

Schattenwurfprognose für  
sechs Windenergieanlagen  
am Standort  
**Hemer**  
(Nordrhein-Westfalen)

Datum: 12.09.2024

Bericht Nr. 22-1-3093-001-S

Auftraggeber:

BayWa r.e. AG

Arabellastraße 4 | 81925 München

Bearbeiter:

Ramboll Deutschland GmbH

H. Ristow

Elisabeth-Consbruch-Straße 3

DE-34131 Kassel

Tel 0561 / 288 573-0

Die vorliegende Schattenwurfprognose für den Standort Hemer (Nordrhein-Westfalen) wurde der Ramboll Deutschland GmbH im August 2024 von der BayWa r.e. AG in Auftrag gegeben. Die Ramboll Deutschland GmbH ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 [1] u. a. für die Erstellung von Schattenwurfprognosen akkreditiert. Die firmenintern verwendeten Berechnungsverfahren gemäß den zuvor genannten Anforderungen sind in der Ramboll-Qualitätsmanagement Prozessbeschreibung „Schatten“ festgelegt und dokumentiert.

Die Ergebnisse basieren auf Berechnungen nach den Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) [2] sowie den vom Auftraggeber und dem WEA-Hersteller gestellten Standort- und Anlagendaten. Die Berechnungen wurden mit dem Softwareprogramm WindPRO (Modul SHADOW) von EMD International A/S [3] durchgeführt.

Alle Rechte an diesem Bericht sind der Ramboll Deutschland GmbH vorbehalten. Dieses Dokument darf, mit Ausnahme des Auftraggebers, der Genehmigungsbehörden und der finanzierenden Banken, weder in Teilen noch in vollem Umfang ohne vorherige schriftliche Zustimmung der Ramboll Deutschland GmbH reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Nr.	Datum	Bearbeiter	Beschreibung
000	27.06.2023	H. Ristow	Planung von sechs WEA des Typs Vestas V162-6.2
001	12.09.2024	H. Ristow	Änderung der Vorbelastungs-WEA

Kassel, 12.09.2024



Dipl.-Geogr. Holger Ristow  
(Bearbeiter)



Nils Fischer, M. Sc.  
(Prüfer)

## Inhalt:

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Standort- und WEA-Daten</b>	<b>5</b>
	2.1 Aufgabenstellung	5
	2.2 Immissionsorte	6
	2.3 Immissionsrichtwerte	13
	2.4 Windenergieanlagen	13
<b>3</b>	<b>Schattenwurfberechnungen</b>	<b>15</b>
	3.1 Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer	15
	3.2 Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer	17
<b>4</b>	<b>Bewertung der Ergebnisse</b>	<b>21</b>
	4.1 Beurteilung der Berechnungen	21
	4.2 Hinweise zur Abschaltautomatik	21
	4.3 Genauigkeit der Prognose	22
<b>5</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>Anhang</b>	<b>24</b>

# 1 Zusammenfassung

Am Windparkstandort Hemer wurden für 59 Immissionsorte (IO) die Beschattungsdauern durch sechs neu geplante Windenergieanlagen (WEA) des Typs Vestas V162-6.2 mit 169 m Nabenhöhe sowie 22 Vorbelastungs-WEA entsprechend den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] berechnet. Den Berechnungen wurde ein Worst-Case-Szenario zugrunde gelegt. Die Immissionsrichtwerte betragen dabei maximal 30 Stunden im Jahr und maximal 30 Minuten am Tag.

**Diese Werte werden ohne schattenwurfbegrenzende Maßnahmen an 58 Immissionsorten überschritten (siehe Kapitel 3). Die WKA-Schattenwurfhinweise [2] sehen für diesen Fall vor, dass der Schattenwurf der WEA, die eine Überschreitung verursachen, mittels einer Abschaltautomatik entsprechend den Richtwerten begrenzt wird. Im vorliegenden Fall betrifft dies die WEA 01 bis 04.**

Die Grundlagen für die Berechnung sowie die detaillierten Berechnungsergebnisse sind den folgenden Kapiteln zu entnehmen.

## 2 Standort- und WEA-Daten

### 2.1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant am Standort Hemer ca. 2 km südöstlich von Deilinghofen sechs Windenergieanlagen (WEA) des Typs Vestas V162-6.2 mit 169 m Nabenhöhe zu errichten (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1: Kenndaten der geplanten WEA**

WEA	WEA Hersteller / Typ	Naben- höhe	Ost	Nord
		[m]	[UTM 32 ETRS89]	
01	Vestas V162-6.2	169	417.830	5.690.733
02	Vestas V162-6.2	169	418.304	5.691.027
03	Vestas V162-6.2	169	418.684	5.690.849
04	Vestas V162-6.2	169	419.149	5.690.844
05	Vestas V162-6.2	169	418.255	5.690.615
06	Vestas V162-6.2	169	418.915	5.690.448

Die Schattenwurfprognose vom Juni 2023 berücksichtigte als Vorbelastung westlich von Balve drei beantragte WEA. Zwischenzeitlich sind weitere WEA beantragt bzw. genehmigt worden. Daher ist eine Überarbeitung der Schattenwurfprognose erforderlich.

Westlich von Balve sind nunmehr 19 WEA beantragt bzw. bereits genehmigt und nördlich von Balve befinden sich drei WEA (2x Fuhrländer FL MD 77 und 1x Vestas V90) in Betrieb. Diese werden als Vorbelastungen berücksichtigt und im folgenden Text als „Vorbelastung“ bzw. „Vorbelastungs-WEA“ bezeichnet.

Es sollen die Immissionen durch periodischen Schattenwurf der Windenergieanlagen nach den Grundlagen der WKA-Schattenwurfhinweise [2] an der umliegenden Bebauung berechnet werden.

Grundlage der Berechnung sind die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Daten der geplanten WEA (Typ, Nabenhöhe, Koordinaten) sowie die bei der Standortbesichtigung am



04.05.2023 erhobenen Daten über relevante Immissionsorte und deren Umgebung. Das Höhenrelief wurde dem DGM 5 Nordrhein-Westfalen entnommen. Die Berechnung wurde mit der Software windPRO, Modul SHADOW [3] durchgeführt. Grundlagen zur Berechnung finden sich im Anhang.

