Essen, 05.11.2004

4.2-213/04 ib

RWTÜV Systems GmbH
Ein Unternehmen der
TÜV NORD Gruppe
Langemarckstraße 20
45141 Essen

Telefon +49 (0)201 825-0
Telefax +49 (0)201 825-2517
Internet www.rwtuev.de

Sitz: Essen
Amtsgericht Essen, HRB 9976

Aufsichtsratsvorsitzender
Dr.-Ing. Wilhelm Wick

Geschäftsführung
Volker Klosowski

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN

gem. RdErl. des Ministeriums
für Städtebau und Wohnen,
Kultur- und Sport NRW
vom 05.03.2004
- II A2 - 111 -

Bericht
zur Typenprüfung

Nr. T-213/04 - 1

Typenentwurf: **Turm für Windenergieanlage**
NORDEX N90, Nabenhöhe 100m
Rotorblatt LM 43.8

Antragsteller: NORDEX Energie GmbH
Bornbarch 2
22848 Norderstedt

Geltungsdauer: 31.10.2009

Der Bericht umfasst 11 Seiten und 6 Anlagen

RWTÜV

1. Allgemeine Bestimmungen

1.1 Dieser Prüfbericht entbindet die Bauaufsichtsbehörde zwar von der Verpflichtung zur nochmaligen Prüfung in statischer Hinsicht, nicht jedoch von der Verpflichtung zu überwachen, ob die Bauausführung mit diesem Prüfbericht und seinen unter 4. aufgeführten Anlagen übereinstimmt.

Bei Abweichungen von diesem Prüfbericht oder seinen Anlagen ist die Standsicherheit im Einzelfall nachzuweisen und zu prüfen.

1.2 Dieser Prüfbericht ersetzt keine für die Durchführung von Bauvorhaben erforderlichen Genehmigungen.

1.3 Dieser Prüfbericht darf nur vollständig - nicht auszugsweise - und seine Anlagen dürfen nur zusammen mit diesem Prüfbericht verwendet oder veröffentlicht werden.

1.4 Zur Verlängerung der Geltungsdauer dieser Typenprüfung ist ein Antrag erforderlich.

1.5 Das Recht auf vorzeitigen Widerruf bleibt dem Prüfamt für Baustatik vorbehalten.

2. Beschreibung

Der Turm ist als konischer Stahlrohrturm ausgebildet. Die Höhe des Turms beträgt 96,91 m (Nabenhöhe 100,0 m). Der maximale Durchmesser am Fuß beträgt 4,3 m.

Der Mast besteht aus einer werksseitig geschweißten Stahlblechkonstruktion in 6 Schüssen, die mittels Flanschverbindungen auf der Baustelle zusammengeschraubt werden.

Die Verankerung im Fundament erfolgt durch einbetonierte Anker, die am Fußflansch angeschlossen werden.

Die Gründung erfolgt als Flachgründung. Das quadratische Stahlbetonfundament hat eine Seitenlänge von 16,7 m und eine Höhe von 0,5 m ansteigend auf 1,75 m am Rande des quadratischen Sockels von 6,7 m Seitenlänge und 1,35 m Höhe.

Der Turm dient zur Aufnahme der drehzahlvariablen Windenergieanlagen der Firma NORDEX Energy GmbH vom Typ N90.

Die Windenergieanlage arbeitet im Drehzahlbereich von 9,04 bis 16,92 U/min.
Die Nenndrehzahl ist n = 14,9 U/min.
Ein Dauerbetrieb im Drehzahlbereich von 16,0 bis 16,92 U/min ist nicht zulässig.

Anzahl der Rotorblätter:	3
Rotorblatttypen:	LM 43.8
Rotordurchmesser:	90,0 m
Nennleistung:	2,3 MW

Die erste Eigenfrequenz des Turmes wurde für zwei Einspannungsverhältnisse untersucht.
Die Eigenfrequenzen ergeben sich zu
f_0 = 0,30 Hz (starre Einspannung)
f_0 = 0,29 Hz (elastische Einspannung, die dynamische Bodendrehfeder wurde dabei mit $k\varphi = 1{,}09\ 10^8$ kNm/rad angesetzt.

Der Betriebsfestigkeitsrechnung des Turmes liegt eine Lebensdauer von 20 Jahren zugrunde.

3. Umfang der bautechnischen Prüfung

Gegenstand der Typenprüfung ist der Tragsicherheitsnachweis incl. Betriebsfestigkeitsnachweis des Stahlrohrturms einschließlich Fundament sowie die Ermittlung der Eigenfrequenzen zum Nachweis des ausreichenden Abstandes zu den Anregungsfrequenzen des laufenden Rotors.

RWTÜV

Die Prüfung der angesetzten Lasten aus der Windturbine, der Festigkeitsnachweise der Rotorblätter und der Maschinenbauteile sowie die Bestätigung der Betriebssicherheit erfolgten in Form von gutachtlichen Stellungnahmen durch geeignete Sachverständige (siehe Abschn. 7).

Nachweise von Montagezuständen des Turmes sind nicht Bestandteil dieses Typenentwurfs.

4. Anlagen zum Prüfbescheid

Folgende Anlagen definieren die Windenergieanlage, für die dieser Typenprüfbescheid ausgestellt ist:

Anlage Nr. 1: Technische Beschreibung der Windenergieanlage NORDEX N90 (9 Seiten)

Anlage Nr. 2: Ansicht NORDEX N90 Nabenhöhe 100m (1 Seite)

Folgende Anlagen wurden in bautechnischer Hinsicht typengeprüft:

Anlage Nr. 3: Bauvorlage zur Typenprüfung NORDEX N90 (9 Seiten)

Anlage Nr. 4: N90R100MT DIBt 2 Rohrturm (Zeichungs-Nr. 901_02_10007_02)

Anlage Nr. 5: N90R100MT DIBt 2 Fundament (Zeichungs-Nr. 901_03_10008_02) (Rev. 2)

Anlage Nr. 6: Ankerbolzen (MT) (Zeichungs-Nr. 02420-1001732)

RWTÜV

5. Grundlagen des Typenentwurfs

Als bautechnische Unterlagen des Typenentwurfs wurden geprüft:

- Statische Berechnung für die Windkraftanlage NORDEX N90 100m: Seiten 1 bis 40 vom 15.07.2003 mit Anhängen 1 bis 10 (50 Seiten) vom 06.03.2003; aufgestellt vom Antragsteller

- NORDEX N90 FE-Nachweis des oberen Turmflansches für R 100: Seiten 1 bis 6 vom 10.04.2003 mit 3 Anhängen (17 Seiten); aufgestellt vom Antragsteller

- Statische Berechnung Flachgründung für 100m Rohrmast für Windenergieanlage NORDEX N90, Windzone II (Kennung: D 09 02 02) 77 Seiten vom 27.09.2002, aufgestellt vom Ingenieurbüro Dipl.-Ing. J. Dehm, Großgartacher Str. 214, 74080 Heilbronn.

- Nachtrag Statische Berechnung , Flachgründung vom 09.06.2004 (Kennung D 06 04 01) 15 Seiten mit 3 Anhängen (3 Blatt) aufgestellt vom Ingenieurbüro Dipl.-Ing. J. Dehm

- Nachtrag, rechteckiges Flächenfundament für N90R100DIBt2 23 Blatt vom 15.10.04; aufgestellt vom Antragsteller

6. Technische Baubestimmungen

Den Berechnungen und der Prüfung liegen insbesondere folgende technische Baubestimmungen zugrunde:

- Richtlinie für Windkraftanlagen (Fassung 6.93, 2. überarbeitete Auflage 1995) (vom DIBt, Berlin)
- DIN 18 800, Teile 1 und 4 (11.90): Stahlbauten
- DIN 18 800, Teil 7 (09.02): Stahlbauten; Herstellen

RWTÜV

• DIN 4131 (11.91):	Antennentragwerke aus Stahl
• DIN 4133 (11.91):	Schornsteine aus Stahl
• DIN V / ENV 1993, Teil 1 - 1 (04.94): mit DASt-Richtlinie 103 (NAD)	Eurocode 3, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
• DASt-Richtlinie 017 (E 10.92):	Beulsicherheitsnachweise für Schalen
• DIN 1045 (07.88):	Beton und Stahlbeton
• DIN 1054 (11.76):	Baugrund
• DIN 1055, Teil 1 (07.78):	Lastannahmen für Bauten

7. Gutachtliche Stellungnahmen

Als Nachweis der Festigkeit und Funktionssicherheit der maschinellen Einrichtungen einschl. der Rotorblätter sowie als Grundlage für die Lastannahmen gelten folgende Gutachten:

Gutachtliche Stellungnahme für eine Typenprüfung Windenergieanlage NORDEX N90 :

- Nr. 71825-1	vom 03.06.2003	Lastannahmen mit Nabenhöhe 100m und Rotorblatt Typ LM43.8
- Nr. 71669-2	vom 13.03.2003	Sicherheitseinrichtungen und Handbücher
- Nr. 71669-3	vom 11.11.2002	Rotorblatt LM43.8 P
- Nr. 71825-4	vom 22.07.2003	Maschinenbauliche Komponenten

aufgestellt: Germanischer Lloyd, Hamburg

8. Lastannahmen

Die Lastannahmen erfolgten nach der in Abschn. 6 aufgeführten Richtlinie.
Die Lasten aus der Windturbine wurden durch die gutachtlichen Stellungnahmen für die Lastannahmen bestätigt.

Das Eigengewicht der Gondel incl. Rotorblätter ist mit 137 t angegeben und darf maximal um +/- 10% für die Ermittlung der Eigenfrequenz variieren.

Die Windlasten zur Berechnung der Extremlastfälle wurden für Windzone II ohne exponierte Lagen im Sinne der Richtlinie für Windkraftanlagen, Anhang B.2 angesetzt. Damit sind die Standorte bis einschließlich Staudruckzone II gemäß DIN4131, Antennentragwerke aus Stahl, Anhang A zulässig.

Für Windlasten bei Betrieb der Anlage wurden folgende Windgeschwindigkeiten zugrunde gelegt: v_{ein} = 4 m/s; v_{nenn} = 14 m/s, v_{aus} = 25 m/s.

Unsymmetrische Eislasten und Anregungen aus Erdbeben wurden nicht angesetzt.

9. Baugrundbeanspruchungen

Die größte nachgewiesene Bodenpressung beträgt:
σ = 270 kN/m² (mittlere Bodenpressung nach DIN 1054 bei Extremlasten)
σ = 400 kN/m² (Eckpressung bei Extremlasten).

Der höchste Grundwasserstand muss unterhalb der Fundamentsohle liegen.

Die für den Baugrund erforderlichen Mindestwerte der Steifemodule sind in Anlage Nr. 3 angegeben.

Um die Funktionsfähigkeit der Anlage nicht zu beeinträchtigen, darf durch Setzungsunterschiede eine Fundamentneigung (Schiefstellung der Anlage) von 0,3° nicht überschritten werden.

Der Mindestwert der Drehfeder für die Fundamenteinspannung (k_ϕ = 109000 MNm/rad) darf beim Zusammenwirken von Fundament und Baugrund nicht unterschritten werden.
Die dafür erforderlichen statischen und dynamischen Steifemodule müssen vorliegen.

Falls die erforderlichen Bodenkennwerte nicht bestätigt werden können oder falls andere Gründungskonstruktionen ausgeführt werden sollen, sind gesonderte Nachweise zu erstellen und zur Prüfung vorzulegen. Das dynamische Verhalten des Gesamtsystems aus Maschine, Turm und Gründung ist hierbei zu berücksichtigen. Die dabei anzusetzenden Lasten sind Anlage Nr.3 angegeben.

10. Baustoffe

Turmmantel:	Abschnitte 01-19: S 355JR nach DIN EN 10025 Abschnitte 20-26: S 355J0 nach DIN EN 10025 Abschnitte 27-34: S 355J2G3 nach DIN EN 10025
Flansche und Türzarge:	S 355NL nach DIN EN 10113-2 (Flansche), S 355J2G3 nach DIN EN 10025 (Zarge), aus Blechen mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche nach DIN EN 10164 Güteklasse Z 25 mit nachgewiesener Doppelungsfreiheit (Ultraschallprüfung)
Schrauben:	Festigkeitsklasse 10.9 nach DIN ISO 898 (Garnituren nach DIN 6914, 6915, 6916, für M42 nach analoger Werksnorm) Vorspannung nach DIN 18800-7
Lastverteilblech:	S 235JR nach DIN EN 10025
Ankerstäbe:	Gewindestange, Festigkeitsklasse 10.9 nach ISO 898 , Vorspannkraft F_v = 500 kN
Ankerring im Fundament:	Baustahl S 355J2G3 nach DIN EN 10025
Stb.-Fundament:	B35 bzw. B45 (Sockel) mit BSt 500 S

RWTÜV

11. Besondere Hinweise

11.1 Vor Gründungsbeginn ist durch einen Bodengutachter zu bestätigen, dass die in Abschn. 9 angegebenen erforderlichen Baugrundeigenschaften am Aufstellungsort vorhanden sind.

11.2 Für die Verwendung aller für die geprüfte Tragkonstruktion zum Einsatz kommenden Bauprodukte sind die gesetzlichen Bestimmungen der Landesbauordnungen zu beachten.

11.3 Wegen der großen Abmessungen des Fundamentes ist zur Vermeidung schädlicher Auswirkungen infolge Abbindewärme und Schwindwirkungen ein Betontechnologe hinzuzuziehen. Auf die Einhaltung der geforderten Betondeckung ist zu achten. Die Betongüten sind durch Betonprüfzeugnisse der Lieferfirmen nachzuweisen.

11.4 Die mindestens 0,95 m hohe Erdaufschüttung mit einer Wichte von $\rho \geq 18$ kN/m³ oberhalb der Fundamentplatte (siehe Anlage Nr. 5) ist für die Standsicherheit erforderlich.

11.5 Für die Ausführung der Stahlkonstruktion gilt DIN 18800-7: 2002-09.

11.6 Die ausführende Stahlbaufirma muss die Bescheinigung der Klasse E (Großer Eignungsnachweis) zum Schweißen von Bauteilen aus Stahl nach DIN 18800 Teil 7 mit Erweiterung auf den Anwendungsbereich DIN 15018 oder DIN 4133 erbracht haben. Bezüglich der Sicherung der Güte der Schweißnähte ist DIN EN 25817 zu beachten. Die Schweißnähte in der Tragkonstruktion müssen der Bewertungsgruppe B entsprechen.

11.7 Die Toleranzwerte für die Herstellungsungenauigkeiten der Turmwandung nach DIN 18800 Teil 4 sind einzuhalten.

11.8 Der Fußflansch muss mittels einer Vergussfuge vollständig aufliegen. Dazu ist ein Vergussmörtel mit Prüfzeugnis zu verwenden. Der Vergussmörtel muss

RWTÜV

nichtschrumpfend sein und eine Mindestdruckfestigkeit von 82,5 N/mm² aufweisen.

11.9 Außer den in der Konstruktionszeichnung dargestellten Werkstattschweißnähten hat jegliche Schweißung am Turmmantel zu unterbleiben. Ausgenommen sind Schweißanschlüsse für Einbauten, die mindestens der Kerbfallklasse 80 gemäß DIN 4133 bzw. DIN ENV 1993-1-1 genügen müssen.

11.10 Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass alle Schrauben der Flanschstöße mit den erforderlichen Vorspannkräften F_v vorgespannt sind. Die Anziehmomente sind analog DIN 18800 Teil 7 in Abhängigkeit vom verwendeten Schmiermittel aufzubringen. Vor Beginn des Vorspannens dürfen die Flanschbleche nur geringe Klaffungen aufweisen und müssen frei von Fremdteilen sein. DIN 18800-7, Abschn. 8.4 ist zu beachten. Davon darf abgewichen werden, wenn im Einzelfall eine Begutachtung und Zustimmung durch ein Prüfamt erfolgt.

11.11 Bei den Ankerstäben ist eine Vorspannkraft von 500 kN mit einem geeigneten Verfahren 30 Tage nach Betonieren einwandfrei aufzubringen.

11.12 Beim Vorspannen der Schrauben in den Flanschverbindungen und der Fundamentankerschrauben ist durch geeignete interaktive Spannfolge dafür zu sorgen, dass abschließend alle Schrauben bzw. Anker die angegebene Vorspannung aufweisen. Die Vorspannung der Fundamentankerschrauben ist im ersten Jahr nach der Errichtung zweimal, im zweiten Jahr einmal, danach stets mit den Wartungsarbeiten (s.u.) zu überprüfen und ggf. zu korrigieren. Die Schrauben sind bei der Wartung der Anlage regelmäßig zu überprüfen (stichprobenweise), ob sie die erforderliche Vorspannung haben.

11.13 Ein Verbund der Ankerstäbe mit dem Beton ist durch geeignete Maßnahmen auszuschließen.

11.14 Die Stahlkonstruktion ist durch ein geeignetes Korrosionsschutzsystem nach DIN EN ISO 12944 bzw. durch Feuerverzinkung vor Korrosion zu schützen.

11.15 Bei Eisansatz ist die Anlage in Ruhestellung zu halten.

RWTÜV

11.16 Der Turm ist zügig zu errichten. Eine längere Standzeit ohne Maschinenhaus ist aufgrund wirbelerregter Querschwingungen ohne entsprechende Maßnahmen nicht zulässig.

11.17 Die Inbetriebnahme der Windkraftanlage kann vom Hersteller in eigener Verantwortung durch sachkundige Personen vorgenommen werden.

11.18 Die Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen (vgl. Abschn. 7) sind zu beachten. Die Gutachten sind zur Bauakte zu nehmen.

11.19 Ein Inbetriebnahmeprotokoll mit einer Bestätigung, dass die Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen erfüllt sind und dass die installierte Anlage mit der begutachteten und diesem Typenbescheid zugrunde liegenden Windkraftanlage identisch ist (Konformitätsbescheinigung), ist der Bauaufsichtsbehörde vorzulegen und zu den Bauakten zu nehmen.

11.20 Für den Baustahl müssen Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204 (Abnahmeprüfzeugnisse 3.1B) vorliegen, die auch die Zusatzforderungen nach Absch. 10 und DIN 18800-1, Anhang A1 belegen.

11.21 Eine Bescheinigung über die einwandfreie Beschaffenheit der gelieferten Rotorblätter aus GFK (Werksprüfzeugnis) ist vorzulegen.

11.22 Dem Betreiber der Windenergieanlage ist das begutachtete Betriebshandbuch (Bedienungsanleitung und das Wartungspflichtenbuch) vorzulegen.

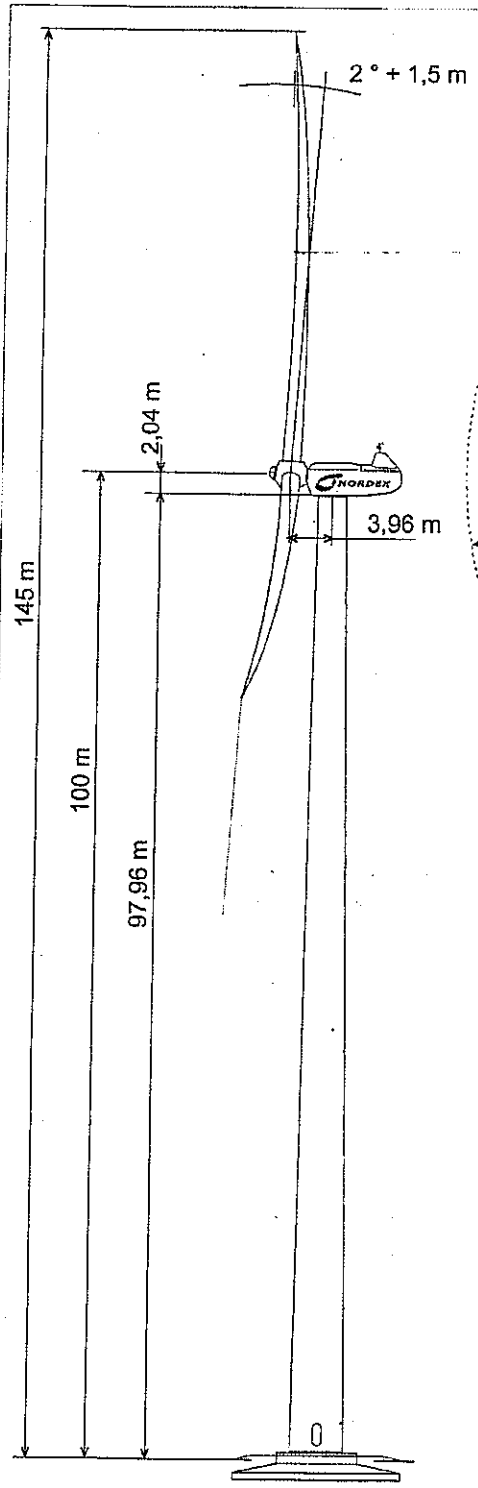
11.23 Dem Betreiber sind regelmäßige Prüfungen entsprechend dem Wartungspflichtenbuch im Abstand von höchstens 2 Jahren durch den Hersteller oder einen fachkundigen Wartungsdienst zur Auflage zu machen. Die dabei anzufertigenden Prüfprotokolle müssen vom Betreiber vorgehalten werden.

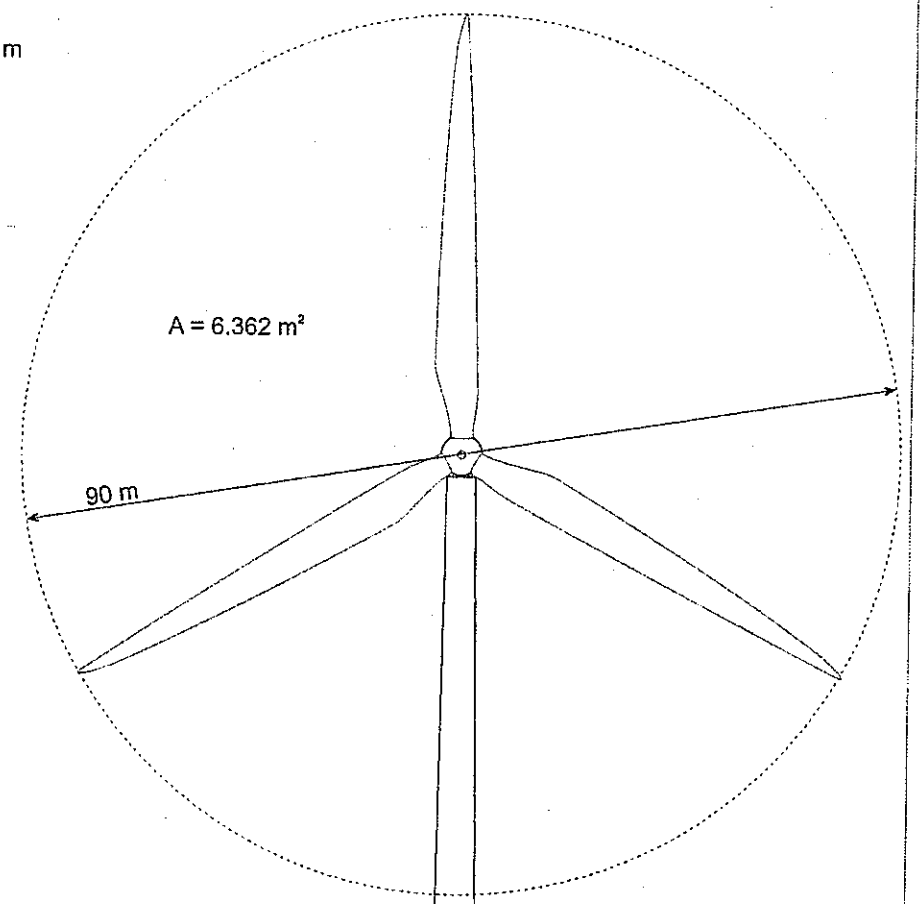
Der Leiter und Bearbeiter

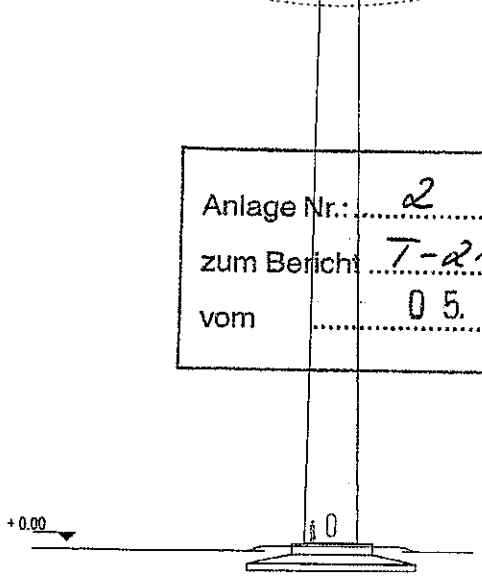
Ibing

Dipl.-Ing. Ibing

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
RWTÜV

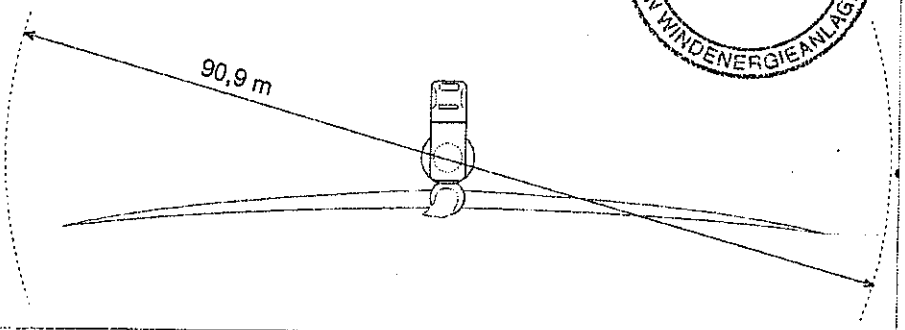






Anlage Nr.: 2
zum Bericht T-213/04 - 1
vom 05. 11. 04

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
RWTÜV



NORDEX	NORDEX N90 Nabenhöhe: 100 m Klassifizierung: DIBt 2	Maßstab: 1 : 500 Format: DIN A3 Datum: 04.03.2003 Datei: N90-2-R100-DIBt2-de

Flansch 1 / FLANGE 1
(M 1:2.5) / (SCALE 1:2.5)

Flansch 2 / FLANGE 2
(M 1:2.5) / (SCALE 1:2.5)

136 x HV-Garnitur / SET

HV-Schraube / BOLT
DIN 6914-M36x215-10.9-tZn
HV-Mutter / NUT
DIN 6915-M36-10.9-tZn
HV-Scheiben / WASHER
DIN 6916-37-045-tZn

Flansch 3 / FLANGE 3
(M 1:2.5) / (SCALE 1:2.5)

142 x HV-Garnitur / SET

HV-Schraube / BOLT
DIN 6914-M36x245-10.9-tZn
HV-Mutter / NUT
DIN 6915-M36-10.9-tZn
HV-Scheiben / WASHER
DIN 6916-37-045-tZn

Flansch 4 / FLANGE 4
(M 1:2.5) / (SCALE 1:2.5)

