



Windenergieprojekt Muttenz

Schattenwurfgutachten für den astronomisch maximal
möglichen Schattenwurf

Impressum

Auftraggeber Kontaktperson Adresse	Vogt Planer Markus Vogt Hauptstrasse 6 4497 Rünenberg
Datum Aktuelle Version Ältere Versionen Projektnummer Datei	23.09.2022 Schlussbericht - ka_wen schattenwurfgutachten.docx
Erstellt durch Kontrolliert durch Genehmigt durch	Dominik Eggli 27.09.2022 Paul Froidevaux 28.09.2022 Sara Koller
Gewährleistung	Meteotest gewährleistet ihren Kunden eine sorgfältige und fachgerechte Auftragsbearbeitung. Jegliche Haftung, insbesondere auch für Folgeschäden, wird im Rahmen des gesetzlich Zulässigen wegbedungen.

Inhalt

1	Einleitung	4
2	Anlagestandort	5
3	Leitlinien	6
3.1	Quellen	6
3.2	Immissionsrichtwerte	6
3.3	Immissionsorte.....	7
3.4	Berücksichtigung benachbarter WEA.....	7
3.5	Massnahmen	7
4	Methodik zur Schattenwurfberechnung	9
4.1	Grundlagen	9
4.2	Schattenwurfdauer (SWD)	9
4.3	Beschattungsbereich	10
5	Immissionsorte	11
6	Ergebnisse	12
6.1	Flächenhafte Verteilung des periodischen Schattenwurfs	12
6.2	Schattenwurfdauer pro Immissionsort.....	13
7	Schlussfolgerungen	14

1 Einleitung

In der Gemeinde MuttENZ ist geplant eine Windenergieanlage zu bauen. Meteotest wurde beauftragt in einem Gutachten den astronomisch maximal möglichen Schattenwurf darzustellen.

Das Gutachten beinhaltet die Berechnung des periodischen Schattenwurfs punktuell für einige ausgewählten Immissionspunkt und flächenhaft für die Umgebung der geplanten Windenergieanlage (WEA).

2 Anlagestandort

In Tabelle 1 sind die Koordinaten des Standorts der WEA angegeben. In Abbildung 1 ist der Standort ebenfalls dargestellt.

Tabelle 1: Standortkoordinaten und Höhe der geplanten WEA bei Muttenz (Landeskoordinaten CH1903+ LV95).

WEA	X [m]	Y [m]	Höhe über Meer [m]
WEA	2'615'375	1'265'335	274

3 Leitlinien

In der Schweiz existieren keine Richtlinien oder Gesetze bezüglich Schattenwurfimmissionen von Windenergieanlagen. Im Bericht des Bundesamtes für Energie "Windkraftanlagen in der Schweiz" (2008)¹ wird auf die deutschen Leitlinien hingewiesen.

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

3.1 Quellen

Folgende Leitlinien und Quellen wurden berücksichtigt:

- Themenportal Windenergie der Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg²
- 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 2020³
- 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** oder **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.

¹ Bundesamt für Energie (BFE): Windkraftanlagen in der Schweiz – Raumplanerische Grundlagen und Auswirkungen. Juni 2008.

² Themenportal Windenergie Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg. <http://gewerbeaufsicht.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/37557/>

³ Monika Agatz - Windenergie-Handbuch, 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 Ausweich- und Anpassungsmassnahmen des Betroffenen anhand einer Einzelfallentscheidung 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 Windparks, müssen diese auch berücksichtigt werden. Gemäss den Schattenwurf-Hinweisen sind alle WEA im Umkreis einzubeziehen, die auf den jeweiligen Immissionspunkt einwirken.

Für das vorliegende Gutachten mussten keine benachbarten WEA berücksichtigt werden.

3.5 Massnahmen

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

Durch eine Abschaltautomatik kann der Schattenwurf auf die zulässige Beschattungsdauer begrenzt werden. Damit kann der Schattenwurf immer soweit reduziert werden, dass eine Einhaltung der Richtwerte sichergestellt wird (Windenergie-Handbuch).

Die Möglichkeiten für eine Abschaltautomatik werden in einer Publikation des Umweltbundesamtes Deutschland⁴ beschrieben:

Die Einhaltung dieser Richtwerte kann über die Integrierung einer Abschaltautomatik in der Windenergieanlage gewährleistet werden. In der Abschaltautomatik werden alle Immissionsorte, an denen eine Überschreitung der Richtwerte astronomisch möglich ist, hinterlegt. Sofern die tatsächlichen meteorologischen Verhältnisse nicht erfasst werden, erfolgt die Abschaltung sobald die Kontingente für die astronomisch maximal mögliche Beschattungsdauer für den jeweiligen Immissionsort aufgebraucht sind und Schattenwurf theoretisch möglich ist. Da das Auftreten periodischen Schattenwurfes in der Realität jedoch von meteorologischen Faktoren (Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit der Bewölkung) abhängt, empfiehlt es sich, die Abschaltung entsprechend des tatsächlich auftretenden Schattenwurfes zu regeln. Die WEA kann dazu mit Sensoren ausgestattet werden, welche die meteorologischen Verhältnisse erfassen. Eine Abschaltung erfolgt somit nur dann, wenn tatsächlich Schattenwurf auftritt und die Kontingente (30 Minuten/Tag, 8 Stunden/Jahr) für den jeweiligen Immissionsort aufgebraucht sind.