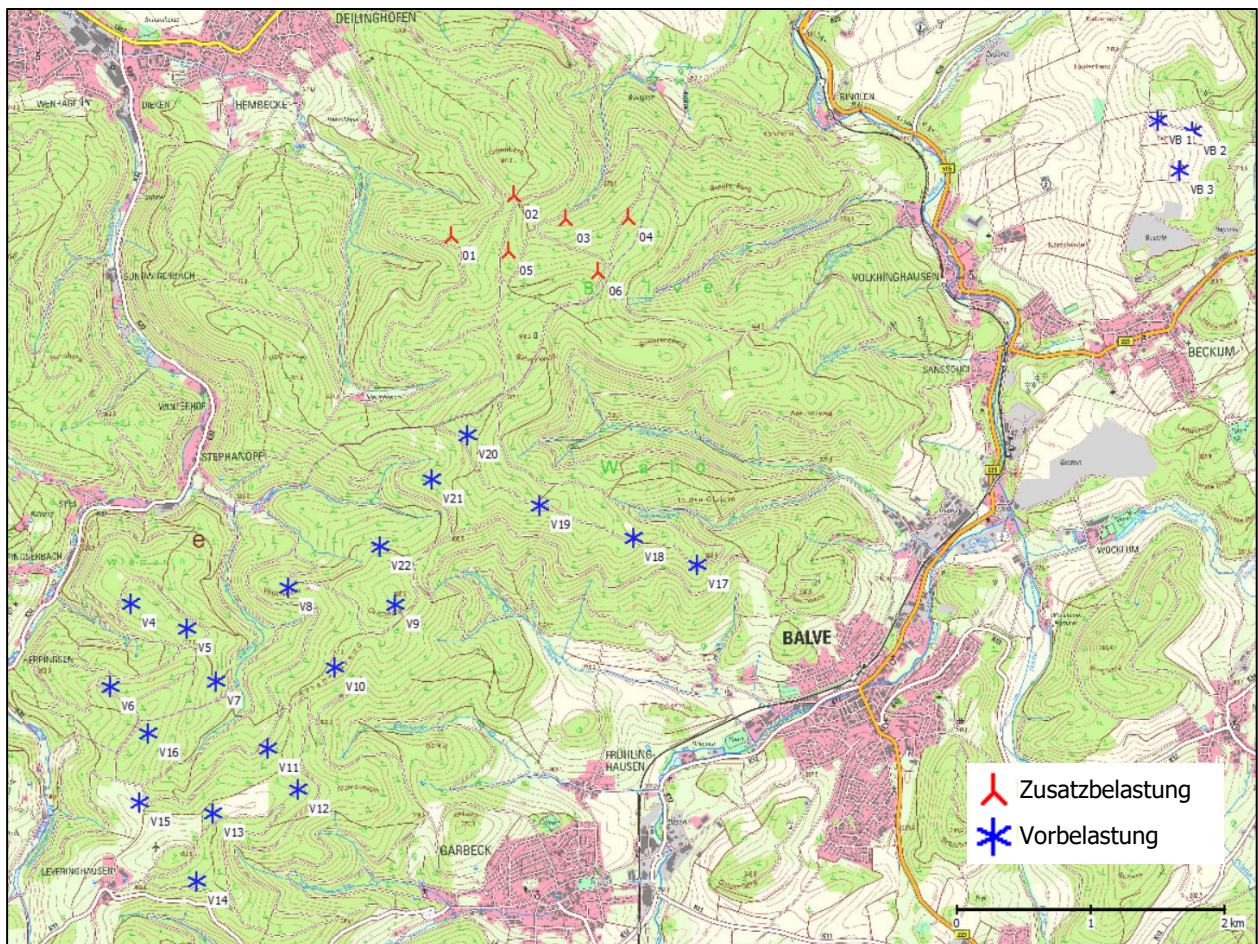


Abbildung 1: Übersichtskarte (TK25 [4])

## 2.2 Immissionsorte

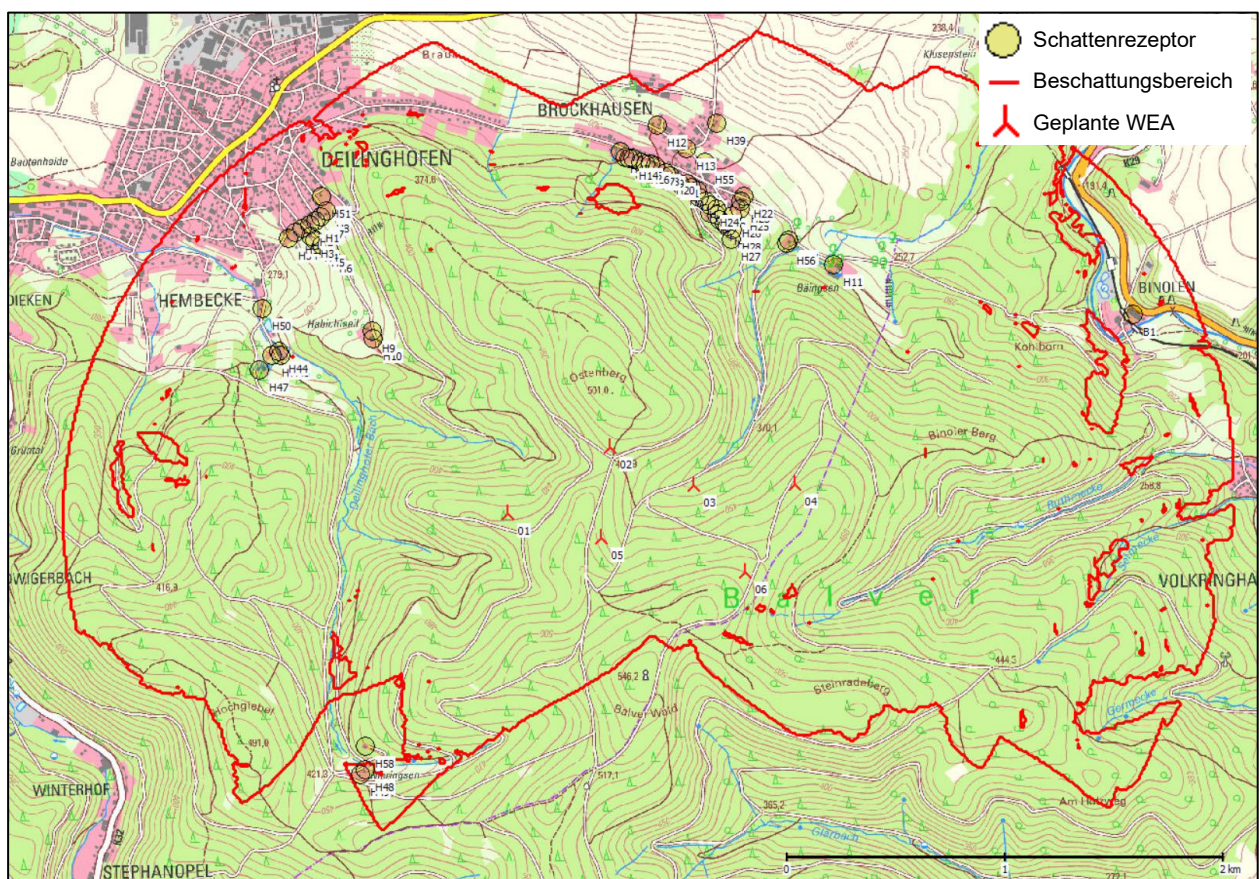
Die *Maßgeblichen Immissionsorte* sind nach den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] schutzwürdige Räume sowie bebaubare Freiflächen. Sie werden nach den folgenden Bedingungen ausgewählt:

- Es muss geometrisch möglich sein, dass die Orte von den neu geplanten WEA im Jahresverlauf beschattet werden.



