

ANNEXE K

RAPPORT INFRASONS D'UNE ÉOLIENNE NORDEX N-80

Messung der Infraschall-Abstrahlung einer Windenergieanlage des Typs NORDEX N-80

Auftraggeber:

NORDEX Energy GmbH
Bornbach 2
22848 Norderstedt

Ausführung:

ITAP – Institut für technische
und angewandte Physik GmbH
Dr. Klaus Betke
Dipl.-Phys. Rainer Matuschek
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg

Oldenburg, den 10. Juni 2003

Telefon

(0441) 798-3558

(0441) 9736230

Fax

(0441) 798-3563

Email

info@itap.de

Postanschrift

Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg

Geschäftsführer

Dr. Manfred Schultz-von Glahn
Dipl. Phys. Hermann Remmers

Sitz

Ginsterweg 7
26166 Bad Zwischenahn
Registergericht Westerstede,
HRB: 6888

Bankverbindung

RAiffeisenbank Oldenburg
Kto.-Nr. 80088000
BLZ 28060228

Inhalt

1.	Aufgabenstellung.....	Seite 2
2.	Durchführung der Messung.....	2
3.	Ergebnisse.....	4
3.1	G-bewerteter Schallpegel.....	4
3.2	1/3-Oktav-Spektrum.....	4
3.3	Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit.....	6
4	Beurteilung der Ergebnisse.....	7
5.	Normen und Literatur.....	8
6.	Zusammenfassung.....	8

1. Aufgabenstellung

Zur Abstrahlung von Infraschall durch Windenergieanlagen (WEA) existieren vor allem für Anlagen mit Nennleistungen von über 1 Megawatt kaum Daten. Die NORDEX Energy GmbH hat deshalb das Institut für technische und angewandte Physik (ITAP GmbH) beauftragt, die Infraschallabstrahlung einer WEA des Typs NORDEX N-80 zu untersuchen. Die Anlage befindet sich auf dem Testfeld des Deutschen Windenergie-Institutes (DEWI) bei Wilhelmshaven. Die WEA hat eine Nennleistung von 2.5 MW, der Rotordurchmesser beträgt 80 m bei einer Nabenhöhe von ebenfalls 80 m.

2. Durchführung der Messung

Die Messung fand am 14. Mai 2003 zwischen 10 Uhr und 15 Uhr statt.

Der Standort der untersuchten WEA sowie die Position benachbarter Anlagen und die ungefähre Messposition sind in **Bild 1** dargestellt. Die Anlagen A (Nennleistung 1.3 MW) und B (1.65 MW) waren während der Messzeit abgeschaltet. Die Anlagen C (600-kW-Zwei-blatt) und D (500 kW) konnten nicht abgeschaltet werden.

Am Messort hörbare Fremdgeräusche waren Gewitter, militärischer Flugverkehr, Geräusche vom Betonwerk sowie das Geräusch von WEA C. Die gestörten Zeitabschnitte wurden soweit wie möglich von der Auswertung ausgeschlossen.

Die Messgeometrie ist in **Bild 2** skizziert. In 200 m Entfernung von der WEA in Mitwindrichtung waren zwei Mikrofone (Brüel & Kjær 4190, mit Vorverstärker Brüel & Kjær 5935) in gegenseitigem Abstand von 5 m angeordnet. Die Mikrofone befanden sich in Höhe des Erdbodens und waren mit einem speziellen Windschutz für tiefe Frequenzen versehen. Die

Mikrofonsignale wurden aufgezeichnet (DAT-Rekorder Sony DTC-ZE700) und später mit einem Korrelationsverfahren zur Reduzierung von windinduzierten Störgeräuschen [1] ausgewertet. Dazu wurde ein zweikanaliger Signalanalysator (Hewlett-Packard 35670a) eingesetzt. Die Tauglichkeit der Messkette für Frequenzen bis hinab zu 0.7 Hz wurde zuvor im Labor verifiziert.