136 x HV-Garnitur / SET

HV-Schraube / BOLT
(DIN 6914)-M42x310-10.9-tZn
HV-Mutter / NUT
(DIN 6915)-M42-10.9-tZn
HV-Scheiben / WASHER
(DIN 6916)-43-045-tZn

Flansch 5+6 / FLANGE 5+6
(M 1:2.5) / (SCALE 1:2.5)

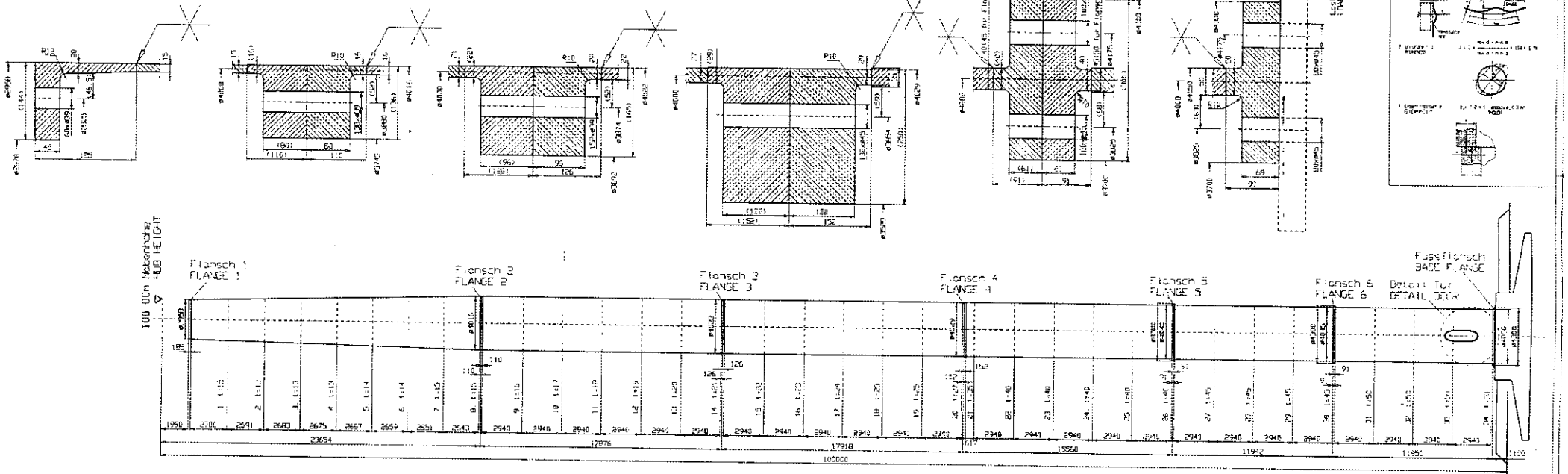
2x100 x HV-Garnitur / SET

HV-Schraube / BOLT
(DIN 6914)-M42x390-10.9-tZn
HV-Mutter / NUT
(DIN 6915)-M42-10.9-tZn
HV-Scheiben / WASHER
(DIN 6916)-43-045-tZn

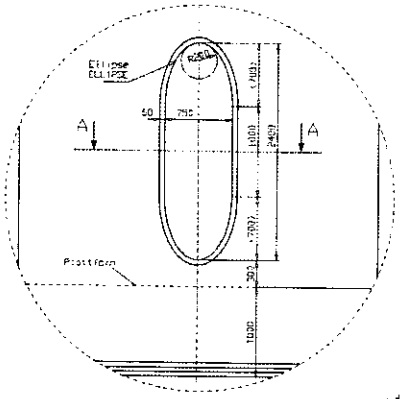
Fussflansch / BASE FLANGE
(M 1:2.5) / (SCALE 1:2.5)

2x80 x Gewindeanker / THREADED ANCHOR
M42-10.9

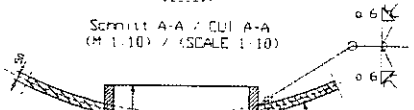
Lastverteilplatte / LOAD SPREADING PLATE



Detail Tür / DETAIL DOOR
(M 1:20) / (SCALE 1:20)



Schnitt A-A / CUT A-A
(M 1:10) / (SCALE 1:10)



Montiert nach DIN 4133
WELD ACC. TO EN 1993-3-2

Schnitt / CROSS SECTION

Die Naht muss voll durchgeschweißt werden, kurze Ausarbeiten
D-I: D-V: oder Durchnaht mit Nachbearbeitung nach DIN EN 25817 oder ISO 9692-2

JOINT PENETRATION, DEVELOPED ROOT
DOUBLE V, OR DOUBLE-BEVEL
WITH CROSS PREPARATION ACC TO
EN DV 25817 OR ISO 9692-2

Montiert nach DIN 4133
WELD ACC. TO EN 1993-3-2

Schnitt / CROSS SECTION

Die Naht muss voll durchgeschweißt werden, kurze Ausarbeiten, Nachbearbeitung mit Nachbearbeitung nach DIN EN 25817 oder ISO 9692-2

FULL PENETRATION, DEVELOPED ROOT
EVERY MACHINE SURFACE AT WELD TOE
DOUBLE-V, OR DOUBLE-BEVEL
WITH CROSS PREPARATION ACC TO
EN DV 25817 OR ISO 9692-2

Material / MATERIAL
nach / ACC. TO EN 10025 EN 10113

Blech / SHELL	01-19	S355J2
Blech / SHELL	20-26	S355J2
Blech / SHELL	27-34	S355J2G3
Flansch / FLANGE	01-03 05.06	25CrMo4, oder GR
Flansch / FLANGE	04	S355J2+N R_{eH} ≥ 355N/mm²
Fussflansch BASE FLANGE		25CrMo4, oder GR
Turbinenraum DOOR FRAME		S355J2+N S355J2+N S355J0 (S355J2+N)
		25CrMo4, oder GR S355J2+N S355J0 (S355J2+N)
		S355J0-Z25+

* entspricht Anforderung
Kerbschlagarbeit 40 Joule bei -20°C
ADVANCED REQUIREMENT
IMPACT ENERGY 40 JOULE AT -20°C
** entspricht Anforderung
Kerbschlagarbeit 27 Joule bei -50°C
** ADVANCED REQUIREMENT
IMPACT ENERGY 27 JOULE AT -50°C

Kerbfälle nach DIN 4133 FATIGUE DETAILS ACC TO EN1993-3-2

Nahtbeschreibung WELD DESCRIPTION	Kerbfall: klassifizierung DETAIL CATEGORY
Längsnahte in Turmblechen LONGITUDINAL WELDS SHELL-SHELL	125
Quernahte in Turmblechen TRANSVERSE WELDS SHELL-SHELL	90
Anschluss Flansch-Turmblech CONNECTION FLANGE-SHELL	90
Anschluss Fußflansch-Turmblech CONNECTION BASE FLANGE-SHELL	90
Anschlüsse von Aus- und Einbauteilen CONNECTION OF TOWER INTERNALS	80

Fertigteile der Produktion NORDEX GmbH nur nach Vorlage der Schweiss-anweisungen für alle Nahte
PERMISSION TO WORK ONLY AFTER SERTIFICATION OF THE WELDING INSTRUCTIONS BY NORDEX GmbH

Montageanweisung

Anzugsdrehmomente
für HV-Schrauben M36-10.9 (DIN 6914)
Ma = 2660 Nm Fv = 515 kN
für HV-Schrauben M42-10.9 (DIN 6914)
Ma = 4500 Nm Fv = 710 kN

alle HV-Muttern werksseitig mit MoS2 vorgeschmiert

MOUNTING INSTRUCTION

PRELOAD
FOR HV-BOLT M36-10.9 (DIN 6914)
Ma = 2660 Nm Fv = 510 kN
FOR HV-BOLT M42-10.9 (DIN 6914)
Ma = 4500 Nm Fv = 710 kN

ALL HV-NUTS ARE LUBRICATED WITH MoS2 BY THE PRODUCER OF THE BOLT

Erforderliche Dokumentation
Für Nahte-Bleche
- Abnahmebescheinigung 3.1B nach DIN 10204 - Prüfung und chem. Analyse des Materials
- Aufschweißbiegeversuch für t≥30mm nach SEP 1390 (=DIN 18800 T1 El 434)
Für Flansche und Zargen aus Blech
- Abnahmebescheinigung 3.1B nach DIN 10204 - Prüfung und chem. Analyse des Materials
- Aufschweißbiegeversuch für t≥30mm nach SEP 1390 (=DIN 18800 T1 El 434)
- Ultraschall Flächenprüfung nach EN 10160 Kl. E (=SEL 072 Pr 1 : El 2)
- Bruchmechanik - in z-Z-Test nach EN 10164 (=SEL096)
Für nahtlos geschmiedete Flansche und Zargen
- Abnahmebescheinigung 3.1B nach DIN 10204 - Prüfung und chem. Analyse des Materials
- Kohlenstoffäquivalent gemäß Standard
- Ultraschall Flächenprüfung nach SEP 1921 3 E e

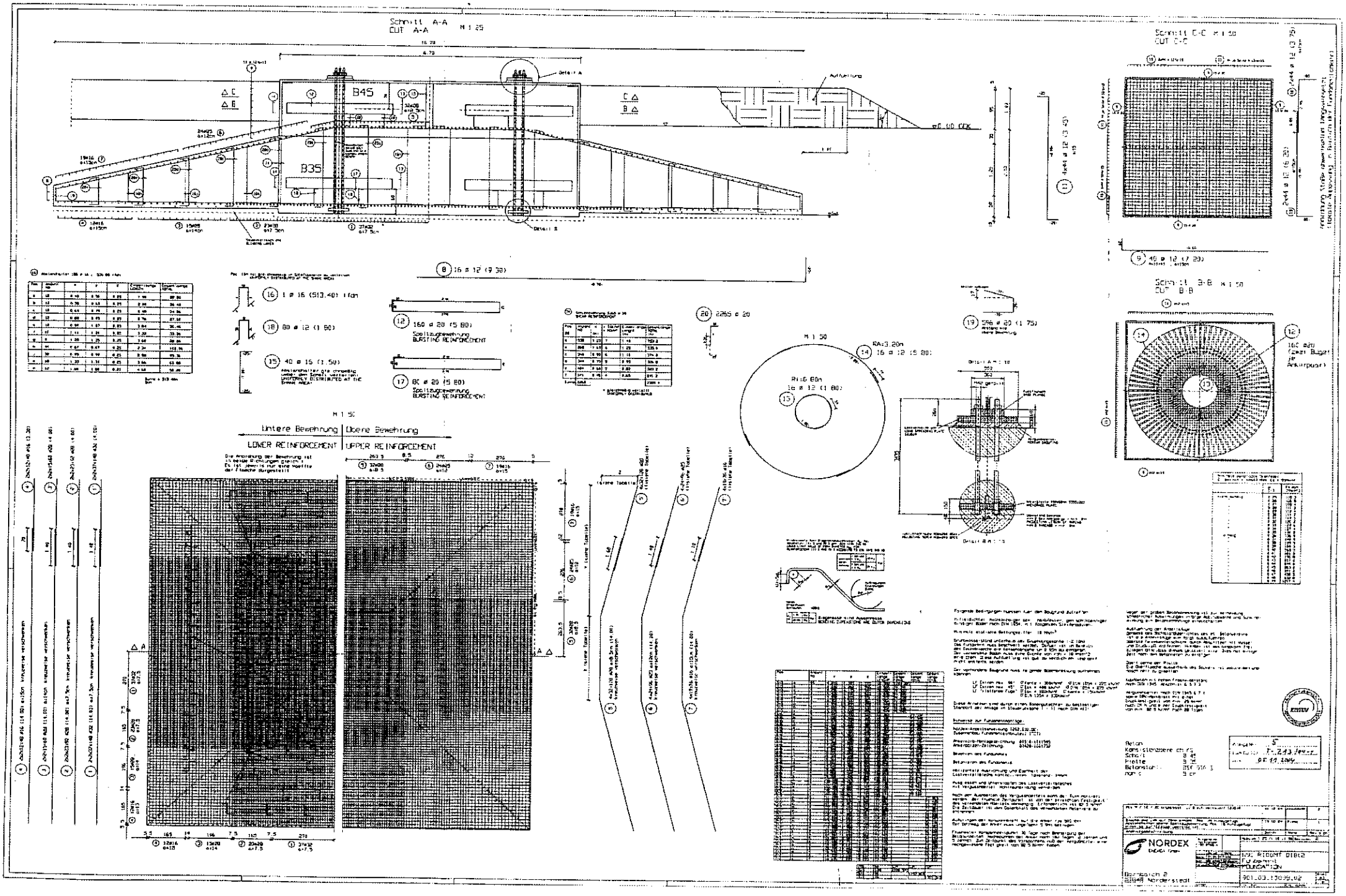
REQUIRED DOCUMENTATION:
FOR SHELLS
- INSPECTION CERTIFICATE 3.1B ACCORDING TO EN 10204 - CHEMICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE MATERIAL
- WELD BEAD BEND TEST FOR t≥30mm ACC TO SEP 1390 (=DIN 18800T1 El 434)
FOR FLANGES AND FRAMES MADE OF SHELL
- INSPECTION CERTIFICATE 3.1B ACCORDING TO EN 10204 - CHEMICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE MATERIAL
- WELD BEAD BEND TEST FOR t≥30mm ACC TO SEP 1390 (=DIN 18800T1 El 434)
- ULTRASONIC MATERIAL TEST ACCORDING TO EN 10160 CL E (=SEL 072 No 1 : El 2)
- REDUCTION OF AREA IN Z-TEST ACCORDING TO EN 13164 (=SEL096)
FOR WELDING FORGED FLANGES AND FRAMES
- INSPECTION CERTIFICATE 3.1B ACCORDING TO EN 10204 - CHEMICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE MATERIAL
- CARBON EQUIVALENT ACCORDING TO STANDARD
- ULTRASONIC MATERIAL TEST ACCORDING TO SEP 1921 3 E e

- Durchmesserangaben sind auf die Außenkante bezogen
- Ausführung der Schweißnahte nach DIN EN 25817 identisch mit ISO 5817 Bewertungsgruppe B
- Vorbereitung der Schweißnahte nach ISO 9692-2 oder DIN EN 29692. Die Naht muß voll durchgeschweißt werden, kurze Ausarbeiten
- CHAMFER MEASURES ARE OUTER DIMENSIONS
- DESIGN OF THE WELDINGS ACCORDING TO DIN EN 25817 (IDENTICAL WITH ISO 5817) QUALITY GROUP B
- FULL PREPARATION OF THE WELDING ACCORDING TO ISO 9692-2 ER DIN EN 29692 FULL PENETRATION, GRIND ROOT

Anlage Nr. 4
zum Bescheid vom 05.11.04

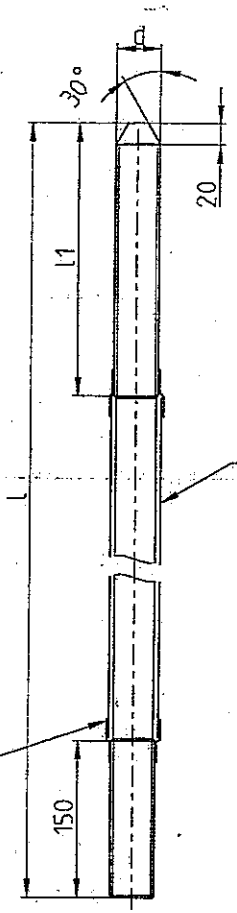
NORDEX ENERGY GmbH
Bornkampsweg 3
22949 Nordersteinhorst

S355
NR2 R100HT D1812
Rohrturm
TUBULAR TOWER
901.02.12017.02


Schnitt A-A
CUT A-A
M 1:25
Schnitt C-C
CUT C-C
Schnitt B-B
CUT B-B
Detail A
Detail B
Aufbettung
B45
B35
Untere Bewehrung
LOWER REINFORCEMENT
Obere Bewehrung
UPPER REINFORCEMENT
NORDEX
Bornbach 2
34246 Nordershausen
901.03.10039.02

Anlage Nr.: 6
zum Bericht T-213/04-1
vom 05.11.04

Bezeichnung description	d [mm]	l [mm]	Festigkeitsklasse property class	l1 [mm]	Gewicht weight [kg]	SAP
~~M42x3045 8.8~~	~~M42~~	~~3045~~	~~8.8~~	~~260~~	~~33.1~~	~~7341~~
~~M36x3045 8.8~~	~~M36~~	~~3045~~	~~8.8~~	~~250~~	~~24.3~~	~~13689~~
M42x3435 10.9	M42	3435	10.9	260	37.4	17017



Hüllrohr PP / Cladding Tube PP
Dicke = 5mm ± 2mm

Festigkeit gemäß DIN EN ISO 898-1
Kerbschlagarbeit 27 Joule bei -40 °C
Gewinde gerollt
100% Rissprüfung

Abschluss zu den Gewinden mit Schrumpfschlauch
Ending with shrinkable tubing

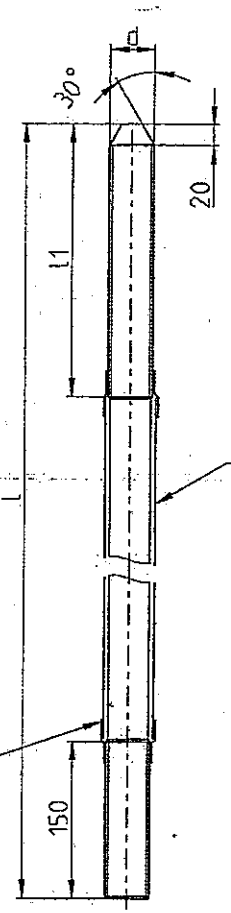
Strength properties according to
DIN EN ISO 898-1
Impact energy 27 joule at -40 °C
Chipless manufactured thread
100% free of cracks

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN RWTÜV

Verwendung in Anlage/usage in turbine: Ankerkorb / Anchor cage	Allgemeintoleranzen/tolerance class: ISO 2768-m	Maßstab/scale: 1:5	Gewicht/weight: 33.1 kg
Verwendung in System/usage in system: Turm/tower (modular)	Werkstückkanten/edges of workpiece: -	Werkstoff/material: -	EBP-Nr./no.: -
		Benennung/title: Ankerbolzen (MT) - anchor bolt (mt) -	
erstellt/created: 15.09.04 Lemke			
geprüft/checked: 02.11.04 Pfitzmann			
freigegeben/released: 02.11.04 Jakubowski			
Nordex Energy GmbH, Bornbarch 2, 22848 Norderstedt, Germany	NORDEX	Zeichnungsnummer/drawing number: 02420-1001732	Revision: 0
		Zeichnungsstatus/drawing status: Serienfreigabe	Format: A3 / Blatt/sheet: 1/1
	Urspr./origin: -	Ers.f./rech.f.: -	Ers.d./rech.th.: -

Anlage Nr.: 6
zum Bericht T-213/04-1
vom 05.11.04

Bezeichnung description	d [mm]	l [mm]	Festigkeitsklasse property class	l1 [mm]	Gewicht weight [kg]	SAP
M42x3045 8.8	M42	3045	8.8	260	33.1	7341
M36x3045 8.8	M36	3045	8.8	250	24.3	13689
M42x3435 10.9	M42	3435	10.9	260	37.4	17017



Hüllrohr PP / Cladding Tube PP
Dicke = 5mm ± 2mm

Festigkeit gemäß DIN EN ISO 898-1
Kerbschlagarbeit 27 Joule bei -40 °C
Gewinde gerollt
100% Rissprüfung

Abschluss zu den Gewinden mit Schrumpfschlauch
Ending with shrinkable tubing

Strength properties according to
DIN EN ISO 898-1
Impact energy 27 joule at -40 °C
Chipless manufactured thread
100% free of cracks

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN RWTÜV

Verwendung in Anlage/usage in turbine: Ankerkorb / Anchor cage	Allgemeintoleranzen/tolerance class: ISO 2768-m	Massstab/scale: 1:5	Gewicht/weight: 33.1 kg
Verwendung in System/usage in system: Turm/tower (modular)	Werkstückkanten/edges of workpiece: –	Werkstoff/material: –	ERP-Nr./no.: –
Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung, Gebrauch oder Weitergabe an Dritte ohne ausdrückliche Genehmigung durch Nordex untersagt. / Nordex reserves all rights to this document. Copying, use or distribution without written permission from Nordex strictly prohibited.	erstellt/created: 15.09.04 Lemke; geprüft/checked: 02.11.04 Pfitzmann; freigegeben/released: 02.11.04 Jakubowski	Benennung/title: Ankerbolzen (MT) – anchor bolt (mt) –	
Nordex Energy GmbH, Bornbarch 2, 22848 Norderstedt, Germany	NORDEX	Zeichnungsnummer/drawing number: 02420-1001732	Revision: 0
	Ursprung/origin: –	Zeichnungsstatus/drawing status: Serienfreigabe	Format: A3 / Blatt/sheet: 1/1
		Ersetzt/replaces: –	Ersetzt durch/replaced by: –

Schnitt A-A
CUT A-A M 1:25

Schnitt C-C M 1:50
CUT C-C

Schnitt B-B M 1:50
CUT B-B

M 1:50

Untere Bewehrung | Obere Bewehrung

LOWER REINFORCEMENT | UPPER REINFORCEMENT

Die Anordnung der Bewehrung ist in beiden Richtungen gleich! Es ist jeweils nur eine Hälfte der Fläche dargestellt.

NORDEX energy

Bornbarch 2
22848 Norderstedt

Beton
Konsistenzklasse F1 (S3)
Schicht B 45
Fliesse BSt 500 S
Betonstahl BSt 500 S
Nom C 35/45

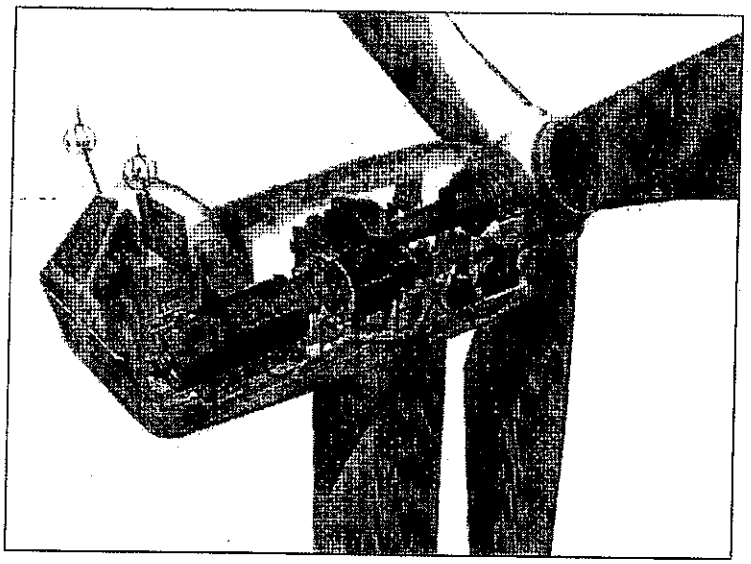
Auftraggeber: S
Auftrag-Nr.: T- 243 (04.2...
Datum: 07.11.2004

Projekt: NEW REPORT DIBEB
FUNDAMENT
FOUNDATION

901.03.13000.02

Bornbarch 2, 22848 Norderstedt; Tel: +49 (0)40-50098-0; Fax: +49 (0)-40-50098-302

NORDEX ENERGY



Bauvorlage zur Typenprüfung

Nordex N90

Stahlrohrturm und Flachgründung

Nabenhöhe 100m, Windzone DIBt 2

Rotorblätter LM43.8

Antragsteller

i.A. A. Jakubowski

Nordex Energy GmbH
Bornbarch 2
22848 Norderstedt

Planverfasser (Turm)

i.A. A. Jakubowski

Nordex Energy GmbH
Bornbarch 2
22848 Norderstedt

Planverfasser (Gründung)

J. Dehm

Ingenieurbüro **Dipl.-Ing. J. Dehm**
Großgartacher Str. 214
74080 Heilbronn

Anlage Nr.: 3
zum Bericht T-213/04-1
vom 05. 11. 04

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
RWTÜV

Inhalt

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN RWTÜV

1 Zeichnungen

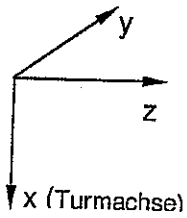
Stahlrohrturm: Zeichnungsbenennung: Rohrturm N90 R100
Übersichtsplan
Windzone DIBt 2
Zeichnungsnummer: 901-02-10007

Flachfundament: Zeichnungsbenennung: Flachfundament
Bewehrungsplan
Windzone DIBt 2
Zeichnungsnummer: 901-03-10008

(Erstellt durch NORDEX Energy GmbH)

2 Angaben zur Fundamentberechnung für Rohrturm 100m (NH)

2.1 Extremlasten am Turmfuß (Unterkante Fußflansch)



Extremlasten (inkl. Teilsicherheitsbeiwerte) **LF E1.1_12a**			
F_{yz} [kN]	F_x [kN]	M_{yz} [kNm]	M_x [kNm]
1415,9	5085,1	134102,4	1195,2
Extremlasten (ohne Teilsicherheitsbeiwerte) **LF E1.1_12a**			
F_{yz} [kN]	F_x [kN]	M_{yz} [kNm]	M_x [kNm]
943,9	4622,8	89401,6	796,8
Extremlasten (ohne Teilsicherheitsbeiwerte) **LF S1.3h**			
F_{yz} [kN]	F_x [kN]	M_{yz} [kNm]	M_x [kNm]
1188,9	4540,5	114674,7	1145,5
Extremlasten (ohne Teilsicherheitsbeiwerte) **LF S2.1_S3.1c** (max M_x)			
F_{yz} [kN]	F_x [kN]	M_{yz} [kNm]	M_x [kNm]
252,6	4472,3	14253,3	3918,1
Lasten "klaffende Bodenfuge" (ohne Teilsicherheitsbeiwerte) **LF N1.0**			
F_{yz} [kN]	F_x [kN]	M_{yz} [kNm]	
681,6	4710,0	47990,0	

Die angegebenen Horizontallasten Lasten F_{yz} und Biegemomente M_{yz} können in ihren Ebenen beliebig gerichtet sein.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN RWTÜV

2.2 Betriebslasten (Rainflow-Count) am Turmfuß (Unterkante Fußflansch)

(Mittelwerte siehe Kap.2.3)

