

OWP Gennaker GmbH
Ericusspitze 2-4
D-20457 Hamburg

WetterWelt GmbH
Schauenburgerstraße 116
D-24118 Kiel

Bearbeiter:
Dipl.-Met. Alina Dux

Ansprechpartner:
Dipl. Met. Alina Dux
service@wetterwelt.net
T: 0431 97 99 080



Gutachten

über die Sichtbarkeit des Offshore-Windparks "Gennaker"

Dieses Gutachten ist urheberrechtlich geschützt. Es darf Dritten, ausgenommen für die Vertretung eigener, sich aus dem Zweck des Auftrages ergebender Interessen, in vervielfältigter Form auch auszugsweise nur mit Genehmigung der WetterWelt GmbH zugänglich gemacht werden.

Inhaltsverzeichnis:

1.1. Auftraggeber.....	3
1.2. Auftragnehmer	3
1.3. Aufgabenstellung	3
1.4. Genehmigungshistorie	3
2. Darlegung der Datenbasis.....	4
3. Allgemeine Begriffsbestimmungen	9
4. Vorschriften	10
4.1. WSV-Rahmenrichtlinie / WSV-Rahmenvorgaben für Schifffahrtshindernisse	10
4.2. Allgemeine Verwaltungsvorschrift für Luftfahrthindernisse.....	10
5. Erläuterung zum Verfahren zur Bestimmung der Sichtweite	11
6. Einflussgrößen	12
6.1. Geometrische Bedingungen.....	12
6.2. Meteorologische Bedingungen	14
6.3. Häufigkeiten von Sichtstufen im Tages- und Jahresgang	14
6.4. Einfluss von Umgebungskontrasten und Luftspiegelungen.....	16
6.5. Wechselwirkungen und kumulierende Effekte.....	16
7. Beschreibung der sichtbarkeitsrelevanten Merkmale des OWP	17
7.1. Lage und Entfernung zu ausgewählten Küstenstandorten.....	17
7.2. Abmessungen	18
7.3. Kennzeichnung gem. Kapitel 4 für die Bauphase	19
7.4. Tageskennzeichnung und Farbgebung der baulichen Anlagen gemäß Vorschriften aus Kapitel 4 Schifffahrt und Luftfahrt.....	19
7.5. Nachtkennzeichnung, Tragweite der Befeuerung gem. Vorschriften aus Kapitel 4 Schifffahrt und Luftfahrt	20
8. Beurteilung der Sichtbarkeit des Windparks im Jahres- und Tagesgang...	22
9. Zusammenfassung:	25
9.1. Tag	25
9.2. Nacht.....	27
10. Literatur.....	28
11. Anlagen	28



1. Auftragsgrundlage

1.1. Auftraggeber

OWP Gennaker GmbH
Ericusspitze 2-4
20457 Hamburg

1.2. Auftragnehmer

WetterWelt GmbH
Schauenburgerstr. 116
D-24118 Kiel

Das Kieler Unternehmen WetterWelt GmbH ist seit Anfang 1999 auf dem meteorologischen Markt. Leistungsstark, kundenorientiert und individuell werden Wetterprognosen sowie -analysen erstellt, die eine Planungsgrundlage für verschiedenste Einsatzbereiche bieten. Das hoch qualifizierte Team der WetterWelt GmbH, mit Geschäftsführer Dr. Meeno Schrader, berät kundenorientiert in allen Fragen der Wettervorhersage und -analyse sowohl im kommerziellen als auch im Freizeitbereich und das weltweit.

1.3. Aufgabenstellung

Die WetterWelt GmbH wurde erstmals am 25.05.2016 im Zuge der Planung eines neuen Offshore-Windparks (OWP) von der OWP Gennaker GmbH beauftragt, ein Gutachten über die Häufigkeiten von Sichtbarkeitsstufen in Bezug auf den geplanten Offshore-Windpark "Gennaker" in der südlichen Ostsee zu erstellen. Der geplante Offshore-Windpark liegt innerhalb der 12-Seemeilen-Zone der Ostsee vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns. Das Gebiet des Vorhabens umschließt die Fläche des bereits vorhandenen EnBW Windpark Baltic 1. Für die Beurteilung wurden von der Genehmigungsbehörde bereits im Ausgangsgenehmigungsverfahren 13 zu betrachtende Standorte vorgegeben. Im vorliegenden Fachgutachten wurden darüber hinaus weitere Standorte in Dänemark vorsorglich hinzugenommen.

1.4. Genehmigungshistorie

Die OWP Gennaker GmbH besitzt seit dem 15.05.2019 eine Baugenehmigung nach § 4 Bundes-Immissionsschutzgesetz zur Errichtung und zum Betrieb des Offshore Windparks OWP Gennaker im Wind-Vorranggebiet „Darß“. Diese umfasst 103 Offshore Windenergie-Anlagen (OWEA), 2 baugliche Umspannplattformen (USP) sowie die parkinternen Seekabel. Die Genehmigung des Vorhabens basiert auf der zum Antragszeitpunkt größtmöglichen Turbine der Firma Siemens Wind Power „SWT-8.0-154“ mit einer Leistung von max. 8,4 Megawatt inkl. Power Boost.

Durch unverschuldete Verzögerungen und Umsetzungshemmnisse war die Verfügbarkeit dieses Anlagentyps zum geplanten Errichtungszeitpunkt nicht mehr gewährleistet.

Daher musste die Trägerin des Vorhabens für die im Mai 2019 erteilte Genehmigung mit Antrag vom 28.06.2022 ein Änderungsverfahren für eine weiterentwickelte Turbinenversion durchführen. Die Änderungsgenehmigung für das modifizierte Konzept ist Anfang 2024 erteilt worden.

Aufgrund sich zuspitzender multipler Krisen und eines sich verzögernden Netzanschlusses musste in der Folge erneut ein Wechsel auf eine verfügbare, jedoch größere Turbinenklasse geprüft werden.

Nach Herstellerangaben sollte der Typenwechsel von 9 Megawatt auf 15 Megawatt etwa ab Quartal 1 2026 erfolgen. Die aktuelle Planung sieht eine Inbetriebnahme für das Jahr 2028 vor. Aufgrund der Systematik im Bundesimmissionsschutzgesetz (BlmSchG) ist ein erneutes Genehmigungsverfahren unvermeidbar.

Die aktualisierte Planung des Vorhabens „OWP Gennaker“ umfasst nun die Errichtung und den Betrieb von 63 WEA der 15 Megawatt-Leistungsklasse sowie der windparkinternen Verkabelung. Die Errichtung und der Betrieb der beiden bereits genehmigten Umspannplattformen an der östlichen und westlichen Peripherie des Vorhabengebietes ist folglich nicht Gegenstand dieses Genehmigungsantrags. Die Umspannplattformen werden in den Antragsunterlagen jedoch als bestehende Anlage bzw. Vorbelastung entsprechend berücksichtigt.

Unverändert befindet sich das Vorhabengebiet des OWP Gennaker vollständig innerhalb des im Juni 2016 von der Landesregierung Mecklenburg-Vorpommern im Landesentwicklungsprogramm Mecklenburg-Vorpommern ausgewiesenen Vorranggebietes für Windenergie auf See „Darß“.

Weitere Details zur Historie sind der Projektbeschreibung zum OPW Gennaker zu entnehmen.

2. Darlegung der Datenbasis

Als Datenbasis dienen die Beobachtungsdaten der Wetterstation "Arkona" auf Rügen. Diese liegen in einer stündlichen Auflösung vor und umfassen einen Zeitraum von 01.01.2000 bis zum 31.10.2023 mit insgesamt mehr als 200.000 Datensätzen. Die Wetterstation "Arkona" ist mit ihrer räumlichen Lage (nördlichstes Kap der Insel Rügen) als repräsentativ anzusehen, zudem es die einzige Station in der Nähe des OWP Gennaker ist, welche die Sichtweiten auch nach See meldet.

Die meteorologische Größe "Sichtweite" ist dabei nach den international gängigen Regeln festgelegt, die von der WMO (World Meteorological Organisation) vorgegeben sind. Zwischen 5 und 30 m werden die Sichtstufen in 1 km Stufen und über 30 km in 5 km Stufen eingeteilt.

Die Station weist keinerlei Hindernisse in Seerichtung auf, so dass hier von einer freien bzw. nicht eingeschränkten Sicht (ohne bauliche Einschränkungen) ausgegangen werden kann. Somit können die Daten als repräsentativ angenommen werden.

Die Station selbst liegt mit 47 m Höhe über dem Meeresspiegel höher als die meisten zu betrachtenden Orte. Somit sind die Sichtweiten an der Station im Schnitt als besser einzuschätzen, da es seltener zu einer Sichtbeeinträchtigung durch flachen (See-)Nebel oder Dunst kommt.

Die Sichtweiten werden entsprechend der Entfernungen der äußeren Grenzen des Offshore-Windparks (OWP) zu den zu betrachtenden Standorten in Stufen eingeteilt.

Aus den Beobachtungen der Sichtweiten an der Station wurden monatliche Häufigkeitsstatistiken für die Überschreitungen der Sichtweiteschwellen erzeugt und ausgewertet.

Gutachten über die Sichtbarkeit des OWP GENNAKER 2024

Dabei wurden die geplanten äußeren Lokationen des Offshorewindparks (OWP) GN01 bis GN63 (siehe Abbildung 1 und Abbildung 2), berücksichtigt, bezogen auf die ursprünglich vorgegebenen und zusätzlichen dänischen Standorte:

Beobachtungsstandorte:

- Wustrow, Kirchturm Aussichtsplattform (Höhe ca. 18 m)
54,344873 Lat 12,396743 Lon
- Wustrow, Strand / Seebrücke
54,3526 Lat 12,3831 Lon
- Ahrenshoop, Strand
54,3815 Lat 12,4166 Lon
- Darßer Ort, Leuchtturm (Höhe ca. 30 m)
54,4728 Lat 12,5022 Lon
- Prerow, Strand / Seebrücke
54,4533 Lat 12,57079 Lon
- Zingst, Promenade / Strand / Seebrücke
54,4415 Lat 12,6813 Lon
- Barth, Kirchturm Aussichtsplattform (Höhe ca. 55 m)
54,3698 Lat 12,724 Lon
- Hohe Düne (Halbinsel Fischland-Darß-Zingst) (Höhe ca. 8 m)
54,45322 Lat 12,5704 Lon
- Vitte (Insel Hiddensee)
54,567975 Lat 13,1011 Lon
- Dornbusch, Leuchtturm (Insel Hiddensee, Höhe ca. 92 m)
54,5991 Lat 13,1193 Lon
- Mövenort (Insel Rügen)
54,6723 Lat 13,2864 Lon
- Dranske (Insel Rügen)
54,5675 Lat 13,2214 Lon
- Fähre Rostock – Trelleborg (Höhe ca. 15 m)
54,6578 Lat 12,4775 Lon
- Hårbølle Strand (Møn, Dänemark)
54.881 Lat, 12.153 Lon
- Marielyst Turm (Falster, Dänemark) (Höhe ca. 11m)
54. 691 Lat, 11.965 Lon
- Marielyst Strand (Falster, Dänemark)
54.689 Lat, 11.970 Lon
- Møn Fyr, Steilküste (Møn, Dänemark) (Höhe ca. 57m)
54.946 Lat, 12.540 Lon