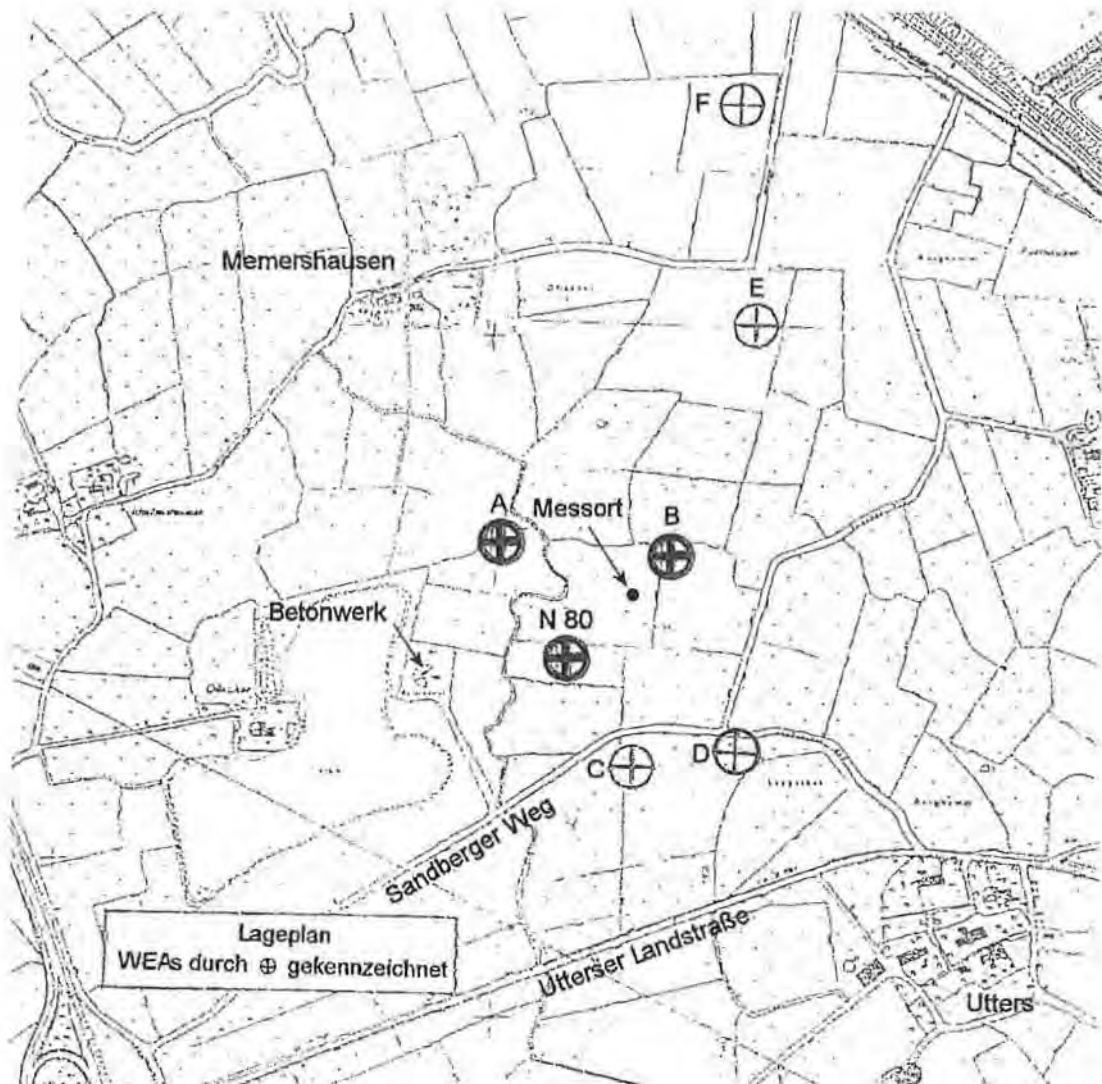


Bild 1. Standort und Umgebung der untersuchten WEA.

