

# Schattenwurfanalyse

für den Standort

## Windpark Balje/Hörne

Samtgemeinde Nordkehdingen,

Landkreis Stade

**Vorhabenträger:**

**Windpark Marschland**  
Betriebsführungsgesellschaft mbH (WPMB)  
Peter-Henlein-Str.  
27472 Cuxhaven

**Bearbeitung:**

**PROKON Nord**  
Projektierungs- und Betriebsführungsgesellschaft  
für regenerative Energiesysteme mbH  
Gustav-Elster Str.1  
26789 Leer

Dipl.-Ing. Niels Erdmann  
Dipl.-Ing. Ingo de Buhr

**Datum:**

17.11.97

## Licht und Schatten, Inhalt

1 Aufgabenstellung .....	3
2 Schattenwurf von Windenergieanlagen .....	3
2.1 Einfluß des Sonnenstandes.....	3
2.2 Einfluß der Bewölkung .....	4
2.3 Einfluß der Windrichtung .....	5
3 .....	6
3.1 Kernschatten/Halbschatten .....	6
3.2 Abschätzung der Schattendauer .....	6
4 Ergebnisse.....	8

Anlage 1: DEWI-Fachbeitrag

Anlage 2: 5 Seiten Sonnenstandsdiagramm für Standorte SO1, SO2, SO3

## 1 Aufgabenstellung

Bei Sonnenschein werfen Windenergieanlagen (WEA) einen Schatten. Gerade dieser direkte Schattenwurf kann sich bei drehendem Rotor sehr unangenehm bemerkbar machen. Aus der Rotordrehzahl und der Anzahl der Rotorblätter einer WEA ergibt sich die jeweilige Frequenz, mit der stark wechselnde Lichtverhältnisse im Schattenbereich der Rotorkreisfläche auftreten können. Es handelt sich hier in der Regel um niedrige Frequenzen im Bereich von etwa 1 Hz, mit der für den Betrachter die Lichtverhältnisse (hell/dunkel) wechseln; je nach Intensität, Frequenz und Häufigkeit der wechselnden Lichtverhältnisse können für Personen, die sich für längere Zeit im Schattenbereich des Rotors aufhalten (müssen), mehr oder weniger starke Beeinträchtigungen entstehen.

Aufgabe dieser Betrachtung ist die Abschätzung der möglichen Beschattung durch Windenergieanlagen (WEA) in dem Windpark Balje/Hörne, Samtgemeinde Nordkehdingen, Landkreis Stade, aufgrund einer vorgegebenen Beispielkonstellation.

## 2 Schattenwurf von Windenergieanlagen

Entsprechend einer Vereinbarung der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) spricht man dann von Sonnenschein, wenn die Bestrahlungsstärke der direkten Sonnenstrahlung mindestens  $120 \text{ W/m}^2$  beträgt.

Bei Sonnenschein beeinflussen die folgenden drei meteorologischen Effekte die Größe des Schattenwurfes und die Andauer der Beschattung, die im folgenden als reale Beschattung bezeichnet wird.

### 2.1 Einfluß des Sonnenstandes

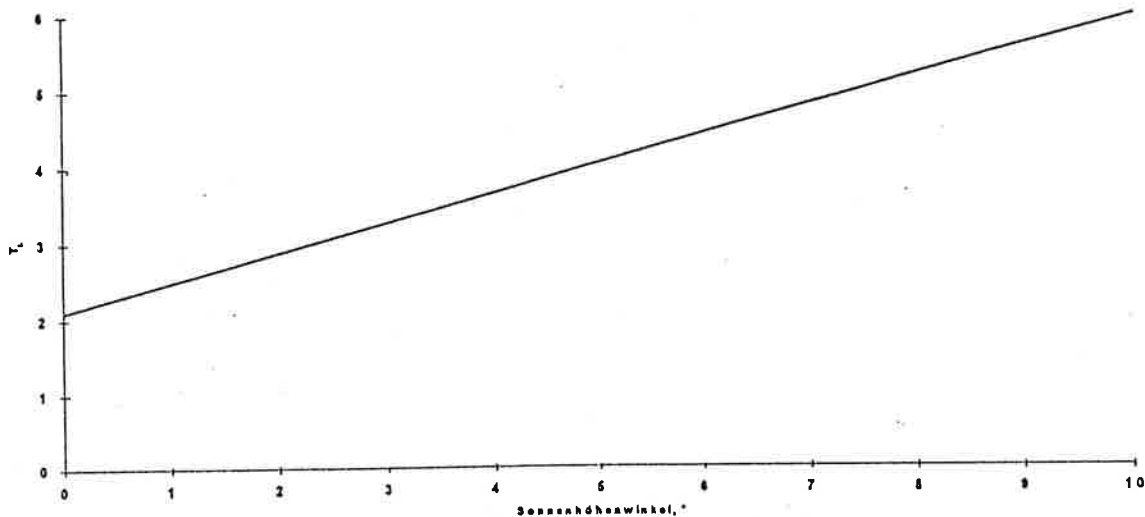
Befinden sich im Strahlengang undurchsichtige oder nicht völlig durchsichtige Körper (Hindernisse), so entsteht infolge von Ablendung des Lichtes (oder allgemein der Strahlung) eine nicht oder weniger belichtete (bestrahlte) Fläche, die als Schatten bezeichnet wird. Derartige Hindernisse können sich am Himmel befinden, wie z.B. Wolken oder Flugzeuge, oder an der Erdoberfläche, wie Bewuchs (Bäume, Hecken), Hügel oder Bauten (z.B. Windenergieanlagen (WEA)). Durch diese Zusammenstellung soll veranschaulicht werden, daß Beschattung durch WEA nur einer der vielen Lichteffekte ist, die uns im täglichen Leben begegnen.