- Die Orte liegen innerhalb des Beschattungsbereichs der neu geplanten WEA nach dem 20 %-Kriterium [5].

Die Grenzen des Beschattungsbereichs nach dem 20%-Kriterium der WKA-Schattenwurfhinweise [2] der geplanten WEA (Zusatzbelastung, „ZB“) sind auf der Karte in Abbildung 2 als rote Linie dargestellt.



**Abbildung 2: Beschattungsbereich der Zusatzbelastung (TK25 [4])**

Nach diesen Kriterien wurden jeweils in der am meisten betroffenen vordersten Baureihe alle Wohnhäuser und in den dahinter liegenden Baureihen exemplarisch ausgewählte Häuser als relevante Immissionsorte gewählt. Bei der Standortbesichtigung am 04.05.2023 wurden diese Immissionsorte in Augenschein genommen und dokumentiert.

Die Immissionsorte werden entsprechend den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] im Modell als punktförmige Schatten-Rezeptoren (0,1 m x 0,1 m, horizontale Ausrichtung, 2 m ü. Gr.) nachgebildet, welche Schatten aus allen Richtungen empfangen (Gewächshaus-Modus). Die Lage der Rezeptoren ist in den folgenden Abbildungen eingezeichnet.

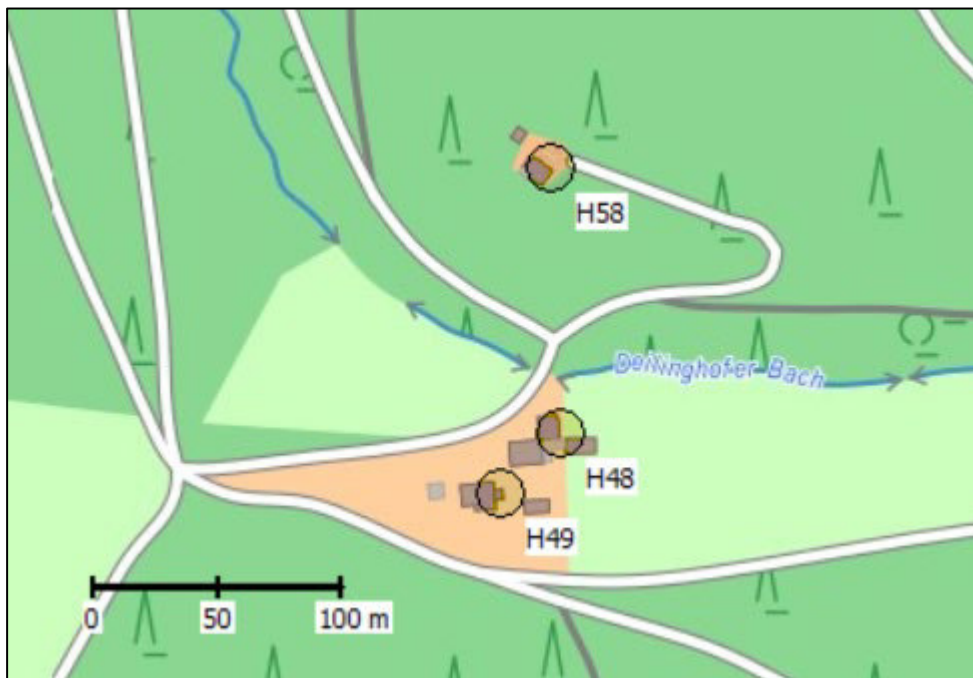


Abbildung 3: Lage der Immissionsorte H48, H49 und H58 in Nieringsen (© Geoglis [6])

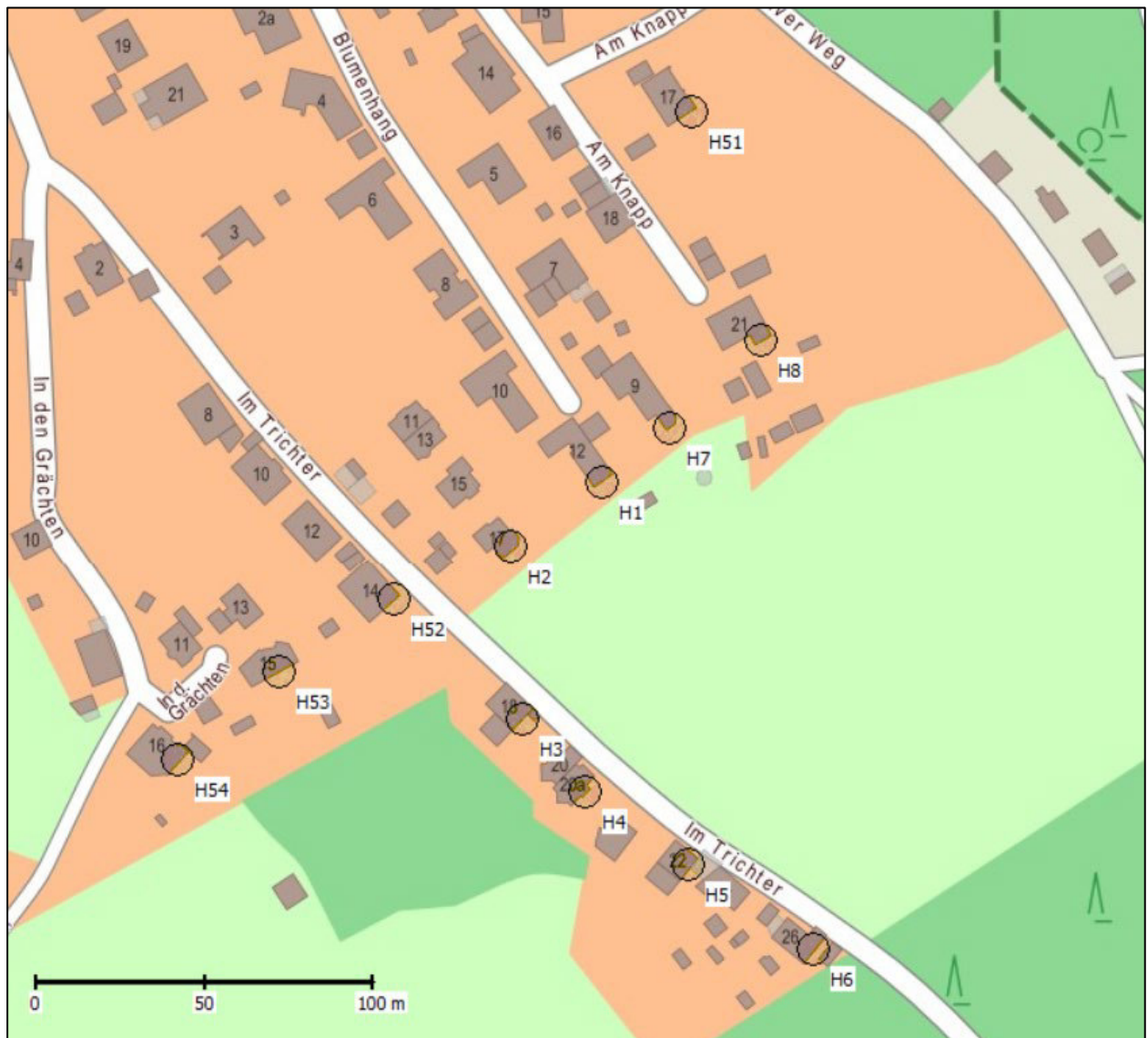


Abbildung 4: Lage der Immissionsorte H9 und H10 in Deilinghofen (© Geoglis [6])