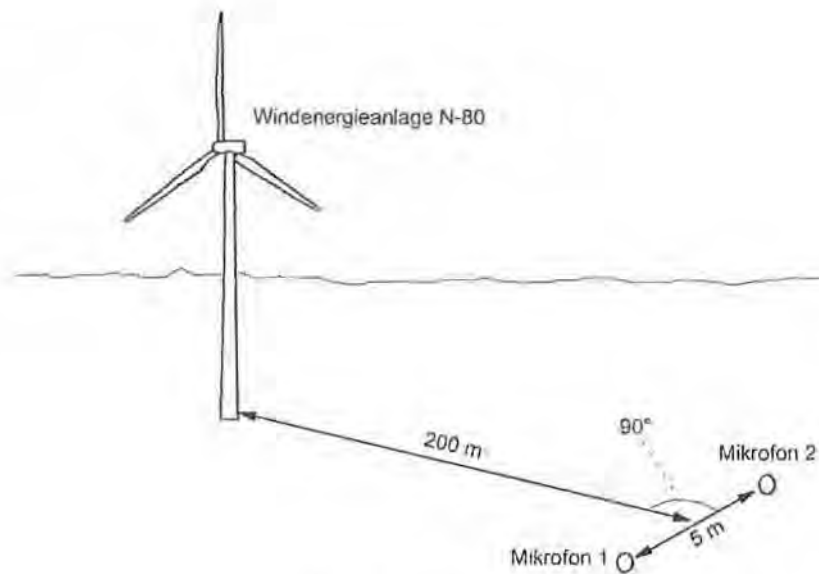


Bild 2. Skizze der Messgeometrie

3. Ergebnisse

Windenergieanlagen strahlen im Infraschallbereich ein Linienspektrum ab, wobei der Linienabstand gleich der Blattfolgefrequenz (BPF, Blade Passing Frequency) ist. Bei einer Rotordrehzahl von z.B. 15/min beträgt die Blattfolgefrequenz $3 \times 15/60 \text{ Hz} = 0,75 \text{ Hz}$. Infolge der Drehzahlschwankungen der Anlage wird die Schallenergie jedoch kontinuierlich über den Frequenzbereich „verschmiert“.

Hinweis: Alle im folgenden angegebenen Windgeschwindigkeiten beziehen sich auf das Gondelanemometer der N-80.

3.1 G-bewerteter Schallpegel

Für eine Einzahl-Angabe des Infraschallpegels ist der sonst übliche A-bewertete Pegel nicht geeignet. Deshalb wurde der G-bewertete Pegel nach ISO 7196 [3] berechnet. **Bild 3** zeigt den zeitlichen Verlauf des G-Pegels vor und nach dem Abschalten der N80 (gleitende 60s-Mittelwerte). Es handelt sich um Summenpegel der WEA sowie aller im Messzeitraum aufgetretenen Störgeräusche. Dabei handelte es sich insbesondere um Fluglärm. Die Pegelabnahme beim Abschalten ist dennoch deutlich erkennbar.

3.2 1/3-Oktav-Spektrum

In **Bild 4** ist ein typisches 1/3-Oktav-Spektrum (Terzspektrum) dargestellt, zusammen mit der Hörschwelle nach DIN 45680 [2]. Die WEA lieferte zu diesem Zeitpunkt eine Leistung von rund 1100 kW.