Es wird auch der Begriff „Schlagschatten bzw. Kernschatten“ verwendet, um anzudeuten, daß die Umrisse des Hindernisses sich am Schattenrand scharf abzeichnen. Der Begriff „Halbschatten“ bedeutet, daß andere Lichtquellen, z.B. die diffuse Sonnenstrahlung, hinter ein Hindernis leuchten und den Schatten aufhellen. Die direkte Sonnenstrahlung wird auch durch Streuung und Absorption in der Atmosphäre geschwächt. Der Linke-Trübungsfaktor  $T_L$  ist ein Maß für die optische Dicke der getrübbten und feuchten Atmosphäre. Für den Linke-Trübungsfaktor  $T_L$  gelten folgende Richtwerte

Luftmasse	$T_L$
sehr reine, frische Kaltluft	2
reine Warmluft	3
gealterte, oder feuchtwarme Luft	4-6
verunreinigte Luft, wie z.B. in Industriegebieten bei >6 stagnierender Luft	>6

Tab. 2.1: Typische werte für  $T_L$  in Deutschland

Je flacher die Sonne über dem Horizont steht, desto dicker ist die durchstrahlte Atmosphäre. Beim Passieren der Atmosphäre kann die direkte Sonnenstrahlung derart geschwächt werden, daß weniger als  $120 \text{ W/m}^2$  den Erdboden erreichen. Abbildung 2.1 zeigt in Abhängigkeit des Sonnenhöhenwinkels, ab welchem Trübungsfaktor  $T_L$  die direkte Sonnenstrahlung auf weniger als  $120 \text{ W/m}^2$  absinkt. Das ist z.B. bei einem Sonnenhöhenwinkel von  $7,5^\circ$  der Fall, wenn eine gealterte oder feuchtwarme Luft mit einem Trübungsfaktor  $T_L = 5$  vorliegt.

Abb. 2.1: Reduktion der direkten Sonneneinstrahlung auf  $120 \text{ W/m}^2$  in Abhängigkeit vom Sonnenhöhenwinkel und Linke-Trübungsfaktor.

Aufgrund des langen Weges der Sonnenstrahlen in den frühen Morgen- und den späten Abendstunden (zusätzlich gealterte Luft) durch die Atmosphäre wird ein Kappungswinkel von  $5^\circ$  (Azimutwinkel) angesetzt. Steht die Sonne unterhalb dieses Winkels, beträgt die Sonneneinstrahlung weniger als  $120 \text{ W/m}^2$ ; in diesem Bereich wird kein Schattenwurf auftreten, also kein Beitrag zu der gesamten Schattenwurfdauer geleistet.

## 2.2 Einfluß der Bewölkung

Wenn die Sonne von Wolken verdeckt wird, kann durch die WEA kein Schatten entstehen. Mit Hilfe der Meßdaten der Sonnenscheindauer einer nahe gelegenen Klimastation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) läßt sich feststellen, wie lange mit schattenwerfender direkter Sonnenstrahlung im Mittel zu rechnen ist. Abbildung 2.2 (Tabelle) gibt die Sonnenscheindauer in Minuten (min) an; z.B. scheint die Sonne im März in der Stunde 10-11 (WOZ) im Mittel 20 min. Nur während dieser 20 min der betreffenden Stunde kann also Schattenwurf auftreten.

Monat WOZ	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
03-04												
04-05					4	7	5	1				
05-06				4	17	19	17	8				
06-07			1	13	24	23	24	21	6			
07-08		2	7	23	29	23	26	28	17	4	1	
08-09	2	10	16	26	29	25	26	29	23	14	5	1
09-10	8	14	19	28	31	26	29	34	26	20	13	6
10-11	13	19	20	35	32	27	30	34	27	22	16	10
11-12	14	21	21	31	33	29	32	34	26	24	17	12
12-13	13	22	20	31	34	29	32	35	26	22	18	13
13-14	11	21	20	30	34	29	32	34	25	20	16	11
14-15	7	18	19	28	34	29	30	33	22	20	14	5
15-16	1	11	16	26	34	28	31	32	20	14	5	
16-17		2	10	23	32	27	29	29	16	4		
17-18			2	17	29	26	25	22	4			
18-19				3	20	22	19	8				
19-20					4	8	4					
20-21												

Abb. 2.2: Stündliche Sonnenscheindauer in Minuten an einer Klimastation des DWD, langjähriges Monatsmittel

### 2.3 Einfluß der Windrichtung

Die Rotationsscheibe ruft auf der Erdoberfläche einen elliptischen Schatten hervor. Dieser hat seine größte Breite, wenn die Scheibe senkrecht zur Sonnenrichtung steht, d.h. wenn der Wind aus der Richtung oder in die Richtung zur Sonne weht. Dreht der Wind aus dieser Richtung heraus, so wird der elliptische Schatten zunehmend schmaler. Für den Fall, daß Windrichtung und Sonnenstrahlrichtung senkrecht aufeinander stehen, hat der Schatten die Form eines Striches, kann also unberücksichtigt bleiben.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, daß durch den Einfluß der Windrichtung, Windstärke und Bewölkung zusammen, ein mögliches auftreten von bewegtem Schatten laut Sonnenstand, auf 30% reduziert wird. Dies beinhaltet gegenüber der Untersuchung von A.Keuper<sup>1</sup> für das Deutsche Windenergie-Institut (Anlage1) eine Sicherheit von 10%; A.Keuper geht von einer Reduzierung auf 20 % aus.

<sup>1</sup> A. Keuper: Windenergie ist aktiver Umwelt- und Naturschutz, DEWI-Magazin Nr. 2, S. 37 - 49, Feb. 1993

## 3

3.1 *Kernschatten/Halbschatten*

Zu unterscheiden sind im wesentlichen der Kern- und der Halbschatten. Als Kernschatten bezeichnet man den Bereich des Schattens der dadurch entsteht, daß keine direkte (Sonnen-) Strahlung diesen Bereich erreicht. Der Halbschatten ist durch teilweise Strahlungseinwirkung erhellt. Bei WEA ist der Kernschatten der Bereich aus dem man die Sonne nicht sehen kann, sie also insgesamt durch das Rotorblatt verdeckt wird. Der Kernschatten sorgt für den Schlagschatten mit stark abgegrenzten Konturen.

Der Abstand ab dem nur noch ein Halbschatten vorhanden ist läßt sich wie folgt berechnen:

Die Bedingung für Halbschatten lautet:

$$\alpha_{RB} < \alpha_S$$

mit  $\alpha_{RB}$  = vom Rotorblatt eingenommener Winkel  
 $\alpha_S$  = Von der Sonne eingenommener Winkel

Für die Winkel gilt:

$$\alpha_{RB} = \arctan (d/f)$$

$$\alpha_S = \arctan (D_S / A_{SE}) = 0,53^\circ$$

Der Abstand des Rotorblattes zum Betrachter wird durch  $f$  dargestellt und das Maß des Rotorblattes an der breitesten Stelle durch  $d$ .  $A_{SE}$  bezeichnet den Abstand zwischen Sonne und Erde ( $1,5 \times 10^8$  km), und  $D_S$  den Durchmesser der Sonne.