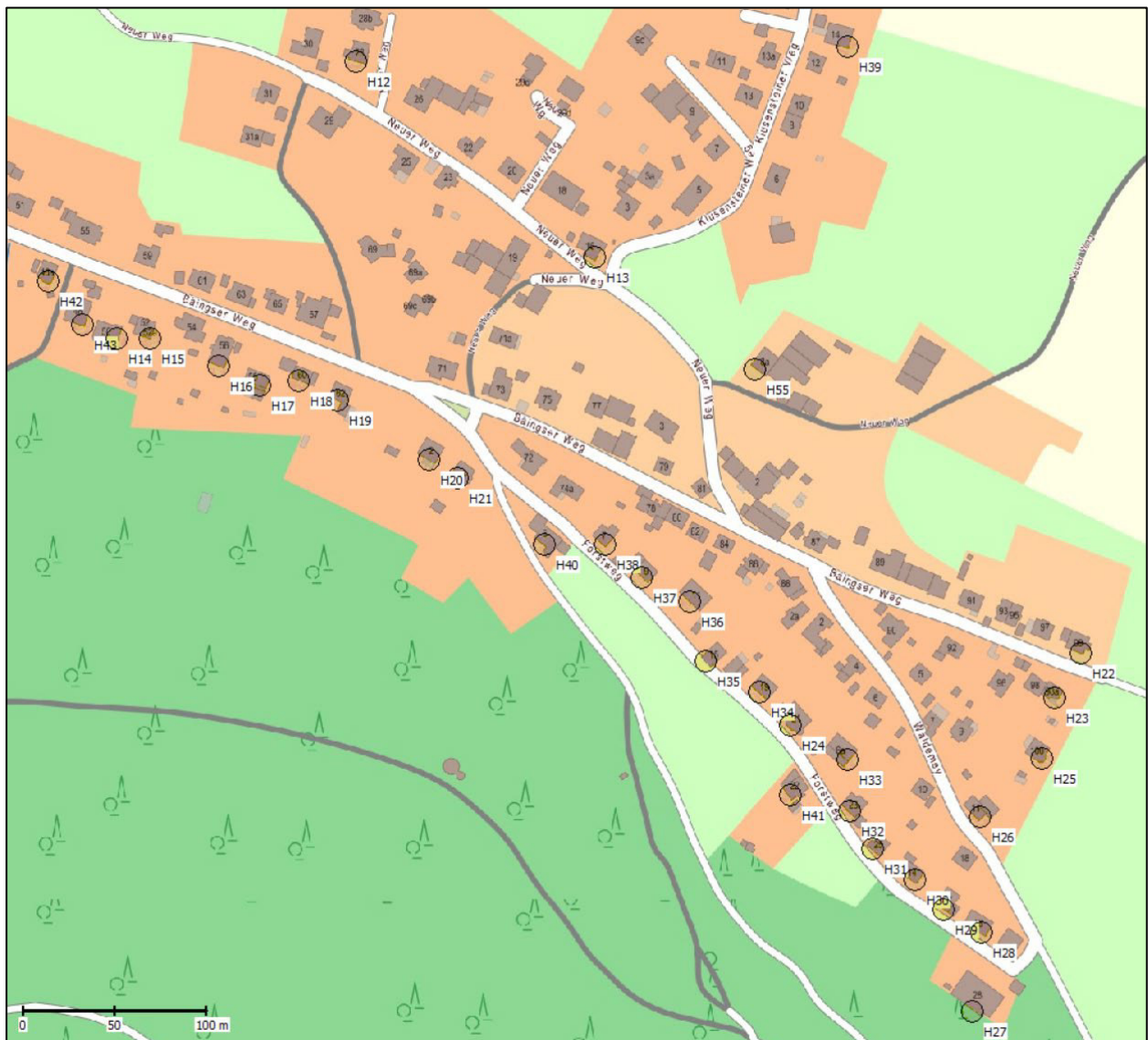




Abbildung 5: Lage der Immissionsorte H44 bis H47 und H50 in Deilinghofen (© Geoglis [6])



**Abbildung 6: Lage der Immissionsorte H1 bis H8 und H51 bis H54 in Deilinghofen (© Geoglis [6])**



**Abbildung 7: Lage der Immissionsorte H12 bis H43 und H55 in Brockhausen (© Geoglis [6])**



Abbildung 8: Lage der Immissionsorte H11, H56 und H57 in Brockhausen (© Geoglis [6])



Abbildung 9: Lage des Immissionsortes B1 in Balve-Binolen (© Geoglis [6])



## 2.3 Immissionsrichtwerte

Für die Beurteilung der Erheblichkeit der Belästigung durch Schattenwurf [7] [8] wurden in den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] folgende Immissionsrichtwerte festgelegt:

Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (Worst-Case-Betrachtung):

- maximal 30 Stunden Beschattung pro Jahr,
- maximal 30 Minuten Beschattung pro Tag.

Reale jährliche Beschattungsdauer:

- maximal 8 Stunden Beschattung pro Jahr,
- maximal 30 Minuten Beschattung pro Tag.

Überschreiten die Beschattungsdauern die Richtwerte an den Immissionsorten müssen die Anlagen mit einer Schattenabschaltautomatik ausgestattet werden, die die Beschattungsdauer entsprechend den Richtwerten begrenzt. Die in Kapitel 4 dargestellten Beurteilungen und Empfehlungen basieren auf den Richtwerten für astronomisch maximal mögliche Beschattungszeiten.

## 2.4 Windenergieanlagen

Der Antragsteller plant am Standort Hemer die Errichtung von sechs Windenergieanlagen. Weitere 22 Vorbelastungs-WEA sind zu berücksichtigen.

Die wesentlichen Kenndaten der Vorbelastung und der neu geplanten WEA sind Tabelle 2 zu entnehmen. Der Beschattungsbereich wurde nach dem 20%-Kriterium [2] [9] aus den Rotorblatt-daten und der Nabenhöhe ermittelt.