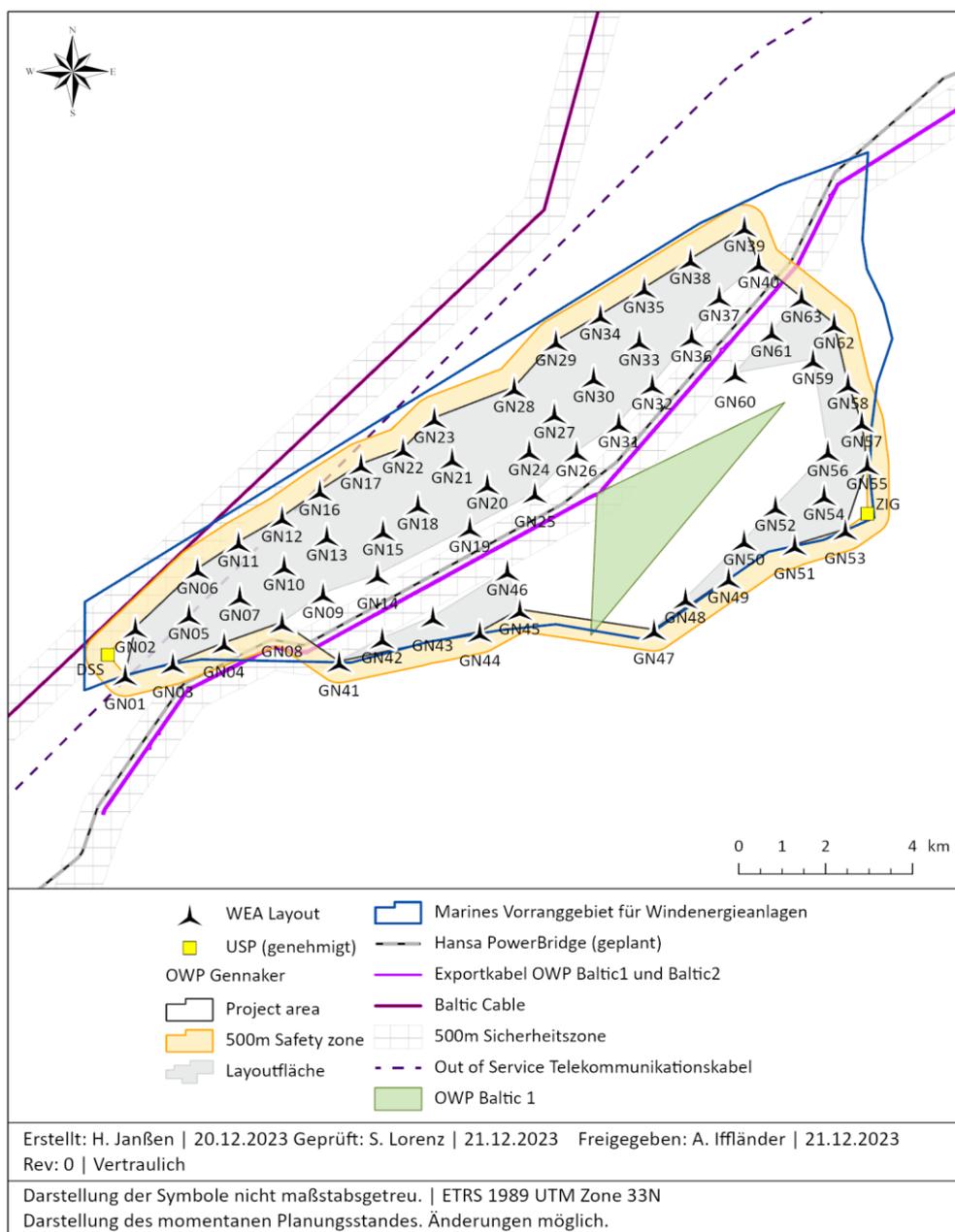


Abbildung 1: Lage und äußere Grenzen des geplanten OWP Gennaker

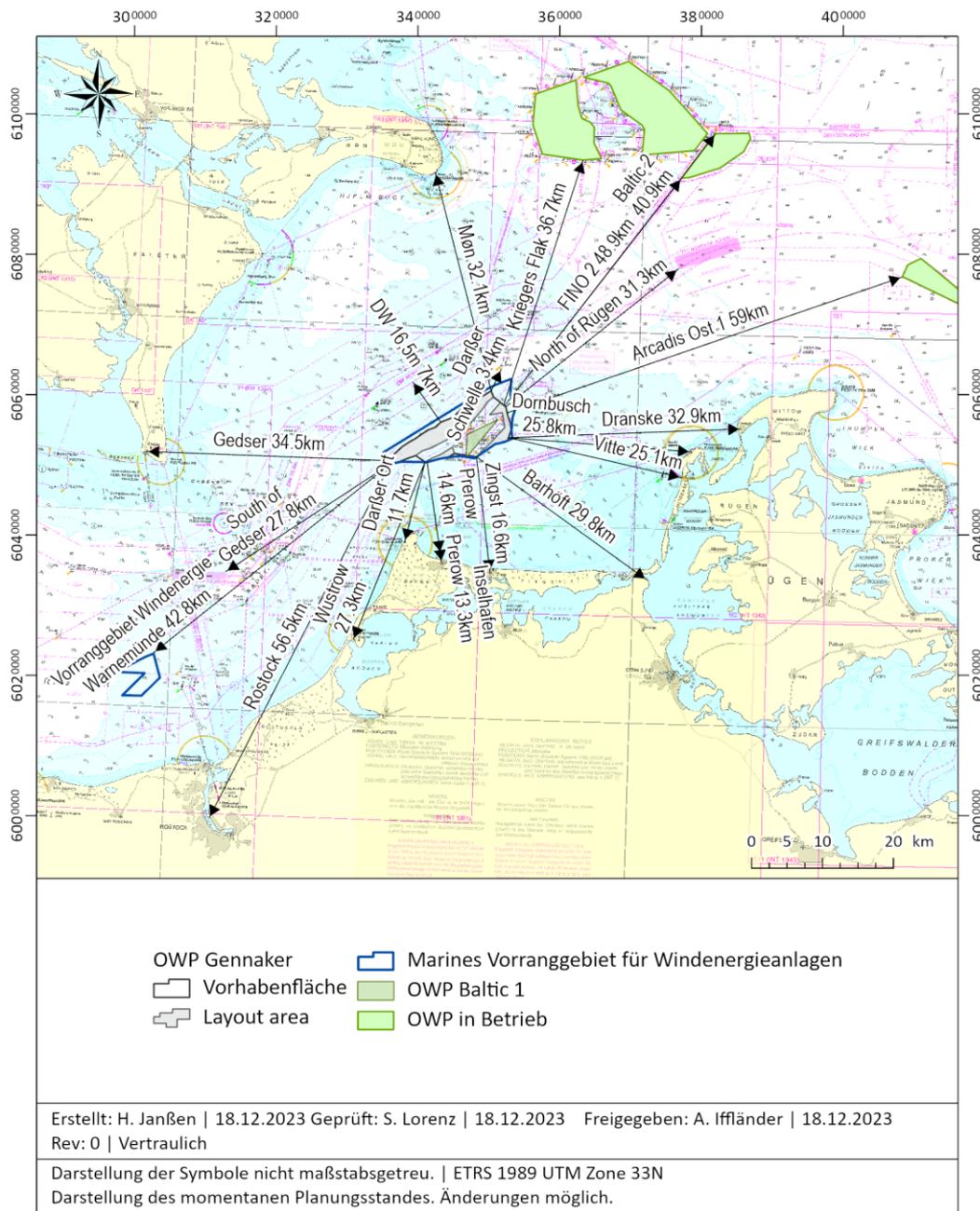


Abbildung 2: Darstellung verschiedener Beobachtungsstandorte bezogen auf den geplanten OWP Gennaker

Gutachten über die Sichtbarkeit des OWP GENNAKER 2024

Aus der Lage der 16 bzw. 17 Standorte und den äußeren Grenzen des geplanten OWP ergeben sich für jeden Ort eine minimale Entfernung zum nächstgelegenen Punkt des OWP und eine maximale Entfernung zum entferntesten Punkt des OWP, die in [Tabelle 1](#) aufgelistet sind. So wird die gesamte Sichtbarkeit des Windparks abgedeckt. In der Auswertung erfolgt eine Betrachtung der Mindestabstände der Orte zum geplanten OWP.

Ort	Minimale Entfernung [km]	Maximale Entfernung [km]
Fähre	7	17
Darßer Ort, Leuchtturm	11	25
Prerow, Strand	14	25
Zingst, Strand	16	26
Ahrenshoop, Strand	21	37
Hohe Düne	21	31
Barth, Kirchturm	24	34
Dornbusch, Leuchtturm	24	42
Wustrow, Kirchturm	25	40
Wustrow, Strand	25	41
Vitte	25	42
Dranske	32	50
Møn Fyr	32	42
Marielyst	34	49
Mövenort	36	55
Hårbølle Strand	38	48

Tabelle 1: Maximale und minimale Entfernungen zum OWP vom jeweiligen Beobachtungsstandort

Eine detaillierte Auflistung der Entfernungen der einzelnen WEA des OWP zu den Standorten findet sich in Anhang 1. Wie diese Entfernungen ermittelt wurden, ist aus Anhang 2 ersichtlich.

3. Allgemeine Begriffsbestimmungen

Die Sichtweite wird als die Entfernung definiert, bei der ein Sichtziel in einer bestimmten Entfernung noch erkennbar ist. Die Weite wird dabei visuell durch Beobachter oder auch instrumentell ermittelt.

Hierbei muss unterschieden werden zwischen der horizontalen Sicht und der Schrägsicht (leichter Winkel nach unten oder oben). Im nachfolgenden Gutachten wird nur die horizontale Sichtweite berücksichtigt und behandelt.

Da die Sichtweite von vielen Einflussfaktoren abhängig ist, handelt es sich um eine sehr komplexe meteorologische Größe. Sie wird durch viele unterschiedliche Faktoren bestimmt, die eine Rolle in der Eintrübung der Luftschichten spielen. Dazu zählen z.B. Schwebeteilchen wie Rußpartikel (Lithometeore) und verschiedene Formen von Wasser wie Wasserdampf oder Regentropfen (Hydrometeore). Sie können für eine erhebliche Sichtminderung sorgen. Auch die Luftdichte selbst ist für die Sichtweite entscheidend.

Ebenfalls spielen bei der Entfernungsschätzung erhobene Sichtweiten die Beleuchtungsverhältnisse sowie die Farbe, Größe und Art des Sichtzieles eine entscheidende Rolle. Auch der Zielhintergrund, z.B. durch Bewölkung beeinflusst, und die Umgebung sind entscheidend, da sich die Kontraste ändern und somit die Entfernungsschätzung beeinflussen können.

Neben den physikalischen Einflussgrößen sind die physiologischen Voraussetzungen des Beobachters eine relevante Einflussgröße. Diesbezüglich spielen die Schwarz-Weiß-Empfindlichkeit, die Farbempfindlichkeit, das Auflösungsvermögen und die Reizschwelle eine wichtige Rolle.

Auch die Adaption (Anpassungsfähigkeit) der Augen verändert die Sichtbarkeit eines Objektes vor allem in den Nachtstunden. Hier sind zudem die Intensität der Lichtquelle und die Umfeldhelligkeit eine weitere Einflussgröße.

4. Vorschriften

4.1. WSV-Rahmenrichtlinie / WSV-Rahmenvorgaben für Schiffahrtshindernisse

Grundsätzlich erfolgt das Ein- und Ausschalten aller Kennzeichnungs- und Befeuerungskomponenten jeweils über die installierten Steuereinheiten. Auf jeder WEA (Windenergieanlage) und den USP'en (Umspannplattformen) wird dies somit voll automatisch gesteuert.

Die Feuer der Nachtkennzeichnung werden eine Stunde vor Sonnenuntergang ein- und eine Stunde nach Sonnenaufgang ausgeschaltet.

Nach den Richtlinien der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) wird das sekundäre Ein- und Ausschalten der Befeuerungskomponenten über die Dämmerungsschalter auf jedem Offshore-Bauwerk sichergestellt. Weiterhin misst ein installierter Sichtweitensensor (optischer Sensor zur Messung der Sichtweite) mithilfe des Prinzips der Messung der optischen Vorwärtsstreuung. Die Schiffahrtshinderniskennzeichnung des OWP wird global auch am Tag eingeschaltet

- bei Sichtweiten < 1.000 m oder
- bei einer Umgebungshelligkeit < 150 Lux.

Die 5-Seemeilen-Befeuerung wird zeitgleich mit der Nahbereichskennzeichnung ein- und ausgeschaltet. Das Ein- und Ausschalten erfolgt synchron sowie harmonisiert mit den Feuern der Luftfahrthinderniskennzeichnung.

4.2. Allgemeine Verwaltungsvorschrift für Luftfahrthindernisse

Die Flugbefeuerung Feuer „W rot ES“ mit ca. 100 cd wird gem. der aktuellen Bestimmungen bedarfsgerecht ein- und ausgeschaltet. Dies wird durch Dämmerungsschalter mit einer Schaltschwelle von 50 bis 150 Lux sichergestellt.

Sobald die Dämmerungsschalter das Signal bzw. den Messwert zum Ein- und Ausschalten liefern, werden die Luftfahrtfeuer des OWP ein- bzw. ausgeschaltet sowie untereinander synchronisiert bzw. mit der Schiffahrtshindernisbefeuerung harmonisiert.

Die Flugbefeuerung nur dann eingeschaltet, wenn sich ein Luftfahrzeug dem OWP nähert.

5. Erläuterung zum Verfahren zur Bestimmung der Sichtweite

An bemannten Wetterstationen wird die Messung der Sichtweite im Normalfall durch Schätzungen vorgenommen. Dabei wird auf bekannte Sichtziele zurückgegriffen, die in ebenfalls bekannter Entfernung liegen. Die Sichtziele sollten dabei in möglichst unterschiedlicher Entfernung um die Station herum vorhanden sein, um Sichtweiten durch den Vergleich der Sichtbarkeit besser abschätzen zu können. Der Beobachter kann somit eine gute Einschätzung tätigen und anschließend eine Aussage über die Sichtweite treffen. Diese Aussage ist rein subjektiv und kann daher je nach Beobachter unterschiedliche Ergebnisse liefern.

