



# Windenergieprojekt Haldenstein

Schattenwurfgutachten

## Impressum

|                    |   |
|--------------------|---|
| Auftraggeber       | Calandawind AG  |
| Kontaktperson      | Jürg Michel   |
| Adresse            | Feldstrasse 17<br>7023 Haldenstein  |
| Datum              | 31.08.2021  |
| Aktuelle Version   | Schlussbericht  |
| Ältere Versionen   | -   |
| Projektnummer      | 21_0170   |
| Datei              | Schattenwurfgutachten_Haldenstein.docx  |
| Erstellt durch     | Dominik Egli  |
| Kontrolliert durch | 31.08.2021   Paul Froidevaux  |
| Genehmigt durch    | 02.09.2021   Beat Schaffner   |
| Gewährleistung     | Meteotest gewährleistet ihren Kunden eine sorgfältige und fachgerechte Auftragsbearbeitung. Jegliche Haftung, insbesondere auch für Folgeschäden, wird im Rahmen des gesetzlich Zulässigen wegbedungen. |

## Zusammenfassung

Die Calandawind AG plant bei Haldenstein den Bau einer zweiten Windenergieanlage Oldis II rund 750 m südlich der bestehenden Anlage Oldis I. Im vorliegenden Gutachten werden die **Auswirkungen der beiden Windenergieanlagen (WEA) hinsichtlich des Schattenwurfs** untersucht. Dabei geht es um den durch die Rotordrehung verursachten, **periodisch auftretenden** und **bewegten Schattenwurf**. Dieser kann störend wirken.

In der Schweiz existieren zurzeit **keine Richtlinien** bezüglich der Beurteilung der Schattenwurfimmissionen durch WEA. Entsprechend der **Empfehlung vom BFE<sup>1</sup>** werden die **deutschen Leitlinien** auf die Schweiz übertragen. Diese legen eine Begrenzung der astronomisch maximal möglichen Schattenwurfdauer (SWD) auf **30 Stunden pro Jahr** und **30 Minuten pro Tag** fest. Zudem wird verlangt, dass bei einer Überschreitung der realen, also tatsächlich gemessenen SWD von **acht Stunden pro Jahr Massnahmen zur Reduktion** des Schattenwurfs getroffen werden.

Die Schattenwurfimmissionen wurden mit der Windenergie Software WindPRO V3.4 durchgeführt. Für die bestehende WEA wurde **mit einer Nabenhöhe von 119 m** und **einem Rotordurchmesser von 112 m** gerechnet, bei der neu geplanten WEA **mit einer Nabenhöhe von 132 m** und **einem Rotordurchmesser von 136 m**. Als Berechnungsgrundlagen dienten ein hoch aufgelöstes digitales Höhenmodell (2 m horizontale Auflösung) sowie **langjährige Statistiken** zur **Sonnenscheindauer** und zu den **Windverhältnissen** vor Ort. Sichthindernisse wie **Wald** und **Gebäude** wurden ebenfalls in die Berechnungen miteinbezogen. Die Ausrichtung der Fenster sowie Einzelbäume als zusätzliche Sichthindernisse konnten bei den Berechnungen hingegen nicht berücksichtigt werden, was teilweise zu höheren Schattenwurfauern als in Realität führt.

Insgesamt sind bei 5 der insgesamt 10 identifizierten Immissionspunkten Grenzwertüberschreitungen zu erwarten.

Die folgende Tabelle zeigt die **astronomisch maximal mögliche SWD** in Stunden pro Jahr und Minuten pro Tag sowie die **meteorologisch wahrscheinliche SWD** in Stunden pro Jahr an den ausgewählten Schattenrezeptoren.

---

<sup>1</sup> BFE 2008: Windkraftanlagen in der Schweiz: Raumplanerische Grundlagen und Auswirkungen.

Tabelle: **Astronomisch maximal mögliche SWD** in Stunden pro Jahr (Gesamtdauer) sowie in Minuten pro Tag (Maximaldauer) und **meteorologisch wahrscheinliche SWD** in Stunden pro Jahr an den Immissionspunkten. Grenzwertüberschreitungen sind **rot** hervorgehoben. Die SWD entspricht der kombinierte SWD von der bestehenden und der geplanten WEA.

| Nr. | Bezeichnung | Astronomisch maximal mögliche SWD |                             | meteorologisch wahrscheinliche SWD |
|-----|-------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
|     |             | Gesamtdauer [Std:Min / Jahr]      | Maximalwert [Std:Min / Tag] | Gesamtdauer [Std:Min / Jahr]       |
| A   | SR 1        | 00:00                             | 00:00                       | 00:00                              |
| B   | SR 2        | 112:42                            | 01:04                       | 21:20                              |
| C   | SR 3        | 27:48                             | 00:42                       | 04:27                              |
| D   | SR 4        | 64:12                             | 00:47                       | 08:44                              |
| E   | SR 5        | 54:33                             | 00:46                       | 08:13                              |
| F   | SR 6        | 22:27                             | 00:31                       | 03:07                              |
| G   | SR 7        | 26:37                             | 00:27                       | 04:17                              |
| H   | SR 8        | 09:19                             | 00:23                       | 01:24                              |
| I   | SR 9        | 08:18                             | 00:20                       | 01:18                              |
| J   | SR 10       | 00:39                             | 00:05                       | 00:04                              |

# Inhalt

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Einleitung .....</b>                                      | <b>6</b>  |
| <b>2</b>  | <b>Anlagenstandorte .....</b>                                | <b>7</b>  |
| <b>3</b>  | <b>Leitlinien .....</b>                                      | <b>8</b>  |
| 3.1   | Quellen .....  | 8         |
| 3.2   | Immissionsrichtwerte .....                                   | 8         |
| 3.3   | Immissionsorte.....  | 9         |
| 3.4   | Berücksichtigung benachbarter WEA.....                       | 9         |
| 3.5   | Massnahmen .....   | 9         |
| <b>4</b>  | <b>Methodik zur Schattenwurfberechnung .....</b>             | <b>11</b> |
| 4.1   | Grundlagen.....  | 11        |
| 4.2   | Schattenwurfdauer (SWD) .....                                | 11        |
| 4.2.1   | Meteorologisch wahrscheinliche SWD bei Haldenstein.....      | 12        |
| 4.3   | Beschattungsbereich .....                                    | 12        |
| 4.4   | Hindernisse.....   | 13        |
| <b>5</b>  | <b>Immissionsorte .....</b>                                  | <b>14</b> |
| <b>6</b>  | <b>Ergebnisse .....</b>                                      | <b>16</b> |
| 6.1   | Flächenhafte Verteilung des periodischen Schattenwurfs ..... | 16        |
| 6.2   | Schattenwurfdauer pro Immissionsort.....                     | 16        |
| 6.3   | Schattenkalender .....                                       | 17        |
| <b>7</b>  | <b>Schlussfolgerungen.....</b>                               | <b>18</b> |
| <b>Anhang A: Schattenwurfkarten .....</b>                                   |  | <b>19</b> |
| <b>Anhang B: Grafische Beschattungskalender aller Immissionspunkte.....</b> |  | <b>21</b> |
| <b>Anhang C: Tabellarische Beschattungskalender der beiden WEA.....</b>     |  | <b>22</b> |

# 1 Einleitung

Bei Haldenstein im Kanton Graubünden plant die Calandawind AG den Bau einer zweiten Windenergieanlage (WEA) rund 750 m südlich der bereits bestehenden WEA. Meteotest wurde beauftragt ein kombiniertes Schattenwurfgutachten zu erstellen für die bestehende und die geplante WEA. Dabei geht es um den durch die Rotordrehung verursachten, periodisch auftretenden und bewegten Schattenwurf. Dieser kann störend wirken.

Das Gutachten beinhaltet die Berechnung des periodischen Schattenwurfs punktuell für die ausgewählten Immissionspunkt und flächenhaft für die Umgebung des Windparks.

Das Kapitel 2 umfasst einen Überblick über die beiden WEA. Anschliessend werden die angewandten Leitlinien erläutert (Kapitel 3) und die Methodik der Berechnungen beschrieben (Kapitel 4). Kapitel 5 zeigt die als Immissionspunkte identifizierten Gebäude.

Die Ergebnisse werden in Kapitel 6 dargestellt. Das Gutachten wird mit einer Diskussion der Ergebnisse abgeschlossen (Kapitel 7).

Im Anhang befinden sich die Schattenwurfkarten, grafische Beschattungskalender für die einzelnen Schattenrezeptoren und ein tabellarischer Beschattungskalender der beiden WEA.

## 2 Anlagenstandorte

Die bestehende WEA sowie der Standort der neu geplanten WEA befinden sich im Rheintal rund 4 km nördlich der Stadt Chur und rund 2 km südwestlich der Ortschaft Trimmis. Die Abbildung 1 zeigt die Lage der beiden WEA. In Tabelle 1 werden die Koordinaten der WEA-Standorte angegeben.

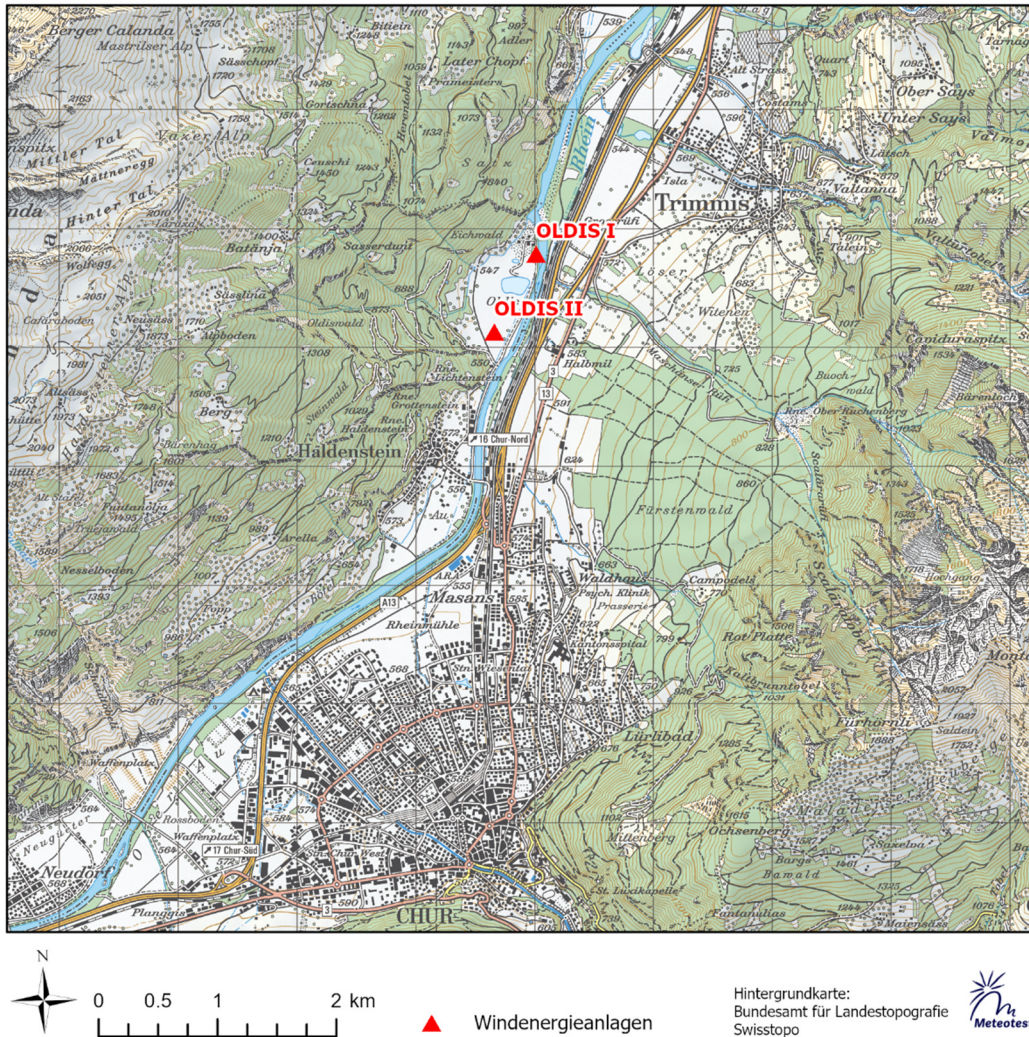


Abbildung 1: Standorte der bestehenden WEA OLDIS I und der neu geplanten WEA OLDIS II bei Haldenstein.