**Tabelle 2: Kenndaten Zusatz- und Vorbelastungs-WEA**

WEA-Nr.	WEA Typ	NH	RD	max. BT	min. BT	Ø BT	BB	Art
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
<b>1</b>	V162-6.2	169,0	162,0	4,32	1,69	3,01	2.041	ZB
<b>2</b>	V162-6.2	169,0	162,0	4,32	1,69	3,01	2.041	ZB
<b>3</b>	V162-6.2	169,0	162,0	4,32	1,69	3,01	2.041	ZB
<b>4</b>	V162-6.2	169,0	162,0	4,32	1,69	3,01	2.041	ZB
<b>5</b>	V162-6.2	169,0	162,0	4,32	1,69	3,01	2.041	ZB
<b>6</b>	V162-6.2	169,0	162,0	4,32	1,69	3,01	2.041	ZB
<b>VB 1</b>	FL MD 77	100,0	77,0	3,10	1,32	2,21	1.502	VB
<b>VB 2</b>	FL MD 77	100,0	77,0	3,10	1,32	2,21	1.502	VB
<b>VB 3</b>	V90	105,0	90,0	3,51	0,92	2,22	1.506	VB
<b>V4</b>	E-175 EP5	162,0	175,0	4,05	1,11	2,58	1.750	VB
<b>V5</b>	E-175 EP5	162,0	175,0	4,05	1,11	2,58	1.750	VB
<b>V6</b>	E-175 EP5	162,0	175,0	4,05	1,11	2,58	1.750	VB
<b>V7</b>	E-175 EP5	162,0	175,0	4,05	1,11	2,58	1.750	VB
<b>V8</b>	E-160 EP5 E3 R1	166,6	160,0	4,13	1,12	2,63	1.781	VB
<b>V9</b>	E-160 EP5 E3 R1	166,6	160,0	4,13	1,12	2,63	1.781	VB
<b>V10</b>	E-160 EP5 E3 R1	166,6	160,0	4,13	1,12	2,63	1.781	VB
<b>V11</b>	E-160 EP5 E3 R1	166,6	160,0	4,13	1,12	2,63	1.781	VB
<b>V12</b>	E-175 EP5	162,0	175,0	4,05	1,11	2,58	1.750	VB
<b>V13</b>	E-160 EP5 E3 R1	166,6	160,0	4,13	1,12	2,63	1.781	VB
<b>V14</b>	E-160 EP5 E3 R1	166,6	160,0	4,13	1,12	2,63	1.781	VB
<b>V15</b>	E-160 EP5 E3 R1	166,6	160,0	4,13	1,12	2,63	1.781	VB
<b>V16</b>	E-160 EP5 E3 R1	166,6	160,0	4,13	1,12	2,63	1.781	VB
<b>V17</b>	V172-7.2	175,0	172,0	4,35	1,26	2,81	1.903	VB
<b>V18</b>	V172-7.2	175,0	172,0	4,35	1,26	2,81	1.903	VB
<b>V19</b>	V172-7.2	175,0	172,0	4,35	1,26	2,81	1.903	VB
<b>V20</b>	V172-7.2	175,0	172,0	4,35	1,26	2,81	1.903	VB
<b>V21</b>	V172-7.2	175,0	172,0	4,35	1,26	2,81	1.903	VB
<b>V22</b>	V172-7.2	175,0	172,0	4,35	1,26	2,81	1.903	VB

NH: Nabenhöhe, RD: Rotordurchmesser, BT: Blatttiefe, BB: Beschattungsbereich, ZB: Zusatzbelastung, VB: Vorbelastung.

### 3 Schattenwurfberechnungen

#### 3.1 Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer

Für die geplanten und als Vorbelastung berücksichtigten WEA wurde die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer an den relevanten Immissionsorten berechnet. Hierbei handelt sich um eine Worst-Case-Betrachtung, d. h. ohne Berücksichtigung von Bewölkung und Stillstandszeiten sowie unter Annahme eines immer zum Sonnenazimut ausgerichteten Rotors (maximale Schattenfläche). Die Berechnungen werden ohne Berücksichtigung der Sichtverschattung durch Bebauung und Bewuchs durchgeführt.

Es wurden folgende Berechnungen durchgeführt:

- Vorbelastung (VB) durch die Vorbelastungs-WEA,
- Zusatzbelastung (ZB) durch die neu geplanten WEA,
- Gesamtbelastung (GB) durch alle WEA.

Die Ergebnisse der Berechnungen können der Tabelle 3 entnommen werden. Die fett hervorgehobenen Werte überschreiten die Immissionsrichtwerte nach den WKA-Schattenwurfhinweisen [2]. Die Beschattungszeiten im Tages- und Jahresverlauf können den tabellarischen und grafischen Kalendern in Anhang entnommen werden.

**Tabelle 3: Astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauern pro Jahr**

IO	Name	Astron. max. mögl. Beschattungsdauer					
		Std. / Jahr			Std. / Tag		
		VB	ZB	GB	VB	ZB	GB
<b>B1</b>	Balve, Binolen 1	0:00	7:06	7:06	0:00	0:21	0:21
<b>H1</b>	Blumenhang 12	0:00	<b>44:21</b>	<b>44:21</b>	0:00	<b>0:39</b>	<b>0:39</b>
<b>H10</b>	Habichtseil 1	0:00	<b>72:23</b>	<b>72:23</b>	0:00	<b>1:08</b>	<b>1:08</b>
<b>H11</b>	Gut Bäingsen 3	0:00	<b>100:51</b>	<b>100:51</b>	0:00	<b>1:24</b>	<b>1:24</b>
<b>H12</b>	Neuer Weg 28	0:00	15:14	15:14	0:00	<b>0:37</b>	<b>0:37</b>
<b>H13</b>	Neuer Weg 16	0:00	<b>30:45</b>	<b>30:45</b>	0:00	<b>0:49</b>	<b>0:49</b>
<b>H14</b>	Bäingser Weg 50	0:00	<b>30:40</b>	<b>30:40</b>	0:00	<b>0:50</b>	<b>0:50</b>
<b>H15</b>	Bäingser Weg 52a	0:00	<b>30:34</b>	<b>30:34</b>	0:00	<b>0:50</b>	<b>0:50</b>
<b>H16</b>	Bäingser Weg 56	0:00	<b>32:39</b>	<b>32:39</b>	0:00	<b>0:52</b>	<b>0:52</b>
<b>H17</b>	Bäingser Weg 58	0:00	<b>33:59</b>	<b>33:59</b>	0:00	<b>0:52</b>	<b>0:52</b>
<b>H18</b>	Bäingser Weg 60	0:00	<b>34:13</b>	<b>34:13</b>	0:00	<b>0:53</b>	<b>0:53</b>