Es ergibt sich die Bedingung:

$$\alpha_{RB} < 0,53$$

Die Bedingung ist erfüllt für:

$$f < 389 \text{ m}$$

Hierfür wurde eine Rotorblattbreite von 3,6 m angenommen. Außerdem wurde die berechnete Entfernung zum Rotorblatt als horizontale Entfernung zur WEA bewertet um eine Sicherheit zu haben. Auch über die errechnete Entfernung hinaus ist ein Schatten wahrnehmbar, es handelt sich jedoch nicht mehr um Kern- bzw. Schlagschatten.

3.2 *Abschätzung der Schattendauer*

Der Windpark Balje/Hörne befindet sich südwestlich des Ortes Hörne und nördlich des Ortsteils Altenwisch.

Die Abstände zu allen Häusern betragen mindestens 450 m. A.Keuper hat im Auftrag des Deutschen Windenergie-Instituts in Wilhelmshaven die durchschnittlichen Schattenwurfdauern durch Windenergieanlagen ermittelt (siehe Anlage 1). Keuper kommt grundsätzlich zu dem Ergebnis, daß 'bei Abständen von 300 m und mehr ist der Zeitraum, in dem Schattenwurf auftreten kann, sehr gering, die Anteile mit Halbschatten nehmen stark zu, so daß hier von keiner Einschränkung gesprochen werden kann'.

Für 3 Standorte am Rand des Windparkgebietes (SO1, SO2, SO3, siehe Abb. 3.1 Übersichtskarte) ist die Schattenwurf-Situation genauestens untersucht worden:

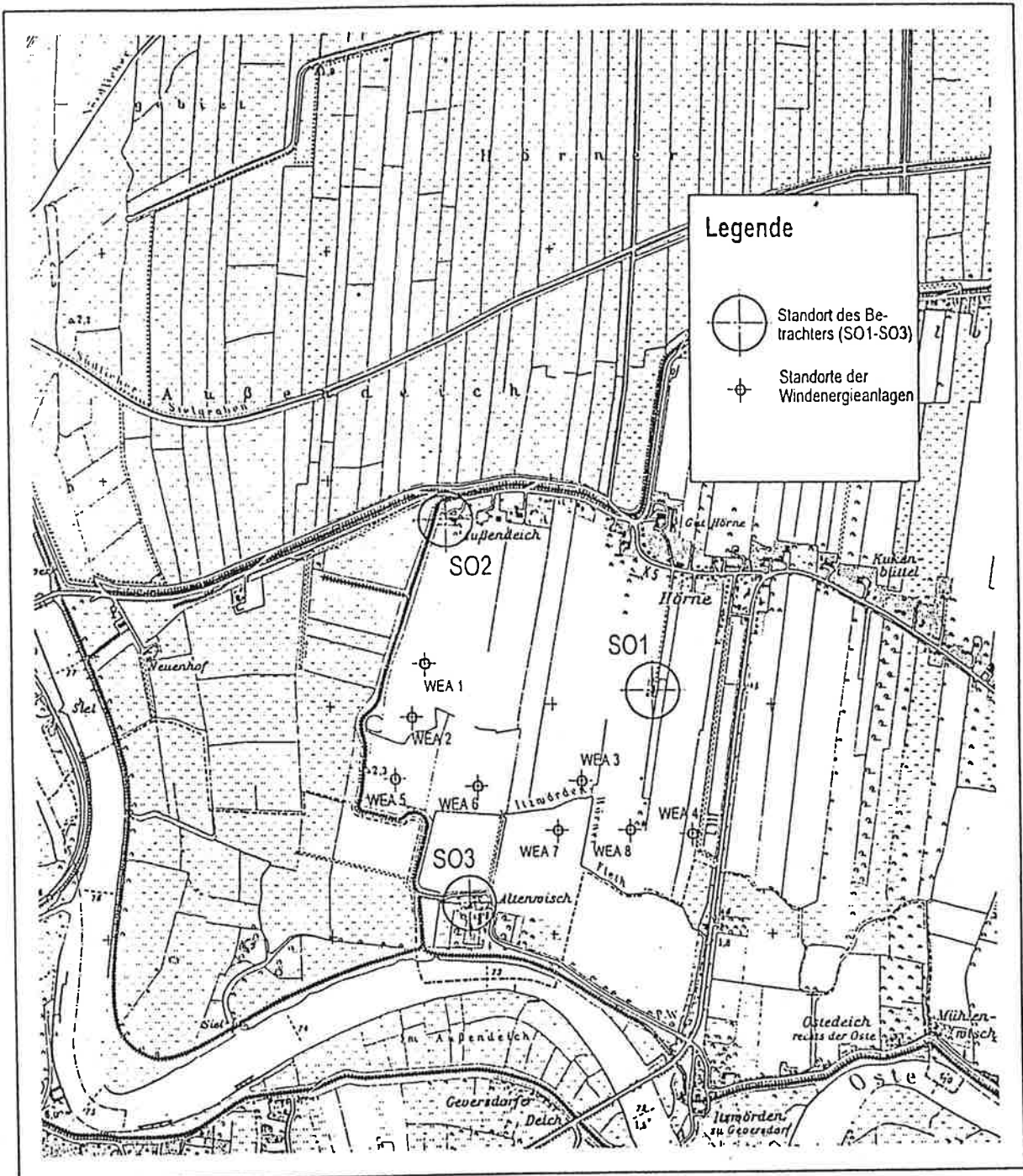


Abb 3.1: Übersichtskarte Windpark Hörne.

In der Anlage 2 ist aus Sicht jeder dieser Standorte die Jahres-Sonnenbahn, jeweils für einen Tag eines Monats, sowie die Rotorebenen eines Beispiel-Windparks mit 8 WEA der 1,5 MW-Klasse (Gesamthöhe 100 m) in dieser Sonnenbahn-Ebene dargestellt. Dargestellt ist jeweils eine Gesamtübersicht sowie Detaildarstellungen. Die kleinen Kreise stellen die Sonne im 4-min-Abstand dar. Grau dargestellt ist die oben zitierte 5°-Kappungsgrenze.

Deutlich zu erkennen ist, daß aus allen Betrachtungswinkeln die meisten Windenergieanlagen aufgrund ihrer Entfernung vom Betrachter unterhalb der 5° Kappungsgrenze liegen, d.h. die Strahlungsstärke der Sonne reicht hier im Normalfall nicht aus, um Schattenwurf zu erzeugen.