F_x kN	N Stck.	N akku. Stck.	F_y kN	N Stck.	N akku. Stck.	F_z kN	N Stck.	N akku. Stck.
8	4,53E+08	7,69E+08	16	3,05E+08	4,53E+08	32	4,28E+08	7,39E+08
16	1,63E+08	3,16E+08	32	7,16E+07	1,48E+08	64	1,91E+08	3,11E+08
24	7,53E+07	1,53E+08	48	2,87E+07	7,63E+07	96	7,34E+07	1,19E+08
32	3,94E+07	7,76E+07	64	2,13E+07	4,76E+07	128	2,47E+07	4,59E+07
40	2,03E+07	3,82E+07	80	1,01E+07	2,63E+07	160	9,29E+06	2,13E+07
48	9,52E+06	1,79E+07	96	7,58E+06	1,61E+07	192	5,49E+06	1,19E+07
56	4,65E+06	8,37E+06	112	4,09E+06	8,52E+06	224	2,30E+06	6,47E+06
64	1,81E+06	3,72E+06	128	1,98E+06	4,43E+06	256	1,62E+06	4,17E+06
72	1,04E+06	1,92E+06	144	1,32E+06	2,46E+06	288	1,14E+06	2,55E+06
80	4,22E+05	8,73E+05	160	5,93E+05	1,14E+06	320	6,84E+05	1,41E+06
88	2,16E+05	4,51E+05	176	3,01E+05	5,43E+05	352	2,15E+05	7,25E+05
96	1,32E+05	2,35E+05	192	1,22E+05	2,42E+05	384	3,50E+05	5,10E+05
104	3,96E+04	1,02E+05	208	6,25E+04	1,19E+05	416	8,14E+04	1,60E+05
112	3,02E+04	6,30E+04	224	2,95E+04	5,72E+04	448	3,67E+04	7,82E+04
120	1,01E+04	3,28E+04	240	1,19E+04	2,77E+04	480	1,68E+04	4,15E+04
128	4,13E+03	2,26E+04	256	6,61E+03	1,57E+04	512	1,65E+04	2,48E+04
136	5,60E+03	1,85E+04	272	4,07E+03	9,16E+03	544	4,40E+03	8,30E+03
144	6,05E+03	1,28E+04	288	2,51E+03	5,09E+03	576	1,15E+03	3,90E+03
152	1,02E+03	6,83E+03	304	8,94E+02	2,57E+03	608	1,15E+03	2,75E+03
160	1,62E+03	5,81E+03	320	7,32E+02	1,68E+03	640	1,18E+03	1,61E+03
168	2,05E+03	4,19E+03	336	5,34E+02	9,48E+02	672	1,44E+02	4,32E+02
176	1,12E+03	2,14E+03	352	1,62E+02	4,14E+02	704	1,80E+02	2,88E+02
184	6,42E+02	1,02E+03	368	9,00E+01	2,52E+02	736	5,40E+01	1,08E+02
192	1,80E+02	3,78E+02	384	1,80E+01	1,62E+02	768	3,60E+01	5,40E+01
200	1,44E+02	1,98E+02	400	0,00E+00	1,44E+02	800	0,00E+00	1,80E+01
208	1,80E+01	5,40E+01	416	3,60E+01	1,44E+02	832	0,00E+00	1,80E+01
216	3,60E+01	3,60E+01	432	1,80E+01	1,08E+02	864	1,80E+01	1,80E+01
			448	3,60E+01	9,00E+01			
			464	3,60E+01	5,40E+01			
			480	1,80E+01	1,80E+01			

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN

Bornbarch 2, 22848 Norderstedt; Tel: +49 (0)40-50098-0; Fax: +49 (0)-40-50098-302

NORDEX ENERGY

M_x kNm	N Stck.	N akku. Stck.	M_y kNm	N Stck.	N akku. Stck.	M_z kNm	N Stck.	N akku. Stck.
256	2,23E+08	4,72E+08	2048	2,72E+08	3,37E+08	1024	6,90E+07	1,49E+08
512	1,25E+08	2,49E+08	4096	3,82E+07	6,41E+07	2048	1,87E+07	7,96E+07
768	6,53E+07	1,23E+08	6144	1,13E+07	2,59E+07	3072	1,10E+07	6,09E+07
1024	3,08E+07	5,81E+07	8192	4,49E+06	1,45E+07	4096	1,66E+07	4,99E+07
1280	1,31E+07	2,73E+07	10240	2,47E+06	1,00E+07	5120	1,17E+07	3,32E+07
1536	7,37E+06	1,41E+07	12288	2,65E+06	7,59E+06	6144	7,90E+06	2,15E+07
1792	3,17E+06	6,74E+06	14336	1,08E+06	4,94E+06	7168	5,26E+06	1,35E+07
2048	1,87E+06	3,56E+06	16384	1,09E+06	3,87E+06	8192	3,45E+06	8,32E+06
2304	8,07E+05	1,70E+06	18432	8,42E+05	2,77E+06	9216	2,31E+06	4,86E+06
2560	2,48E+05	8,93E+05	20480	6,23E+05	1,93E+06	10240	1,16E+06	2,55E+06
2816	2,74E+05	6,45E+05	22528	6,82E+05	1,31E+06	11264	6,45E+05	1,40E+06
3072	1,43E+05	3,71E+05	24576	2,77E+05	6,27E+05	12288	2,38E+05	7,52E+05
3328	1,08E+05	2,28E+05	26624	1,36E+05	3,50E+05	13312	2,65E+05	5,15E+05
3584	6,51E+04	1,20E+05	28672	1,01E+05	2,14E+05	14336	1,50E+05	2,49E+05
3840	1,61E+04	5,54E+04	30720	5,57E+04	1,11E+05	15360	3,15E+04	9,88E+04
4096	5,75E+03	3,93E+04	32768	3,13E+04	5,62E+04	16384	2,80E+04	6,72E+04
4352	1,97E+04	3,35E+04	34816	1,53E+04	2,49E+04	17408	2,03E+04	3,92E+04
4608	2,71E+03	1,38E+04	36864	3,70E+03	9,58E+03	18432	1,27E+04	1,89E+04
4864	3,22E+03	1,11E+04	38912	1,03E+03	5,89E+03	19456	1,28E+03	6,13E+03
5120	3,98E+03	7,90E+03	40960	1,85E+03	4,85E+03	20480	2,62E+03	4,85E+03
5376	3,14E+03	3,92E+03	43008	1,65E+03	3,01E+03	21504	4,86E+02	2,24E+03
5632	6,96E+02	7,86E+02	45056	5,70E+02	1,36E+03	22528	1,19E+03	1,75E+03
5888	5,40E+01	9,00E+01	47104	4,80E+02	7,86E+02	23552	1,08E+02	5,58E+02
6144	3,60E+01	3,60E+01	49152	9,00E+01	3,06E+02	24576	3,60E+01	4,50E+02
			51200	1,80E+01	2,16E+02	25600	1,08E+02	4,14E+02
			53248	1,08E+02	1,98E+02	26624	5,40E+01	3,06E+02
			55296	9,00E+01	9,00E+01	27648	5,40E+01	2,52E+02
						28672	3,60E+01	1,98E+02
						29696	5,40E+01	1,62E+02
						30720	1,80E+01	1,08E+02
						31744	1,80E+01	9,00E+01
						32768	3,60E+01	7,20E+01
						33792	0,00E+00	3,60E+01
						34816	1,80E+01	3,60E+01
						35840	0,00E+00	1,80E+01
						36864	1,80E+01	1,80E+01

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
RWTÜV

2.3 Betriebslasten (Einstufenkollektive) am Turmfuß (Unterkante Fußflansch)

Lastspielzahl $N=10^7$

m	ΔF_x kN	ΔF_y kN	ΔF_z kN	ΔM_x kNm	ΔM_y kNm	ΔM_z kNm
3	92	163	340	2 737	17 683	11 406
4	76	146	294	2 366	17 771	10 527
5	72	142	285	2 290	18 501	10 333
6	72	143	289	2 331	19 861	10 432
7	74	146	297	2 426	20 255	10 693
8	78	151	307	2 547	21 165	11 073
9	82	158	318	2 676	22 095	11 563
Mittelwert	**4 576**	**0**	**160**	**0**	**14 336**	**0**

2.4 Fundamentsteifigkeit

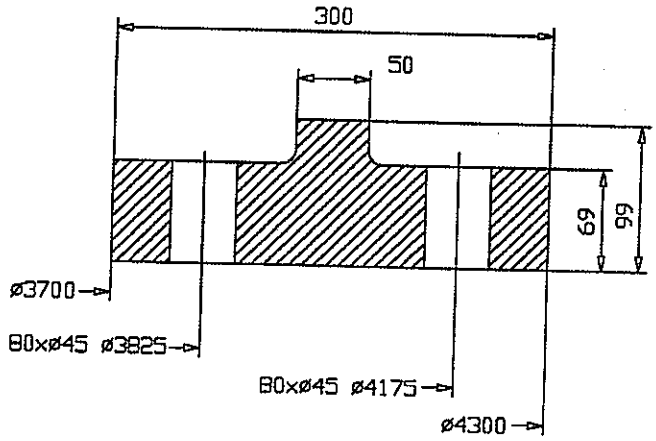
Zur Berechnung der Eigenfrequenz des Systems Rohrturm+Fundament (Flachgründung) wurde folgender dynamischer Federkennwert des Fundamentes vorausgesetzt:

Kippfeder dynamisch: $k_\varphi > 1{,}09e11$ Nm/rad.

Dieser Mindestfederkennwert ist in Abhängigkeit der Fundamentgeometrie sicherzustellen (siehe z.B. Betonkalender 1978, Teil 2, S. 848-854).

2.5 Ankerkorb, Ankervorspannung

Die Maße und Abmessungen des Ankerkorbes sind auf der Fundamentzeichnung dargestellt. Eine Skizze des Turmfußflansches im Querschnitt mit den entsprechenden Durchmesserangaben ist nachfolgend abgebildet. Nach der Abbindezeit des Betons sind die Anker 160xM42x3435 10.9 mit einer Vorspannkraft von F_v=500kN pro Anker vorzuspannen. Die rechnerisch zugehörige Längung der Ankerbolzen beträgt ℓ_v=6,0mm.



Skizze Turmfußflansch (Querschnitt)

3 Hinweise für den Baugrundgutachter

Die folgenden Angaben gelten für das in der statischen Berechnung D060401 (Planverfasser Ingenieurbüro Dehm) nachgewiesene Fundament (Flachgründung).

Der Standort der Anlage muss in Windzone I bis II nach DIN 4131 bzw. DIN 4133 liegen.

Das Fundament muss 2,1m in den gewachsenen Boden einbinden und muß über den gesamten Fundamentbereich hinaus mit 0,95m Aushub überschüttet werden (Wichte der Bodenauflast: γ=18kN/m^3). Diese Anfüllung ist entsprechend zu verdichten und darf nicht entfernt werden, da sie Bestandteil der Anlage ist.

Der vorhandene Baugrund muß die folgenden Bodenpressungen aufnehmen können:

Extremlast:	σ_{Eck} =	400 kN/m^2
	σ_{Kante} =	300 kN/m^2
	$\sigma_{DIN1054}$ =	270 kN/m^2
Betriebslast:	σ_{Eck} =	180 kN/m^2
	σ_{Kante} =	150 kN/m^2
	$\sigma_{DIN1054}$ =	130 kN/m^2

Zwischen Fundament und Gründungssohle muß ein Reibungswinkel von mindestens φ=10° vorliegen.

Die jeweils vorhandenen Baugrundverhältnisse müssen bis in ca. 20m Tiefe annähernd gleichmäßig sein, Bodenschichten müssen annähernd horizontal verlaufen.

Der Grundwasserstand wird unterhalb der Gründungssohle vorausgesetzt.

Weitere Angaben siehe Fundamentzeichnung.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN RWTÜV

4 Montageanleitung für den Rohrturm (Kurzfassung)

Diese Anleitung bezieht sich auf den 6-teiligen Stahrohrturm der Windenergieanlage N90 mit einer Nabenhöhe von 100m. Die erforderlichen Arbeiten für eine sachgerechte Montage des Turmes sind in den folgenden Punkten zusammenfassend erläutert. Diese Punkte müssen zur Gewährleistung einer schadensfreien sowie problemlosen und exakten Montage eingehalten werden.

Die detaillierte Anleitung zur Errichtung der unteren Turmsektion auf dem Fundament und der übrigen Turmsektionen findet sich in den entsprechenden Nordex-Errichtungsinstruktionen.

4.1 Vorbereitung

4.1.1 Anlieferung

Der Stahlrohrturm besteht aus sechs Schüssen (Turmsektionen), die mit Flanschverbindungen zusammengeschraubt werden. Wegen des vereinfachten Transportes in Form von Einzelschüssen wird der Zusammenbau in der Regel am Aufstellungsort stattfinden.

Die Lagerung der Turmsektionen während des Transportes und am Aufstellungsort muss auf speziell hierfür angefertigten Lagerböcke erfolgen. Die Lagerböcke sollten einen möglichst großen Bereich des Turmumfangs einschließen (optimal 180°). Der Turm darf hierbei nicht im Bereich von eventuell vorhandenen Beulsteifen gelagert werden, da dies infolge Überbeanspruchung zu einer Beschädigung der Beulsteifen führen kann. Die Lagerung sollte immer im Bereich der Ringflansche an den Enden der Turmsektionen erfolgen.

Der Lageplatz am Aufstellungsort sollte möglichst eben sein und keine Neigung aufweisen, die Turmsektionen sind gegen Wegrollen zu sichern.

4.1.2 Kontrolle

Bei der Anlieferung am Aufstellungsort sind die Turmsektionen sowie die Zubehörteile auf Transportschäden zu untersuchen. Um Korrosion zu vermeiden, sind Schäden des Schutzanstriches unverzüglich auszubessern. Eventuelle Verschmutzungen sind zu entfernen.

4.2 Montage

Sämtliche Montagevorgänge sind im Errichtungsbericht zu protokollieren.

4.2.1 Vorbereitung

Soweit nicht schon beim Hersteller erfolgt, sind in die liegenden Turmsektionen die Steig- sowie Steigschutzeinrichtungen nach den entsprechenden Herstellerangaben zu montieren.

4.2.2 Aufstellung

Die Aufstelldauer bis zum Erreichen des Montagezustandes „Maschinenhaus auf Turm" ist realistisch abzuschätzen. Vor Beginn der Aufstellungsarbeiten muss auf Basis einer meteorologischen Vorhersage sichergestellt sein, dass innerhalb der Aufstelldauer keine Windgeschwindigkeiten von mehr als 11m/s zu erwarten sind. Höhere Windgeschwindigkeiten können zu wirbelerregten Querschwingungen des Turmes und somit zu Überbeanspruchungen der Bauteile führen.

Die Bolzenschablone und die Muttern zur Fixierung der Fundamentanker während des Betoniervorgangs sind zu entfernen. Die Fundamentoberfläche ist vor der Aufstellung der Turmsektionen, insbesondere im Bereich der Fundamentanker, von Schmutz und Betonresten zu befreien. Über den Bolzenkreisumfang sind in 90°-Winkelabständen Blechpakete (Dicke ca. 50mm) anzuordnen

und einzunivellieren. Zunächst wird das Lastverteilblech (in 4 Segmenten) auf die Blechpakete gestellt. Nach dessen Reinigung wird die untere Turmsektion auf das Lastverteilblech gestellt. Der lotrechte Stand der Turmsektion ist zu kontrollieren und ggfs. mit weiteren Unterlegblechen auszurichten. Mit den Muttern, die auf die hierzu markierten Fundamentanker aufgeschraubt und handfest angezogen werden, ist die Lagesicherung der untersten Turmsektion zu gewährleisten.

In diesem Zustand wird der Turmflansch mit Vergussmörtel (BETEC) untergossen, wobei die Entstehung von Hohlräumen vermieden werden muss. Die Blechpakete zur Ausrichtung sind bei dem Vergussvorgang auszusparen. Nach der Aushärtung der Vergussmasse sind die Blechpakete zu entfernen und die betroffenen Stellen ebenfalls zu vergießen. Nach der endgültigen Aushärtung der Vergussmasse sind die Fundamentanker zu reinigen, Scheiben und Muttern zu montieren und die Vorspannkraft gemäß Kap.2.5 aufzubringen.

Durch Einlegen der Böden auf den Haltering des Montagepodestes unterhalb des oberen Flansches der Turmsektion ist der nächste Montageschritt vorzubereiten. Im Anschluss daran wird die zweite Turmsektion auf die untere Turmsektion gestellt, so dass die Flansche zur Deckung gebracht werden. Die Verschraubung der Flanschverbindung ist gemäß den Angaben in der Stahlrohrturmzeichnung durchzuführen.

Mit der dritten bis sechsten Turmsektion wird analog verfahren. Der Turm als solches ist damit fertig montiert. Die Steigeinrichtung ist im Bereich der Flanschstöße der Turmsektionen zu komplettieren. Anschließend ist das Maschinenhaus auf den Turmkopf zu setzen und mit dem Turmkopfflansch zu verschrauben. Es können nun die Inneneinbauten montiert werden.

4.2.3 Korrosionsschutz

Zur Abminderung der Korrosionsgefahr sind die Ankerbolzen und Muttern nach der Vorspannung mit einem geeigneten Korrosionsschutzmittel und mit Kunststoffkappen zu versehen. Die außenliegenden verzinkten Schrauben der Turmflansche der zweiten Turmsektion sind ebenfalls mit Kunststoffkappen zu versehen.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN RWTÜV

NORDEX N90

Technische Beschreibung

Anlage Nr.: 1
zum Bericht T-213/04-1
vom 05. 11. 04

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
RWTÜV

Inhaltsverzeichnis

1 Technische Konzeption

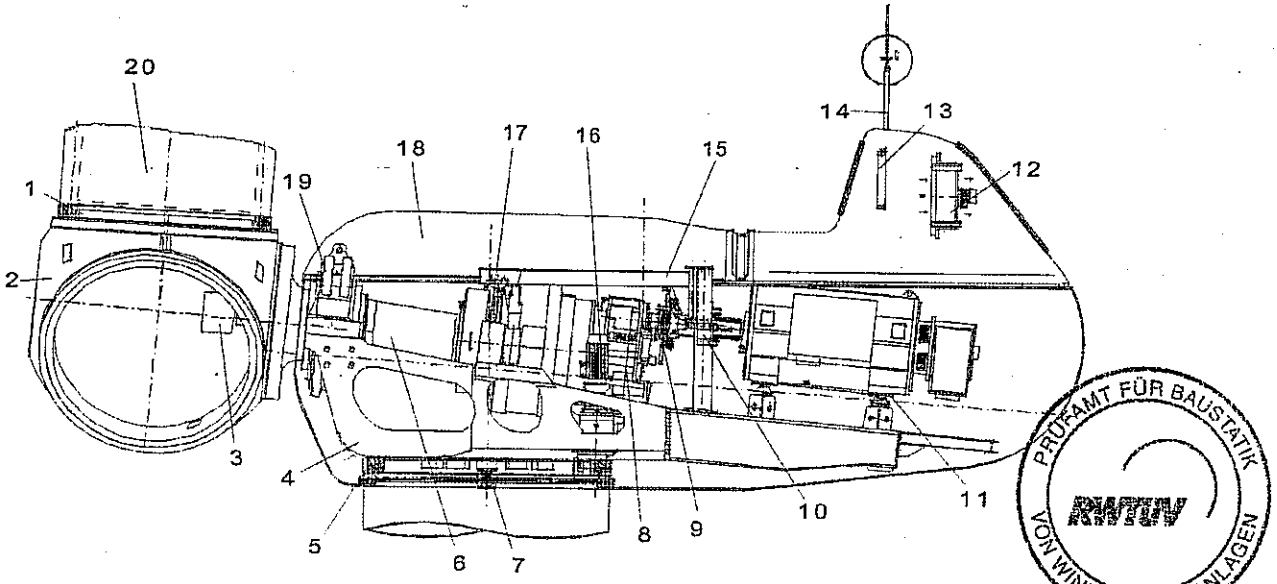
Die NORDEX N90 ist eine drehzahlvariable Windenergieanlage mit 90 m Rotordurchmesser und einer Nennleistung von 2 300 kW. Die Maschine und die Blätter sind für die Klasse GL 2/IEC 2 ausgelegt.Die Leistungsbegrenzung erfolgt durch Einzelblattverstellung (pitch).

Die Anlage ist eine Weiterentwicklung der NORDEX N80.

NORDEX ist gemäß ISO 9001 zertifiziert. Das Qualitäts-Management-System und somit auch die Produktionsprozesse erfüllen die Anforderungen gemäß ISO 9001. NORDEX arbeitet bei allen Hauptkomponenten mit mehreren qualifizierten Zulieferern zusammen.

Informationen über die verfügbaren Zertifikate sind im Dokument *Zertifikate* zu finden.

Übersicht NORDEX N90



1 Blattdrehkranz	6 Rotorwelle	11 Generator	16 Azimutantrieb
2 Rotornabe	7 Azimutbremsen	12 Generatorkühler	17 Getriebelager
3 Pitchantrieb	8 Getriebe	13 Getriebekühler	18 Kabine
4 Maschinenträger	9 Sicherheitsbremse	14 Wettermast	19 Hauptlager
5 Azimutlager	10 Generatorkupplung	15 Bordkran	20 Rotorblatt

Allgemeine Daten	
Typ	3-Blatt-Rotor mit horizontaler Achse, Luv-Läufer
Leistungsregelung	aktive Blattverstellung
Nennleistung	2 300 kW
Startwind	3 m/s
Nennleistung bei Windgeschwindigkeit	ca. 13 m/s
Abschaltwind	25 m/s
rechnerische Lebensdauer	20 Jahre

Klimatische Entwurfsdaten	
Gondel und Rotor zertifiziert nach	GL 2, IEC 2
Umgebungstemperatur	-20...+40 °C

2 Rotor

Der Rotor besteht aus drei Blättern, einer Rotornabe, Drehkränzen und Antrieben zur Blattverstellung. Die Rotorblätter sind aus hochwertigem glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) hergestellt. Die Verstellsysteme sind dreifach redundant ausgeführt. Die Blätter sind ausgestattet mit einem Blitzschutzsystem mit einer Fangelektrode, die den Blitz zur Nabe hin ableitet.

Rotordaten	
Rotordurchmesser	90 m
überstrichene Fläche	6 362 m^2
max. Blattspitzengeschwindigkeit	ca. 80 m/s
Leistung/Fläche	362 W/m^2
Umdrehungszahl	9,6...16,9 min^{-1}
Neigungswinkel der Rotorwelle	5°
Konuswinkel der Flügel	2°
Gesamtgewicht	ca. 52 t

Rotornabe	
Material	Kugelgraphitguss EN-GJS-400-18U-LT
Gesamtgewicht	ca. 22,5 t

Rotorblätter	
Material	glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)
Gesamtlänge	43,8 m
Gewicht je Blatt	ca. 10,2 t

3 Hauptwelle

Der Triebstrang besteht aus der Rotorwelle, dem mittels Schrumpfscheibenverbindung gekoppelten Getriebe, einer kardanischen, elastischen Kupplung und dem Generator.

Hauptwelle	
Material	34 CrNiMo6
Gewicht	ca. 11,3 t
Lager	Pendelrollenlager
Lagergehäuse	Kugelgraphitguss EN-GJS-400-18U-LT

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN RWTÜV

4 Getriebe

Das Getriebe ist als zweistufiges Planetengetriebe mit einer Stirnradstufe ausgeführt. Die Getriebekühlung ist über einen Öl/Luft-Kühlkreislauf mit gestufter Kühlleistung realisiert. Die Getriebelager und Zahneingriffe werden kontinuierlich mit gekühltem Öl versorgt.

Getriebe	
Typ	zweistufiges Planetengetriebe + Stirnradstufe
Nennleistung	2 450 kW
Übersetzungsverhältnis	ca. 1 : 77
Schmierung	Zwangsschmierung
Ölmenge	ca. 360 l
Öltyp	VG 320
Ölwechsel	halbjährliche Kontrolle, Wechsel nach Bedarf
Gewicht	ca. 18,5 t

5 Generator

Beim Generator handelt es sich um eine doppelt gespeiste Asynchronmaschine. Der Generator wird über eine Wasserkühlung auf optimalen Betriebstemperaturen gehalten.

Generator	
Schutzart	IP 54
Nennleistung	2 300 kW
Nennspannung	660 V
Frequenz	50 Hz
Drehzahl	740...1 310 min^{-1}
Pole	6
Gewicht	ca. 10 t

6 Kühlung und Filtration

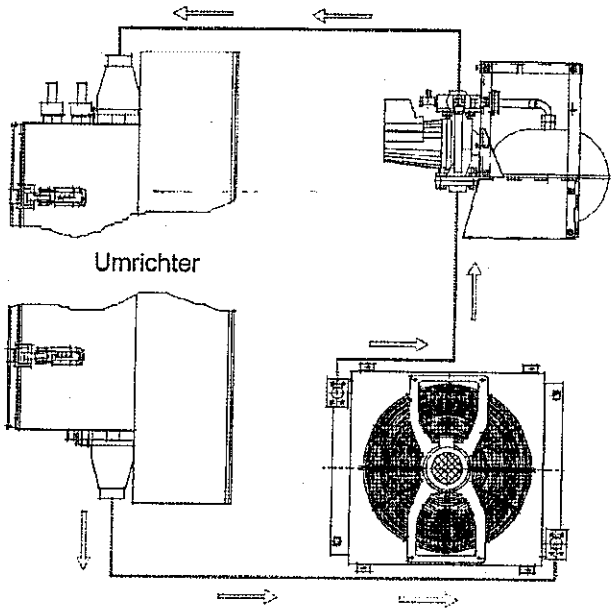
Getriebe, Generator und Umrichter der N90 haben voneinander unabhängig aktive Kühlsysteme. Alle Systeme sind so ausgelegt, dass sich auch bei hohen Außentemperaturen optimale Betriebstemperaturen einstellen. Die Temperaturüberwachung einzelner Getriebelager, des Getriebeöls, der Generatorwicklungen, der Generatorlagerung und des Kühlwassers (Wasser/Glykol-Gemisch) erfolgt kontinuierlich und teilweise redundant durch die Steuerung.

Getriebekühlung: Die Wärmeabfuhr aus dem Getriebe geschieht über den Ölkreislauf in einem Öl/Luft-Wärmetauscher. Eine 2-stufige Umpump-Filtereinheit pumpt das Getriebeöl durch zwei Filter (Grobfilter 100 µm, Feinfilter 10 µm) in den Kühlkreislauf. Eine Thermodrossel schließt den Kühlkreislauf kurz, solange das Öl noch nicht die optimale Arbeitstemperatur erreicht hat. Bei Überschreiten einer bestimmten Öltemperatur wird das Öl in zwei Öl/Luft-Wärmetauschern stark abgekühlt. Die Wärmetauscher befinden sich im oberen Teil der Gondel und werden frei von Außenluft durchströmt, besitzen jedoch zusätzlich je einen Ventilator. Das gekühlte Öl wird über ein im Getriebe liegendes Rohrsystem an die thermisch hochbelasteten Bauteile befördert.

Grob und Feinfilter haben die Aufgabe, Feststoffe aus dem Getriebeöl zu entfernen. Optional und gegen Aufpreis kann eine zusätzliche Nebenstromfiltration (Feinstfilter 2 µm) installiert werden.

Generatorkühlung: Die Wärmeabfuhr erfolgt durch eine generatorinterne Luftkühlung. Die Wärme der Kühlluft wird durch einen Luft/Wasser-Wärmetauscher an das Kühlwasser abgegeben.

Umrichterkühlung: Der Umrichter der WEA ist im Schaltschrank integriert und befindet sich auf der untersten Plattform im Turm. Das im Umrichter erwärmte Wasser wird in einem Wasser/Luft-Wärmetauscher abgekühlt, der sich oberhalb der Eingangstür befindet. Die erwärmte Luft wird durch einen Ventilator nach außen befördert.