Tabelle 1: Standortkoordinaten und Höhen der bestehenden und der neu geplanten WEA bei Haldenstein (Landeskoordinaten CH1903+ LV95).

| WEA                    | X [m]     | Y [m]     | Höhe über Meer [m] |
|------------------------|-----------|-----------|--------------------|
| Oldis I (bestehend)    | 2'760'010 | 1'195'797 | 546                |
| Oldis II (neu geplant) | 2'759'658 | 1'195'145 | 548                |

### 3 Leitlinien

In der Schweiz existieren keine Richtlinien oder Gesetze bezüglich Schattenwurfimmissionen von Windenergieanlagen. Im BFE-Bericht "Windkraftanlagen in der Schweiz" (2008)<sup>2</sup> wird auf die deutschen Leitlinien hingewiesen.

Somit werden die Schattenwurfimmissionen im Gebiet der WEA Haldenstein anhand der deutschen Leitlinien beurteilt.

#### 3.1 Quellen

Folgende Leitlinien und Quellen wurden berücksichtigt:

- Themenportal Windenergie der Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg<sup>3</sup>
- Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windkraftanlagen Aktualisierung 2019 (WEA-Schattenwurfhinweise) des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) vom 23.01.2020
- Windenergiehandbuch von Monika Agatz, 17. Ausgabe, Dezember 2020<sup>4</sup>
- Windenergieanlagen und Immissionsschutz, Materialien Nr. 63, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen 2002

#### 3.2 Immissionsrichtwerte

Schattenwurf von geringer Dauer ist hinzunehmen (Windenergieerlass). Es soll aber vor erheblichen Einwirkungen geschützt werden. Die Erheblichkeit wird anhand von Richtwerten der zulässigen Beschattungsdauer beurteilt.

Überschreitet die Beschattungsdauer an einem Immissionsort **30 Stunden pro Kalenderjahr** und **30 Minuten an einem einzelnen Tag** gilt die Belästigung als erheblich (Windenergieerlass, Windenergie-Handbuch, WKA-Schattenwurf-Hinweise).

Die Richtwerte beziehen sich dabei auf die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer (siehe Abschnitt 4.2). Für weitere Einzelheiten der Bewertung sind gemäss dem Windenergieerlass die WEA-Schattenwurf-Hinweise herbeizuziehen.

---

<sup>2</sup> Bundesamt für Energie (BFE): Windkraftanlagen in der Schweiz – Raumplanerische Grundlagen und Auswirkungen. Juni 2008.

<sup>3</sup> Themenportal Windenergie Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg.  
<http://gewerbeaufsicht.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/37557/>

<sup>4</sup> Monika Agatz - Windenergie-Handbuch, [www.windenergie-handbuch.de](http://www.windenergie-handbuch.de), 19. Ausgabe, Dezember 2020.



### 3.3 Immissionsorte

Als massgebliche Immissionsorte gelten gemäss den LAI-Schattenwurf-Hinweisen:

- a) *...schutzwürdige Räume, die als Wohnräume, Schlafräume, Unterrichts-räume, Büroräume, Schulungsräume, Praxisräume und ähnliche Arbeits-räume genutzt werden.*
- b) *...unbebaute Flächen in einer Bezugshöhe von 2 m über Grund auf de-nen nach Bau- und Planungsrecht Gebäude mit schutzwürdigen Räumen zulässig sind.*

Im vorliegenden Gutachten werden nur die Hinweise gemäss a) berücksichtigt.

Im neuen Windenergieerlass wird darauf hingewiesen, dass sich laut deutscher Rechtsprechung die Beurteilungsmassstäbe auf Wohnnutzung beschränken und nicht unmittelbar auf arbeitende Menschen zu übertragen sind. Daher soll das zumutbare Mass an Schattenwurf unter Berücksichtigung von erträglichen Aus-weich- und Anpassungsmassnahmen des Betroffenen anhand einer Einzelfall-entscheidung festgelegt werden. Bei den betroffenen Gebäuden handelt es sich vorwiegend um Wohnnutzung.

### 3.4 Berücksichtigung benachbarter WEA

Befinden sich in der Umgebung des Windparks noch WEA eines anderen Wind-parks, müssen diese auch berücksichtigt werden. Gemäss den Schattenwurf-Hinweisen sind alle WEA im Umkreis einzubeziehen, die auf den jeweiligen Im-missionspunkt einwirken. Bei der Festlegung von Begrenzungsmassnahmen ist im Rahmen der Interessenabwägung dem Lastengleichheitsprinzip Rechnung zu tragen.

Für das vorliegende Gutachten mussten keine benachbarten WEA berücksichtigt werden.

### 3.5 Massnahmen

Im Schattenwurfgutachten bzw. in den Antragsunterlagen muss dargelegt wer-den, auf welche Weise die **Einhaltung der zulässigen Beschattungsdauer** am Immissionsort gewährleistet wird. Hierzu gehören Angaben über Art und Pro-grammierungsmöglichkeiten der vorgesehenen **Abschaltautomatik** oder die freiwillige Erklärung zum Betrieb mit Nullbeschattung.

Durch eine Abschaltautomatik kann der Schattenwurf auf die zulässige Beschat-tungsdauer begrenzt werden. Damit kann der Schattenwurf immer soweit redu-ziert werden, dass eine Einhaltung der Richtwerte sichergestellt wird (Windener-gie-Handbuch). Die Abschaltautomatik berücksichtigt mittels Strahlungs- und

Beleuchtungsstärke-Sensoren die Intensität des Sonnenlichts und erfasst die tatsächliche Beschattungssituation. Die reale, also **tatsächliche Beschattungsdauer ist auf acht Stunden pro Jahr zu begrenzen**. Dies entspricht in etwa den 30 Stunden pro Jahr astronomisch maximal mögliche SWD. Wird der tägliche **Richtwert von 30 Minuten an mindestens drei Tagen überschritten**, ist die tägliche **Beschattungsdauer auf 30 Minuten zu begrenzen**. Es wird empfohlen, die Daten zu Sonnenscheindauer und Abschaltzeiten über mindestens ein Jahr zu dokumentieren (WEA-Schattenwurf-Hinweise).

## 4 Methodik zur Schattenwurfberechnung

### 4.1 Grundlagen

Die Schattenwurfberechnungen wurden mit dem Modul SHADOW der Windenergie-Software WindPRO (Version 3.4)<sup>5</sup> durchgeführt.

Grundlage der Berechnung bildet der Tages- und Jahresverlauf der Sonne unter Berücksichtigung der Erdachsenneigung, der Erdrotation und der elliptischen Erdbahn um die Sonne sowie die Standortkoordinaten der WEA und der Schattenrezeptoren, die Eigenschaften der Turbinentypen (z.B. Blattgeometrie und Rotordurchmesser) und der Schattenrezeptoren (z.B. Grösse und Aufpunkthöhe, d.h. Höhe der Fenster). Der Schattengang jedes einzelnen WEA-Rotors wird dann vom Programm in Ein-Minuten-Schritten über den Verlauf eines Jahres berechnet.

### 4.2 Schattenwurfdauer (SWD)

Man unterscheidet zwischen:

- astronomisch maximal möglicher SWD
- meteorologisch wahrscheinlicher SWD
- realer SWD

Die **astronomisch maximal mögliche SWD** geht davon aus, dass von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang die Sonne durchgehend bei wolkenlosem Himmel scheint, die Rotorfläche stets senkrecht zur Sonneneinstrahlung steht und die WEA ohne Unterbruch in Betrieb sind. Dieser ungünstigste Fall ist nur theoretisch, da sich diese Situation in Realität nie ergibt.

Bei der **meteorologisch wahrscheinlichen SWD** handelt es sich um die Schattenwurfdauer unter Berücksichtigung der üblichen Witterungsbedingungen am Standort des Windparks. Grundlagen dazu bilden eine Windstatistik und Angaben zur durchschnittlichen Sonnenscheindauer pro Tag in der Region des geplanten Windparks.

Die **reale SWD** ist die tatsächliche, gemessene SWD am Standort des Immissionsortes.

---

<sup>5</sup> [www.emd.dk](http://www.emd.dk)

#### 4.2.1 Meteorologisch wahrscheinliche SWD bei Haldenstein

Die verwendete, langjährig abgeglichene Windstatistik stammt aus der 50m-Mastmessung aus dem Jahr 2008. Aus der Windstatistik wird die durchschnittliche jährliche Betriebsdauer pro Windrichtungssektor abgeleitet.

Die Daten zur Sonnenscheindauer wurden mit der Software Meteonorm<sup>6</sup> für den Standort Haldenstein bestimmt. Tabelle 2 zeigt für jeden Monat die durchschnittliche Sonnenscheindauer in Stunden pro Tag.

Tabelle 2: Durchschnittliche tägliche Sonnenscheindauer am Standort Haldenstein [Std/Tag].

| Jan | Feb | Mär | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 3.2 | 4.4 | 5.1 | 5.6 | 6.3 | 6.8 | 7.6 | 7.1 | 6.6 | 5.6 | 3.9 | 3.1 |

#### 4.3 Beschattungsbereich

Das Gebiet um eine WEA, in dem periodischer Schattenwurf auftritt, wird als Beschattungsbereich bezeichnet. Als Begrenzung der relevanten Beschattung gelten gemäss den WEA-Schattenwurf-Hinweisen folgende zwei Kriterien:

- Das Rotorblatt der WEA muss mindestens 20% der Sonne verdecken.
- Die minimale relevante Sonnenhöhe über Horizont muss mindestens 3° sein.

Unter diesen Umständen ist die Schattenintensität stark genug, dass der Schatten wahrgenommen wird.

Die wichtigsten beiden Faktoren zur Berechnung des Beschattungsbereichs einer WEA sind die Blattgeometrie und der Rotordurchmesser. Die Nabenhöhe geht ebenfalls in die Berechnung ein, jedoch mit geringerer Sensitivität.

Der **maximale Beschattungsbereich der WEA** wurde unter dem Kriterium der astronomisch maximal möglichen Beschattung und unter Berücksichtigung der Topografie berechnet. Dazu wurde das digitale Höhenmodell swissAlti3D mit einer horizontalen Auflösung von 2 m verwendet (Bundesamt für Landestopografie).

Tabelle 3 enthält die für die Berechnung relevanten Grössen der berücksichtigten Windturbinentypen. Diese Grössen entsprechen den tatsächlichen, resp. geplanten, Dimensionen der beiden WEAs.

---

<sup>6</sup> Meteonorm Version 8.0, Meteotest, Schweiz: [www.meteonorm.com](http://www.meteonorm.com)

Tabelle 3: Für die Schattenwurfanalyse relevante Grössen der beiden WEA.

| WEA      | Naben-<br>höhe<br>[m] | Rotordurch-<br>messer<br>[m] | Rotorblatttiefe [m] |                   | Radius max.<br>Beschattungs-<br>bereich [m] |
|----------|-----------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|---|
|          |                       |                              | Max                 | Bei 90%<br>Radius |   |
| Oldis I  | 119                   | 112                          | 4.00                | 1.03              | 1'709                                       |
| Oldis II | 132                   | 136                          | 4.10                | 1.20              | 1'801                                       |

#### 4.4 Hindernisse

Der Schattenwurf wird durch Hindernisse reduziert, welche gemäss den deutschen Leitlinien bei den Berechnungen des Schattenwurfes berücksichtigt werden sollen.

Im vorliegenden Gutachten wurden die Waldflächen als Hindernisse berücksichtigt. Die Höhe des Waldes wurde mit Hilfe des Datensatzes swissTLM3D<sup>7</sup> der Swisstopo abgeschätzt. Dabei wurden Waldflächen mit einer Höhe von 20 m und Gebüschwald mit einer Höhe von 10 m berücksichtigt.