Die folgende Tabelle stellt die Koordinaten der Standorte der WEA sowie des betrachteten Punktes dar:

Standorte der WEA			Immission points		
WEA Nr.	X	Y	Point Nr.	X[m]	Y[m]
1	3504410.7	5965247.0	SO1	3504618.2	5964146.5
2	3504355.0	5964991.0	SO2	3505461.7	5965072.5
3	3505131.2	5964681.5	SO3	3505688.0	5964057.0
4	3505670.5	5964602.0			
5	3504288.2	5964690.0			
6	3504660.0	5964642.5			
7	3505011.2	5964454.5			
8	3505325.0	5964450.5			

Tab. 3.1: Standortkoordinaten der Windenergieanlagen und Betrachtungsstandpunkte

## 4 Ergebnisse

Schattenwurf durch die WEA kann dann entstehen, wenn die '4-min-Sonnen' sich innerhalb der Rotorebenen der WEA, jedoch oberhalb der 5°-Kappungsgrenze befinden.

Für jeden der drei Standorte sind die Ergebnisse in einer tabellarisch für jede WEA dargestellt, sofern ein Einfluß durch Schattenwurf bestimmt wurde.

Alle folgenden Angaben beziehen sich auf die Mitteleuropäische Zeit (MEZ).

SO1:

WEA	Mögliche Schattentage	Mögliche Schattenuhrzeit	Maximale theoretische Schattendauer	Reale Beschattungsdauer
WEA 4	04.12. - 07.01	10:00 - 10:24	24 min.	7,2 min.
WEA 7	29.11 - 11.01	14:32 - 14:52	20 min.	6,0 min.
WEA 3	05.11. - 05.02	14:36 - 15:08	32 min.	9,6 min.
WEA 6	16.02 - 22.02 18.10 - 24.10	16:08 - 16:32	14 min.	4,2 min.

SO2:

Keine der untersuchten Windenergieanlagen wirft einen relevanten Schatten auf den Standort SO2

SO3:

WEA	Mögliche Schattentage	Mögliche Schattenuhrzeit	Maximale theoretische Schattendauer	Reale Beschattungsdauer
WEA 8	06.03 - 21.03 19.09 - 04.10	4:48 - 5:08	20 min.	6 min.

Für jede Windenergieanlage sind die möglichen Schattentage und Schattenuhrzeiten sowie die maximale theoretische- und reale Beschattungsdauer dargestellt.

Die dargestellten theoretischen Beschattungs-Zeiträume stellen die maximale, theoretische Beschattungsdauer durch die Windenergieanlagen im Windpark Balje/Hörne dar. Sie reduzieren sich aufgrund der in Kapitel 2 genannten micrometeorologischen Effekte (Windrichtung, Windstärke, Bewölkung) generell um 70 Prozent auf die reale Beschattungsdauer.



An 231 Tagen des Jahres erreicht die untersuchten Standorte keine Beschattung durch Windenergieanlagen des Windparks Balje/Hörne, an den übrigen Tagen beträgt die durchschnittliche tägliche, reale Beschattungsdauer ca. 6,36 min.. Kernschatten kann für das betrachtete Gebiet ausgeschlossen werden.

Die untersuchten Standorte um den Windpark Balje/Hörne erfahren somit keinen relevanten Schattenwurf - Beitrag.

Leer, 17.11.97



---

Dipl.-Ing. Ingo de Buhr



---

Dipl.-Ing. Niels Erdmann

## Anlage 1

-DEWI-Fachbeitrag

### 3.2 Schattenwurf und Reflexionen

Bei Sonnenschein werfen die Windkraftanlagen einen Schatten. Die sich drehenden Rotorblätter bewirken, daß der von ihnen ausgehende Schatten sich ebenfalls bewegt. Der Schlagschatten eines sich drehenden Rotorblatts kann zu einer Belästigung der Anwohner führen. Solche Schlagschatten treten jedoch nur in einem eng begrenzten Bereich um die Anlage herum und auch nur zu bestimmten und sehr begrenzten Zeiten eines Jahres auf.

Die Problematik des Schattenwurfs von Windkraftanlagen findet in letzter Zeit vermehrt Beachtung (3). Auf einem Grundstück, welches in 120 m Entfernung von einer Anlage mit einer Nabenhöhe von 30 m liegt, ist lediglich zwischen Ende September und Ende März ein Schatten von der Windkraftanlage zu sehen. Dabei ergibt sich unter Einbeziehung von Sonnenstand, Bewölkung und Windrichtung eine maximale Beschattungsdauer von 30 Minuten/Tag.

Diese grundlegende Abschätzung von (3) kann allerdings noch etwas relativiert werden unter Einbeziehung der Abstände von Windkraftanlagen zu Wohngebäuden, die sich aufgrund des Bundesimmissionsschutzgesetzes (s. oben) ergeben. Hier muß von ca. 200-300 m Abstand bei Einzelanlagen und 500 m Abstand bei Windparks ausgegangen werden. Die Berechnungen des Sonnengangs in Bezug zu einer Windkraftanlage in 200 m, 300 m und 500 m Abstand sind in Abb. 3 dargestellt.

Es ist zu erkennen, daß bei einer Anlage mit 40 m Rotordurchmesser und 50 m Nabenhöhe im Abstand von 200 m durchaus ein häufigeres Auftreten eines Schattenwurfs vorkommt. Vor allen Dingen ist zu bemerken, daß es sich, außer im ganz äußeren Bereich des Rotorkreises, auch um einen Schlagschatten handelt, also die Sonne komplett vom Rotorblatt abgedeckt wird. Die Berechnung der Zeiten pro Jahr, in denen der Schatten auftreten kann (Tab. 1), zeigt, daß rein theoretisch nur an knapp 45 Stunden im Jahr ein Schlagschatten auftreten kann.

Zusammen mit den Abschätzungen von (3), daß aufgrund der Windstärke (bei Flaute und bei zu starkem Wind stehen die Anlagen), der Windrichtung (Windrichtung nicht parallel zur Sonnenrichtung) und der Bewölkung

