

Bleibt hier

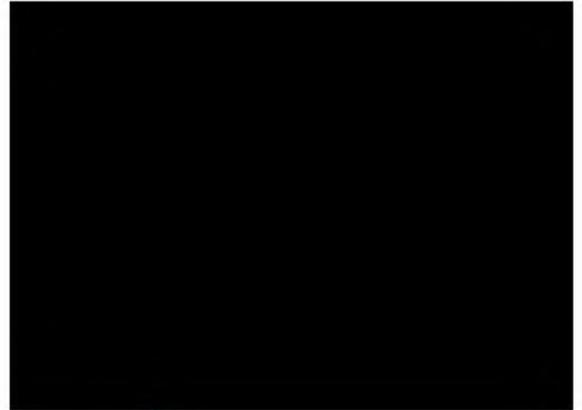
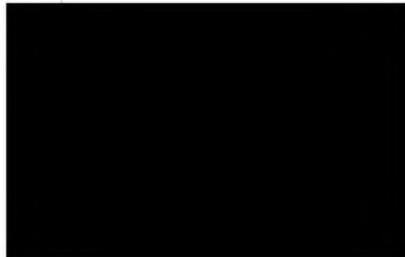
Dr.-Ing. Christian Faber

Am alten Sportplatz 19
52 511 Geilenkirchen
Tel.: 02451 / 68 480

Siehe besondere
Auflagen

**Vorberechnung der Geräuschemissionen
für die
Errichtung einer zusätzlichen Windkraftanlage in der Nähe der
Ortschaft Hallschlag,
Verbandsgemeinde Obere Kyll,
Kreis Daun**

Auftraggeber:



Geilenkirchen, 13. 7. 2000



Dr.-Ing. Christian Faber

1 Situationsbeschreibung und Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant die Errichtung einer Windkraftanlage der Firma NEG Micon, Typ NM 1000/60 mit einer Nennleistung von 1000 kW und einer Nabenhöhe von 70 m in der Nähe der Ortschaft Hallschlag, Verbandsgemeinde Obere Kyll. Im näheren Bereich der beiden geplanten Standorte sind bereits mehrere Windkraftanlagen in Betrieb.

Für nahe gelegene Betriebs- und Wohngebäude in den Ortsgemeinden Hallschlag und Kehr sollen die durch den Betrieb der geplanten Windkraftanlage zu erwartenden Geräuschimmissionen prognostiziert und beurteilt werden.

2 Lageplan und ausgewählte Immissionspunkte

Der Standort der vom Auftraggeber geplanten Windkraftanlage sowie die Standorte der nächst gelegenen, bereits installierten Anlagen sind dem Lageplan (Seite 3) zu entnehmen. Die festgelegten Immissionspunkte IP A bis IP D sind ebenfalls im Lageplan angegeben.

In der TA-Lärm (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm [1]) hat der Gesetzgeber Immissionsrichtwerte in Abhängigkeit der baulichen sowie der industriellen und gewerblichen Nutzung der Grundstücke und Nutzflächen festgelegt. Alle betrachteten Immissionspunkte liegen außerhalb geschlossener Ortschaften. Diese Grundstücke sind nach [2] in die Kategorie „Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete“ einzuordnen.

Die Windkraftanlagen sollen kontinuierlich über 24 Stunden täglich betrieben werden. Infolge der niedrigeren Grenzwerte für den Immissionsschutz zur Nachtzeit (22 Uhr bis 6 Uhr) wird im Folgenden nur dieser Zeitraum betrachtet.

In Tabelle 1 sind die Immissionsrichtwerte für die einzelnen Immissionspunkte zusammengefasst.

Immissions-Punkt	Flächennutzung	Immissions-richtwert Tag (6 - 22 h)	Immissions-richtwert Nacht (22 - 6 h)
IP A bis IP D	Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete	60 dB(A)	45 dB(A)

Tabelle 1 Immissionsrichtwerte für die festgelegten Immissionspunkte nach TA-Lärm [1]

3 Anlagenbeschreibung und Geräuschemission

Tabelle 2 enthält die wichtigsten technischen Daten der geplanten Windkraftanlage NEG Micon NM 1000/60.