Pumpenstation

Wasser/Luft-Wärmetauscher

7 Bremssystem

Das aerodynamische Bremssystem wird über die drei unabhängig und redundant angesteuerten Rotorblätter realisiert, die vollständig quer zur Drehrichtung verstellt werden können. Zur Rotorblattverstellung steht ein Sicherheitssystem zur Verfügung – fällt die Netzspannung aus, wird eine Notstromversorgung zugeschaltet, die die Blätter quer zur Rotationsrichtung stellt.

Zusätzlich zur Einzelblattverstellung ist die NORDEX N90 mit einer mechanischen Bremse ausgestattet, die bei einem Not-Stopp ein Moment entsprechend dem einfachen Nennmoment aufbringt. Die Bremse unterstützt das Abbremsen mit den Rotorblättern und bringt den Rotor zum Stillstand. Die Bremskraft ist durch mehrere Bremsprogramme sanft geregelt, um Kraftspitzen zu vermeiden. Nach Stillstand der Anlage wird der Rotor mit dem zweifachen Nennmoment festgesetzt.

Die mechanische Bremse arbeitet nach dem Fail-Safe-Prinzip, d. h., die Bremskraft wird durch vorgespannte Federpakete erzeugt, die im Betrieb der Anlage hydraulisch gelüftet werden.

Aerodynamische Bremse	
Typ	Einzelblattverstellung
Aktivierung	elektrisch

Mechanische Bremse	
Typ	Scheibenbremse
Anordnung	auf der schnellen Welle
Scheibendurchmesser	1 000 mm
Anzahl der Bremskaliber	2
Material der Bremsbeläge	Sintermetall

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN RWTÜV

8 Hydraulisches System

Das hydraulische System stellt im Betrieb für die Azimut- und Rotorbremse den nötigen Öldruck bereit. Die hydraulische Rotorarretierung und Haubenöffnung lassen sich manuell öffnen bzw. schließen.

Hydraulisches System	
Hydrauliköl	VG 32
Ölmenge	ca. 45 l
Nennleistung der Hydraulikpumpe	1,5 kW
thermischer Schutz	integrierte PT 100

9 Gondel

Die Gondel besteht aus einem gegossenen Bodenrahmen und der Kabine. Die Kabine wird aus hochwertigem, glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) hergestellt. Das Dach der Gondel wird hydraulisch geöffnet. Durch die Form der Gondel und die Anordnung des Kühlers wird die natürliche Umströmung für die Kühlung genutzt.

In der Gondel ist ein Service-Kran installiert, der zum Heben von Werkzeugen und sonstigem Arbeitsmaterial vorgesehen ist.

Gondel	
Typ des Bodenrahmens	gegossene Konstruktion
Material	Kugelgraphitguss EN-GJS-400-18U-LT
Typ der Kabine	Schalenkonstruktion auf geschweißtem Rahmen
Material	glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)/S235JR
Kranhersteller	Mechanik Taucha
Tragkraft	250 kg

10 Windnachführung

Die Windrichtung wird in Nabenhöhe mit zwei Geräten kontinuierlich gemessen. Bei einer Überschreitung der zulässigen Abweichung wird die Gondel aktiv nachgeführt. Die Nachführung geschieht über zwei Getriebemotoren, die einen gelagerten Drehkranz verstellen. Wird die Gondel nicht gedreht, so werden die Haltebremsen festgesetzt. Diese Haltebremsen sind zum einen auf dem Umfang verteilt, auf dem sich auch der Drehkranz befindet und zum anderen im Antrieb auf der schnellen Seite des Azimutgetriebes angeordnet.

Azimutlagerung	
Art	Kugellagerung
Material	42 CrMo4
Gewicht	ca. 2,3 t

Azimutantrieb	
Motor	Asynchronmotoren
Getriebe	4-stufiges Planetengetriebe
Anzahl der Antriebe	2
Schmierung	Öl, ISO VG 620
Nachführgeschwindigkeit	ca. 0,5 °/s

Azimutbremse	
Typ	hydraulische Scheibenbremse
Material Bremsbeläge	organisch
Anzahl der Bremskaliber	10

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN RWTÜV

11 Turm und Fundament

Die NORDEX N90 wird auf einem Stahlrohrturm für die Nabenhöhe 80 oder 100 m errichtet. Die Aufstiegsleiter mit Steigschutz, Ruhe- und Arbeitsplattformen befinden sich innerhalb des Mastes.

Der Korrosionsschutz des Stahlrohrturmes wird durch eine Sandstrahlung und durch eine Epoxidharz-Beschichtung der Oberfläche gemäß ISO 12944 gewährleistet.

Stahlrohrturm	
Material	S235 JRG2, S355 J2G3
Korrosionsschutz	Epoxidharz-Beschichtung
Turmfußhalterung	Flansch und Bolzen im Fundament einbetoniert

Nabenhöhe	80 m	100 m	100 m	105 m
Klasse	DIBt 3	DIBt 2	IEC 3	DIBt 2
Anzahl der Turmsegmente	4	6	6	Gitterturm
Gewicht mit Einbauten [t], ca.	173	320	320	185

Die Fundamentkonstruktion für die NORDEX N90 hängt von den Bodenverhältnissen am vorgesehenen Standort ab. Die Verankerung des Turmes wird mit Doppelflanschen und Ankerbolzen vorgenommen. Weitere Informationen sind im Dokument *Fundamente* zu finden.

12 Steuerung und Netzanbindung

Die Betriebsführung der Anlage erfolgt durch eine Speicher programmierbare Steuerung (SPS), welche die Messaufnehmer der Anlage und der Umgebung abfragt und auswertet und mit dem Ergebnis die Steuerparameter für die Anlage bildet.

Die Windenergieanlage arbeitet mit zwei Messgeräten zur Erfassung der Winddaten. Das erste wird zur Steuerung eingesetzt, das zweite überwacht das erste Gerät. Bei Ausfall eines Gerätes wird das andere zur Steuerung genutzt.

Auf einem Kontrollbildschirm am PC können alle Betriebsdaten beobachtet und überprüft sowie Funktionen wie Anfahren, Abschalten und die Windnachführung gesteuert werden.

Außerdem ist die NORDEX N90 mit einer Datenfernüberwachung ausgestattet. Die Übertragung der Daten und Signale erfolgt per ISDN-Verbindung und dem "Internet Explorer".

Die Netzkopplung der NORDEX N90 erfolgt über einen IGBT-Umrichter nach dem Prinzip der doppelt gespeisten Asynchronmaschine. Die Blindstrom-Kompensation kann über eine Parametervorwahl mit dem IGBT-Umrichter im Bereich von 0,9 induktiv bis 0,95 kapazitiv frei eingestellt werden. Die Schaltströme bei Netzaufschaltung können mit diesem System auf Faktoren in der Größenordnung von 1 realisiert werden.

Die Steuerung und die Hydraulikventile sind bei Netzausfall über mindestens 10 Minuten mit einer unterbrechungsfreien Stromversorgung gepuffert (USV).

Steuerung	
Typ	Remote Field Controller/SPS, Nordex Control
Netzaufschaltung	IGBT-Umrichter
automatisches Anfahren:	
– nach Netzausfall	ja, durch Fernüberwachung
– nach Abschaltwind	ja

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN RWTÜV

13 Blitzschutz

Bei der Entwicklung der NORDEX N90 ist dem Blitzschutz höchste Aufmerksamkeit gegeben worden. Für alle Komponenten ist ein höchst zuverlässiger Schutz erreicht worden. Der Blitz- und Überspannungsschutz der Gesamtanlage entspricht dem Blitz-Schutzzonen-Konzept und richtet sich nach den Normen IEC 61024 und DIN VDE 0185. Eine ausführliche Beschreibung befindet sich im Dokument *Blitz- und Überspannungsschutz.*

14 Betriebsführung

Eine Hauptaufgabe der Betriebsführung (des Steuerrechners) ist es, die in der Steuerung der WEA gespeicherten Betriebsparameter im laufenden Betrieb ständig zu überwachen und einzuhalten. Die Parameter werden von Nordex vorgegeben und sind auf den jeweiligen Standort abgestimmt. Der Hintergrund ist der automatische und sichere Betrieb der Anlage in allen Situationen.

Bei Windstille bleibt die WEA im Ruhezustand (Sparmodus), d. h. nur der Steuerungsrechner ist in Betrieb und erfasst die (Wetter-) Daten. Alle anderen Systeme sind ausgeschaltet und verbrauchen so keinen Strom. Einzige Ausnahme ist das Bremssystem (Hydraulikpumpe). Der Rotor trudelt.

Wird die Einschaltwindgeschwindigkeit erreicht, wechselt die WEA in den Zustand Betriebsbereit. Jetzt werden alle Systeme getestet und die Gondel richtet sich nach dem Wind aus. Wird der Wind stärker, beginnt der Rotor, sich schneller zu drehen. Ist eine bestimmte Drehzahl erreicht, wird der Generator ans Netz gekoppelt und die WEA produziert Strom. Während des Betriebes folgt die Gondel der Windrichtung. Die Gondel kann sich mehrmals um die eigene Achse drehen. Wird jedoch ein Grenzwert überschritten, schaltet sich die WEA ab, dreht sich zurück und startet wieder.

Bei Überschreitung der Abschaltwindgeschwindigkeit, schaltet sich die WEA ab, d. h. die Rotorblätter werden um 90° in Fahnenstellung gedreht. Der Rotor bremst ab.

An allen Systemen und vielen Komponenten der WEA sind Sensoren angebracht, die den jeweiligen Zustand an die Steuerung melden. Für jeden Messpunkt gibt es Soll-Werte (Betriebsparameter), die eingehalten werden müssen. Wird ein Wert überschritten, reagiert die Steuerung. Je nach Parameter gibt es da unterschiedliche Möglichkeiten.

Bei Überschreitung von bestimmten Temperaturgrenzwerten wird z. B. zuerst die Pumpe des Kühlkreislaufes eingeschaltet. Ist ein bestimmter Soll-Wert wieder erreicht, schaltet sich die Pumpe ab. Bei Überschreitung eines weiteren Grenzwertes wird eine Warnung an die Fernüberwachung gesendet. Die Fernüberwachung ist rund um die Uhr besetzt und entscheidet anhand aller aktuellen Betriebsdaten, was zu tun ist. Sinkt die Temperatur wieder unter einen bestimmten Grenzwert, wird die Warnung aufgehoben. Bei Überschreitung eines dritten Grenzwertes schaltet sich die Maschine sofort ab. Dieser dritte Grenzwert ist so ausgewählt, dass noch kein Schaden an der Maschine entsteht.
Dieser einen Messstelle sind somit sechs Parameter zugeordnet, drei hohe und drei niedrige Temperaturgrenzwerte.

Bei Überschreitung von bestimmten Parametern, die die Sicherheit der Anlage betreffen, schaltet sich die WEA sofort ab, z. B. Überschreitung der Abschaltwindgeschwindigkeit oder Auslösung des Not-Aus. Für unterschiedliche Abschaltursachen gibt es ebenso unterschiedliche Bremsverläufe. Bei äußeren Ursachen wie zu hoher Windgeschwindigkeit oder Netzfehler wird die Anlage sanft gebremst. Bei sicherheitsrelevanten Ursachen wird eine Notbremsung durchgeführt, die den Rotor schneller zum Stehen bringt.

Die Sensoren werden im 40-ms-Takt abgefragt. Daraus berechnet die Steuerung die 3-Sekunden-Mittelwerte, aus diesen Mittelwerten wird der 30-Sekunden-Mittelwert gebildet und daraus wiederum der 10-Minuten-Mittelwert. Diese Werte werden zur Regelung der WEA genutzt. Für die Windgeschwindigkeit wird der 30-s-Mittelwert herangezogen, da durch die Turbulenz des Windes die WEA zu häufig bzw. zu früh abschalten würde. Damit jedoch auch kurzzeitige starke Böen, die in einem Mittelwert geglättet werden, keinen Schaden anrichten, wird zusätzlich der 3-s-Mittelwert betrachtet. So schaltet sich die Anlage ab, falls der 30-s-Mittelwert > 25 m/s ist oder der 3-s-Mittelwert > 28 m/s. Damit ist eine umfassende Sturmabschaltung sichergestellt.

Nach jedem Abschalten gibt es aus Sicherheitsgründen eine gewisse Verzögerungszeit, bevor die Anlage wieder anfahren kann.

15 Zusätzliche Hinweise

Abweichungen von den dargestellten Betriebsbedingungen können sich negativ auf den Betrieb der Windenergieanlage auswirken. Insbesondere können Leistungsminderungen auftreten.

Bei Vereisung ist die Anlage stillzulegen. Bei tiefen Temperaturen muss z. B. nach einem Netzausfall bei einigen Komponenten der Anlage mit einer gewissen Vorheizzeit gerechnet werden.

Im Zusammenhang mit der ständigen Weiterentwicklung unserer Anlagen behalten wir uns technische Änderungen vor.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN RWTÜV

RWTÜV Systems GmbH
Ein Unternehmen der
TÜV NORD Gruppe
Langemarckstraße 20
45141 Essen

Telefon +49 (0)201 825-0
Telefax +49 (0)201 825-2517
Internet www.rwtuev.de

Sitz: Essen
Amtsgericht Essen, HRB 9976

Aufsichtsratsvorsitzender
Dr.-Ing. Wilhelm Wick

Geschäftsführung
Volker Klosowski

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
VON WINDENERGIEANLAGEN

gem. RdErl. des Ministeriums
für Städtebau und Wohnen,
Kultur- und Sport NRW
vom 05.03.2004
- II A2 - 111 -

Essen, 30.12.2004
4.2-382/04 pe-phf

Bericht
zur Typenprüfung

Nr. T-382/04 - 1

Typenentwurf: **Stahlturm in 2 Ausführungsvarianten mit Flachfundament für Windenergieanlage Nordex N90 R80MT Nabenhöhe 80 m Rotorblatt LM43.8**

Antragsteller: Nordex Energy GmbH
Bornbarch 2
22848 Norderstedt

Geltungsdauer: 31.12.2009

Der Bericht umfasst 11 Seiten und 5 Anlagen

RWTÜV

1. Allgemeine Bestimmungen

1.1 Dieser Prüfbericht entbindet die Bauaufsichtsbehörde zwar von der Verpflichtung zur nochmaligen Prüfung in statischer Hinsicht, nicht jedoch von der Verpflichtung zu überwachen, ob die Bauausführung mit diesem Prüfbericht und seinen unter 4 aufgeführten Anlagen übereinstimmt.

Bei Abweichungen von diesem Prüfbericht oder seinen Anlagen ist die Standsicherheit im Einzelfall nachzuweisen und zu prüfen.

1.2 Dieser Prüfbericht ersetzt keine für die Durchführung von Bauvorhaben erforderlichen Genehmigungen.

1.3 Dieser Prüfbericht darf nur vollständig - nicht auszugsweise - und seine Anlagen dürfen nur zusammen mit diesem Prüfbericht verwendet oder veröffentlicht werden.

1.4 Zur Verlängerung der Geltungsdauer dieses Prüfberichtes ist ein Antrag erforderlich.

1.5 Das Recht auf vorzeitigen Widerruf bleibt dem Prüfamt für Baustatik vorbehalten.

2. Beschreibung

Der Turm ist als konischer Stahlrohrturm ausgebildet. Die Höhe des Turms beträgt 76,1 m (Nabenhöhe 80,0 m). Der maximale Durchmesser am Fuß beträgt 4,3 m.

Der Mast besteht aus einer werksseitig geschweißten Stahlblechkonstruktion in 4 Schüssen, die mittels Flanschverbindungen auf der Baustelle zusammengeschraubt werden. Der Turm wird in zwei baugleichen Varianten, die sich in den Blechdicken des obersten Turmsegments unterscheiden, ausgeführt.

Die Verankerung im Fundament erfolgt durch einbetonierte Anker, die am Fußflansch angeschlossen werden.

Das quadratische Stahlbetonfundament hat eine Seitenlänge von 15,5 m und eine Kantenhöhe von 0,5 m ansteigend auf 1,4 m am Rande des Sockels, der mit 6,5 m Seitenlänge und 1,35 m Höhe ausgeführt ist.

Der Turm dient zur Aufnahme der drehzahlvariablen Windenergieanlagen der Firma Nordex Energy GmbH vom Typ N80.

Die Windenergieanlagen arbeiten im Drehzahlbereich von 9,04 bis 16,92 U/min

Anzahl der Rotorblätter:	3
Rotorblatttyp:	LM 43.8
Rotordurchmesser:	80 m
Nennleistung:	2,3 MW

Die erste Eigenfrequenz des Turmes wurde für zwei Einspannungsverhältnisse untersucht.
Die Eigenfrequenzen ergeben sich zu
f_0 = 0,353 Hz (starre Einspannung)
f_0 = 0,327 Hz (elastische Einspannung, die dynamische Bodendrehfeder wurde dabei mit $k\varphi = 2{,}59 \cdot 10^{10}$ Nm/rad angesetzt).

Der Betriebsfestigkeitsrechnung des Turmes liegt eine Lebensdauer von 20 Jahren zugrunde.

3. Umfang der bautechnischen Prüfung

Gegenstand der Typenprüfung ist der Tragsicherheitsnachweis incl. Betriebsfestigkeitsnachweis des Stahlrohrturms sowie die Ermittlung der Eigenfrequenzen zum Nachweis des ausreichenden Abstandes zu den Anregungsfrequenzen des laufenden Rotors. Die Nachweise für das Fundament wurden bereits im Rahmen der Typenprüfung II B -543 -751 vom 18.07.2002 geprüft.

Die Prüfung der angesetzten Lasten aus der Windturbine, der Festigkeitsnachweise der Rotorblätter und der Maschinenbauteile sowie die Bestätigung der Betriebssicherheit erfolgten in Form von gutachtlichen Stellungnahmen durch geeignete Sachverständige (siehe Abschn. 7).

Nachweise von Montagezuständen des Turmes sind nicht Bestandteil dieses Typenentwurfs.

4. Anlagen zum Prüfbescheid

Folgende Anlagen definieren die Windenergieanlage, für die dieser Typenprüfbescheid ausgestellt ist:

Anlage Nr. 1: Technische Beschreibung NORDEX N90 (9 Seiten + Übersicht)

Folgende Anlagen wurden in bautechnischer Hinsicht typengeprüft:

Anlage Nr. 2: Rohrturm N90 R 80 MT DIBt 3
(Zeichnungs-Nr. 0140-1002136)

Anlage Nr. 3: Rohrturm N90 R 80 MT DIBt 3
(Zeichnungs-Nr. 0140-1002137)

Anlage Nr. 4: WEA: N80 R90 DIBt 3 (Fundament)
(Zeichnungs-Nr. 901_03_80031_04)

Anlage Nr. 5: Ankerbolzen (MT)
(Zeichnungs-Nr. 02420-1001732 Rev.0)

RWTÜV

5. Grundlagen des Typenentwurfs

Als bautechnische Unterlagen des Typenentwurfs wurden geprüft:

- NORDEX N90 R80 MT DIBt 3, Bemessung Stahlrohrturm
  Seiten 1 bis 41 Rev. 1 vom 24.11.2004 (letzte Änderung 17.12.2004)
  aufgestellt von NORDEX Energy GmbH, Bornbarch 2, 22848 Norderstedt,
  Bearbeiter: R. Wederhake

6. Technische Baubestimmungen

Den Berechnungen und der Prüfung liegen insbesondere folgende technische Baubestimmungen zugrunde:

- Richtlinie für Windkraftanlagen (Fassung 6.93, 2. überarbeitete Auflage 1995) (vom DIBt, Berlin)
- DIN 18 800, Teile 1 und 4 (11.90): Stahlbauten
- DIN 18 800, Teil 7 (09.02): Stahlbauten; Herstellen
- DIN 4131 (11.91): Antennentragwerke aus Stahl
- DIN 4133 (11.91): Schornsteine aus Stahl
- DIN V / ENV 1993, Teil 1 - 1 (04.94): Eurocode 3, Bemessung und mit DASt-Richtlinie 103 (NAD) Konstruktion von Stahlbauten
- DASt-Richtlinie 017 (E 10.92): Beulsicherheitsnachweise für Schalen
- DIN 1045 (07.88): Beton und Stahlbeton
- DIN 1054 (11.76): Baugrund
- DIN 1055, Teil 1 (07.78): Lastannahmen für Bauten

7. Gutachtliche Stellungnahmen

Als Nachweis der Festigkeit und Funktionssicherheit der maschinellen Einrichtungen einschl. der Rotorblätter sowie als Grundlage für die Lastannahmen gelten folgende Gutachten:

Gutachtliche Stellungnahme für eine Typenprüfung Windenergieanlage Nordex N90:

- Nr. 71573-1 Rev.2 vom 15.11.2002	Lastannahmen DIBt (WZ III) mit Nabenhöhe 80 m und Blatttyp LM 43.8
- Nr. 71573-2 vom 19.02.2004	Sicherheitseinrichtungen und Handbücher
- Nr. 71573-3 vom 27.09.2002	Rotorblätter LM 43.8
- Nr. 71573-4 vom 15.11.2002	Maschinenbauliche Komponenten

Aufsteller der Gutachten: Germanischer Lloyd, Hamburg

8. Lastannahmen

Die Lastannahmen erfolgten nach der in Abschn. 6 aufgeführten Richtlinie.
Die Lasten aus der Windturbine wurden für einen vergleichbaren Turm durch die gutachtlichen Stellungnahmen für die Lastannahmen bestätigt. Die Übertragbarkeit dieser Lasten auf die Türme gemäß Anlage 2 und 3 wurde geprüft und ist aufgrund des geringen Einflusses auf die Eigenfrequenzen gegeben.

Das Eigengewicht der Gondel incl. Rotorblätter ist mit 136,1 t angegeben und darf maximal um +/- 10 % für die Ermittlung der Eigenfrequenz variieren.
Die Windlasten zur Berechnung der Extremlastfälle wurden für Windzone III ohne exponierte Lagen im Sinne der Richtlinie für Windkraftanlagen, Anhang B.2 angesetzt.
Damit sind die Standorte bis einschließlich Staudruckzone III gemäß DIN4131, Antennentragwerke aus Stahl, Anhang A zulässig.

Für Windlasten bei Betrieb der Anlage wurden folgende Windgeschwindigkeiten zugrunde gelegt: v_{ein} = 4 m/sec, v_{nenn} = 14 m/sec, v_{aus} = 25 m/sec.

Einwirkungen aus Erdbeben und Eislasten wurden nicht berücksichtigt.

RWTÜV

9. Baugrundbeanspruchungen

Die größten aufzunehmenden Bodenpressungen und die für den Baugrund erforderlichen Mindestwerte der Steifemodule sind in Anlage Nr. 4 angegeben.

Der Grundwasserstand muss unterhalb der Fundamentsohle liegen.

Falls die erforderlichen Bodenkennwerte nicht bestätigt werden können oder falls andere Gründungskonstruktionen ausgeführt werden sollen, sind gesonderte Nachweise zu erstellen und zur Prüfung vorzulegen. Das dynamische Verhalten des Gesamtsystems aus Maschine, Turm und Gründung ist hierbei zu berücksichtigen. Dabei sind folgende Lasten anzusetzen (in Unterkante Fußflansch):

Extremlastfall (Lastfall E1.1_12a, inkl. γ_F)	Extremlastfall (Lastfall E1.1_2a, γ_F=1)	Lastfall Bodenfuge ohne Klaffung	Einstufenkollektive (m=4, N=1 × 10^7)	
			Mittellast	Schwingweite
H=1011kN	H=674kN	H=455 kN	F_z=192 kN	F_z=208 kN
M=85503kNm	M=57083 kNm	M=33164 kNm	M=13487kNm	M=19201kNm
V=3804kN	V=3063 kN	V=3196 kN	V=2960kN	V=107kN

Die Fundamentfeder muss $k_\varphi \geq$ 25900 MNm/rad betragen. Für die Gründung ist ein Nachweis der Ermüdung erforderlich.

10. Baustoffe

Turmmantel: Abschnitte 01 bis 21: S 355JR nach DIN EN 10025

Turmmantel: Abschnitte 22 bis 27: S 355JO nach DIN EN 10025

Flansche und Türzargen:	S 355N oder S 355NL nach DIN EN 10113-2 (Flansche 1 bis 4), S 355J2G3 oder S 355 K2G3 nach DIN EN 10025 (nur Fußflansch), S 355J2G3 oder S 355K2G3 nach DIN EN 10025 (Türzarge) aus Blechen mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche nach DIN EN 10164 Güteklasse Z 25 mit nachgewiesener Doppelungsfreiheit (Ultraschallprüfung) und Sprödbruchunempfindlichkeit (Aufschweißbiegeversuch nach SEP 1390), oder aus warmgewalzten (geschmiedeten) Ringen mit Ultraschallprüfung
Schrauben:	HV-Garnituren nach DIN 6914, 6915, 6916 Festigkeitsklassen 10.9 nach DIN ISO 898 M42 analog nach Werksnorm
Lastverteilblech:	S 235JR nach DIN EN 10025
Ankerplatte:	S 355J2G3 nach DIN EN 10025
Ankerstäbe:	ISO 4032, Festigkeitsklasse 8.8 nach DIN ISO 898, Vorspannkraft F_v = 400 kN (M42)
Stb.-Fundament:	B35 mit BSt 500 S,

11. Besondere Hinweise

11.1 Vor Gründungsbeginn ist durch einen Bodengutachter zu bestätigen, dass die in Abschn. 9 angegebenen erforderlichen Baugrundeigenschaften, Tragfähigkeiten und Randbedingungen am Aufstellungsort vorhanden sind.

RWTÜV

11.2 Für die Verwendung aller für die geprüfte Tragkonstruktion zum Einsatz kommenden Bauprodukte sind die gesetzlichen Bestimmungen der Landesbauordnungen zu beachten

11.3 Wegen der großen Abmessungen des Fundamentes ist zur Vermeidung schädlicher Auswirkungen infolge Abbindewärme und Schwindwirkungen ein Betontechnologe hinzuzuziehen. Auf die Einhaltung der geforderten Betondeckung ist zu achten. Die Betongüten sind durch Betonprüfzeugnisse der Lieferfirmen nachzuweisen.

11.4 Die Erdaufschüttung mit einer Wichte von $\rho \geq 18$ kN/m³ oberhalb der Fundamentplatte (siehe Anlage Nr. 3 bzw. 4) ist für die Standsicherheit erforderlich.

11.5 Für die Ausführung der Stahlkonstruktion gilt DIN 18800-7: 2002-09.

11.6 Die ausführende Stahlbaufirma muss die Bescheinigung der Klasse E (Großer Eignungsnachweis) zum Schweißen von Bauteilen aus Stahl nach DIN 18800 Teil 7 mit Erweiterung auf den Anwendungsbereich DIN 15018 oder DIN 4133 erbracht haben. Bezüglich der Sicherung der Güte der Schweißnähte ist ISO 5817 zu beachten. Die Schweißnähte in der Tragkonstruktion müssen der Bewertungsgruppe B entsprechen.

11.7 Der Fußflansch muss mittels einer Vergussfuge vollständig aufliegen. Dazu ist ein Vergussmörtel mit Prüfzeugnis zu verwenden. Der Vergussmörtel muss nichtschrumpfend sein und eine Mindestdruckfestigkeit von 50 N/mm² aufweisen.