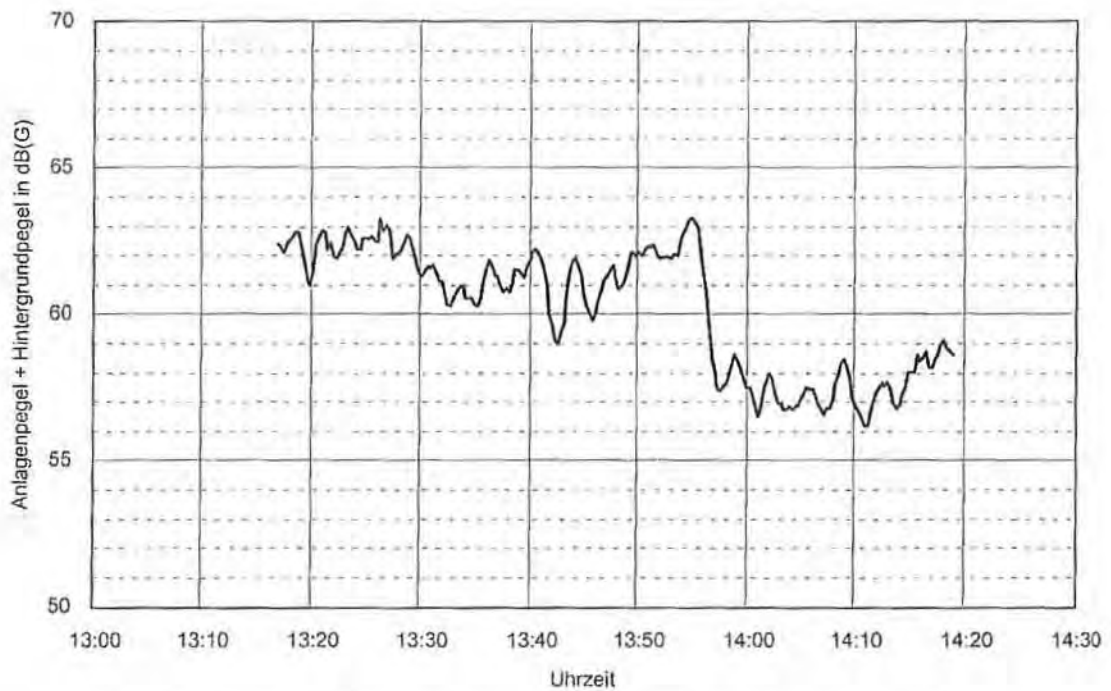


Bild 3. G-bewerteter Schallpegel in 200 m Abstand von der WEA vor und nach dem Abschalten um 13:56 Uhr. Ab 14:17 Uhr wurde die benachbarte Anlage B (siehe Bild 1) wieder hochgefahren.

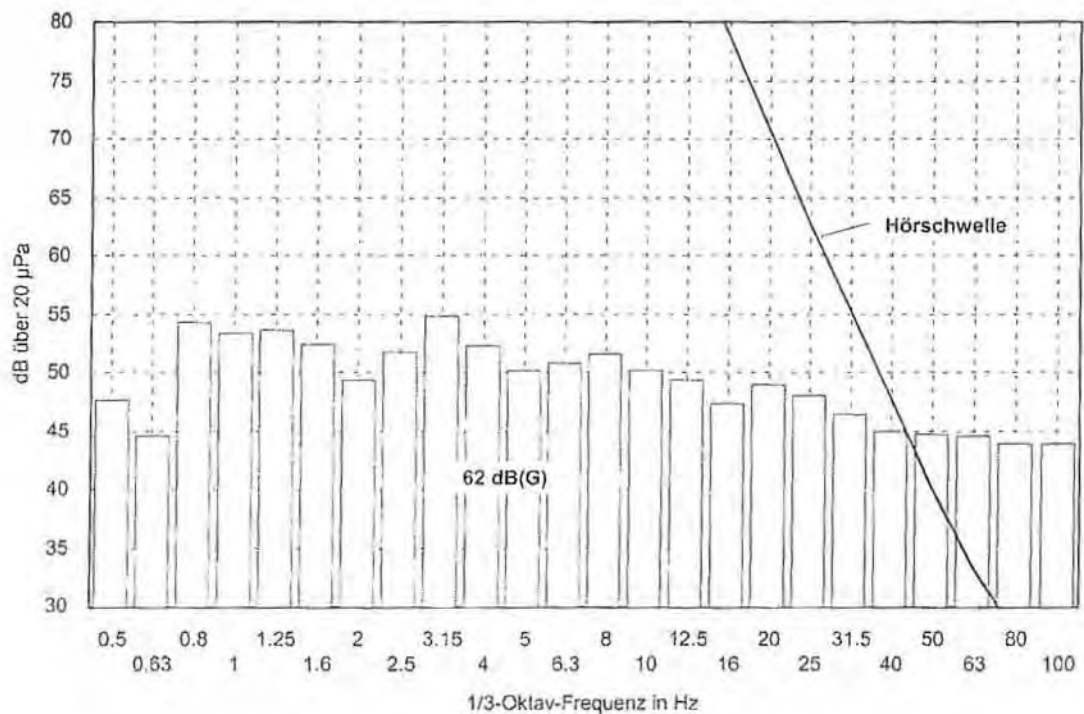


Bild 4. Typisches Terzspektrum und Hörschwelle nach DIN 45680

3.3 Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit

In **Bild 5** ist der G-bewertete Pegel in Abhängigkeit von der Anlagenleistung dargestellt. Es handelt sich um Mittelwerte über jeweils 16 s. **Bild 6** zeigt die gleichen Daten als Funktion der Windgeschwindigkeit. Die Regression liefert einen Anstieg des Pegels von etwa 0,75 dB je m/s Windzunahme.