Anlage	Nennleistung	Rotor-Durchmesser	Nabenhöhe	Anzahl Rotorblätter	Rotor-Anordnung
NEG Micon NM 1000/60	1000 kW bei 15,0 m/s	60,0 m	70,0 m	3	luvseitig

Tabelle 2 Technische Daten der zur Auswahl stehenden Windkraftanlagen

Zur Kennzeichnung der Geräuschemission von Maschinen wird nach DIN 45635, Teil 1 [3] der Schalleistungspegel angegeben. Der immissionsrelevante Schalleistungspegel von Windkraftanlagen wird nach einer Empfehlung der IEA [4a] und dem Entwurf DIN IEC 88/48/CDV [4b] aus einer Schallmessung unter Normbetriebsbedingungen bei einer Windgeschwindigkeit von 8 m/s in 10 m Höhe ermittelt. Nach einer Empfehlung des Arbeitskreises „Geräusche von Windenergieanlagen“ [4c] sollte die Planung nach der Technischen Richtlinie der FGW [4d] vorgenommen werden, in der der immissionsrelevante Schalleistungspegel für eine Windgeschwindigkeit von 10 m/s in 10 m Höhe definiert ist. Dieser Zustand kann je nach Aufstellungsort und Art der Betriebsregelung den Nennleistungsbetrieb der Windkraftanlage (15 m/s in Nabenhöhe) erreichen. Als immissionsrelevanter Schalleistungspegel $L_{WA,ref}$ wird demnach der in [5] angegebene Schalleistungspegel $L_{WA,ref}$ bei 10 m/s in 10 m Höhe verwendet (Tabelle 3).

Anlage	Schalleistungspegel [dB(A)]	Tonhaltigkeit [dB]	Impulshaltigkeit [dB]
NEG Micon NM 1000/60[5]	100,5	0	< 2

Tabelle 3 Vom Hersteller angegebener Schalleistungspegel $L_{WA,ref}$ [5] für die Geräuschemissionen der geplanten Windkraftanlagen

Die wichtigsten Schallentstehungsmechanismen für die Breitband-Geräuschquellen sind in [6] zusammengefasst:

- Rotorblatt-Kraftschwankungen infolge von Anströmungs-Turbulenzen führen zu einem mit etwa 8 dB/Oktav zu hohen Frequenzen hin abfallenden Rauschspektrum.
- Das von der turbulenten Grenzschichtströmung auf der Rotorblattoberfläche in Wechselwirkung mit der Blatt-Hinterkante verursachte Geräusch weist ein breitbandiges Maximum im Frequenzbereich von 250 Hz auf.
- Strömungs-Nachlaufwirbel, verursacht durch die endliche Hinterkantendicke bewirken ein breitbandiges Maximum im Frequenzbereich zwischen 1 und 2 kHz.

Die Aufteilung der Geräuschemission über der Frequenz ist in Bild 1 in Oktavbändern unter Berücksichtigung der A-Bewertung nach Schallmessungen in [7] dargestellt. Das Spektrum ist breitbandig mit einem Maximum bei 500 Hz.

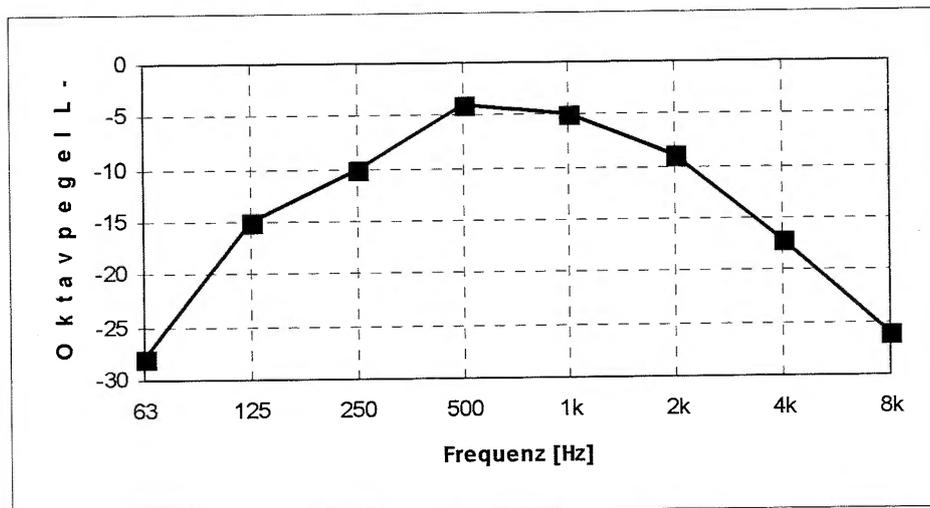


Bild 1 Normiertes Oktavpegelspektrum einer Windkraftanlage nach [7]