IO	Name	Astron. max. mögl. Beschattungsdauer					
		Std. / Jahr			Std. / Tag		
		VB	ZB	GB	VB	ZB	GB
H19	Bäingser Weg 62	0:00	35:40	35:40	0:00	0:54	0:54
H2	Im Trichter 17	0:00	43:30	43:30	0:00	0:39	0:39
H20	Forstweg 2	0:00	40:44	40:44	0:00	0:57	0:57
H21	Forstweg 4	0:00	42:17	42:17	0:00	0:57	0:57
H22	Bäingser Weg 99	0:00	84:36	84:36	0:00	1:20	1:20
H23	Bäingser Weg 98a	0:00	87:48	87:48	0:00	1:22	1:22
H24	Forstweg 21	0:00	65:33	65:33	0:00	1:07	1:07
H25	Bäingser Weg 100	0:00	76:58	76:58	0:00	1:16	1:16
H26	Waldemey 11	0:00	81:48	81:48	0:00	1:19	1:19
H27	Forstweg 28	0:00	80:33	80:33	0:00	1:14	1:14
H28	Waldemey 16	0:00	94:55	94:55	0:00	1:35	1:35
H29	Forstweg 27	0:00	72:27	72:27	0:00	1:05	1:05
H3	Im Trichter 18	0:00	40:50	40:50	0:00	0:40	0:40
H30	Waldemey 14	0:00	70:50	70:50	0:00	1:01	1:01
H31	Forstweg 25	0:00	70:49	70:49	0:00	1:03	1:03
H32	Forstweg 23	0:00	68:47	68:47	0:00	1:04	1:04
H33	Waldemey 6	0:00	72:55	72:55	0:00	1:19	1:19
H34	Forstweg 19	0:00	62:32	62:32	0:00	1:05	1:05
H35	Forstweg 15	0:00	57:13	57:13	0:00	0:59	0:59
H36	Forstweg 11	0:00	53:31	53:31	0:00	0:58	0:58
H37	Forstweg 9	0:00	51:28	51:28	0:00	0:58	0:58
H38	Forstweg 7	0:00	48:47	48:47	0:00	0:58	0:58
H39	Klusensteiner Weg 14	0:00	18:42	18:42	0:00	0:34	0:34
H4	Im Trichter 22a	0:00	41:10	41:10	0:00	0:41	0:41
H40	Forstweg 6	0:00	47:44	47:44	0:00	0:58	0:58
H41	Forstweg 22	0:00	67:07	67:07	0:00	1:06	1:06
H42	Bäingser Weg 46a	0:00	27:53	27:53	0:00	0:48	0:48
H43	Bäingser Weg 48	0:00	30:02	30:02	0:00	0:49	0:49
H44	Im Langenbruch 39	0:00	35:15	35:15	0:00	0:48	0:48
H45	Im Langenbruch 41	0:00	35:39	35:39	0:00	0:48	0:48
H46	Im Langenbruch 38	0:00	33:52	33:52	0:00	0:46	0:46
H47	Im Langenbruch 40	0:00	26:53	26:53	0:00	0:42	0:42
H48	Nieringsen 1a	91:33	18:49	110:22	1:08	0:21	1:08
H49	Nieringsen 3	88:49	18:24	107:13	1:09	0:20	1:09



IO	Name	Astron. max. mögl. Beschattungsdauer					
		Std. / Jahr			Std. / Tag		
		VB	ZB	GB	VB	ZB	GB
<b>H5</b>	Im Trichter 22	0:00	<b>50:14</b>	<b>50:14</b>	0:00	<b>0:42</b>	<b>0:42</b>
<b>H50</b>	Im Langenbruch 20	0:00	26:12	26:12	0:00	<b>0:44</b>	<b>0:44</b>
<b>H51</b>	Am Knapp 17	0:00	<b>41:00</b>	<b>41:00</b>	0:00	<b>0:37</b>	<b>0:37</b>
<b>H52</b>	Im Trichter 14	0:00	<b>39:40</b>	<b>39:40</b>	0:00	<b>0:39</b>	<b>0:39</b>
<b>H53</b>	In den Grächten 15	0:00	<b>33:40</b>	<b>33:40</b>	0:00	<b>0:39</b>	<b>0:39</b>
<b>H54</b>	In den Grächten 16	0:00	<b>31:17</b>	<b>31:17</b>	0:00	<b>0:39</b>	<b>0:39</b>
<b>H55</b>	Neuer Weg 8a	0:00	<b>38:56</b>	<b>38:56</b>	0:00	<b>0:52</b>	<b>0:52</b>
<b>H56</b>	Gut Bäingsen 1a	0:00	<b>137:59</b>	<b>137:59</b>	0:00	<b>1:43</b>	<b>1:43</b>
<b>H57</b>	Gut Bäingsen 1	0:00	<b>134:56</b>	<b>134:56</b>	0:00	<b>1:42</b>	<b>1:42</b>
<b>H58</b>	Nieringsen 1	<b>99:05</b>	0:00	<b>99:05</b>	<b>0:58</b>	0:00	<b>0:58</b>
<b>H6</b>	Im Trichter 26	0:00	<b>53:04</b>	<b>53:04</b>	0:00	<b>0:43</b>	<b>0:43</b>
<b>H7</b>	Blumenhang 9	0:00	<b>44:13</b>	<b>44:13</b>	0:00	<b>0:38</b>	<b>0:38</b>
<b>H8</b>	Am Knapp 21	0:00	<b>43:28</b>	<b>43:28</b>	0:00	<b>0:38</b>	<b>0:38</b>
<b>H9</b>	Habichtseil 3	0:00	<b>64:50</b>	<b>64:50</b>	0:00	<b>0:59</b>	<b>0:59</b>

### 3.2 Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer

Die jährlich im Mittel auftretende, meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauer ist für die Genehmigung eines Vorhabens zunächst nicht relevant, sie kann jedoch den Behördenvertretern, Anlagenplanern und Betroffenen einen Eindruck über die tatsächliche, durchschnittlich zu erwartende Belastung geben. Zudem enthält sie Hinweise auf mögliche Abschalthäufigkeiten, da i. d. R. die Begrenzung auf die reale Beschattungsdauer von acht Stunden pro Jahr (nach [2], [10]) steuerungstechnisch umgesetzt wird. Sie berücksichtigt statistische Daten zu

- Sonnenscheinwahrscheinlichkeit (mittlere tägliche Sonnenscheinstunden) pro Monat, nach Angaben der Sonnenschein-Datenbank für die Station Arnsberg-Neheim,
- Betriebsstunden bzw. Stillstandszeiten der WEA je Richtungssektor, ermittelt aus der Windstatistik der DWD-Station Lüdenscheid und der Anlaufgeschwindigkeit der WEA,
- Variable Schattengröße des Rotors, ermittelt aus der Windrichtungsverteilung der Windstatistik der DWD-Station Lüdenscheid und der Lage der Rezeptoren.