Einzelbäume und offener Wald können ebenfalls zu einer erheblichen Reduktion der Schattenwurfimmission an den Immissionspunkten führen. Da die sehr unterschiedlichen Höhen und Ausdehnungen der Einzelbäume nicht bekannt waren, wurden diese im vorliegenden Gutachten nicht berücksichtigt.

Umliegende Gebäude wurden ebenfalls als Hindernisse berücksichtigt. Die Angaben zur Lage und Höhe der Gebäude stammen vom Datensatz swissBUIL-DINGS3d<sup>8</sup> des Bundesamtes für Landestopografie swisstopo.

<sup>7</sup> <https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/landscape/tlm3d.html>

<sup>8</sup> <https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/landscape/buildings3d2.html>

## 5 Immissionsorte

Abbildung 2 zeigt die berücksichtigten Immissionsorte und in Tabelle 4 werden die Koordinaten der Immissionsorte aufgelistet.

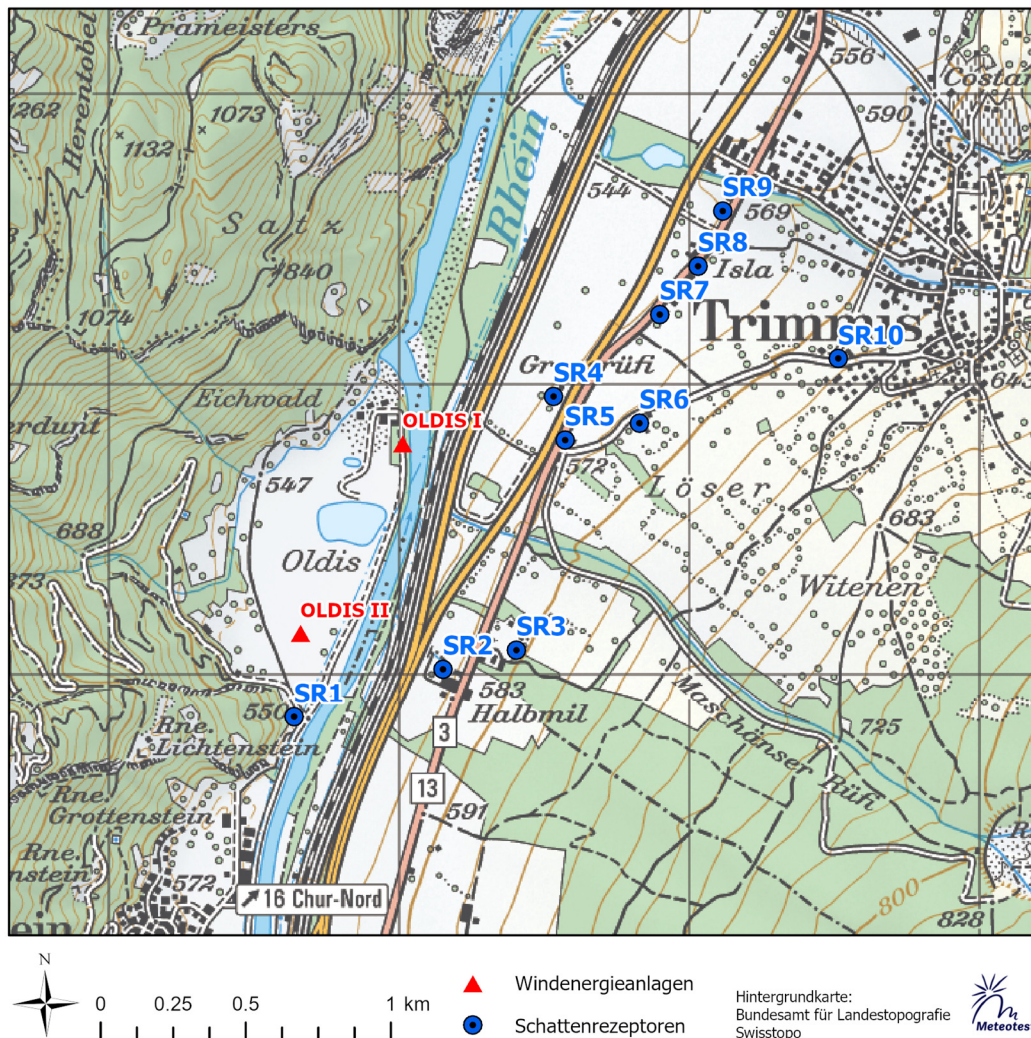


Abbildung 2: Die berücksichtigten Immissionsorte in der Region um die WEA.

Den Immissionsorten wurden, entsprechend den WEA-Schattenwurf-Hinweisen, eine Grösse von 0.1 m x 0.1 m und eine Aufpunkthöhe von 2 m zugeordnet. Zudem wurde angenommen, dass die Gebäude horizontal ausgerichtet sind und Beschattungen aus allen Richtungen empfangen können (sogenannter "Gewächshausmodus"). Diese Annahme ermöglicht eine konservative Abschätzung der Schattenwurfdauer, da in Realität nur dort Schattenwurf störend wirkt, wo die Gebäude Fenster haben.

Tabelle 4: Standortkoordinaten der ausgewählten Immissionsorte bei Haldenstein (Landeskoordinaten CH1903+ LV95).

| <b>Nr.</b> | <b>Bezeichnung</b> | <b>X [m]</b> | <b>Y [m]</b> |
|------------|--------------------|--------------|--------------|
| A          | SR 1               | 2'759'636    | 1'194'851    |
| B          | SR 2               | 2'760'149    | 1'195'017    |
| C          | SR 3               | 2'760'402    | 1'195'083    |
| D          | SR 4               | 2'760'530    | 1'195'956    |
| E          | SR 5               | 2'760'570    | 1'195'806    |
| F          | SR 6               | 2'760'826    | 1'195'864    |
| G          | SR 7               | 2'760'896    | 1'196'241    |
| H          | SR 8               | 2'761'028    | 1'196'407    |
| I          | SR 9               | 2'761'113    | 1'196'596    |
| J          | SR 10              | 2'761'511    | 1'196'087    |

## 6 Ergebnisse

### 6.1 Flächenhafte Verteilung des periodischen Schattenwurfs

Die Schattenwurfkarten können in Anhang A eingesehen werden. Sie zeigen die **astronomisch maximal mögliche SWD** in Stunden pro Jahr (Abbildung 3) und die **meteorologisch wahrscheinliche SWD** in Stunden pro Jahr (Abbildung 4). Aufgezeigt werden die von beiden WEA gemeinsam produzierten Schattenwurfimmissionen.

### 6.2 Schattenwurfdauer pro Immissionsort

Die berechnete astronomisch maximal mögliche SWD und die meteorologisch wahrscheinliche SWD unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Sonnenscheindauer (siehe Tabelle 2) werden in Tabelle 5 aufgezeigt.

Tabelle 5: **Astronomisch maximal mögliche SWD** in Stunden pro Jahr (Gesamtdauer) sowie in Minuten pro Tag (Maximaldauer) und **meteorologisch wahrscheinliche SWD** in Stunden pro Jahr an den Immissionspunkten. Grenzwertüberschreitungen sind **rot** hervorgehoben. Die SWD entspricht der kombinierte SWD von der bestehenden und der geplanten WEA.

| Nr. | Bezeichnung | Astronomisch maximal mögliche SWD |                             | meteorologisch wahrscheinliche SWD |
|-----|-------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
|     |             | Gesamtdauer [Std:Min / Jahr]      | Maximalwert [Std:Min / Tag] | Gesamtdauer [Std:Min / Jahr]       |
| A   | SR 1        | 00:00                             | 00:00                       | 00:00                              |
| B   | SR 2        | 112:42                            | 01:04                       | 21:20                              |
| C   | SR 3        | 27:48                             | 00:42                       | 04:27                              |
| D   | SR 4        | 64:12                             | 00:47                       | 08:44                              |
| E   | SR 5        | 54:33                             | 00:46                       | 08:13                              |
| F   | SR 6        | 22:27                             | 00:31                       | 03:07                              |
| G   | SR 7        | 26:37                             | 00:27                       | 04:17                              |
| H   | SR 8        | 09:19                             | 00:23                       | 01:24                              |
| I   | SR 9        | 08:18                             | 00:20                       | 01:18                              |
| J   | SR 10       | 00:39                             | 00:05                       | 00:04                              |



### 6.3 Schattenkalender

In **Anhang B** befinden sich für alle Immissionspunkte, welche Schattenwurf erfahren, **grafische Schattenkalender**. Die Schattenkalender enthalten den Tages- und Jahresgang der astronomisch maximal möglichen SWD.

Die detaillierten **numerischen Schattenkalender** für jede WEA sind in **Anhang C** zu sehen. Diese enthalten in tabellarischer Form die astronomisch maximal möglichen Schattenwurfzeiten einer WEA für jeden Kalendertag.

## 7 Schlussfolgerungen

Mit der Software WindPRO wurden die von beiden WEA insgesamt verursachten Schattenimmissionen flächenhaft sowie detailliert für insgesamt 10 ausgewählte Immissionspunkte berechnet.

Der Grenzwert von **30 Stunden pro Jahr** astronomisch maximal mögliche Schattenwurfdauer wird bei an insgesamt **3 Immissionspunkten überschritten**. Die grösste Grenzwertüberschreitung erfährt der Immissionsort SR 2 mit insgesamt 112:42 Stunden pro Jahr. Die zulässige tägliche maximale Beschattungsdauer von **30 Minuten pro Tag** wird an **5 Immissionsorten überschritten**. Die grösste Grenzwertüberschreitung erfährt der Immissionsort SR 2 mit insgesamt 01:04 Stunden.

Bei der vorliegenden Auswertung wurde die lokale Beschattung durch Wald und Gebäude berücksichtigt, weitere mögliche Beschattung durch Einzelbäume und andere lokale Sichthindernisse jedoch nicht berücksichtigt.

Neben der eigentlichen Dauer des Schattenwurfs ist auch die **Tages- und Jahreszeit des Auftretens zu beachten**. Als besonders unangenehm wird der Schattenwurf in den Sommermonaten abends wahrgenommen, wenn die Bewohner zu Hause sind.

Die Umsetzung der in Abschnitt 3.5 beschriebenen Massnahmen ermöglicht das Einhalten der Grenzwerte für alle Immissionspunkte.

## Anhang A: Schattenwurfkarten

Abbildung 3 zeigt eine Karte mit der **astronomisch maximal möglichen Schattenwurfdauer** in **Stunden pro Jahr** unter Berücksichtigung beider WEA.

Abbildung 4 zeigt eine Karte mit der **meteorologisch wahrscheinlichen Schattenwurfdauer** in **Stunden pro Jahr** unter Berücksichtigung beider WEA.