4 Geräuschemission

Die Berechnung des Schalldruckpegel L_s aus dem Schalleistungspegel L_w soll nach [1] entsprechend DIN ISO 9613-2 (Entwurf September 1997) [8] durchgeführt werden. Das in [8] festgelegte Berechnungsverfahren ist bis auf eine meteorologische Korrektur C_{met} identisch mit dem in der VDI-Richtlinie "Schallausbreitung im Freien", VDI 2714 (Januar 1988) [9] festgelegten Rechengeschema. Die meteorologische Korrektur C_{met} aus [8] berücksichtigt die

Tatsache, dass in einem längerem Zeitraum eine Vielzahl von Witterungsbedingungen auftreten können. Sie ist abhängig von örtlichen Wetterstatistiken für Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie Temperaturgradienten. Da die meteorologische Korrektur C_{met} immer den Schallimmissionspegel verringert, stellt das Rechenschema nach [9] eine Abschätzung nach oben dar. Im Folgenden wird das in [8] festgelegte Berechnungsverfahren mit den entsprechenden Formelzeichen dargestellt. Es gilt für Mitwindausbreitungsbedingungen. Die meteorologische Korrektur C_{met} wird zu Null gesetzt.

Für die acht Oktavbänder 63 Hz bis 8 kHz sind die Oktavband-Schallimmissionspegel unter Verwendung der Gleichung

$$L_{fr} = L_w + D_c - A$$

zu bestimmen. Dabei ist L_w der Oktavband-Schallleistungspegel der Schallquelle, D_c die Richtwirkungskorrektur und A die Oktavbanddämpfung, die der abgestrahlte Schall bei der Ausbreitung von der Quelle zum Immissionsort erfährt.

Die **Richtwirkungskorrektur** D_c berücksichtigt die unterschiedliche Abstrahlung der Schallquelle in verschiedene Richtungen. Sie ist gleich dem Richtwirkungsmaß D_I , das ein ungleichmäßiges Abstrahlverhalten der Schallquelle in Abhängigkeit der Abstrahlrichtung berücksichtigt (und dem Richtwirkungsmaß DI nach [9] entspricht), zuzüglich eines Richtwirkungsmaßes D_Ω , das den Einfluss von reflektierenden Flächen nahe der Schallquelle angibt (Raumwinkelmaß K_0 nach [9]). Da für Windkraftanlagen nur der ungünstigste Fall, die Abstrahlung in Windrichtung, betrachtet wird und der Schallleistungspegel ebenfalls für die Abstrahlung in Windrichtung ermittelt wurde, gilt für das Richtwirkungsmaß $D_I = 0 \text{ dB}$. Für das Richtwirkungsmaß D_Ω wird nach Messergebnissen in [10] empfohlen, die Schallabstrahlung von Windkraftanlagen als Abstrahlung über einer voll reflektierenden Ebene zu behandeln. Nach VDI 2714, Tabelle 2 [9] ist demnach das Richtwirkungsmaß $D_\Omega = +3 \text{ dB}$ anzusetzen.

Der Dämpfungsterm A beschreibt die Schalldämpfung der Schallwellen bei der Ausbreitung vom Ort der Schallquelle zum Immissionsort. Er setzt sich aus mehreren verschiedenen Mechanismen zusammen, die durch die folgende Gleichung bestimmt werden:

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

Das **Dämpfung aufgrund geometrischer Ausbreitung** A_{div} berücksichtigt die Abnahme des Schalldruckpegels mit der Entfernung für eine sich in alle Richtungen ungehindert

ausbreitende Kugelwelle, bei der sich die Schallleistung auf einer ständig wachsenden Kugelmantelfläche mit gleicher Intensität verteilt. Die Fläche wächst quadratisch mit der Entfernung, was einer Pegelabnahme von 6 dB je Abstandsverdopplung entspricht und es gilt:

$$A_{div} = 10 \lg \left[4\pi \frac{d^2}{d_0^2} \right] = 20 \lg (d/d_0) + 11 \quad ; \quad d_0 = 1 \text{ m}$$