⁴ UBA, 2019: [Technische Maßnahmen zur Minderung akzeptanzhemmender Faktoren der Windenergienutzung an Land](#).

4 Methodik zur Schattenwurfberechnung

4.1 Grundlagen

Die Schattenwurfberechnungen wurden mit dem Modul SHADOW der Windenergie-Software WindPRO (Version 3.5)⁵ 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) sowie die Topographie im Untersuchungsgebiet. 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 sicher nicht während eines ganzen Jahres 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.

Im vorliegenden Gutachten wurde nur der astronomisch maximal mögliche Schattenwurf betrachtet.

⁵ www.emd.dk

4.3 Beschattungsbereich

Das Gebiet um eine WEA, in welchem 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 Nabhöhe 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 innerhalb der Schweiz das digitale Höhenmodell swissAlti3D mit einer horizontalen Auflösung von 2 m verwendet (Bundesamt für Landestopografie). Ausserhalb der Schweiz wurde das digitale Höhenmodell DHM10 (Bundesamt für Landestopografie), mit einer horizontalen Auflösung von 10 m verwendet.

Tabelle 2 enthält die für die Berechnung relevanten Grössen des berücksichtigten Windturbinentyps. Diese Grössen entsprechen den Dimensionen der geplanten WEA.

Tabelle 2: Für die Schattenwurfanalyse relevante Grössen der WEA.

WEA	Nabhöhe [m]	Rotordurchmesser [m]	Rotorblatttiefe [m]		Radius max. Beschattungsbereich [m]
			Max	Bei 90% Radius	
WEA	135.4	115.7	4.53	1.55	2'067

5 Immissionsorte

In Abbildung 1 zeigt sind die berücksichtigten Immissionsorte dargestellt und in Tabelle 3 werden die Koordinaten der Immissionsorte aufgelistet.

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.

Da in unmittelbarer Nähe der WEA die Autobahn verläuft, wurden drei zusätzliche Immissionspunkte entlang der Autobahn definiert um den Einfluss des Schattenwurfs auf die Autobahnstrecke abschätzen zu können. Diese drei Immissionspunkte gelten nicht als massgebliche Immissionsorte gemäss den LAI-Schattenwurf-Hinweisen.

Tabelle 3: Standortkoordinaten der ausgewählten Immissionsorte bei Muttenz (Landeskoordinaten CH1903+ LV95).

Nr.	Bezeichnung	X [m]	Y [m]
A	A1	2'614'677	1'265'579
B	A2	2'615'394	1'265'413
C	A3	2'616'106	1'265'147
D	SR1	2'614'946	1'265'176
E	SR2	2'614'638	1'265'046
F	SR3	2'614'446	1'265'986

6 Ergebnisse

6.1 Flächenhafte Verteilung des periodischen Schattenwurfs

Die Schattenwurfkarte des **astronomisch maximal mögliche SWD** in Stunden pro Jahr ist in Abbildung 1 dargestellt.