Befindet sich die Station in Meeresnähe, so wird die Sicht in Richtung See vorgenommen. Dabei ist ein Kriterium, dass der einsehbare Sektor mindestens 30 Grad des Horizontkreises beträgt, der in Richtung See einsehbar ist. Diese Voraussetzungen sind bei der Wetterstation Arkona gegeben.

Sollte die Sichtweite über der größtmöglichen Entfernung für ein Sichtziel liegen, so wird vom Beobachter nach Erfahrungswerten aus dem Grad der Erkennbarkeit eine größere Sicht festgelegt, als die Distanz des letzten sichtbaren Zieles.

Die subjektive Beurteilung des Beobachters kann dazu führen, dass es bei einigen Sichtweiten zu Bevorzugen kommen kann. Dazu zählen vor allem Zehnerzahlen.

Zur Nachtzeit werden die sogenannten Feuersichtweiten geschätzt. Sobald sich das Auge an die Dunkelheit gewöhnt hat (Adaptionszeit von 5 bis 10 Minuten), wird die größtmögliche horizontale Entfernung geschätzt, in der normale weiße Lampen (Rundstrahler) gerade noch erkennbar sind.

Diese Messmethoden der Sichtweite werden ohne zusätzliche optische Hilfsmittel (beispielsweise Fernglas) vorgenommen. Ansonsten könnten Sichtweiten überschätzt werden, da sich die Sehbedingungen durch die Verkleinerung des Seh winkels verändern.

Häufig werden heutzutage elektronische Messsysteme eingesetzt, um die Sichtweiten zu ermitteln. Dabei werden Vorwärtsstreulichtsensoren eingesetzt, die die Sichtweite durch Bestimmung der Lichtstreuung in der Atmosphäre ermitteln. Dabei wird der Teil des ausgesandten Lichtstrahls gemessen, der an Partikeln aus einem definierten Messvolumen in einem festgelegten Raumwinkel gestreut wird, während dieser die Luft durchdringt. Daraus lässt sich die meteorologische Sichtweite (MOR-"Meteorological Optical Range") berechnen.

Die Messung der MOR erfolgt helligkeitsunabhängig und darf nur mit vom DWD (Deutschen Wetterdienst) zugelassenen und geeigneten Sichtweitenmessgeräten ermittelt werden.

6. Einflussgrößen

6.1. Geometrische Bedingungen

Die Erdoberfläche weist eine Krümmung auf, deren Einfluss höher ausfällt, je weiter sich zwei Punkte voneinander entfernt befinden. Eine Verbindung zwischen beiden Punkten, bei dem der Punkt vom jeweils anderen erkannt werden kann, kann nur existieren, wenn deren geradlinige Verbindung oberhalb dieser Erdkrümmung bzw. der Erdwölbung verläuft.

Ist dies nicht der Fall, so verläuft die Verbindung nicht mehr geradlinig und die Punkte liegen somit aus Sicht des jeweils anderen hinter dem Horizont.

Im folgenden Beispiel gibt es zwei Objekte mit jeweiliger Höhe H (Ziel) und h (Augenhöhe), die über eine geradlinige Verbindung $S = S_1 + S_2$ verbunden sind. R stellt den Erdradius dar.

Soll nun die Kimmweite H bestimmt werden, die über die Entfernung S noch von dem Objekt sichtbar ist, erfolgt dies mit Hilfe des Hypotenusensatzes.

Daraus ergibt sich folgende Formel:

$$H \text{ [m]} \approx (1/(2 \cdot R)^{1/2} \cdot S \text{ [km]} - h^{1/2} \text{ [m]})^2$$

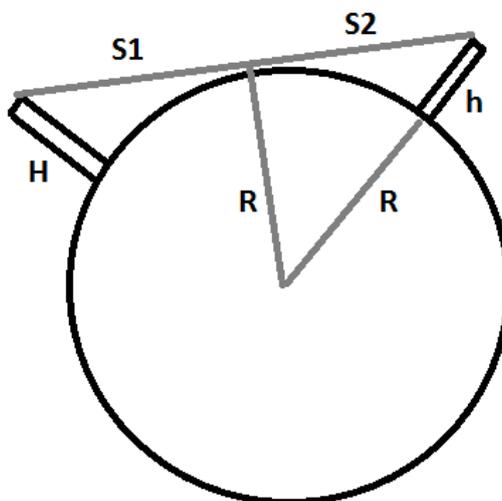


Abbildung 3: Bestimmung der geodätischen Kimm

Der Wert $1/(2 \cdot R)^{1/2}$ mit einem mittleren Erdradius von ca. 6370 km lässt sich zu einer Konstante $k = 0,28$ zusammenfassen:

$$H \text{ [m]} \approx (0,28 \cdot S \text{ [km]} - h^{1/2} \text{ [m]})^2$$

Daraus ergibt sich die Höhe, bei der ein Zielpunkt entsprechend einer bestimmten Entfernung in der geodätischen Kimm noch erkennbar ist.

Gutachten über die Sichtbarkeit des OWP GENNAKER 2024

Im Regelfall ist die wahre Kimmweite allerdings um ca. 10% größer als die geodätische. Grund hierfür ist die Refraktion: Lichtstrahlen werden in der Atmosphäre durch Luftdruck- und Temperaturunterschiede gekrümmt, so dass die Wegstrecke nicht mehr geradlinig verläuft und damit verlängert wird. In der Winterzeit können die Werte jedoch noch weiter abweichen, wenn es sich zum Teil um sehr kalte Luftmassen vor Ort handelt.

Zur Bestimmung der wahren Kimmweite rechnet man mit einem Erdradius, der ca. 10% größer ist als der oben angegebene mittlere Erdradius. Für die Konstante k ergibt sich daraus ein Wert von $k = 0,26$

Es wird für die Augenhöhe ein Standardwert von 2 m angenommen (zusätzlich zur Objekthöhe). Somit ergeben sich für die zu betrachtenden Orte die Höhen, die bei maximaler und minimaler Entfernung zum Offshore-Windpark noch erkennbar sind.

Ort	Höhe (Objekt +2m) [m]	minimale Entfernung [km]	Höhe Kimmsicht [m]	maximale Entfernung [km]	Höhe Kimmsicht [m]
Fähre	15	7	0	17	0
Darßer Ort, Leuchtturm	32	11	0	25	1
Prerow, Strand	2	14	5	25	26
Zingst, Strand	2	16	8	26	29
Ahrenshoop, Strand	2	21	16	37	67
Hohe Düne	10	21	5	31	24
Barth, Kirchturm	57	24	0	34	2
Dornbusch, Leuchtturm	94	24	0	42	2
Wustrow, Kirchturm	20	25	4	40	35
Wustrow, Strand	2	25	26	40	81
Vitte	2	25	26	42	90
Dranske	2	32	48	50	134
Mövenort	2	36	63	55	166
Hårbølle Strand	2	38	72	48	122
Marielyst, Strand	2	34	55	49	128
Marielyst, Turm	11	34	31	49	89
Møn Fyr	57	32	1	42	11

Tabelle 2: Maximale und minimale Entfernung zum OWP Gennaker vom jeweiligen Beobachtungsstandort aus der wahren Kimmsicht

Somit ergäbe sich als Beispiel für den Strand von Prerow bei einer Entfernung zum Ziel von 14 km, dass das Ziel ab einer Höhe von 5 m zu erkennen wäre. Alle niedriger liegenden Teile des Ziels wären nicht mehr sichtbar.

Der geplante Anlagentyp besitzt eine Nennleistung von 15 Megawatt. Die Nabenhöhe beträgt maximal 143 m und die Bauhöhe maximal 261 m.

Daraus ergibt sich, dass von den betrachteten 16 bzw. 17 Standorten aus, unter der Voraussetzung guter Sichtverhältnisse, immer mind. der obere Teil der am nächsten liegenden WEA des OWP zu sehen sein wird. Keine Anlage wäre vollständig vom Horizont verdeckt.

6.2. Meteorologische Bedingungen

Die tatsächlichen Sichtweiten werden in einem Verfahren bestimmt, das vereinfacht und standardisiert ist. Die meteorologische Sichtweite stellt die Entfernung dar, bei der ein Beobachter ein dunkles Objekt gerade noch wahrnehmen kann. Ist es dem Beobachter nicht möglich, eine Sichtweitenbestimmung vorzunehmen, beispielsweise aufgrund des Mangels an Sichtzielen, so darf er die meteorologischen Sichtweiten aus Wetterbeobachtungen heraus ermitteln. Hierbei wird der international vorgegebene Kontrollwert $K' = 0,05$ herangezogen. Je nach Wetterverhältnissen muss zu diesem Kontrollwert noch ein Extinktionskoeffizient herangezogen werden. Dabei hat der Koeffizient z.B. für schlechtere Wetterverhältnisse einen Wert zwischen 1,00 und 2,00, für gute Wetterverhältnisse zwischen 0,08 und 0,20.

In der natürlichen Umgebung sorgen Feuchtigkeit wie z.B. Regen, Schnee, Dunst, Nebel und auch Partikel in der Luft für eine Streuung des Lichtes. Diese Faktoren dienen als Grundlage für den ermittelten Extinktionskoeffizienten.

Auch der meteorologische Faktor des Bedeckungsgrades kann für eine Sichtminderung sorgen, wenn z.B. der Himmel bedeckt ist. Besonders, wenn die Bewölkung sich im unteren Level der Troposphäre (unterste Luftschicht) befindet, ist die Sichtweite meist geringer als bei hoher Bewölkung.

Einen weiteren Faktor stellt der Kontrast der Anlage und auch des gesamten Parks vor einem natürlichen Hintergrund dar. Bei guten Wetterverhältnissen und klarem Himmel am Tage sind die WEA besser sichtbar, da der Kontrast zwischen den überwiegend hellen WEA und einem blauen Himmel bzw. blauem Wasser groß ist. Bei bewölktem Himmel oder Dunst mit weißer oder hellgrauer Erscheinung ist der Kontrast zu den WEA deutlich geringer.

Ebenso die Dämmerung in den Morgen- sowie in den Abendstunden sorgt für eine natürliche und wiederkehrende Sichtminderung.

6.3. Häufigkeiten von Sichtstufen im Tages- und Jahresgang

Die hier betrachteten horizontalen Sichtweiten sind in Stufen eingeteilt, die sich auf die Entfernungen der vorgegebenen Standorte zu den äußeren Punkten des OWP beziehen.

In der Tabelle 3 sind die Sichtstufen als Entfernungen aufgelistet. Für die jeweiligen Sichtstufen wurden monatliche Überschreitungshäufigkeiten (in %) berechnet. Die mittleren Überschreitungshäufigkeiten zu den Sichtstufen, basierend auf den Beobachtungsdaten der Wetterstation "Arkona", über den gesamten Zeitraum 01/2000-10/2023 sind in Tabelle 3

aufgeführt. Eine Sichtweite von 7 km wird dabei im Mittel in 82,5 % der Zeit überschritten bzw. die Sicht liegt 17,5% der Zeit unter 7 km.

Die Sichtweite von 50 km tritt dagegen nur in 11,4% der Zeit auf. Somit ergibt sich ein Rückgang der Sichtbarkeiten mit zunehmendem Abstand.

Entfernung [km]	Überschreitungshäufigkeit Der Sichtstufen [%]
7	82,5
11	73,9
14	68,6
16	63,9
21	54,4
24	50,0
25	45,3
32	34,5
34	34,4
36	28,0
38	26,8
42	20,4
50	11,4

Tabelle 3: Entfernungen und Häufigkeiten der Sichtweitenstufen

Die Tabellen 1 bis 11 im Anhang 3 zeigen die mittleren jährlichen sowie monatlichen Überschreitungshäufigkeiten (in %). Dabei sind die horizontalen Sichtweiten für die jeweiligen Schwellenwerte in 3-Stunden Intervallen angegeben. Die Uhrzeit entspricht UTC (Universal Time Coordinated). Bei einem Wert von 12 UTC ist dieser mit 13 Uhr Mitteleuropäische Zeit im Winter und 14 Uhr Mitteleuropäische Zeit im Sommer gleichzusetzen.

Die mittleren Sichtweiten zeigen einen leichten Tagesgang sowie einen signifikanten Jahresgang auf.

Beim Jahresgang wird deutlich, dass bessere Sichten in den Sommermonaten, vor allem von Juni bis September auftreten, schlechtere Sichten gibt es besonders im Dezember, Januar und Februar.

Beim Tagesgang fällt auf, dass bei geringeren Sichtweiten die Sichten tagsüber besser sind als nachts. Bei höheren Sichtweiten liegen die besten Sichtverhältnisse in den Abendstunden.

6.4. Einfluss von Umgebungskontrasten und Luftspiegelungen

Einen weiteren Faktor in der Beobachtung von Sichtzielen stellen die Umgebungskontraste und mögliche Luftspiegelungen dar.

