

# Gute fachliche Praxis

FÜR DIE VISUALISIERUNG  
VON WINDENERGIEANLAGEN

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird hier in den meisten Fällen das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten sind ausdrücklich mitgemeint.

# INHALT

	<b>Vorwort</b> .....	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>8</b>
	3.1 Menschliches Gesichtsfeld und Raumwahrnehmung.....	8
	3.2 Bedeutung der menschlichen Wahrnehmung für Brennweite und Format.....	9
	3.3 Technische Grundlagen.....	12
	3.4 Einfluss von Wetterbedingungen und Lichtverhältnissen.....	14
<b>4</b>	<b>Methodik</b> .....	<b>18</b>
	4.1 Projekteinrichtung.....	18
	4.2 Festlegung der Betrachtungspunkte.....	18
	4.3 Aufnahme der Bilder.....	21
	4.4 Anfertigung der Visualisierungen.....	23
	4.5 Unsicherheiten und Auswirkungen.....	25
<b>5</b>	<b>Darstellung der Visualisierungen</b> .....	<b>27</b>
	5.1 Betrachtungsabstand, Auflösung und Darstellungsformat.....	27
	5.2 Hinweise zur Betrachtung und Verwendung von Panoramabildern.....	28
	5.3 Angaben zur Nachvollziehbarkeit.....	29
<b>6</b>	<b>Visualisierung ohne konkrete Planung</b> .....	<b>30</b>
	<b>Checklisten</b> .....	<b>32</b>
	Checkliste 1 – Erstellung von Visualisierungen.....	32
	Checkliste 2 – Kriterien zur Bewertung der Fotoeignung.....	33
	Checkliste 3 – Prüfung von Visualisierungen.....	34
	<b>Glossar</b> .....	<b>35</b>
	<b>Bildbeispiele Wetterbedingungen</b> .....	<b>40</b>
	Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse I.....	41
	Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse II.....	44
	(Negativ-)Beispiele Wetterbedingungen.....	48
	<b>Bildbeispiele Visualisierungen</b> .....	<b>50</b>
	Eignung Visualisierung I.....	51
	Eignung Visualisierung II.....	52
	Eignung Visualisierung III.....	53
	Darstellung einer Visualisierung: Normalbrennweite I.....	54
	Darstellung einer Visualisierung: Normalbrennweite II.....	56
	Darstellung einer Visualisierung: Panoramadarstellung.....	59
	<b>Literatur</b> .....	<b>60</b>
	<b>Impressum</b> .....	<b>62</b>

# VORWORT

**Der Ausbau der Windenergie ist ein wichtiger Bestandteil der deutschen Energiewende und der Klimaschutzbemühungen. Bei der Planung von Windenergieanlagen fehlte es bislang jedoch an einer guten fachlichen Praxis (gfP) zur Visualisierung.**

Der Bedarf an dieser guten fachlichen Praxis war groß. Das Kompetenzzentrum für Naturschutz und Energiewende (KNE) hatte in den Jahren 2017 und 2018 einen Fachdialog zur Energiewende in der Nähe von UNESCO-Welterbestätten durchgeführt, an dessen Ende unter anderem der Wunsch nach einer gfP-Ausarbeitung stand. Auch die Fachagentur Windenergie an Land (FA Wind) hatte in den Jahren 2018 und 2019 bei ihren Veranstaltungen zu Windenergie und Landschaftsbild mit den Teilnehmenden den Wunsch nach einer Fachpublikation herausgearbeitet. In Mecklenburg-Vorpommern, wo der Bau von Neuanlagen und das Repowering von Bestandsanlagen in Planung sind, werden mögliche Beeinträchtigungen des wertvollen Landschaftsbilds intensiv auf allen Ebenen diskutiert. Auch der Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern (LEKA MV) fehlte für diesen fachlichen Diskurs eine einheitliche Grundlage.

Anstatt das Thema parallel anzugehen, haben wir uns entschieden zusammenzuarbeiten. Gemeinsam mit Fachexperten machten wir uns auf die Suche nach Antworten auf die drängendsten Fragen zur Visualisierung von Windenergieanlagen. Es stellte sich heraus, dass die Qualität solcher Visualisierungen für viele Akteure der naturverträglichen Energiewende ein drängendes Problem darstellt. Es mangelt an Maßstäben, wie Visualisierungen fachgerecht zu beauftragen und zu prüfen sind. Und ohne Maßstab lässt sich keine fundierte Diskussion über die Qualität von Visualisierungen führen.

In mehreren Workshops und Kommentierungszeiträumen prägten Expertinnen und Experten die Entwicklung des Papiers, präzisierten Passagen, formulierten Kürzungs- und Ergänzungsbedarfe und äußerten sich zu Spezialfällen wie Panoramaansichten und dem Einsatz von Visualisierungen in der Raumplanung. Dabei herrschte Konsens, dass Aspekte der Bewertung der visualisierten Sachverhalte in dieser guten fachlichen Praxis ausgespart bleiben sollten und die Hinweise möglichst technikoffen zu formulieren seien.

Wir sind dankbar, nach diesem Prozess eine gute fachliche Praxis der Visualisierung von Windenergieanlagen vorlegen zu können, die durch die Ramboll Deutschland GmbH erarbeitet und mit Hilfe von kundigen Expertinnen und Experten aus Fachbehörden des Denkmalschutzes, Fachgutachtern, Visualisierungsexperten und Praktikerinnen und Praktikern der Windenergiebranche überarbeitet und verbessert wurde. Besonders bedanken möchten wir uns dafür bei:

- Dr. Jascha Braun, LVR-Amt für Denkmalpflege im Rheinland,
- Katrin Crölle, Ministerium für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung des Landes Mecklenburg-Vorpommern,
- Dr. Geerd Dahms, Denkmalgutachter,
- Christiane Donnerstag, Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz,
- Dr. Ramona Dornbusch, Landesamt für Kultur und Denkmalpflege Mecklenburg-Vorpommern,
- Nicolaus Fehmel, UmweltPlan GmbH Stralsund,
- Till Felden, Regierungspräsidium Darmstadt,
- Kristof Frank, ABO Wind AG,

- Frank Pieter Hesse, MonuMentor Denkmalgutachten und Denkmalberatung,
- Peter Horntrich, VSB Neue Energien Deutschland GmbH,
- Fridtjof Ilgner, Team Ewen,
- Ansgar Kuschel, Regionale Planungsgemeinschaft Prignitz-Oberhavel,
- Anne Lepinski, Bundesverband WindEnergie e. V.,
- Dr. Philip Lüth, Archäologie & Beratung,
- Jochen Mülder, Lenné 3D,
- Markus Pauly, juwi AG,
- Marcus Richter, Regierungspräsidium Darmstadt,
- Annika Rudolph, Gesellschaft für Ingenieurtechnische Anwendungen – GAIA mbH,
- Dr. Ewa de Veer, Landesamt für Kultur und Denkmalpflege Mecklenburg-Vorpommern,
- Stefan Wernitz, ecoda Umweltgutachten,
- Stephan Wiggeshoff, Naturwind Potsdam GmbH,
- Marc Brüning, Stefan Buscher und Raffael Herth von der Ramboll Deutschland GmbH sowie
- das Projektteam Bettina Bönisch, FA Wind, Lea Baumbach, LEKA und Dr. Mathis Danelzik, KNE.

Im Ergebnis dieser engen Zusammenarbeit sind wir stolz, Ihnen nun diese Handreichung präsentieren zu können. Wir hoffen, dass sie Ihnen in Ihrer Praxis weiterhilft. Verständliche Texte, zahlreiche Beispielabbildungen, ein umfassendes Glossar und anwenderfreundliche Checklisten sollen Sie bei der Bewertung von Visualisierungen unterstützen.

Wir sprechen für alle Beteiligten, wenn wir sagen: wir hoffen, künftige Konflikte um Visualisierungen von Windenergieanlagen mindern zu können und dass die versachlichende Funktion dieser Visualisierungen noch besser zum Tragen kommen kann.

Wir freuen uns, wenn dieser Leitfaden in der Praxis zur Anwendung kommt und wünschen Ihnen einen Zugewinn an Informationen und viel Freude bei der Lektüre.

Berlin, im März 2021



Dr. Antje Wagenknecht  
Geschäftsführerin

Fachagentur Windenergie an Land



Gunnar Wobig  
Geschäftsführer

Landesenergie- und Klimaschutzagentur  
Mecklenburg-Vorpommern GmbH



Dr. Thorsten Raynal-Ehrke  
Direktor

Kompetenzzentrum Naturschutz  
und Energiewende KNE gGmbH

# 1 ZUSAMMENFASSUNG

Bei der vorliegenden Handreichung handelt es sich um eine Anleitung zur Erstellung von fotobasierten Visualisierungen im Rahmen von Windenergieplanungen. Die Handreichung soll zu einem einheitlichen Qualitätsmaßstab für Visualisierungen beitragen. Es werden allgemeine Anforderungen an Visualisierungen hinsichtlich Methodik und Darstellung sowie spezielle Anforderungen je nach Aufgabenstellung beschrieben.

Das Kapitel → **Grundlagen** enthält Hintergrundwissen, das für die Anfertigung und Beurteilung von Visualisierungen wichtig ist und vermittelt, warum technische Grundlagen, Wetter- und Lichtverhältnisse eine Herausforderung für korrekte Visualisierungen darstellen.

Das Kapitel → **Methodik** bespricht, wie Betrachtungspunkte ausgewählt werden, was bei der Aufnahme der Fotos beachtet werden muss und wie die Anfertigung der eigentlichen Visualisierung erfolgen sollte.

Anschließend geht es um die → **Darstellung der Visualisierungen** und die notwendigen Angaben zur Nachvollziehbarkeit ihrer Richtigkeit. Dabei spielen vor allem Betrachtungsabstand, Auflösung und Darstellungsformate eine Rolle. Panoramabilder stellen einen speziellen Fall dar und bedürfen eines besonderen Umgangs, damit die Eindrücke nicht verfälschend wirken.

Im Kapitel → **Visualisierung ohne konkrete Planung** wird der Fall behandelt, dass Visualisierungen entstehen sollen, wenn noch keine konkrete Windenergieplanung vorliegt. Dies kommt zum Beispiel im Zuge der Regionalplanung vor. Es werden Hinweise formuliert, die zu realistischen Szenarien und Eindrücken verhelfen sollen.

In Abbildungen und Infoboxen, die einerseits Mindestanforderungen (■) und andererseits Empfehlungen (■) enthalten, sind wichtige Informationen leicht überschaubar dargestellt. Im Anhang befinden sich → **Checkliste 1 – Erstellung von Visualisierungen**, → **Checkliste 2 – Kriterien zur Bewertung der Fotoeignung**, → **Checkliste 3 – Prüfung von Visualisierungen**, ein umfangreiches → **Glossar**, → **Literaturhinweise** sowie zahlreiche → **Bildbeispiele**.

## 2 EINLEITUNG

Bei der Planung von Windenergieanlagen (WEA) spielen mögliche visuelle Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und von Denkmälern sowie die Wirkung der Anlagen auf umliegende Wohnhäuser eine wichtige Rolle. Realitätsnahe und sachgerechte Visualisierungen sind dabei ein wichtiges Instrument zur Einschätzung dieser Beeinträchtigungen und damit der Genehmigungsfähigkeit von WEA. Ihnen kommt somit eine zentrale Funktion bei der Beurteilung der → **Raumwirkung von WEA** zu.

Gegenwärtig erfüllen Visualisierungen diese Funktion jedoch nicht immer zuverlässig. Sie werden selbst Gegenstand von Konflikten und sind Grund für Verzögerungen von Verfahren. Es mangelt an einem Qualitätsmaßstab, der es allen involvierten Akteuren ermöglicht, die Qualität einer Visualisierung zügig und korrekt zu beurteilen bzw. eine Visualisierung korrekt anzufertigen.

Ziel der Handreichung ist es deshalb, für praxisübliche statische und fotobasierte Visualisierungen transparente und zuverlässige Anforderungen zu definieren. Sie soll klar und zielgruppengerecht Anforderungen vorgeben und die Methodik und Vorgehensweise zur Erstellung aufzeigen, z. B. bei der Auswahl der Betrachtungspunkte. Eine Vereinheitlichung und Vereinfachung von technischen Parametern führt dazu, dass Visualisierungen unterschiedlicher Akteure für die Projektplanung genutzt werden können, da sie miteinander vergleichbar werden.

Visualisierungen können heute auch mit anderen Mitteln, zum Beispiel als 3D-Animationen oder mit Hilfe von Augmented Reality-Technologie visualisiert werden. Diese Verfahren bringen ihre eigenen Erfordernisse und Qualitätsfragen mit sich, die in dieser Handreichung unberücksichtigt bleiben.

Die Publikation ist Ergebnis eines einjährigen Arbeitsprozesses, in dem die beteiligten Vertreterinnen und Vertreter von Fachbehörden und -verbänden, Denkmalschutzgutachter, die Windenergiebranche, Landschaftsplanungsunternehmen und die Zivilgesellschaft maßgeblichen Einfluss auf Zuschnitt und Ausgestaltung der guten fachlichen Praxis genommen haben und der mehrere Präsenz- und Digitalveranstaltungen umfasste:

- 20. Januar 2020, Berlin: Wind im Sucher – Notwendigkeit und Inhalte einer guten fachlichen Praxis
- 8. Oktober 2020, Online-Seminar: Workshop zum ersten Entwurf der Publikation
- 20. Januar 2021, Online-Seminar: Workshop zum zweiten Entwurf der Publikation

### **Wichtiger Lesehinweis:**

Die vorliegende Veröffentlichung wurde für die Lektüre am Computer bzw. Laptop konzipiert. Bei der Betrachtung der Bilder im Anhang mit Hilfe anderer Endgeräte (Smartphone oder Tablet) ist zu berücksichtigen, dass die Abbildungsgrößen dann nicht den Empfehlungen entsprechen können.

Die Publikation ist als Printversion im Format DIN A4 eingerichtet und ist am Heimdrucker dementsprechend auch auszugeben.

# 3 GRUNDLAGEN

Wie nimmt der Mensch seine Umgebung visuell wahr? Welche technischen Möglichkeiten bestehen, die menschliche Perspektive einzufangen und wirklichkeitsnah abzubilden? Was wird benötigt, um geplante WEA in der Landschaft darzustellen? Welche Wetterbedingungen sind geeignet, um die Veränderung der Landschaft mithilfe einer Visualisierung repräsentativ darzustellen? Im Folgenden werden die grundlegenden Aspekte hierzu erläutert.

## 3.1 Menschliches Gesichtsfeld und Raumwahrnehmung

Als **→ Gesichtsfeld** bezeichnet man den Bereich des Raumes, der vom Menschen bei gerader Kopfhaltung und unbewegtem Auge wahrgenommen wird. Es umfasst das **→ zentrale Sehen** und das **→ periphere Sehen** und beträgt mit beiden Augen in horizontaler Ausrichtung etwa 180°–210° und in vertikaler Ausrichtung etwa 135°<sup>1</sup>, wobei nur in

einem kleinen zentralen Bereich scharf und objektbezogen wahrgenommen wird (siehe Abbildung 1). Das zentrale Gesichtsfeld ist der Bereich, innerhalb dessen Objekte fixiert und scharf gesehen werden, während der Kopf unbewegt bleibt. Es ist annähernd kreisförmig und umfasst ca. 60°.<sup>2</sup>

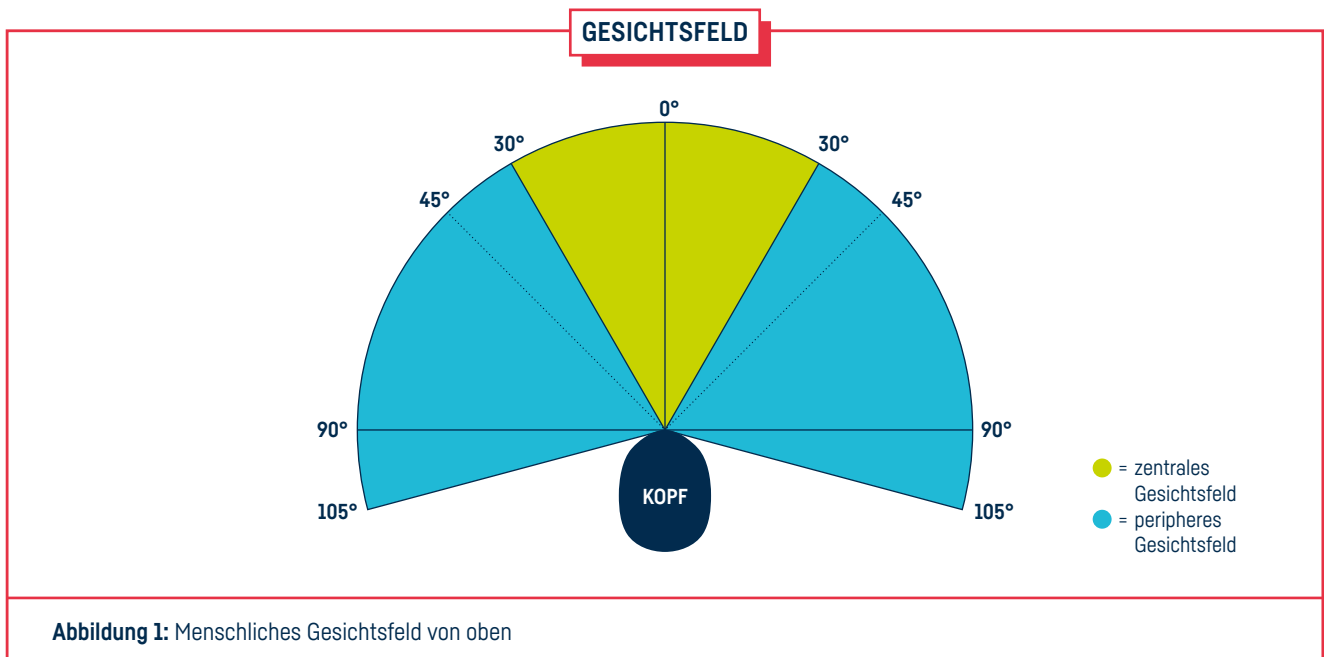


Abbildung 1: Menschliches Gesichtsfeld von oben

1 Szinte, Cavanagh [2012], S. 1.

2 Sardegna et al. [2002], S. 253; Voykov [2008], S. 27.



Mit dem Auge (und den anderen Sinnesorganen) werden äußere Reize aufgenommen und im Gehirn verarbeitet. Die subjektive Wahrnehmung wird abgeglichen mit bekannten Dingen, mit persönlichen Erfahrungen, mit Wünschen, Vorstellungen und Interpretationen von Dingen und ist folglich abhängig von einer individuellen Erwartungshaltung.<sup>3</sup> So können auf die Netzhaut treffende Objekte nicht wahrgenommen werden, weil sie durch einen „psychischen Filter“ ausgeblendet werden. Umgekehrt wird subjektiv etwas wahrgenommen, was gar nicht oder in anderer Weise vor-

handen ist. Es gibt also keine „objektive“ Wahrnehmung, sondern nur eine individuelle.

Visualisierungen dienen der Überprüfung, wie sich WEA in das Landschaftsbild einfügen, wie sie **→Sichtachsen** zu Denkmälern beeinflussen, wie sie auf ein Ortsbild oder einzelne Wohnhäuser einwirken können. Hierbei spielt die Wahrnehmung der räumlichen Umwelt eine große Rolle, denn sie beeinflusst auch die Bewertung und damit die Einschätzung zur Erheblichkeit des Eingriffs.

## 3.2 Bedeutung der menschlichen Wahrnehmung für Brennweite und Format

Visualisierungen von geplanten WEA sollen dem Betrachter ein möglichst realistisches Bild der Anlagen in der Landschaft vermitteln. Visualisierungen werden u. a. im Rahmen von Genehmigungsverfahren als Dokument eingereicht, können aber auch für ein großes Publikum bestimmt sein. Hierfür stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. In der Praxis haben sich zweidimensionale bildbasierte Visualisierungen fachlich und aus rechtlicher Sicht etabliert. Im Rahmen der verwaltungsrechtlichen Verhältnismäßigkeit sind sie als Stand der Technik anerkannt.

Eine Fotografie entspricht aus verschiedenen Gründen nicht exakt der menschlichen Sicht. So ist das zentrale Gesichtsfeld z. B. nicht rechteckig. Zudem verfügt der Mensch durch das **→stereoskopische Sehen** über eine Tiefenwahrnehmung, welche ein zweidimensionales Foto nicht vermitteln kann. Dennoch können fotografisch Abbilder erzeugt werden, die einem natürlichen maßstabgetreuen Eindruck der Szenerie möglichst nahekommen. Dafür werden in der Literatur diagonale **→Bildwinkel** zwischen 40° und 55° angegeben (siehe Abbildung 2).<sup>4</sup>

Mit der Fotografie für eine Visualisierung sollen die Größenverhältnisse der Umgebung entsprechend der menschlichen Wahrnehmung abgebildet werden. Dies wird annähernd bei Verwendung eines Normalobjektivs mit ca. 50 mm **→Brennweite** (= Entfernung der Linse zum Bildsensor) bei Verwendung eines **→Vollformatsensors** erreicht.<sup>5</sup> Der Blick durch den Sucher wird dabei nicht vergrößert oder verkleinert. Dabei gilt, dass die Brennweite des Objektivs in etwa der Diagonalen des Sensors entsprechen sollte. Für das gängige **→35-mm-Kleinbildformat** von 36 mm × 24 mm würde das folgender Brennweite entsprechen:

$$f_N = d = \left( \sqrt{36^2 + 24^2} \right) \text{ mm} = 43,3 \text{ mm}$$

Dabei steht  $f_N$  für die **→Normalbrennweite** und  $d$  für die Diagonale des Bildsensors. Die Diagonale ergibt sich dabei aus den Kantenlängen des Vollformatsensors von 36 mm und 24 mm. Dies entspricht einem diagonalen Bildwinkel von ca. 53°. Dennoch hat sich aus technischen Gründen die Kleinbildbrennweite von 50 mm eingebürgert, die in einem diagonalen Bildwinkel von 46,8° resultiert und damit in den Bereich des natürlichen Eindrucks mit Bildwinkeln zwischen 40° und 55° fällt.<sup>6</sup> Ausschlaggebend ist dabei, dass das Größenverhältnis von Objekten, die im Raum hintereinander angeordnet sind, in etwa der natürlichen menschlichen Sicht entspricht.

