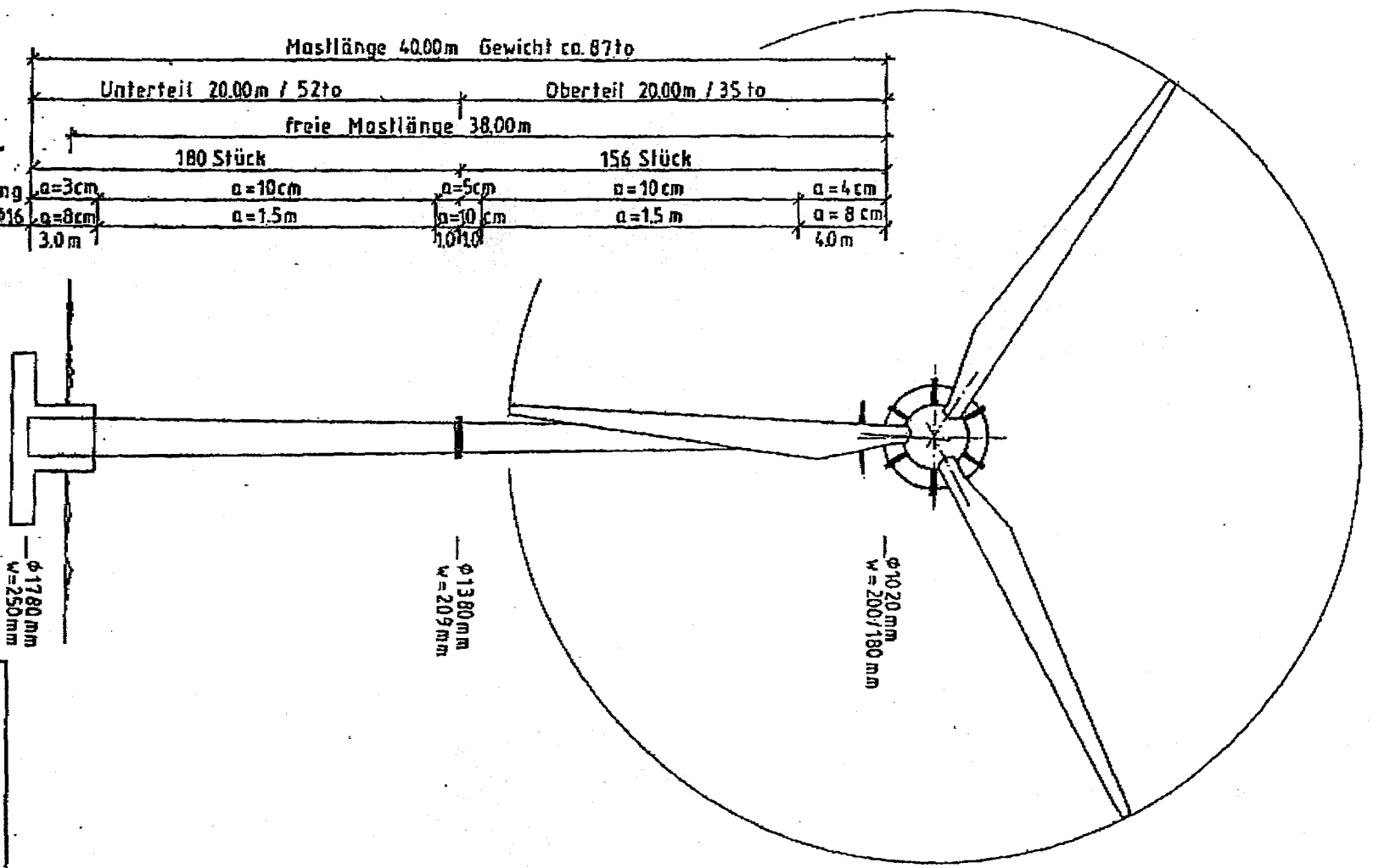
ENERCON-40 auf Tiefgründung

Nabenhöhe ca. 50 m

Rotordurchmesser 40,3 m

Nennleistung 500 kW

Masllänge 40,00m Gewicht ca. 87to				
Unterteil 20,00m / 52to		Oberteil 20,00m / 35to		
freie Masllänge 38,00m				
180 Stück		156 Stück		
Spannstahl 1/2"	a=3cm	a=10cm	a=5cm	a=10cm
Ø8 Wendelbewehrung	a=8cm	a=1.5m	a=10cm	a=8cm
Ø10 Innenringe	3.0m	0.011.0	a=1.5m	4.0m



PLEIDERER
CONSULTING

Tragmast für WKA
ENERCON E40 L=40m

DATE	11.20	PROJECT	ENERCON E40 L=40m
DESIGNER	...	CHECKED	...
DATE	11.20	PROJECT	ENERCON E40 L=40m
DESIGNER	...	CHECKED	...