Die in diesem Gutachten wiedergegebenen Werte bilden eine Häufigkeit der Sicht ab, die sich auf Sichtziele mit normalen Kontrasten bezieht.

Je nach Farbgebung sind die Ziele unterschiedlich wahrnehmbar. Die höchste Sichtbarkeit tritt bei Objekten mit stark glänzender Oberfläche aufgrund des hohen Reflexionsvermögens auf.

Objekte in den Signalfarben rot und gelb sind in der Annahme eines blauen oder lichtgrauen Hintergrundes ebenfalls durch den hohen Kontrast noch gut sichtbar.

Bei Objekten in einer mattweißen Farbe ist nur bei einem blauen Hintergrund noch eine gute Sichtbarkeit gegeben. Mattweiß oder lichtgrau auf lichtgrauem Hintergrund führt zu einer geringen Sichtbarkeit.

Vor allem während Perioden mit bewölktem oder vollkommen bedecktem Himmel wird es daher zu einer geringeren Sichtbarkeit der Anlagen kommen.

Luftspiegelungen hingegen treten häufig im Zusammenhang mit sommerlichen Witterungen auf. Dabei können entfernte Objekte größer bzw. höher erscheinen, als sie tatsächlich sind. Das hängt mit der oben bereits erwähnten Refraktion zusammen, die den Verdeckungseffekt des Horizontes herabsetzt.

6.5. Wechselwirkungen und kumulierende Effekte

Mit dem OWP "Baltic 1" existiert bereits ein Offshore-Windpark im marinen Vorranggebiet für Windenergie auf See (Landesraumentwicklungsprogramm "LEP" 2016) und damit in unmittelbarer Nähe zum Vorhabensgebiet des OWP Gennaker. Der geplante OWP wird "Baltic 1" umschließen (siehe Abbildung 5) und sich bezogen auf die Sichtbarkeit in die bereits vorhandenen WEA von "Baltic 1" eingliedern.

Es wird also grundsätzlich eine größere Anzahl von WEA sichtbar sein.

Diese können sich allerdings, je nach Sichtwinkel des Betrachters auf den OWP, auch gegenseitig verdecken. Sichtbare Wechselwirkungen, wie z.B. Spiegelungen zwischen den WEA sind nicht wahrzunehmen.

Deutlicher wahrzunehmen wird bei entsprechender Sichtweite die größere Höhe der WEA sowie höhere Anzahl der Befeuierungen der WEA sein.

7. Beschreibung der sichtbarkeitsrelevanten Merkmale des OWP

7.1. Lage und Entfernung zu ausgewählten Küstenstandorten

Der Offshore-Windpark "OWP Gennaker" wird ca. 15 km nördlich der Küste Mecklenburg-Vorpommerns geplant und umschließt mit der Planung den bereits bestehenden Windpark "Baltic 1" (rote Markierung in Abbildung 4).

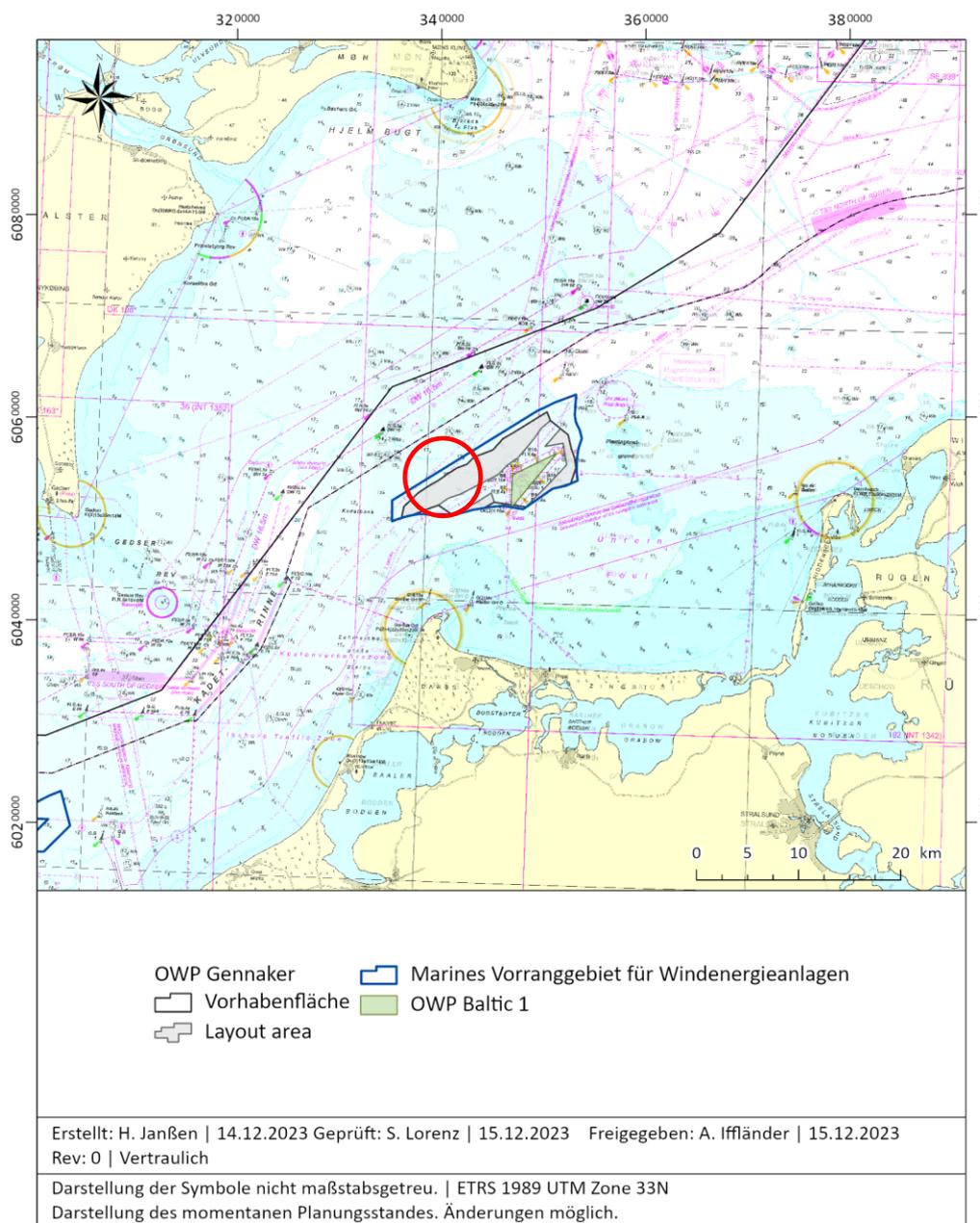


Abbildung 4: Lage des OWP "Gennaker" in der Ostsee

7.2. Abmessungen

Die neue Windparkplanung wird eine geringere Fläche von 44,3 km² in Anspruch nehmen (vorher 49 km²).

Der Park ist unterteilt in 3 Teilflächen:

nördliche Teilfläche: ca. 33,8 km²

südliche Teilfläche: ca. 2,4 km²

östliche Teilfläche: ca. 8,1 km²

Innerhalb des geplanten Windparks liegt der bereits vorhandene und in Betrieb befindliche Offshore-Windpark "Baltic 1".

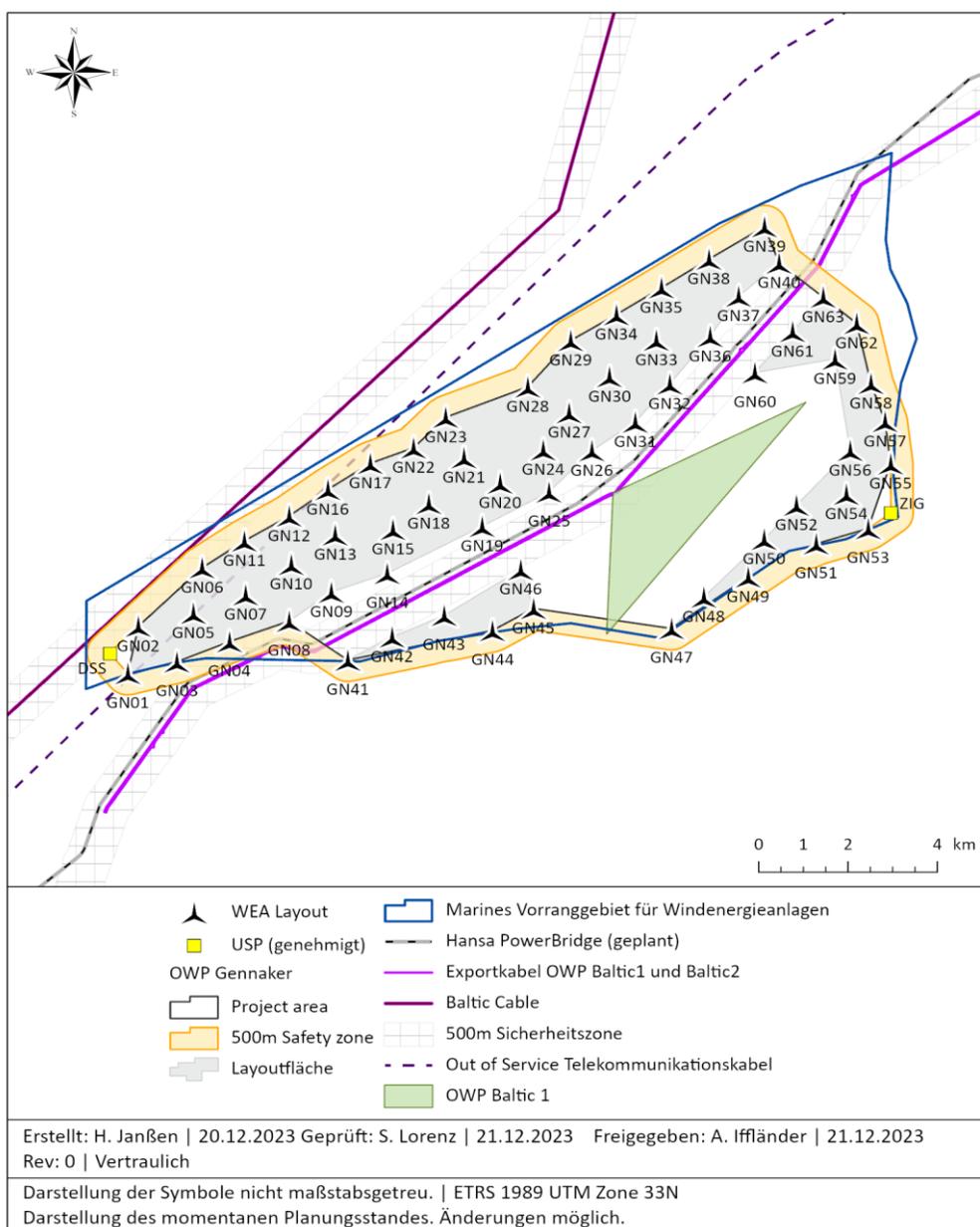


Abbildung 5: Darstellung des geplanten Windparks

7.3. Kennzeichnung gem. Kapitel 4 für die Bauphase

Vor dem Bau der Anlage wird der gesamte Bereich gemäß des OWP Gennaker Kennzeichnungskonzeptes Teil 1 mit Tonnen und temporärer Befeuerung gekennzeichnet, um die Seefahrt auf den im Bau befindlichen Park hinzuweisen.

Die geplante Baustellenbetonung wird im Radius von 500 m um die Parkfläche eingerichtet und kennzeichnet die sog. Sicherheitszone mit Nutzungs- und Befahrverbot.

Die Kardinaltonnen haben eine Gesamtlänge von 10 m, einen Tiefgang von 3 m und eine Lichtpunkthöhe von 5,5 m.

Als nächtliche Markierung dienen Seelaternen der Farbe Weiß mit einer Intensität von 120 cd. Während der Installationsphase dienen autarke Solarkompaktsysteme mit einer Lichtstärke von 20 cd zusätzlich der temporären Behelfsbefeuerung der einzelnen WEA, solange bis die permanente Befeuerung in Betrieb genommen wird.

7.4. Tageskennzeichnung und Farbgebung der baulichen Anlagen gemäß Vorschriften aus Kapitel 4 (Schifffahrt und Luftfahrt)

Nach Beendigung der Bauphase und Inbetriebnahme der Anlage erfolgt eine vorschriftsmäßige Kennzeichnung der WEA auf Grundlage des OWP Gennaker Kennzeichnungskonzeptes Teil 2 und 3.

Hierbei wird zwischen Anlagenposition an der Peripherie und im Innenbereich unterschieden. Die Anlagen an den Eckpunkten werden als sogenannte "Significant Peripheral Structure", kurz SPS, gekennzeichnet.