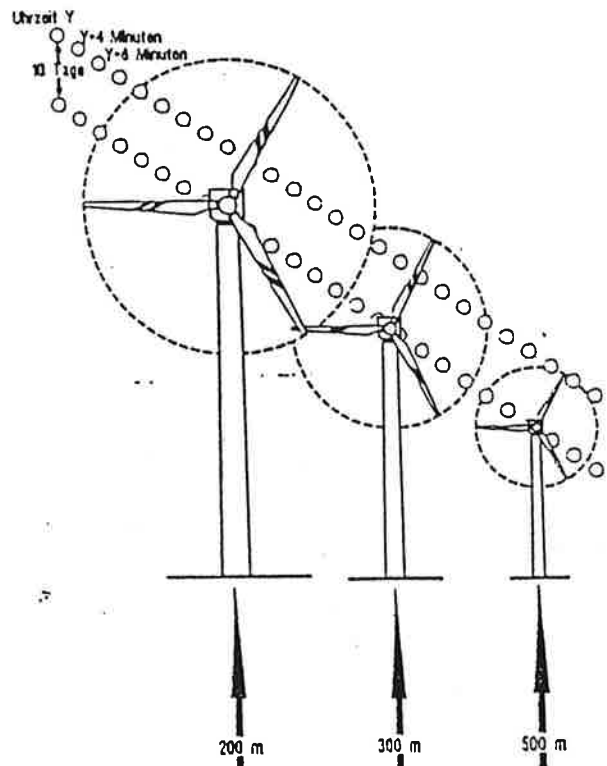


Abb. 3: Sonnengang in Bezug auf Windkraftanlagen (50 m Nabenhöhe, 40 m Rotordurchmesser) in verschiedenen Entfernungen vom Betrachtungsstandpunkt, berechnet für einen Standort am 54° nördlicher Breite. Die hier für nachmittags dargestellten Sonnenstände weisen eine Zeitdifferenz von 4 Minuten auf. Die Jahreszeit des Auftretens dieser Konstellation hängt ab von der Himmelsrichtung, in der die Anlage zum Betrachtungspunkt steht. Zwischen den beiden Sonnengängen liegen 10 Tage. Der Durchmesser der Sonne ist in korrekter Relation zur Anlagengröße ermittelt worden; nicht einbezogen wurden Brechungs- und Beugungseffekte an der Atmosphäre und den Rotorblättern.

Fig. 3: Sun's path in relation to wind turbines (50 m hub height, 40 m rotor diameter) having different distances from the point of view calculated for 54° of northern latitude. The positions of the sun are determined for the afternoon in time steps of 4 minutes. The season in which this constellation appears depends on the direction of the unit in relation to the point of view. Between the two paths there is a difference in time of 10 days. The diameter of the sun is related to the turbine size. Refraction and diffraction of the sun light by the atmosphere and the rotor blades are not considered.

(kein Sonnenschein: kein Schattenwurf) nur knapp 20 % der Zeit tatsächlich ein Schattenwurf auftritt, bleiben nur 536 Minuten/Jahr, was einem Gesamtanteil von 0,102 % der gesamten Zeit eines Jahres entspricht.

Bei Abständen von 300 m oder sogar 500 m zur Anlage reduzieren sich die Zeitannteile weiter (Tab. 1). Außerdem tritt bei diesen Abständen auch verstärkt nur Halbschatten auf, d.h. die relative Fläche der Sonne ist größer als die relative Fläche der Rotorblätter, und die Sonne "scheint um die Blätter herum" (Abb. 3). Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß die Himmelsrichtung, in der die Windkraftanlage vom Beobachtungsstandpunkt aus steht, ebenfalls Einfluß darauf hat, ob ein bewegter Schattenwurf auftreten kann und ob dieser Schattenwurf nur als Halbschatten auftritt (Tab. 1).

Abstand zur Anlage	maximale Beschattungszeit pro Tag / min.	maximale Anzahl der Beschattungstage pro Jahr	maximale Gesamtbeschattungszeit pro Jahr / min.	Beschattungszeit pro Jahr unter Berücksichtigung der Beschattungswahrscheinlichkeit / min.	Anteil an der Gesamtjahreszeit (525600 min.)	Art des Schattens	Richtungen der Anlagen vom Betrachtungsstandpunkt aus (schwarz: Beschattung mit Schlagschatten möglich; grau: Beschattung möglich, aber nur Halbschatten; weiß: keine Beschattung möglich)
200 m	47,8	88	2678	536	0,102 %	überwiegend Schlagschatten	
300 m	32,7	62	1291	259	0,049 %	teils Schlagschatten teils Halbschatten	
500 m	20,5	40	522	104	0,020 %	überwiegend Halbschatten	

Tab. 1: Berechnung des Schattenwurfs einer Anlage (50 m Nabenhöhe, 40 m Rotordurchmesser) aufgestellt in verschiedenen Entfernungen von einem Betrachtungsstandpunkt auf dem 54° nördlicher Breite. Die Zeiten gelten für das mögliche Auftreten von bewegten Schatten. Die Beschattungswahrscheinlichkeit wurde mit 20 % angenommen abhängig von Windrichtung, Windstärke und Bewölkung (3). Die letzte Spalte zeigt aus Sicht des Betrachtungsstandpunktes, in welcher Richtung die Anlage bewegten Schattenwurf verursacht. Für die Ermittlung der Himmelsrichtungen wurde das Sonnenstandsdiagramm aus (3) verwendet.

Tab. 1: Calculation of the shadows caused by a turbine (50 m hub height, 40 m rotor diameter) in different distances from the point of view situated on 54th° of northern latitude. The times are only valid for moving shadows. The shadows' probability is set to 20 % due to wind direction, strength of wind and clouds (3). The last column shows the direction of the turbine causing moving shadows. For the determination of the directions the diagram of sun positions of (3) was used.

Es bleibt festzuhalten, daß der mögliche Schattenwurf von einer Anlage nur in einem eng begrenzten Zeitraum pro Jahr auftreten kann. Die hier errechneten Zeiten reduzieren sich noch bei der Verwendung kleinerer Anlagen, da hier die größten momentan auf dem Markt verfügbaren Anlagen berücksichtigt wurden. Bei einem Abstand von ca. 200 m zur Anlage ist sicher mit einer gewissen Lästigkeit zu rechnen, zumal es sich dabei überwiegend um Schlagschatten handelt. Entfernungen von unter 200 m zu einer Anlage sollten daher nicht vorkommen, wenn der Schatten das Anwesen eines Nachbarn erreichen kann. Die geringe Zeitdauer des Auftretens pro Jahr macht die Entscheidung zwischen 200 und 300 m zu einer Abwägungsfrage, wobei es sich empfiehlt, als Entscheidungsgrundlage in Zweifelsfällen die genauen Schattenwurfzonen und -zeiten detailliert berechnen zu lassen. Bei Abständen von 300 m und mehr ist der Zeitraum, in dem der Schattenwurf auftreten kann, sehr gering, und die Anteile mit Halbschatten nehmen stark zu, so daß hier von keiner Einschränkung gesprochen werden kann.