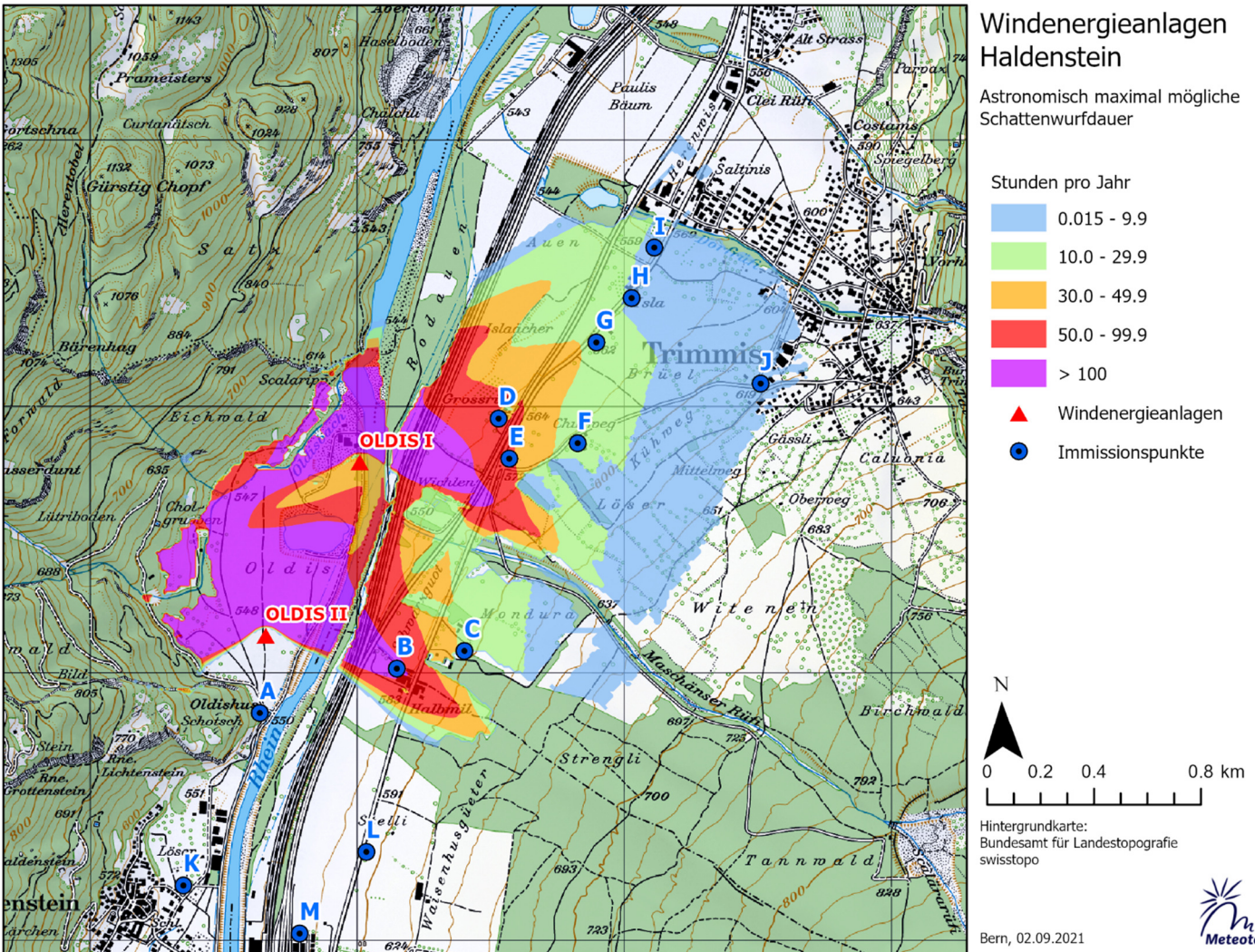


Abbildung 3: Astronomisch maximal mögliche SWD in **Stunden pro Jahr** durch die Gesamtbelastung der beiden WEA.

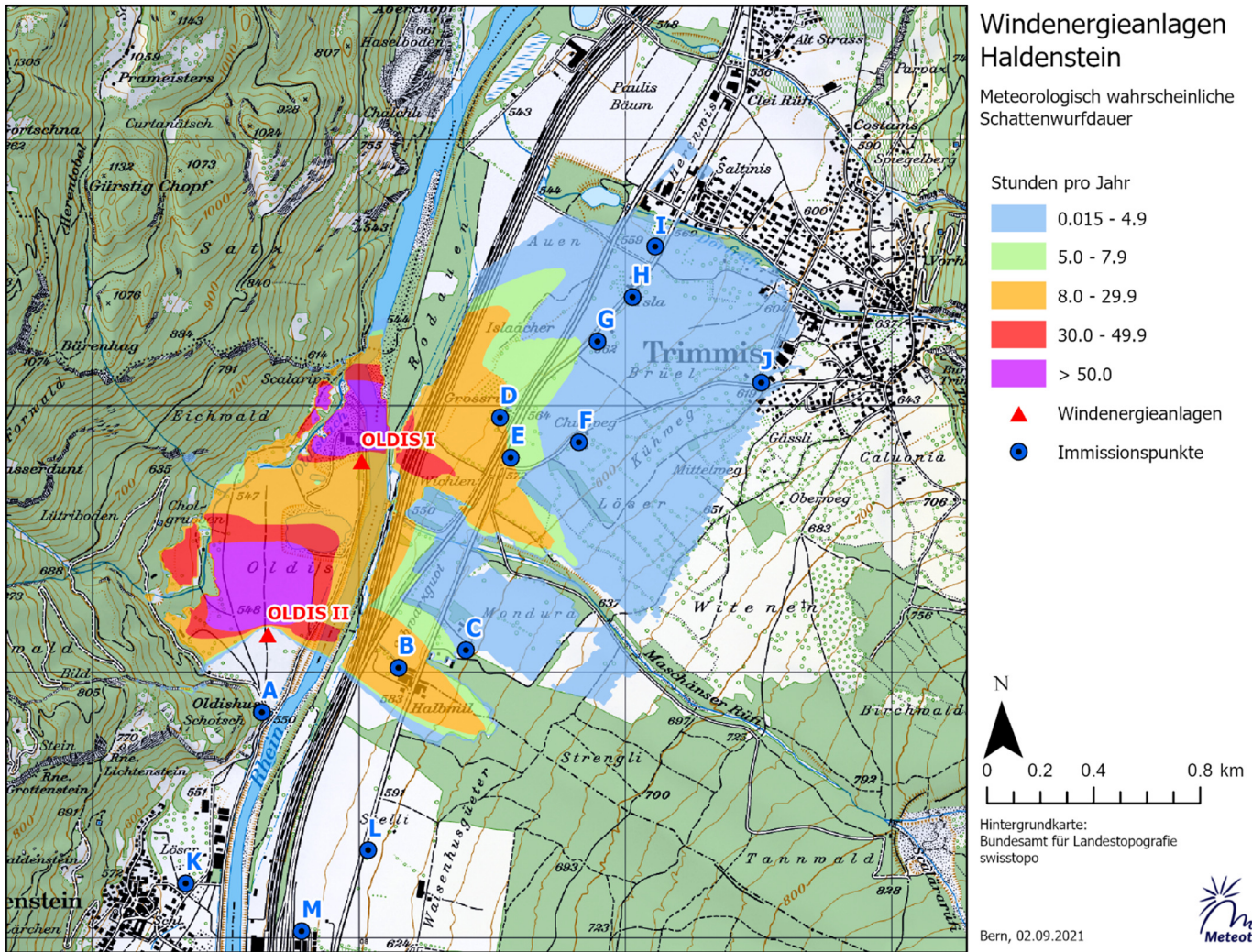


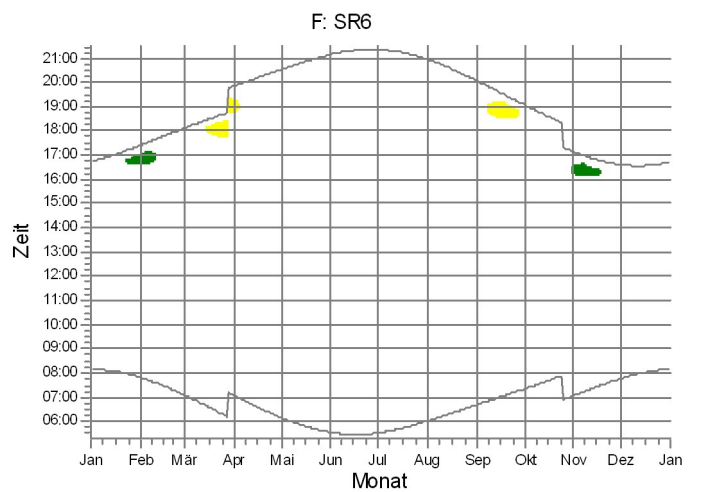
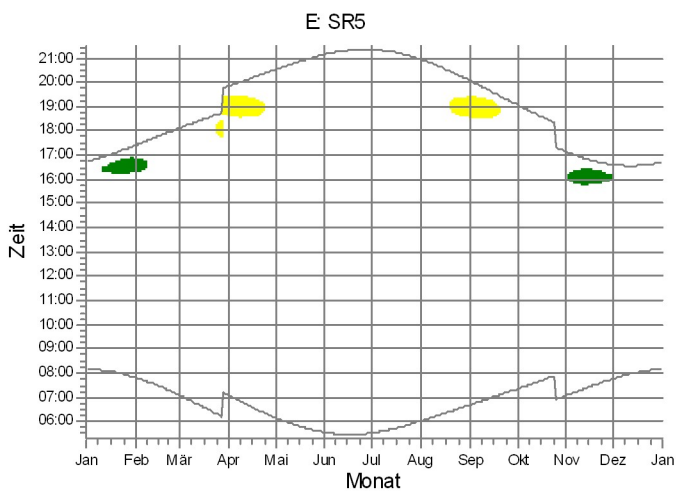
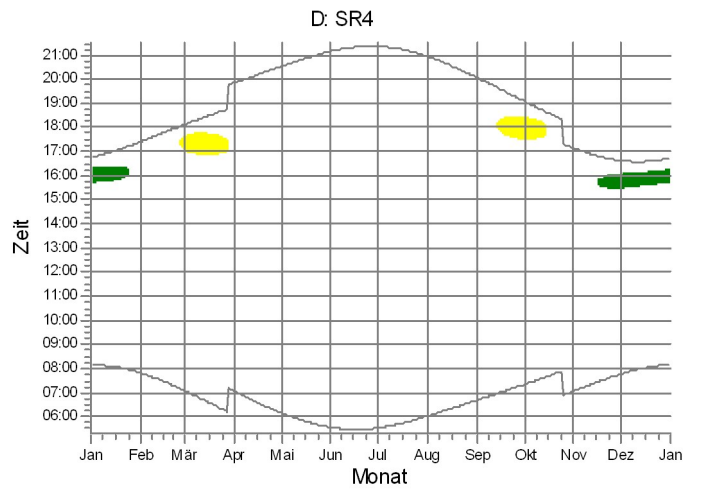
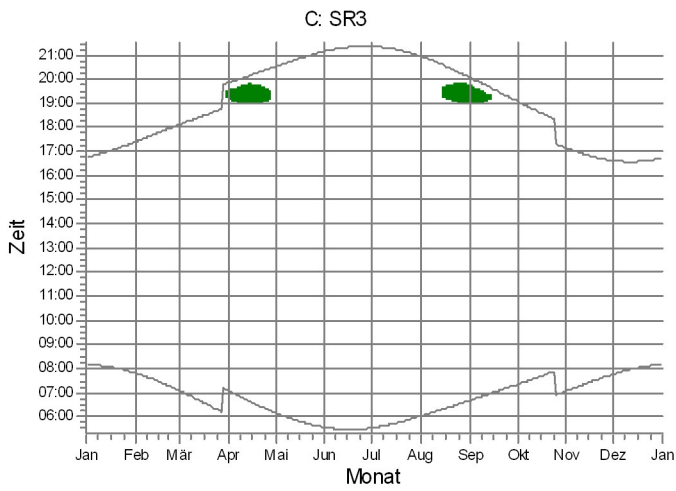
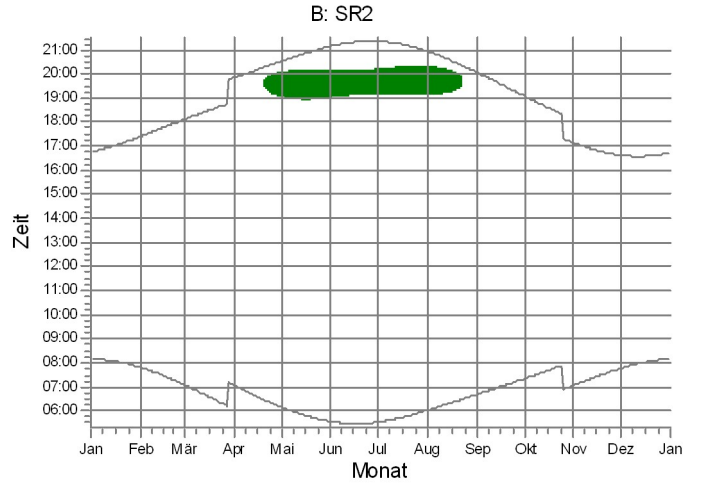
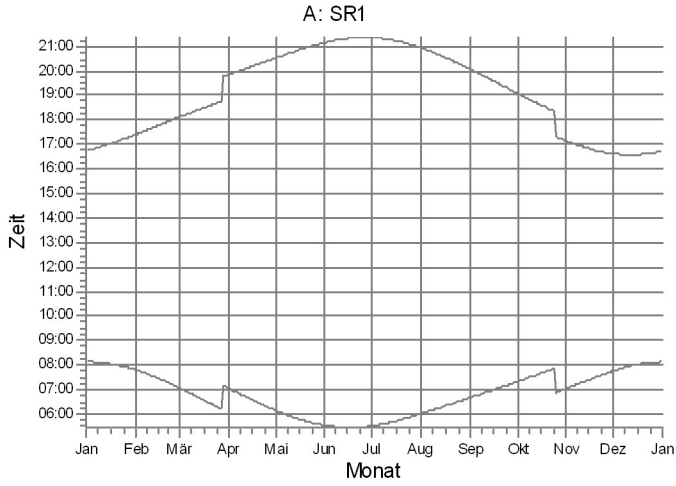
Abbildung 4: Meteorologisch wahrscheinliche SWD in **Stunden pro Jahr** durch die Gesamtbelastung der beiden WEA.