Aus den Daten werden zeit- und ortsabhängig differenzierte Wahrscheinlichkeiten des Schattenwurfs berechnet und diese über das Jahr summiert. Da die Berechnung stark von der Qualität der meteorologischen Eingangsdaten abhängt und lokale Gegebenheiten davon abweichen können sind die Berechnungsergebnisse mit Unsicherheiten von etwa 5-15% behaftet und haben abschätzenden Charakter.

**Tabelle 4: Meteorologisch wahrscheinliche Beschattungsdauern pro Jahr**

IO	Adresse	Beschattungsdauern meteorologisch wahrscheinlich [Std./Jahr]		
		VB	ZB	GB
<b>B1</b>	Balve, Binolen 1	0:00	1:32	1:33
<b>H1</b>	Blumenhang 12	0:00	4:25	4:28
<b>H10</b>	Habichtseil 1	0:00	10:04	10:12
<b>H11</b>	Gut Bäingsen 3	0:00	12:22	12:32
<b>H12</b>	Neuer Weg 28	0:00	1:16	1:17
<b>H13</b>	Neuer Weg 16	0:00	2:43	2:45
<b>H14</b>	Bäingser Weg 50	0:00	2:37	2:39
<b>H15</b>	Bäingser Weg 52a	0:00	2:36	2:38
<b>H16</b>	Bäingser Weg 56	0:00	2:48	2:50
<b>H17</b>	Bäingser Weg 58	0:00	2:56	2:58
<b>H18</b>	Bäingser Weg 60	0:00	2:58	3:00
<b>H19</b>	Bäingser Weg 62	0:00	3:06	3:09
<b>H2</b>	Im Trichter 17	0:00	4:25	4:29
<b>H20</b>	Forstweg 2	0:00	3:36	3:39
<b>H21</b>	Forstweg 4	0:00	3:46	3:49
<b>H22</b>	Bäingser Weg 99	0:00	8:58	9:05
<b>H23</b>	Bäingser Weg 98a	0:00	9:17	9:25
<b>H24</b>	Forstweg 21	0:00	6:25	6:30
<b>H25</b>	Bäingser Weg 100	0:00	7:50	7:57
<b>H26</b>	Waldemey 11	0:00	8:17	8:23
<b>H27</b>	Forstweg 28	0:00	8:08	8:15
<b>H28</b>	Waldemey 16	0:00	9:38	9:46
<b>H29</b>	Forstweg 27	0:00	7:17	7:23

IO	Adresse	Beschattungsdauern meteorologisch wahrscheinlich [Std./Jahr]		
		VB	ZB	GB
H3	Im Trichter 18	0:00	4:20	4:24
H30	Waldemey 14	0:00	7:06	7:12
H31	Forstweg 25	0:00	7:02	7:08
H32	Forstweg 23	0:00	6:48	6:53
H33	Waldemey 6	0:00	7:11	7:17
H34	Forstweg 19	0:00	6:04	6:09
H35	Forstweg 15	0:00	5:29	5:33
H36	Forstweg 11	0:00	5:04	5:08
H37	Forstweg 9	0:00	4:48	4:52
H38	Forstweg 7	0:00	4:30	4:34
H39	Klusensteiner Weg 14	0:00	1:48	1:49
H4	Im Trichter 22a	0:00	4:25	4:28
H40	Forstweg 6	0:00	4:20	4:24
H41	Forstweg 22	0:00	6:36	6:41
H42	Bäingser Weg 46a	0:00	2:21	2:23
H43	Bäingser Weg 48	0:00	2:33	2:35
H44	Im Langenbruch 39	0:00	6:02	6:07
H45	Im Langenbruch 41	0:00	6:09	6:13
H46	Im Langenbruch 38	0:00	5:53	5:57
H47	Im Langenbruch 40	0:00	4:48	4:52
H48	Nieringsen 1a	14:03	5:11	19:15
H49	Nieringsen 3	14:00	5:04	19:06
H5	Im Trichter 22	0:00	5:34	5:38
H50	Im Langenbruch 20	0:00	4:03	4:06
H51	Am Knapp 17	0:00	3:50	3:53
H52	Im Trichter 14	0:00	4:10	4:13
H53	In den Grächten 15	0:00	3:43	3:46
H54	In den Grächten 16	0:00	3:33	3:36
H55	Neuer Weg 8a	0:00	3:38	3:41

IO	Adresse	Beschattungsdauern meteorologisch wahrscheinlich [Std./Jahr]		
		VB	ZB	GB
H56	Gut Bäingsen 1a	0:00	15:42	15:55
H57	Gut Bäingsen 1	0:00	15:19	15:32
H58	Nieringsen 1	12:53	0:00	12:50
H6	Im Trichter 26	0:00	5:52	5:56
H7	Blumenhang 9	0:00	4:21	4:25
H8	Am Knapp 21	0:00	4:12	4:15
H9	Habichtseil 3	0:00	8:42	8:49



## 4 Bewertung der Ergebnisse

### 4.1 Beurteilung der Berechnungen

Am Windparkstandort Hemer wurden für 59 Immissionsorte die Beschattungsdauern durch sechs neu geplante WEA sowie 22 Vorbelastungs-WEA entsprechend den WKA-Schattenwurfhinweisen [2] berechnet. Die Immissionsrichtwerte der Beschattungsdauern betragen maximal 30 Stunden im Jahr und maximal 30 Minuten am Tag.

**IO B1: An diesem Immissionsort werden alle Richtwerte eingehalten.**

**IO H48, H49, H58: An diesen Immissionsorten werden die Richtwerte ohne schattenwurfbegrenzende Maßnahmen bereits durch die Vorbelastung überschritten. Jede weitere Belastung durch periodischen Schattenwurf ist zu vermeiden.**

**IO H1 bis H47 und H50 bis H57: An diesen Immissionsorten werden die Richtwerte ohne schattenwurfbegrenzende Maßnahmen durch den Einfluss der Zusatzbelastung überschritten. Die Überschreitung beträgt maximal 108,0 Std./Jahr bzw. 73 Min/Tag.**

Aufgrund der berechneten Überschreitungen empfehlen wir die Abschaltung der neu geplanten WEA 01 bis 04 über eine Abschaltautomatik zu steuern (siehe tabellarische und grafische Schattenwurfkalender im Anhang).

Da die in diesem Gutachten betrachteten Immissionsorte exemplarisch ausgewählt wurden, sollten bei Programmierung der Abschaltautomatik alle Wohnhäuser im schattenkritischen Bereich berücksichtigt werden.

### 4.2 Hinweise zur Abschaltautomatik

Über die Programmierung einer Abschaltautomatik werden die Windenergieanlagen zu den Uhrzeiten abgeschaltet, zu denen ein durch sie hervorgerufener Schattenwurf an einem Immissionspunkt zu einer (weiteren) Überschreitung der o.g. Immissionsrichtwerte führt.