Bei der Ausbreitung von Schallwellen in freier Umgebung bewirken Dissipation und Wärmeleitung eine Dämpfung, die die transportierte Schallenergie mit dem zurückgelegten Weg exponentiell abklingen läßt. Die Ausbreitungsdämpfung ist frequenzabhängig und wird durch die **Dämpfung aufgrund von Luftabsorption** A_{atm} beschrieben. In [8] sind Werte für die Ausbreitungsdämpfung in Abhängigkeit der Frequenz, der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte angegeben. Die in [9] festgelegten Werte für die Oktavbandmittenfrequenzen von 63 Hz bis 8 kHz berücksichtigen den Einfluss der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte nicht, stellen aber einen unteren Wert für die Luftabsorption dar.

In der **Dämpfung aufgrund des Bodeneffekts** A_{gr} sind Schallpegelminderungen infolge von Interferenzen zwischen den direkt abgestrahlten und den am Boden reflektierten Schallwellen sowie durch die Schallstreuung in der Luft und Absorption am Boden enthalten. In [8] und [9] ist ein Verfahren zur Berechnung des Bodeneffekts in Abhängigkeit der Frequenz und der Bodeneigenschaften, jedoch nur für annähernd flache Böden angegeben. Die Gleichungen sind außerdem nicht uneingeschränkt gültig. Für die Schallausbreitung über poröse Böden (Gras, Ackerland, Bäume oder anderer bodendeckender Bewuchs) und falls der Schall kein reiner Ton ist, kann der Einfluss des Bodeneffekts nach [8] und [9] mit einer Näherungsformel abgeschätzt werden, wenn nur der A-bewertete Schalldruckpegel am Immissionsort von Interesse ist.

Mit der **Dämpfung aufgrund von Abschirmung** A_{bar} werden abschirmende Hindernisse, Schallschirme im Ausbreitungsweg zwischen Quelle und Immissionsort berücksichtigt. **Zusätzliche Dämpfungsarten** sind im Term A_{misc} enthalten. Dazu gehören die Dämpfung durch **Bewuchs** A_{fol} , durch **Industriegelände** A_{site} sowie durch **Bebauung** A_{hous} . Da im Normalfall keine Hindernisse zwischen Windkraftanlage und Immissionsort liegen, wird $A_{bar} = A_{misc} = A_{fol} = A_{site} = A_{hous} = 0 \text{ dB}$ gesetzt.

Die Berechnungen wurden in den einzelnen Oktavbändern durchgeführt, wobei die spektrale Verteilung der Schallleistung gemäß Bild 1 vorgenommen wurde (siehe detaillierte Berechnungen in den Tabellen im Anhang).

Für die betrachteten Immissionspunkte sind die Rechenergebnisse in Tabelle 4 angegeben.

Immissionspunkt	Schallimmissionspegel [dB(A)]	Immissionsrichtwert [dB(A)]
A	29	45
B	27	45
C	24	45
D	24	45

Tabelle 4 Immissionspegel in [dB(A)] an den Immissionspunkten IP A bis IP D durch die geplante Windkraftanlage NM 1000/60 in Hallschlag

Eine Tonhaltigkeit [11] in den von den Windkraftanlagen abgestrahlten Geräuschen wird vom Hersteller nicht angegeben (Tabelle 3, [5]). Nach Untersuchungen in [12] nimmt die Tonhaltigkeit im Frequenzspektrum des Geräusches von Windkraftanlagen mit der Entfernung ab. Im Nahbereich ermittelte Tonhaltigkeiten von weniger als 3 dB zeigen im Fernfeld von Windkraftanlagen (Abstände > 200 m) keine Auswirkungen mehr auf und können daher vernachlässigt werden [12].