Die Tageskennzeichnung sieht im Bereich von 2 m bis 17 m über dem "Mittleren Wasserstand" einen Anstrich in Verkehrsgelb vor. Die Rotorflügel werden an den Spitzen in der Kombination Verkehrsrot / Lichtgrau / Verkehrsrot gestrichen.

Zusätzlich sind die Anlagen mit einer Höhe über 150 m über Wasser umlaufend mit einem 2 m hohen verkehrsroten Streifen in der Mitte des Maschinenhauses sowie mit einem 3 m hohen Ring umlaufend beginnend in ca. 40 m über dem Wasser gekennzeichnet. Die genaue Anbringung des 3 m Ringes ist erst nach Abstimmung mit der Luftfahrtbehörde festzulegen und kann in der Höhe noch um bis 40 m nach oben verschoben werden.

Als Beschriftung aller Bauwerke wird die Abkürzung "GN" (Gennaker) über der Positionsbezeichnung der einzelnen WEA angebracht. Die Buchstaben haben eine Größe von 1 m in schwarzer Schrift auf gelbem Hintergrund.

Die Beschriftungshöhe der WEA liegt im Bereich von ca. 10-12 m. Die genaue Position der Beschriftung richtet sich schlussendlich nach der Ausrichtung der Scheinwerfer für die Nahbereichserkennung.

Die beiden bereits genehmigten Umspannplattformen „DSS“ und „ZIG“ sind nicht Bestandteil des gegenständlichen Genehmigungsverfahrens, werden aber ebenfalls entsprechend der Vorgaben zur Kennzeichnung von Schifffahrtshindernissen gekennzeichnet. Aufgrund ihrer geringen Bauhöhe von < 100m fallen sie nicht unter die Kennzeichnungspflichten für Luftfahrthindernisse.

7.5. Nachtkennzeichnung, Tragweite der Befeuerung gem. Vorschriften aus Kapitel 4 (Schifffahrt und Luftfahrt)

Nach Beendigung der Bauphase werden alle Anlagen des OWP auf Grundlage des OWP Gennaker Kennzeichnungskonzeptes Teil 2 und 3 mit folgender Kennzeichnung für die Schifffahrt ausgestattet:

- 5-Seemeilen-Befeuerung, gelb
- Nahbereichskennzeichnung der WEA, Anstrahlung durch LED-Scheinwerfer

Die Feuer werden jeweils eine Stunde vor Sonnenuntergang an- und eine Stunde nach Sonnenaufgang ausgeschaltet. Dabei dient als Referenzpunkt für Sonnenauf- und -untergangszeiten der Standort Buk.

Zusätzlich sichern integrierte Dämmerungsschalter die Möglichkeit eines sekundäres An- bzw. Abschaltens der Befeuerungskomponenten.

Sobald die zentral gemessene Umgebungshelligkeit am Tag unter 150 Lux fällt, schalten sich die Lichter automatisch an. Gleiches gilt, sobald die die zentral gemessene Sichtweite unter 1000m fällt. Zusätzlich kann das Licht „manuell“, auf Anforderung der zuständigen Fachbehörde, aktiviert werden.

Die Nachtkennzeichnung für die Luftfahrt betrifft aufgrund der Bauhöhe nur die WEA.

Alle WEA im OWP werden mit einer Flugbefeuerung mit „Feuer W, rot ES“, ca. 100 cd, doppelt markiert. Die Feuer werden auf dem Dach der Gondel so installiert, so dass bei drehendem Rotor mindestens immer jeweils ein Feuer sichtbar ist.

Bei Anlagen über 150 m Bauwerkshöhe über Wasser ist am Turm eine weitere Hindernisbefeuerungsebene erforderlich. Die genaue Anbringungshöhe und die Anzahl der Hindernisfeuer am Turm ist mit der zuständigen Luftfahrtbehörde abzustimmen.

Das geplante Befeuerungskonzept ist nachfolgend noch einmal zusammengefasst:

- In der Bauphase ist der Bereich mit Kardinaltonnen und Seelaternen mit ca. 120 cd Lichtstärke gekennzeichnet. Solarkompaktsysteme werden an den WEA auf ca. 15 m Höhe mit einer Tragweite von 3 sm und einer Lichtstärke von 20 cd angebracht.
- Alle Anlagen des OWP auf Peripheriepositionen oder SPS-Positionen werden in der Betriebsphase mit 5 sm Seelaternen auf ca. 15m Höhe über MSL ausgerüstet. Die Lichtstärke kann bis zu 180 cd betragen.
- Alle Offshore-Anlagen erhalten unabhängig von ihrer Position eine Nahbereichskennzeichnung. Diese werden in dreifacher Ausführung an der Arbeitsplattform in ca. 12m Höhe montiert.

Alle WEA erhalten auf dem Dach der Gondel eine Flugbefeuerung mit Feuer „W rot ES“ in doppelter Ausführung von ca. 100 cd Lichtstärke. Zusätzlich wird bei Anlagen von mehr als 150 m Höhe eine zusätzliche Hindernisbefeuerungsebene am Turm erforderlich. Dabei wird von einer Anbringungshöhe von ca. 40 m über MSL ausgegangen. Die Anzahl und die finale Höhe der Feuer wird noch im weiteren Projektverlauf mit der zuständigen Luftfahrtbehörde abgestimmt.

Gutachten über die Sichtbarkeit des OWP GENNAKER 2024

Die Tragweitenberechnung der Lichtstärken wurde vom Deutschen Wetterdienst durchgeführt und ist auszugsweise in der nachfolgenden Tabelle 4 dargestellt.

Meteorologische Sichtweite nachts in km	Lichtstärke in cd					
	10	20	50	100	120	180
0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6
0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9
1	1	1,1	1,3	1,4	1,5	1,5
2	1,3	1,8	2,1	2,4	2,4	2,6
4	2,4	2,7	3,3	3,7	3,9	4,1
10	3,6	4,4	5,5	6,5	6,5	7,4
20	4,6	5,8	7,7	9,3	9,8	10,8
50	5,7	7,6	10,7	13,6	14,4	16,4
70	6,2	8,1	11,6	15	16	18,4

Tabelle 4: Über die Tragweite [km] vorgegebener Lichtstärken (Als Grundlage zur Bestimmung nächtlicher Sichtbarkeit des OWP Gennaker, 23.05.2016), Quelle: DWD (1)

8. Beurteilung der Sichtbarkeit des Windparks im Jahres- und Tagesgang

Nachfolgende Abbildungen 6 bis 8 zeigen die **monatliche prozentuale** Verteilung der Sichtbarkeit für die jeweiligen Sichtstufen, die sich aus den Entfernungen der Standorte vom OPW ergeben. **Abbildung 6 zeigt die Sichtverteilung als monatlichen Mittelwert, in den Abbildungen 7 und 8 sind die monatlichen Mittelwerte zusätzlich in Tag- und Nachtzeiten unterteilt.** Der Tag ist definiert als die Zeit von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang gerundet auf die volle Stunde. Die Nachtstunden liegen zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. Eine Übersicht der Sonnenauf- und Untergangszeiten findet sich im Anhang 5. Weitere Grafiken zu den mittleren monatlichen Überschreitungshäufigkeiten nach Sichtstufen befinden sich im Anhang 4.

Bei allen drei Verteilungen zeigt sich ein linearer Abfall der Kurven hin zu größeren Entfernungen. Je weiter ein Standort von den WEA entfernt ist, desto geringer ist seine Sichtbarkeit, die peripheren Nahbereiche der Windparks sind also deutlicher zu erkennen.

Einen Unterschied in der Sichtbarkeit gibt es zusätzlich im Jahresgang. Die Sichtweiten sind dabei in den Sommermonaten am größten und im Januar und Februar am geringsten.

Weiter gibt es Unterschiede bei der Sichtverteilung zwischen Tag und Nachtzeit. Die stündliche Verteilung der Sichtbarkeit ist tagsüber in den Sommermonaten höher als in den Wintermonaten (siehe im Detail in Anhang 6). Dies hängt mit der variierenden Tageslänge im Jahresverlauf zusammen. Die Anzahl der Stunden mit Tageshelligkeit ist im Sommer deutlich höher als im Winter. Im Winter ist es umgekehrt, hier überwiegt die Anzahl der Nachtstunden. Insgesamt ist die prozentuale Verteilung der Sichtbarkeit bei Tageshelligkeit im Schnitt aber nur gering höher als bei Nacht.

An dem dichtesten Punkt, auf der Fähre von Rostock nach Trelleborg, ist der OWP am häufigsten zu sehen. Tagsüber im Sommer sind es über 90 % der Zeit, im Winter dagegen nur ca. 70 % der Zeit. Für weiter entfernte Punkte über 30 km fällt die Sichtbarkeit deutlich ab und liegt im Schnitt bei ca. 35 %.

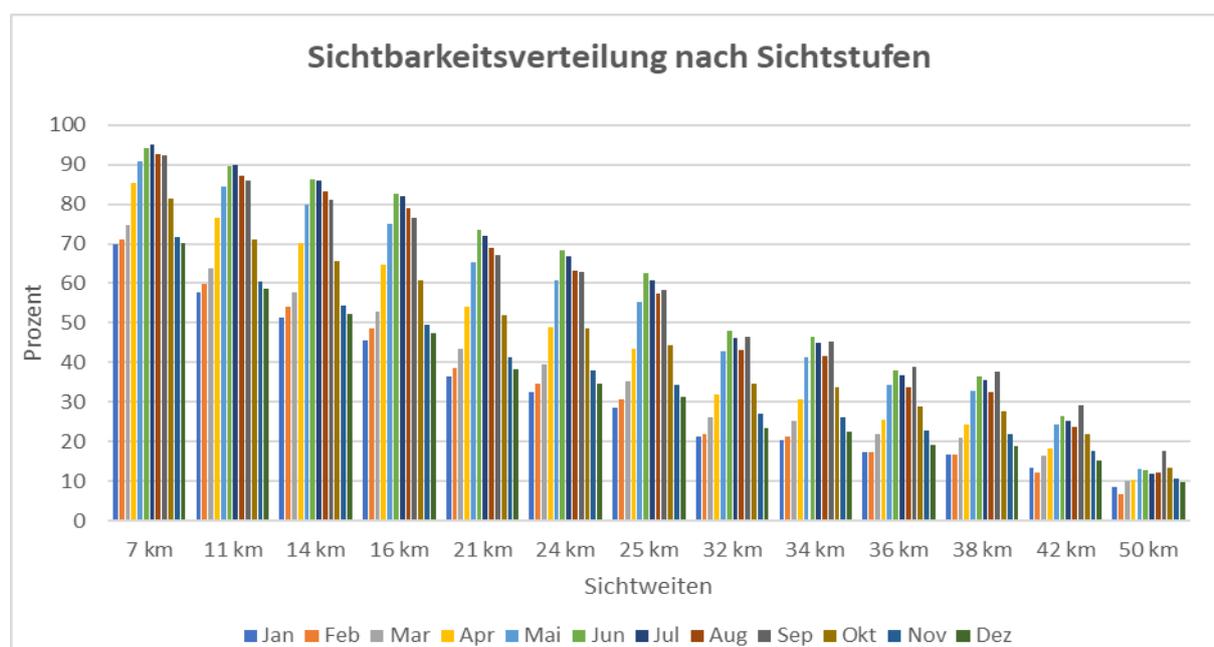


Abbildung 6: Monatliche prozentuale Verteilung der Sichtbarkeit nach Sichtstufen aus den Beobachtungen an der Station Arkona

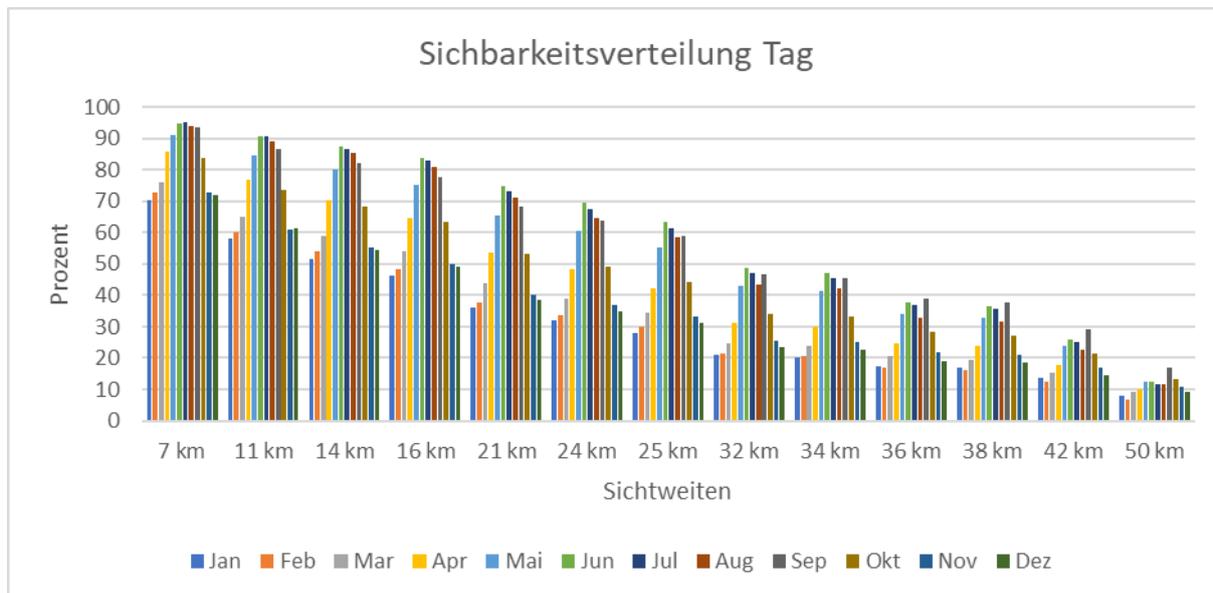


Abbildung 7: Monatliche prozentuale Verteilung der Sichtbarkeit am Tage nach Sichtstufen aus den Beobachtungen an der Station Arkona