Abschaltautomatiken sind so zu programmieren, dass alle betroffenen Bereiche (Fenster, Balkone usw.) an allen relevanten Immissionspunkten im schattenkritischen Bereich berücksichtigt werden. In der Regel geschieht dies über die Erfassung betroffener Fassaden. Aus den hier (für

punktförmige Rezeptoren) angegebenen Zeiten kann *nicht* direkt abgeleitet werden, wie viele Minuten die betreffende WEA tatsächlich abgeschaltet werden muss. Betroffene Gebäudebereiche mit nur seltener oder kurzzeitiger räumlicher Nutzung (z. B. Abstellräume, Toiletten o. ä.) sind in der Regel nicht zu berücksichtigen. Schlafräume, Wohnräume oder Küchen dagegen sind im Allgemeinen zu den fraglichen Tageszeiten wesentliche Aufenthaltsorte der Bewohner.

Das erlaubte Kontingent der tatsächlich auftretenden Beschattungszeit (unter Berücksichtigung von Bewölkungsereignissen mit diffusem oder keinem Schattenwurf) pro Immissionsort beträgt 8 Std. / Jahr [2], welches über einen zusätzlichen Bestrahlungsstärkesensor erfasst und berücksichtigt werden kann, jedoch in diesem Gutachten nicht bewertet wird. Der Sensor bewirkt einen Weiterbetrieb der Anlagen bei Umgebungshelligkeiten, in denen kein Schattenwurf auftritt (z. Bsp. bei  $I < 120 \text{ W/m}^2$ ). Darüber hinaus können sichtverschattende Objekte wie dauerhafter Bewuchs, Nebengebäude usw. einen Schattenwurf verhindern, wodurch auf eine Abschaltung für das jeweilige Gebäude verzichtet werden kann. Dies kann am einfachsten nach Errichtung der Anlage mit entsprechenden Fotos dokumentiert und berücksichtigt werden.

### 4.3 Genauigkeit der Prognose

Den Berechnungen nach den Vorgaben der WKA-Schattenwurfhinweise [2] wird ein Worst-Case-Szenario zugrunde gelegt. In diesem Sinne wird die astronomisch maximal mögliche Beschattung zur Beurteilung herangezogen sowie keine lichtundurchlässigen Hindernisse, die den periodischen Schattenwurf von WEA begrenzen, berücksichtigt. Als Basis für die Bestimmung der Position der Immissionsorte dient Kartenmaterial, das auf den Gebäudeumringen des amtlichen Liegenschaftskataster Deutschland (ALKIS) basiert [6]. Das zugrunde gelegte Höhenmodell entspricht dem DGM5 Nordrhein-Westfalen. Damit ist eine Grundgenauigkeit der in eine Prognose eingehenden geometrischen Parameter von mindestens  $\pm 5 \text{ m}$  gewährleistet. Die Schattenwurfzeiten werden mit einer Genauigkeit von 1 min pro Tag ausgewiesen. Insgesamt wird damit der geforderten Grundgenauigkeit der in eine Prognose eingehenden geometrischen Parameter (vgl. WKA-Schattenwurfhinweise [2]) entsprochen. Basierend auf der Grundgenauigkeit der Eingangsdaten kann die Unsicherheit bei der Berechnung der Beschattungszeiten mit durchschnittlich  $\pm 1 \%$  angegeben werden [11].

## 5 Quellenverzeichnis

- [1] Norm, „DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien,“ 2018.
- [2] LAI, Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen Aktualisierung 2019 (WKA-Schattenwurfhinweise), Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), 23.01.2020.
- [3] EMD, Software WindPRO, Modul SHADOW, 9220 Aalborg (DK): EMD International A/S, jeweils aktuellste Version.
- [4] TK25, Topografische Karte im Maßstab 1:25.000, Landesvermessungsamt des jeweiligen Bundeslandes, aktuellste Version.
- [5] SUA, Ergebnisprotokoll des 3. Fachgesprächs vom 19.11.1999 über Umwelteinwirkungen von Windenergieanlagen, Schleswig: Staatliches Umweltamt Schleswig, 1999.
- [6] geoGLIS\_oHG, *onmaps GEOBasis-DE / BKG / NRW*, aktuelle Version.
- [7] F. J.Pohl, Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Feldstudie, Kiel: Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 31.07.1999 .
- [8] F. J.Pohl, Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Laborpilotstudie, Kiel: Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität, 15.05.2000 .
- [9] H. D. Freund, Die Reichweite des Schattenwurfs von Windkraftanlagen, Umweltforschungsbank UFORDAT, Juni 1999.
- [10] H. D. Freund, Effektive Einwirkzeit  $T_w$  des Schattenwurfs bei  $T_{max} = 30$  h/Jahr, Kiel: Institut für Physik und Allgemeine Elektrotechnik, Fachhochschule Kiel, 24.01.2001.
- [11] Ramboll, Interne Analyse zur Sensitivität der Berechnungsergebnisse bezüglich der Genauigkeit der Positionsdaten, 2021-11.

## 6 Anhang

- Beschattungskarten für den Windparkstandort Hemer
  - Zusatzbelastung
  - Gesamtbelastung
- Berechnungsergebnisse der Beschattungsdauern an den Immissionsorten
  - Vor- und Zusatzbelastung:
    - Hauptergebnis
  - Gesamtbelastung:
    - Hauptergebnis
    - grafische Kalender
- Akkreditierung
- Theoretische Grundlagen

Ein tabellarischer Kalender der Beschattungszeiten je Rezeptor kann auf Wunsch zur Verfügung gestellt werden.



Anhang  
- vertrauliches Dokument -

### 3 Literaturverzeichnis – theoretische Grundlagen

1. **EMD.** *Software WindPRO, Modul SHADOW, jeweils aktuellste Version.* 9220 Aalborg (DK) : EMD International A/S, 2019.
2. **LAI.** *Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (WKA-Schattenwurfhinweise, Aktualisierung 2019).* s.l. : Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), 23.01.2020.
3. **H. D. Freund.** *Die Reichweite des Schattenwurfs von Windkraftanlagen.* s.l. : Umweltforschungsbank UFORDAT, Juni 1999.
4. —. *Effektive Einwirkzeit  $T_w$  des Schattenwurfs bei  $T_{max} = 30 \text{ h/Jahr}$ .* Kiel : Institut für Physik und Allgemeine Elektrotechnik, Fachhochschule Kiel, 24.01.2001.
5. **J. Pohl, F. Faul, R. Mausfeld.** *Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Feldstudie.* Kiel : Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 31.07.1999.
6. —. *Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen, Laborpilotstudie.* Kiel : Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität, 15.05.2000.
7. **Kommission der Europäischen Gemeinschaften.** *Atlas über die Sonnenstrahlung in Europa.* Dortmund : W-Grösschen Verlag, 1979.