Mit dem bei abgeschalteter N-80 gemessenen Hintergrundgeräusch – ebenfalls in **Bild 6** eingezeichnet – und einer entsprechenden Regression ist es möglich, den mittleren Anlagenpegel ohne den Störgeräuschanteil zu berechnen. Entsprechende Werte sind für einige Windgeschwindigkeiten in **Tabelle 1** aufgelistet. Man erkennt, dass der Pegel um rund 1 dB je m/s ansteigt.

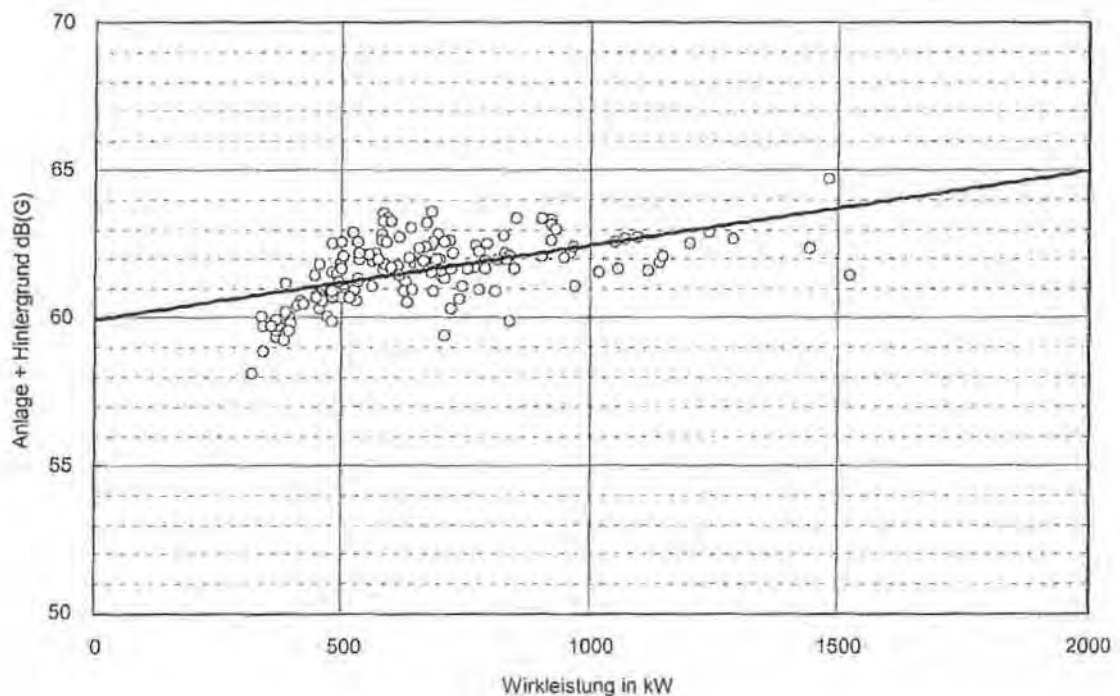


Bild 5. Gemessener G-bewerteter Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der Anlagenleistung

v_{Gondel} in m/s	5	6	7	8	9	10	11	12
Schallpegel in dB(G)	58	59	60	62	62	63	64	65

Tabelle 1. Mittlerer G-bewerteter Pegel der Anlage in 200 m Entfernung, Störgeräuschanteile abgezogen und aufgerundet auf ganze dB-Werte