3 Wöbse (2002), S. 14, 66.

4 Schröder (2014), S. 202ff.; Hecht (2018), S. 436f.

5 Hinweise zur entsprechenden Verwendung von Smartphones für Visualisierungen finden sich auf Seite 12.

6 Sardegna et al. (2002), S. 253; Hußmann (2012), S. 100.

## BILDWINKEL

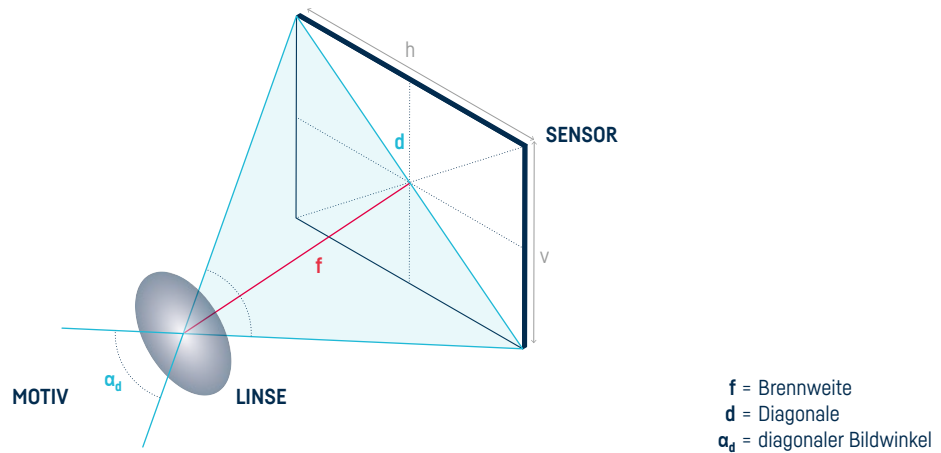


Abbildung 2: Diagonaler Bildwinkel

Der Bereich des dreidimensionalen und scharfen binokularen Sehens in Ruheposition (→ **Fusionsblickfeld**) deckt einen Kreisbereich von ca.  $60^\circ$  ab. Auch diesem Wert wird sich mit einem 50-mm-Normalobjektiv angenähert – immer das Kleinbildformat  $36\text{ mm} \times 24\text{ mm}$  vorausgesetzt.<sup>7</sup> Darüber hinaus werden im Fusionsblickfeld nicht alle Bereiche scharf wahrgenommen. Die scharfe Wahrnehmung nimmt vom Zentrum bis zu den Rändern des Fusionsblickfelds graduell ab.<sup>8</sup> Dies wiederum rechtfertigt die Verwendung einer größeren Brennweite. Da eine Brennweite von 50 mm sich bereits als Standard-Normalbrennweite etabliert hat, empfiehlt es sich aus Gründen der Vergleichbarkeit, diesen Standard beizubehalten. Es ist aber durchaus legitim, den Bildwinkel in Richtung der „echten“ Normalbrennweite von  $43,3\text{ mm}$  anzunähern. Dabei ist immer der → **optimale Betrachtungsabstand** korrekt anzugeben (siehe → **Kapitel 5.2**).

Das Seitenverhältnis der Aufnahme ist dabei abgeleitet vom Kleinbildformat 3:2 (vgl.  $36\text{ mm} \times 24\text{ mm}$ ). Seltener sind andere Bildformate, die mit einem anderen Seitenverhältnis einhergehen. Auch für diese lassen sich Bilder mit Normalbrennweite anfertigen, dies geht jedoch mit einem veränderten horizontalen und/oder vertikalen Bildwinkel einher.

Mit einem Foto kann im Gegensatz zur Tiefenwahrnehmung nicht die periphere (unscharfe) Wahrnehmung des Menschen dargestellt werden, da Fotoaufnahmen typischerweise horizontal wie vertikal scharf begrenzt sind.

Werden Bilder mit einer größeren Brennweite (Teleobjektiv/Zoom) aufgenommen, muss der Fotograf weiter zurücktreten, um das zu untersuchende Objekt in gleicher Größe darzustellen. Der Hintergrund wirkt nun deutlich größer, weil der Eindruck entsteht, das Bild sei von gleicher Stelle aufgenommen worden. Gleichzeitig verringert sich auch der Bildwinkel (siehe Abbildung 3C). Den umgekehrten Effekt bewirkt das Fotografieren aus der Nähe mit einer kleineren Brennweite (Weitwinkel). Hier rückt der Hintergrund in die Ferne, während das Objekt im Vordergrund gleich groß bleibt. So verstärkt sich die Wirkung der Objekte im Vordergrund und der Bildwinkel weitet sich aus (siehe Abbildung 3A).

<sup>7</sup> Sardegna et al. (2002), S. 253.

<sup>8</sup> Strasburger, Rentschler et al. (2011), S. 3.

## GRÖSSENVERHÄLTNISSE VON OBJEKTEN



**Abbildung 3A:**  
Weitwinkelobjektiv

Brennweite: 25 mm  
Abstand Schiff: ca. 9 m



**Abbildung 3B:**  
Normalobjektiv

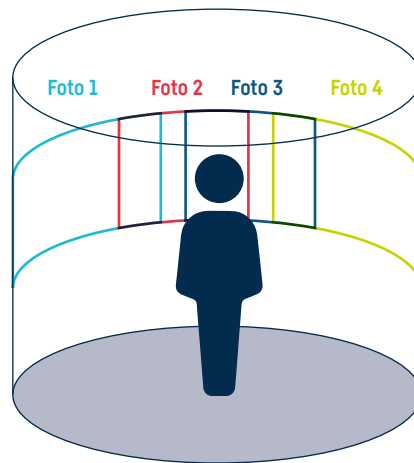
Brennweite: 50 mm  
Abstand Schiff: ca. 17 m



**Abbildung 3C:**  
Teleobjektiv/Zoom

Brennweite: 90 mm  
Abstand Schiff: ca. 31 m

## ZYLINDERPROJEKTION



**Abbildung 4:** Projektion eines Panoramabilds auf der Innenseite eines Zylinders

Vielfach ist es ein Anliegen von beteiligten Akteuren, alle geplanten WEA auf einem Bild darzustellen. Dies geht bei weit auseinanderstehenden WEA und bei **→ Betrachtungspunkten** in Nahdistanz mit einer Ausweitung des Bildwinkels einher. Hintergründe hierfür sind u.a., dass bei Scoping-Terminen und/oder Bürgerinformationsveranstaltungen oder bei Bewertungen des Eingriffs in das Landschaftsbild ein Gesamteindruck aller geplanten WEA dargestellt werden soll. Bei denkmalpflegerischen Fachbeiträgen besteht seitens der zuständigen Fachämter oftmals das Anliegen, dass das zu untersuchende Kulturgut im Zusammenhang mit den geplanten WEA dargestellt wird, obwohl die WEA bei dem auf das Denkmal gerichteten Blick außerhalb der zentralen menschlichen Wahrnehmung und damit außerhalb des Bildwinkels der auf das Denkmal zentrierten 50-mm-Fotoaufnahme liegen.

Technisch ist die Ausweitung des Bildwinkels mit einem Weitwinkelobjektiv möglich, wovon aufgrund perspektivischer Verzerrungen jedoch abzuraten ist. Für eine Vergrößerung des Bildwinkels sollten daher mittels einer geeigneten Software mehrere 50-mm-Aufnahmen miteinander zu einem Panoramabild verschnitten werden, in das anschließend die geplanten Anlagen hineinprojiziert werden. Die Projektion der WEA erfolgt auf der Innenseite eines vorgestellten Zylinders, während die Projektion bei einer 50-mm-Aufnahme auf einer gedachten Ebene vorgenommen wird [siehe Abbildung 4]. Was bei der Betrachtung von Panoramen zu berücksichtigen ist, wird in **→ Kapitel 5.2** erläutert.

## 3.3 Technische Grundlagen

Zur Erstellung von Visualisierungen wird neben einer Kamera, einem Computer mit ausreichender Ausstattung und weiteren Utensilien auch eine dafür geeignete Software benötigt. Des Weiteren sind Eingangsdaten notwendig, die als Grundlage der Bearbeitung dienen. Nachfolgend werden alle wesentlichen Faktoren aufgeführt.

### 3.3.1 Hardware

Grundvoraussetzung ist ein Computer, der die Systemanforderungen gängiger Visualisierungssoftware erfüllt. Empfehlenswert ist, die Mindestanforderungen direkt beim jeweiligen Softwarehersteller einzuholen.



## KAMERA

Die verwendete Digitalkamera sollte grundsätzlich Bildparameter wie Datum und Uhrzeit sowie die → **Brennweite** der Aufnahme ausweisen. Bei dem Stand der Technik entsprechenden Geräten werden diese Daten i. d. R. in den sogenannten → **EXIF-Daten** ausgewiesen, welche in der Bilddatei enthalten sind.

Die Kamera verfügt idealerweise über einen → **Vollformatsensor**. Dieser Bildsensor entspricht dem 35mm- → **Kleinbildformat** von 36 × 24mm. Nur für dieses Bildformat wird bei einer Brennweite von 50mm ein Bildausschnitt erzeugt, der die räumliche Anordnung der Elemente und die Größenverhältnisse entsprechend der menschlichen Wahrnehmung wiedergibt. Ein derartiges Bild kann aber ebenso mit einem anderen Bildsensor aufgenommen werden. Dabei muss die Brennweite mit dem → **Formatfaktor** des gebrauchten Sensors äquivalent zur 50-mm-Brennweite für das 35-mm-Kleinbildformat umgerechnet werden. Viele Kameramodelle berechnen bei abweichendem Sensor bereits das → **Brennweitenäquivalent** für das 35-mm-Kleinbildformat. Dieses wird dann in den EXIF-Daten der Aufnahme aufgeführt.

**Können Fotoaufnahmen entsprechend der menschlichen Wahrnehmung auch mit dem Smartphone erfolgen?** Sofern die genannten qualitativen Anforderungen erfüllt werden, können Fotos grundsätzlich mit einem Smartphone aufgenommen werden.

Einige Kameras bieten die Möglichkeit, eine Horizontlinie, Raster oder vertikale Neigungswinkel einzublenden, die der Kontrolle der Neigung während der Fotoaufnahme dienen.

Für eine Darstellung in einem DIN A3-Format mit 300 dpi sollte der Sensor der verwendeten Kamera mindestens über 11 Megapixel verfügen (siehe → **Kapitel 5.1**). Gut verwendbare Bilder können dabei sowohl mit einer digitalen Spiegelreflex- als auch mit einer spiegellosen Systemkamera aufgenommen werden.

## GPS-GERÄT

Ein GPS-Gerät ist für eine möglichst exakte metergenaue Erfassung des → **Fotopunkts** und ggf. von → **Referenzpunkten** bei der Aufnahme von Visualisierungsfotos sehr hilfreich. Einige Kameras und Smartphones können die Position und Ausrichtung von Fotoaufnahmen in den EXIF-Daten mit aufzeichnen. Es sollte grundsätzlich z. B. anhand von → **digitalen Orthophotos** die Genauigkeit der erfassten Positionen überprüft werden.

## NOTWENDIGES EQUIPMENT

- **Digitalkamera**
  - Einstellmöglichkeit der Brennweite
- **ggf. GPS-Gerät und Kompass**

## NOTWENDIGE EINGANGSDATEN

- **Positionen/Koordinaten der geplanten WEA**
- **WEA-Dimensionen → 3D-WEA-Modell**
- **digitales Höhenmodell**

## MINDESTANFORDERUNGEN SOFTWARE

- **Generierung einer virtuellen 3D-Landschaft**
- **Einbindung von Fotografien**
- **Markierung von Referenzpunkten**
- **Anpassung der Licht- und Farbverhältnisse**

## KOMPASS

Zur Orientierung in einer vorab unbekanntenen Landschaft ist das Mitführen eines Kompasses äußerst hilfreich. Hiermit kann im Abgleich mit entsprechendem Kartenmaterial die Richtung der Fotoaufnahmen vor Ort eindeutig festgelegt werden.

### 3.3.2 Softwareanforderungen und Eingangsdaten

Obligatorisch für die Visualisierung von geplanten WEA ist, dass deren Koordinaten, Dimensionen (Nabenhöhe, Rotor-durchmesser, Turmdurchmesser und Rotorblattmaße) sowie der geplante WEA-Hersteller und -Typ feststehen.<sup>9</sup> Eine geeignete Visualisierungssoftware muss mindestens gewährleisten, dass die geplanten WEA hinsichtlich ihrer Dimension korrekt visualisiert werden können. Bestenfalls beinhaltet die Software selbst verschiedene herstellerspezifische 3D-WEA-Modelle als Vorlage, welche fortlaufend aktualisiert bzw. ergänzt werden. Andernfalls sollten diese als externe 3D-Modellierungsdaten (z. B. im Collada-Format [\*.dae]) in die Software eingebunden werden können. Die Verfügbarkeit als maßstabsgetreues 3D-Modell gewährleistet eine freie Rotationsmöglichkeit der WEA, so dass deren Ausrichtung u. a. jeder beliebigen Windrichtung angepasst werden kann.

Die Software sollte grundsätzlich die Möglichkeit bieten, eine Landschaft basierend auf einem Höhenmodell dreidimensional nachzubilden. Hierzu ist es erforderlich, dass die Möglichkeit des Einbindens von **→ digitalen Geländemodellen (DGM)** oder **→ Oberflächenmodellen (DOM)** besteht. Diese liegen in der Regel als Rasterdaten vor und können je nach Bundesland frei verfügbar bezogen werden oder müssen kostenpflichtig bestellt werden. Weiterhin sollte die Möglichkeit bestehen, dass der Nutzer selbst ein Geländemodell erstellen kann, um Detailanpassungen der Grundlagendaten vorzunehmen oder bei Fehlen eines externen Höhenmodells Höhendaten manuell zu digitalisieren.

Es muss gewährleistet sein, dass in die Software Fotos, die zuvor entsprechend der Angaben in **→ Kapitel 4.3** angefertigt wurden, implementiert werden können. Das Foto sollte in der Software mit dem DGM verschnitten werden. Zur korrekten Positionsbestimmung innerhalb der virtuellen Landschaft sollte bestenfalls gewährleistet sein, dass markante Landschaftselemente (siehe **→ Kapitel 4.4.1**) als Referenzpunkte innerhalb der virtuellen Landschaft markiert oder als 3D-Objekt über ihre Koordinaten mit eingebunden werden können.

Ferner muss die Möglichkeit bestehen, die Helligkeits- und die Farbeigenschaften des in das Foto hineinprojizierten WEA-Modells zu verändern, um die visualisierten WEA möglichst exakt den dem Foto entsprechenden Lichtverhältnissen und Wetterbedingungen anzupassen (siehe **→ Kapitel 4.4.2**).

Falls vor den WEA befindliche Sichthindernisse, wie Gebäude, Wälder, einzelne Bäume, Sträucher oder Gräser, existieren, müssen die visualisierten WEA in diesen Bereichen maskiert werden. Dies kann entweder innerhalb der Visualisierungssoftware oder über eine separate Bildbearbeitungssoftware erfolgen.

Falls vor den WEA befindliche Sichthindernisse, wie Gebäude, Wälder, einzelne Bäume, Sträucher oder Gräser, existieren, müssen die visualisierten WEA in diesen Bereichen maskiert werden. Dies kann entweder innerhalb der Visualisierungssoftware oder über eine separate Bildbearbeitungssoftware erfolgen.

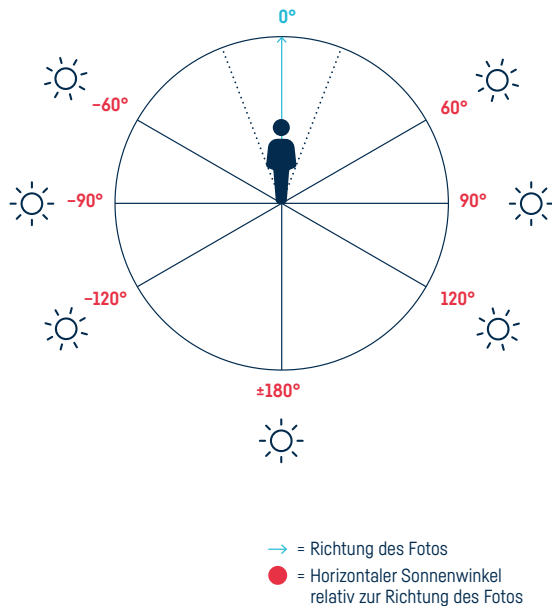
## 3.4 Einfluss von Wetterbedingungen und Lichtverhältnissen

Das Wetter und die Lichtverhältnisse zum Zeitpunkt der Aufnahme des Fotos haben einen großen Einfluss auf die Sichtbarkeit und Darstellung der WEA in der Visualisierung. Die Sichtbedingungen sind abhängig von den Wetterverhältnissen (Dunst/Nebel, Wolken, Sonnenschein, Niederschlag) und dem **→ Sonnenstand**. Gleichzeitig sollte auch die Landschaft mit ihren ggf. bewertungsrelevanten Elementen möglichst uneingeschränkt wahrzunehmen sein.

Grundvoraussetzung für eine Wahrnehmbarkeit der WEA in der Landschaft ist ein ausreichend großer Kontrast zwischen WEA und Himmel bzw. Landschaft. Sehr gute Sichtbedingungen bietet i. d. R. direktes Sonnenlicht. Dies erhöht zum einen den Kontrast zwischen der Licht- und Schattenseite der WEA, zum anderen bietet es die Möglichkeit, die WEA klar vom Himmel abzugrenzen, sofern Lichtverhältnisse und Farbton von WEA und Himmel gegensätzlich sind. Um eine realitätsnahe Abbildung zu erstellen, ist direktes Sonnenlicht jedoch nicht zwingend erforderlich. Generell sollten die Lichtverhältnisse des Bildes ausreichend hell sein, um gleichzeitig möglichst alle Landschaftselemente deutlich wahrnehmen zu können.

<sup>9</sup> Ggf. abweichend davon siehe Kapitel 6.

## SONNENSTAND



**Abbildung 5:** Horizontaler Sonnenstand relativ zur Richtung des Fotos

## WETTERSTATIONEN



**Abbildung 6:** Übersichtskarte der berücksichtigten Wetterstationen

Wolken- und dunstfreier „blauer“ Himmel bietet solche idealen Bedingungen, da der Kontrast bei Aufnahmen mit der Sonne im Rücken zu den dann weißen/weißgräulichen WEA am stärksten ausgeprägt ist. Auch seitliche Sonnenstände von  $\pm 90^\circ$  in der Horizontalen relativ zur Richtung des Fotos (bei Richtung des Fotos =  $0^\circ$ ) bieten i. d. R. gute Bedingungen (siehe Abbildung 5). Die Lichtverhältnisse insgesamt sind umso besser, je höher der Sonnenstand ist. Bei hohen Sonnenständen in den Sommermonaten (maximaler Höhenwinkel der Sonne von Mitte April bis Mitte August mindestens sieben Stunden pro Tag  $> 30^\circ$ ) sind auch geeignete Aufnahmen bei Gegenlicht, horizontaler Sonnenstand von  $0^\circ$  relativ zur Richtung des Fotos, möglich.

Mit zunehmendem Gegenlicht und zunehmend niedrigen Sonnenständen sind die WEA zwar weiterhin klar abgegrenzt vom Himmel wahrnehmbar, allerdings verschlechtert sich die Wahrnehmung der Landschaft z. T. deutlich. Bei tiefen Sonnenständen kommt es darüber hinaus häufig zu Dunstbildung am Horizont, von dem sich die WEA dann weniger gut abgrenzen und vielfach die Landschaft auch nur eingeschränkt wahrgenommen werden kann. Im Winterzeitraum notwendige Fotoaufnahmen mit Blickrichtung nach Süden sind nur mit seitlichem Gegenlicht bei tiefstehender Sonne oder bei frontalem Gegenlicht mit einem maximalen Höhenwinkel der Sonne von ca.  $20^\circ$  (Maximum von ca. Mitte November bis Ende Januar) vorzunehmen.