5 Beurteilung der Ergebnisse

5.1 Beurteilungspegel

Grundlagen zur Beurteilung der Immissionspegel sind die TA-Lärm [1] sowie die VDI-Richtlinie 2058, Blatt 1 [13]. Zuschläge zur Berücksichtigung auffälliger Eigenschaften des abgestrahlten Geräusches sind nicht gegeben. Die Bewertung einer Tonhaltigkeit des abgestrahlten Geräusches wurde nicht in die Rechnung mit einbezogen. Eine zeitliche Bewertung kann entfallen, da von einem stationären Betrieb aller Anlagen ausgegangen werden kann. Der Abzug von 3 dB nach [1], Abschnitt 6.9, im Hinblick auf die Messunsicherheit wird im Rahmen einer Vorausberechnung nicht berücksichtigt. Nach den gegebenen Voraussetzungen entsprechen die Beurteilungspegel den berechneten Immissionspegeln. Die Immissionsrichtwerte sind zum Vergleich in Tabelle 4 in Spalte 3 angegeben.

Die in den Tabellen angegebenen Beurteilungspegel wurden unter Mitwindbedingungen bestimmt. Bei Gegenwind oder Querwind sind im allgemeinen niedrigere Pegelwerte zu erwarten.

Zur Bewertung der Rechenergebnisse sollen noch folgende Punkte angemerkt werden:

- Bei der Berechnung der Immissionspegel nach [8] wurde eine Abschätzung nach oben ('worst case') vorgenommen, bei der von einem schallharten, voll reflektierenden Boden ausgegangen wird. In Wirklichkeit wird die Energie der von der Windkraftanlage nach unten abgestrahlten Schallwellen infolge der akustischen Eigenschaften eines vorhandenen landwirtschaftlich kultivierten Bodens bei der Reflexion zu einem geringen Teil absorbiert. Der Einfluss des Bodeneffekts kann nach [8] und [9] mit einer Näherungsformel abgeschätzt werden. Danach zeigen sich Auswirkungen für Entfernungen Schallquelle - Immissionspunkt oberhalb von 250 m. Für die hier festgelegten Immissionspunkte ergeben sich daraus Pegelminderungen zwischen 3,2 und 3,8 dB (entsprechend Entfernungen von 756 m bis 1192 m).

5.2 Vergleich der Beurteilungspegel mit den Immissionsrichtwerten

Die geplanten Windkraftanlage trägt an den Immissionsorten IP A bis IP D nur in geringem Maße zur Schallimmission bei. Nach TA-Lärm 3.2.1, Absatz 2 [1] ist der Immissionsbeitrag einer zu beurteilenden Anlage in der Regel als nicht relevant anzusehen, falls die von der Anlage ausgehende Zusatzbelastung den Immissionsrichtwert um mindestens 6 dB unterschreitet. Nach Tabelle 4 liegen die von der geplanten Windkraftanlage verursachten Schallimmissionspegel um mehr als 15 dB unter den Immissionsrichtwerten. Diese Zusatzbelastung im Sinne der TA Lärm würde daher das durch die bereits betriebenen Windkraftanlagen verursachte Geräusch um weit weniger als 0,1 dB, also nicht wahrnehmbar, erhöhen.

6 Zusammenfassung

Für in der Nähe der neu geplanten Windkraftanlage gelegene Gebäude wurden die zu erwartenden Geräuschimmissionen vorausberechnet und beurteilt (siehe Lageplan Seite 3). Bei der geplanten Anlagen handelt es sich um einen dreiblättrigen Generator des Typs NEG Micon NM 1000/60.

Für die Beurteilung wurden 4 exponierte Immissionspunkte ausgewählt, die dem Lageplan zu entnehmen sind. Die entsprechenden Immissionsrichtwerte sind entsprechend der Flächennutzung in Tabelle 1 festgelegt.

Die zu erwarteten Immissionspegelwerte und Beurteilungspegel wurden nach DIN ISO 9613, Teil 2 (Entwurf) [8] und gemäß den Vorgaben in der TA-Lärm [1] ermittelt. Grundlage der Berechnungen sind die Herstellerangaben über den Schalleistungspegel bei einer Windgeschwindigkeit von 10 m/s in 10 m Höhe [5].