## **Anhang B: Grafische Beschattungskalender aller Immissionspunkte**

Die grafischen Beschattungskalender zeigen für alle Immissionspunkte, welche Schattenwurf erfahren, den **Tages- und Jahrgang** der **astronomisch maximal möglichen SWD**. Die Kalender zeigen die Gesamtbelastung unter Berücksichtigung beider WEA.

## SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Astr. max. möglicher Schattenwurf

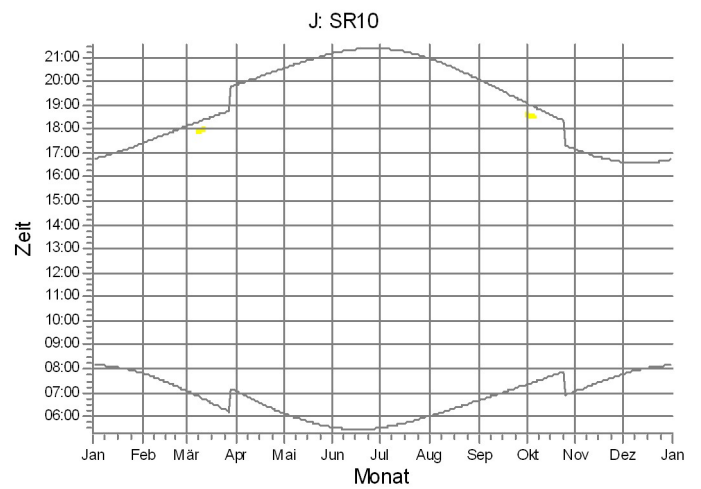
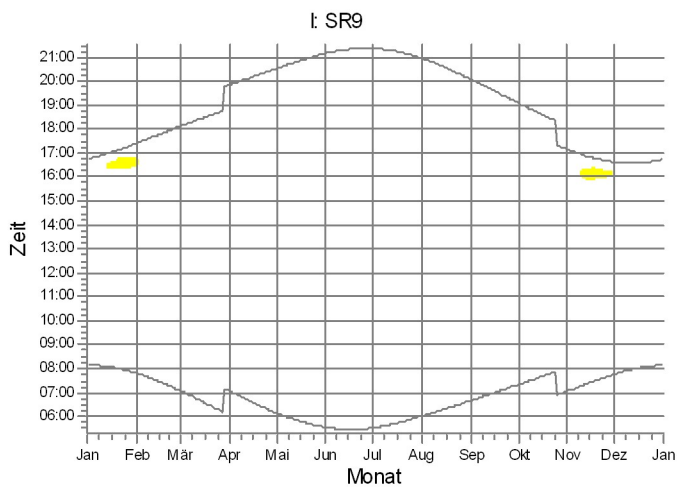
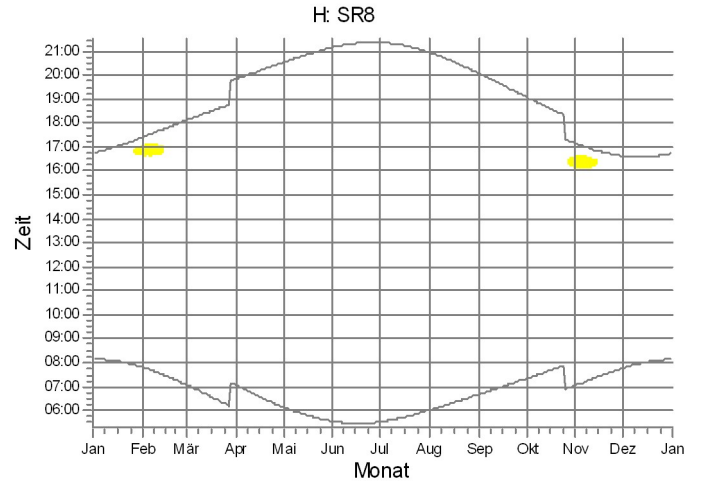
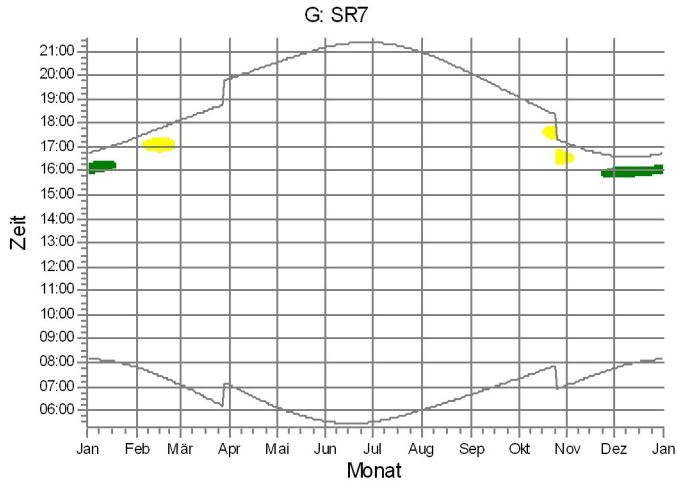


WEA



1: OLDIS II     2: OLDIS I

## SHADOW - Grafischer Kalender

Berechnung: Astr. max. möglicher Schattenwurf



WEA

 1: OLDIS II     2: OLDIS I

## **Anhang C: Tabellarische Beschattungskalender der beiden WEA**

Anhang C enthält die detaillierten **numerischen Schattenkalender für beide WEA**. Die Kalender enthalten in tabellarischer Form die **astronomisch maximal möglichen Schattenwurfzeiten** einer WEA für jeden **Kalendertag**.



## SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Astr. max. möglicher Schattenwurf WEA: 1 - OLDIS II  
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:

- Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
- Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung
- Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

|                             | Januar                        | Februar                       | März                         | April                         | Mai                           | Juni                          |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1                           | 08:08 15:45-16:14/29<br>16:44 | 07:48 16:21-16:57/36<br>17:24 | 07:04<br>18:07               | 07:04 19:16-19:27/11<br>19:50 | 06:09 19:07-20:00/53<br>20:31 | 05:32 19:06-20:04/58<br>21:08 |
| 2                           | 08:08 15:46-16:15/29<br>16:45 | 07:47 16:22-16:59/37<br>17:26 | 07:02<br>18:08               | 07:02 19:13-19:28/15<br>19:52 | 06:07 19:07-20:01/54<br>20:33 | 05:32 19:06-20:04/58<br>21:09 |
| 3                           | 08:08 15:46-16:16/30<br>16:46 | 07:46 16:23-17:00/37<br>17:27 | 07:00<br>18:10               | 07:00 19:11-19:30/19<br>19:53 | 06:06 19:06-20:01/55<br>20:34 | 05:31 19:07-20:04/57<br>21:10 |
| 4                           | 08:08 15:47-16:17/30<br>16:47 | 07:44 16:24-17:02/38<br>17:29 | 06:58<br>18:11               | 06:58 19:09-19:31/22<br>19:54 | 06:04 19:05-20:02/57<br>20:35 | 05:31 19:07-20:04/57<br>21:11 |
| 5                           | 08:08 15:47-16:17/30<br>16:48 | 07:43 16:26-17:05/39<br>17:30 | 06:57<br>18:12               | 06:56 19:08-19:32/24<br>19:56 | 06:02 19:04-20:02/58<br>20:37 | 05:30 19:07-20:04/57<br>21:12 |
| 6                           | 08:08 15:47-16:19/32<br>16:49 | 07:42 16:27-17:04/37<br>17:32 | 06:55<br>18:14               | 06:54 19:07-19:33/26<br>19:57 | 06:01 19:04-20:03/59<br>20:38 | 05:30 19:07-20:03/56<br>21:13 |
| 7                           | 08:07 15:48-16:20/32<br>16:50 | 07:40 16:44-17:03/19<br>17:33 | 06:53<br>18:15               | 06:52 19:05-19:35/30<br>19:59 | 05:59 19:04-20:04/60<br>20:39 | 05:29 19:08-20:04/56<br>21:13 |
| 8                           | 08:07 15:49-16:21/32<br>16:51 | 07:39 16:45-17:02/17<br>17:35 | 06:51<br>18:17               | 06:50 19:04-19:36/32<br>20:00 | 05:58 19:03-20:03/60<br>20:41 | 05:29 19:09-20:04/55<br>21:14 |
| 9                           | 08:07 15:49-16:21/32<br>16:52 | 07:38 16:47-17:01/14<br>17:36 | 06:49<br>18:18               | 06:48 19:04-19:37/33<br>20:01 | 05:57 19:03-20:04/61<br>20:42 | 05:28 19:09-20:04/55<br>21:15 |
| 10                          | 08:06 15:50-16:22/32<br>16:53 | 07:36 16:49-16:58/9<br>17:38  | 06:47<br>18:20               | 06:46 19:04-19:39/35<br>20:03 | 05:55 19:03-20:04/61<br>20:43 | 05:28 19:09-20:04/55<br>21:16 |
| 11                          | 08:06 15:50-16:22/32<br>16:54 | 07:35<br>17:40                | 06:45<br>18:21               | 06:44 19:03-19:41/38<br>20:04 | 05:54 19:02-20:04/62<br>20:45 | 05:28 19:10-20:04/54<br>21:16 |
| 12                          | 08:06 15:51-16:22/31<br>16:56 | 16:24-16:27/3<br>17:41        | 06:43<br>18:23               | 06:42 19:03-19:42/39<br>20:05 | 05:52 19:02-20:04/62<br>20:46 | 05:28 19:10-20:04/54<br>21:17 |
| 13                          | 08:05 15:51-16:28/37<br>16:57 | 07:31<br>17:43                | 06:41<br>18:24               | 06:40 19:02-19:43/41<br>20:07 | 05:51 19:02-20:05/63<br>20:47 | 05:27 19:11-20:04/53<br>21:17 |
| 14                          | 08:05 15:51-16:29/38<br>16:58 | 07:30<br>17:44                | 06:39<br>18:25               | 06:39 19:02-19:44/42<br>20:08 | 05:50 19:02-20:05/63<br>20:48 | 05:27 19:11-20:04/53<br>21:18 |
| 15                          | 08:04 15:52-16:31/39<br>17:00 | 07:28<br>17:46                | 06:37<br>18:27               | 06:37 19:02-19:43/41<br>20:10 | 05:49 19:01-20:04/63<br>20:50 | 05:27 19:11-20:04/53<br>21:18 |
| 16                          | 08:03 15:53-16:32/39<br>17:01 | 07:27<br>17:47                | 06:35<br>18:28               | 06:35 19:02-19:42/40<br>20:11 | 05:47 19:01-20:04/63<br>20:51 | 05:27 19:12-20:05/53<br>21:19 |
| 17                          | 08:03 15:53-16:34/41<br>17:02 | 07:25<br>17:49                | 06:33<br>18:30               | 06:33 19:03-19:43/40<br>20:12 | 05:46 19:01-20:05/64<br>20:52 | 05:27 19:12-20:05/53<br>21:19 |
| 18                          | 08:02 15:54-16:18/24<br>17:04 | 16:19-16:35/16<br>17:50       | 06:31<br>18:31               | 06:31 19:03-19:42/39<br>20:14 | 05:45 19:01-20:05/64<br>20:53 | 05:27 19:12-20:05/53<br>21:20 |
| 19                          | 08:01 16:19-16:36/17<br>17:05 | 16:19-16:17/22<br>17:52       | 06:29<br>18:32               | 06:29 19:03-19:41/38<br>20:15 | 05:44 19:02-20:05/63<br>20:54 | 05:27 19:12-20:05/53<br>21:20 |
| 20                          | 08:01 16:19-16:39/20<br>17:06 | 16:19-16:18/21<br>17:53       | 06:27<br>18:34               | 06:27 19:03-19:39/36<br>20:16 | 05:43 19:02-20:05/63<br>20:56 | 05:27 19:12-20:05/53<br>21:20 |
| 21                          | 08:00 16:19-16:40/21<br>17:08 | 16:19-16:17/19<br>17:55       | 06:25<br>18:35               | 06:26 19:05-19:41/36<br>20:18 | 05:42 19:02-20:05/63<br>20:57 | 05:28 19:13-20:05/52<br>21:20 |
| 22                          | 07:59 16:19-16:42/23<br>17:09 | 16:19-16:16/17<br>17:56       | 06:23<br>18:37               | 06:24 19:05-19:46/41<br>20:19 | 05:41 19:02-20:05/63<br>20:58 | 05:28 19:14-20:06/52<br>21:21 |
| 23                          | 07:58 16:19-16:43/24<br>17:11 | 16:01-16:15/14<br>17:58       | 06:21<br>18:38               | 06:22 19:06-19:49/43<br>20:21 | 05:40 19:02-20:04/62<br>20:59 | 05:28 19:13-20:06/53<br>21:21 |
| 24                          | 07:57 16:19-16:45/26<br>17:12 | 16:03-16:13/10<br>17:59       | 06:19<br>18:39               | 06:20 19:07-19:51/44<br>20:22 | 05:39 19:02-20:04/62<br>21:00 | 05:28 19:13-20:06/53<br>21:21 |
| 25                          | 07:56 16:19-16:46/27<br>17:14 | 07:11<br>18:01                | 06:17<br>18:41               | 06:19 19:09-19:53/44<br>20:23 | 05:38 19:03-20:05/62<br>21:01 | 05:29 19:14-20:07/53<br>21:21 |
| 26                          | 07:55 16:18-16:47/29<br>17:15 | 07:09<br>18:02                | 06:15<br>18:42               | 06:17 19:11-19:54/43<br>20:25 | 05:37 19:04-20:05/61<br>21:02 | 05:29 19:14-20:07/53<br>21:21 |
| 27                          | 07:54 16:19-16:49/30<br>17:17 | 07:08<br>18:04                | 06:14<br>18:43               | 06:15 19:13-19:56/43<br>20:26 | 05:36 19:04-20:04/60<br>21:03 | 05:29 19:14-20:06/52<br>21:21 |
| 28                          | 07:53 16:19-16:51/32<br>17:18 | 07:06<br>18:05                | 06:12<br>18:45               | 06:14 19:11-19:57/46<br>20:27 | 05:35 19:04-20:04/60<br>21:04 | 05:30 19:14-20:07/53<br>21:21 |
| 29                          | 07:52 16:20-16:53/33<br>17:20 |                               | 07:10<br>19:46               | 06:12 19:09-19:58/49<br>20:29 | 05:34 19:05-20:05/60<br>21:05 | 05:30 19:14-20:07/53<br>21:21 |
| 30                          | 07:51 16:20-16:54/34<br>17:21 |                               | 07:08<br>19:48               | 06:10 19:09-19:59/50<br>20:30 | 05:34 19:05-20:04/59<br>21:06 | 05:31 19:14-20:08/54<br>21:21 |
| 31                          | 07:50 16:20-16:55/35<br>17:23 |                               | 07:06 19:19-19:26/7<br>19:49 |                               | 05:33 19:05-20:04/59<br>21:07 |                               |
| Sonnenscheinstunden         | 279                           | 288                           | 368                          | 407                           | 466                           | 474                           |
| Anzahl Minuten mit Schatten | 1062                          | 295                           | 7                            | 1080                          | 1879                          | 1624                          |