Abmessungen und Gewichte E 40

Betontürme :

		Gewicht:	Länge:
X 42 m - Turm :	Unterteil:	56 Tonnen	20 Meter
	Oberteil:	38 Tonnen	22 Meter
48 m - Turm :	Unterteil:	46 Tonnen	12 Meter
	Mittelteil:	46 Tonnen	16 Meter
	Oberteil:	38 Tonnen	20 Meter

Stahltürme :

		Gewicht:	Länge:
42 m - Turm :	Unterteil:	20 Tonnen	21 Meter
	Oberteil:	13 Tonnen	21 Meter
63 m - Turm :	Unterteil:	34 Tonnen	21 Meter
	Mittelteil:	19 Tonnen	21 Meter
	Oberteil:	13 Tonnen	21 Meter

Generator mit Rotorblättern :

Gewicht : 24 Tonnen

Generator mit Blättern muß im Zweihakenbetrieb gezogen werden. Beide Haken müssen das volle Gewicht heben können.

Gondel :

Gewicht : 5,5 Tonnen

Hakenhöhe und Ausladung :

Hakenhöhe für Gondel = Turmhöhe +8 Meter
Ausladung : 12 - 14 Meter

Übersicht über Turmhöhen, Nabenhöhen und SchallwerteENERCON E-40 / 500 kW

Turmhöhe	Nabenhöhe	Schalleistungspegel nach DEWI	garantierter Schalleistungspegel
42 m	44 m	98,3 dB(A)	98,0 dB(A)
48 m	50 m	98,6 dB(A)	98,3 dB(A)
53 m	55 m	98,9 dB(A)	98,6 dB(A)
63 m	65 m	99,3 dB(A)	99,0 dB(A)

1. Diese Angaben beziehen sich auf die Schalleistungspegelvermessungen der E-40 durch das Deutsche Windenergie-Institut (DEWI) in Wilhelmshaven entsprechend dem neuesten Meßbericht DEWI AM 96 0010 vom 26.09.1996.
2. Die Schalleistungspegelvermessungen wurden entsprechend den IEA-Richtlinien („Recommended Practices for Wind Turbine Testing and Evaluation - 4. Acoustics: Measurement of Noise Emission from Wind Turbines, 3. Edition 1994“) durchgeführt. Eine Meßgenauigkeit von ± 1 dB(A) entsprechend den Richtlinien wird vorausgesetzt.
3. Aufgrund einer geänderten Betriebsweise der E-40 Anlagen garantiert die Firma ENERCON geringere Schalleistungspegelwerte, als die vom DEWI zertifizierten.