Die durch die geplante Windkraftanlage verursachte Zusatzbelastung bleibt in allen Immissionspunkten um mehr als 15 dB unter den Immissionsrichtwerten. Nach TA-Lärm 3.2.1, Absatz 2 [1] ist der Immissionsbeitrag einer zu beurteilenden Anlage in der Regel als nicht relevant anzusehen, falls die von der Anlage ausgehende Zusatzbelastung den Immissionsrichtwert um mindestens 6 dB unterschreitet. Die in der TA Lärm geforderte Bedingung für eine Zusatzbelastung wird somit bei weitem erfüllt.

Geilenkirchen, den 13. 7. 2000



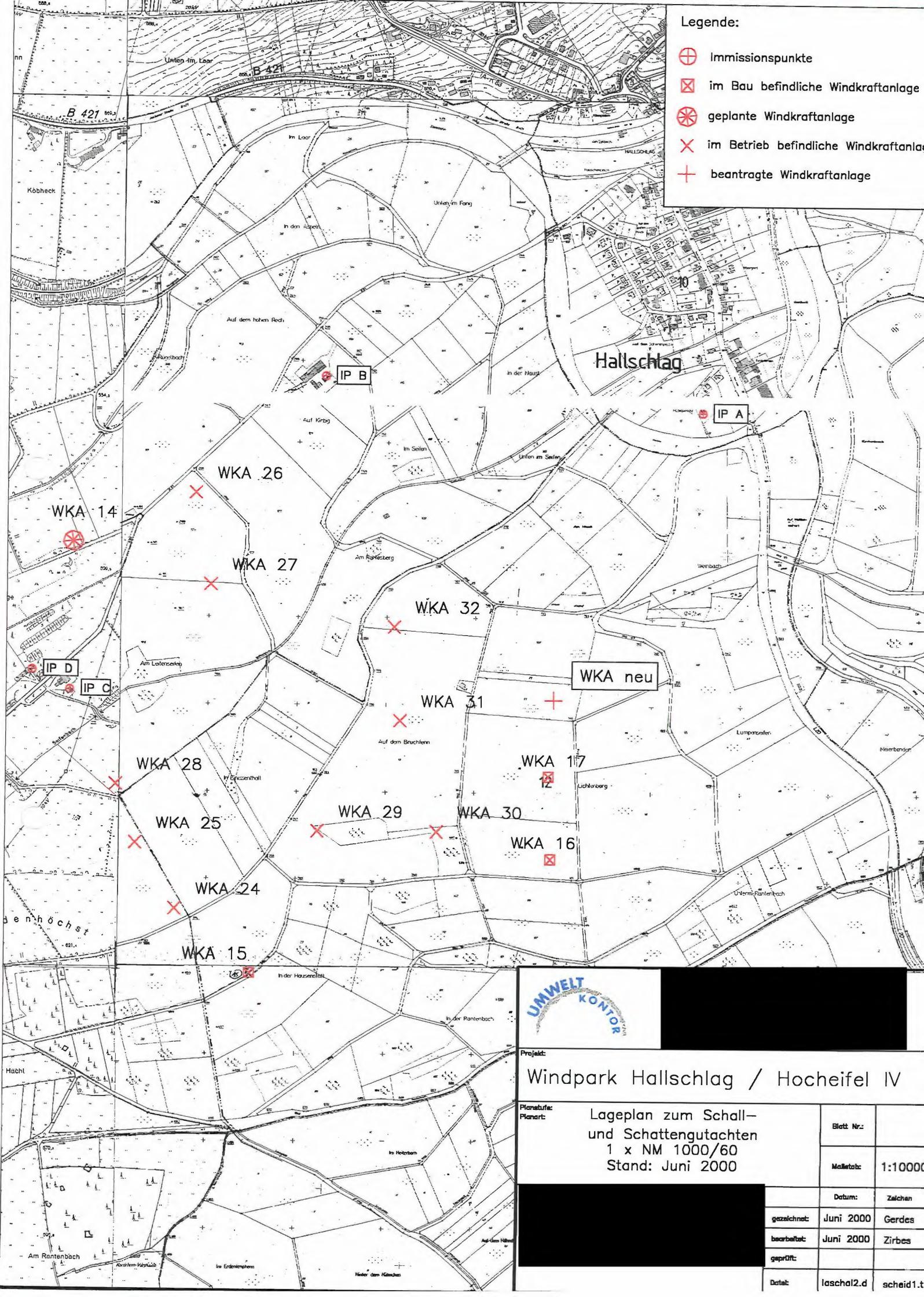
Dr.-Ing. Christian Faber

7 **Literatur**

- [1] Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm) vom 26. August 1998, 6. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Gemeinsames Ministerialblatt GMBI 1998, 49. Jahrgang, Nr. 26, S. 503-515
- [2] M. Pfaff, Technischer Kommentar zur TA-Lärm
ecomed-Verlag, Landsberg/Lech, 1991
- [3] DIN 45635, Teil 1, Geräuschemessung an Maschinen, Luftschallmessung,
Hüllflächenverfahren, Rahmen-Messvorschrift, 1984
- [4a] Recommended Practices for Wind Turbine Testing and Evaluation - 4. Acoustics -
Measurement of Noise Emission from Wind Turbines, 3rd edition 1994 - Expert
Group Study Submitted to the Executive Committee of International Energy Agency -
(IEA) - Programme for Research and Development in Wind Energy Conversion
Systems
- [4b] Entwurf DIN IEC 88/48/CDV, Windenergieanlagen, Teil 10 Schallmessverfahren,
März 1996
- [4c] Schallimmissionsschutz in Genehmigungsverfahren von Windenergieanlagen,
Empfehlungen des Arbeitskreises „Geräusche von Windenergieanlagen“,
Dezember 1998
- [4d] Technische Richtlinie zur Bestimmung der Leistungskurve, der Schallemissionswerte
und der elektrischen Eigenschaften von Windenergieanlagen, Stand: 1. 4. 1998,
Fördergesellschaft Windenergie e. V., FGW