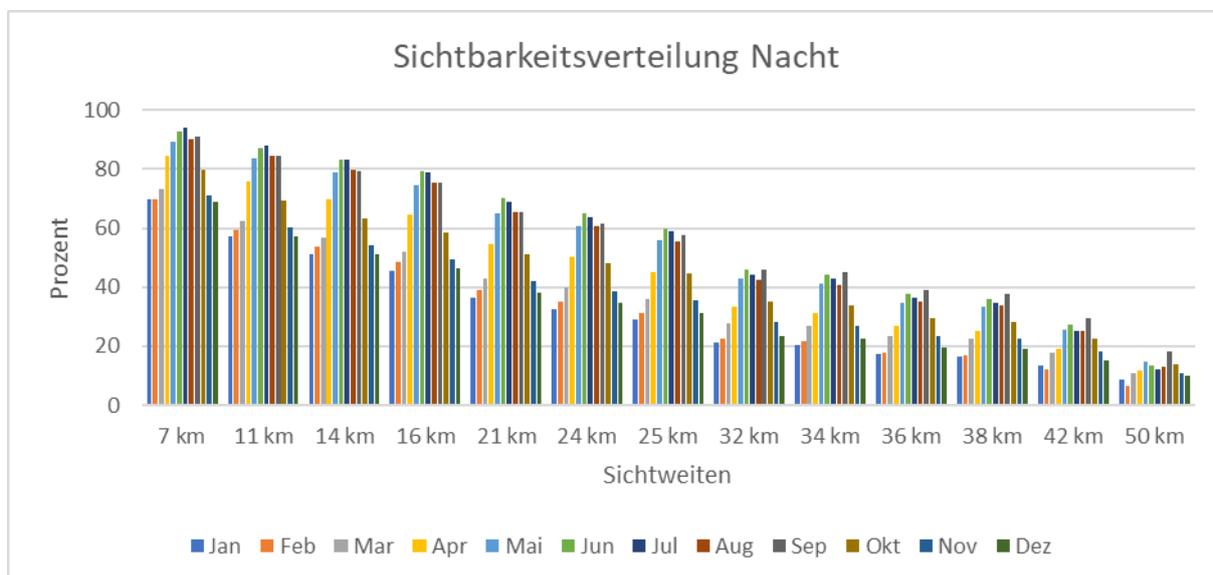


Abbildung 8: Monatliche prozentuale Verteilung der Sichtbarkeit in der Nacht nach Sichtstufen aus den Beobachtungen an der Station Arkona

Gutachten über die Sichtbarkeit des OWP GENNAKER 2024

Neben den Tagsichtbarkeiten spielt nachts vor allem die Befeuerung eine entscheidende Rolle.

In der Bauphase ist eine Befeuerung der Kardinaltonnen mit 5 sm Laternen vorgesehen sowie eine Nahbereichskennzeichnung mit einer Lichtstärke von 20 cd.

Dabei kommt als betroffener Standort, von dem aus die Nahbereichskennzeichnung des OWP sichtbar sein kann, vor allem die Fähre zum Tragen. Die Seelaternen mit 120 cd Lichtstärke können bei sehr guten Sichtverhältnissen an den Standorten Darßer Ort, Prerow und Zingst wahrgenommen werden.

In der Betriebsphase sind die WEA mit einer Befeuerung der max. Stärke von 180 cd ausgestattet ("worst case" bei 5-Seemeilen-Befeuerung, welche mind. 120 cd haben müssen). Diese haben in Bezug auf die Sichtstufen bis max. 50 km eine maximale Tragweite von knapp 17 km, sind also bei sehr guten Sichtverhältnissen an den Standorten Darßer Ort, Prerow, Zingst und von der Fähre aus sichtbar (Entfernungen der Standorte siehe [Tabelle 1](#)). Eine schwächere Befeuerung der Stärke 100 cd hat noch eine Tragweite von knapp 14 km. An den meisten Standorten ist der OWP daher nachts nicht sichtbar, da die Entfernung zu groß ist.

Der Standort Fähre Rostock-Trelleborg stellt einen Sonderfall dar. Dieser lässt schon bei leichtem Dunst und einer Entfernung von 7 km die Befeuerungen mit den Stärken ab ca. 100 cd der Peripherie sichtbar werden. Herrscht dagegen sehr gute Sicht, so sind die maximalen Lichtstärken von 180 cd ("worst case") vom gesamten Park sichtbar.

Da es sich bei der Fähre aber um ein sich bewegendes Objekt handelt, das sich zu Teilen des Parks hin und auch wieder von ihnen weg-bewegt, werden wiederum Teile des Parks stetig überlagert und verstärkt sowie abgeschwächt.

Die genaue Auflistung der Sichtbarkeiten bei Nacht aus den Beobachtungen an der Station "Arkona" ist im Detail im Anhang 6 zu finden.

	Standort		
Meteorologische Sichtweite / Tragweite	Darßer Ort	Prerow, Strand	Zingst, Strand
20 km / bis 11 km	GN01, GN02		
50 km / bis 16 km	GN01-GN16, GN41-GN47	GN01-GN05, GN07-GN10, GN14, GN41-GN47	GN47
70 km / bis 18 km	GN01-GN26, GN41-GN49	GN01-GN20, GN25, GN41-GN50	GN41-GN51

Tabelle 5: Prognostizierte Sichtbarkeit der einzelnen WEA in Abhängigkeit von der meteorologischen Sichtweite und der Tragweite von Signalleuchten (Lichtstärke 100 cd)

9. Zusammenfassung:

In diesem Gutachten wurden im Zuge der Planung des Offshore-Windparks " OWP Gennaker" für die von der Genehmigungsbehörde festgelegten **sowie weiterer im benachbarten Dänemark hinzugenommener** Standorte die Sichtbarkeiten untersucht.

Dazu sind als Grundlage die Sichtweiten der Wetterstation "Arkona" aus dem **Jahre 01/2000 bis 10/2023 mit über 200.000 Beobachtungswerten** herangezogen worden. Mit ihrer räumlichen Lage (nördlichstes Kap der Insel Rügen) ist die Wetterstation "Arkona" repräsentativ, zudem es die einzige Station in der Nähe des OWP Gennaker ist, welche die Sichtweiten auch nach See meldet. Aus diesen Daten ergeben sich Sichtbarkeiten am Tag, die zeigen, dass die Häufigkeit, den Park sehen zu können, sich auf die Sommermonate und im Tagesgang auf die Stunden am Nachmittag und frühen Abend konzentriert. Die Minima hingegen liegen in den Wintermonaten und im Tagesgang am frühen Morgen (Anhang 3).

9.1. Tag

Die prozentuale Häufigkeit der Sichtweiten nach Sichtstufen ist Tabelle 6 zu entnehmen. Hier wird die mittlere prozentuale Häufigkeit der Sichtweitenüberschreitung über das gesamte Jahr angegeben. Daraus ergibt sich in Bezug die betrachteten Standorte eine **mittlere Sichtbarkeit von ca. 49%, also etwas weniger als** die Hälfte der Zeit.

Zudem ist die minimale und maximale prozentuale Häufigkeit der Sichtweitenüberschreitung angegeben, die sich auf die gemittelten monatlichen Werte bezieht. Die höchsten Werte stammen, wie bereits weiter oben beschrieben, aus den Sommermonaten und die minimalen Werte aus den Wintermonaten.

Diese Ergebnisse beruhen auf den Messwerten von Sichtweiten der Station "Arkona", denen Beobachtungen eines Wetterbeobachters zugrunde liegen.

Die Ergebnisse dürften durch die Lage der Station, die mit 47 m Höhe über dem Meeresspiegel liegt, größer ausfallen als die Sichtweiten zum gleichen Zeitpunkt an tiefer gelegenen Standorten, da vor allem in den Wintermonaten z.B. flache Nebelbänke die Sichtweiten auf Meeresniveau verringern.

Die Häufigkeitsangaben für die Sichtbarkeiten des OWP "Gennaker" sind dadurch leicht überschätzt. Sie dürften über den tatsächlich zu erwartenden Werten der einzelnen Beobachtungsstandorte liegen und können somit als konservative Abschätzung angesehen werden.

Gutachten über die Sichtbarkeit des OWP GENNAKER 2024

Ort	minimale Entfernung [km]	Sichtbarkeit maximale Häufigkeit pro Monat	Sichtbarkeit minimale Häufigkeit pro Monat	gemittelte Häufigkeit Pro Jahr
Fähre	7	95 %	70 %	82 %
Darßer Ort, Leuchtturm	11	90 %	58 %	74 %
Prerow, Strand	14	86 %	51 %	69 %
Zingst, Strand	16	83 %	46 %	64 %
Ahrenshoop, Strand	21	73 %	72 %	54 %
Hohe Düne	21	73 %	72 %	54 %
Barth, Kirchturm	24	68 %	31 %	50 %
Dornbusch, Leuchtturm	24	68 %	31 %	50 %
Wustrow, Kirchturm	25	63 %	26 %	45 %
Wustrow, Strand	25	63 %	26 %	45 %
Vitte	25	63 %	26 %	45 %
Dranske	32	48 %	19 %	34 %
Møn Fyr	32	48 %	19 %	34 %
Marielyst	34	46 %	20 %	33 %
Mövenort	36	38 %	17 %	28 %
Hårbølle, Strand	38	36 %	17 %	27 %

Tabelle 6: Prozentuale Häufigkeiten der Sichtbarkeit des OWP von den ausgewählten Standorten aus bei minimaler Entfernung

9.2. Nacht

In der Nacht bzw. bei Dunkelheit werden lediglich Feuer W, rot ES bis zu einer Entfernung von 17 km und bei guten Sichtverhältnissen von der Küste aus wahrgenommen.

Die meteorologische Sichtweite muss daher von Darßer Ort aus mindestens 20 km betragen, damit die Feuer wahrgenommen werden. In Zingst und Prerow muss die Sichtweite 50 km betragen, um die Feuer sehen zu können.

Die Häufigkeiten der beobachteten Sichtweiten von 20 km liegen in der Nacht bei ca. 50%, von 50 km nur noch bei knapp 14 %.

Für diese drei Standorte ist es aufgrund der Größe des Parks und aufgrund der Häufigkeitsverteilung der Sichtbarkeiten nicht möglich, den gesamten Park zu sehen.

Einzig der Standort Fähre Rostock-Trelleborg mit einer minimalen Entfernung von 7 km zum nächstgelegenen Peripheriepunkt bietet die Möglichkeit nicht nur tagsüber sondern auch nachts Befeuerungen ab ca. 100 cd der WEA wahrzunehmen.

Daher wird prognostiziert, dass der OWP bei Dunkelheit von Beobachtungsstandorten, die mind. 18,5 km entfernt sind, nicht mehr sichtbar wäre.

10. Literatur

- (1) DWD über die Tragweite vorgegebener Lichtstärken (als Grundlage zur Bestimmung nächtlicher Sichtbarkeiten des OWP Gennaker 2016)
- (2) OWP Gennaker Kennzeichnungskonzept Teil 1 – Baustellensicherungskonzept 12/2023
- (3) OWP Gennaker Kennzeichnungskonzept Teil 2 - Kennzeichnung und Befeuerung als Schifffahrtshindernis während des Normalbetriebs 12/2023
- (4) OWP Gennaker Kennzeichnungskonzept Teil 3 - Kennzeichnung und Befeuerung als Luftfahrthindernis 12/2023
- (5) Richtlinie Offshore-Anlagen zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs, Version 3.1, WSV 2021
- (6) Allgemeine Verwaltungsvorschriften zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen 2020
- (7) DWD-Sensorik und Systeme für den Wetterbeobachtungs- und Wettermeldedienst 2021
- (8) Fachgutachten Landschaftsbildanalyse und Landschaftsbildbewertung, Dipl.-Ing. Nicolaus Fehmel, 05/2024

11. Anlagen

- Anhang 1: Entfernungen Tabelle
- Anhang 2: Entfernungen Bilder
- Anhang 3: Mittlere monatliche Überschreitungshäufigkeiten
- Anhang 4: Verteilung der Sichtweitenstufen
- Anhang 5: Sonnenstände
- Anhang 6: Sichtbarkeiten Tag-Nacht

Kiel, 17. Mai 2024

A handwritten signature in blue ink that reads 'Alina Dux'.