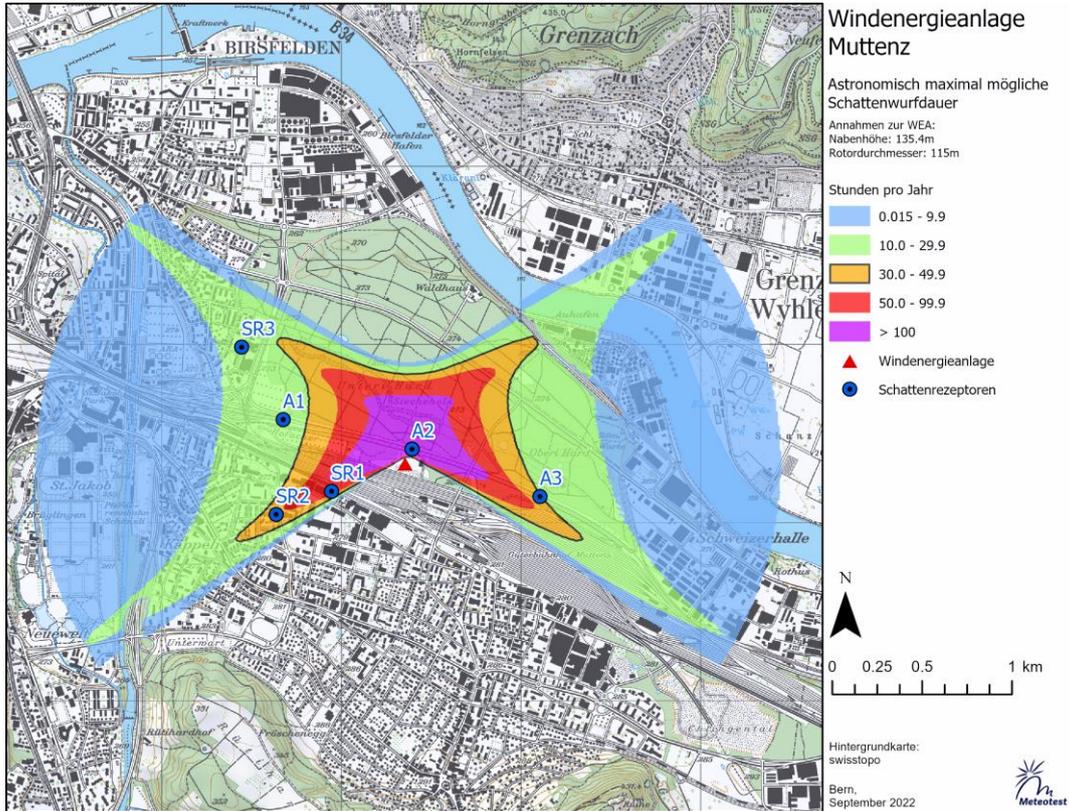


Abbildung 1: Astronomisch maximal mögliche SWD in Stunden pro Jahr.

6.2 Schattenwurfdauer pro Immissionsort

Die berechnete astronomisch maximal mögliche SWD an den Immissionsorten wird in Tabelle 4 aufgezeigt.

Tabelle 4: **Astronomisch maximal mögliche SWD** in Stunden pro Jahr (Gesamtdauer) sowie in Minuten pro Tag (Maximaldauer) an den Immissionspunkten. Grenzwertüberschreitungen an den drei massgeblichen Immissionsorten gemäss den LAI-Schattenwurf-Hinweisen (SR1, SR2 und SR3) sind **rot** hervorgehoben.

Nr.	Bezeichnung	Astronomisch maximal mögliche SWD	
		Gesamtdauer [Std:Min / Jahr]	Maximalwert [Std:Min / Tag]
A	A1	410:59	2:44
B	A2	20:58	00:35
C	A3	31:29	00:36
D	SR1	64:13	00:59
E	SR2	45:34	00:36
F	SR3	13:41	00:24

7 Schlussfolgerungen

Mit der Software WindPRO wurden die von der WEA verursachten Schattenimmissionen flächenhaft sowie detailliert für 6 ausgewählte Immissionspunkte berechnet.

An den gemäss den LAI-Schattenwurf-Hinweisen massgeblichen Immissionsorten, wird der Grenzwert von **30 Stunden pro Jahr** astronomisch maximal mögliche Schattenwurfdauer an **2 Immissionspunkten überschritten**. Die grösste Grenzwertüberschreitung erfährt der Immissionsort SR1 mit insgesamt 64:13 Stunden pro Jahr. Die zulässige tägliche maximale Beschattungsdauer von **30 Minuten pro Tag** wird an denselben **zwei Immissionsorten überschritten**. Die grösste Grenzwertüberschreitung erfährt der Immissionsort SR1 mit insgesamt 0:59 Stunden.

Die beiden Immissionspunkte SR2 und SR3 zeigen, dass ein Teil des Industriegebiets aber auch einige Wohnhäuser südwestlich der WEA Grenzwertüberschreitungen erfahren (siehe Abbildung 1).

Entlang der Autobahn, vor allem in unmittelbarer Nähe zur WEA, treten teilweise hohe Schattenwurfdauern auf. Dies zeigt vor allem der Immissionspunkt A1 mit insgesamt 410:59 Stunden pro Jahr. Anhand der beiden Immissionspunkte A2 und A3 ist jedoch zu erkennen, dass nur ein relativ kleiner Abschnitt der Autobahn von etwa 1.3 Kilometer von starkem Schattenwurf betroffen ist. Die drei Immissionspunkte entlang der Autobahn dienen lediglich zur Abschätzung der Auswirkungen der WEA, gelten aber nicht als massgebliche Immissionsorte gemäss den LAI-Schattenwurf-Hinweisen.

Bei der vorliegenden Auswertung wurden keine Hindernisse, welche den Schattenwurf reduzieren könnten, wie beispielsweise Wald und Gebäude, berücksichtigt.

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