Behr (3) hat sich in seinem Artikel auch mit der Reflexion des Sonnenlichts an den Rotorblättern beschäftigt. Er kommt zu dem Ergebnis, daß mit einer Gesamtwahrscheinlichkeit von ca. 10 % Lichtreflexionen auf einem Grundstück auftreten können. Dieses Ergebnis gilt wiederum für seine o.g. Annahmen des Abstands zwischen Wohngebäude und Windkraftanlage. Auch dieses Resultat wird durch die heutzutage realistischen Abstände von ca. 300-500 m zwischen Anlage und Gebäude relativiert. Nichtsdestotrotz erwächst aus dieser Problematik der Lichtreflexionen auch die Forderung an die Hersteller, bei der Farbgebung ihrer Anlagen darauf zu achten, daß matte Farben zu verwenden sind, die möglichst keine Reflexionen auslösen, so daß auch diese Problematik von untergeordneter Bedeutung ist.

### 3.3 Naturschutz

Die Genehmigung zur Errichtung von Windkraftanlagen ist wie oben beschrieben auch von der Einhaltung des Naturschutzgesetzes (bzw. in einigen Bundesländern des Landschaftspflegegesetzes) abhängig. Die Auflagen, die das Naturschutzgesetz macht, sind bereits sehr einschränkend. So sind Naturschutzgebiete, Nationalparks, Landschaftsschutzgebiete, Naturdenkmäler, geschützte Landschaftsbestandteile, besonders geschützte Biotope und Wallhecken gegen jegliche Bebauung geschützt und damit auch gegen den Bau von Windkraftanlagen. Darüberhinaus wird in der Regel noch ein Abstand von 200 m zu diesen geschützten Bereichen freigehalten. Neben diesen geschützten Bereichen wird häufig mit Hilfe des Naturschutzgesetzes auch in weiteren Bereichen der Bau von Windkraftanlagen wenn nicht verhindert so doch stark eingeschränkt. Es sind im wesentlichen zwei Aspekte des Naturschutzes, die gegen die Windenergie eingebracht werden, zum einen die Beeinflussung der Tierwelt und zum anderen die des Landschaftsbildes.

#### 3.3.1 Windkraftanlagen in der Tierwelt

Windkraftanlagen werden vom Menschen, wie auch alle anderen Bauwerke, in eine Umwelt gebaut, die auch für eine ganze Reihe von Tieren als Lebensraum dient. Daher ergibt sich zwangsläufig die Frage nach der Beeinträchtigung der Lebensräume der betroffenen Tiere.

Da Windkraftanlagen immer dorthin gebaut werden, wo der zu erwartende Energieertrag für die nähere Umgebung am höchsten ist und wo die bestehenden Gesetze (u.a. Baugesetz, Immissionsschutzgesetz und Naturschutzgesetz) eingehalten werden müssen, ist eine Beeinträchtigung von am Boden lebenden Tieren relativ gering, zumal deren normale Schutzgebiete wie Hecken, Bäume und Wälder nicht berührt werden.

Anders verhält es sich mit Vögeln, deren Revier die Luft ist. Bei ihnen könnte es zu Beeinträchtigungen ihres Lebensraums kommen. Zu dieser Problematik wurden bereits eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt, vor allen Dingen im benachbarten Ausland, in Dänemark und den Niederlanden (z.B. (4) und (5)). In Deutschland hat sich die Norddeutsche Naturschutzakademie im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie dieser Fragestellung angenommen.

In der Studie (6) wurden über den Zeitraum eines Jahres (1989/1990) 10 Standorte mit insgesamt 80 Windkraftanlagen untersucht. Die Statistik für 7 Standorte mit 69 Anlagen ergab, daß wahrscheinlich 32 Vögel mit der Windkraftanlage kollidierten und zu Tode kamen; für die drei anderen Standorte wurden keine Statistiken erstellt. Zum Vergleich sei erwähnt, daß im Zeitraum von Januar bis August

## Anlage 2

-5 Seiten Sonnenstandsdiagramm für Standorte SO1, SO2, SO3.