Tabellen-Layout: Die Daten für jeden Tag sind in folgender Matrix wiedergegeben (Sommerzeit wie Bezugsjahr):

| Tag im Monat | Sonnenaufgang (SS:MM) | Sonnenuntergang (SS:MM) | Zeitpunkt (SS:MM) | Schattenanfang-Zeitpunkt (SS:MM) | Schattenende/Minuten mit Schatten |
|--------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|--------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|

## SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Astr. max. möglicher Schattenwurf WEA: 1 - OLDIS II  
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:  
Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang  
Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinflussrichtung  
Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

|                             | Juli  |                | August |                | September |                | Oktober | November |                | Dezember |                |
|-----------------------------|-------|----------------|--------|----------------|-----------|----------------|---------|----------|----------------|----------|----------------|
| 1                           | 05:31 | 19:14-20:08/54 | 06:01  | 19:12-20:15/63 | 06:41     | 19:02-19:39/37 | 07:20   | 07:03    | 16:18-16:28/10 | 07:46    | 15:32-16:04/32 |
|                             | 21:21 |                | 20:56  |                | 20:04     |                | 19:04   | 17:08    |                | 16:36    |                |
| 2                           | 05:32 | 19:14-20:09/55 | 06:02  | 19:12-20:14/62 | 06:42     | 19:02-19:37/35 | 07:21   | 07:05    | 16:15-16:30/15 | 07:47    | 15:32-16:04/32 |
|                             | 21:20 |                | 20:55  |                | 20:02     |                | 19:02   | 17:06    |                | 16:36    |                |
| 3                           | 05:32 | 19:14-20:08/54 | 06:03  | 19:12-20:14/62 | 06:43     | 19:02-19:35/33 | 07:22   | 07:06    | 16:14-16:32/18 | 07:48    | 15:33-16:05/32 |
|                             | 21:20 |                | 20:53  |                | 20:00     |                | 19:00   | 17:05    | 16:03-16:07/4  | 16:35    |                |
| 4                           | 05:33 | 19:14-20:09/55 | 06:05  | 19:12-20:13/61 | 06:44     | 19:02-19:34/32 | 07:24   | 07:08    | 16:14-16:33/19 | 07:49    | 15:33-16:06/33 |
|                             | 21:20 |                | 20:52  |                | 19:58     |                | 18:58   | 17:03    | 15:59-16:12/13 | 16:35    |                |
| 5                           | 05:34 | 19:14-20:10/56 | 06:06  | 19:13-20:14/61 | 06:46     | 19:02-19:32/30 | 07:25   | 07:09    | 15:57-16:33/36 | 07:51    | 15:33-16:06/33 |
|                             | 21:20 |                | 20:50  |                | 19:56     |                | 18:56   | 17:02    |                | 16:35    |                |
| 6                           | 05:34 | 19:14-20:10/56 | 06:07  | 19:13-20:13/60 | 06:47     | 19:03-19:30/27 | 07:27   | 07:11    | 15:55-16:34/39 | 07:52    | 15:33-16:05/32 |
|                             | 21:19 |                | 20:49  |                | 19:54     |                | 18:54   | 17:01    |                | 16:34    |                |
| 7                           | 05:35 | 19:14-20:10/56 | 06:08  | 19:14-20:12/58 | 06:48     | 19:03-19:27/24 | 07:28   | 07:12    | 15:54-16:32/38 | 07:53    | 15:34-16:05/31 |
|                             | 21:19 |                | 20:47  |                | 19:52     |                | 18:52   | 16:59    |                | 16:34    |                |
| 8                           | 05:36 | 19:14-20:11/57 | 06:10  | 19:14-20:11/57 | 06:50     | 19:04-19:26/22 | 07:29   | 07:14    | 15:53-16:31/38 | 07:54    | 15:34-16:04/30 |
|                             | 21:18 |                | 20:46  |                | 19:50     |                | 18:50   | 16:58    |                | 16:34    |                |
| 9                           | 05:37 | 19:14-20:12/58 | 06:11  | 19:14-20:10/56 | 06:51     | 19:05-19:24/19 | 07:31   | 07:15    | 15:52-16:29/37 | 07:55    | 15:34-16:04/30 |
|                             | 21:18 |                | 20:44  |                | 19:48     |                | 18:48   | 16:57    |                | 16:34    |                |
| 10                          | 05:37 | 19:13-20:11/58 | 06:12  | 19:15-20:10/55 | 06:52     | 19:06-19:22/16 | 07:32   | 07:17    | 15:52-16:28/36 | 07:56    | 15:35-16:04/29 |
|                             | 21:17 |                | 20:43  |                | 19:46     |                | 18:46   | 16:55    |                | 16:34    |                |
| 11                          | 05:38 | 19:13-20:12/59 | 06:13  | 19:16-20:09/53 | 06:54     | 19:07-19:19/12 | 07:33   | 07:18    | 15:52-16:27/35 | 07:57    | 15:36-16:04/28 |
|                             | 21:17 |                | 20:41  |                | 19:44     |                | 18:45   | 16:54    |                | 16:34    |                |
| 12                          | 05:39 | 19:13-20:12/59 | 06:15  | 19:16-20:08/52 | 06:55     | 19:11-19:18/7  | 07:35   | 07:20    | 15:51-16:25/34 | 07:58    | 15:36-16:04/28 |
|                             | 21:16 |                | 20:40  |                | 19:42     |                | 18:43   | 16:53    |                | 16:34    |                |
| 13                          | 05:40 | 19:13-20:13/60 | 06:16  | 19:17-20:07/50 | 06:56     | 19:15-19:16/1  | 07:36   | 07:21    | 15:52-16:24/32 | 07:59    | 15:37-16:04/27 |
|                             | 21:15 |                | 20:38  |                | 19:40     |                | 18:41   | 16:52    |                | 16:34    |                |
| 14                          | 05:41 | 19:13-20:13/60 | 06:17  | 19:18-20:06/48 | 06:57     |                | 07:38   | 07:23    | 15:51-16:23/32 | 07:59    | 15:37-16:04/27 |
|                             | 21:15 |                | 20:36  |                | 19:38     |                | 18:39   | 16:50    |                | 16:34    |                |
| 15                          | 05:42 | 19:13-20:13/60 | 06:19  | 19:19-20:05/46 | 06:59     |                | 07:39   | 07:24    | 15:52-16:22/30 | 08:00    | 15:38-16:05/27 |
|                             | 21:14 |                | 20:35  |                | 19:36     |                | 18:37   | 16:49    |                | 16:34    |                |
| 16                          | 05:43 | 19:13-20:14/61 | 06:20  | 19:20-20:03/43 | 07:00     |                | 07:40   | 07:25    | 15:52-16:21/29 | 08:01    | 15:39-16:05/26 |
|                             | 21:13 |                | 20:33  |                | 19:34     |                | 18:35   | 16:48    |                | 16:34    |                |
| 17                          | 05:44 | 19:13-20:14/61 | 06:21  | 19:17-20:01/44 | 07:01     |                | 07:42   | 07:27    | 15:52-16:19/27 | 08:02    | 15:39-16:04/25 |
|                             | 21:12 |                | 20:31  |                | 19:32     |                | 18:33   | 16:47    |                | 16:34    |                |
| 18                          | 05:45 | 19:13-20:14/61 | 06:22  | 19:14-19:59/45 | 07:03     |                | 07:43   | 07:28    | 15:53-16:19/26 | 08:03    | 15:40-16:05/25 |
|                             | 21:12 |                | 20:29  |                | 19:30     |                | 18:32   | 16:46    | 15:37-15:47/10 | 16:35    |                |
| 19                          | 05:46 | 19:13-20:15/62 | 06:24  | 19:13-19:57/44 | 07:04     |                | 07:45   | 07:30    | 15:53-16:17/24 | 08:03    | 15:40-16:06/26 |
|                             | 21:11 |                | 20:28  |                | 19:28     |                | 18:30   | 16:45    | 15:35-15:49/14 | 16:35    |                |
| 20                          | 05:47 | 19:13-20:15/62 | 06:25  | 19:11-19:54/43 | 07:05     |                | 07:46   | 07:31    | 15:54-16:17/23 | 08:04    | 15:40-16:05/25 |
|                             | 21:10 |                | 20:26  |                | 19:26     |                | 18:28   | 16:44    | 15:34-15:51/17 | 16:35    |                |
| 21                          | 05:48 | 19:13-20:15/62 | 06:26  | 19:10-19:50/40 | 07:07     |                | 07:47   | 07:33    | 15:54-16:15/21 | 08:04    | 15:41-16:06/25 |
|                             | 21:09 |                | 20:24  |                | 19:24     |                | 18:26   | 16:43    | 15:33-15:52/19 | 16:36    |                |
| 22                          | 05:49 | 19:13-20:15/62 | 06:28  | 19:08-19:43/35 | 07:08     |                | 07:49   | 07:34    | 15:55-16:15/20 | 08:05    | 15:41-16:06/25 |
|                             | 21:08 |                | 20:22  |                | 19:22     |                | 18:24   | 16:42    | 15:33-15:54/21 | 16:36    |                |
| 23                          | 05:50 | 19:12-20:15/63 | 06:29  | 19:08-19:44/36 | 07:09     |                | 07:50   | 07:35    | 15:56-16:13/17 | 08:05    | 15:42-16:07/25 |
|                             | 21:07 |                | 20:21  |                | 19:20     |                | 18:23   | 16:41    | 15:32-15:54/22 | 16:37    |                |
| 24                          | 05:51 | 19:12-20:15/63 | 06:30  | 19:07-19:44/37 | 07:10     |                | 07:52   | 07:37    | 15:32-15:56/24 | 08:06    | 15:42-16:08/26 |
|                             | 21:06 |                | 20:19  |                | 19:18     |                | 18:21   | 16:41    | 15:57-16:13/16 | 16:37    |                |
| 25                          | 05:53 | 19:12-20:15/63 | 06:31  | 19:05-19:45/40 | 07:12     |                | 06:53   | 07:38    | 15:31-16:12/41 | 08:06    | 15:43-16:08/25 |
|                             | 21:04 |                | 20:17  |                | 19:16     |                | 17:19   | 16:40    |                | 16:38    |                |
| 26                          | 05:54 | 19:12-20:15/63 | 06:33  | 19:04-19:44/40 | 07:13     |                | 06:55   | 07:39    | 15:31-16:10/39 | 08:07    | 15:43-16:08/25 |
|                             | 21:03 |                | 20:15  |                | 19:14     |                | 17:18   | 16:39    |                | 16:39    |                |
| 27                          | 05:55 | 19:12-20:15/63 | 06:34  | 19:04-19:45/41 | 07:14     |                | 06:56   | 07:41    | 15:31-16:10/39 | 08:07    | 15:44-16:10/26 |
|                             | 21:02 |                | 20:13  |                | 19:12     |                | 17:16   | 16:38    |                | 16:39    |                |
| 28                          | 05:56 | 19:12-20:15/63 | 06:35  | 19:04-19:45/41 | 07:16     |                | 06:58   | 07:42    | 15:31-16:09/38 | 08:07    | 15:44-16:10/26 |
|                             | 21:01 |                | 20:11  |                | 19:10     |                | 17:14   | 16:38    |                | 16:40    |                |
| 29                          | 05:57 | 19:12-20:15/63 | 06:37  | 19:03-19:45/42 | 07:17     |                | 06:59   | 07:43    | 15:31-16:08/37 | 08:07    | 15:44-16:11/27 |
|                             | 21:00 |                | 20:10  |                | 19:08     |                | 17:13   | 16:37    |                | 16:41    |                |
| 30                          | 05:58 | 19:12-20:15/63 | 06:38  | 19:02-19:43/41 | 07:18     |                | 07:00   | 07:45    | 15:32-16:03/31 | 08:08    | 15:45-16:12/27 |
|                             | 20:58 |                | 20:08  |                | 19:06     |                | 17:11   | 16:37    | 16:05-16:08/3  | 16:42    |                |
| 31                          | 06:00 | 19:12-20:15/63 | 06:39  | 19:03-19:42/39 |           |                | 07:02   |          |                | 08:08    | 15:45-16:13/28 |
|                             | 20:57 |                | 20:06  |                |           |                | 17:10   |          |                | 16:42    |                |
| Sonnenscheinstunden         | 479   |                | 440    |                | 378       |                | 339     | 283      |                | 267      |                |
| Anzahl Minuten mit Schatten | 1855  |                | 1495   |                | 295       |                | 0       | 1024     |                | 863      |                |