Stationsname	Bundesland	Höhe über NN [m]	Bedeckungsgrad					
			0/8 (wolkenlos)		0 bis 3/8 (wolkenlos & heiter)		0 bis 6/8 (wolkenlos bis wolkig)	
			Ø-Anzahl-Tage/Jahr (2010–2019)	Tage/Jahr [%]	Ø-Anzahl-Tage/Jahr (2010–2019)	Tage/Jahr [%]	Ø-Anzahl-Tage/Jahr (2010–2019)	Tage/Jahr [%]
Bad Hersfeld	HE	272	16,1	4,4	67,1	18,4	161,2	44,1
Bremervörde	NI	11	16,6	4,5	81,3	22,3	198,0	54,2
Chieming	BY	551	17,7	4,8	96,7	26,5	187,5	51,3
Cottbus	BB	69	6,5	1,8	60,5	16,6	162,6	44,5
Dresden-Klotsche	SN	227	2,4	0,7	68,0	18,6	199,8	54,7
Erfurt-Weimar	TH	316	2,4	0,7	60,6	16,6	198,9	54,5
Frankfurt/Main	HE	100	2,0	0,5	64,5	17,7	198,2	54,3
Freiburg	BW	237	15,0	4,0	87,2	23,9	177,9	48,7
Göttingen	NI	167	7,0	1,9	59,1	16,2	162,6	44,5
Greifswald	MV	2	2,0	0,5	75,3	20,6	209,7	57,4
Kempten	BY	705	19,9	5,4	110,0	30,1	197,8	54,2
Köln-Bonn	NW	92	2,0	0,5	60,5	16,6	190,1	52,1
Münster/Osnabr.	NW	48	1,7	0,5	53,5	14,6	198,7	54,4
Nürnberg	BY	314	2,6	0,7	67,9	18,6	187,5	51,3
Öhringen	BW	276	13,2	3,6	98,0	26,8	198,5	54,4
Potsdam	BB	81	0,9	0,2	63,2	17,3	201,2	55,1
Schleswig	SH	43	1,6	0,4	53,0	14,5	176,1	48,2
Schwerin	MV	59	6,1	1,7	40,5	11,1	165,9	45,4
Soltau	NI	75	10,1	2,8	52,2	14,3	145,4	39,8
Tholey	SL	386	14,6	4,0	83,4	22,8	172,4	47,2
<b>Durchschnittswerte</b>		<b>202</b>	<b>8,0</b>	<b>2,2</b>	<b>70,1</b>	<b>19,2</b>	<b>184,5</b>	<b>50,5</b>

**Tabelle 1:** Bedeckungsgrad an 20 Stationen in Deutschland in den Jahren 2010 bis 2019, Quelle: verändert nach DWD (2020)

Vermeintlich ideale Bedingungen – wolkenloser Himmel und hoher Sonnenstand – liegen nur an sehr wenigen Tagen im Jahr vor. Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, bestehen bei 20 ausgewählten Wettermessstationen verteilt über ganz Deutschland (siehe Tabelle 1 und Abbildung 6) im Jahresmittel der Jahre 2010 bis einschließlich 2019 durchschnittlich nur an acht Tagen pro Jahr und damit an 2,2% aller Tage wolkenlose Bedingungen. Mindestens heitere Bedingungen mit einem **→Bedeckungsgrad** von maximal 3/8 liegen durchschnittlich an 19% der Tage im Jahr vor. Hierbei gibt es eine relativ breite Streuung mit einem Maximum

von 30% an der Station in Kempten und einem Minimum von 11% in Schwerin. An ca. der Hälfte aller Tage pro Jahr wird ein maximaler Bedeckungsgrad von 6/8 (entspricht 75%) erreicht, so dass an 50% aller Tage im Jahr starke Bewölkung bzw. komplett bedecktes Wetter vorliegt (Bedeckungsgrade von 7/8 bzw. 8/8). Zu beachten ist, dass in der Statistik die Dunstbedingungen nicht enthalten sind. Denn an einer Vielzahl von Tagen, gerade in der kalten Jahreszeit, liegen aufgrund von zu viel Dunst trotz wolkenfreiem Himmel keine geeigneten Bedingungen vor.



Bedeckungsgrade mit einem durchgehend wolkenlosen „blauen“ Himmel repräsentieren demnach in keinem Fall die durchschnittlichen Wetterbedingungen und können damit nicht als zwingende Voraussetzung für die Erstellung von Fotoaufnahmen für Visualisierungen herangezogen werden. Mindestens wolkige Bedingungen (Bedeckungsgrade von maximal 6/8) liegen an ca. der Hälfte aller Tage im Jahr vor. Auch bei bewölktem Himmel gibt es kurzzeitige und längere Zeitspannen mit direktem Sonnenlicht gerade bei windigem Wetter, die kontrastreiche Bedingungen bieten. Ebenso ist die Landschaft bei dunstfreien Bedingungen und bedecktem Zustand des Himmels bei ausreichenden Lichtverhältnissen i. d. R. gut wahrzunehmen. → **Ausführliche Beispiele** zu unterschiedlichen Wetterverhältnissen und daraus resultierende Wahrnehmbarkeiten von WEA und Landschaft sind im Anhang dargestellt.

Da ideale Verhältnisse nur selten vorherrschen, werden in der → **Checkliste – Kriterien zur Bewertung der Fotoeignung** verschiedene Kriterien zur Fotoeignung detailliert beschrieben.

Ferner können insbesondere vor dem Hintergrund der verwaltungsrechtlichen Verhältnismäßigkeit sowie Fristen, die sich aus Genehmigungsverfahren ergeben können, keine optimalen Verhältnisse über lange Zeiträume abgewartet werden. Die Bedingungen müssen ausreichend sein, um zur belastbaren Bewertung der jeweiligen Fragestellung geeignete Visualisierungen erstellen zu können. Dementsprechend ist es bei Visualisierungen nur in Einzelfällen erforderlich, eine Worst-Case-Situation abzubilden, die sich lediglich an einzelnen Tagen im Jahr darstellen würde (siehe Tabelle 1). Im Zweifel ist eine Abstimmung mit den beteiligten Akteuren, insbesondere den Fachämtern, zu empfehlen.

# 4 METHODIK

Bis zur fertigen Visualisierung geplanter WEA von einem bestimmten → **Betrachtungspunkt** ist neben vielen technischen Aspekten (Beschaffung der Datengrundlage, Aufnahme von Fotografien etc.) je nach Verwendungszweck auch ausführliche Rechercharbeit notwendig und eine Abstimmung mit Fachämtern zu empfehlen. Die einzelnen Schritte hin zur finalen Visualisierung werden im Folgenden erörtert. Daneben bietet die → **Checkliste – Erstellung von Visualisierungen** einen kompakten Überblick der notwendigen Schritte bis hin zur finalen Visualisierung.

## 4.1 Projekteinrichtung

Unter Verwendung einer geeigneten Software wird ein Projekt für die zu visualisierenden WEA eingerichtet. Grundlage hierfür sind die Standorte der geplanten WEA. Diese sollten metergenau in einem gängigen → **Koordinatensystem** vorliegen.

Je nach Entfernung der zu bestimmenden Visualisierungspunkte von den geplanten WEA sollten geeignete → **Hintergrundkarten** in das Projekt eingebunden werden. Neben digitalen topografischen Karten (DTK) können Luft- und Satellitenbilder oder frei verfügbare Karten (z.B. OpenStreet-Map) eingebunden werden, auf deren Basis eine adäquate Bestimmung von Visualisierungspunkten möglich ist.

Des Weiteren muss ein → **Höhenmodell** in das Projekt eingebunden werden. Zum einen werden damit die Höhen der Objekte (WEA, Visualisierungs- und → **Referenzpunkte**)

möglichst genau determiniert und zum anderen das Relief der umliegenden Landschaft nachgebildet. Je detaillierter das Höhenmodell ist, desto exakter wird die reale Landschaft virtuell abgebildet (siehe → **Kapitel 4.5**).

Falls exakte Höhenangaben für einzelne Objekte vorliegen, z.B. eingemessene Geländehöhen der WEA-Standorte oder mit einem → **Altimeter** bestimmte Höhen der Visualisierungs- und/oder Referenzpunkte, sollten diese berücksichtigt werden.

Ferner muss ein maßstabsgetreues 3D-Modell der zu visualisierenden WEA (Nabenhöhe, Rotordurchmesser, Gondel, Rotorblattmaße, Turmdurchmesser, Farbgebung und ggf. spezielle Farbkennzeichnungen) eingebunden und mit den Herstellerangaben abgeglichen werden.

## 4.2 Festlegung der Betrachtungspunkte

Der → **Betrachtungspunkt** ist der exakt verortete Standort der Fotoaufnahme, für den eine Visualisierung erstellt wird. Die Auswahl der Betrachtungspunkte hängt maßgeblich vom Zweck der Visualisierung ab. Visualisierungen im Nahbereich sind z.B. für die Bewertung der optischen Wirkung

der Planung auf nahe liegende Wohnhäuser relevant. Visualisierungen von geplanten WEA im Fernbereich zum Betrachtungspunkt dienen z. B. der Beurteilung des Einflusses der Planung auf die → **Sichtachsen** zu im Blickfeld befindlichen Kulturdenkmälern.



Je nach Auflösung und Qualität der Eingangsdaten (z. B. → **DGM** oder → **DOM**, → **digitales Landschaftsmodell [DLM]**) kann eine Sichtbarkeitsberechnung mittels geeigneter Software (z. B. GIS) bereits im Vorfeld der Ortsbesichtigung Aufschluss über die Relevanz von möglichen Betrachtungspunkten geben. Punkte, bei denen keine Sichtbeziehung zu den geplanten WEA besteht, sind zu vernachlässigen<sup>10</sup>, Punkte mit erhöhter Sichtbarkeit vorzuziehen. Mittels detaillierter Berechnungen können im Vorfeld bereits differenzierte Aussagen getroffen werden, in welchem Umfang eine WEA sichtbar sein wird.

Wenn an einem Betrachtungspunkt besonderes Interesse besteht, kann eine Fotoaufnahme von diesem Punkt auch dann sinnvoll sein, wenn die WEA nicht sichtbar ist. In diesem Fall kann die Position der nicht sichtbaren WEA im Bild markiert werden, um dem Betrachter einen Eindruck zu vermitteln. Des Weiteren können → **Sichtbarkeitsanalysen** bzw. deren zugrunde gelegte Daten auf diese Weise verifiziert werden.

Bevor vor Ort Fotos für eine Visualisierung aufgenommen werden, sollten mögliche Betrachtungspunkte anhand von verschiedenen Kriterien und Anforderungen festgelegt werden. Zunächst sollte eine Abstimmung mit den an der Planung beteiligten Akteuren (Genehmigungsbehörden, Planer, Fachämter, Bürger) stattfinden und dabei je nach Zweck der Visualisierungen geeignete Betrachtungspunkte erörtert werden. Gerade im Hinblick auf örtliche Besonderheiten (z. B. markante Aussichtspunkte oder häufig besuchte Wege/Plätze) können im Vorfeld wertvolle Informationen von lokalen Akteuren eingeholt werden. Je nach Zweck der Visualisierung können tiefergehende Recherchen notwendig sein.

Basierend auf den gesammelten Informationen und ggf. in Verbindung mit einer Sichtbarkeitsanalyse kann eine Vorauswahl von möglichen Betrachtungspunkten erstellt werden. Über gut aufgelöste Luftbilder sollten Orte gefunden werden, an denen eine möglichst geringe Sichtverschattung der geplanten WEA gegeben ist.

Generell ist zu beachten, dass ein Betrachtungspunkt vorab nicht metergenau festgelegt werden kann. Es kann jedoch ein klar definierter Bereich vorgegeben werden, in dem vor Ort entsprechend den lokalen Gegebenheiten und dem

## **EMPFEHLUNGEN ZUR BESTIMMUNG DER BETRACHTUNGSPUNKTE**

- **ggf. Erstellung einer Sichtbarkeitsanalyse**
- **Abstimmung mit beteiligten Akteuren**
- **Berücksichtigung örtlicher Gegebenheiten**
- **ggf. Sichtung von Fachliteratur**

Zweck der Visualisierung ein oder mehrere → **Fotopunkte** bestimmt werden, aus denen im Nachhinein ein oder mehrere Betrachtungspunkt/e ausgewählt wird/werden.

Nachfolgend werden die wichtigsten Kriterien und Anforderungen je nach Verwendungszweck und Fachbereich für die Auswahl der Betrachtungspunkte erörtert.

### **FACHBEREICH DENKMALSCHUTZ**

Durch Kontaktaufnahme mit der zuständigen Denkmalschutzbehörde sowie Recherche sind relevante Denkmäler, ihre geschützten Attribute und relevante Sichtachsen zu ermitteln und daraus Betrachtungspunkte abzuleiten. Historisch bedeutsame Ansichten und höher frequentierte Bereiche sind dabei zu bevorzugen. Eine Feinabstimmung sollte mit den entsprechenden Fachämtern erfolgen.

Zur Relevanz von Betrachtungspunkten im Rahmen von denkmalschutzfachlichen Bewertungen (Umgebungsschutz) sind durch die Rechtsprechung<sup>11</sup> und die Publikationen der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger<sup>12</sup> in den vergangenen Jahren diverse wichtige Erkenntnisse beigetragen worden. Nicht jeder Betrachtungspunkt im gemeinsamen → **Wirkungsraum** WEA/Denkmal, für den eine mögliche visuelle Störung zu erwarten ist, hat die gleiche denkmalschutzfachliche Relevanz bzw. überhaupt eine Relevanz.

<sup>10</sup> Ggf. zu kontrollieren, siehe Kapitel 4.3.

<sup>11</sup> Vgl. grundlegend OVG Koblenz, Urt. v. 7.4.2017 – [1 A 10683/16](#).

<sup>12</sup> Vgl. z. B. VDL (Vereinigung der Landesdenkmalpfleger) [2020].

Bei der Festlegung im Einzelfall ist auf folgendes zu achten:

- inhaltlicher Bezug des Betrachtungspunktes zu den Denkmalwerten (z.B. Fernwirkung einer Höhenburg, historische Sichtachsen, historische Ansichten aufgrund von historischen Karten, Gemälden, Stiche u.ä., mögliche Zusammenhänge von Denkmal und → **historischer Kulturlandschaft**, ggf. touristische Anforderungen im Kontext zu den Denkmalwerten, außergewöhnlicher universeller Wert einer Weiterbestätte),
- eine gewisse Häufigkeit der Frequentierung durch den Betrachter,
- soweit möglich eine gute Wahrnehmbarkeit des zu bewertenden Kulturgutes.

### LANDSCHAFTSBILD, ORTS- UND STADTBILD (NATURSCHUTZ- UND BAURECHT)

In Absprache mit den beteiligten Akteuren, hier insbesondere die Naturschutzfachbehörde, sollte geeignete Fachliteratur gesichtet werden, um vordefinierte Landschaftsräume, wie historische Kulturlandschaften und/oder Schutzgebiete und ggf. deren Schutzbestimmungen zu erfahren sowie relevante Sichtbezüge zu ermitteln. Weitere Quellen können i.d.R. über die zuständigen Fachämter in Erfahrung gebracht werden. Ausgewählte Betrachtungspunkte sollten anschließend hinsichtlich ihrer Relevanz überprüft werden. Historisch bedeutsame Ansichten und höher frequentierte Bereiche (Wanderwege, Aussichtspunkte etc.) sind zu bevorzugen. Eine Feinabstimmung sollte im Idealfall mit den entsprechenden Fachbehörden erfolgen.

Je nach Untersuchungsauftrag können sich vielfältige Anforderungen im Einzelfall ergeben. Je nachdem ob das klassische Landschaftsbild gemäß Naturschutzrecht oder die Anforderungen nach Baurecht einschlägig sind<sup>13</sup>, werden folgende Hinweise zur Auswahl entsprechender Betrachtungspunkte gegeben:

- Bedeutsamkeit i.S. historischer Kulturlandschaft (z. B. Aussichtspunkte),
- Anforderungen des Baurechts i. S. d. Veranstaltung,
- Darstellung einer möglichen Betroffenheit aller Landschaftsraumeinheiten im vorab festgelegten Untersuchungsraum,

- ggf. besondere Anforderungen aufgrund von Schutzzwecken nach Schutzgebietsverordnungen i. S. d. Naturschutzrechts,
- öffentliche Zugänglichkeit,
- eine gewisse Häufigkeit der Frequentierung (z. B. ausgewiesene (Rad-)Wanderwege).

### OPTISCHE WIRKUNG

Visualisierungen dienen ebenfalls zur Beurteilung, ob die optische Wirkung einer geplanten WEA auf ein Wohnhaus im Nahbereich der Planung, d.h. innerhalb des dreifachen Gesamthöhenabstands der WEA, vor dem Hintergrund des baurechtlichen Gebotes der Rücksichtnahme als bedrängend zu bewerten ist.<sup>14</sup> Geeignete Betrachtungspunkte sollten

- in schützenswerten der Erholung am Tage dienenden Bereichen innerhalb und außerhalb eines Hauses gewählt werden (i. d. R. Wohnzimmer und/oder Terrassen/Balkone),
- innerhalb dieser Bereiche eine repräsentative Sichtbeziehung zum Standort der geplanten WEA aufweisen,
- die Hauptausrichtung des Blickes von Aufenthaltsbereichen berücksichtigen.

### BÜRGERINFORMATIONSVORANSTALTUNGEN

Bei der Erstellung von Visualisierungen für Informationsveranstaltungen für Bürger oder politische Entscheidungsträger umliegender Ortschaften einer Neuplanung von WEA sind i. d. R. die Ansichten der WEA aus den einzelnen Ortslagen und ggf. von markanten Punkten in der Landschaft wesentlich. Folgende Punkte sind hier bei der Vorabauswahl von Betrachtungspunkten zu beachten:

- es sollten repräsentative und/oder markante Punkte innerhalb oder am Rande von Ortslagen bestimmt werden,
- diese Punkte sollten mit lokalen Akteuren (Gemeindevertretern, Bürgern etc.) abgestimmt werden,
- es sollte sichergestellt sein, dass die Orte öffentlich zugänglich sind oder im Einzelfall Zugang zu wichtigen Orten besteht (z. B. bei historischen Gebäuden).

<sup>13</sup> Abhängigkeiten nach den Anforderungen der Eingriffsregelung bzw. Umweltprüfungen im baurechtlichen Innenbereich und Veranstaltung des Orts- oder Landschaftsbildes nach § 35 Abs. 3 Nr. 5 BauGB im Außenbereich.

<sup>14</sup> Einzelfallprüfung für Wohnhäuser innerhalb des dreifachen Gesamthöhenabstands erforderlich. Vgl. grundlegend OVG Münster, Urt. v. 9.8.2006 – [8 A 3726/05](#).

## 4.3 Aufnahme der Bilder

Im Folgenden werden die wesentlichen Aspekte bei der Aufnahme von geeigneten Fotografien als Grundlage für Visualisierungen erläutert.

### WETTERVERHÄLTNISSE UND SONNENSTAND

Bei der Terminierung der Ortsbesichtigung sollten unbedingt die für den Zweck der Visualisierung erforderlichen Wetterbedingungen und Sichtverhältnisse (siehe → **Checkliste – Kriterien zur Bewertung der Fotoeignung**) beachtet werden. Weiterhin ist bei der Planung der Ortsbesichtigung der → **Sonnenstand** bei der Aufnahme der Bilder an den einzelnen → **Betrachtungspunkten** zu berücksichtigen. Bei wolkenlosem Himmel sollte Gegenlicht vermieden werden und die Sonne sich möglichst im Rücken des Fotografen befinden. Hier empfiehlt sich daher bei einer Vielzahl von Betrachtungspunkten, diese im Laufe eines Tages nacheinander im Uhrzeigersinn anzufahren, beginnend und/oder endend im Norden. Wenn sich Gegenlichtaufnahmen nicht vermeiden lassen, kann mit Hilfe einer Gegenlichtblende das Streulicht verringert werden, wodurch die Bildqualität deutlich verbessert werden kann.<sup>15</sup> Bei Bewölkung und vor allem in den Sommermonaten bei hohem Sonnenstand ist es z.T. sinnvoller, die Fotoaufnahmen bei leichten Gegenlichtbedingungen zu machen. Bei niedrigem Sonnenstand in den Wintermonaten oder in den Morgen- und Abendstunden sollte direktes Gegenlicht vermieden werden.

### ORIENTIERUNG UND BESTIMMUNG DER FOTOAUFNAHMEPUNKTE BEI DER ORTSBESICHTIGUNG

Im Vorfeld sollten alle vorab festgelegten Betrachtungspunkte auf einem oder mehreren Kartenausschnitten markiert und digital (z.B. Tablet oder Smartphone) oder analog (Papierausdruck) mitgeführt werden. Da die exakte Bestimmung der Himmelsrichtung vor Ort nicht immer einfach ist, empfiehlt es sich, einen Kompass mitzuführen, um an den jeweiligen Betrachtungspunkten die Blickrichtung zu den geplanten WEA möglichst exakt bestimmen zu können.

Falls sich der gewählte Betrachtungspunkt bei der Ortsbesichtigung als ungeeignet erweist, da z.B. Sichtverschattungen (z.B. durch Gebäude oder Vegetation) in Richtung der Planung bestehen, sollten im unmittelbaren Umkreis geeignete alternative Aufnahmeorte gefunden werden. Dabei ist unbedingt zu beachten, dass weiterhin die angedachte Sichtbeziehung repräsentiert wird und ein Punkt gewählt wird, der für den Verwendungszweck relevant ist. Falls dies nicht möglich ist, müssen Alternativen auch in einem weiteren Umkreis gesucht werden. Zum Beispiel könnte eine Buschreihe entlang eines Wanderweges, die vorab auf Luftbildern nicht eindeutig zu identifizieren war, die Sichtbeziehung zum Planvorhaben nahezu vollständig verhindern. Wenn eine Visualisierung als Bewertungsgrundlage dienen soll, sollte vermieden werden, den Wanderweg zu verlassen, um z.B. von jenseits der Hecke von der benachbarten Wiese aus die Fotoaufnahmen vorzunehmen. Dieser → **Fotopunkt** wäre nicht repräsentativ, da er nicht die Sichtbeziehung zu den geplanten WEA einer Person auf dem Wanderweg widerspiegelt. Ist die Visualisierung hingegen ausschließlich zu Informationszwecken gedacht, z.B. für Anwohner als repräsentative Ansicht eines Ortsrands, gilt diese Beschränkung nicht. Falls kein geeigneter Punkt auffindbar ist, sollte generell auch eine Aufnahme mit Darstellung der Sichtverschattung erfolgen, um die örtlichen Gegebenheiten zu dokumentieren.

Grundsätzlich gilt: Im Zweifel vor Ort immer Fotos von mehreren Punkten aus aufnehmen, als im Nachhinein feststellen zu müssen, dass ein wesentlicher Punkt ausgelassen wurde.

### KAMERA-EINSTELLUNGEN

Vor der Aufnahme der Bilder mit einer Kamera ohne → **Vollformatsensor** muss anhand des → **Brennweitenäquivalents** in Erfahrung gebracht werden, bei welcher → **Brennweite** (ggf. Zoom-Stufe) die mitgeführte Kamera (siehe → **Kapitel 3.3.1**) in etwa Aufnahmen mit → **Normalbrennweite** gewährleistet. Diese Einstellung sollte grundsätzlich bei jeder Fotoaufnahme berücksichtigt werden. Auch die Überprüfung der Richtigkeit von Datum und Uhrzeit ist unbedingt zu beachten.