11.8 Außer den in der Konstruktionszeichnung dargestellten Werkstattschweißnähten hat jegliche Schweißung am Turmmantel zu unterbleiben. Ausgenommen sind Schweißanschlüsse für Einbauten, die mindestens der Kerbfallklasse 71 gemäß DIN ENV 1993 genügen müssen.

11.9 Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass alle Schrauben der Flanschstöße mit den erforderlichen Vorspannkräften F_v vorgespannt sind. Die Anziehmomente sind analog DIN 18800 Teil 7 in Abhängigkeit vom verwendeten Schmiermittel

aufzubringen. Vor Beginn des Vorspannens dürfen die Flanschbleche nur geringe Klaffungen aufweisen und müssen frei von Fremdteilen sein. DIN 18800-7, Abschn. 8.4 ist zu beachten. Davon darf abgewichen werden, wenn im Einzelfall eine Begutachtung und Zustimmung durch ein Prüfamt erfolgt.

11.10 Bei den Ankerstäben ist die Vorspannkraft mit einem geeigneten Verfahren aufzubringen.

11.11 Beim Vorspannen der Schrauben in den Flanschverbindungen und der Fundamentankerschrauben ist durch geeignete interaktive Spannfolge dafür zu sorgen, dass abschließend alle Schrauben bzw. Anker die angegebene Vorspannung aufweisen. Die Vorspannung der Fundamentankerschrauben ist im ersten Jahr nach der Errichtung zweimal, im zweiten Jahr einmal, danach stets mit den Wartungsarbeiten (s.u.) zu überprüfen und ggf. zu korrigieren. Die Schrauben sind bei der Wartung der Anlage regelmäßig zu überprüfen (stichprobenweise), ob sie die erforderliche Vorspannung haben.

11.12 Ein Verbund der Ankerstäbe mit dem Beton ist durch geeignete Maßnahmen auszuschließen.

11.13 Die Stahlkonstruktion ist durch ein geeignetes Korrosionsschutzsystem nach DIN EN ISO 12944 bzw. durch Feuerverzinkung vor Korrosion zu schützen.

11.14 Bei Eisansatz ist die Anlage in Ruhestellung zu halten.

11.15 Der Turm ist zügig zu errichten. Eine längere Standzeit ohne Maschinenhaus ist aufgrund wirbelerregter Querschwingungen ohne entsprechende Maßnahmen nicht zulässig.

11.16 Die Inbetriebnahme der Windkraftanlage kann vom Hersteller in eigener Verantwortung durch sachkundige Personen vorgenommen werden.

11.17 Die Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen (vgl. Abschn. 7) sind zu beachten. Die Gutachten sind zur Bauakte zu nehmen.

RWTÜV

11.18 Ein Inbetriebnahmeprotokoll mit einer Bestätigung, dass die Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen erfüllt sind und dass die installierte Anlage mit der begutachteten und diesem Typenbescheid zugrunde liegenden Windkraftanlage identisch ist (Konformitätsbescheinigung), ist der Bauaufsichtsbehörde vorzulegen und zu den Bauakten zu nehmen.

11.19 Für den Baustahl müssen Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204 (Abnahmeprüfzeugnisse 3.1B) vorliegen, die auch die Zusatzforderungen nach Abschn. 10 und DIN 18800-1, Anhang A1 belegen.

11.20 Eine Bescheinigung über die einwandfreie Beschaffenheit der gelieferten Rotorblätter aus GFK (Werksprüfzeugnis) ist vorzulegen.

11.21 Dem Betreiber der Windenergieanlage ist das begutachtete Betriebshandbuch (Bedienungsanleitung und das Wartungspflichtenbuch) vorzulegen.

11.22 Dem Betreiber sind regelmäßige Prüfungen entsprechend dem Wartungspflichtenbuch im Abstand von höchstens 2 Jahren durch den Hersteller oder einen fachkundigen Wartungsdienst zur Auflage zu machen. Die dabei anzufertigenden Prüfprotokolle müssen vom Betreiber vorgehalten werden.

Der Leiter

i. V. Petruschke

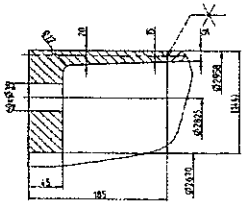
i. V. Dipl.-Ing. Petruschke

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN RWTÜV

Die Bearbeiterin

Dr.-Ing Skolnik

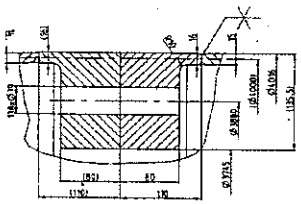
FLANSCH 1 / FLANGE 1
M 2.5 / SCALE 2.5



FLANSCH 2 / FLANGE 2
M 2.5 / SCALE 2.5

138 x HV-Garnitur / SET

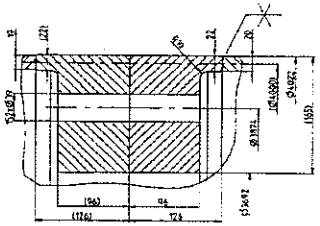
HV-Schraube / BOLT
DIN 6914-M36x215-10.9-12n
HV-Mutter / NUT
DIN 6915-M36-10-12n
HV-Scheibe / WASHER
DIN 6916-37-C45-12n



FLANSCH 3 / FLANGE 3
M 2.5 / SCALE 2.5

152 x HV-Garnitur / SET

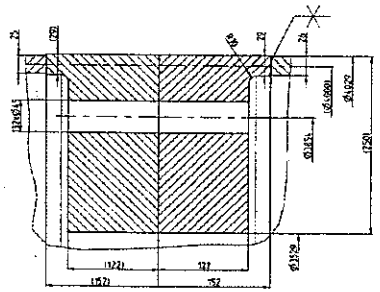
HV-Schraube / BOLT
DIN 6914-M36x245-10.9-12n
HV-Mutter / NUT
DIN 6915-M36-10-12n
HV-Scheibe / WASHER
DIN 6916-37-C45-12n



FLANSCH 4 / FLANGE 4
M 2.5 / SCALE 2.5

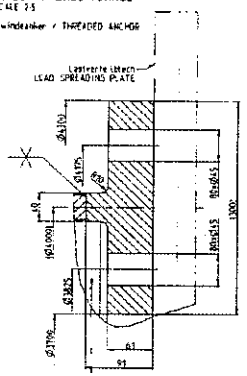
132 x HV-Garnitur / SET

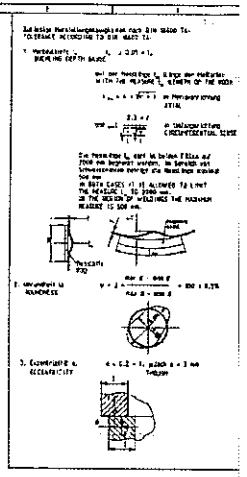
HV-Schraube / BOLT
DIN 6914-M42x310-10.9-12n
HV-Mutter / NUT
DIN 6915-M42-10-12n
HV-Scheibe / WASHER
DIN 6916-42-C45-12n



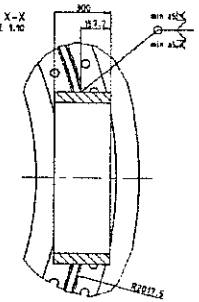
FUSSFLANSCH / BASE FLANGE
M 2.5 / SCALE 2.5

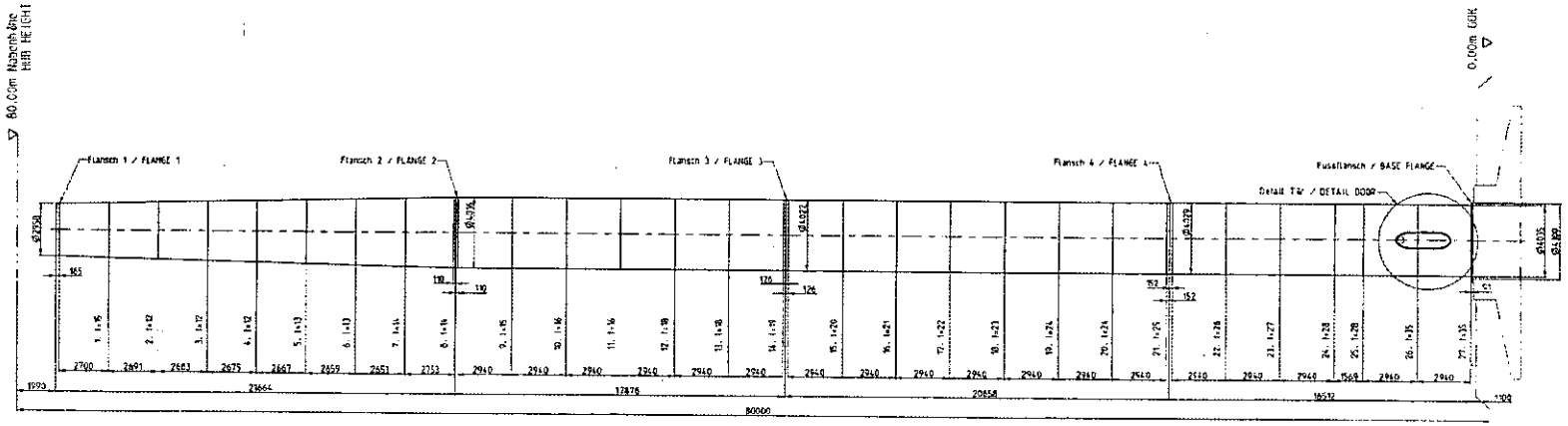
240 x Gewindeanker / THREADED ANCHOR
M42-8.8



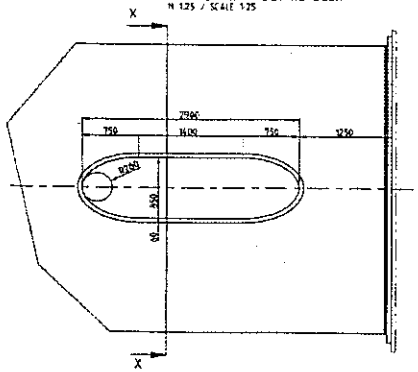


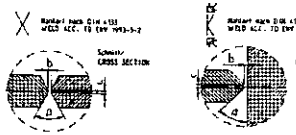
Schnitt / CUT X-X
M 1:10 / SCALE 1:10





DETAIL TÜR / DETAIL DOOR
M 1:25 / SCALE 1:25





Die Naht muss vollständig verschweißt werden. Wurzel durchschweißen. D-V, D-U- oder D-L-Naht mit Kehlnahtvorbereitung nach DIN EN 29692 oder ISO 9692-2

FULL JOINT PENETRATION, DEVELOPED WOOT. DOUBLE-V- OR DOUBLE-U-WELD WITH FILLET PREPARATION ACC. TO DIN EN 29692 OR ISO 9692-2

Die Naht muss vollständig verschweißt werden. Wurzel durchschweißen. Nahtüberstöße bündig. DKV-Naht, oder DHU-Naht bei Nahtvorbereitung nach DIN EN 29692 oder ISO 9692-2

FULL JOINT PENETRATION, DEVELOPED BOOT. CONVEX MACHINED SURFACE AT WELD TOE. DOUBLE-V- OR DOUBLE-BEVEL-WELD WITH JOINT PREPARATION ACC. TO DIN EN 29692 OR ISO 9692-2

Material Mindestgüte / MATERIAL MIN. QUALITY
nach / ACC. TO DIN 10025, EN 10113

Blech / SHEET	01-21	S355J2	
Blech / SHEET	22-27	S355N	
Flansch / FLANGE	01-06	S355N-Z35+	oder / OR
		S355NL-Z35	
Fussflansch / BASE FLANGE		S355J2+Z35++	oder / OR
		S355N2G1-Z35	
Türzarge / DOOR FRAME		S355J2G1-Z35++	oder / OR
		S355N2G1-Z35	

+ erhöhte Anforderung: Kerbschlagarbeit 27 Joule bei -50°C
+ ADVANCED REQUIREMENT: IMPACT ENERGY 27 JOULE AT -50°C
++ erhöhte Anforderung: Kerbschlagarbeit 40 Joule bei -20°C
++ ADVANCED REQUIREMENT: IMPACT ENERGY 40 JOULE AT -20°C

Kerbfälle nach DIN 4133 - FATIGUE DETAILS ACC. TO EN1993-3-2

Nahtbeschreibung WELD DESCRIPTION	Kerbfall-Klassifikation DETAIL CATEGORY
Längsnähte im Turmschaft LONGITUDINAL WELDS SHELL-SHELL	125
Quernähte im Turmschaft TRANSVERSE WELDS SHELL-SHELL	90
Anschluss Kopfflansch-Turmschaft CONNECTION TOP FLANGE-SHELL	90
Anschluss Flansch-Turmschaft CONNECTION FLANGE-SHELL	90
Anschluss Türzarge-Turmschaft CONNECTION DOOR FRAME-SHELL	90
Anschluss Fußflansch-Turmschaft CONNECTION BASE FLANGE-SHELL	90
Anschlüsse von An- und Einbauteilen CONNECTIONS OF TOWER INTERNALS	90

Freigabe der Produktion durch NORDEX GmbH nur nach Vorlage der Schweiß-Anweisungen für alle Bauteile.
PERMISSION TO WORK ONLY AFTER VERIFICATION OF THE WELDING INSTRUCTIONS BY NORDEX GmbH

Montagehinweisung

Anzugsdrehmomente:
für HV-Schrauben M36-10.9 (DIN 6914)
Ma = 2660 Nm, Fv = 596 kN
für HV-Schrauben M42-10.9 (DIN 6914)
Ma = 4400 Nm, Fv = 710 kN
alle HV-Muttern verhärtet mit M42 vorgeschmiert

MOUNTING INSTRUCTION

PRELOAD:
FOR HV-BOLT M36-10.9 (DIN 6914)
Ma = 2660 Nm, Fv = 596 kN
FOR HV-BOLT M42-10.9 (DIN 6914)
Ma = 4400 Nm, Fv = 710 kN
ALL HV-NUTS PRE LUBRICATED WITH M42 BY THE PRODUCER OF THE BOLT

Erforderliche Dokumentation
Für Rohrsegmente:
- Abnahmezeugnis 3.1B nach EN 10204 - mechanisch chem. Analyse des Materials
- Ausschweißungsversuch (für t>30mm nach SEP 1396 (=DIN 18800 T3 EL.404)
Für Flansche und Zargen aus Blech
- Abnahmezeugnis 3.1B nach EN 10204 - mechan. und chem. Analyse des Materials
- Ausschweißungsversuch (für t>30mm nach SEP 1396 (=DIN 18800 T3 EL.404)
- Ultraschall Fehlerprüfung nach EN 10160 KL. S1 und E4 (=SEL 072 Kl.3, Kl.2)
- Beschichtungsdicken in % - Z-Test nach EN 10164 (=SEL 096)
Für nahtlos geschmiedete Flansche und Zargen
- Abnahmezeugnis 3.1B nach EN 10204 - mechanisch chem. Analyse des Materials
- Materialprüfbescheinigung gemäß Standard
- Ultraschall Fehlerprüfung nach SEP 1921 3 E e

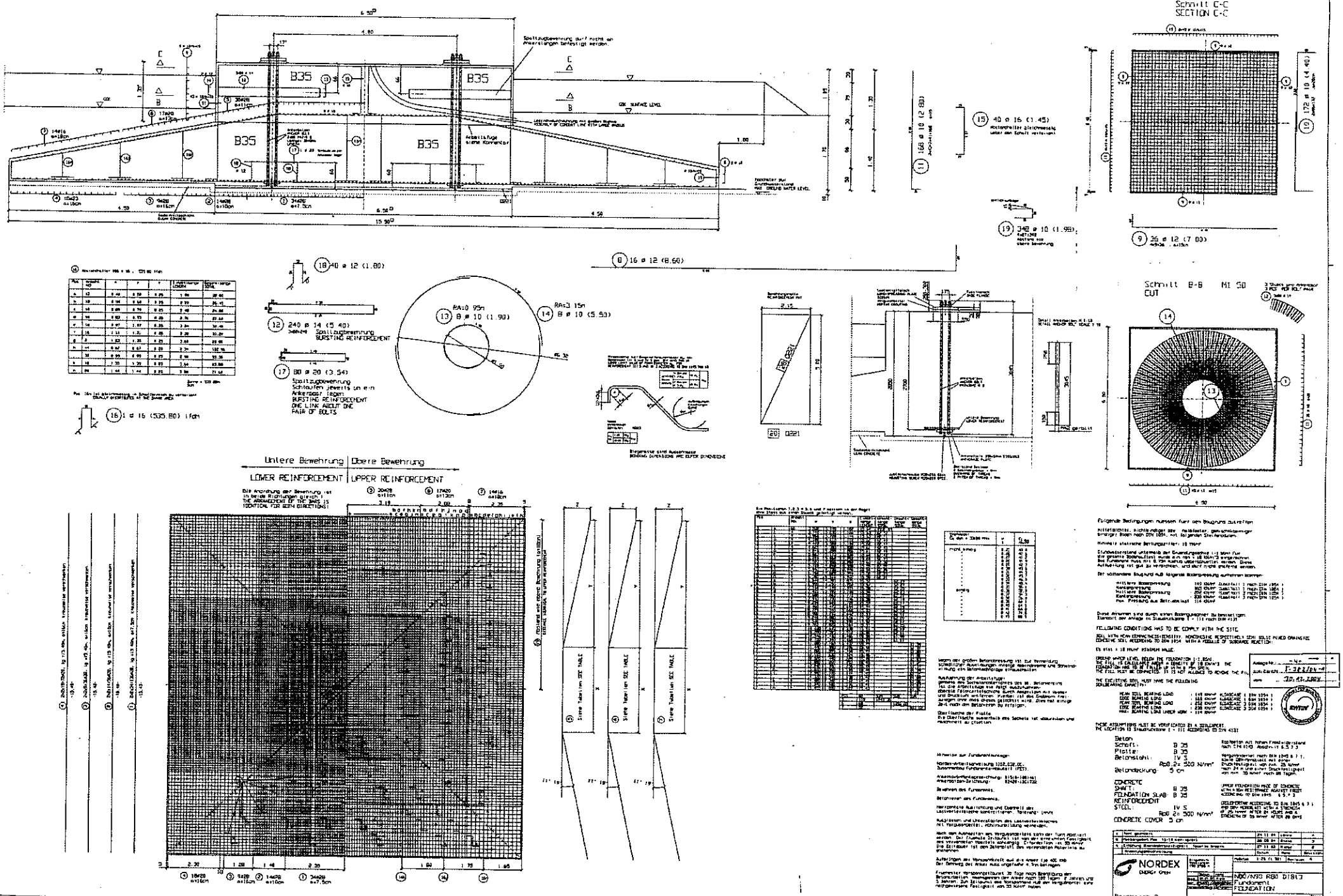
REQUIRED DOCUMENTATION:
FOR SHELLS:
- INSPECTION CERTIFICATE 3.1B ACCORDING TO EN 10204 - CHEMICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE MATERIAL
- WELD BEAD BEND TEST FOR t>30mm ACC.TO SEP 1396 (=DIN 18800T3 EL.404)
FOR FLANGES AND BRAKES MADE OF SHELL:
- INSPECTION CERTIFICATE 3.1B ACCORDING TO EN 10204 - CHEMICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE MATERIAL
- WELD BEAD BEND TEST FOR t>30mm ACC.TO SEP 1396 (=DIN 18800T3 EL.404)
- ULTRASONIC MATERIAL TEST ACCORDING TO EN 10160 LL. S1 AND E4 (=SEL 072 Tbl.1, Kl.2)
- REDUCTION OF AREA IN %-Z-TEST ACCORDING TO EN 10164 (=SEL 096)
FOR SEAMLESS FORGED FLANGES AND FRAMES:
- INSPECTION CERTIFICATE 3.1B ACCORDING TO EN 10204 - CHEMICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE MATERIAL
- CARBON EQUIVALENT WC.CONFORMING TO STANDARD
- ULTRASONIC MATERIAL TEST ACCORDING TO SEP 1921 3 E e

- Durchmessergaben sind auf die Außenkante bezogen
- Ausführung der Schweißnahte nach ISO 5817 Bewertungsgruppe B
- Vorbereitung der Schweißnahte nach ISO 9692-2 oder DIN EN 29692. Die Naht muß voll durchgeschweißt werden. Wurzel ausarbeiten!

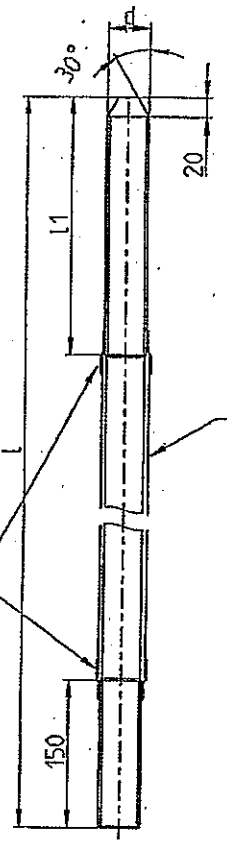
- DIAMETER MEASURES ARE OUTER DIMENSIONS
- DESIGN OF THE WELDINGS ACCORDING TO ISO 5817 QUALITY GROUP B
- JOINT PREPARATION OF THE WELDING ACCORDING TO ISO 9692-2 OR DIN EN 29692. FULL PENETRATION. GROUND WOOT

Anlage Nr. -2-
zum Bescheid T-384/04-1
vom 10.11.2004

GEZEICHNET	20.10.2004	Nordex Energy GmbH Langenhagen 2 22848 Norderstedt Germany	Hybrid Tower HAT-1990 RECHT. D1813
GEPRÜFT			Tubular Tower HAT-1990 RECHT. D1813
NORDEX			01160-102214


Schnitt C-C
SECTION C-C
B35
GOK SURFACE LEVEL
Spritzbewehrung darf nicht an Ankerstangen befestigt werden.
Arbeitsfuge siehe Kommentar
Nachweis zur Grundwasserauftrieb
MAX DRIVEN WATER LEVEL
Schnitt B-B M1 50
CUT
Untere Bewehrung | Obere Bewehrung
LOWER REINFORCEMENT | UPPER REINFORCEMENT
Die Anordnung der Bewehrung ist in beide Richtungen gleich!
THE ARRANGEMENT OF THE BARS IS IDENTICAL FOR BOTH DIRECTIONS!
Folgende Bedingungen müssen für den Baugrund zutreffen
FOLLOWING CONDITIONS HAS TO BE COMPLY WITH THE SITE
Beton
Schaft: B 35
Platte: B 35
Betonstahl: IV S
Betondeckung: 5 cm
CONCRETE
SHAFT: B 35
FOUNDATION SLAB: B 35
REINFORCEMENT STEEL: IV S
CONCRETE COVER 5 cm
NORDEX ENERGY GmbH
Barmbarch 2
22848 Norderstedt
N60/N90 R80 DIBt3
Fundament
FOUNDATION
991.03.80031.04

Bezeichnung description	d [mm]	l [mm]	Festigkeits-klasse property class	l1 [mm]	Gewicht weight [kg]	SAP
M42x3045 8.8	M42	3045	8.8	260	33.1	7341
M36x3045 8.8	M36	3045	8.8	250	24.3	13689
M42x3435 10.9	M42	3435	10.9	260	37.4	17017



Hüllrohr PP / Cladding Tube PP
Dicke = 5mm ± 2mm

Abschluss zu den Gewinden mit Schrumpfschlauch
Ending with shrinkable tubing

Festigkeit gemäß DIN EN ISO 898-1
Kerbschlagarbeit 27 Joule bei -40 °C
Gewinde gerollt
100% Rissprüfung

Strength properties according to
DIN EN ISO 898-1
Impact energy 27 joule at -40 °C
Chipless manufactured thread
100% free of cracks

Anlage Nr.: - 5 -
zum Bericht T 382/04-1
vom 30.12.2004

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
WINDENERGIEANLAGEN

Verwendung in Anlage/usage in turbine: Ankerkorb / Anchor cage	Allgemeintoleranzen/tolerance class: ISO 2768-m		Maßstab/scale: 1:5 · Gewicht/weight: 33.1 kg
Verwendung in System/usage in system: Turm/tower (modular)	Werkstückkanten/edges of workpiece: -		Werkstoff/material: - · ESP-Nr./no.: -
Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung, Betrieb oder Weitergabe an Dritte ohne ausdrückliche Genehmigung durch Nordex untersagt. Nordex reserves all rights to this document. Copying, use or distribution without written permission from Nordex strictly prohibited.		Datum/date	Name
	erstellt/created	15.09.04	Lemke
	geprüft/checked	02.11.04	Pfitzmann
	freigegeben/released	02.11.04	Jakubowski
			Benennung/title: Ankerbolzen (MT) - anchor bolt (mt) -
Nordex Energy GmbH, Bornbarch 2, 22848 Norderstedt, Germany	NORDEX		Zeichnungsnummer/drawing number: 02420-1001732 · Revision: 0
			Zeichnungsstatus/drawing status: Serienfreigabe · Format: A3 · Blatt/sheet: 1/1
	Urspr./origin: -		Ers.f./repl.f.: - · Ers.d./repl.by: -

NORDEX N90

Technische Beschreibung

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
RWTÜV

Anlage Nr.: -1-
zum Bericht T-382/04-1
vom 30.12.2004

Inhaltsverzeichnis

1 Technische Konzeption

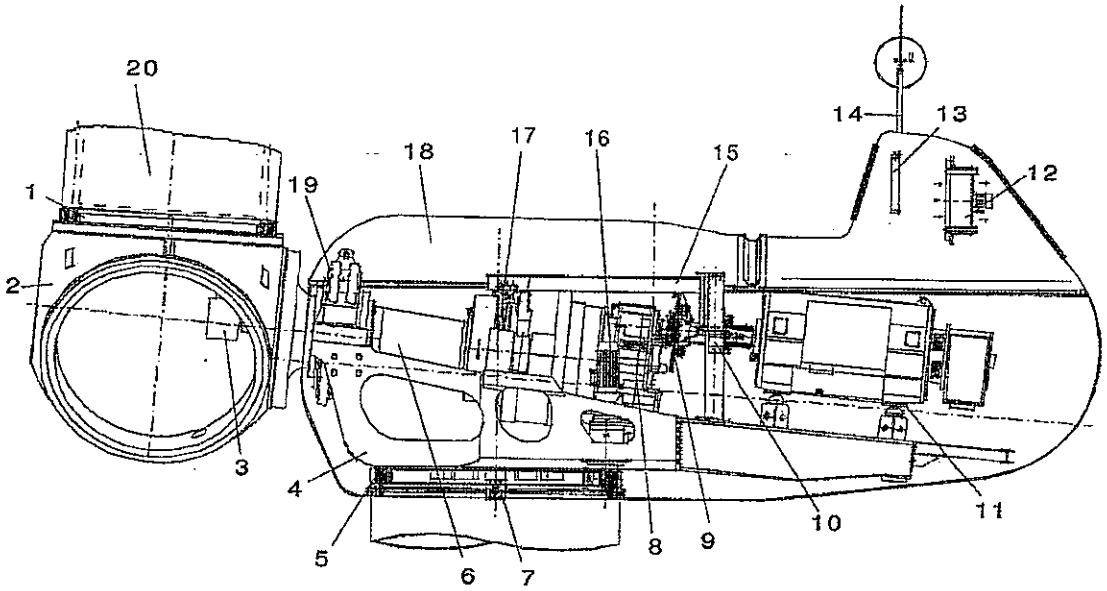
Die NORDEX N90 ist eine drehzahlvariable Windenergieanlage mit 90 m Rotordurchmesser und einer Nennleistung von 2 300 kW. Die Maschine und die Blätter sind für die Klasse GL 2/IEC 2 ausgelegt.Die Leistungsbegrenzung erfolgt durch Einzelblattverstellung (pitch).