Tabellen-Layout: Die Daten für jeden Tag sind in folgender Matrix wiedergegeben (Sommerzeit wie Bezugsjahr):

| Tag im Monat | Sonnenaufgang (SS:MM)   | Zeitpunkt (SS:MM) | Schattenanfang-Zeitpunkt (SS:MM) | Schattenende/Minuten mit Schatten |
|--------------|-------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|              | Sonnenuntergang (SS:MM) | Zeitpunkt (SS:MM) | Schattenanfang-Zeitpunkt (SS:MM) | Schattenende/Minuten mit Schatten |

## SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Astr. max. möglicher Schattenwurf WEA: 2 - OLDIS I  
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:  
Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang  
Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinfallrichtung  
Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

|                             | Januar                        | Februar                                     | März                          | April                         | Mai            | Juni           |
|-----------------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|----------------|----------------|
| 1                           | 08:08<br>16:44                | 07:48 16:33-16:41/8<br>17:24 16:42-16:57/15 | 07:04 17:08-17:32/24<br>18:07 | 07:04 18:42-19:23/41<br>19:50 | 06:09<br>20:31 | 05:32<br>21:08 |
| 2                           | 08:08<br>16:45                | 07:46 16:41-17:00/19<br>17:26               | 07:02 17:06-17:34/28<br>18:08 | 07:02 18:41-19:23/42<br>19:52 | 06:07<br>20:33 | 05:32<br>21:09 |
| 3                           | 08:08<br>16:46                | 07:46 16:41-17:00/19<br>17:27               | 07:00 17:04-17:36/32<br>18:10 | 07:00 18:40-19:23/43<br>19:53 | 06:06<br>20:34 | 05:31<br>21:10 |
| 4                           | 08:08<br>16:47                | 07:44 16:42-17:02/20<br>17:29               | 06:58 17:02-17:37/35<br>18:11 | 06:58 18:39-19:24/45<br>19:54 | 06:04<br>20:35 | 05:30<br>21:11 |
| 5                           | 08:08<br>16:48                | 07:43 16:42-17:04/22<br>17:30               | 06:57 17:00-17:38/38<br>18:12 | 06:56 18:39-19:23/44<br>19:56 | 06:02<br>20:37 | 05:30<br>21:12 |
| 6                           | 08:08<br>16:49                | 07:42 16:41-17:06/25<br>17:32               | 06:55 16:59-17:39/40<br>18:14 | 06:54 18:38-19:23/45<br>19:57 | 06:01<br>20:38 | 05:29<br>21:13 |
| 7                           | 08:07<br>16:50                | 07:40 16:42-17:08/26<br>17:33               | 06:53 16:59-17:40/41<br>18:15 | 06:52 18:38-19:23/45<br>19:59 | 05:59<br>20:39 | 05:29<br>21:13 |
| 8                           | 08:07<br>16:51                | 07:39 16:42-17:09/27<br>17:35               | 06:51 17:52-17:54/2<br>18:17  | 06:50 18:37-19:23/46<br>20:00 | 05:58<br>20:41 | 05:29<br>21:14 |
| 9                           | 08:07<br>16:52                | 07:38 16:43-17:11/28<br>17:36               | 06:49 17:52-17:55/3<br>18:18  | 06:48 18:37-19:22/45<br>20:01 | 05:57<br>20:42 | 05:28<br>21:15 |
| 10                          | 08:06<br>16:53                | 07:36 16:43-17:12/29<br>17:38               | 06:47 17:53-17:57/4<br>18:20  | 06:46 18:38-19:23/45<br>20:03 | 05:55<br>20:43 | 05:28<br>21:16 |
| 11                          | 08:06<br>16:54                | 07:35 16:44-17:14/30<br>17:39               | 06:45 17:54-17:58/4<br>18:21  | 06:44 18:38-19:22/44<br>20:04 | 05:54<br>20:45 | 05:28<br>21:16 |
| 12                          | 08:06<br>16:56                | 07:33 16:46-17:16/30<br>17:41               | 06:43 17:55-18:00/5<br>18:23  | 06:42 18:38-19:21/43<br>20:05 | 05:52<br>20:46 | 05:28<br>21:17 |
| 13                          | 08:05<br>16:57                | 07:31 16:48-17:17/29<br>17:43               | 06:41 16:55-17:41/46<br>18:24 | 06:40 18:38-19:20/42<br>20:07 | 05:51<br>20:47 | 05:27<br>21:17 |
| 14                          | 08:05 16:27-16:29/2<br>16:58  | 07:30 16:52-17:18/26<br>17:44               | 06:39 16:55-17:41/46<br>18:25 | 06:39 18:38-19:19/41<br>20:08 | 05:50<br>20:48 | 05:27<br>21:18 |
| 15                          | 08:04 16:27-16:31/4<br>17:00  | 07:28 16:52-17:18/26<br>17:46               | 06:37 16:54-17:40/46<br>18:27 | 06:37 18:39-19:18/39<br>20:10 | 05:49<br>20:50 | 05:27<br>21:18 |
| 16                          | 08:03 16:26-16:32/6<br>17:01  | 07:27 16:51-17:18/27<br>17:47               | 06:35 18:01-18:05/4<br>18:28  | 06:35 18:39-19:17/38<br>20:11 | 05:47<br>20:51 | 05:27<br>21:19 |
| 17                          | 08:03 16:25-16:33/8<br>17:02  | 07:25 16:52-17:18/26<br>17:49               | 06:33 17:58-18:07/9<br>18:30  | 06:33 18:41-19:17/36<br>20:12 | 05:46<br>20:52 | 05:27<br>21:19 |
| 18                          | 08:02 16:25-16:35/10<br>17:04 | 07:23 16:52-17:18/26<br>17:50               | 06:31 17:55-18:08/13<br>18:31 | 06:31 18:41-19:15/34<br>20:14 | 05:45<br>20:53 | 05:27<br>21:20 |
| 19                          | 08:01 16:25-16:36/11<br>17:05 | 07:22 16:52-17:17/25<br>17:52               | 06:29 17:54-18:09/15<br>18:32 | 06:29 18:42-19:13/31<br>20:15 | 05:44<br>20:54 | 05:27<br>21:20 |
| 20                          | 08:01 16:25-16:39/14<br>17:06 | 07:20 16:53-17:16/23<br>17:53               | 06:27 17:52-18:11/19<br>18:34 | 06:27 18:44-19:11/27<br>20:16 | 05:43<br>20:56 | 05:27<br>21:20 |
| 21                          | 08:00 16:25-16:40/15<br>17:08 | 07:18 16:54-17:16/22<br>17:55               | 06:25 17:51-18:12/21<br>18:35 | 06:26 18:46-19:10/24<br>20:18 | 05:42<br>20:57 | 05:27<br>21:20 |
| 22                          | 07:59 16:25-16:42/17<br>17:09 | 07:17 16:55-17:14/19<br>17:56               | 06:23 17:50-18:14/24<br>18:37 | 06:24 18:48-19:07/19<br>20:19 | 05:41<br>20:58 | 05:28<br>21:21 |
| 23                          | 07:58 16:26-16:43/17<br>17:11 | 07:15 16:57-17:12/15<br>17:58               | 06:21 17:49-18:15/26<br>18:38 | 06:22 18:52-19:02/10<br>20:20 | 05:40<br>20:59 | 05:28<br>21:21 |
| 24                          | 07:57 16:26-16:45/19<br>17:12 | 07:13 16:59-17:09/10<br>17:59               | 06:19 17:49-18:16/27<br>18:39 | 06:20 18:47-19:16/27<br>20:22 | 05:39<br>21:00 | 05:28<br>21:21 |
| 25                          | 07:56 16:26-16:46/20<br>17:14 | 07:11<br>18:01                              | 06:17 17:48-18:18/30<br>18:41 | 06:19 17:48-18:18/30<br>20:23 | 05:38<br>21:01 | 05:28<br>21:21 |
| 26                          | 07:55 16:26-16:45/19<br>17:15 | 07:09<br>18:02                              | 06:15 17:48-18:19/31<br>18:42 | 06:17 17:48-18:19/31<br>20:25 | 05:37<br>21:02 | 05:29<br>21:21 |
| 27                          | 07:54 16:27-16:45/18<br>17:17 | 07:08 17:18-17:23/5<br>18:04                | 06:13 17:48-18:19/31<br>18:43 | 06:15 17:48-18:19/31<br>20:26 | 05:36<br>21:03 | 05:29<br>21:21 |
| 28                          | 07:53 16:27-16:45/18<br>17:18 | 07:06 17:12-17:29/17<br>18:05               | 06:11 17:48-18:20/32<br>18:45 | 06:14 17:48-18:20/32<br>20:27 | 05:35<br>21:04 | 05:30<br>21:21 |
| 29                          | 07:52 16:29-16:53/24<br>17:20 |   | 07:10 18:46-19:21/35<br>19:46 | 06:12 18:46-19:21/35<br>20:29 | 05:34<br>21:06 | 05:30<br>21:21 |
| 30                          | 07:51 16:30-16:54/24<br>17:21 |   | 07:08 18:45-19:22/37<br>19:48 | 06:10 18:45-19:22/37<br>20:30 | 05:34<br>21:06 | 05:31<br>21:21 |
| 31                          | 07:50 16:31-16:55/24<br>17:23 |   | 07:06 18:43-19:22/39<br>19:49 |                               | 05:33<br>21:07 |                |
| Sonnenscheinstunden         | 279                           | 288   | 368                           | 407                           | 466            | 474            |
| Anzahl Minuten mit Schatten | 274                           | 592   | 1458                          | 869                           | 0              | 0              |