<sup>15</sup> Hassz (2012), S. 150.



Bei der Aufnahme der Bilder sollte eine ausreichende → **Tiefenschärfe** beachtet werden, so dass sowohl der Bereich um die geplanten WEA als auch ein Großteil der Landschaft gleichermaßen scharf abgebildet werden. Diese wird über eine Verkleinerung der Blende erreicht, wobei gleichzeitig auf eine ausreichende Belichtungszeit und eine passende Empfindlichkeit des Kamerasensors mit kleineren → **ISO-Zahlen** (eher 100 als 400) zu achten ist. Im sogenannten A-Modus (mit A für Aperture/Blende) lässt sich die Blendenöffnung manuell justieren, wobei Belichtungszeit und → **ISO-Wert** automatisch bestimmt werden. Hier sind gewisse Erfahrungswerte unabdingbar, jedoch können auch mit den Voreinstellungen (z. B. „Automatik-Modus“<sup>16</sup> oder „Landschaftsmodus“<sup>17</sup>) einer gängigen Digitalkamera (ggf. Smartphone) qualitativ angemessene Bilder mit ausreichenden Tiefenschärfen erzielt werden. Weiterhin sollte darauf geachtet werden, dass die Aufnahmen mit einer ausreichend hohen Auflösung erfolgen.

### AUFNAHME DER FOTOGRAFIE

Bei der Aufnahme der Bilder muss unbedingt auf einen geraden Horizont geachtet werden. Grundsätzlich sollte die vertikale Ausrichtung der Kamera der eines nicht geneigten Kopfes entsprechen. Evtl. kann es im Einzelfall und in Absprache mit den beteiligten Akteuren sinnvoll sein, Bilder mit einer vertikalen Neigung aufzunehmen, damit in der Visualisierung überhaupt eine → **Sichtachse** zu den WEA bzw. der Rotorbereich der WEA vollständig dargestellt werden kann. In einem solchen Fall sollte jedoch ein entsprechender Hinweis in der Dokumentation enthalten sein, damit dies bei der Bewertung berücksichtigt werden kann.

Die Aufnahmehöhe sollte ca. zwischen 1,5 m und 1,7 m liegen. Das entspricht in etwa der Augenhöhe eines erwachsenen Menschen. Der Aufnahmeradius der Fotos sollte mindestens 180° betragen, um gerade bei größeren Windparks und geringer Distanz zu den Standorten alle WEA zu erfassen. Außerdem ist somit ein ausreichender Toleranzbereich vorhanden, falls die Sichtachsen zur WEA-Planung vor Ort nicht korrekt ermittelt werden. Es empfiehlt sich eine Drehung im Uhrzeigersinn von maximal 10° pro Foto, was einer Überschneidung der Bilder von ca. 80% entspricht. Dies stellt sicher, dass ein passender Bildausschnitt mit möglichst zentraler Ausrichtung der WEA aufgenommen wird.

### LEITFADEN ZUR AUFNAHME DER FOTOS

- **WEA-Standorte ermitteln (Kompass)**
- **geeigneten Kameramodus auswählen**
- **50-mm-Normalbrennweite einstellen**
- **Aufnahmehöhe 1,5–1,7 m**
- **horizontale Neigung vermeiden**
- **Aufnahmeradius mindestens 180°**
- **Drehung von maximal 10° pro Bild**
- **Position des Fotopunkts bestimmen**
- **Referenzpunkt erfassen**

Gerade bei manuell justierten Aufnahmen mit tiefenschärfebedingt geringer Blende und der daraus resultierenden längeren Belichtungszeit bei geringer ISO-Zahl ist es sinnvoll, ein Stativ zu benutzen. Dies vermeidet Unschärfen und bietet zudem Vorteile bei der exakten Einpassung des Horizonts. Dies gilt auch, wenn in der Nachbearbeitung ein Panoramabild aus mehreren Einzelbildern erstellt werden soll (siehe → **Kapitel 5.2**) und setzt voraus, dass die Einzelbilder möglichst von exakt demselben Punkt aus mit Überschneidungen der Bilder von mindestens 30% aufgenommen werden. In anderen Fällen ist die Verwendung eines Stativs jedoch nicht unbedingt erforderlich.

Vor oder nach der Fotoaufnahme muss der Standort des Fotopunkts mit einem GPS-Gerät geloggt (siehe → **Kapitel 3.3.1**) oder anderweitig exakt bestimmt werden, z. B. anhand der von den Ländern zur Verfügung gestellten → **digitalen Orthophotos (DOP)**. Für eine einfachere Zuordnung im Nachgang empfiehlt es sich, die Fotopunkte sowie die dazugehörigen Nummern der Fotoaufnahmen zu dokumentieren.

<sup>16</sup> Hassz (2012), S. 113.

<sup>17</sup> Kindermann, Wagner (2011), S. 104.

## AUFNAHME VON REFERENZPUNKTEN

Für die spätere Einpassung der aufgenommenen Bilder in die virtuelle Landschaft der Visualisierungssoftware werden **→ Referenzpunkte** benötigt (siehe **→ Kapitel 4.4.1**). Falls auf der Fotoaufnahme, in der die Visualisierung der WEA dargestellt werden soll, keine markanten Referenzobjekte vorhanden sind, welche sich auf Luftbildern eindeutig identifizieren lassen, muss vor Ort mindestens ein Objekt

bestimmt werden (z. B. ein Baum oder ein Zaunpfahl), und dessen Position mit einem GPS-Gerät geloggt werden. Das Objekt sollte möglichst weit vom Fotopunkt entfernt liegen und mit einer Fotoaufnahme dokumentiert werden. Ggf. können zusätzlich die jeweiligen Höhen aller bestimmten Positionen mit einem **→ Altimeter** erfasst und mit den Angaben der topographischen Karten oder dem Höhenmodell abgeglichen werden.

# 4.4 Anfertigung der Visualisierungen

Nach einer ersten Sichtung der Fotoaufnahmen und dem Einbinden der Fotos in die Visualisierungssoftware können ggf. bereits einige **→ Fotopunkte** für die Visualisierung ausgeschlossen werden. Falls mehrere geeignete Fotopunkte für einen **→ Betrachtungspunkt** in Frage kommen, sollte derjenige gewählt werden, der am repräsentativsten erscheint. Die Repräsentativität ergibt sich aus der Frequentierung, der tradierten historischen Bedeutung und der Sichtbeziehung zum zu untersuchenden Gegenstand (z. B. Kulturdenkmal oder Landschaftsraum).

Die wesentlichen Aspekte bei der anschließenden technischen Erstellung der Visualisierung werden im Folgenden erläutert.

### 4.4.1 Einpassung des Bildes

Nachdem der Betrachtungspunkt mitsamt dazugehörigem Bild festgelegt ist, muss dieses mit Hilfe des zugrunde gelegten Höhenmodells in die virtuelle Landschaft eingepasst werden. Mit dem Höhenmodell ermittelte Höhen von Betrachtungspunkten sollten mit evtl. aufgezeichneten Höhenangaben von der Ortsbesichtigung oder mit dem vorliegenden Kartenmaterial abgeglichen werden. Die Höhe der Kamera über Grund zum Zeitpunkt der Aufnahme ist zusätzlich zu berücksichtigen (ca. 1,5 m bis 1,7 m, siehe **→ Kapitel 4.3**).

Gängige Visualisierungssoftware erkennt anhand der **→ EXIF-Daten** die **→ Brennweite** des eingebundenen Fotos. Über die möglichst exakte Positionierung von **→ Referenzpunkten** kann die horizontale Ausrichtung des Bildes bestimmt werden. Als Referenzpunkte eignen sich insbesondere markante Objekte in der Landschaft, wie z. B. bereits vorhandene WEA, Hochspannungsleitungen oder einzelne Bäume, die auf Luftbildern eindeutig identifizierbar sind. Ihre Koordinaten können anhand **→ digitaler Orthophotos** sowie die Höhen anhand des digitalen **→ Geländemodells** und Kartenmaterials bestimmt werden. Grundsätzlich sollten bei bekannter Brennweite ein oder besser zwei Referenzpunkte gefunden werden, die möglichst weit vom Fotopunkt und voneinander entfernt sowie bestenfalls im Bereich der geplanten WEA liegen. Neben der horizontalen Ausrichtung können so die Brennweite des Fotos verifiziert und ggf. nachjustiert sowie der vertikale Neigungswinkel und die Horizontneigung bestimmt werden. Falls auf dem Foto kein auf einem Luftbild eindeutig auszumachender Referenzpunkt vorhanden ist, muss auf bei der Ortsbesichtigung dokumentierte Referenzpunkte zurückgegriffen werden.

Daneben bietet die Visualisierungssoftware i. d. R. die Möglichkeit, eine auf Grundlage des hinterlegten Höhenmodells erzeugte virtuelle Landschaft oder Horizontlinie im Foto darzustellen. Gerade in Regionen mit markantem Relief kann dies zur Bestimmung der horizontalen Ausrichtung des Bildes (Horizontalwinkel mit 0° = Norden) sowie des vertikalen und horizontalen Neigungswinkels eine gute Orientierung bieten.

## 4.4.2 Einbindung und Darstellung der geplanten WEA

Nach erfolgter Einpassung des Bildes kann das 3D-Modell der WEA in das Bild hineinprojiziert werden. Die Ausrichtung der WEA sollte je nach Verwendungszweck mit den beteiligten Akteuren abgestimmt werden. Um die vornehmlich am Standort vorherrschenden Bedingungen darzustellen, können die WEA entsprechend der **→ Hauptwindrichtung ausgerichtet werden**. Wenn sich auf dem Foto bereits bestehende WEA befinden, kann die Ausrichtung dieser übernommen oder mittels vorheriger Retusche die Ausrichtung der bestehenden WEA der geplanten WEA angepasst werden. Eine **→ Ausrichtung des Rotors aller visualisierten WEA frontal auf den Betrachter** ist ebenfalls möglich. Gerade bei einer Vielzahl von WEA stellt dies jedoch ein unrealistisches Worst-Case-Szenario dar, weil die verschiedenen Rotoren bei konstanter Windrichtung i. d. R. in unterschiedlichen Winkeln zum Betrachter ausgerichtet sind. Für ein realistisches Szenario könnte alternativ auch die Ausrichtung der zentralen WEA auf den Betrachter erfolgen und die entsprechende Windrichtung für die übrigen WEA übernommen werden.

Ferner sollte die Software die Möglichkeit bieten, die Stellung der drei Rotorblätter einer WEA beliebig auszurichten, da dieselbe Rotorstellung aller WEA **→ ein äußerst unrealistisches Szenario** widerspiegelt.

Nach der aktuellen „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen“ gilt, dass WEA an den Rotorspitzen außen beginnend mit drei sechs Meter breiten Farbstreifen [rot/orange-weiß-rot/orange] zu kennzeichnen sind. Ab einer Gesamthöhe von 150 m ist zusätzlich ein zwei Meter breiter roter oder oranger Streifen rückläufig um das Maschinenhaus anzubringen sowie ein drei Meter breiter roter oder oranger Farbring am Turm beginnend in 40 m Höhe.<sup>18</sup> Die in der Visualisierungssoftware verwendeten WEA-Modelle sollten über entsprechende Kennzeichnungen verfügen bzw. es sollte eine Möglichkeit bestehen, diese manuell zu ergänzen.

Um dem Ziel einer realitätsnahen Visualisierung gerecht zu werden, sollten die visualisierten WEA hinsichtlich der Farbgebung entsprechend den Wetterbedingungen und Lichtverhältnissen des Fotos angepasst werden (siehe **→ Kapitel 3.4**). Bestehende WEA bieten eine gute Orientierungsgrundlage für die Farb- und Lichteinstellungen. Generell sind hierbei der Bewölkungsgrad, die Sichtverhältnisse (sehr klar bis dunstig) sowie der **→ Sonnenstand** und das Sonnenlicht (weißlich bis rötlich) entsprechend des Datums und der Uhrzeit der Fotoaufnahme zu beachten.

Grundsätzlich erscheinen WEA im Gegenlicht dunkel bis schwarz und andersherum bei Mitlichtbedingungen hell bis weißlich. Der Kontrast zwischen der zur Sonne exponierten und im Schatten befindlichen Seite der WEA wird mit abnehmendem direktem Sonnenlicht geringer. Helle Mittagssonne lässt die WEA eher weißlich erscheinen, wohingegen rötliches Morgen- oder Abendlicht eine gelb-rötliche Farbgebung der WEA erfordert, je nach Intensität des Sonnenlichts kräftiger oder schwächer ausgeprägt. Liegen Dunstbedingungen vor, sollte dies bei der Farbgebung oder den Transparenzeinstellungen der WEA berücksichtigt werden.

Ausführliche zur Orientierung dienende Beispiele zu den beschriebenen Situationen sind im Anhang **→ Beispiele Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse** dargestellt.

## 4.4.3 Gründe für die Vor- und Nachbearbeitung der Fotos/Visualisierungen

Aus verschiedenen Gründen kann eine Bearbeitung des Originalfotos oder der Visualisierung mit einer entsprechenden Bildbearbeitungssoftware notwendig sein.

- Falls aufgrund der Fokussierungseinstellungen das Foto zu dunkel oder zu hell geraten ist, kann es nachträglich hin zu möglichst realistischen Licht- und Farbverhältnissen korrigiert werden.
- Ggf. befinden sich im zugrunde gelegten Bild Objekte, die nach Errichtung der WEA nicht mehr in der Landschaft vorzufinden sind, z. B. rückzubauende WEA, Windmessmasten oder Baukräne. Für eine realistische Darstellung des finalen Zustandes müssen diese Objekte mithilfe einer geeigneten Fotobearbeitungssoftware wegetuschiert werden. Die entstehende Bildlücke sollte entsprechend der Umgebung (Himmel, Vegetation o. ä.) ausgefüllt werden.

<sup>18</sup> Teil 4, Abschnitt 2, [Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen](#) des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur vom 24.4.2020.



- Oftmals werden die geplanten WEA in Teilbereichen der → **Sichtachse** zwischen Betrachtungspunkt und WEA von Vegetation, Gebäuden oder durch das Relief verdeckt. Die betreffenden Teilbereiche der WEA müssen entsprechend maskiert werden. Je nach verwendeter Visualisierungssoftware kann dies innerhalb des Programms oder separat in einer externen Bildbearbeitungssoftware vorgenommen werden. Bei einem Standort z. B. in Waldgebieten mit Hanglage ist es oftmals schwierig abzuschätzen, zwischen welchen Baumreihen der WEA-Turm zu lokalisieren ist. Anhand von Kartenmaterial, Luftbildern und dem Höhenprofil

kann i. d. R. eine ausreichend genaue Positionierung vorgenommen werden.

- Ist nach Abstimmung mit den beteiligten Akteuren vorgesehen, für einen Betrachtungspunkt ein Panoramabild für die Visualisierung zu verwenden, sind zunächst die vorliegenden Fotos hinsichtlich der Verwendbarkeit dafür zu prüfen. Bei Eignung sollten zwei oder mehrere Fotos mittels einer geeigneten Software zu einem Panoramabild zusammengefügt werden (siehe → **Kapitel 5.2**).

## 4.5 Unsicherheiten und Auswirkungen

Bei der Visualisierung hängt die Genauigkeit der Positionierung der WEA innerhalb der zugrunde gelegten Fotoaufnahme im Wesentlichen von der Güte der Eingangsdaten ab. Die genannten Mindeststandards gewährleisten, dass eine belastbare und als Bewertungsgrundlage sachdienliche Visualisierung erstellt werden kann. Nachfolgend werden mögliche Ursachen für Abweichungen erörtert, die bei der Erstellung von Visualisierungen unbedingt beachtet werden sollten.

Die Genauigkeit der in die Bearbeitungssoftware implementierten virtuellen Landschaft variiert je nach zugrunde gelegtem Höhenmodell. Ein → **DGM50** basiert z. B. auf einer Rasterzellengröße von 50 × 50 m. Topografische Feinheiten werden hierdurch nivelliert, wodurch eine vereinfachte Abbildung der Wirklichkeit entsteht. Ein → **DGM1** (Rasterzellengröße von 1 × 1 m) würde diese ungleich besser abbilden, kann aber in der Anschaffung mehrere tausend Euro kosten, da in vielen Bundesländern die zuständigen Landesämter → **digitale Geländemodelle** nicht frei zur Verfügung stellen. Der hinzugewinn an Genauigkeit würde bei der horizontalen und vertikalen Positionierung der WEA im unteren einstelligen Meterbereich liegen, so dass dieser in Relation zu den Kosten unverhältnismäßig ist.

Oftmals können frei verfügbare satellitenbasierte Höhenrasterdaten (z. B. SRTM<sup>19</sup>) direkt in die Visualisierungssoftware importiert werden, dabei handelt es sich i. d. R. um → **Digitale Oberflächenmodelle**, die die Höhen von u. a. Waldflächen und Gebäuden mit beinhalten. Gerade bei Waldflächen kann es dabei zu Abweichungen im Bereich von bis zu 20 m kommen. Falls diese Daten verwendet werden, sollten die Höhen aller Objekte (WEA, → **Fotopunkte** und → **Referenzpunkte**) auf Basis einer topographischen Karte mit einer Mindestauflösung von 1:25.000 manuell abgeglichen werden. Bei einer Nutzung dieser Daten als Basis für eine Visualisierung sind generell in Bereichen mit Waldflächen und Ortslagen größere Unsicherheiten bei der vertikalen Einpassung des Bildes gegeben.

Die Güte der Koordinaten der Foto- und Referenzpunkte hängt von der Genauigkeit des GPS-Gerätes und der Lagegenauigkeit der → **digitalen Orthophotos** ab. Gängige GPS-Geräte weisen eine Genauigkeit im unteren einstelligen Meterbereich auf. Die Lagegenauigkeit von digitalen Orthophotos liegt bei ca. einem halben Meter. In Kombination sollte eine Positionsbestimmung mit Abweichungen von maximal zwei Metern sowohl für Fotopunkte als auch für Referenzpunkte möglich sein. Sofern Referenzpunkte möglichst weit entfernt vom Fotopunkt und bestenfalls in der Nähe der geplanten WEA liegen, ist damit eine Positionsbestimmung mit Abweichungen im unteren einstelligen Meterbereich möglich. Bei Distanzen von mehreren Kilometern zwischen → **Betrachtungspunkt** und WEA ist von einer Genauigkeit mit maximalen Abweichungen im niedrigen zweistelligen Meterbereich auszugehen.

19 Shuttle Radar Topographic Mission.

Schwierigkeiten bei der exakten vertikalen Ausrichtung des Fotos können sich ergeben, wenn der Horizont und die Bereiche davor gänzlich mit Wald bedeckt sind. Referenzpunkte sind gar nicht oder nur im Nahbereich zu finden, so dass diese weniger geeignet sind, um vor allem eine valide vertikale Ausrichtung des Fotos zu ermöglichen. In diesem Fall ist eine Orientierung anhand der virtuellen Landschaft hilfreich, wobei diese bei Verwendung eines **→ DGM** nicht am Oberrand des Waldes verortet werden darf, sondern möglichst dort, wo die am höchsten gelegenen Bäume auf den Boden treffen. Eine zusätzliche Orientierung bietet der i. d. R. erforderliche drei Meter hohe rote Farbring in 40m Höhe des Turms. Abhängig zudem von der Distanz zwischen Betrachtungspunkt und WEA können hier Abweichungen im niedrigen zweistelligen Meterbereich entstehen.

I. d. R. sollten auch bei bekannter **→ Brennweite** und bekanntem **→ Formatfaktor** mindestens zwei Referenzpunkte gefunden werden, damit die Richtigkeit dieser Werte verifiziert werden kann. Falls in der Software ein falscher Formatfaktor für die Kamera hinterlegt ist, oder bei der Übermittlung der Brennweite Ungenauigkeiten vorliegen, kommt es sonst leicht zu Abweichungen bei der Dimension und Positionierung der WEA, die sich i. d. R. im zweistelligen Meterbereich bewegen.

Die aufgeführten Unsicherheiten sind in Gänze nie auszuschließen. Diese begrenzen sich allerdings bei Berücksichtigung der hier dargestellten Herangehensweise in einem Maße, dass signifikante Darstellungsfehler vermieden und eine adäquate Bewertungsgrundlage gesichert wird. Im Anhang werden **→ Beispiele im Vorher-Nachher-Vergleich** dargestellt, die nach den Vorgaben dieser Publikation erstellt wurden. Es sind bei zwei Beispielen lediglich sehr geringfügige Unstimmigkeiten im Detailbereich erkennbar, die die Visualisierung als Bewertungsgrundlage nicht entwerfen. Abweichungen von wenigen Metern in der Betrachtungsposition und der Platzierung der WEA sind in aller Regel nicht signifikant und dementsprechend zulässig. Um das Maximum an Richtigkeit und Qualität zu gewährleisten, wird empfohlen, die Visualisierungen nach allgemeinen Qualitätskriterien (u. a. Vier-Augen-Prinzip)<sup>20</sup> zu überprüfen.

Die wesentlichen Aspekte zur Überprüfung der Qualität von Visualisierungen können der **→ Checkliste – Prüfung von Visualisierungen** entnommen werden.

---

<sup>20</sup> Vgl. dazu [DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03](#).

# 5 DARSTELLUNG DER VISUALISIERUNGEN

Das Ziel einer Visualisierung ist, die im Bereich des menschlichen → **Gesichtsfelds** wahrgenommenen Größenverhältnisse von Elementen in der Landschaft abzubilden. Nach ihrer Fertigstellung sind bei der Darstellung von Visualisierungen die nachfolgend aufgeführten grundlegenden technischen Details zu beachten, um dem Betrachter einen möglichst realistischen Eindruck der geplanten WEA in der Landschaft zu ermöglichen. Daneben gilt es, einige weiterführende Aspekte zu beachten.