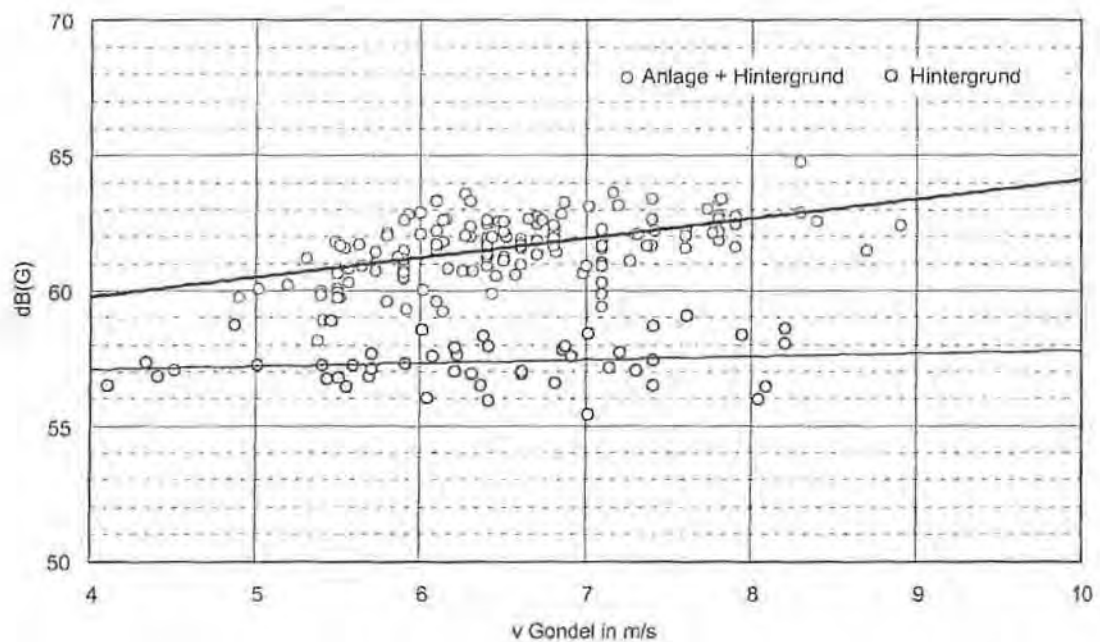


Bild 6. Gemessene G-bewertete Schalldruckpegel in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit

4. Beurteilung der Ergebnisse

Im Infraschallbereich ist die Skala der Empfindungen von "gerade wahrnehmbar" bis "sehr laut" auf eine sehr viel kleineren Pegelbereich abgebildet als bei höheren Frequenzen. Als Richtwert für eine störende Beeinflussung durch Infraschall wird deshalb häufig die Hörschwelle herangezogen.

Bild 4 zeigt, dass die gemessenen Terzpegel im tieffrequenten Bereich bis 30 Hz deutlich unter der mittleren Hörschwelle nach DIN 45680 [3] liegen. Diese hat bei 10 Hz den Wert 95 dB. Um die individuelle Streuung der Hörschwelle zu berücksichtigen, wird in [4] ein niedrigerer Wert von 86 dB vorgeschlagen, mit einer Abnahme von 12 dB/Oktave bei steigender Frequenz. Auch diese Schwellenwerte werden vom Anlagenpegel unterschritten; das Geräusch der WEA ist danach im Infraschallbereich nicht wahrnehmbar.

Die G-Bewertung [3] wurde speziell für den Frequenzbereich 1...20 Hz entwickelt. Als Richtwert gilt, dass ein Geräusch mit 100 dB(G) gerade hörbar ist, während Pegel von 90 dB(G) und weniger normalerweise nicht wahrnehmbar sind. Die Messwerte von weniger als 65 dB(G) unterschreiten somit auch dieses Kriterium erheblich.

5. Normen und Literatur

- [1] K. Betke, H. Remmers: Messung und Bewertung von tieffrequentem Schall. In: Fortschritte der Akustik. Plenarvorträge der 24. Deutschen Jahrestagung für Akustik, Seite 472. Oldenburg 1998.
- [2] DIN 45680 (März 1997): Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft.
- [3] ISO 7196 (1995): Acoustics – Frequency weighting for infrasound measurements.
- [4] M.L.S. Vercammen (1992): Low-Frequency Noise Limits. J. Low Freq. Sound Vib. **14**, 105-107.

5. Zusammenfassung

Es wurde die Schallabstrahlung einer Windenergieanlage vom Typ Nordex N-80 bei tiefen Frequenzen bis hinab zu 0,5 Hz und in einer Entfernung von 200 m gemessen. Sowohl der G-bewertete Infraschallpegel als auch die 1/3-Oktav-Pegel bis 30 Hz lagen erheblich unter den Literaturwerten für die menschliche Hörschwelle. Die Messung ergab somit keine Hinweise auf eine mögliche Gefährdung oder Beeinträchtigung von Personen durch von der Anlage ausgehenden Infraschall.

Oldenburg, den 10. Juni 2003



Dr. Klaus Betke



itap
GMBH
Finstertweg 9
26180 Bad Zwischenahn