Tabellen-Layout: Die Daten für jeden Tag sind in folgender Matrix wiedergegeben (Sommerzeit wie Bezugsjahr):

| Tag im Monat | Sonnenaufgang (SS:MM) | Sonnenuntergang (SS:MM) | Zeitpunkt (SS:MM) | Schattenanfang-Zeitpunkt (SS:MM) | Schattenende/Minuten mit Schatten |
|--------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|--------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|

## SHADOW - Kalender pro WEA

Berechnung: Astr. max. möglicher Schattenwurf WEA: 2 - OLDIS I  
Voraussetzungen für Berechnung des Schattenwurfs

- Die dargestellten Zeiten sind die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer, berechnet unter folgenden Annahmen:
- Die Sonne scheint täglich von Sonnenauf- bis -untergang
- Die Rotorfläche steht immer senkrecht zur Sonneneinstrahlung
- Die Windenergieanlage/n ist/sind immer in Betrieb

|                             | July           | August                        | September                     | Oktober                                     | November                      | Dezember       |
|-----------------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|----------------|
| 1                           | 05:31<br>21:21 | 06:01<br>20:56                | 06:41 18:37-19:21/44<br>20:04 | 07:20 18:35-18:39/4<br>19:04 17:34-18:20/46 | 07:03 16:13-16:42/29<br>17:08 | 07:46<br>16:36 |
| 2                           | 05:32<br>21:20 | 06:02<br>20:55                | 06:42 18:36-19:21/45<br>20:02 | 07:21 18:32-18:37/5<br>19:02 17:34-18:20/46 | 07:05 16:12-16:40/28<br>17:06 | 07:47<br>16:36 |
| 3                           | 05:32<br>21:20 | 06:03<br>20:53                | 06:43 18:35-19:20/45<br>20:00 | 07:22 18:31-18:35/4<br>19:00 17:34-18:19/45 | 07:06 16:12-16:38/26<br>17:05 | 07:48<br>16:35 |
| 4                           | 05:33<br>21:20 | 06:04<br>20:52                | 06:44 18:35-19:21/46<br>19:58 | 07:24 18:29-18:33/4<br>18:58 17:34-18:18/44 | 07:08 16:12-16:37/25<br>17:03 | 07:49<br>16:35 |
| 5                           | 05:34<br>21:20 | 06:06<br>20:50                | 06:46 18:35-19:20/45<br>19:56 | 07:25 18:29-18:32/3<br>18:56 17:34-18:18/44 | 07:09 16:11-16:34/23<br>17:02 | 07:51<br>16:35 |
| 6                           | 05:34<br>21:19 | 06:07<br>20:49                | 06:47 18:34-19:19/45<br>19:54 | 07:27 18:28-18:29/1<br>18:54 17:34-18:16/42 | 07:11 16:12-16:34/22<br>17:01 | 07:52<br>16:34 |
| 7                           | 05:35<br>21:19 | 06:08<br>20:47                | 06:48 18:34-19:19/45<br>19:52 | 07:28 17:34-18:15/41<br>18:52               | 07:12 16:11-16:32/21<br>16:59 | 07:53<br>16:34 |
| 8                           | 05:36<br>21:18 | 06:10<br>20:46                | 06:50 18:33-19:18/45<br>19:50 | 07:29 17:36-18:14/38<br>18:50               | 07:14 16:12-16:31/19<br>16:58 | 07:54<br>16:34 |
| 9                           | 05:37<br>21:18 | 06:11<br>20:44                | 06:51 18:34-19:18/44<br>19:48 | 07:31 17:36-18:12/36<br>18:48               | 07:15 16:12-16:29/17<br>16:57 | 07:55<br>16:34 |
| 10                          | 05:37<br>21:17 | 06:12<br>20:43                | 06:52 18:34-19:16/42<br>19:46 | 07:32 17:38-18:11/33<br>18:46               | 07:17 16:04-16:12/8<br>16:55  | 07:56<br>16:34 |
| 11                          | 05:38<br>21:17 | 06:13<br>20:41                | 06:54 18:34-19:15/41<br>19:44 | 07:33 17:39-18:09/30<br>18:45               | 07:18 16:03-16:27/24<br>16:54 | 07:57<br>16:34 |
| 12                          | 05:39<br>21:16 | 06:15<br>20:40                | 06:55 18:35-19:15/40<br>19:42 | 07:35 17:40-18:06/26<br>18:43               | 07:20 16:01-16:25/24<br>16:53 | 07:58<br>16:34 |
| 13                          | 05:40<br>21:15 | 06:16<br>20:38                | 06:56 18:36-19:13/37<br>19:40 | 07:36 17:43-18:04/21<br>18:41               | 07:21 16:00-16:24/24<br>16:51 | 07:59<br>16:34 |
| 14                          | 05:41<br>21:15 | 06:17<br>20:36                | 06:57 18:36-19:11/35<br>19:38 | 07:38 17:46-18:00/14<br>18:39               | 07:23 15:59-16:17/18<br>16:50 | 07:59<br>16:34 |
| 15                          | 05:42<br>21:14 | 06:18<br>20:35                | 06:59 18:37-19:09/32<br>19:36 | 07:39 18:00-18:07/7<br>18:37                | 07:24 16:00-16:18/18<br>16:49 | 08:00<br>16:34 |
| 16                          | 05:43<br>21:13 | 06:20<br>20:33                | 07:00 18:37-19:08/31<br>19:34 | 07:40 17:55-18:13/18<br>18:35               | 07:25 15:59-16:18/19<br>16:48 | 08:01<br>16:34 |
| 17                          | 05:44<br>21:12 | 06:21<br>20:31                | 07:01 18:36-19:07/31<br>19:32 | 07:42 17:35-17:37/2<br>18:33                | 07:27 15:59-16:19/20<br>16:47 | 08:02<br>16:34 |
| 18                          | 05:45<br>21:12 | 06:22<br>20:29                | 07:03 18:36-19:06/30<br>19:30 | 07:43 17:30-17:42/12<br>18:32               | 07:28 16:00-16:19/19<br>16:46 | 08:03<br>16:35 |
| 19                          | 05:46<br>21:11 | 06:24<br>20:28                | 07:04 18:35-19:03/28<br>19:28 | 07:45 17:28-17:44/16<br>18:30               | 07:30 16:00-16:17/17<br>16:45 | 08:03<br>16:35 |
| 20                          | 05:47<br>21:10 | 06:25 18:57-19:09/12<br>20:26 | 07:05 18:36-19:02/26<br>19:26 | 07:46 17:25-17:45/20<br>18:28               | 07:31 16:00-16:17/17<br>16:44 | 08:04<br>16:35 |
| 21                          | 05:48<br>21:09 | 06:26 18:53-19:12/19<br>20:24 | 07:07 18:35-19:00/25<br>19:24 | 07:47 17:25-17:47/22<br>18:26               | 07:33 16:00-16:15/15<br>16:43 | 08:04<br>16:36 |
| 22                          | 05:49<br>21:08 | 06:28 18:50-19:14/24<br>20:22 | 07:08 18:35-18:57/22<br>19:22 | 07:49 17:23-17:47/24<br>18:24               | 07:34 16:01-16:15/14<br>16:42 | 08:05<br>16:36 |
| 23                          | 05:50<br>21:07 | 06:29 18:48-19:16/28<br>20:21 | 07:09 18:36-18:56/20<br>19:20 | 07:50 17:23-17:48/25<br>18:23               | 07:35 16:02-16:13/11<br>16:41 | 08:05<br>16:37 |
| 24                          | 05:51<br>21:06 | 06:30 18:46-19:17/31<br>20:19 | 07:10 18:37-18:54/17<br>19:18 | 07:52 17:22-17:47/25<br>18:21               | 07:37 16:03-16:13/10<br>16:41 | 08:06<br>16:37 |
| 25                          | 05:52<br>21:05 | 06:31 18:44-19:18/34<br>20:17 | 07:12 18:37-18:51/14<br>19:16 | 06:53 16:22-16:48/26<br>17:19               | 07:38 16:03-16:12/9<br>16:40  | 08:06<br>16:38 |
| 26                          | 05:54<br>21:03 | 06:33 18:42-19:19/37<br>20:15 | 07:13 18:38-18:49/11<br>19:14 | 06:55 16:21-16:47/26<br>17:18               | 07:39 16:04-16:10/6<br>16:39  | 08:07<br>16:39 |
| 27                          | 05:55<br>21:02 | 06:34 18:42-19:20/38<br>20:13 | 07:14 18:41-18:47/6<br>19:12  | 06:56 16:21-16:48/27<br>17:16               | 07:41 16:06-16:10/4<br>16:38  | 08:07<br>16:39 |
| 28                          | 05:56<br>21:01 | 06:35 18:40-19:20/40<br>20:11 | 07:16 17:35-18:21/46<br>19:10 | 06:58 16:20-16:47/27<br>17:14               | 07:42 16:07-16:09/2<br>16:38  | 08:07<br>16:40 |
| 29                          | 05:57<br>21:00 | 06:37 18:39-19:20/41<br>20:09 | 07:17 17:34-18:20/46<br>19:08 | 06:59 16:17-16:46/29<br>17:13               | 07:43 16:07-16:11/1<br>16:37  | 08:07<br>16:41 |
| 30                          | 05:58<br>20:58 | 06:38 18:38-19:20/42<br>20:08 | 07:18 17:34-18:21/47<br>19:06 | 07:00 16:15-16:45/30<br>17:11               | 07:45 16:07-16:11/1<br>16:37  | 08:08<br>16:42 |
| 31                          | 06:00<br>20:57 | 06:39 18:38-19:21/43<br>20:06 |                               | 07:02 16:14-16:43/29<br>17:10               |                               | 08:08<br>16:42 |
| Sonnenscheinstunden         | 479            | 440                           | 378                           | 339   | 283                           | 267            |
| Anzahl Minuten mit Schatten | 0              | 389                           | 1467                          | 867   | 508                           | 0              |

Tabellen-Layout: Die Daten für jeden Tag sind in folgender Matrix wiedergegeben (Sommerzeit wie Bezugsjahr):

| Tag im Monat | Sonnenaufgang (SS:MM) | Sonnenuntergang (SS:MM) | Zeitpunkt (SS:MM) | Schattenanfang-Zeitpunkt (SS:MM) | Schattenende/Minuten mit Schatten |
|--------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|--------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------------|