## 5.1 Betrachtungsabstand, Auflösung und Darstellungsformat

Wie in → **Kapitel 3.2** beschrieben stellt eine Aufnahme mit 50mm- → **Normalbrennweite** die Basis für eine Visualisierung entsprechend der menschlichen Wahrnehmung dar. Bei gängiger Software zur Erstellung von Visualisierungen von WEA wird bei der Ausgabe der Visualisierungen in einem bestimmten Format der → **optimale Betrachtungsabstand** zur Visualisierung relativ zur Größe ihrer erzeugten Darstellung angegeben. Wird die Fotomontage in diesem Abstand zum Betrachter positioniert, entsteht der Eindruck eines geöffneten Fensters oder Rahmens, durch das der Betrachter schaut. Nur wenn der angegebene → **Betrachtungsabstand** eingehalten wird, erscheinen die Anlagen und die Landschaftselemente in der Visualisierung so groß, wie der Betrachter sie wahrnehmen würde, stünde er am Standort der Fotoaufnahme.

Zur Ermittlung des optimalen Betrachtungsabstands eines Bildes mit 50mm → **Brennweite** im → **Kleinbildformat** dient folgende Formel:

$$B = \sqrt{(a^2 + b^2)} * 1,155$$

Dabei steht B für den Betrachtungsabstand, a für die Höhe und b für die Breite der Abbildung. Der Faktor 1,155 stellt eine Anpassung an die Abweichung von der eigentlichen Normalbrennweite von 43,3mm dar (siehe → **Kapitel 3.2**). Für eine erzeugte Darstellung mit 34,0 × 22,7cm ergibt sich beispielsweise ein Betrachtungsabstand B von 47,2cm.

Die Standardauflösung für eine optimale Qualität eines Fotoausdrucks auf Fotopapier liegt bei 300dpi (dots per inch).<sup>21</sup> Entsprechend kann mit der folgenden Formel die Auflösung für jedes beliebige Format umgerechnet werden:

$$x = \frac{a}{i} * A$$

Dabei ist x die benötigte Anzahl Pixel einer Bildseite (Breite oder Höhe), a die Größe einer Bildseite in cm (Breite oder Höhe), i der Umrechnungsfaktor von Inch in Zentimeter (2,54) und A die benötigte Auflösung (hier 300dpi). Breite und Höhe sind dabei separat oder aus dem Seitenverhältnis der Abbildung zu berechnen. Für die im Anhang dargestellten → **Beispiel-Abbildungen** von Visualisierungen mit Normalbrennweite und den Bildmaßen von 22,7cm × 15,1cm

<sup>21</sup> Gulbins, Steinmüller (2018), S. 24.

Maße der Darstellung [cm]	Betrachtungsabstand [cm]	Bildauflösung	Anzahl Pixel	Format/Medium
22,7 × 15,1	31,5	300 dpi	2.677 × 1.785	DIN A4
34,0 × 22,7	47,2	300 dpi	4.016 × 2.677	DIN A3
51,0 × 34,0	70,8	150 dpi	3.012 × 2.008	DIN A2
76,5 × 51,0	106,2	100 dpi	3.012 × 2.008	DIN A1
300 × 200	416,4	26,5 ppi	3.130 × 2.087	Beamer

**Tabelle 2:** Betrachtungsabstände, Auflösungen und Darstellungsformate von Visualisierungen verschiedener Größen

auf einer DIN A4-Seite ergäbe sich eine Mindestauflösung von ca. 2.677 × 1.785 Pixeln, was etwa 4,8 Megapixeln entspricht. Für eine Darstellung mit den Maßen von 34 × 22,7cm auf einer DIN A3-Seite wäre vergleichsweise eine Mindestauflösung von ca. 4.016 × 2.677 Pixeln erforderlich, was etwa 10,8 Megapixeln entspricht.

Wesentlich für die Darstellung der Visualisierung ist eine geeignete Größe. Die Darstellung sollte ausreichend groß sein, um dem Betrachter einen fokussierten Blick zu gewährleisten. Optimale Betrachtungsabstände sind  $\geq 25$ cm. Daneben sollte die Darstellung in einer Größe vorliegen, in der sie in gängigen Formaten möglichst unkompliziert erzeugt werden kann. Geeignet sind das DIN A3- und das DIN A4-Format, welche größere Standarddrucker verarbeiten können. In ausgedruckter Form oder am Bildschirm beträgt der optimale Betrachtungsabstand einer Aufnahme mit 50-mm-Brennweite im DIN A3-Format ca. 47cm bzw. im DIN A4-Format 31cm, sodass eine uneingeschränkte Betrachtung möglich ist (siehe Tabelle 2). Das Präsentationsmedium ist dabei unerheblich, solange gewährleistet ist, dass der für die jeweilige Größe der Darstellung der Visualisierung berechnete optimale Betrachtungsabstand angegeben wird und die Visualisierung in einer passenden Auflösung vorliegt.

So liegt der optimale Betrachtungsabstand bei einer Präsentation z.B. per Beamer und einer **→ Darstellungsgröße** von 3 × 2m bei ca. 4,16m. Die notwendige Auflösung für die Betrachtung auf digitalen Medien ergibt sich überschlägig aus dem Quotienten von 100 durch den Betrachtungsabstand in Metern und sinkt mit zunehmendem Betrachtungsabstand. In diesem Beispiel demnach etwa 26,5 ppi [pixel per inch].<sup>22</sup>

In der Tabelle 2 sind für verschiedene Darstellungsgrößen von Visualisierungen die dazugehörigen Betrachtungsabstände sowie in Abhängigkeit der **→ Bildauflösung** die notwendige Pixelanzahl der Visualisierung dargestellt.

## 5.2 Hinweise zur Betrachtung und Verwendung von Panoramabildern

Um einen Gesamteindruck aller geplanten WEA in der Landschaft oder im Zusammenhang mit Kulturdenkmälern darzustellen, kann die Darstellung der WEA in einem Panoramabild hilfreich sein. Dies geht mit einer Öffnung des **→ Bildwinkels** bis hin zu 360°-Panoramen einher.

Da die Basis für ein Panoramabild die Innenseite eines vorgestellten Zylinders bildet, müssten für eine korrekte Wahrnehmung **→ Panorama-Visualisierungen** in einem Teilkreis um den Betrachter dargestellt werden, sodass die visualisierte Landschaft den Betrachter gleichermaßen umgibt wie die reale. Eine Panorama-Visualisierung wird in der Regel jedoch planar dargestellt, sodass in der Horizontalen mehr von der Landschaft und den geplanten WEA sichtbar

<sup>22</sup> Gulbins, Steinmüller (2018), S. 25.

ist, als ein Mensch in der Realität mit fokussiertem Blick wahrnimmt. Um diesen Effekt zu minimieren, muss bei der Betrachtung von Panoramen stets der → **optimale Betrachtungsabstand** eingehalten werden, sodass die Bereiche am Rande der Abbildung in den Bereich der peripheren Wahrnehmung rücken. Da auch bei Panoramen der Mindestbetrachtungsabstand von 25cm nicht unterschritten werden sollte, sollten diese i. d. R. mindestens im DIN A3-Format, bei zunehmendem Öffnungswinkel aber auch in größeren Formaten abgebildet werden.

Ferner kann eine Öffnung des Bildwinkels dazu führen, den Eindruck der geplanten WEA zu verstärken. Eigentlich weit voneinander entfernt liegende WEA oder geplante WEA und Kulturdenkmäler, die vom → **Betrachtungspunkt** aus in der Realität nicht zusammen wahrnehmbar sind, werden auf

einem Panoramabild gemeinsam dargestellt. Damit wird u. U. bei planarer Darstellung der Visualisierung und Nicht-Einhaltung des Betrachtungsabstands eine vermeintliche gemeinsame Wahrnehmung auch in der Realität suggeriert. So entsteht ein irrealer Eindruck, der nicht als Bewertungsgrundlage für die Veränderung des Landschaftsbildes geeignet ist. Umgekehrt kann der Größeneindruck geplanter Anlagen auch minimiert werden, wenn diese auf einem Bild eng beieinander dargestellt und durch ein Ausmaß an Landschaft an den Seiten relativiert werden. Aus diesen Gründen sind Visualisierungen auf Grundlage von 50-mm-Aufnahmen Panoramen in der Regel vorzuziehen. Panoramabilder sollten daher nur im Einzelfall, unter Einbeziehung der beteiligten Akteure und bei strikter Einhaltung der oben genannten Betrachtungshinweise als Bewertungsgrundlage dienen.

## 5.3 Angaben zur Nachvollziehbarkeit

Eine Visualisierung muss – unabhängig vom Verwendungszweck – authentisch sein. Dazu muss sie überprüfbar, das heißt reproduzierbar sein. Hierzu sind zwingend folgende Angaben zu einem → **Betrachtungspunkt** notwendig:

- die Position der Fotoaufnahme (Koordinaten mit Angabe des Koordinatensystems),
- die → **Brennweite** bzw. der Öffnungswinkel bei Verwendung von Panoramen,
- die horizontale Ausrichtung des Bildes (Himmelsrichtung als Gradzahl mit Norden = 0°),
- die Uhrzeit und das Datum der Fotoaufnahme zur Ermittlung des → **Sonnenstands**,
- die zugrunde gelegte Windrichtung,
- ggf. der vertikale Neigungswinkel.

Daneben sollten weitere wesentliche Informationen mitgeliefert werden, wie der Verwendungszweck, die Positionen der geplanten WEA (Koordinaten mit Angabe des Koordinatensystems), die geplanten Anlagentypen mit Herstellerangabe, Nabenhöhe und Rotordurchmesser, Angaben zum zugrunde gelegten Höhenmodell sowie die verwendete Software. Daneben ist generell eine kartografische Darstellung in einer angemessenen Größe mit Kennzeichnung der Anlagenpositionen und der einzelnen Betrachtungspunkte zu empfehlen, bestenfalls inkl. ihrer jeweiligen horizontalen Ausrichtung sowie des horizontalen → **Bildwinkels**. Zusätzlich ist für jeden Betrachtungspunkt eine kurze Beschreibung der Sichtbeziehung zu den geplanten Anlagen

hilfreich. Vor allem wenn keine Sichtbeziehung zu geplanten Anlagen besteht, sollte dies kurz erläutert werden. Zudem können die Abstände (Luftlinie) des jeweiligen Betrachtungspunkts zu den einzelnen WEA angegeben werden.

Durch die Verdeckung z. B. durch Vegetation, Bebauung oder Landschaftsformen kann es vorkommen, dass von einem Betrachtungspunkt nicht alle geplanten WEA sichtbar sind oder zu keiner der geplanten Anlagen eine Sichtbeziehung besteht. Neben einer Visualisierung können in diesem Fall die geplanten WEA in einem separaten Bild als Modell ohne Maskierungen oder als Skizzen dargestellt werden. So kann aufschlussreich die Lagebeziehung aufgezeigt und verdeutlicht werden, durch welche Landschaftselemente die Sichtverschattung der WEA bedingt ist. Ferner empfiehlt es sich bei separaten Darstellungen, die WEA auch direkt im Bild zu benennen, womit ein Abgleich mit den WEA-Positionen auf der kartographischen Darstellung ermöglicht wird. Die Visualisierung selbst sollte hingegen frei von jeglichen Beschriftungen oder Markierungen bleiben, damit eine ungestörte Wahrnehmung gewährleistet wird.

# 6 VISUALISIERUNG OHNE KONKRETE PLANUNG

Wie ist vorzugehen, wenn für ein Gebiet noch keine konkrete Windenergieplanung besteht? Ist es sinnvoll, eine mögliche Anlagenkonstellation etwa im Rahmen der strategischen Umweltprüfung gemäß UVPG<sup>23</sup> mit Visualisierungen darzustellen? Welche Anlagentypen, Anzahl der Anlagen, Nabenhöhen oder Anlagenpositionen sollen in einem solchen Fall berücksichtigt werden?

Im Abstimmungsprozess der Ausweisung z.B. eines neuen Windvorranggebietes auf Regionalplanungsebene, können neben Sichtachsenbewertungen<sup>24</sup> auch Visualisierungen u. U. einen wesentlichen Beitrag zur Entscheidungsfindung leisten. Entsprechend können Eignungsgebiete bzw. Vorrangflächen weiterverfolgt oder ausgeschlossen werden.

Da jedoch viele Unsicherheiten hinsichtlich der Realisierbarkeit einzelner Standorte auf der Fläche bestehen (z. B. aus Gründen des Arten- und Naturschutzes etc.), ist eine Visualisierung mit konkreten WEA-Standorten zu diesem Zeitpunkt immer mit der Einschränkung zu versehen, dass es sich um eine hypothetische Darstellung handelt. An sie kann nicht der Anspruch gestellt werden, das Ergebnis späterer Feinplanung vorwegnehmen zu können. Es ist davon auszugehen, dass zwischen der Visualisierung und einer möglichen tatsächlichen Planung Unterschiede bestehen werden. Wenn dem Betrachter dies bewusst ist, können Visualisierungen dennoch auch in diesem Fall hilfreich sein, einen Eindruck der WEA in der Landschaft zu vermitteln. Hiermit lassen sich mögliche Konfliktpotenziale z. B. hinsichtlich Denkmalschutz- oder Landschaftsbildbelangen besser einschätzen und ggf. Maßnahmen bei der Flächenfestlegung oder Höhenbegrenzungen für WEA in bestimmten Teilbereichen der Vorrangfläche ableiten. Ebenso könnte es zu einer gesteigerten Akzeptanz in der Bevölkerung für Windenergie beitragen, wenn Bürger im Rahmen von Informationsveranstaltungen einen visuellen Eindruck erfahren und Gelegenheit haben, sich dazu zu äußern.



## EMPFEHLUNGEN ZUR FESTLEGUNG EINES LAYOUTS

- gängige und realistische WEA-Typen
- realistische Nabenhöhen der WEA
- realistische Anlagenpositionen
- Kriterien bei der Bestimmung der WEA-Anzahl:
  - Planungsstand,
  - Ertrag und Turbulenz,
  - Arten- und Naturschutz,
  - Denkmalschutz,
  - Schallimmissionen.

Nicht zuletzt tragen Betrachtungen eines realistischen Layouts durch Visualisierungen im Rahmen der Regionalplanung auch dazu bei, der Windenergie den nötigen „substanziellen Raum“<sup>25</sup> zu verschaffen.

23 Zum Beispiel innerhalb von Plänen der Raumordnung vgl. [Gesetz über die Umweltverträglichkeit \(UVPG\)](#), zuletzt geändert durch Art. 117 VO vom 19.6.2020 (BGBl. I S. 1328, 1342).

24 I.S. einer Sichtbarkeitsanalyse.

25 Vgl. z. B. BVerwG, Beschl. vom 12.5.2016 – [4 BN 49/15](#), Rn. 2. und grundlegend BVerwG, Beschl. vom 15.9.2009 – [4 BN 25.09](#).

Für Visualisierungen ohne konkretes Layout, aber mit einer vordefinierten Fläche, gilt es, zunächst ein oder mehrere Planungsszenarien zu entwickeln. Dabei sollte sich die Dimension (Nabenhöhe und Rotordurchmesser) der darzustellenden WEA jeweils am aktuellen Stand der Technik orientieren<sup>26</sup> und ggf. bestehende Vorgaben zur maximalen Gesamthöhe der WEA berücksichtigen. Zu beachten sind ggf. auch Vorgaben i. S. v. „Referenzanlagen“ aus den Fachressorts der Regionalplanung in den Ländern.

Bei der Standortwahl der fiktiven WEA muss das Gelände beachtet werden. WEA sollten realistischerweise eher auf Anhöhen platziert werden. Gemäß aktuellem Planungsstandard (unter Berücksichtigung von z. B. Ertrags- und Turbulenzaspekten) sollte zwischen den einzelnen WEA ein Abstand von mindestens dem dreifachen Rotordurchmesser in Nebenwindrichtung und dem fünffachen Rotordurchmesser in Hauptwindrichtung berücksichtigt werden. Daneben sind ggf. die Schallimmissionen als anzahllimitierender Faktor zu beachten. Zudem muss die vordefinierte Fläche ggf. vorhandene bundesländerspezifische Mindestabstände zur Wohnbebauung, zu Straßen, Schutzgebieten u. ä. einhalten.

Wie die Praxis zeigt, wird die Anzahl der maximal möglichen WEA in einer Windvorrangfläche im weiteren konkreteren Planungsverlauf nicht selten deutlich reduziert. Dementsprechend sollten sich fiktive Planungslayouts zwischen einem Worst-Case-Szenario und einem üblichen Planungsendstand, mit deutlich reduzierter WEA-Anzahl einordnen, um den Belangen i. S. der rechtlichen Erfordernisse und der Verhältnismäßigkeit zu entsprechen. Dadurch wird gewährleistet, dass keine über- oder untertreibenden Layouts zur Bewertungs- bzw. Entscheidungsgrundlage werden.

---

<sup>26</sup> Im Binnenland werden derzeit WEA mit einer Gesamthöhe von bis zu 250 m geplant. In Küstennähe sind i. d. R. geringere Nabenhöhen aus Ertragsaspekten ausreichend, so dass aktuell eine Obergrenze der Gesamthöhe bei ca. 200 m anzusetzen wäre.

# CHECKLISTE 1

## ERSTELLUNG VON VISUALISIERUNGEN

### Hard- und Software

- Digitalkamera (ggf. Vollformatsensor, Einstellmöglichkeit 50-mm-Brennweite)
- ggf. GPS-Gerät, Kompass
- geeignete Visualisierungssoftware

### Projekteinrichtung

- herstellerspezifisches 3D-WEA-Modell
- digitales Höhenmodell
- geeignete Hintergrundkarten

### Vorbereitung Ortsbesichtigung

- ggf. Sichtbarkeitsanalyse
- Vorab-Festlegung von Betrachtungspunkten (Abstimmung mit beteiligten Akteuren)
- Erstellung von Kartenmaterial mit Kennzeichnung der Betrachtungspunkte
- Wetterprognosen beachten

### Ortsbesichtigung/Aufnahme der Fotos

- Aufnahme der Fotos in Abhängigkeit der lokalen Wetterverhältnisse
- Bestimmung der Fotopunkte vor Ort
- im Zweifel immer mehrere Fotopunkte je Betrachtungspunkt aufnehmen
- Sichtachsen zu den WEA-Standorten mit Kartenmaterial und Kompass bestimmen
- Kameraeinstellungen: Überprüfen/Einstellen von Datum und Uhrzeit, 50-mm-Normalbrennweite einstellen
- Aufnahmehöhe ca. 1,5 m bis 1,7 m
- Aufnahme der Einzelbilder im Radius von mind. 180°, ca. 10°-Schritte im Uhrzeigersinn
- Positionsbestimmung der Fotopunkte
- ggf. Referenzpunkte dokumentieren und Position bestimmen

### Erstellung der Visualisierung

- Qualität der Fotos kontrollieren und ggf. optimieren
- finale Festlegung der Betrachtungspunkte
- nach Möglichkeit 50-mm-Aufnahmen verwenden
- Panoramen nur im Einzelfall, ggf. nach Abstimmung mit beteiligten Akteuren
- ggf. Retusche von Objekten
- Bestimmung von Referenzpunkten
- Einpassung der Bilder
- Rotorausrichtung festlegen
- bei der Darstellung mehrerer WEA deren Rotorblattstellung variieren
- Licht- und Farbeinstellungen vornehmen (Wetter-/Lichtverhältnisse und ggf. Bestandsanlagen beachten)
- Maskierung von sichtverschattenden Elementen
- zusätzliche Darstellung der WEA vor Sichthindernissen z.B. ohne Maskierungen oder skizzenhaft

### Darstellung der Visualisierungen

- Ausdruck im DIN A4- oder DIN A3-Format mit folgenden Angaben: Betrachtungsabstand, Position des Fotopunkts, Brennweite, horizontale Ausrichtung des Fotos, Uhrzeit und Datum der Aufnahme, dargestellte Windrichtung, ggf. vertikale Neigung der Kamera
- Visualisierung frei von Markierungen und Beschriftungen darstellen
- weitere wesentliche Angaben, die ggf. in einem (Kurz-) Bericht beizufügen sind: Verwendete Visualisierungssoftware, Anlagentypen mit Herstellerangabe, Angabe der Koordinaten der geplanten WEA, Nabenhöhe und Rotordurchmesser der WEA, verwendetes Höhenmodell, Übersichtskarte mit Markierung der WEA-Standorte und Betrachtungspunkte, Verwendungszweck



# CHECKLISTE 2

## KRITERIEN ZUR BEWERTUNG DER FOTOEIGNUNG

Die nachfolgend genannten Kriterien sind hinsichtlich der Eignung eines Fotos als Grundlage für eine möglichst repräsentative Visualisierung zu beachten. Je nach Verwendungszweck sind mitunter unterschiedliche

Vorgaben einschlägig, die ggf. im Einzelfall mit den beteiligten Akteuren abzustimmen sind. → Bildbeispiele für unterschiedliche Lichtbedingungen und Wetterverhältnisse sind ab Seite 41 dargestellt.

### Bedeckungsgrad des Himmels

Grundsätzlich sind vermeintlich ideale Bedingungen bei einem wolkenlosen Himmel gegeben. Diese liegen allerdings nur an sehr wenigen Tagen im Jahr vor (ca. 2,2%) und gehen im Winterhalbjahr oftmals mit Dunst einher. Somit sind generell heitere oder leicht bewölkte Bedingungen (Bedeckungsgrad bis 3/8, ca. 19% aller Tage) sowie auch wolkige Bedingungen (Bedeckungsgrad bis 6/8, ca. 50% aller Tage) als angemessen anzusehen. Im Einzelfall können auch starke Bewölkung oder vollständige Bedeckung ausreichend sein, wenn gleichzeitig die anderen Kriterien als geeignet bewertet werden können. Dies sollte i. d. R. mit den beteiligten Akteuren geklärt werden.