Die Anlage ist eine Weiterentwicklung der NORDEX N80.

NORDEX ist gemäß ISO 9001 zertifiziert. Das Qualitäts-Management-System und somit auch die Produktionsprozesse erfüllen die Anforderungen gemäß ISO 9001. NORDEX arbeitet bei allen Hauptkomponenten mit mehreren qualifizierten Zulieferern zusammen.

Informationen über die verfügbaren Zertifikate sind im Dokument *Zertifikate* zu finden.

Übersicht NORDEX N90



1 Blattdrehkranz	6 Rotorwelle	11 Generator	16 Azimutantrieb
2 Rotornabe	7 Azimutbremsen	12 Generatorkühler	17 Getriebelager
3 Pitchantrieb	8 Getriebe	13 Getriebekühler	18 Kabine
4 Maschinenträger	9 Sicherheitsbremse	14 Wettermast	19 Hauptlager
5 Azimutlager	10 Generatorkupplung	15 Bordkran	20 Rotorblatt

Allgemeine Daten	
Typ	3-Blatt-Rotor mit horizontaler Achse, Luv-Läufer
Leistungsregelung	aktive Blattverstellung
Nennleistung	2 300 kW
Startwind	3 m/s
Nennleistung bei Windgeschwindigkeit	ca. 13 m/s
Abschaltwind	25 m/s
rechnerische Lebensdauer	20 Jahre

Klimatische Entwurfsdaten	
Gondel und Rotor zertifiziert nach	GL 2, IEC 2
Umgebungstemperatur	-20...+40 °C

2 Rotor

Der Rotor besteht aus drei Blättern, einer Rotornabe, Drehkränzen und Antrieben zur Blattverstellung. Die Rotorblätter sind aus hochwertigem glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) hergestellt. Die Verstellsysteme sind dreifach redundant ausgeführt. Die Blätter sind ausgestattet mit einem Blitzschutzsystem mit einer Fangelektrode, die den Blitz zur Nabe hin ableitet.

Rotordaten	
Rotordurchmesser	90 m
überstrichene Fläche	6 362 m^2
max. Blattspitzengeschwindigkeit	ca. 80 m/s
Leistung/Fläche	362 W/m^2
Umdrehungszahl	9,6...16,9 min^{-1}
Neigungswinkel der Rotorwelle	5°
Konuswinkel der Flügel	2°
Gesamtgewicht	ca. 52 t

Rotornabe	
Material	Kugelgraphitguss EN-GJS-400-18U-LT
Gesamtgewicht	ca. 22,5 t

Rotorblätter	
Material	glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)
Gesamtlänge	43,8 m
Gewicht je Blatt	ca. 10,2 t

3 Hauptwelle

Der Triebstrang besteht aus der Rotorwelle, dem mittels Schrumpfscheibenverbindung gekoppelten Getriebe, einer kardanischen, elastischen Kupplung und dem Generator.

Hauptwelle	
Material	34 CrNiMo6
Gewicht	ca. 11,3 t
Lager	Pendelrollenlager
Lagergehäuse	Kugelgraphitguss EN-GJS-400-18U-LT

4 Getriebe

Das Getriebe ist als zweistufiges Planetengetriebe mit einer Stirnradstufe ausgeführt. Die Getriebekühlung ist über einen Öl/Luft-Kühlkreislauf mit gestufter Kühlleistung realisiert. Die Getriebelager und Zahneingriffe werden kontinuierlich mit gekühltem Öl versorgt.

Getriebe	
Typ	zweistufiges Planetengetriebe + Stirnradstufe
Nennleistung	2 450 kW
Übersetzungsverhältnis	ca. 1 : 77
Schmierung	Zwangsschmierung
Ölmenge	ca. 360 l
Öltyp	VG 320
Ölwechsel	halbjährliche Kontrolle, Wechsel nach Bedarf
Gewicht	ca. 18,5 t

5 Generator

Beim Generator handelt es sich um eine doppelt gespeiste Asynchronmaschine. Der Generator wird über eine Wasserkühlung auf optimalen Betriebstemperaturen gehalten.

Generator	
Schutzart	IP 54
Nennleistung	2 300 kW
Nennspannung	660 V
Frequenz	50 Hz
Drehzahl	740...1 310 min^{-1}
Pole	6
Gewicht	ca. 10 t

6 Kühlung und Filtration

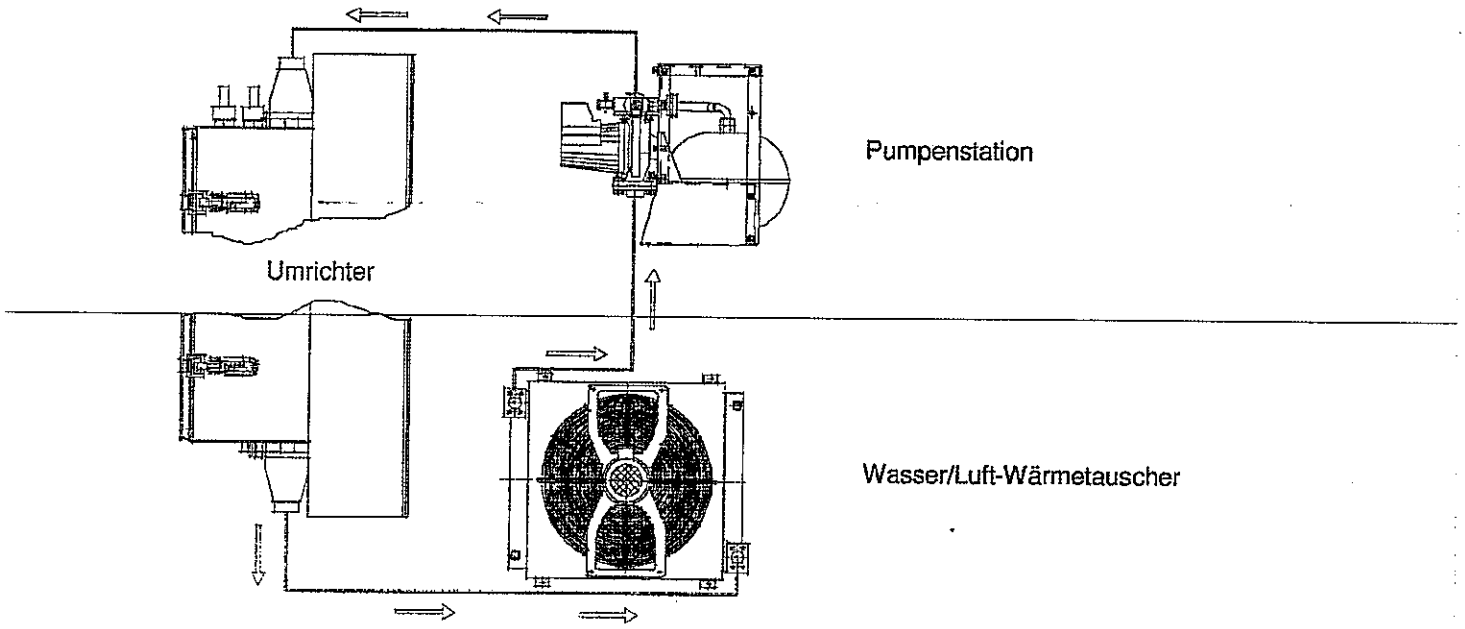
Getriebe, Generator und Umrichter der N90 haben voneinander unabhängig aktive Kühlsysteme. Alle Systeme sind so ausgelegt, dass sich auch bei hohen Außentemperaturen optimale Betriebstemperaturen einstellen. Die Temperaturüberwachung einzelner Getriebelager, des Getriebeöls, der Generatorwicklungen, der Generatorlagerung und des Kühlwassers (Wasser/Glykol-Gemisch) erfolgt kontinuierlich und teilweise redundant durch die Steuerung.

Getriebekühlung: Die Wärmeabfuhr aus dem Getriebe geschieht über den Ölkreislauf in einem Öl/Luft-Wärmetauscher. Eine 2-stufige Umpump-Filtereinheit pumpt das Getriebeöl durch zwei Filter (Grobfilter 100 µm, Feinfilter 10 µm) in den Kühlkreislauf. Eine Thermodrossel schließt den Kühlkreislauf kurz, solange das Öl noch nicht die optimale Arbeitstemperatur erreicht hat. Bei Überschreiten einer bestimmten Öltemperatur wird das Öl in zwei Öl/Luft-Wärmetauschern stark abgekühlt. Die Wärmetauscher befinden sich im oberen Teil der Gondel und werden frei von Außenluft durchströmt, besitzen jedoch zusätzlich je einen Ventilator. Das gekühlte Öl wird über ein im Getriebe liegendes Rohrsystem an die thermisch hochbelasteten Bauteile befördert.

Grob und Feinfilter haben die Aufgabe, Feststoffe aus dem Getriebeöl zu entfernen. Optional und gegen Aufpreis kann eine zusätzliche Nebenstromfiltration (Feinstfilter 2 µm) installiert werden.

Generatorkühlung: Die Wärmeabfuhr erfolgt durch eine generatorinterne Luftkühlung. Die Wärme der Kühlluft wird durch einen Luft/Wasser-Wärmetauscher an das Kühlwasser abgegeben.

Umrichterkühlung: Der Umrichter der WEA ist im Schaltschrank integriert und befindet sich auf der untersten Plattform im Turm. Das im Umrichter erwärmte Wasser wird in einem Wasser/Luft-Wärmetauscher abgekühlt, der sich oberhalb der Eingangstür befindet. Die erwärmte Luft wird durch einen Ventilator nach außen befördert.



7 Bremssystem

Das aerodynamische Bremssystem wird über die drei unabhängig und redundant angesteuerten Rotorblätter realisiert, die vollständig quer zur Drehrichtung verstellt werden können. Zur Rotorblattverstellung steht ein Sicherheitssystem zur Verfügung – fällt die Netzspannung aus, wird eine Notstromversorgung zugeschaltet, die die Blätter quer zur Rotationsrichtung stellt.

Zusätzlich zur Einzelblattverstellung ist die NORDEX N90 mit einer mechanischen Bremse ausgestattet, die bei einem Not-Stopp ein Moment entsprechend dem einfachen Nennmoment aufbringt. Die Bremse unterstützt das Abbremsen mit den Rotorblättern und bringt den Rotor zum Stillstand. Die Bremskraft ist durch mehrere Bremsprogramme sanft geregelt, um Kraftspitzen zu vermeiden. Nach Stillstand der Anlage wird der Rotor mit dem zweifachen Nennmoment festgesetzt.

Die mechanische Bremse arbeitet nach dem Fail-Safe-Prinzip, d. h., die Bremskraft wird durch vorgespannte Federpakete erzeugt, die im Betrieb der Anlage hydraulisch gelüftet werden.

Aerodynamische Bremse	
Typ	Einzelblattverstellung
Aktivierung	elektrisch

Mechanische Bremse	
Typ	Scheibenbremse
Anordnung	auf der schnellen Welle
Scheibendurchmesser	1 000 mm
Anzahl der Bremskaliber	2
Material der Bremsbeläge	Sintermetall

8 Hydraulisches System

Das hydraulische System stellt im Betrieb für die Azimut- und Rotorbremse den nötigen Öldruck bereit. Die hydraulische Rotorarretierung und Haubenöffnung lassen sich manuell öffnen bzw. schließen.

Hydraulisches System	
Hydrauliköl	VG 32
Ölmenge	ca. 45 l
Nennleistung der Hydraulikpumpe	1,5 kW
thermischer Schutz	integrierte PT 100

9 Gondel

Die Gondel besteht aus einem gegossenen Bodenrahmen und der Kabine. Die Kabine wird aus hochwertigem, glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) hergestellt. Das Dach der Gondel wird hydraulisch geöffnet. Durch die Form der Gondel und die Anordnung des Kühlers wird die natürliche Umströmung für die Kühlung genutzt.

In der Gondel ist ein Service-Kran installiert, der zum Heben von Werkzeugen und sonstigem Arbeitsmaterial vorgesehen ist.

Gondel	
Typ des Bodenrahmens	gegossene Konstruktion
Material	Kugelgraphitguss EN-GJS-400-18U-LT
Typ der Kabine	Schalenkonstruktion auf geschweißtem Rahmen
Material	glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)/S235JR
Kranhersteller	Mechanik Taucha
Tragkraft	250 kg

10 Windnachführung

Die Windrichtung wird in Nabenhöhe mit zwei Geräten kontinuierlich gemessen. Bei einer Überschreitung der zulässigen Abweichung wird die Gondel aktiv nachgeführt. Die Nachführung geschieht über zwei Getriebemotoren, die einen gelagerten Drehkranz verstellen. Wird die Gondel nicht gedreht, so werden die Haltebremsen festgesetzt. Diese Haltebremsen sind zum einen auf dem Umfang verteilt, auf dem sich auch der Drehkranz befindet und zum anderen im Antrieb auf der schnellen Seite des Azimutgetriebes angeordnet.

Azimutlagerung	
Art	Kugellagerung
Material	42 CrMo4
Gewicht	ca. 2,3 t

Azimutantrieb	
Motor	Asynchronmotoren
Getriebe	4-stufiges Planetengetriebe
Anzahl der Antriebe	2
Schmierung	Öl, ISO VG 620
Nachführgeschwindigkeit	ca. 0,5 °/s

Azimutbremse	
Typ	hydraulische Scheibenbremse
Material Bremsbeläge	organisch
Anzahl der Bremskaliber	10

11 Turm und Fundament

Die NORDEX N90 wird auf einem Stahlrohrturm oder Gitterturm für verschiedene Nabenhöhen und Windzonen errichtet, siehe nachfolgende Tabelle.

Nabenhöhe	80m (MT)	100m (MT)	105 m
Klasse (Windzone)	DIBt 3, GL2	DIBt 2, IEC3	DIBt 2
Anzahl der Turmsegmente	4	6	Gitterturm
Gewicht mit Einbauten [t], ca.	180	320	185

Die Aufstiegsleiter mit Steigschutz, Ruhe- und Arbeitsplattformen befinden sich innerhalb des Rohrturmes. Der Korrosionsschutz des Stahlrohrturmes wird durch eine Epoxidharz-Beschichtung der Oberfläche gemäß ISO 12944 gewährleistet. Die Fundamentausführung für die NORDEX N90 hängt von den Bodenverhältnissen am vorgesehenen Standort ab. Weitere Informationen sind im Dokument *Fundamente* zu finden.

Stahlrohrturm	
Material	S355
Korrosionsschutz	Epoxidharz-Beschichtung
Turmverankerung	Ankerkorbkonstruktion, einbetoniert

12 Steuerung und Netzanbindung

Die Betriebsführung der Anlage erfolgt durch eine Speicher programmierbare Steuerung (SPS), welche die Messaufnehmer der Anlage und der Umgebung abfragt und auswertet und mit dem Ergebnis die Steuerparameter für die Anlage bildet.

Die Windenergieanlage arbeitet mit zwei Messgeräten zur Erfassung der Winddaten. Das erste wird zur Steuerung eingesetzt, das zweite überwacht das erste Gerät. Bei Ausfall eines Gerätes wird das andere zur Steuerung genutzt.

Auf einem Kontrollbildschirm am PC können alle Betriebsdaten beobachtet und überprüft sowie Funktionen wie Anfahren, Abschalten und die Windnachführung gesteuert werden.

Außerdem ist die NORDEX N90 mit einer Datenfernüberwachung ausgestattet. Die Übertragung der Daten und Signale erfolgt per ISDN-Verbindung und dem "Internet Explorer".

Die Netzkopplung der NORDEX N90 erfolgt über einen IGBT-Umrichter nach dem Prinzip der doppelt gespeisten Asynchronmaschine. Die Blindstrom-Kompensation kann über eine Parametervorwahl mit dem IGBT-Umrichter im Bereich von 0,9 induktiv bis 0,95 kapazitiv frei eingestellt werden. Die Schaltströme bei Netzaufschaltung können mit diesem System auf Faktoren in der Größenordnung von 1 realisiert werden.

Die Steuerung und die Hydraulikventile sind bei Netzausfall über mindestens 10 Minuten mit einer unterbrechungsfreien Stromversorgung gepuffert (USV).

Steuerung	
Typ	Remote Field Controller/SPS, Nordex Control
Netzaufschaltung	IGBT-Umrichter
automatisches Anfahren:	
– nach Netzausfall	ja, durch Fernüberwachung
– nach Abschaltwind	ja

13 Blitzschutz

Bei der Entwicklung der NORDEX N90 ist dem Blitzschutz höchste Aufmerksamkeit gegeben worden. Für alle Komponenten ist ein höchst zuverlässiger Schutz erreicht worden. Der Blitz- und Überspannungsschutz der Gesamtanlage entspricht dem Blitz-Schutzzonen-Konzept und richtet sich nach den Normen IEC 61024 und DIN VDE 0185. Eine ausführliche Beschreibung befindet sich im Dokument *Blitz- und Überspannungsschutz.*

14 Betriebsführung

Eine Hauptaufgabe der Betriebsführung (des Steuerrechners) ist es, die in der Steuerung der WEA gespeicherten Betriebsparameter im laufenden Betrieb ständig zu überwachen und einzuhalten. Die Parameter werden von Nordex vorgegeben und sind auf den jeweiligen Standort abgestimmt. Der Hintergrund ist der automatische und sichere Betrieb der Anlage in allen Situationen.

Bei Windstille bleibt die WEA im Ruhezustand (Sparmodus), d. h. nur der Steuerungsrechner ist in Betrieb und erfasst die (Wetter-) Daten. Alle anderen Systeme sind ausgeschaltet und verbrauchen so keinen Strom. Einzige Ausnahme ist das Bremssystem (Hydraulikpumpe). Der Rotor trudelt.

Wird die Einschaltwindgeschwindigkeit erreicht, wechselt die WEA in den Zustand Betriebsbereit. Jetzt werden alle Systeme getestet und die Gondel richtet sich nach dem Wind aus. Wird der Wind stärker, beginnt der Rotor, sich schneller zu drehen. Ist eine bestimmte Drehzahl erreicht, wird der Generator ans Netz gekoppelt und die WEA produziert Strom. Während des Betriebes folgt die Gondel der Windrichtung. Die Gondel kann sich mehrmals um die eigene Achse drehen. Wird jedoch ein Grenzwert überschritten, schaltet sich die WEA ab, dreht sich zurück und startet wieder.

Bei Überschreitung der Abschaltwindgeschwindigkeit, schaltet sich die WEA ab, d. h. die Rotorblätter werden um 90° in Fahnenstellung gedreht. Der Rotor bremst ab.

An allen Systemen und vielen Komponenten der WEA sind Sensoren angebracht, die den jeweiligen Zustand an die Steuerung melden. Für jeden Messpunkt gibt es Soll-Werte (Betriebsparameter), die eingehalten werden müssen. Wird ein Wert überschritten, reagiert die Steuerung. Je nach Parameter gibt es da unterschiedliche Möglichkeiten.

Bei Überschreitung von bestimmten Temperaturgrenzwerten wird z. B. zuerst die Pumpe des Kühlkreislaufes eingeschaltet. Ist ein bestimmter Soll-Wert wieder erreicht, schaltet sich die Pumpe ab. Bei Überschreitung eines weiteren Grenzwertes wird eine Warnung an die Fernüberwachung gesendet. Die Fernüberwachung ist rund um die Uhr besetzt und entscheidet anhand aller aktuellen Betriebsdaten, was zu tun ist. Sinkt die Temperatur wieder unter einen bestimmten Grenzwert, wird die Warnung aufgehoben. Bei Überschreitung eines dritten Grenzwertes schaltet sich die Maschine sofort ab. Dieser dritte Grenzwert ist so ausgewählt, dass noch kein Schaden an der Maschine entsteht.
Dieser einen Messstelle sind somit sechs Parameter zugeordnet, drei hohe und drei niedrige Temperaturgrenzwerte.

Bei Überschreitung von bestimmten Parametern, die die Sicherheit der Anlage betreffen, schaltet sich die WEA sofort ab, z. B. Überschreitung der Abschaltwindgeschwindigkeit oder Auslösung des Not-Aus. Für unterschiedliche Abschaltursachen gibt es ebenso unterschiedliche Bremsverläufe. Bei äußeren Ursachen wie zu hoher Windgeschwindigkeit oder Netzfehler wird die Anlage sanft gebremst. Bei sicherheitsrelevanten Ursachen wird eine Notbremsung durchgeführt, die den Rotor schneller zum Stehen bringt.

Die Sensoren werden im 40-ms-Takt abgefragt. Daraus berechnet die Steuerung die 3-Sekunden-Mittelwerte, aus diesen Mittelwerten wird der 30-Sekunden-Mittelwert gebildet und daraus wiederum der 10-Minuten-Mittelwert. Diese Werte werden zur Regelung der WEA genutzt. Für die Windgeschwindigkeit wird der 30-s-Mittelwert herangezogen, da durch die Turbulenz des Windes die WEA zu häufig bzw. zu früh abschalten würde. Damit jedoch auch kurzzeitige starke Böen, die in einem Mittelwert geglättet werden, keinen Schaden anrichten, wird zusätzlich der 3-s-Mittelwert betrachtet. So schaltet sich die Anlage ab, falls der 30-s-Mittelwert > 25 m/s ist oder der 3-s-Mittelwert > 28 m/s. Damit ist eine umfassende Sturmabschaltung sichergestellt.

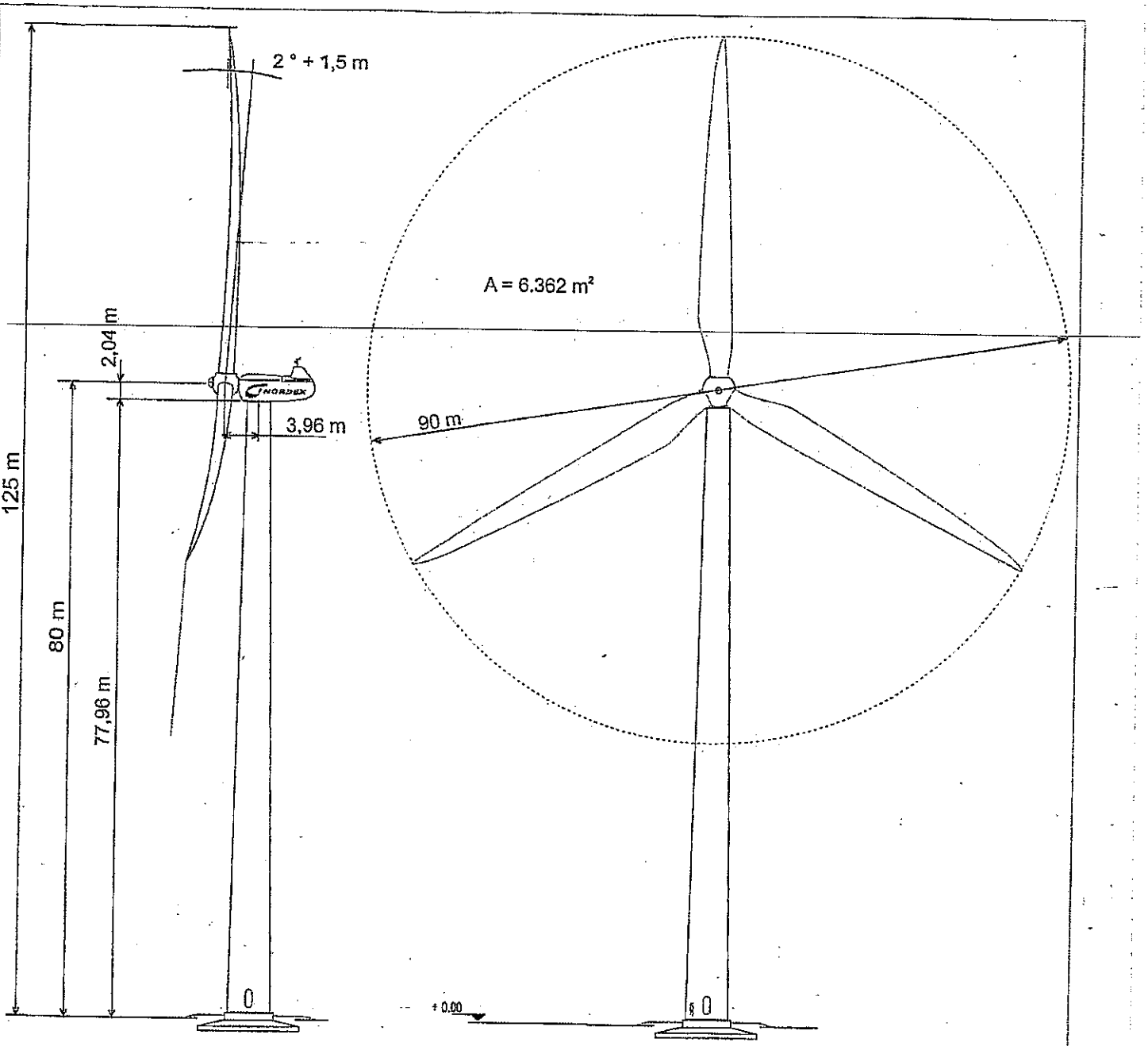
Nach jedem Abschalten gibt es aus Sicherheitsgründen eine gewisse Verzögerungszeit, bevor die Anlage wieder anfahren kann.

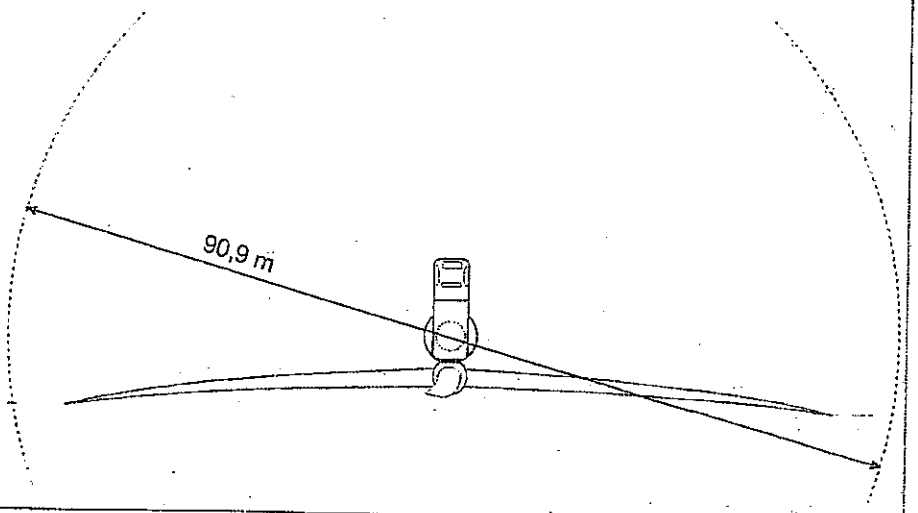
15 Zusätzliche Hinweise

Abweichungen von den dargestellten Betriebsbedingungen können sich negativ auf den Betrieb der Windenergieanlage auswirken. Insbesondere können Leistungsminderungen auftreten.