Alina Dux
(Diplom-Meteorologin)

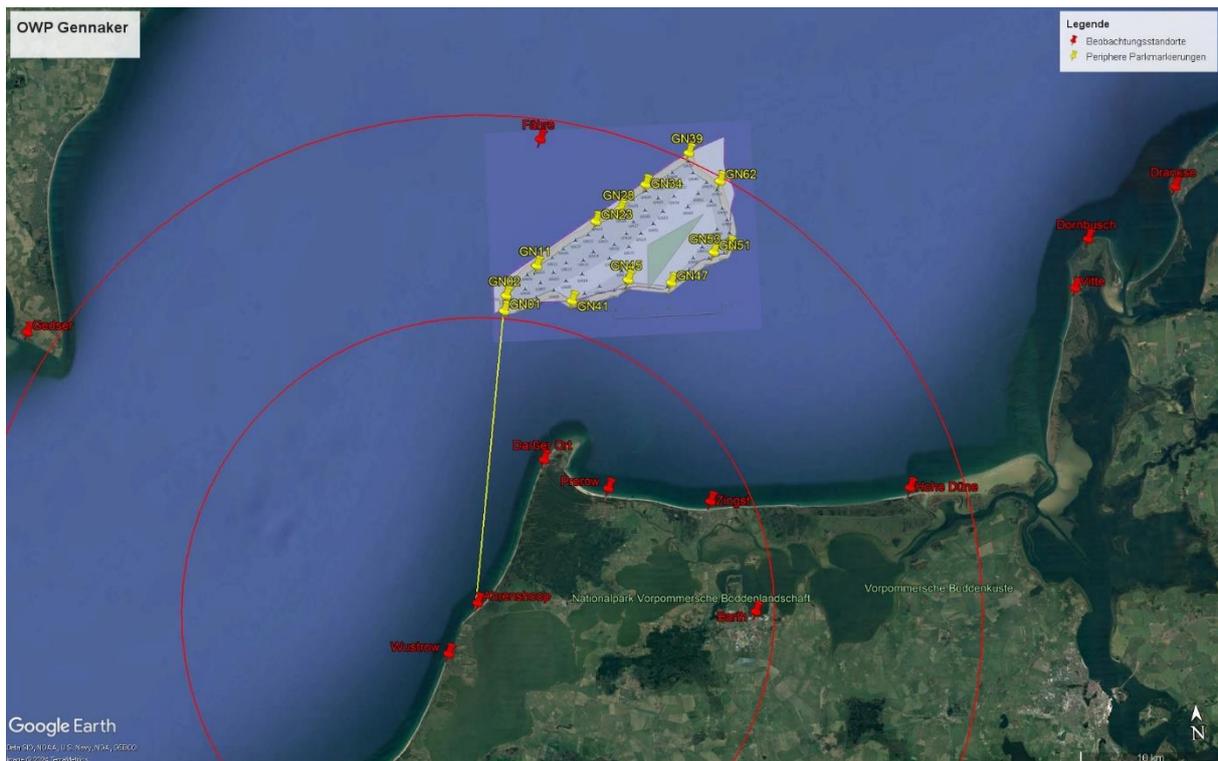
Anhang 1: Entfernungen in km zwischen den Standorten und den WEA des OWP Gennaker

WEA-Nr.	Fähre	Darßer Ort	Prerow	Zingst	Ahrenshoop	Hohe Düne	Barth	Dornbusch	Wustrow	Vitte	Dranske	Møn Fyr	Marielyst	Mövenort	Hårbølle Strand
GN01	13	11	15	20	22	32	28	42	26	41	49	42	35	54	40
GN02	12	12	16	21	23	32	29	42	27	41	49	41	34	54	39
GN03	12	11	15	20	22	31	28	41	26	40	48	42	35	53	40
GN04	12	12	15	19	23	30	28	40	27	39	47	41	36	52	40
GN05	11	12	16	20	23	31	29	41	27	40	48	40	35	53	39
GN06	10	14	17	21	24	32	29	41	28	40	48	39	35	52	39
GN07	11	13	16	20	24	30	28	40	28	39	47	40	36	52	40
GN08	11	12	15	19	24	29	27	39	28	38	46	40	37	51	41
GN09	11	13	15	19	25	29	28	38	29	37	45	40	38	50	41
GN10	10	14	16	20	25	30	29	39	29	38	46	39	37	50	40
GN11	9	14	17	21	25	31	29	40	29	39	47	39	36	51	39
GN12	9	15	17	21	26	31	30	39	30	38	46	38	37	50	39
GN13	9	15	17	20	26	30	29	38	30	37	45	38	38	49	40
GN14	10	14	16	19	26	28	27	37	30	36	43	39	39	48	41
GN15	10	15	17	20	27	29	28	36	31	36	43	38	39	48	40
GN16	8	16	18	21	27	30	30	38	31	37	45	37	37	49	39
GN17	8	16	18	21	28	30	30	37	32	36	44	37	38	48	39
GN18	9	16	17	20	27	29	29	36	31	35	42	38	39	47	40
GN19	10	16	17	19	27	27	28	34	31	34	41	38	41	46	41
GN20	10	17	18	20	28	28	29	34	32	33	41	37	41	46	41
GN21	9	17	19	21	29	29	29	35	33	34	42	36	40	46	40
GN22	8	17	19	21	28	30	30	36	32	35	43	36	39	47	39
GN23	8	18	19	22	29	30	30	35	33	35	42	36	39	47	39
GN24	9	18	19	21	30	28	29	33	34	33	40	36	42	45	41
GN25	10	17	18	20	29	27	28	33	33	32	40	37	42	44	42
GN26	10	18	19	20	30	27	29	32	34	32	39	36	43	43	42
GN27	9	19	20	21	31	28	30	33	35	32	39	36	42	44	41
GN28	8	19	20	22	31	29	31	34	35	33	40	35	41	45	40
GN29	8	20	22	23	32	29	31	33	36	33	39	34	42	44	40
GN30	9	20	21	22	32	28	30	32	36	32	38	35	43	43	41
GN31	10	19	20	21	31	27	29	31	35	31	38	36	44	42	42
GN32	11	20	21	22	32	27	30	31	36	30	37	35	44	42	42

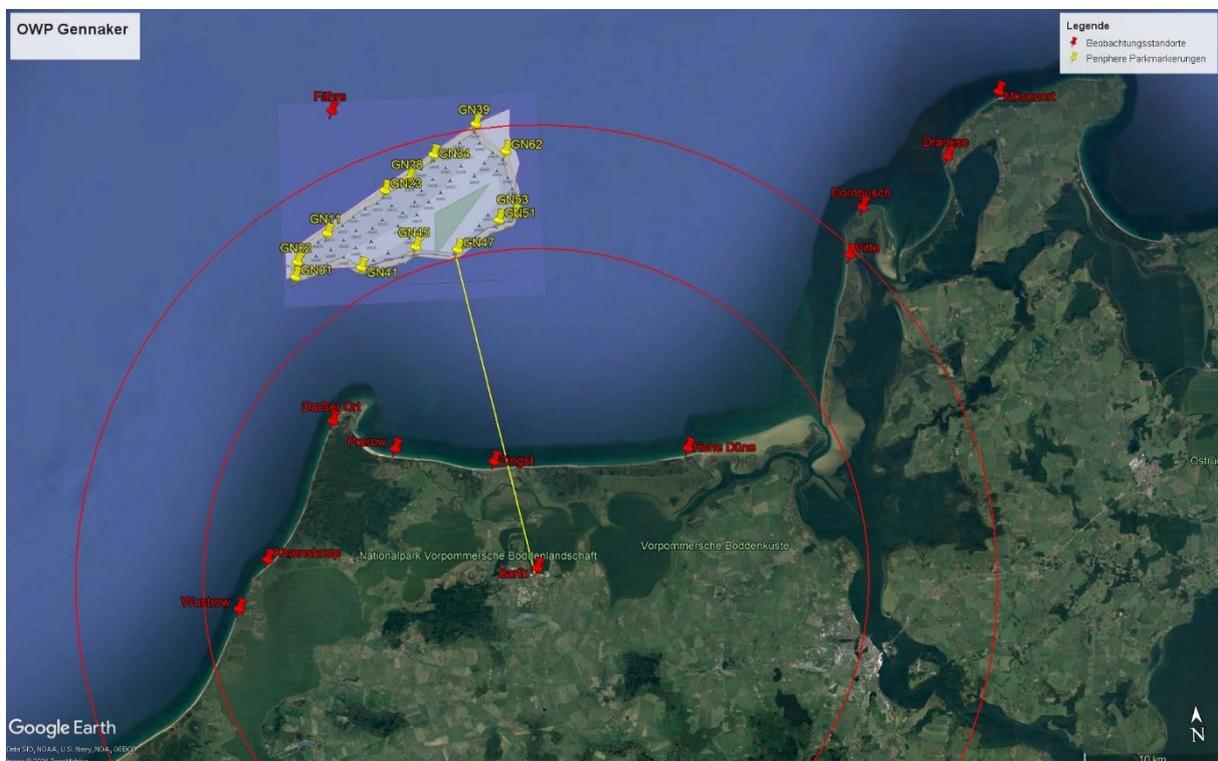
Anhang 1: Entfernungen in km zwischen den Standorten und den WEA des OWP Gennaker

GN33	10	21	22	23	33	28	31	31	37	31	37	34	44	42	41
GN34	9	21	22	23	33	29	32	32	37	32	38	33	43	43	40
GN35	9	22	23	24	34	29	32	31	38	31	37	33	44	42	40
GN36	11	22	22	23	34	27	31	30	38	30	36	34	45	41	42
GN37	11	23	23	24	35	28	32	30	39	29	36	33	45	40	42
GN38	10	23	24	25	35	29	33	30	39	30	36	32	45	41	41
GN39	11	25	25	25	37	29	34	29	41	29	35	32	46	39	41
GN40	12	24	24	25	36	28	33	29	40	29	35	33	46	39	42
GN41	12	12	14	18	23	28	26	37	27	36	44	41	39	50	42
GN42	12	13	14	18	24	27	26	36	28	35	43	41	40	48	42
GN43	12	13	15	18	25	27	26	35	29	34	42	40	41	47	43
GN44	13	14	15	17	25	26	25	34	29	33	41	41	42	46	43
GN45	12	14	15	17	26	25	26	33	30	32	40	40	42	45	44
GN46	11	15	16	18	27	26	27	34	31	33	40	39	42	45	43
GN47	15	16	16	16	28	23	24	30	31	29	37	41	46	42	46
GN48	14	17	17	17	29	23	25	29	32	28	36	40	46	41	46
GN49	15	18	17	17	30	22	25	28	33	28	35	40	47	40	46
GN50	14	19	18	18	30	23	26	28	34	27	35	39	47	40	46
GN51	15	19	19	18	31	22	26	27	35	26	34	39	48	39	47
GN52	15	20	19	19	32	23	27	27	35	27	34	39	47	39	46
GN53	16	21	20	19	32	22	26	26	36	25	33	39	49	38	47
GN54	15	21	20	19	32	23	27	26	36	26	33	39	49	38	47
GN55	16	22	21	20	34	23	28	25	37	25	32	38	49	37	47
GN56	15	22	21	20	33	24	28	26	37	26	33	38	48	38	46
GN57	15	23	22	21	34	24	29	26	38	25	32	37	49	37	46
GN58	15	23	23	22	35	25	30	26	39	26	33	36	49	37	45
GN59	14	23	23	22	35	26	30	27	39	27	33	35	48	38	44
GN60	12	22	22	22	34	26	30	29	37	28	35	35	46	40	43
GN61	12	23	23	23	35	27	31	28	39	28	34	35	47	39	43
GN62	14	24	24	23	36	26	31	27	40	27	33	35	48	37	44
GN63	13	24	24	24	36	27	32	28	40	28	34	34	47	38	43