### Sichtbarkeit der Landschaft

Wenn anhand von Visualisierungen die Wirkung der geplanten WEA auf das Landschaftsbild und/oder Kulturdenkmäler im Bereich der Belange des Denkmalschutzes dargestellt werden soll, ist es unabdingbar, dass die Landschaft bzw. das Kulturdenkmal möglichst uneingeschränkt wahrgenommen werden können. Durch vermeidbare Sicht Hindernisse werden Bilder ungeeignet.

### Lichtverhältnisse

Für eine geeignete Visualisierung sind ausreichende Lichtverhältnisse unabdingbar. Die Landschaft bzw. auch die Kulturdenkmäler sollten gut wahrnehmbar sein. Falls die Visualisierung nicht als Bewertungsgrundlage dient, sind ggf. Einschränkungen bei den Lichtverhältnissen vertretbar.

### Dunst

Dunst kann sowohl in höheren Lagen vor dem Himmel als auch in niedrigeren Bereichen vor Landschaftselementen oder in Tälern vorkommen. In beiden Fällen wird dadurch zum einen die Wahrnehmung der Landschaft und Kultur-

denkmäler sowie zum anderen auch der geplanten WEA mitunter erheblich eingeschränkt. Insofern sollten Aufnahmen bei Dunst generell vermieden werden. Im Einzelfall sind bei Visualisierungen im Nahbereich trotz Dunst in der Ferne, der aber eine gute Sichtbarkeit der nahegelegenen Landschaft zulässt, trotzdem ausreichende Bedingungen zur Aufnahme von Visualisierungsfotos gegeben.

### Sonnenstand

Die Lichtverhältnisse insgesamt sind umso besser, je höher der Sonnenstand ist. Gleichzeitig ist direktes Gegenlicht nach Möglichkeit zu vermeiden. In den Sommermonaten sind abweichend auch Fotoaufnahmen bei Gegenlicht möglich, sofern sich die Sonne selbst außerhalb des Fotobereichs befindet. Gegenlichtaufnahmen im Winterzeitraum lassen sich z. T. nicht vermeiden. Voraussetzung für die Eignung ist immer ein ausreichend hoher Sonnenstand.

### Niederschlag

Fotoaufnahmen für Visualisierungen bei Niederschlag sind generell zu vermeiden, da damit eine erhebliche Einschränkung der Sichtbedingungen einhergeht.

### Schneebedeckung

Da bei Schneebedeckung u. U. wesentliche Merkmale von Denkmälern und Landschaft nur schlecht erkennbar sind, sind Fotoaufnahmen für Visualisierungen im Rahmen von denkmalschutzfachlichen Bewertungen nur eingeschränkt und ggf. nach Abstimmung mit den beteiligten Akteuren durchführbar. Die Bewertung der optischen Wirkung geplanter WEA auf Wohnhäuser ist hingegen auch bei Schneebedeckung der Landschaft möglich, da der Landschaft selbst hier eine untergeordnete Rolle zukommt.

# CHECKLISTE 3

## PRÜFUNG VON VISUALISIERUNGEN

### [Kurz-]Bericht:

#### Angabe zur verwendeten Software

#### Angabe des verwendeten Höhenmodells

#### Angaben zu den WEA:

- Anlagentyp und Hersteller
- Nabenhöhe und Rotordurchmesser
- Koordinaten

#### Übersichtskarte:

- geeigneter Maßstab
- Markierung der Betrachtungspunkte und WEA

### Visualisierungen:

#### Angaben zur Visualisierung:

- Position der Fotoaufnahme (Koordinate)
- Kennzeichnung/Nummerierung der WEA
- Abstände zwischen WEA und Betrachtungspunkt
- Brennweite der Fotoaufnahme (50 mm) bzw. Öffnungswinkel des Panoramas
- horizontale Ausrichtung des Bildes (Himmelsrichtung als Gradzahl mit Norden = 0°)
- Uhrzeit und Datum der Fotoaufnahme
- ggf. vertikale Neigung der Kamera

#### Qualitätsmerkmale einer Visualisierung:

- WEA-Modell realistisch
- Stellung der Rotoren der WEA zufällig angeordnet (i. S. einer realistischen Darstellung)
- Kennzeichnung Luftfahrthindernisse berücksichtigt
- korrekte Positionierung der WEA in der Landschaft (ggf. Orientierung an Bestandsanlagen und markanten Punkten)
- korrekte Berücksichtigung von Sichthindernissen → Maskierung der WEA an den korrekten Stellen
- Berücksichtigung der Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse
- realistische Farbgebung der visualisierten WEA (ggf. Abgleich mit Bestandsanlagen)
- realistische Kontrast- und Dunsteinstellungen
- korrekte Dimensionierung des WEA-Modells in der Landschaft (ggf. Orientierung an Bestandsanlagen und markanten Punkten)

# GLOSSAR

## Altimeter

Dies ist ein Höhenmesser, mit dem zum einen barometrisch, also anhand des Luftdrucks, die Höhe eines Messorts über NN bestimmt wird. Zum anderen kann z. B. mithilfe eines Infrarotlasers und eines Winkelmessers zusätzlich die Höhe eines Objektes ermittelt werden.

## Bedeckungsgrad (Gesamtbedeckungsgrad)

Der Gesamtbedeckungsgrad gibt an, wie groß der Anteil des Himmelsgewölbes ist, der insgesamt mit Wolken bedeckt ist. Die Angabe erfolgt in Achteln, wobei null Achtel bedeutet, dass am Himmel keine Wolken zu sehen sind und acht Achtel, dass der Himmel vollständig mit Wolken bedeckt ist. Die verbale Einteilung lautet wie folgt:

0/8	=	wolkenlos
1 bis 3/8	=	heiter oder leicht bewölkt
4 bis 6/8	=	wolkig
7/8	=	stark bewölkt
8/8	=	bedeckt

## Betrachtungsabstand

Der Betrachtungsabstand ist der Abstand zwischen den Augen des Betrachters und der Visualisierung der WEA. I. d. R. wird dieser in Zentimetern angegeben.

## Betrachtungspunkt

Der exakt verortete Punkt in der Landschaft, für den eine Visualisierung erstellt wird. Die Auswahl eines Betrachtungspunkts erfolgt i. d. R. aus mehreren → **Fotopunkten**.

## Bildauflösung

Die Bildauflösung gibt an, aus wie vielen einzelnen Pixeln ein digitales Bild besteht. Sie berechnet sich durch Multiplikation der Pixelanzahl des Bildes pro Zeile mit der Pixelanzahl des Bildes pro Spalte.

## Bildwinkel

Der Bildwinkel ist der Winkel zwischen zwei Endpunkten des Bildformats und dem optischen Mittelpunkt. Er wird durch den Bereich des Sichtfelds definiert, der vom Bildsensor durch das Objektiv erfasst wird, und ist damit abhängig vom Sensorformat. Der Bildwinkel wird i. d. R. für die Sensor-Diagonale angegeben, kann aber auch für seine Höhe und Breite bestimmt werden. (siehe auch Abbildung unten)

## Brennweite

Dies ist der Abstand zwischen Objektiv und Aufnahmeebene (Bildsensor). Je kürzer die Brennweite bei gleichem Format, desto mehr wird von der Umgebung auf dem Bild dargestellt (Weitwinkelobjektiv). Je länger die Brennweite, desto größer werden weit entfernte Objekte abgebildet und desto kleiner ist der Bildausschnitt (Teleobjektiv).

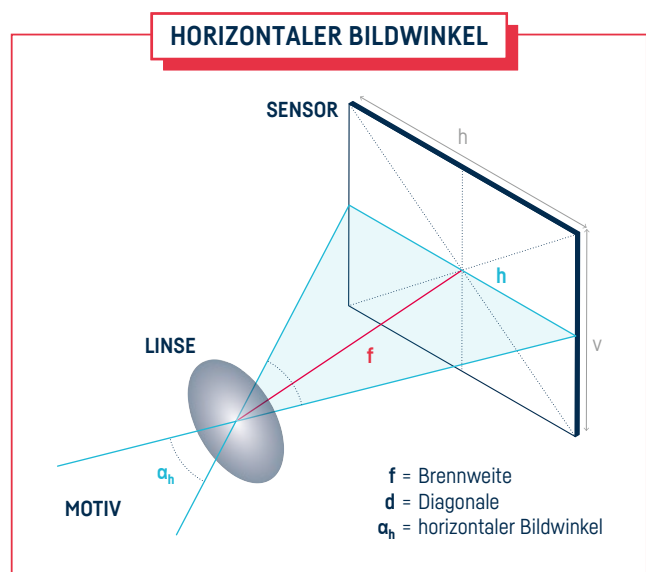
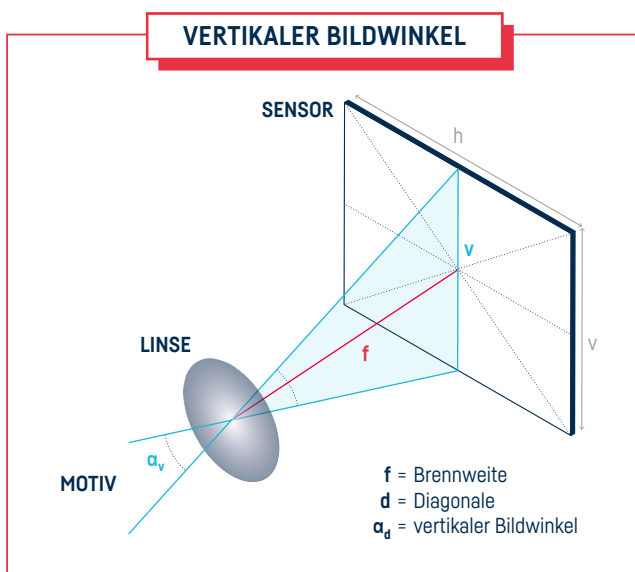
## Brennweitenäquivalent

Diejenige Brennweite einer Digitalkamera ohne → **Vollformatsensor**, die derjenigen einer Kamera mit Vollformatsensor (35-mm-Kleinbildformat) entspricht, um z. B. ein Bild mit → **Normalbrennweite** aufzunehmen. Das Brennweitenäquivalent kann aus dem Quotienten der Sensordiagonalen des Vollformatsensors mit der Sensordiagonalen des verwendeten Sensors ermittelt werden [→ **Formatfaktor** oder **Crop-Faktor**]. Um das Brennweitenäquivalent für das 35-mm-Kleinbildformat zu berechnen, wird die reale Brennweite mit dem Formatfaktor multipliziert.

Beispiel für einen APS-C-Sensor mit einer Sensordiagonalen von ~28,3 mm und einer Brennweite von 33 mm:

$$\text{Formatfaktor} = \frac{\sim 43,3 \text{ mm (Diagonale Vollformat)}}{\sim 28,3 \text{ mm (Diagonale APS-C)}} \approx 1,5$$

Brennweitenäquivalent 35-mm-Kleinbildformat:  
1,5 (Formatfaktor) × 33 mm = 49,5 mm



### Darstellungsgröße

Die Größe, in der eine Visualisierung auf einem bestimmten Medium dargestellt wird. Sie bestimmt den Betrachtungsabstand.

### Digitales Geländemodell (DGM)

Digitale Geländemodelle beschreiben die Geländeformen der Erdoberfläche durch eine in einem regelmäßigen Gitter angeordnete, in Lage und Höhe georeferenzierte Punktmenge. Sie werden von den jeweils zuständigen Landesvermessungsämtern z.T. frei zur Verfügung gestellt oder können gegen ein Entgelt bezogen werden. Diese werden i.d.R. als Rasterdaten (rechteckige Kacheln) basierend auf den gängigen → **Koordinatensystemen** ausgegeben.

### Digitales Höhenmodell

Mit einem digitalen Höhenmodell wird die Erdoberfläche anhand von digital gespeicherten Höhenwerten, die die Struktur der Erdoberfläche repräsentieren, beschrieben. Der Begriff Höhenmodell wird als Überbegriff für Digitale Geländemodelle (DGM) und Digitale Oberflächenmodelle (DOM) verwendet.

### Digitales Landschaftsmodell (DLM)

Digitale Landschaftsmodelle bilden die topographischen Objekte der Landschaft ab. Jedes Objekt ist einer Objektart zugeordnet und wird durch seine räumliche Lage, beschreibende Attribute und Beziehungen zu anderen Objekten definiert.

### Digitales Oberflächenmodell (DOM)

Höhendaten, die die Landbedeckung (Wälder, Gebäude etc.) als Höhen mit beinhalten. Gerade im Bereich von Waldflächen weichen dadurch die Höhenangaben z.T. zweistellig von den realen ab.

### DGM1

Beim digitalen Geländemodell DGM1 beträgt die Gitterweite 1m. Die Genauigkeit der Höhe ist  $\leq 0,3\text{m}$ .

### DGM50

Beim digitalen Geländemodell DGM50 beträgt die Gitterweite 50m. Die Lagegenauigkeit beträgt  $\pm 1\text{--}3\text{m}$  und die Genauigkeit der Höhe  $\pm 2\text{--}4\text{m}$ .

### Digitale Orthophotos (DOP)

Orthophotos sind hochauflösende, verzerrungsfreie, maßstabsgerechte, photographische Abbildungen der Erdoberfläche in digitaler Form. Sie werden im Rahmen von Befliegungen mit einer Bodenauflösung i.d.R. von zehn Zentimetern aufgenommen. Sie werden von den Ländern in einem 2- bis 3-jährigen Turnus durchgeführt und zur Verfügung gestellt. Die Lagegenauigkeit wird i.d.R. mit Werten von unter einem halben Meter angegeben.

### EXIF-Daten

Das Exchangeable Image File Format steht für einen Standard, der das Speichern von Metadaten in digitalen Bildern vereinheitlicht. Nahezu alle modernen Digitalkameras arbeiten mit diesem Standard, der Informationen u.a. zu Datum, Standort, → **Brennweite**, Belichtungszeit, Belichtungsindex und Blendenzahl bereitstellt. Bei gängigen Kameras ohne Vollformatsensor wird i.d.R. in den EXIF-Daten die äquivalente Brennweite des entsprechenden 35-mm-Kleinbildformats angegeben.

### Formatfaktor

Auch Crop-Faktor genannt. Beschreibt das Verhältnis zwischen der Diagonalen des verwendeten Bildsensors zur Diagonalen des → **Vollformatsensors**. Hat ein digitaler Kamerasensor z.B. einen Formatfaktor von 1,6, so errechnet sich die Diagonale des verwendeten Sensors wie folgt:  $43,3\text{mm (Vollformatsensor)}/1,6 = 27\text{mm}$ .

### Fotopunkt

Derjenige exakt verortete Punkt, von dem aus Fotoaufnahmen als Basis für eine Visualisierung bei einer Ortsbesichtigung gemacht werden. I.d.R. wird aus mehreren Fotopunkten ein geeigneter → **Betrachtungspunkt** ausgewählt.

### Fusion

Die Verschmelzung der binokularen Bildeindrücke des rechten und des linken Auges zu einem einzigen Seheindruck.

### Fusionsblickfeld

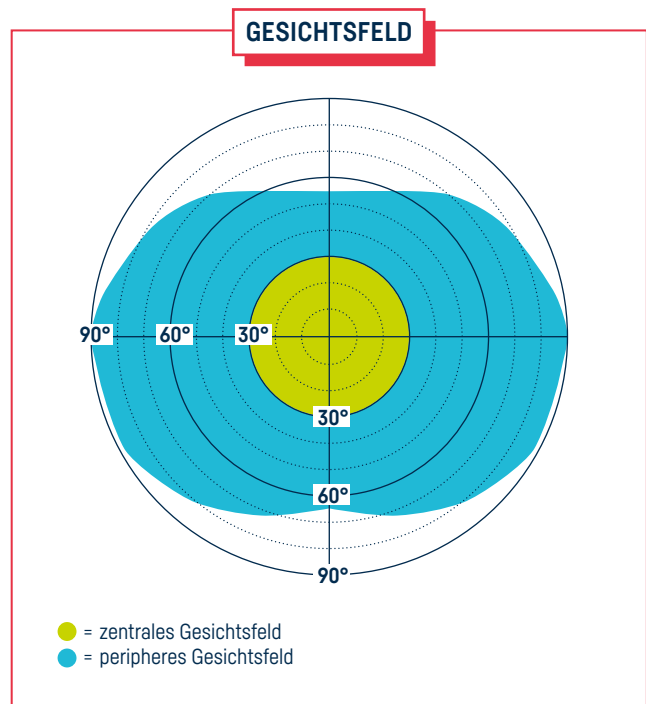
Der Bereich des dreidimensionalen und scharfen binokularen Sehens in Ruheposition (→ **stereoskopisches Sehen**). Es deckt einen Kreisbereich von ca.  $60^\circ$  ab.

### Geoinformationssystem (GIS)

Informationssystem zur Erfassung, Bearbeitung und Analyse räumlicher Daten.

### Gesichtsfeld

Der Bereich des Raumes, der vom Menschen bei gerader Kopfhaltung und unbewegtem Auge wahrgenommen wird. Es umfasst das → **zentrale Sehen** und das → **periphere Sehen**, ist annähernd kreisförmig und umfasst ca.  $60^\circ$ .



### Hintergrundkarten

Digitale Topographische Karten werden von den jeweils zuständigen Landesvermessungsämtern z. T. frei zur Verfügung gestellt oder können gegen ein Entgelt bezogen werden. Daneben gibt es auch offene Kartenformate, die von einer gängigen Software zumeist direkt in ein Projekt eingebunden werden können.

### Historische Kulturlandschaft

Historisch gewachsene Kulturlandschaften zeichnen sich dadurch aus, dass sie von Nutzungen, Einzelelementen und sonstigen räumlichen Strukturen geprägt werden, die aus vorangegangenen Epochen und Zeitabschnitten stammen. Hierzu zählen landwirtschaftlich geprägte Gebiete, aber auch Siedlungsformen usw.

### ISO-Wert/ISO-Zahl

Der ISO-Wert ist ein Maß der Empfindlichkeit des Sensors bzw. des Films bei analogen Kameras. Je empfindlicher, also höher der ISO-Wert, desto weniger Licht ist für die richtige Belichtung notwendig.

### Kleinbildformat

Das Kleinbildformat für unbewegte Bilder leitet sich vom Normalfilm einer Filmkamera ab, bei dem der Filmstreifen 35 mm breit ist. Das Aufnahmeformat entspricht dem Seitenverhältnis 3:2 mit den Abmaßen 36 × 24 mm.

### Koordinatensystem

Ein Koordinatensystem ist ein Bezugssystem, um geometrische Positionen von Punkten im Raum zu beschreiben. Das Bezugssystem ETRS89/UTM (Universal Transverse Mercator), welches bei den Vermessungsämtern der Bundesländer das Gauß-Krüger-System (GK) ersetzen soll bzw. bereits ersetzt hat, ist bundesweit als einheitlicher amtlicher Standard festgelegt.

### Kulturdenkmal

Ein Kulturdenkmal ist ein Objekt oder Bauwerk, das von Menschenhand geschaffen wurde und als Zeugnis einer Kultur gilt. Durch den besonderen historischen Wert des Objekts und das öffentliche Interesse am Erhalt dessen, steht dieses unter Denkmalschutz.

### Normalbrennweite

Dies ist die → **Brennweite**, bei der die Größenverhältnisse der Umgebung entsprechend der menschlichen Wahrnehmung abgebildet werden. Bei einem Sensor im → **Kleinbildformat** von 24 × 36 mm oder bei Digitalkameras mit → **Vollformatsensor** beträgt die Brennweite eines Normalobjektivs etwa 50 mm. Über den → **Formatfaktor** kann dieser Wert auch auf andere Kameramodelle mit abweichenden Sensorformaten umgerechnet werden.

### Optimaler Betrachtungsabstand

Der optimale Betrachtungsabstand bezeichnet den Abstand, den der Betrachter zur dargestellten Visualisierung einnehmen muss, um die Abbildung so wahrzunehmen, als stünde er am Ort der Fotoaufnahme. Er ist relativ zur → **Darstellungsgröße**. Für eine Aufnahme mit → **Normalbrennweite** gilt dabei, dass der Abstand zur Aufnahme der Diagonalen der Darstellung entsprechen sollte. Diese ergibt sich aus der Aufnahmetechnik: Eine Aufnahme mit Normalbrennweite von 43,3 mm füllt die Fläche eines Vollformatsensors (36 × 24 mm) vollständig aus. Die Diagonale des Sensors beträgt dabei in etwa 43,3 mm. Würde man jetzt eine Abbildung in der Größe 36 × 24 mm (bspw. im Diarahmen) in einem Abstand von 4,3 cm vor das Auge

führen, dann würde die Szene in der gleichen Perspektive wie am Standort der Aufnahme wahrgenommen. Dieses Schema lässt sich auf jede Abbildungsgröße anwenden.

Da der Standard für die Normalbrennweite jedoch bei 50 mm liegt, muss für den optimalen Abstand davon ausgegangen werden, dass die Sensordiagonale bei 50 mm liegt. Die Schlussfolgerung daraus ist, dass die Diagonale von Abbildungen, für die 50-mm-Aufnahmen verwendet wurden, mit dem Faktor 1,155 multipliziert werden muss, um den berechtigten Abstand zu erhalten (die Diagonale 50 mm ist um den Faktor 1,155 größer als die Diagonale 43,3 mm).

### Peripheres Sehen

Als Peripheres Sehen bezeichnet man die Wahrnehmung von Objekten innerhalb des Gesichtsfeldes, die nicht direkt angesehen werden, aber an den Rändern mit geringerer Schärfe dennoch wahrgenommen werden.

### Raumwirkung

Jedes Objekt steht in einem räumlichen Kontext und hat somit Auswirkungen auf seine Umgebung. Diese können visuell, strukturell, funktional und/oder assoziativ/ideell sein. Die Gesamtheit der feststellbaren Bezüge bezeichnet man als Raumwirkung.