Bei Vereisung ist die Anlage stillzulegen. Bei tiefen Temperaturen muss z. B. nach einem Netzausfall bei einigen Komponenten der Anlage mit einer gewissen Vorheizzeit gerechnet werden.

Im Zusammenhang mit der ständigen Weiterentwicklung unserer Anlagen behalten wir uns technische Änderungen vor.





NORDEX	NORDEX N90 Nabenhöhe: 80 m Klassifizierung: DIBt 3	Maßstab: 1 : 500 Format: DIN A3 Datum: 26.02.2004 Datei: N90-2-R80-DIBt3-de

Ministerium für Bauen und Wohnen
des Landes Nordrhein-Westfalen

Postanschrift: Ministerium für Bauen und Wohnen NRW · 40 190 Düsseldorf

Dienstgebäude und Lieferanschrift:
Elisabethstraße 5-11, 40 217 Düsseldorf
Telefon: (0211) 38 43 - 0
Durchwahl: 38 43 - 385
Telefax : (0211) 3 84 36 01

— PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK —

Datum: **18.07.2002**

II B 2-543-751

Prüfbescheid
II B 2-543-751

Typenentwurf:	Turm für Windenergieanlage Typ NORDEX N 90 (Nabenhöhe 80 m)
Antragsteller:	Nordex Energy GmbH Bornbarch 2 22848 Norderstedt
Geltungsdauer bis:	31.07.2007

Der Prüfbescheid umfasst 9 Seiten und 5 Anlagen, die Bestandteil dieses Prüfbescheides sind.

Siehe Auflagen im Bauschein

GEPRÜFT!
Gehört zum
Bauschein Nr. B6 - K0573/2003
vom: 05 FEB. 2004
Kreisverwaltung Cochem-Zell
- Untere Bauaufsichtsbehörde -
Im Auftrag

Land Nordrhein-Westfalen
Ministerium für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport

Seite 2 des Prüfbescheides II B 2-543-751 vom 18.07.2002

I. Allgemeine Bestimmungen

1. Dieser Prüfbescheid entbindet die Bauaufsichtsbehörde zwar von der Verpflichtung zur nochmaligen Prüfung in statischer Hinsicht, nicht jedoch von der Verpflichtung zu überwachen, ob die Bauausführung mit diesem Prüfbescheid und seinen unter II. 3 aufgeführten Anlagen übereinstimmt.

   Bei Abweichungen von diesem Prüfbescheid oder seinen Anlagen ist die Standsicherheit im Einzelfall nachzuweisen und zu prüfen.

2. Dieser Prüfbescheid ersetzt keine für die Durchführung von Bauvorhaben erforderlichen Genehmigungen.

3. Dieser Prüfbescheid darf nur vollständig - nicht auszugsweise - und seine Anlagen dürfen nur zusammen mit diesem Prüfbescheid verwendet oder veröffentlicht werden.

4. Zur Verlängerung der Geltungsdauer dieses Prüfbescheides ist ein Antrag erforderlich.

5. Das Recht auf vorzeitigen Widerruf bleibt dem Prüfamt für Baustatik vorbehalten.

II. Besondere Bestimmungen

1. Beschreibung:

Der Turm ist als konischer Stahlrohrmast ausgebildet. Die Höhe des Turmes beträgt 76,91 m bzw. 76,80 m (Nabenhöhe 80,0 m). Der maximale Durchmesser am Fuß beträgt 4,26 m.

Der Mast besteht aus einer werksseitig geschweißten Stahlblechkonstruktion in 4 Schüssen (Kegelstumpfsegmenten), die mittels Flanschverbindungen auf der Baustelle zusammengeschraubt werden. Der Typenentwurf beinhaltet 2 Varianten, die sich nur in der Ausführung des Flansches (L-Flansch bzw. T-Flansch) zwischen den beiden unteren Schüssen unterscheiden.

Die Verankerung im Fundament erfolgt durch einbetonierte Anker, die am Fußflansch angeschlossen werden.

Das quadratische Stahlbetonfundament hat eine Seitenlänge von 15,5 m und eine Höhe von 0,5 m ansteigend auf 1,4 m am Rande des Sockels, der mit 6,5 m Seitenlänge und 1,35 m Höhe ausgeführt ist.

Der Turm dient zur Aufnahme einer drehzahlvariablen Windenergieanlage der Firma Nordex Energy GmbH vom Typ N 90.

Die Windenergieanlage arbeitet im Drehzahlbereich von 9,04 – 16,92 U/min.

Anzahl der Rotorblätter:	3
Rotordurchmesser:	90,0 m
Nennleistung:	2,3 MW

Die erste Eigenfrequenz des Turmes wurde für zwei Einspannungsverhältnisse untersucht. Die Eigenfrequenzen ergeben sich zu

$f_0 = 0{,}354$ Hz (starre Einspannung):

$f_0 = 0{,}323$ Hz (elastische Einspannung)

Die dynamische Bodenfeder wurde mit $k\varphi > 2{,}59\ 10^{10}$ Nm/rad angesetzt.

Der Betriebsfestigkeitsrechnung des Turmes liegt eine Lebensdauer von 20 Jahren zugrunde.

2. **Umfang der bautechnischen Prüfung:**

Gegenstand der Typenprüfung ist der Tragsicherheitsnachweis incl. Betriebsfestigkeitsnachweis des Mastes einschließlich Fundament sowie die Ermittlung der Eigenfrequenzen zum Nachweis des ausreichenden Abstandes zu den Anregungsfrequenzen des laufenden Rotors.

Die Prüfung der angesetzten Lasten aus der Windturbine, der Festigkeitsnachweise der Rotorblätter und der Maschinenbauteile sowie die Bestätigung der Betriebssicherheit erfolgten in Form von gutachtlichen Stellungnahmen durch geeignete Sachverständige (siehe Abschn. 6).

Nachweise von Montagezuständen des Turmes sind nicht Bestandteil dieses Typenentwurfs.

3. **Anlagen zum Prüfbescheid:**

Folgende Anlagen definieren die Windenergieanlage, für die dieser Typenprüfbescheid ausgestellt ist:

Anlage Nr. 1: Technische Beschreibung der Windenergieanlage (8 Seiten).

Anlage Nr. 2: Ansicht NORDEX N90 80 m Nabenhöhe (1 Seite).

Land Nordrhein-Westfalen - Ministerium für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport

Folgende Anlagen wurden in bautechnischer Hinsicht typengeprüft:

Anlage Nr. 3: N 90 R 80 DIBt 3 Rohrturm
(Zeichnung-Nr. 901_02_80031_00),

Anlage. Nr. 3a: N 90 R 80 DIBt 3 Rohrturm Variante T
(Zeichnung-Nr. 901_02_80032_00),

Anlage Nr. 4: N 90 / 80 DIBt 3 Fundament
(Zeichnung-Nr. 901_03_80031_00).

4. Grundlagen des Typenentwurfs:

Als bautechnische Unterlagen des Typenentwurfs wurden geprüft:

- Statische Berechnung für die Windkraftanlage Nordex N 90
  Stahlrohrturm: Seiten 1 bis 56 und Anhänge 4 bis 8 (Flansche und Tür)
  vom 09.04.2002,
- Nachweis des oberen Turmflansches: Seiten 1 bis 27 mit Anhängen 1 und 3
  Vom08.07 2002,
  aufgestellt vom Antragsteller;

- Fundamentberechnung 80 m Rohrmast für Windkraftanlage Nordex N 90: 81 Seiten,
  vom 04. 02. 2002,
  aufgestellt von Dipl.-Ing. J. Dehm, Großgartacher Str. 214, 74080 Heilbronn.

5. Technische Baubestimmungen:

Den Berechnungen und der Prüfung liegen insbesondere folgende technische Baubestimmungen zugrunde:

- Richtlinie für Windenergieanlagen (6.93) (vom DIBt, Berlin)
- DIN 18 800 Teile 1 und 4(11.90): Stahlbauten,
- DIN 18 800 Teil 7 (5.83): Stahlbauten; Herstellen,
- DIN 4131 (11.91): Antennentragwerke aus Stahl,
- DIN 4133 (11.91): Schornsteine aus Stahl
- DIN V / ENV 1993 Teil 1 - 1 (4.93): Eurocode 3, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
  mit DASt-Richtlinie 103 (NAD)
- DASt-Richtlinie 017 (E 10.92): Beulsicherheitsnachweise für Schalen
- DIN 1045 (7.88): Beton und Stahlbeton
- DIN 1054 (11.76): Baugrund.

6. **Gutachtliche Stellungnahmen zu der Windenergieanlage:**

Als Nachweis der Festigkeit und Funktionssicherheit der maschinellen Einrichtungen einschl. der Rotorblätter sowie als Grundlage für die Lastannahmen gelten folgende Gutachten:

Gutachtliche Stellungnahmen für eine Typenprüfung Windenergieanlage Nordex N 90

-Nr. 71573-1, Rev.1 vom 06.03.2002:		Lastannahm. mit Rotorblatt LM 43.8
-Nr. 71573-2	:1)	Sicherheitseinrichtungen und Handbücher
-Nr. 71573-3	:1)	Rotorblätter LM 43.8
-Nr. 71142-4	:1)	Maschinenbauliche Komponenten

Aufsteller der Gutachten: Germanischer Lloyd, Hamburg.

1): die Gutachten müssen bis Baubeginn erstellt sein

7. **Lastannahmen:**

Die Lastannahmen erfolgten nach der in Abschn. 5 aufgeführten Richtlinie.
Die Lasten aus der Windturbine wurden durch die gutachtlichen Stellungnahmen für die Lastannahmen bestätigt.

Das Eigengewicht der Gondel inkl. Rotorblätter ist mit 136 t angegeben und darf maximal um +/- 10 % für die Ermittlung der Eigenfrequenz variieren.
Die Windlasten bei Anlage außer Betrieb (maximale Lasten) wurden für Windzone III ohne exponierte Lagen im Sinne der Richtlinie für Windkraftanlagen, Anhang B. 2 angesetzt. Damit sind die Standorte bis einschließlich Staudruckzone III gemäß DIN 4131, Antennentragwerke aus Stahl, Anhang A zulässig.

Für die Windlasten bei Betrieb der Anlage wurden folgende Windgeschwindigkeiten zugrunde gelegt: v_{ein} = 4 m/sec, v_{nenn} = 14 m/sec, v_{aus} = 25 m/sec.

8. **Baugrundbeanspruchungen:**

Die größten aufzunehmenden Bodenpressungen betragen

σ = 149 kN/m^2 mittlere Bodenpr. (Lastfall 1 nach DIN 1054)

σ = 165 kN/m^2 Kantenpressung (Lastfall 1 nach DIN 1054))

$\sigma = 202$ kN/m² mittlere Bodenpr. (Lastfall 3 nach DIN 1054)
$\sigma = 230$ kN/m² Kantenpressung (Lastfall 3 nach DIN 1054)
$\sigma = 114$ kN/m² (Pressung bei Betriebslast).

Die für den Baugrund erforderlichen Mindestwerte der Steifemodule sind in Anlage Nr. 4 angegeben.

Die minimale statische Bettungsziffer wurde mit 10 MN/m² angenommen.

Der Grundwasserstand muss unterhalb der Fundamentsohle liegen.

Falls die erforderlichen Bodenkennwerte nicht bestätigt werden können oder falls andere Gründungskonstruktionen ausgeführt werden sollen, sind gesonderte Nachweise zu erstellen und zur Prüfung vorzulegen. Das dynamische Verhalten des Gesamtsystems aus Maschine, Turm und Gründung ist hierbei zu berücksichtigen.
Dabei sind folgende Lasten anzusetzen (in Unterkante Fußflansch):

Extremlastfall	**Lastfall Bodenfuge ohne Klaffung**	**Lastfall Betriebs-festigkeit**
H = 674 kN	H = 462 kN	H = 824 kN
M = 56438 kNm	M = 32577 kNm	M = 73222kNm
V = 2990 kN	V = 3123 kN	V = 2912 kN

Alle Lastangaben sind ohne Sicherheitsbeiwerte angegeben.
Die Fundamentfeder muss $k_\varphi \geq 25000$ MNm/rad betragen.
Für die Gründung ist ein Nachweis der Ermüdung erforderlich. Die dabei anzusetzenden Beanspruchungskollektive sind im Lastgutachten Nr. 71573-1 Rev. 1 angegeben.

9. **Baustoffe:**

Turmmantel: Abschnitte 1 bis 11: S 355J0 nach DIN EN 10025,
Abschnitte 12 bis 27: S 355J2G3 nach DIN EN 10025;

Flansche und Türzarge: S 355NL nach DIN EN 10113-2,
Flansche 2 und 4(nur L-Flansch) mit Mindestwert der Streckgrenze R_{eH}=355 N/mm²,
S355J2G3 nach DIN EN 10025 (nur Fußflansch),
aus Blechen mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche nach DIN EN 10164

	Güteklasse Z 25 mit nachgewiesener Doppelungsfreiheit (Ultraschallprüfung) und Sprödbruchunempfindlichkeit (Aufschweißbiegeversuch nach SEP 1390), oder aus warmgewalzten (geschmiedeten) Ringen mit Ultraschallprüfung;
Schrauben:	Garnituren nach DIN 6914-6916, Festigkeitsklasse 10.9 nach DIN ISO 898, Vorspannung nach DIN 18800-7; M42 analog nach Werksnorm;
Lastverteilblech:	S 355J0 nach DIN EN 10025;
Ankerstäbe:	entspr. DIN EN 24014, Festigkeitsklasse 8.8 nach DIN ISO 898, Vorspannkraft F_V=400 kN (entspricht 4,7 mm Spannweg);
Ankerplatte:	S 355J2G3 nach DIN EN 10025;
Stb.-Fundament:	B 25 und B 35 (Sockel) mit BSt 500 S.

10. <u>Besondere Hinweise:</u>

- Vor Gründungsbeginn ist durch einen Bodengutachter zu bestätigen, daß die in Abschn. II.8 angegebenen erforderlichen Baugrundeigenschaften am Aufstellungsort vorhanden sind.

- Wegen der großen Abmessungen des Fundamentes ist zur Vermeidung schädlicher Auswirkungen infolge Abbindewärme und Schwindwirkungen ein Betontechnologe hinzuzuziehen. Auf die Einhaltung der geforderten Betondeckung ist zu achten.

- Die Erdaufschüttung mit einer Wichte von $\rho \geq 18$ kN/m³ oberhalb der Fundamentplatte (siehe Anlage Nr. 3) ist für die Standsicherheit erforderlich.

- Die ausführende Stahlbaufirma muss den <u>"Großen Eignungsnachweis"</u> zum Schweißen von Bauteilen aus Stahl nach DIN 18 800 Teil 7 mit Erweiterung auf den Anwendungsbereich DIN 15018 oder DIN 4133 erbracht haben. Bezüglich der Sicherung der Güte der Schweißnähte ist DIN EN 25817 zu beachten. Die Schweißnähte müssen der Bewertungsgruppe B entsprechen.

- Die Toleranzwerte für die Herstellungsungenauigkeiten der Turmwandung nach DIN 18800 Teil 4 sind einzuhalten.

- Der Vergussmörtel unter dem unteren Turmflansch muss nichtschrumpfend sein und eine Mindestdruckfestigkeit von 55 N/mm² aufweisen.

- Außer den in der Konstruktionszeichnung dargestellten Werkstattschweißnähten hat jegliche Schweißung am Turmmantel zu unterbleiben. Schweißanschlüsse für Einbauten müssen mindestens der Kerbfallklasse 80 gemäß DIN 4133 genügen.

- Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass alle Schrauben der Flanschstöße mit den erforderlichen Vorspannkräften F_v vorgespannt sind. Die Anziehmomente sind entsprechend DIN 18800 Teil 7 in Abhängigkeit vom verwendeten Schmiermittel aufzubringen. Vor Beginn des Vorspannens dürfen die Flanschbleche nur geringe Klaffungen aufweisen.

- Bei den Ankerstäben ist eine Vorspannkraft von 390 kN aufzubringen. Das entspricht einer Verlängerung von 4,1 mm. Beim Anspannen der Ankerstäbe sind diese Dehnwege zu messen.

- Bei der Wartung der Anlage ist regelmäßig zu prüfen (stichprobenweise), ob die Schrauben und Ankerstäbe die erforderlichen Vorspannkräfte aufweisen.

- Ein Verbund der Ankerstäbe mit dem Beton ist durch geeignete Maßnahmen auszuschließen.

- Die Stahlkonstruktion ist durch ein geeignetes Korrosionsschutzsystem nach DIN EN ISO 12944 bzw. durch Feuerverzinkung vor Korrosion zu schützen.

- Bei Eisansatz ist die Anlage in Ruhestellung zu halten.

- Zur Verhinderung wirbelerregter Querschwingungen darf der Turm nur mit geeigneten Maßnahmen für längere Zeit ohne Maschinenhaus aufgestellt werden.

- Die Inbetriebnahme der Windkraftanlage kann vom Hersteller in eigener Verantwortung durch sachkundige Personen vorgenommen werden.

- Die Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen (vgl. Abschn. II.6) sind zu beachten.

- Ein Inbetriebnahmeprotokoll mit einer Bestätigung, daß die Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen erfüllt sind und daß die installierte Anlage mit der begutachteten und diesem Typenbescheid zugrunde liegenden Windkraftanlage identisch ist (Konformitätsbescheinigung), ist der Bauaufsichtsbehörde vorzulegen und zu den Bauakten zu nehmen.

Seite 9 des Prüfbescheides II B 2-543-751 vom 18.07.2002

- Für den Baustahl müssen Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204 (Abnahmeprüfzeugnisse 3.1.B) vorliegen, die auch die Zusatzforderungen nach Abschn. II.9 belegen. Für die Flansche 2 und L-Flansche 4 sind Abnahmeprüfzeugnisse 3.1.C vorzulegen, die den Mindestwert der Streckgrenze gemäß Abschn. II.9 ausweisen.

- Eine Bescheinigung über die einwandfreie Beschaffenheit der gelieferten Rotorblätter aus GFK (Werksprüfzeugnis) ist vorzulegen.

- Dem Betreiber der Windenergieanlage ist das begutachtete Betriebshandbuch (Bedienungsanleitung und das Wartungspflichtenbuch) vorzulegen.

- Dem Betreiber sind regelmäßige Prüfungen entsprechend dem Wartungspflichtenbuch im Abstand von höchstens 2 Jahren durch den Hersteller oder einen fachkundigen Wartungsdienst zur Auflage zu machen. Die dabei anzufertigenden Prüfprotokolle müssen vom Betreiber vorgehalten werden.

Im Auftrag

(Klauke)

Der Bearbeiter

(Schulte)

Ministerium für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport - Land Nordrhein-Westfalen -

ABTEILUNG FLIEGENDE BAUTEN
PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK FÜR FLIEGENDE BAUTEN
UND FÜR WINDENERGIEANLAGEN

TÜV SÜDDEUTSCHLAND

Prüfbericht über eine Typenprüfung

vom: 28.10.2002

Geltungsdauer: **bis 31.10.2007**

Prüfnummer: **142 716 / 1**

Bau und Betrieb

Prüfamt für Baustatik
für Windenergieanlagen

Westendstraße 199
D-80686 München
Telefon (0 89) 57 91-19 71
Telefax (0 89) 57 91-20 22
www.tuev-sued.de
E-mail:
Ferdinand.Ziegler@tuev-sued.de

BB-BSF-MUC/ FZ
T_TP_d_NordexN90R100_DIBT.FZ7.doc

Das Dokument besteht aus:
8 Seiten

TÜV Süddeutschland
Bau und Betrieb GmbH
Aufsichtsratsvorsitzender:
Dr.-Ing. Peter Hupfer
Geschäftsführer:
Karsten Puell (Sprecher)
Roland Ayx
Sitz: München
Amtsgericht München
HRB 96 869

1. Objekt

Anlage: Stahlrohrturm für die Windenergieanlage vom Typ NORDEX N90 (LM43.8) Nabenhöhe 100 m - Windzone II DIBt (ohne Fundament und ohne Fundamentanschluss)

Hersteller und Konstruktion: NORDEX ENERGY GmbH
Bornbarch 2
D-22848 Norderstedt

Statische Berechnung: NORDEX ENERGY GmbH
Bornbarch 2
D-22848 Norderstedt

Siehe Auflagen im Bauschein

GEPRÜFT!
Gehört zum
Bauschein Nr. BG-K 0573 / 2003
vom: 05 FEB. 2004
Kreisverwaltung Cochem-Zell
- Untere Bauaufsichtsbehörde -
Im Auftrag

TÜV SÜDDEUTSCHLAND

2. Prüfungsunterlagen

Zur Prüfung lagen folgende Unterlagen vor und wurden mit rundem Prüfstempel versehenen:

a) Turmberechnung, erstellt von Nordex, Seite 1 mit 75 vom 2002-09-30 und Ergänzungen vom 2002-10-16 und 2002-10-28.
Sowie Anhang 6: Flansch 4, Anhang 7: T - Flansch 4; Anhang 8: T – Flansch 5; Anhang 9: T – Flansch 6; Anhang 10: Türnachweis mit Lastkollektiven Tb, jeweils vom 2002-09-09

b) Konstruktionsplan 901_02_10003_00, Rev. 0 vom 2002-10-28.

Folgende Unterlagen lagen zur Einsicht vor:

c) NORDEX N90 Nachweis Oberer Turmflansch für R100 nach DIBt II, vom 2002-09-06

d) Anhang 1: Turmlasten; Anhang 2: Kollektive Turmkopf K2; Anhang 3: Kollektive Turmfuss Tb vom 2002-09-09;

3. Baubeschreibung

Der Turm für die Windenergieanlage vom Typ „Nordex N90" (Nennleistung 2,3MW) besteht aus einem konischen Stahlrohrturm, der mit Ankerschrauben in dem Stahlbetonfundament verankert ist.

Der Außendurchmesser des Turmes beträgt unten am Turmfuß 4,05 m. Er nach oben hin bis in einer Höhe von 74,76 m mit 4,016 m nahezu konstant und fällt bis zum Turmkopf auf 2,958 m ab. Der Turm besteht aus sechs Segmenten mit 12,04 m, 12,04 m, 14,28 m, 18,20 m, 18,20 m und 22,15 m Länge. Der Stoß der Segmente ist als Ringflanschverbindung mit vorgespannten Schrauben ausgeführt.
Die Wanddicke des Turmes variiert vom Turmkopf zum Turmfuß von 15 mm auf 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 40, 45 und 50 mm. Die Wanddickenstöße sind mit Stumpfnähten geschweißt.

Daten der Maschine „Nordex N90":

	Von	bis
Rotor-Drehzahl [1/min]	9,04	16,92
Rotorfrequenz [1/s]	0,151	0,282
Blattdurchgangsfrequenz [1/s]	0,452	0,846

4. Lastannahmen

Die bemessenden Lasten auf den Turm sind für die Schnittstelle zwischen Turmkopf und Maschine für den Grenzzustand der Tragfähigkeit bzw. für den Betriebsfestigkeitsnachweis in Kap. 1 der Turmberechnung angegeben. Sie sind durch die „Gutachterliche Stellungnahme für eine Typenprüfung Windenergieanlage Nordex N90 Lastannahmen DIBt (WZII) mit Nabenhöhe 100m und Rotorblatttyp LM43.8" der Germanischer Lloyd WindEnergie GmbH, Bericht Nummer 71669-1 vom 2002-08-30 bestätigt.

Eigengewichte wurden gemäß DIN 1055 "Lastannahmen für Bauten" und nach Herstellerangaben berücksichtigt.

Maschine:	ca. 136.049 kg.
Turm ab Oberkante Fundament (inklusive Flansche, Einbauten):	ca. 308.000 kg.

5. Baustoffe

Für den Stahlturm:

Turmwand:	
12 bis 25 mm	EN 10 025 - S355JR
26 bis 30 mm	EN 10 025 - S355J0
40 bis 50 mm	EN 10 025 - S355J2G3
Verbindungsflansche	EN 10 113 - S355NL + EN 10 164 - Z25 (warmgewalzter kaltzäher Feinkornbaustahl)
Türzarge	EN 10 113 - S355NL + EN 10 164 – Z25
Schrauben	M36 und M42 der Festigkeitsklasse 10.9 gemäß DIN 6914
HV-Muttern	gemäß DIN 6915
HV-Unterlegscheiben	gemäß DIN 6916.

6. Baugrund

Die erforderlichen Bodenkennwerte sind der Statischen Berechnung, Seite 75 zu entnehmen. Die Mindestwerte für die angegebenen Federsteifigkeiten, die beim Zusammenwirken von Fundament und Baugrund nicht unterschritten werden dürfen, sind einzuhalten. Siehe hierzu den Prüfbericht zur Fundamentprüfung.

7. Prüfbemerkungen

Für die Prüfung wurden außer den DIN-Normen 1055, 4133 und 18 800 auch die „Richtlinien für Windkraftanlagen" des DIBt (Fassung 06/93, 2. überarbeitete Auflage 1995) und ENV 1993-1-1 zugrundegelegt.

Die durch die Gutachterliche Stellungnahme für Lastannahmen zur Turmberechnung von GL bestätigten Lastangaben werden als richtig vorausgesetzt.
Die vorgelegten Nachweise wurden teilweise durch eigene Vergleichsrechnungen überprüft.
Die erste Eigenfrequenz wurde für elastische und starre Einspannung ermittelt, siehe Seite 72:

	Eigenfrequenz fo [1/s]
bei elastischer Einspannung:	0,297
bei starrer Einspannung:	0,303

Die angenommene Biegesteifigkeit des Turmes in der von GL begutachteten Lastfallberechnung korrespondiert somit über die errechneten Frequenzen. Die Betriebslasten wurden an einem dreidimensionalen turbulenten Modell der Anlage simuliert und berechnet, das die Turmmassen und -steifigkeiten beinhaltet.

Beim Hochlaufen der Anlage ist der Bereich der Turmeigenfrequenz zügig zu durchfahren.

Die Flanschverbindung einschließlich der Schrauben am Turmkopf zur Maschine ist nicht Gegenstand dieser Prüfung. Entsprechende Nachweise sind im Rahmen der Nachweise für die Maschine zu führen.

Das Ankerschrauben im Fundament sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Die Prüfung der Fundamentausbildung ist nicht Gegenstand dieses Prüfberichtes.

Die Besteigeeinrichtung ist nicht Gegenstand dieser Prüfung. Sie ist in Anlehnung an die VBG 74 „Leitern und Tritte" (Unfallverhütungs-Vorschrift der Berufsgenossenschaften, Ausgabe 01. Oktober 1992) auszubilden (z.B. lichte Trittbreite $\geq$ 300 mm, Tritthöhe ca. 280 mm, Steigschutzeinrichtung).