Hörne Standort SO1 mit 8x1,5 MW

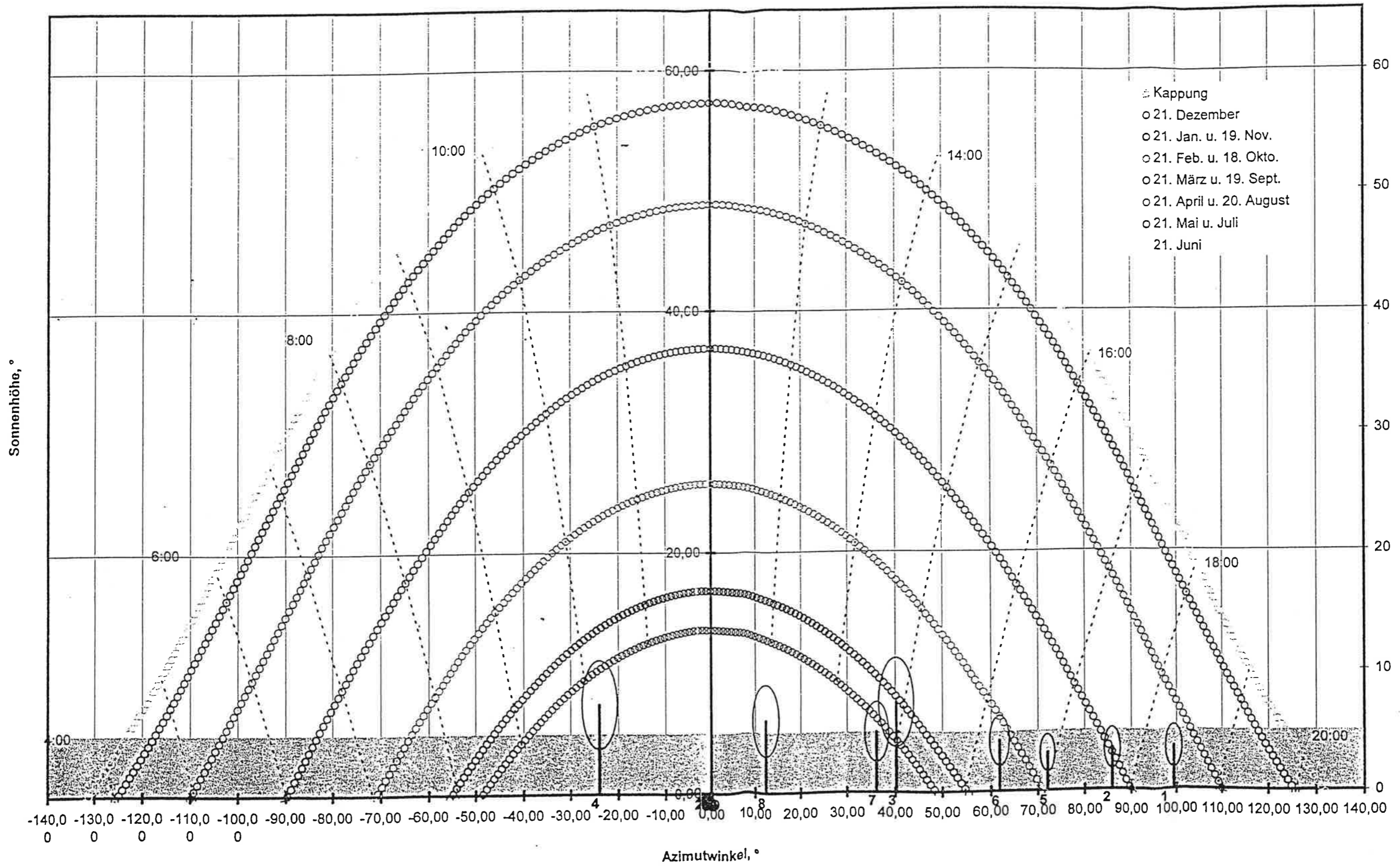


Bild des Sonnenstandes

### Hörne Standort SO1 mit 8 x 1,5 MW

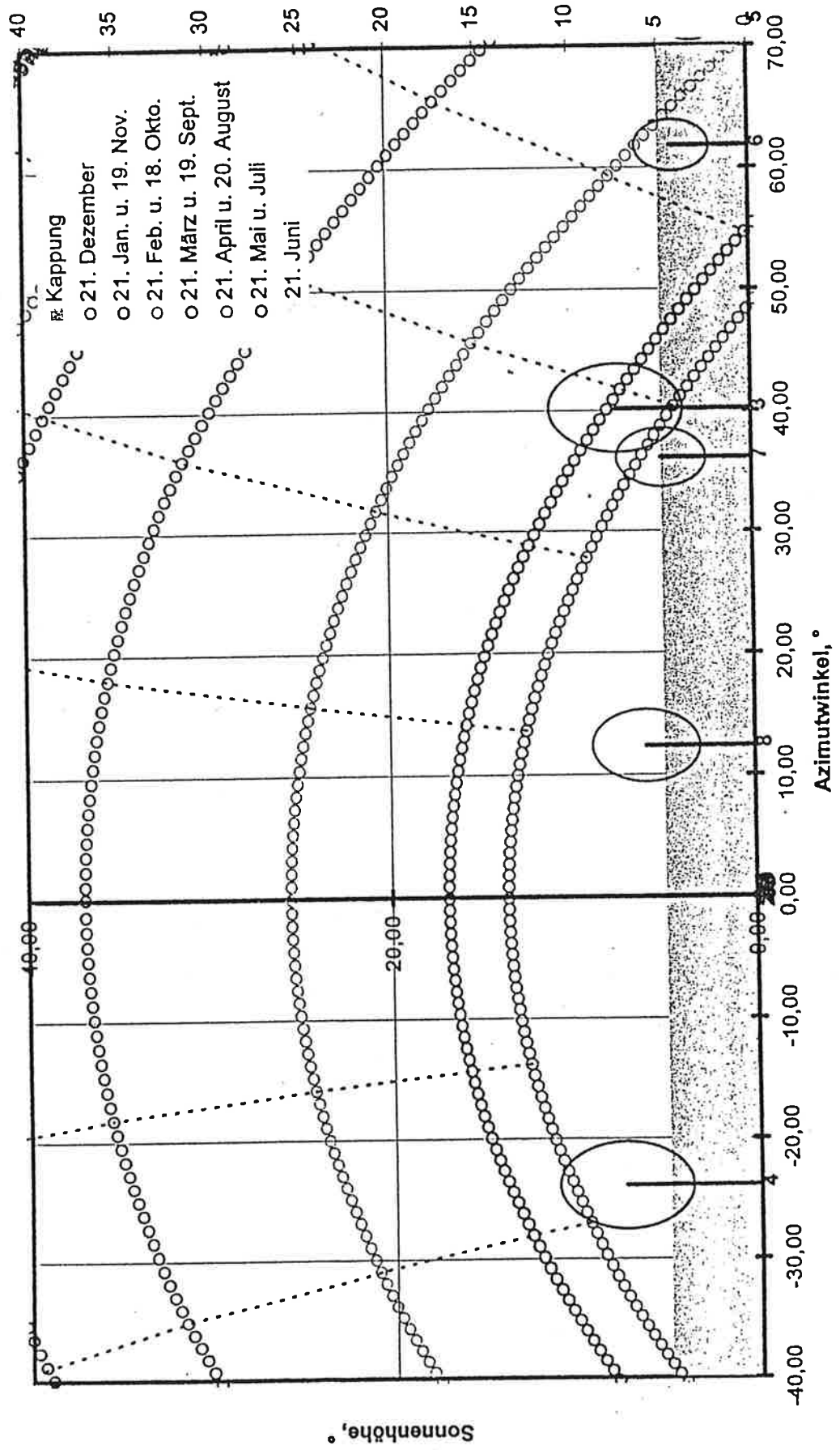




Bild des Sonnenstandes