### Referenzpunkt

Ein Referenzpunkt markiert innerhalb der virtuellen Landschaft der Visualisierungssoftware die Position des dazugehörigen Referenzobjekts in der realen Landschaft. Als Referenzobjekte eignen sich z. B. bereits vorhandene WEA, Hochspannungsleitungen oder einzelne Bäume, welche auf Luftbildern eindeutig identifizierbar sind oder deren Position vor Ort exakt bestimmt wurde. Mithilfe eines oder mehrerer Referenzpunkte kann die exakte Einpassung des Bildes in die virtuelle Landschaft vorgenommen werden.

### Sichtachse

Eine gedachte und erfassbare Sichtlinie zwischen Punkt A (Betrachtungspunkt) und B (Objekt). Im Gegensatz zu einem „Sichtwinkel“, der eher einen deutlich ausgeweiteten Raumbezug erfasst, hat die Sichtachse einen konkreten direkten, linearen Sichtbezug. Dies kann zum Beispiel der Blick auf ein Denkmal sein oder auf ein anderes landschaftsprägendes Objekt. Auch bestehen nicht selten künstlerisch inszenierte Sichtachsen in Schloss- und Landschaftsparks.

### Sichtbarkeitsanalyse

Mittels der Berechnung der Sichtbarkeiten in einem vorab z. B. als Punktraster definierten Bereich lässt sich die Sichtbarkeit von Bezugspunkten (z. B. WEA oder andere Bauwerke) in der Umgebung überprüfen. Von jedem Rasterpunkt des Geländes erfolgt dann in Richtung der Bezugspunkte die Kontrolle, ob ein programmintern geschickter „Strahl“ (= Blick) ankommt oder nicht, was „sichtbar“ oder „nicht sichtbar“ entspricht. Die Grundlage der Berechnungen bilden → **DGM**, → **DLM** oder → **DOM**. Hindernisse (z. B. Wald oder Gebäude basierend auf einem DLM) können dabei mit Relieffdaten verknüpft werden (= Horizontüberhöhung des Reliefs durch die Hindernisse).



### Sonnenstand

Die Position der Sonne bezogen auf den Betrachtungspunkt B wird durch ihre Richtung, dem sogenannten Horizontalwinkel [Azimut], sowie durch ihren Höhenwinkel bestimmt. In der vereinfachten Grafik ist der Azimut dem jeweiligen Punkt auf dem Kreis zu entnehmen. Der Höhenwinkel  $a_v$  ist für die drei Beispiele jeweils gekennzeichnet. Der Sonnenstand an einem bestimmten Punkt auf der Erde verändert sich im Laufe eines Jahres durch die Erdrotation und den Erdumlauf um die Sonne. So wird der Sonnenstand 1, blau markiert, am Beispiel-Standort Stuttgart ungefähr am 15.8. um 7:15 Uhr erreicht (Azimut:  $90^\circ$ ,  $a_{v1}$ :  $20^\circ$ ). Sonnenstand 2, grün markiert, wird ungefähr am 15.1. um 10 Uhr erreicht (Azimut:  $145^\circ$ ,  $a_{v2}$ :  $13^\circ$ ). Sonnenstand 3, rot markiert, wird ungefähr am 15.4. um 13:50 Uhr erreicht (Azimut:  $212^\circ$ ,  $a_{v3}$ :  $47^\circ$ ).

Das polare Sonnenstandsdiagramm zeigt den Jahresgang der Sonne für Stuttgart. Die roten Linien repräsentieren den Tagesgang der Sonne nach Höhe und Richtung für jeweils den 15. eines jeden Monats. Gleichzeitig sind alle vollen Stunden, an denen die Sonne potenziell scheint, als Punkt auf jeder Tageslinie markiert.

### Stereoskopisches Sehen

Stereoskopisches Sehen ist das Sehen mit Tiefenwahrnehmung. Es ist möglich, in dem Bereich, in dem sich die Gesichtsfelder beider Augen (→ **Fusionsblickfeld**) überschneiden.

### Tiefenschärfe/Schärfentiefe

Bei der Fotografie mit Objektiv ist es immer nur möglich, das Foto auf eine Distanz scharf zu stellen. Je weiter sich Objekte davon entfernt befinden, desto unschärfer werden sie. Innerhalb eines Bereichs um die scharfe Distanz ist die Unschärfe allerdings derart gering, dass sie vom Betrachter eines Bildes nicht wahrgenommen werden kann. Die Grenzen dieses Bereichs bestimmen die Ausdehnung der Schärfe des Fotos. Grundsätzlich gilt, dass je kleiner Blende und kürzer die **→ Brennweite** die Tiefenschärfe zunimmt.

### Vollformatsensor

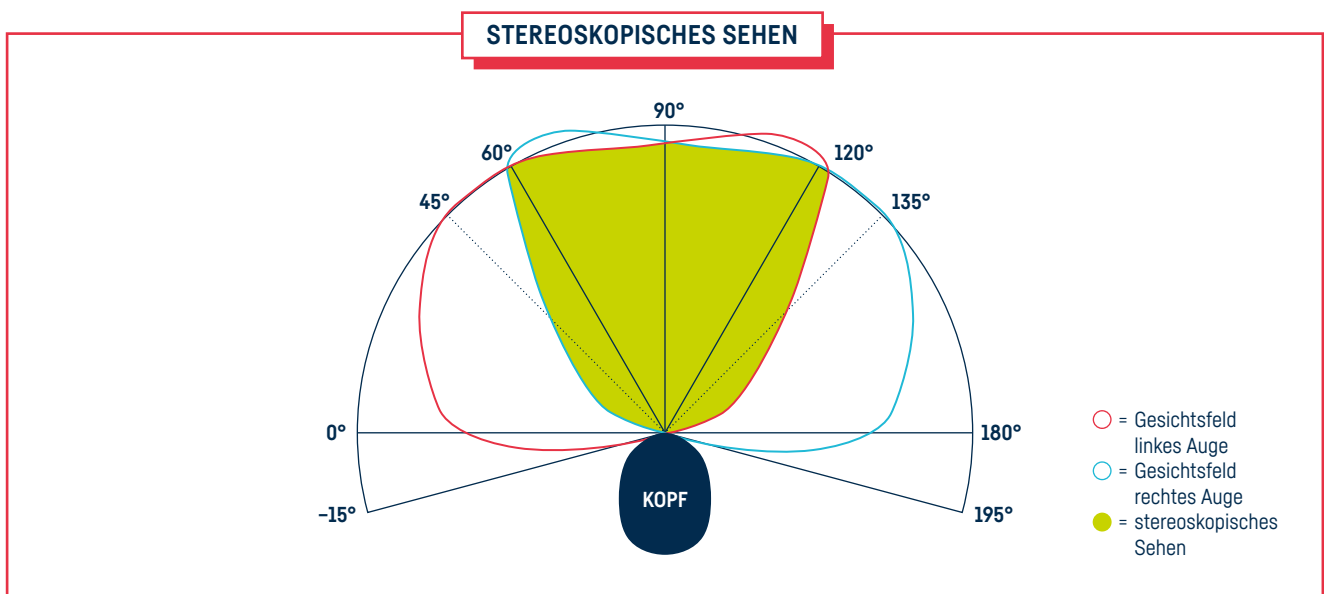
Der Begriff Vollformatsensor beschreibt einen in Digitalkameras verbauten elektronischen Bildsensor. Dieser entspricht in seinen Abmessungen in etwa dem Bildformat des 35 mm **→ Kleinbildformats** mit 36 mm Breite und 24 mm Höhe.

### Wirkungsraum

Der Wirkungsraum eines Objekts (z. B. Windenergieanlage und Denkmal) beschreibt die Ausdehnung sämtlicher räumlicher Bezüge in ihrer Fläche.

### Zentrales Sehen

Beim Zentralen Sehen, auch foveales Sehen genannt, wird direkt auf das wahrzunehmende Objekt geblickt, das Bild wird in der zentralen Stelle der Netzhaut, der Fovea, abgebildet. Die Sehschärfe ist in diesem Bereich am größten.



# BILDBEISPIELE WETTERBEDINGUNGEN

Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse I.....	41
Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse II.....	44
(Negativ-)Beispiele Wetterbedingungen.....	48



# Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse I

Die gezeigten Beispiele stellen verschiedene Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse und deren Einfluss auf das Erscheinungsbild der WEA zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten dar. Inwieweit die dargestellten Bedingungen als Grundlage für eine Visualisierung geeignet sind, ergibt sich im Einzelfall je nach Verwendungszweck.

Alle vier Bilder zeigen eine bestehende WEA älteren Typs (Gesamthöhe: 100 m) zu unterschiedlichen Jahres- und Tageszeiten und mit verschiedenen Bedeckungsgraden. Der Abstand beträgt ca. 1.700 m.



**Datum, Uhrzeit:** 21.7.2020, 10:30 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 110°

**Sonnenstand:** vertikal 44°, horizontal 115°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** 5° (vorne oberhalb)

**Bedeckungsgrad:** ca. 3/8

**Sichtbedingungen:** klar



**Datum, Uhrzeit:** 21.7.2020, 19:45 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 110°

**Sonnenstand:** vertikal 13°, horizontal 286°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** 176° (zentral im Rücken)

**Bedeckungsgrad:** ca. 1/8

**Sichtbedingungen:** sehr klar



**Datum, Uhrzeit:** 23.7.2020, 21:06 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 110°

**Sonnenstand:** vertikal 1,6°, horizontal 301°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -169° (im Rücken)

**Bedeckungsgrad:** ca. 3-4/8

**Sichtbedingungen:** klar, rötliches Abendlicht



**Datum, Uhrzeit:** 24.7.2020, 15:41 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 110°

**Sonnenstand:** vertikal 49°, horizontal 232°

**Sonnenstand rel. zur Blickrichtung:** 122° (rechts, leicht von hinten)

**Bedeckungsgrad:** ca. 7/8

**Sichtbedingungen:** klar

# Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse I

Die gezeigten Beispiele stellen verschiedene Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse und deren Einfluss auf das Erscheinungsbild der WEA zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten dar. Inwieweit die dargestellten Bedingungen als Grundlage für eine Visualisierung geeignet sind, ergibt sich im Einzelfall je nach Verwendungszweck.

Alle vier Bilder zeigen eine bestehende WEA älteren Typs (Gesamthöhe: 100 m) zu unterschiedlichen Jahres- und Tageszeiten und mit verschiedenen Bedeckungsgraden. Der Abstand beträgt ca. 1.700 m.



**Datum, Uhrzeit:** 31.7.2020, 7:50 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 110°

**Sonnenstand:** vertikal: 18°, horizontal: 83°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -27° [vorne links]

**Bedeckungsgrad:** ca. 0-1/8

**Sichtbedingungen:** sehr klar, WEA dunkel im Gegenlicht



**Datum, Uhrzeit:** 18.9.2020, 14:28 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 110°

**Sonnenstand:** vertikal: 38°, horizontal: 204°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** 94° [seitlich rechts]

**Bedeckungsgrad:** ca. 0/8

**Sichtbedingungen:** sehr klar, Licht und Schatten auf der WEA



**Datum, Uhrzeit:** 18.9.2020, 19:11 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 110°

**Sonnenstand:** vertikal: 2°, horizontal: 270°

**Sonnenstand rel. zur Blickrichtung:** 160° [im Rücken, leicht rechts]

**Bedeckungsgrad:** ca. 1/8

**Sichtbedingungen:** klar, gelb-oranges Abendlicht



**Datum, Uhrzeit:** 30.10.2020, 14:13 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 110°

**Sonnenstand:** vertikal: 19°, horizontal: 213°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** 103° [seitlich rechts]

**Bedeckungsgrad:** ca. 8/8

**Sichtbedingungen:** sehr klar

# Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse I

Die gezeigten Beispiele stellen verschiedene Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse und deren Einfluss auf das Erscheinungsbild der WEA zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten dar. Inwieweit die dargestellten Bedingungen als Grundlage für eine Visualisierung geeignet sind, ergibt sich im Einzelfall je nach Verwendungszweck.

Alle vier Bilder zeigen eine bestehende WEA älteren Typs (Gesamthöhe: 100 m) zu unterschiedlichen Jahres- und Tageszeiten und mit verschiedenen Bedeckungsgraden. Der Abstand beträgt ca. 1.700 m.



**Datum, Uhrzeit:** 4.11.2020, 8:21 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 110°

**Sonnenstand:** vertikal: 7°, horizontal: 127°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** 17° [vorne rechts]

**Bedeckungsgrad:** ca. 5/8

**Sichtbedingungen:** klar, leichter Dunst am Boden



**Datum, Uhrzeit:** 20.11.2020, 8:45 Uhr

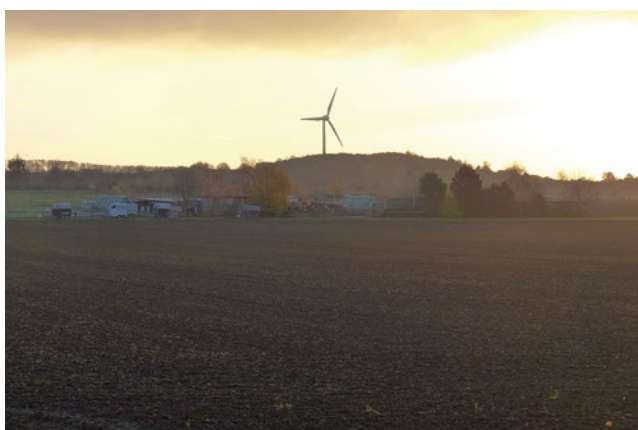
**Blickrichtung (N = 0°):** 110°

**Sonnenstand:** vertikal: 6,4°, horizontal: 133°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** 23° [vorne rechts]

**Bedeckungsgrad:** ca. 8/8

**Sichtbedingungen:** vollständig bedeckt, leichter Dunst



**Datum, Uhrzeit:** 23.11.2020, 8:16 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 110°

**Sonnenstand:** vertikal: 2°, horizontal: 128°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** 18° [vorne rechts]

**Bedeckungsgrad:** ca. 4-5/8

**Sichtbedingungen:** starkes gelbliches Gegenlicht, leichter Dunst



**Datum, Uhrzeit:** 12.2.2021, 16:55 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 110°

**Sonnenstand:** vertikal: 4°, horizontal: 242°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** 132° [rechts im Rücken]

**Bedeckungsgrad:** ca. 0-1/8

**Sichtbedingungen:** klar

# Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse II

Die gezeigten Beispiele stellen verschiedene Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse und deren Einfluss auf das Erscheinungsbild der WEA zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten dar. Inwieweit die dargestellten Bedingungen als Grundlage für eine Visualisierung geeignet sind, ergibt sich im Einzelfall je nach Verwendungszweck.

Alle vier Bilder zeigen vier bestehende WEA mit einer Gesamthöhe von 207m zu unterschiedlichen Jahres- und Tageszeiten und mit verschiedenen Bedeckungsgraden. Der Abstand beträgt ca. 8 km.



**Datum, Uhrzeit:** 21.7.2020, 10:26 Uhr  
**Blickrichtung (N = 0°):** 223°  
**Sonnenstand:** vertikal: 43°, horizontal: 114°  
**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -109° [seitlich links]  
**Bedeckungsgrad:** ca. 5/8  
**Sichtbedingungen:** klar



**Datum, Uhrzeit:** 21.7.2020, 19:45 Uhr  
**Blickrichtung (N = 0°):** 223°  
**Sonnenstand:** vertikal: 14°, horizontal: 285°  
**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** 62° [rechts, leicht entgegen]  
**Bedeckungsgrad:** ca. 0-1/8  
**Sichtbedingungen:** sehr klar



**Datum, Uhrzeit:** 23.7.2020, 21:02 Uhr  
**Blickrichtung (N = 0°):** 223°  
**Sonnenstand:** vertikal: 2°, horizontal: 301°  
**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** 78° [seitlich rechts]  
**Bedeckungsgrad:** ca. 4/8  
**Sichtbedingungen:** geringer Dunst, gelb-oranges Abendlicht

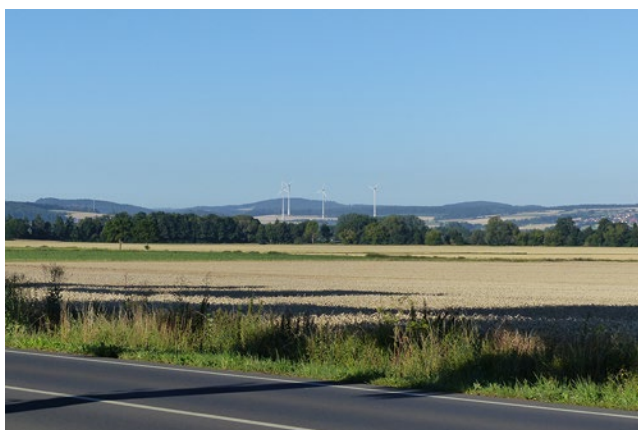


**Datum, Uhrzeit:** 24.7.2020, 15:37 Uhr  
**Blickrichtung (N = 0°):** 223°  
**Sonnenstand:** vertikal: 49°, horizontal: 231°  
**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** 8° [vorne, oberhalb]  
**Bedeckungsgrad:** ca. 6-7/8  
**Sichtbedingungen:** leichter Dunst

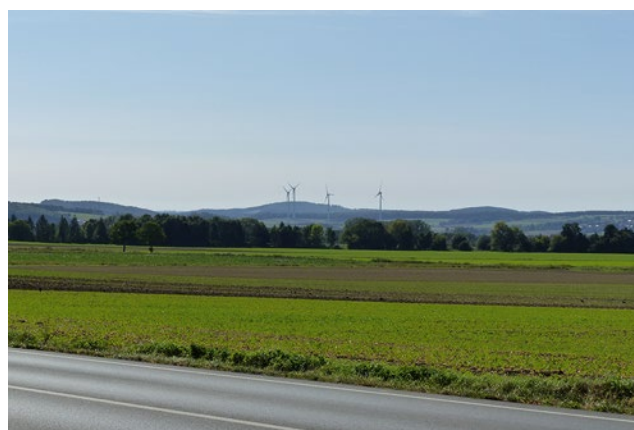
# Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse II

Die gezeigten Beispiele stellen verschiedene Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse und deren Einfluss auf das Erscheinungsbild der WEA zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten dar. Inwieweit die dargestellten Bedingungen als Grundlage für eine Visualisierung geeignet sind, ergibt sich im Einzelfall je nach Verwendungszweck.

Alle vier Bilder zeigen vier bestehende WEA mit einer Gesamthöhe von 207m zu unterschiedlichen Jahres- und Tageszeiten und mit verschiedenen Bedeckungsgraden. Der Abstand beträgt ca. 8 km.



**Datum, Uhrzeit:** 31.7.2020, 7:44 Uhr  
**Blickrichtung (N = 0°):** 223°  
**Sonnenstand:** vertikal: 17°, horizontal: 82°  
**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -141° (hinten, schräg links)  
**Bedeckungsgrad:** ca. 0/8  
**Sichtbedingungen:** klar, minimaler Dunst



**Datum, Uhrzeit:** 18.9.2020, 14:23 Uhr  
**Blickrichtung (N = 0°):** 223°  
**Sonnenstand:** vertikal: 38°, horizontal: 202°  
**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -21° (vorne links, oberhalb)  
**Bedeckungsgrad:** ca. 1-2/8  
**Sichtbedingungen:** klar, WEA dunkel im Gegenlicht



**Datum, Uhrzeit:** 28.10.2020, 17:59 Uhr  
**Blickrichtung (N = 0°):** 223°  
**Sonnenstand:** vertikal: -10°, horizontal: 261°  
**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** 38° (vorne, schräg rechts)  
**Bedeckungsgrad:** ca. 6-7/8  
**Sichtbedingungen:** sehr dunkel, minimaler Dunst



**Datum, Uhrzeit:** 30.10.2020, 14:17 Uhr  
**Blickrichtung (N = 0°):** 223°  
**Sonnenstand:** vertikal: 18°, horizontal: 214°  
**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -9° (vorne)  
**Bedeckungsgrad:** ca. 8/8  
**Sichtbedingungen:** klar, minimaler Dunst

# Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse II

Die gezeigten Beispiele stellen verschiedene Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse und deren Einfluss auf das Erscheinungsbild der WEA zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten dar. Inwieweit die dargestellten Bedingungen als Grundlage für eine Visualisierung geeignet sind, ergibt sich im Einzelfall je nach Verwendungszweck.

Alle vier Bilder zeigen vier bestehende WEA mit einer Gesamthöhe von 207m zu unterschiedlichen Jahres- und Tageszeiten und mit verschiedenen Bedeckungsgraden. Der Abstand beträgt ca. 8 km.