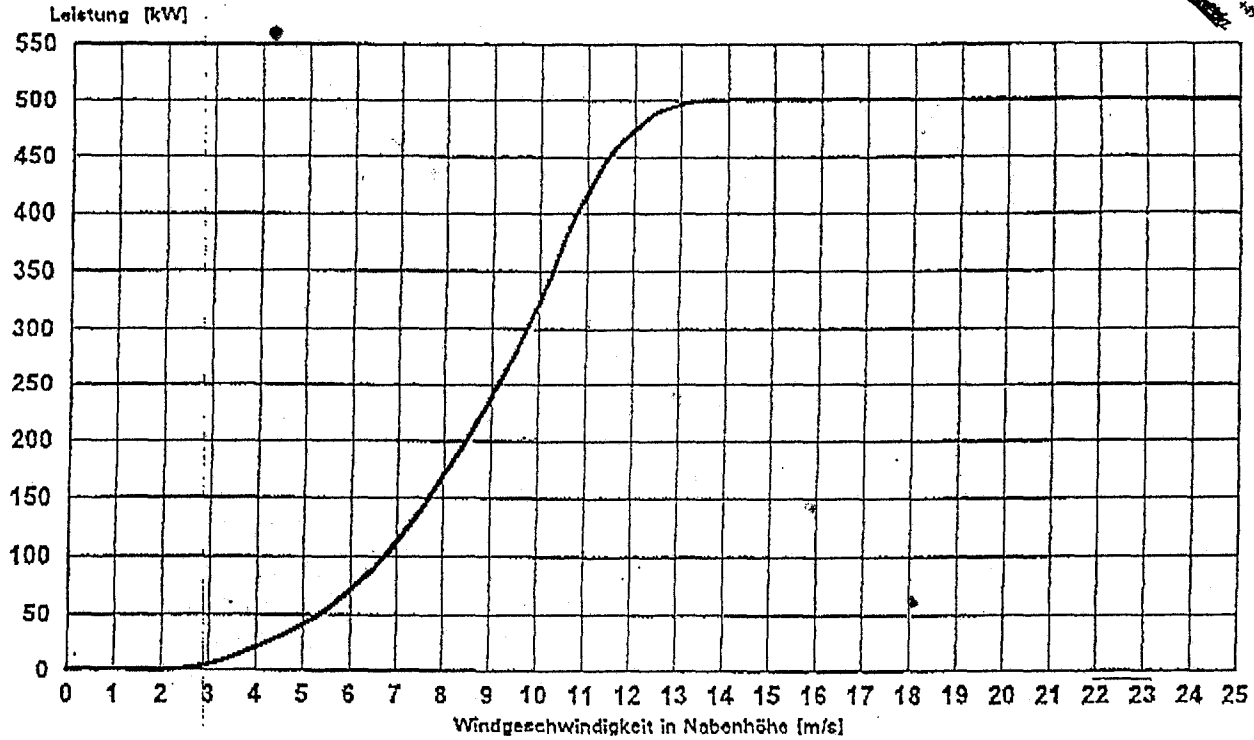
ENERCON Anlagen gewährleisten mit ihrer variablen Betriebsführung, daß vorgegebene Schallgrenzwerte während der gesamten Lebensdauer der Anlagen eingehalten werden.

4. Nach technischen Weiterentwicklungen am Generator kann ein Tonhaltigkeitszuschlag von ≤ 1 dB(A) gemäß DIN - Entwurf 45 645 garantiert werden.
5. Die konstruktive Bauweise der ENERCON Anlagen (keine schnelldrehenden Teile - somit kein mechanischer Verschleiß) gewährleistet, daß eine Erhöhung des Maschinengeräusches während der gesamten Anlagenlebensdauer ausgeschlossen werden kann.

Aurich, den 13.01.1997



ENERCON-40



Hersteller ENERCON
Typenbezeichnung ENERCON-40
Nennleistung 500 kW
Leistung (10 m/s) 321 kW
Rotordurchmesser 40,3 m
Nabenhöhe 40 - 42 m (je nach Fundamentgründung)

Rotor mit Blattverstellung	
Typ	Lufläufer mit aktiver Blattverstellung
Drehrichtung	Uhrzeigersinn
Blattanzahl	3
Blattlänge	18,9 m
Rotorfläche	1.275 m ²
Profil	Spitze: FX 84-W-140 Wurzel: FX 84-W-218
Profiltiefe	Spitze: 0,27 m Wurzel: 1,57 m
Blattmaterial	GFK/Epoxydharz
Drehzahl	variabel, 18-40 U min ⁻¹
Rotorachs-winkel	3°
Konuswinkel	0°
Blattverstellung	Je Rotorblatt ein autarkes Stellsystem mit zugeordneter Notverstellung

Antriebstrang mit Generator	
Nabe	Starr
Lagerung	Kegelrollenlager auf ruhendem Achszapfen
Generator	Direktgetriebene geregelte Synchronmaschine in Ringbauweise
Netzeinspeisung	12-pulsiger Wechselrichter mit Gleichstrom-zwischenkreis und Netztrafo, vorzugsweise 3 * 20 kV, Oberschwingungen gefiltert
Bremssysteme	Drei autarke Blattverstellungssysteme, Rotorhaltebremse, Rotorarretierung, 30° rastend
Windnachführung	Aktiv über zwei Stellgetriebe, Dämpfung über Reibungslager
Turm	Zweiteiliger Schleuder-Spannbetonturm, Freie Länge 40,3 m



Radius / radius [mm]	Tiefe / depth [mm]
2400	914
3200	1141
4000	1367
4800	1594
5600	1821
6400	1920
7200	1910
8000	1865
8800	1772
9600	1678
10400	1585
11200	1492
12000	1398
12800	1305
13600	1211
14400	1118
15200	1025
16000	931
16800	838
17600	745
18400	651
19200	558
20125	446

Gewicht Blatt / blade weight	approx.	1100 kg
Schwerpunkt / center of mass position	approx.	R 7700
Länge Rotorblatt inkl. Tip / length rotorblade incl. tip	approx.	19130 mm