Die bautechnische Prüfung des Turmes ist nur vollständig beim Vorliegen folgender Berichte bzw. Gutachten: Prüfbericht der Gründung, Maschinengutachten, Lastgutachten.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden nicht geprüft.

Staudrücke aufgrund von Geländeerhebungen gemäß DIBt-Richtlinie für Windkraftanlagen, Anhang B.2, wurden nicht berücksichtigt.

Montage- und Bauzustände und Zustände während der Wartung und der Inbetriebnahme wurden nicht geprüft.

Ein vorzeitiger Widerruf des Prüfberichtes bleibt dem Prüfamt für Baustatik für Fliegende Bauten und für Windenergieanlagen vorbehalten.

8. Prüfergebnis

Die Berechnung und die zugehörigen Konstruktionszeichnungen für den Turm entsprechen der Richtlinie für Windkraftanlagen (Fassung 06/93, 2. überarbeitete Auflage 1995) des DIBt und sind im wesentlichen vollständig und richtig.

Gegen die Erteilung einer Baugenehmigung bestehen unsererseits keine Bedenken, vorausgesetzt, die in den Plänen und Berechnungen eingetragenen Abmessungen, Werkstoffgüten und die nachstehenden Auflagen sowie alle Auflagen und Bemerkungen der zugehörigen Prüfberichte und Gutachten werden beachtet bzw. vollzogen.

Die Prüfung der technischen Unterlagen für den Turm ist hiermit abgeschlossen.

Auflagen

1. Der Turm der Windkraftanlage ist für eine Aufstellung in Windlastzone II (nach DIBt) geeignet. Bei ungünstigeren Aufstellungsorten mit höheren Staudrücken, siehe DIBt-Richtlinie für Windkraftanlagen, Anhang B.2, sind gegebenenfalls, in Abstimmung mit dem Lastgutachter, erneute statische Berechnungen erforderlich.

2. Die Einhaltung der Eigengewichte ist vom Hersteller verantwortlich zu kontrollieren und für die Maschine durch Wiegekarten zu bestätigen. Änderungen erfordern eine Überarbeitung der Berechnung.

3. Nach dem Transport, insbesondere im Winter auf salzigen Straßen, ist der Turm im gereinigten Zustand zu montieren.

4. Es ist konstruktiv sicherzustellen, dass Wasser im Innenbereich am Turmfuß fortwährend abgeführt wird.

5. Das Betriebssystem der Anlage ist so einzustellen, daß ein zügiges Durchfahren des Turm-Resonanzbereiches beim Auf- und Absteuern jederzeit gegeben ist. Die Anlage ist bei Eisansatz in Ruhestellung zu halten.

6. Die Auflagen und Bemerkungen des Lastgutachtens sind zu beachten bzw. zu vollziehen.

7. Die Auflagen des Maschinengutachtens sind zu beachten bzw. zu vollziehen.

8. Die Auflagen und Bemerkungen des Prüfberichtes des Fundamentes sind zu beachten bzw. zu vollziehen.

9. Die im Prüfbericht zur Fundamentprüfung angegebenen Mindestwerte der Bodenkenngrößen sind einzuhalten.

10. Zur Verhinderung von winderregten Querschwingungen im Zustand ohne Maschinenhaus (längere Montage- oder Reparaturzeiten, etc.) sind entsprechende Maßnahmen zu treffen.

11. Auf einen ausreichenden Korrosionsschutz ist zu achten, insbesondere bei einer Aufstellung in Meeresnähe (besonders starker Salzangriff). Die Wirksamkeit der Korrosionsschutzmaßnahmen ist fortlaufend zu kontrollieren und gegebenenfalls wiederherzustellen.

12. Der Stahlrohrturm darf nur von Firmen mit dem Großen Eignungsnachweis gemäß DIN 18 800-7 mit Erweiterung für dynamisch beanspruchte Bauteile und der Erweiterung zum Schweißen von Feinkornbaustahl der Güte S355NL gefertigt werden.

13. Das Durchschweißen der Stumpfnähte ist durch Schweißverfahrensprüfungen gemäß EN 288 und DSV Richtlinie 1702 sicherzustellen.

14. Die Einbauteile für die Besteigung sind konstruktiv ausreichend auszubilden.

15. Die Anschlußpunkte aller zusätzlich an die Turmwandung angeschweißten Teile (z.B. Besteigeeinrichtungen) müssen mindestens der Kerbfallklasse 80 entsprechen.

16. Die Turmfußflanschebenen sollen die Toleranzen gemäß ISO 2768 - mK einhalten.

17. Alle Stumpfnähte der Turmschüsse und die Schweißnähte zwischen Flansch und Turmwandung sind auf mindestens 10% der Nahtlänge zerstörungsfrei zu prüfen. Sollten sich unzulässige Fehler (EN 25 817, Bewertungsgruppe C) zeigen, ist der Prüfumfang zu verdoppeln und bei weiteren hierbei auftretenden Fehlern 100% der Nahtlänge zu prüfen. Dies gilt entsprechend für die Schweißnähte zwischen Türzarge und Turmwandung. Hierbei ist die Bewertungsgruppe B nach EN 25 817 anzuwenden.

18. Für die Flansche aus Blech darf nur Material mit gewährleisteten Eigenschaften in Dickenrichtung gemäß EN 10 164 verwendet werden. Das Blech muß nach EN 10 160, Qualitätsklasse S_3 bzw. E_4, ultraschallgeprüft sein.
Der Aufschweißbiegeversuch nach DIN 18 800 Element (404) ist durchzuführen.

19. Die Materialgüten für tragende Bauteile des Turmes inklusive der Flansche und von Schrauben der Gute 10.9 (DIN 6914) sind durch Materialzertifikate gemäß EN 10 204 - 3.1.B zu belegen. Es sind ausschließlich Schrauben und Muttern mit mechanischen Eigenschaften gemäß EN 20 898, Teil 1 bzw. Teil 2 zu verwenden.

20. Die Materialzertifikate gemäß EN 10 204 - 3.1.B der Flansche (S355NL-Z25) müssen auf eine Mindestkerbschlagarbeit von 27J bei -50°C verweisen.

21. Die Flansche sind gemäß AD-Merkblatt W13 und sinngemäß EN 10 222 (04/2000) und EN 10 254 (09/1998) herzustellen.

22. Bei Sprüngen in der Wandstärke der Turmwandung sind die Übergänge gemäß DIN 4133, Tabelle B.1, Kerbfall 2, Mindestneigung 1:4 zu gestalten.

23. Die Schrauben sind gemäß den Angaben für die Vorspannkraft auf dem Ausführungsplan vorzuspannen.

24. Vorgespannte Schraubenverbindungen sind vor der Montage einer sorgfältigen Sichtprüfung zu unterziehen. Für die Schrauben der Güte 10.9 sind hochfeste Muttern gemäß DIN 6915

und beidseitige HV-Unterlegscheiben gemäß DIN 6916 zu verwenden. Die Überprüfung der Anzugsmomente der Schrauben ist mindestens bei den regelmäßigen Sachverständigenprüfungen stichprobenweise durchzuführen.

25. Die Rotorblätter und die Maschine sowie die Steuerung sind für jeden Typ einer Erstprüfung und wiederkehrende Prüfungen durch das Prüfamt oder den Sachvertändigen im Rahmen eines gültigen QS-Systems des Herstellers für die betreffenden Bauteile zu unterziehen. Hierüber sind für die Anlage oder das Bauteil entsprechende Protokolle beizufügen.
Die erstmalige Abnahmeprüfung ist für die Prototypen der Serienfertigung durchzuführen. Für diese Bauteile ist auch eine fortlaufende Fertigungsüberwachung sicherzustellen.
Ist kein QS-System etabliert, müssen die Anlagen oder Bauteile einer im einzelnen zu definierenden Fertigungsüberwachung durch das Prüfamt oder den Sachverständigen unterzogen werden.

26. Für den Turm ist im Zuge der Inbetriebnahme, spätestens aber bis ca. 2 Monate danach, der endgültige Abnahmebericht vorzulegen. In dem Abnahmebericht ist der Auflagenvollzug der Auflagen des Lastgutachtens und des Prüfberichtes über eine Typenprüfung für den Turm und des Prüfberichtes für die Gründung zu bescheinigen.
Die Abnahmeberichte sind den Unterlagen des Baugenehmigungsverfahrens beizufügen

27. Für den ersten Turm ist die erste Biegeeigenfrequenz des Turmes durch einen Sachverständigen zu messen und zu protokollieren. Falls die gemessene Eigenfrequenz nicht den in der Berechnung der Anlage zugrundegelegten Werten entspricht, ist eine geänderte Berechnung erneut zur Prüfung vorzulegen.
Für alle weiteren Exemplare einer Anlage ist die ersten Biegeeigenfrequenz des Turmes zu ermitteln. Dies kann durch den Hersteller oder einen Beauftragten erfolgen, wenn die Randbedingungen (Massen, Baugrundverhältnisse) mit den rechnerischen Vorgaben übereinstimmen und die Anlage eine Schwingungsüberwachung aufweist. Über die Messung ist ein Protokoll zu erstellen, welcher der zuständigen Bauaufsicht zu übersenden ist.

28. Der Turm ist mindestens alle 2 Jahre durch einen Sachverständigen für Windenergieanlagen auf den Erhaltungszustand hin zu überprüfen. Wenn von der Herstellerfirma eine laufende (mindestens jährliche) Überwachung und Wartung der Windenergieanlage durchgeführt wird, kann der Zeitraum der Fremdüberwachung auf 4 Jahre verlängert werden.
Über die Überprüfung bzw. Überwachung und Wartung ist mindestens alle 2 Jahre ein Bericht zu erstellen, welcher der zuständigen Bauaufsicht zu übersenden ist.

Bau und Betrieb
Unser Zeichen, Erstelldatum: BB-BSF-MUC/ FZ,28.10.2002
Archivierung: T_TP_d_NordexN90R100_DIBT.FZ7.doc

TÜV
SÜDDEUTSCHLAND

Spätestens bis zum 31.10.2007 sind die Zeichnungen und die Berechnungen zu einer erneuten Überprüfung, in Hinsicht auf geänderte Vorschriften oder Richtlinien, wieder vorzulegen.

TÜV Süddeutschland
Bau und Betrieb GmbH
Prüfamt für Baustatik für Fliegende
Bauten und für Windenergieanlagen

Der Bearbeiter

F. Ziegler

Der Leiter

i.A. Uhrig

ABTEILUNG FLIEGENDE BAUTEN
PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK FÜR FLIEGENDE
BAUTEN UND FÜR WINDENERGIEANLAGEN

TÜV SÜDDEUTSCHLAND

Prüfbericht über eine Typenprüfung

vom: 2002-10-16

Bau und Betrieb

Prüfamt für Baustatik
für Windenergieanlagen

Westendstraße 199
D-80686 München
Telefon (0 89) 57 91-19 71
Telefax (0 89) 57 91-20 22
www.tuev-sued.de
E-mail:
Ferdinand . Ziegler@tuev-sued.de

BB-BSF-MUC/ WH
N90-100m-WZII-FG-TP

Das Dokument besteht aus:
5 Seiten

TÜV Süddeutschland
Bau und Betrieb GmbH
Aufsichtsratsvorsitzender:
Dr.-Ing. Peter Hupfer
Geschäftsführer:
Karsten Puell(Sprecher)
Roland Ayx
Sitz: München
Amtsgericht München
HRB 96 869

Geltungsdauer: **bis 31. Oktober 2007**

Prüfnummer: 142 716 / 2

1. Objekt

Anlage: Quadratische Flachgründung für einen Stahlrohrturm der Windenergieanlage Nordex N 90, mit Ankerkorb, Nabenhöhe 100,0m, WZ II, Grundwasserstand maximal bis zur Gründungssohle

Hersteller und Konstruktion: Nordex GmbH
Bornbarch 2
D-22848 Norderstedt

Statische Berechnung: Ing.-Büro Dipl.-Ing.
Joachim Dehm
Großgartacher Str. 214
D-74080 Heilbronn

Siehe Auflagen im Bauschein

GEPRÜFT!
Gehört zum
Bauschein Nr. BG-K 0573/2003
vom: 05 FEB. 2004
Kreisverwaltung Cochem-Zell
- Untere Bauaufsichtsbehörde -
im Auftrag

Zang

TÜV

TÜV SÜDDEUTSCHLAND

2. Prüfungsunterlagen

a) Statische Berechnung vom Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Joachim Dehm, Nr. D 09 02 02, Seite 0 mit 77 vom 27.09.2002

b) Zeichnung der Fa. Nordex GmbH mit der Nr. 901_03_10031_00, Revision 0 vom 2002-10-14.

3. Baubeschreibung

Der Turm für die Windenergieanlage vom Typ N90 – LM43.8, Nabenhöhe 100,0 m, WZ II besteht aus einem konischen Stahlrohr, das auf einem quadratischen Stahlbetonfundament verankert ist. Der Außendurchmesser des Turmes beträgt am Turmfuß 4,00 m. Das untere Turmsegment wird mit seinem Anschlußflansch und 160 Ankerbolzen M42-10.9 im Fundament verankert.

Das Fundament für die Flachgründung besteht aus einem quadratischen Stahlbetonsockel mit 6,70 m Kantenlänge (Betongüte B45) und einem quadratischen Stahlbetonfundament mit Kantenlänge 16,70 m und einer veränderlichen Höhe von 0,50 bis 1,75 m aus B25.

Die Oberkante des Fundamentsockels liegt 0,10 m über der Oberkante der Bodenaufschüttung. Die Höhe der Bodenaufschüttung auf der Fundamentplatte beträgt zwischen 1,30 m und 2,55 m.

Der Berechnung wurde ein maximaler Grundwasserstand bis zur Unterkante der Fundamentplatte unterstellt.

4. Lastannahmen

Die Lasten aus dem Turm für die Fundamentauslegung sind auf Seite 13 der statischen Berechnung des Büros Dehm für die Lastfälle „Extremwind" und „Normalwind" angegeben und wurden der Turmstatik der Fa. Nordex GmbH, vom 30.09.2002 entnommen.

Diese Lasten und das schadensäquivalente Betriebslast- Einstufenkollektiv wurden bei der Prüfung des Stahlrohrturms (TÜV Süddeutschland- Prüfbericht mit der Prüfnummer 142 716 / 1 vom 2002-10-18) bestätigt.

Die Lasten aus der Windenergieanlage auf den Turm sind durch die "Gutachtliche Stellungnahme für eine Typenprüfung, Windenergieanlage Nordex N90 - Lastannahmen DIBt (WZ II) mit Nabenhöhe 100m und Rotorblatttyp LM 43.8" Bericht Nr. 71669-1 mit Datum vom 30.08.2002 der Germanischen Lloyd WindEnergie GmbH, Johannisbollwerk 6-8, D-20459 Hamburg bestätigt.

Eigengewichte wurden gemäß DIN 1055 "Lastannahmen für Bauten" und nach Herstellerangaben berücksichtigt.

TÜV SÜDDEUTSCHLAND

5. Baustoffe

Für den Ankerkorb:

Verteilblech oben	S355J2G3	gemäß DIN EN 10 025,
Ankerplattenring unten	S355J2G3	gemäß DIN EN 10 025.
Anker	Güte 10.9	

Für die Gründung:

Beton für Sockel	B45 gemäß DIN 1045
Beton für Fundament	B25 gemäß DIN 1045
Betonstahl	BST 500 S gemäß DIN 488

6. Baugrund

Ein Bodengutachten ist einzuholen. Darin sind neben den zulässigen Bodenpressungen auch Angaben zu den dynamischen Bodenkennwerten zu machen. Die Mindestwerte für die zulässigen Bodenpressungen betragen 178 kN/m² (mittlere Pressung) bzw. 198 kN/m² (Kantenpressung). Die Mindestwerte für den dynamischen Steifemodul sind auf dem Bewehrungsplan angegeben und betragen für bindige Böden $Es_{dyn} \geq 137$ MN/m² und für nichtbindige Böden $Es_{dyn} \geq 105$ MN/m² . Die Mindestwerte der Bodenkennwerte dürfen nicht unterschritten werden.
Die der Berechnung unterstellte Bettungsziffer des Bodens wurde mit $E_{s,stat} = 40$ kN/m² angegeben.

Der Mindestwert der dynamischen Drehfedersteifigkeit für die Einspannung des Turms im Fundament beträgt $k_{\varphi,dyn} = 1{,}09 * 10^{11}$ Nm / rad.

7. Prüfbemerkungen

Für die Prüfung wurden außer den DIN-Normen 1045, 1055 und 18 800 auch die „Richtlinien für Windkraftanlagen" des DIBt (Fassung 06/93, 2. überarbeitete Auflage 1995) und ENV 1993-1-1 zugrundegelegt.

Die gutachterlich bestätigten Lastangaben aus der Maschine werden als richtig vorausgesetzt.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden nicht berücksichtigt.

Erhöhte Windlasten aufgrund von Geländeerhebungen gemäß DIBt-Richtlinie für Windkraftanlagen, Anhang B2, wurden nicht berücksichtigt.

Die vorgelegten Nachweise wurden teilweise durch eigene Vergleichsrechnung überprüft.

Der Prüfbericht erlischt bzw. kann zurückgezogen werden, wenn dies aus Sicherheitsgründen erforderlich ist, z. B. wenn sich die baurechtlichen Grundlagen bzw. die anerkannten Regeln der Technik ändern.

TÜV SÜDDEUTSCHLAND

8. Prüfergebnis

Die Berechnung und die zugehörigen Konstruktions- bzw. Bewehrungszeichnungen für das Fundament und das Stahleinbauteil entsprechen der Richtlinie für Windkraftanlagen des DIBt-Berlin (Juni 1993, 2. überarbeitete Auflage 1995) und sind im wesentlichen vollständig und richtig.

Gegen die Erteilung einer Baugenehmigung bestehen unsererseits keine Bedenken, vorausgesetzt, die in den Plänen und Berechnungen eingetragenen Abmessungen und Werkstoffgüten und die nachstehenden Auflagen werden beachtet bzw. vollzogen.

Dieser Prüfbericht ist nur gültig in Verbindung mit dem Prüfbericht für einen Stahlrohrturm der Windenergieanlage N90, Nabenhöhe 100.0m, WZ II der TÜV Süddeutschland Bau und Betrieb GmbH, Prüfbericht mit der Prüfnummer 142 716 / 1 vom 2002-10-18.

Die Prüfung der technischen Unterlagen für das Fundament ist hiermit abgeschlossen.

AUFLAGEN

1. Die vorausgesetzten Bodenkennwerte und die Grundwasserstände sind für den jeweiligen Standort zu ermitteln und durch ein Bodengutachten zu bestätigen. Eventuell notwendige grundbautechnische Berechnungen sind in Übereinstimmung mit dem Bodengutachter durchzuführen.

2. Die zulässigen Beanspruchungen des Baugrundes sind bei Baugrubenaushub vom Bodengutachter zu überprüfen und zu bestätigen.

3. Der Mindestwert der dynamischen Drehfedersteifigkeit der Gründung ($k_{phi,dyn} = 1{,}09 * 10^{11}$ Nm/rad), der beim Zusammenwirken von Fundament und Baugrund nicht unterschritten werden darf, ist einzuhalten.

4. Die auf dem Bewehrungsplan (Fundament, Zeichnung Nr. 901_03_10031_00, Revision 0 vom 2002-10-14) angegebenen Mindestwerte für den dynamischen Steifemodul sowie die zulässige Bodenpressung nach DIN 1054 sind einzuhalten.

5. Der höchste Grundwasserstand darf maximal bis zur Unterkante der Fundamentplatte heranreichen.

6. Die Bewehrung, die Ausführung und die Abmessungen des Fundamentes sind vor dem Betonieren einer Prüfung auf plan- und fachgerechte Fertigung durch einen Sachverständigen des Prüfamtes oder durch den Statikersteller oder durch den verantwortlichen Bauleiter zu unterziehen. Hierüber ist ein detaillierter Bericht zu erstellen.

7. Bei der Herstellung des Fundamentes ist auf ausreichende konstruktive Ausführung der Bewehrung und auf Einhaltung der geforderten Betondeckung zu achten. Die Güte der verwendeten Baustoffe (Bewehrung, Betongüte) ist durch Atteste gemäß DIN 1045 bzw. DIN

TÜV SÜDDEUTSCHLAND

1048 zu dokumentieren. Die Anforderungen an Personal, Unternehmen und Baustelle sowie an die Güte der Baustoffe für Beton BII (B45) gemäß DIN 1045 sind zu beachten.

8. Die Bestimmungen der DIN 1045 sind zu beachten, insbesondere auch die Bestimmungen für Arbeitsfugen und Betonierabschnitte sowie Ausschalfristen.

9. Auf einen ausreichenden Korrosionsschutz für den Ankerkorb und alle Bewehrungsstähle ist zu achten, insbesondere bei einer Aufstellung in Meeresnähe (besonders starker Salzangriff). Bezüglich Bauteilen in betonschädlichen Wässern und Böden ist die DIN 1045 zu beachten. Die Wirksamkeit der Korrosionsschutzmaßnahmen ist fortlaufend zu kontrollieren und ggf. wiederherzustellen.

10. Die Materialgüten für tragende Bauteile - hier die Ankerstäbe und der Ankerring - sind durch ein Materialzertifikat gemäß EN 10 204-3.1B zu belegen

11. Das Fundament ist mindestens mit einer Bodenaufschüttung zwischen 1,30 m und 2,55 m gemäß Bewehrungsplan, Zeichnung Nr. 901_03_10031_00, Revision 0 vom 2002-10-14 dauerhaft zu überschütten. Das Material der Überschüttung muß eine Mindestwichte von 18 kN/m³ aufweisen. Die Bodenaufschüttung ist mindestens 1,00 m über die Fundamentaussenkante hinaus anzufüllen und ab da mit einem Winkel von max. 30° anzuböschen.

12. Die Vorspannkraft von 450 kN je Anker ist spätestens nach 3 Monaten und danach mindestens im Zuge der alle 2 Jahre stattfindenden wiederkehrenden Prüfung der Windenergieanlage zu kontrollieren und falls erforderlich neu aufzubringen.

13. Im Abnahmebericht ist auch zur fachgerechten Ausführung der Gründung und zum Vollzug der Auflagen dieses vorliegenden Prüfberichtes Stellung zu nehmen. Der Abnahmebericht ist der Bauakte beizufügen.

14. Der Erhaltungszustand des Fundamentes ist im Zuge der mindestens alle 2 Jahre stattfindenden wiederkehrenden Prüfung der Windenergieanlage durch einen Sachverständigen für Windenergieanlagen zu beurteilen.

Spätestens bis zum 31. Oktober 2007 sind die Zeichnungen und die Berechnung zu einer erneuten Überprüfung, in Hinsicht auf geänderte Vorschriften oder Richtlinien, wieder vorzulegen.

TÜV Süddeutschland
Bau und Betrieb GmbH

Prüfamt für Baustatik für Fliegende
Bauten und für Windenergieanlagen

Der Bearbeiter

W. Hörmann

Der Leiter

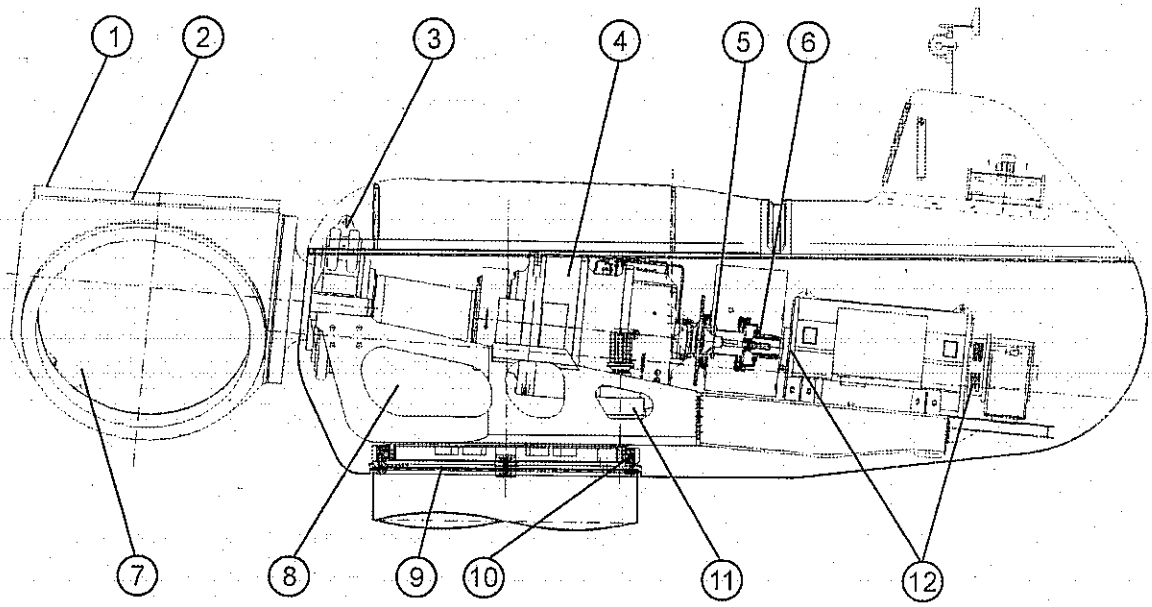
Th. Uhrig

TÜV

Wird nachgereicht

NORDEX N90

Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
Schmierstoffe, Kühlmittel, Trafoöl



In der Windenergieanlage N90 werden in folgenden Baugruppen Schmierstoffe eingesetzt:

	Schmierort	Bezeichnung	Schmierstofftyp	Menge	WGK	GKS
	Blattverstellager					
1	- Laufbahn	Mobilith SHC 460	Fett	3,5 kg	2	-*
2	- Verzahnung	Mobilgear OGL 007	Fett	< 1 kg	2	-
3	Hauptlager	Mobilith SHC 460	Fett	ca. 30 kg	2	-
4	Getriebe	Mobilgear XMP 320	Mineralöl	360 l	1	-
5	Sicherheitskupplung	Mobil DTE 24	Mineralöl	< 0,5 l	1	-
6	Kupplung	Renk Longlife Grease	Fett	0,7 kg	2	-
7	Blattverstellgetriebe	Mobil SHC 629	Synthetiköl	3 x 11 l	1	-
8	Hydrauliksystem	Mobil DTE 24	Mineralöl	15 l	1	-
	Azimutlager					
9	- Laufbahnen	Mobilith SHC 460	Fett	3,3 kg	2	-
10	- Verzahnung	Mobilgear OGL 007	Fett	< 1 kg	2	-
11	Azimutgetriebe	Mobil SHC 629	Synthetiköl	2 x 31 l	1	-
12	Generatorlager	Mobilith SHC 100	Fett	vorgefettet vom Hersteller	1	-
	Kühlsysteme	Varidos FSK 45	Kühlflüssigkeit**	ca. 100 l	1	Xn
	Transformator (falls im Lieferumfang v. NORDEX enthalten)	Nytro 10 GBN	Trafoöl	1035 kg	1	-

WGK: Wassergefährdungsklasse
GKS: Gefahrstoffklasse, * EU-Kennzeichung nicht erforderlich
** siehe unten