**Datum, Uhrzeit:** 4.11.2020, 8:14 Uhr

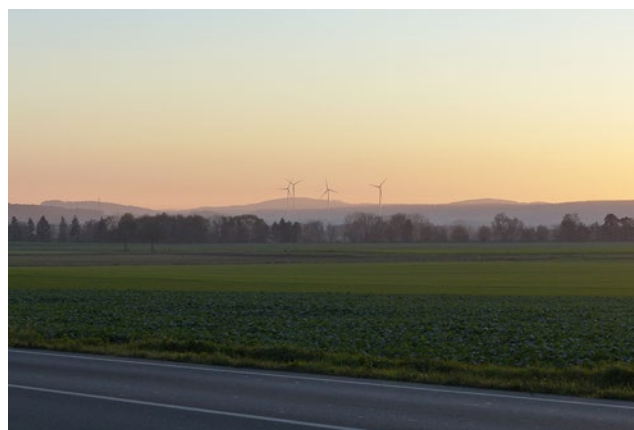
**Blickrichtung (N = 0°):** 223°

**Sonnenstand:** vertikal: 7°, horizontal: 125°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -98° [seitlich links]

**Bedeckungsgrad:** ca. 1-2/8

**Sichtbedingungen:** klar, minimaler Dunst



**Datum, Uhrzeit:** 6.11.2020, 16:30 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 223°

**Sonnenstand:** vertikal: 1°, horizontal: 242°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** 19° [vorne, schräg rechts]

**Bedeckungsgrad:** ca. 4-5/8

**Sichtbedingungen:** dunstig, rotes Abendlicht



**Datum, Uhrzeit:** 18.11.2020, 9:33 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 223°

**Sonnenstand:** vertikal: 12°, horizontal: 144°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -79° [seitlich links]

**Bedeckungsgrad:** ca. 8/8

**Sichtbedingungen:** klar, geringer Dunst



**Datum, Uhrzeit:** 18.11.2020, 14:53 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 223°

**Sonnenstand:** vertikal: 10°, horizontal: 220°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -3° [vorne]

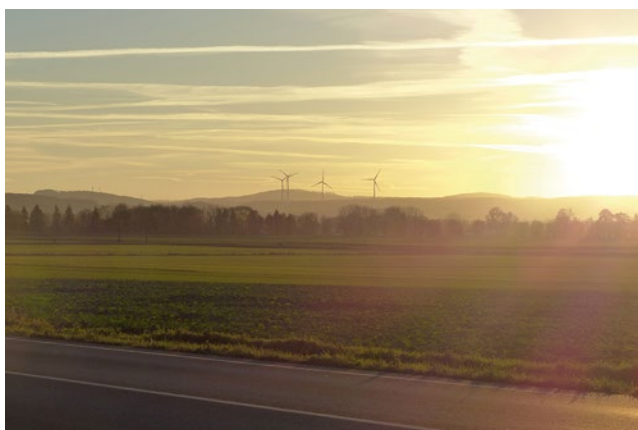
**Bedeckungsgrad:** ca. 1-2/8

**Sichtbedingungen:** dunstig mit Gegenlicht

# Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse II

Die gezeigten Beispiele stellen verschiedene Wetterbedingungen und Lichtverhältnisse und deren Einfluss auf das Erscheinungsbild der WEA zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten dar. Inwieweit die dargestellten Bedingungen als Grundlage für eine Visualisierung geeignet sind, ergibt sich im Einzelfall je nach Verwendungszweck.

Alle vier Bilder zeigen vier bestehende WEA mit einer Gesamthöhe von 207m zu unterschiedlichen Jahres- und Tageszeiten und mit verschiedenen Bedeckungsgraden. Der Abstand beträgt ca. 8 km.



**Datum, Uhrzeit:** 18.11.2020, 16:00 Uhr  
**Blickrichtung (N = 0°):** 223°  
**Sonnenstand:** vertikal: 3°, horizontal: 234°  
**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** 11° [vorne rechts]  
**Bedeckungsgrad:** ca. 3/8  
**Sichtbedingungen:** leicht dunstig, gelb-oranges Gegenlicht



**Datum, Uhrzeit:** 23.11.2020, 8:09 Uhr  
**Blickrichtung (N = 0°):** 223°  
**Sonnenstand:** vertikal: 2°, horizontal: 126°  
**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -97° [links]  
**Bedeckungsgrad:** ca. 4/8  
**Sichtbedingungen:** leicht dunstig, rötliches Morgenlicht



**Datum, Uhrzeit:** 30.11.2020, 12:36 Uhr  
**Blickrichtung (N = 0°):** 223°  
**Sonnenstand:** vertikal: 17°, horizontal: 186°  
**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -37° [vorne, schräg links]  
**Bedeckungsgrad:** ca. 6-7/8  
**Sichtbedingungen:** etwas dunstig



**Datum, Uhrzeit:** 14.2.2021, 10:54 Uhr  
**Blickrichtung (N = 0°):** 223°  
**Sonnenstand:** vertikal: 22°, horizontal: 154°  
**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -69° [links]  
**Bedeckungsgrad:** ca. 1/8  
**Sichtbedingungen:** etwas dunstig

## (Negativ-)Beispiele Wetterbedingungen



**Datum, Uhrzeit:** 5.11.2020, 14:16 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 223°

**Sonnenstand:** vertikal: 17°, horizontal: 213°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -10° [vorne]

**Bedeckungsgrad:** ca. 4-5/8

Es herrscht annähernd direktes Gegenlicht bei einem relativ niedrigen Sonnenstand [17°]. Darüber hinaus liegt im Bereich der ca. acht Kilometer entfernten WEA Dunst vor, der verstärkt durch das Gegenlicht eine Wahrnehmbarkeit der WEA und der Landschaft im Bereich der WEA und weiter entfernt erheblich eingeschränkt. Insofern sind hier die Fotobedingungen für Visualisierungen hinsichtlich der Wirkung geplanter WEA auf das Landschaftsbild und/oder Kulturdenkmäler im Bereich der Belange des Denkmalschutzes nicht geeignet.

Im Nahbereich bis ca. 2.000m liegen relativ klare Sichtbedingungen vor. Daher wären Fotoaufnahmen als Grundlage für eine Visualisierung zur Bewertung der optischen Wirkung von WEA auf umliegende Wohnhäuser möglich (siehe - Kapitel 4.2).



**Datum, Uhrzeit:** 20.11.2020, 8:38 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 223°

**Sonnenstand:** vertikal: 6°, horizontal: 132°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -91° [links]

**Bedeckungsgrad:** ca. 8/8

Es besteht seitliches Licht bei einem sehr niedrigen Sonnenstand [6°] jedoch kein direktes Sonnenlicht. Im Bereich der ca. acht Kilometer entfernten WEA liegt etwas Dunst vor und daneben dominieren dunkle tiefhängende Wolken. Die Wahrnehmbarkeit der WEA ist aufgrund des sehr geringen Kontrasts zwischen WEA und Himmel erheblich eingeschränkt. Somit sind die Fotobedingungen für Visualisierungen hinsichtlich der Wirkung geplanter WEA auf das Landschaftsbild und/oder Kulturdenkmäler ungeeignet.

Da im Nahbereich bis ca. 2.000m klare Sichtbedingungen vorherrschen, wären Fotoaufnahmen als Grundlage für eine Visualisierung zur Bewertung der optischen Wirkung von WEA auf umliegende Wohnhäuser möglich.



## (Negativ-)Beispiele Wetterbedingungen



**Datum, Uhrzeit:** 24.11.2020, 9:46 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 223°

**Sonnenstand:** vertikal: 12°, horizontal: 147°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -76° [links]

**Bedeckungsgrad:** ca. 8/8

Es besteht indirektes seitliches Licht bei einem relativ niedrigen Sonnenstand [12°]. Im Bereich der ca. acht Kilometer entfernten WEA liegt erheblicher Dunst vor, der eine Wahrnehmbarkeit der WEA und der Landschaft im Bereich der WEA und weiter entfernt erheblich einschränkt. Demzufolge sind hier die Fotobedingungen für Visualisierungen hinsichtlich der Wirkung geplanter WEA auf das Landschaftsbild und/oder Kulturdenkmäler nicht geeignet.

Da im Nahbereich bis ca. 2.000m relativ klare Sichtbedingungen vorliegen, wären Fotoaufnahmen als Grundlage für eine Visualisierung zur Bewertung der optischen Wirkung von WEA auf umliegende Wohnhäuser möglich.



**Datum, Uhrzeit:** 8.2.2021, 13:02 Uhr

**Blickrichtung (N = 0°):** 223°

**Sonnenstand:** vertikal: 23°, horizontal: 187°

**Sonnenstand relativ zur Blickrichtung:** -36° [links]

**Bedeckungsgrad:** ca. 8/8

Es herrscht seitliches Licht von vorne aber kein direktes Sonnenlicht. Im Bereich der ca. acht Kilometer entfernten WEA liegt Dunst vor, der sich im Bereich hinter den Anlagen verdichtet. Daneben überwiegen dunkelgraue tiefhängende Wolken. Die Wahrnehmbarkeit der WEA ist aufgrund des sehr geringen Kontrasts zwischen WEA und Himmel sowie WEA und der teils schneebedeckten Landschaft äußerst eingeschränkt. Daher sind hier die Fotobedingungen für Visualisierungen hinsichtlich der Wirkung geplanter WEA auf das Landschaftsbild und/oder Kulturdenkmäler ungeeignet.

Da im Nahbereich bis ca. 2.000m klare Sichtbedingungen vorliegen, wären unabhängig von der Schneebedeckung Fotoaufnahmen als Grundlage für eine Visualisierung zur Bewertung der optischen Wirkung von WEA auf umliegende Wohnhäuser möglich.

# BILDBEISPIELE VISUALISIERUNGEN

<b>Eignung Visualisierung I</b> .....	<b>51</b>
<b>Eignung Visualisierung II</b> .....	<b>52</b>
<b>Eignung Visualisierung III</b> .....	<b>53</b>
<b>Darstellung einer Visualisierung: Normalbrennweite I</b> .....	<b>54</b>
<b>Darstellung einer Visualisierung: Normalbrennweite II</b> .....	<b>56</b>
<b>Darstellung einer Visualisierung: Panoramadarstellung</b> .....	<b>59</b>

# Eignung Visualisierung I

Bei der Visualisierung ist ein leichter seitlicher Versatz der WEA von ca. 20–30 m nach links im Vergleich zur tatsächlichen Position der WEA zu erkennen.

Zudem liegt eine leichte horizontale Neigung des Bildes nach links vor.

**Trotz des leichten Versatzes bei der Positionierung ist die Visualisierung geeignet, denn das Erscheinungsbild der WEA wird nicht verfälscht.**

ERRICHTETE WEA



**Datum, Uhrzeit:** 21.6.2017, 15:29 Uhr

**Abstand WEA:** ca. 3,3–4,5 km

**Blickrichtung (N = 0°):** 75°

VISUALISIERUNG VORAB



**Datum, Uhrzeit:** 21.8.2014, 10:16 Uhr

**Abstand WEA:** ca. 3,3–4,5 km

**Blickrichtung (N = 0°):** 75°

# Eignung Visualisierung II

Bei der Visualisierung ist keine Abweichung der Höhe sowie der räumlichen Positionierung der WEA zu erkennen.

Die Dimensionen der WEA wirken aufgrund der unterschiedlichen Lichtverhältnisse und Rotorstellungen beider Bilder nur vermeintlich unterschiedlich.

**Trotz einer minimalen horizontalen Neigung des Bildes ist diese Visualisierung geeignet.**

ERRICHTETE WEA



**Datum, Uhrzeit:** 21.6.2017, 14:49 Uhr

**Abstand WEA:** ca. 2,7–3,7 km

**Blickrichtung (N = 0°):** 299°

VISUALISIERUNG VORAB



**Datum, Uhrzeit:** 21.8.2014, 9:47 Uhr

**Abstand WEA:** ca. 2,7–3,7 km

**Blickrichtung (N = 0°):** 299°

## Eignung Visualisierung III

Die Lage der WEA im Raum ist nahezu korrekt dargestellt. Nur die beiden näher gelegenen WEA im linken Bereich des Bildes sind hinter dem sichtbegrenzenden Höhenzug platziert, befinden sich aber eigentlich im Vordergrund. Es wurde ein Teleobjektiv mit deutlich mehr als 50-mm-Brennweite verwendet. Die Höhen der WEA sind überdimensioniert. Die Stellung und Ausrichtung der Rotoren sind bei allen WEA gleich. Darüber hinaus entspricht die weißliche Farbgebung der WEA nicht den vorliegenden Lichtverhältnissen, wodurch diese deutlich hervortreten. **Da ein unrealistisches nicht der menschlichen Wahrnehmung entsprechendes Erscheinungsbild der WEA dargestellt wird, ist diese Visualisierung ungeeignet.**

ERRICHTETE WEA



**Datum, Uhrzeit:** 21.6.2017, 14:49 Uhr

**Abstand WEA:** ca. 2,7–3,7 km

**Blickrichtung (N = 0°):** 299°

VISUALISIERUNG VORAB



**Datum, Uhrzeit:** 21.8.2014, 9:47 Uhr

**Abstand WEA:** ca. 2,7–3,7 km

**Blickrichtung (N = 0°):** 299°

# Darstellung einer Visualisierung: Normalbrennweite I

ORIGINAL



Im Bild befinden sich zwei temporäre Elemente, ein Baukran und ein Windmessmast, welche nach Errichtung der WEA nicht mehr existieren werden. Entsprechend werden diese aus dem Bild herausretuschiert.



**Optimaler Betrachtungsabstand:** 32cm

**Datum, Uhrzeit:**  
21.8.2014, 9:47 Uhr

**Brennweite**  
**(36 × 24 mm Film):**  
51mm

**Koordinaten Fotopunkt**  
**(UTM/ETRS89, Zone 32):**  
Ost: 552.259  
Nord: 5.674.565

**Horizont. Ausrichtung**  
**des Fotos (N = 0°):**  
299°

# Darstellung einer Visualisierung: Normalbrennweite I

VISUALISIERUNG



Die geplanten WEA sind allesamt sichtbar. Von den fünf nähergelegenen WEA sind große Anteile des Turms zu erkennen, sie befinden sich z. T. vor dem sichtbegrenzenden Höhenzug. Von den neun WEA im Hintergrund des Höhenzugs sind jeweils die vollständigen Rotorbereiche sichtbar. Von sechs der neun WEA ist mindestens die Hälfte des Turms sichtbar.



**Optimaler Betrachtungsabstand:** 32 cm

**Datum, Uhrzeit:**  
21.8.2014, 9:47 Uhr

**Brennweite  
(36 × 24 mm Film):**  
51 mm

**Koordinaten Fotopunkt  
(UTM/ETRS89, Zone 32):**  
Ost: 552.259  
Nord: 5.674.565

**Horizont. Ausrichtung  
des Fotos (0° = Nord):**  
299°

**Windrichtung:** 240°

**Mindestabstand WEA:**  
2.697 m

**Maximalabstand WEA:**  
8.747 m

# Darstellung einer Visualisierung: Normalbrennweite II

ORIGINAL



Das Foto kann ohne Retuschierungen als Grundlage für eine Visualisierung verwendet werden.



**Optimaler Betrachtungsabstand:** 32cm

**Datum, Uhrzeit:**  
23.11.2020, 14:14 Uhr

**Brennweite**  
(36 × 24 mm Film):  
51mm

**Koordinaten Fotopunkt**  
(UTM/ETRS89, Zone 32):  
Ost: 567.959  
Nord: 5.703.100

**Horizont. Ausrichtung des Fotos (N = 0°):**  
87°



# Darstellung einer Visualisierung: Normalbrennweite II

VISUALISIERUNG (HAUPTWINDRICHTUNG)



Alle vier geplanten WEA sind inklusive ihres gesamten Rotorbereichs sichtbar. Von den drei vorderen WEA sind darüber hinaus mindestens drei Viertel des Turms sichtbar. Die Ausrichtung der Rotoren entspricht der Hauptwindrichtung.



**Optimaler Betrachtungsabstand:** 32 cm

**Datum, Uhrzeit:**  
23.11.2020, 14:14 Uhr

**Brennweite**  
**[36 × 24 mm Film]:**  
51 mm

**Koordinaten Fotopunkt**  
**[UTM/ETRS89, Zone 32]:**  
Ost: 567.959  
Nord: 5.703.100

**Horizont. Ausrichtung**  
**des Fotos (N = 0°):** 87°

**Windrichtung:** 225°

**Mindestabstand WEA:**  
1.309 m

**Maximalabstand WEA:**  
2.314 m

# Darstellung einer Visualisierung: Normalbrennweite II

VISUALISIERUNG (AUSRICHTUNG AUF KAMERA)



Alle vier geplanten WEA sind inklusive ihres gesamten Rotorbereichs sichtbar. Von den drei vorderen WEA sind darüber hinaus mindestens drei Viertel des Turms sichtbar. Die Rotoren sind jeweils frontal auf den Betrachter ausgerichtet.



**Optimaler Betrachtungsabstand:** 32 cm

**Datum, Uhrzeit:**  
23.11.2020, 14:14 Uhr

**Brennweite**  
**[36 × 24 mm Film]:**  
51 mm

**Koordinaten Fotopunkt**  
**[UTM/ETRS89, Zone 32]:**  
Ost: 567.959  
Nord: 5.703.100

**Horizont. Ausrichtung**  
**des Fotos (N = 0°):** 87°

**Windrichtung:**  
255° bis 282°  
(individuell verschieden,  
je nach WEA-Position)

**Mindestabstand WEA:**  
1.309 m

**Maximalabstand WEA:**  
2.314 m

# Darstellung einer Visualisierung: Panoramadarstellung



Abweichend von den Ausführungen im Text wird der hier der empfohlene minimale Betrachtungsabstand von 25 cm leicht unterschritten.

Da die Publikation einheitlich im DIN A4-Format vorliegt, ist an dieser Stelle keine größere Darstellung möglich.

Die Darstellung von Panoramabildern sollte generell in einem Format erfolgen, das die Einhaltung des Mindestabstands ermöglicht, i. d. R. eignet sich das DIN A3-Format.

## VISUALISIERUNG (HAUPTWINDRICHTUNG)



**Optimaler Betrachtungsabstand:** 23 cm

**Datum, Uhrzeit:** 24.11.2020, 15:06 Uhr

**Öffnungswinkel Panorama:** 67,7°

**Koordinaten Fotopunkt (UTM/ETRS89, Zone 32):** Ost: 564.378, Nord: 5.702.559

**Horizontale Ausrichtung des Fotos (N = 0°):** 78°

**Windrichtung:** 225°

**Mindestabstand WEA:** 1.768 m

**Maximalabstand WEA:** 2.425 m

# LITERATUR

- Agatz, M. (2019)**, Windenergiehandbuch. 16. Ausgabe.
- DWD Climate Data Center (CDC)**, Historische tägliche Stationsbeobachtungen [Temperatur, Druck, Niederschlag, Sonnenscheindauer, etc.] für Deutschland, Version v006, 2018. Abgerufen am 20.7.2020.
- Gulbins, J.; Steinmüller, U. (2018)**, Fine Art Printing für Fotografen – Hochwertige Fotodrucke mit Inkjet-Druckern. 5. aktualisierte Auflage.
- Haasz, C. (2010)**, Profibuch Panasonic Lumix G2 & G10, Franzis Verlag GmbH, Poing.
- Hecht, E. (2018)**, Optik. Walter de Gruyter GmbH. 7. Auflage.
- Hußmann, M. J. (2012)**, Was ist ein Normalobjektiv?: DOCMA 49.
- Kahl, W.; Gärditz, K. F. (2019)**, Umweltrecht. 11. Auflage.
- Kindermann, K.; Wagner, R. (2011)**, Perfekt fotografieren, Franzis Verlag GmbH, Poing.
- Kühne, O.; Megerle, H.; Weber, F. (2017)**, Landschaftsästhetik und Landschaftswandel.
- Landeshauptstadt Stuttgart**, Sonnendiagramm Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie. Abgerufen am 2.9.2020.
- Lütkes, S.; Ewer, W. (2018)**, BNatSchG §14 Rn.20–21. 2. Auflage.
- Nohl, W. (2001)**, Landschaftsplanung – Ästhetische und rekreative Aspekte. 1. Auflage.
- Sardegna, J.; Shell, S.; Rutzen, A. R. et al. (2002)**, The Encyclopedia of Blindness and Vision Impairment. Infobase Publishing. 2. Auflage.
- Strasburger, H.; Rentschler, I. et al. (2011)**, Peripheral vision and pattern of recognition: A review. Journal of Vision 2011, Vol. 11(5), 13, Seiten 1–82.
- Schröder, G.; Treiber, H. (2014)**, Technische Optik. 11. Auflage.
- Schöbel, S. (2012)**, Windenergie und Landschaftsästhetik. 1. Auflage.
- Szinte, M.; Cavanagh, P. (2012)**, Apparent Motion from Outside the Visual Field, Retinotopic Cortices May Register Extra-Retinal Positions. PLoS ONE 7(10): e47386. doi:10.1371/journal.pone.0047386.
- VDL (Vereinigung der Landesdenkmalpfleger) (2020)**, Raumwirkung von Denkmälern und Denkmalensembles, Arbeitsblatt Nr. 51.
- Voykov, B. M. (2008)**, Beurteilung des Gesichtsfeldes in der Fahrtauglichkeitsbegutachtung. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin. Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen.
- Wöbse, H. (2002)**, Landschaftsästhetik.



# IMPRESSUM

## Herausgeber

Fachagentur Windenergie an Land e.V., Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern, Kompetenzzentrum Naturschutz- und Energiewende

## Vi.S.d.P.

Dr. Antje Wagenknecht, Fachagentur Windenergie an Land e.V.

Die Fachagentur zur Förderung eines natur- und umweltverträglichen Ausbaus der Windenergie an Land e.V. ist ein gemeinnütziger Verein. Er ist eingetragen beim Amtsgericht Charlottenburg, VR 32573 B.

## Autoren

Marc Brüning, Stefan Buscher und Raffael Herth,  
Ramboll Deutschland GmbH



## Fotos

Ramboll Deutschland GmbH

## Zitiervorschlag

FA Wind, LEKA, KNE (2021), Gute fachliche Praxis für die Visualisierung von Windenergieanlagen.

## Haftungsausschluss

Die in dieser Broschüre enthaltenen Angaben und Informationen sind nach bestem Wissen erhoben, geprüft und zusammengestellt. Eine Haftung für unvollständig oder unrichtige Angaben, Informationen und Empfehlungen ist ausgeschlossen, sofern diese nicht grob fahrlässig oder vorsätzlich verbreitet wurden.

## Kontakt

Fachagentur Windenergie an Land e.V.  
Fanny-Zobel-Straße 11 | 12435 Berlin  
T +49 30 64 494 60-60  
post@fa-wind.de | www.fachagentur-windenergie.de

## Design

DreiDreizehn Werbeagentur GmbH, Berlin | www.313.de

## Erscheinungsdatum

Juli 2021 (aktualisiert)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie



EUROPÄISCHE UNION  
Europäischer Fonds für  
regionale Entwicklung



Ministerium für Energie,  
Infrastruktur und Digitalisierung

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