- [5] Messbericht Nr. WICO 01602299 vom 3. 5. 1999 über die Messung der
Schallemission der Windenergieanlage NM 1000/60 mit Nabenhöhe $H = 70$ m,
WIND-consult Ingenieurgesellschaft für umweltschonende Energiewandlung mbH
- [6] H. H. Hubbard, K. P. Shepherd, Aeroacoustics of Large Wind Turbines,
Journal of the Acoustical Society of America, vol 89, June 1991, S. 2495 - 2508
- [7] Schall-Emissionsmessung an einer NORDEX N-52 / 800 kW,
Wind-consult Ingenieurgesellschaft für umweltschonende Energiewandlung mbH
- [8] DIN ISO 9613-2, Entwurf, Dämpfung des Schalls bei der Ausbreitung im Freien,
Teil 2: Allgemeines Berechnungsverfahren, September 1997
- [9] VDI-Richtlinie VDI 2714, Schallausbreitung im Freien, Januar 1988
- [10] J. Jakobsen, Noise from Wind Turbine Generators, Noise Control, Propagation and
Assessment, Proceedings 1990 INTERNOISE-Conference, 1990 Goetheborg,
Schweden, S. 303 - 308
- [11] DIN 45 681, Entwurf, Bestimmung der Tonhaltigkeit von Geräuschen und Ermittlung
eines Tonzuschlages für die Beurteilung von Geräuschimmissionen, Januar 1992
- [12] J. Gabriel, H. Klug, T. Osten, Schallmessungen an Windkraftanlagen,
DEWEK '94, Tagungsband herausgegeben vom DEWI, S. 251
- [13] VDI-Richtlinie VDI 2058, Blatt 1, Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft,
September 1985

Legende:

-  Immissionspunkte
-  im Bau befindliche Windkraftanlage
-  geplante Windkraftanlage
-  im Betrieb befindliche Windkraftanlage
-  beantragte Windkraftanlage



Projekt:
Windpark Hallschlag / Hocheifel IV

Planstufe:
Planart: Lageplan zum Schall- und Schattengutachten
1 x NM 1000/60
Stand: Juni 2000

Blatt Nr.:	
Maßstab:	1:10000
Datum:	Zulchen
gezeichnet:	Juni 2000 Gerdes
bearbeitet:	Juni 2000 Zirbes
geprüft:	
Datalt:	laschal2.d scheid1.t

Anhang

Berechnungsblätter für die betrachteten Immissionspunkte IP A bis IP D
(4 Seiten)