Hörne Standort SO3 mit 8x1,5 MW

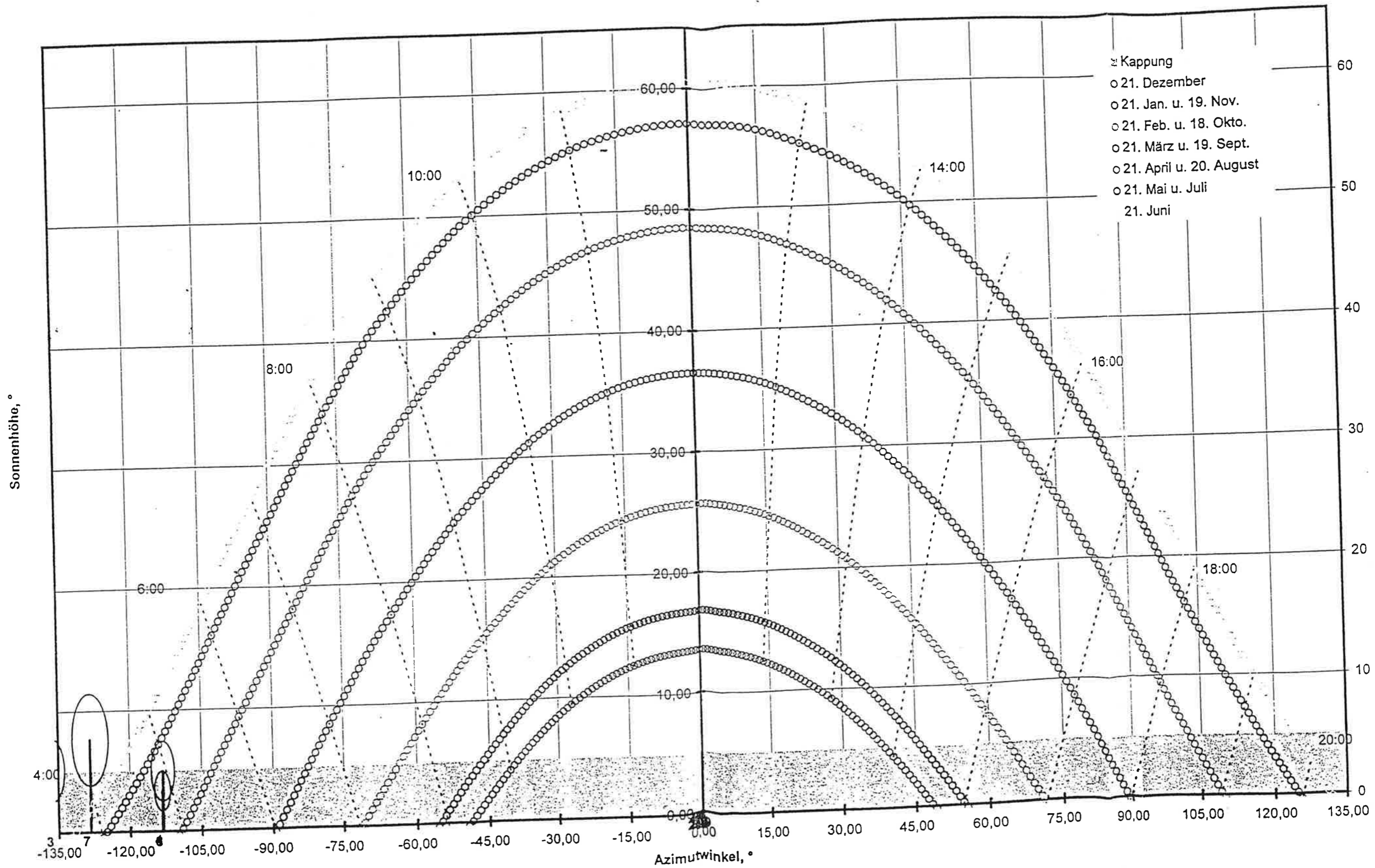


Bild des Sonnenstandes

Hörne Standort SO2 mit 8x1,5 MW

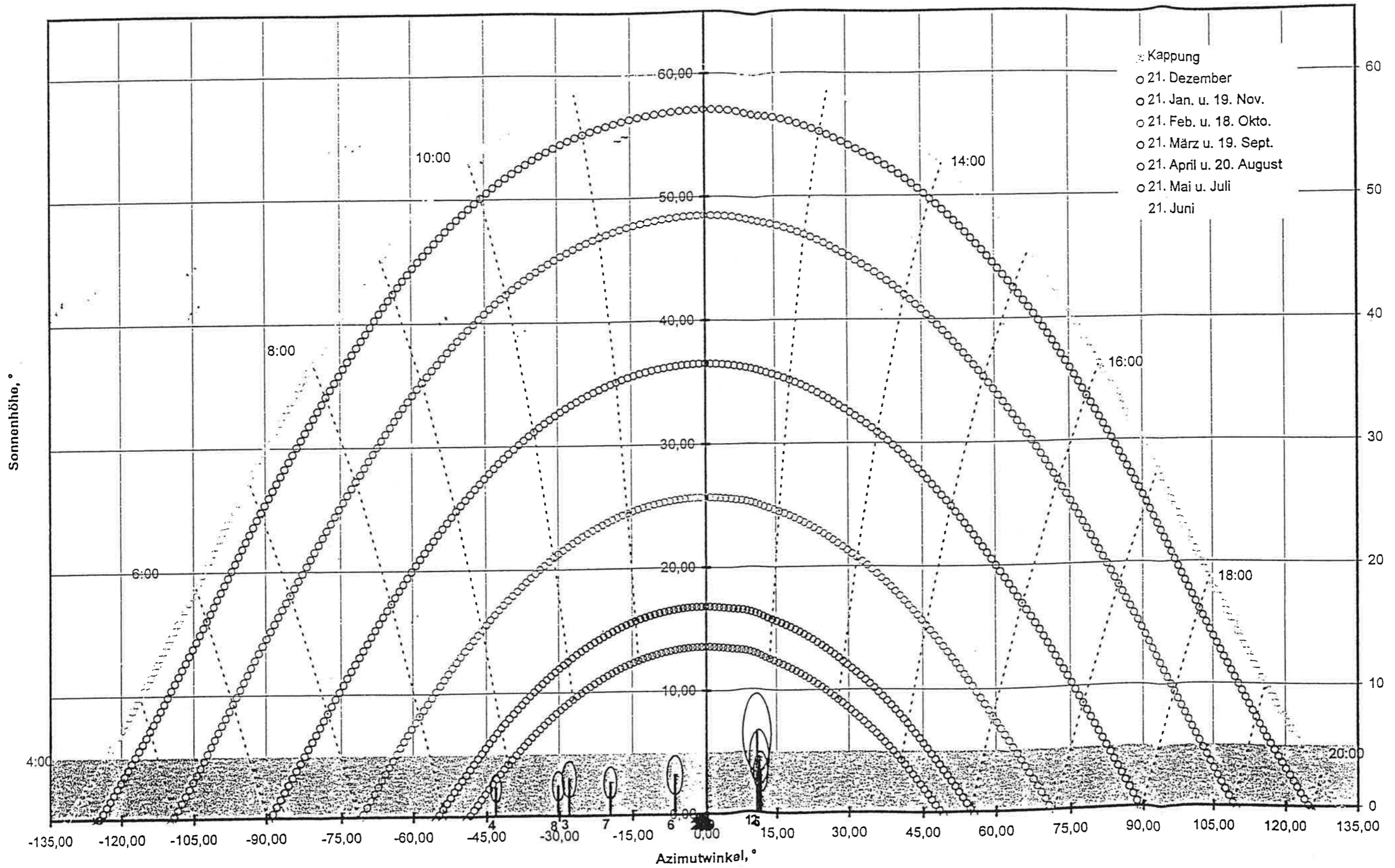


Bild des Sonnenstandes

### Hörne Standort SO3 mit 8x1,5 MW