Anhang 2: bildliche Darstellung der Entfernungen der Standorte zum OWP Gennaker



Ahrenshoop: min. Entfernung 21 km, max. Entfernung 37 km



Barth: min. Entfernung 24 km, max. Entfernung 34 km

WetterWelt GmbH

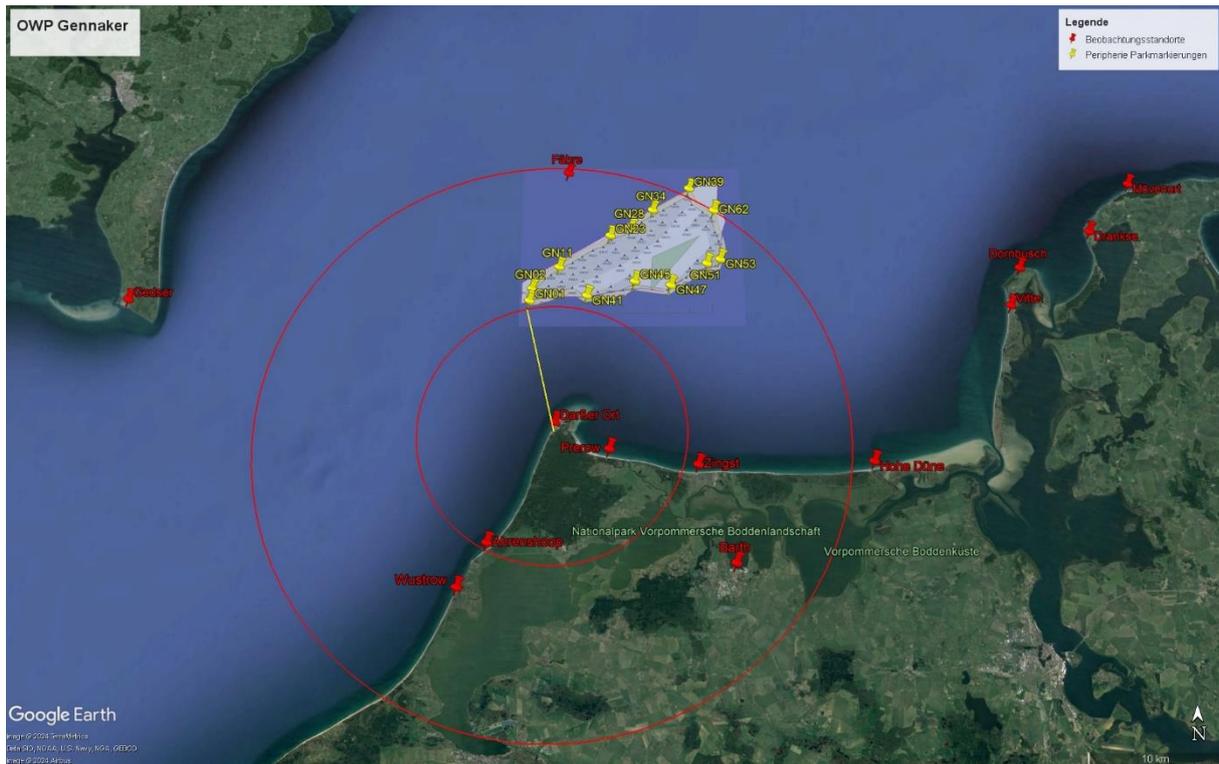
Wetterdienst und meteorologische Dienstleistungen

service@wetterwelt.net

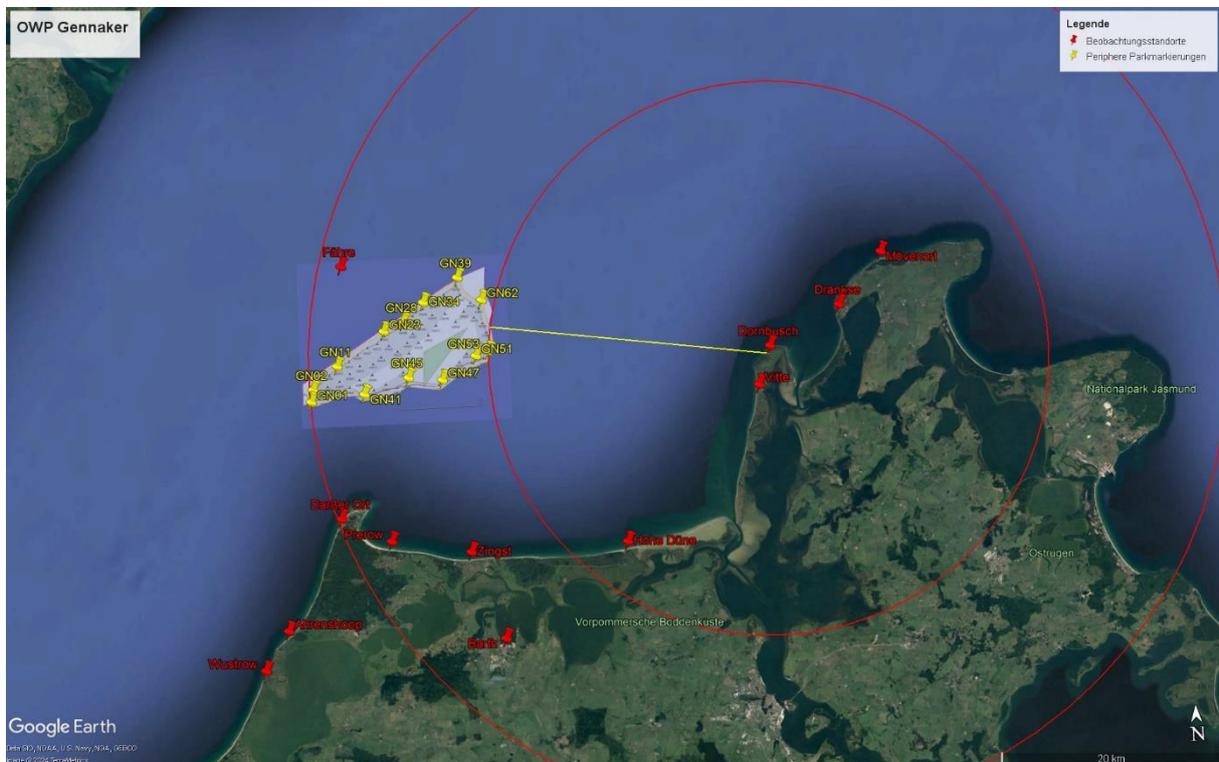
Tel.: 0431 / 97 99 080

www.WetterWelt.de

Anhang 2: bildliche Darstellung der Entfernungen der Standorte zum OWP Gennaker



Darßer Ort: min. Entfernung 11 km, max. Entfernung 25 km



Dornbusch: min. Entfernung 24 km, max. Entfernung 42 km

WetterWelt GmbH

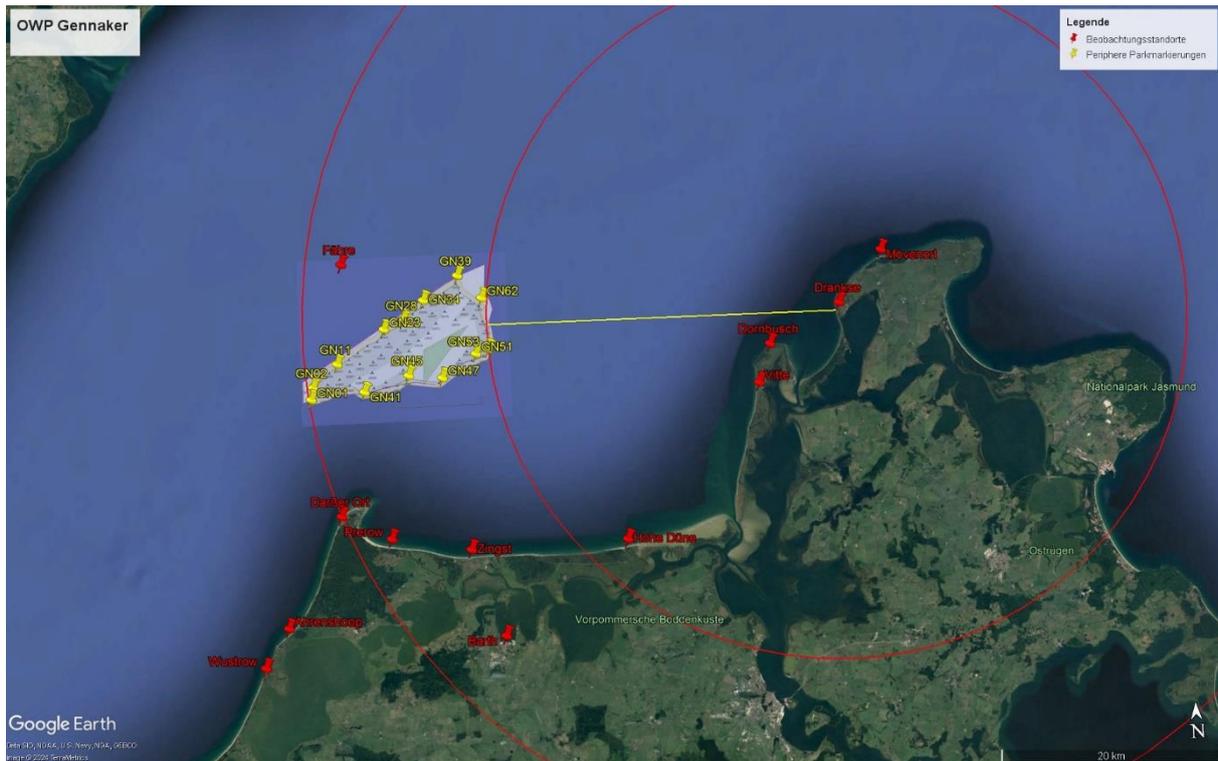
Wetterdienst und meteorologische Dienstleistungen

service@wetterwelt.net

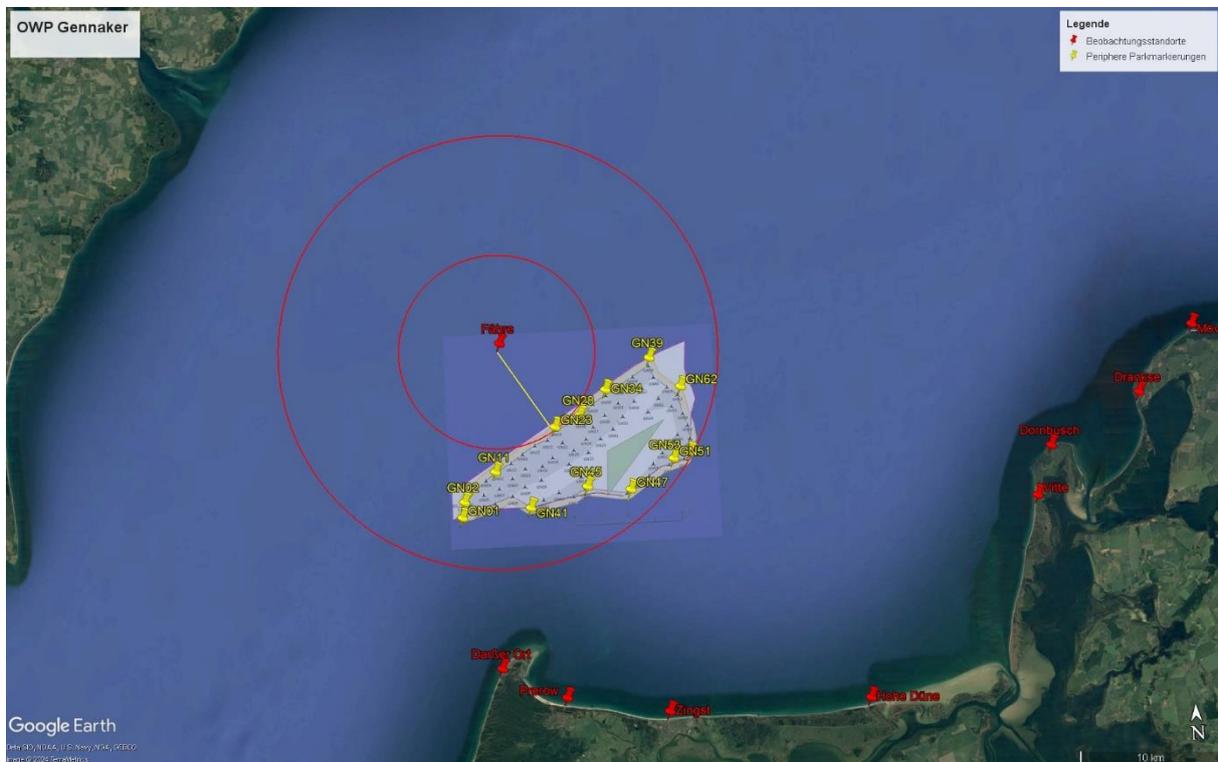
Tel.: 0431 / 97 99 080

www.WetterWelt.de

Anhang 2: bildliche Darstellung der Entfernungen der Standorte zum OWP Gennaker



Dranske: min. Entfernung 32 km, max. Entfernung 50 km



Fähre: min. Entfernung 7 km, max. Entfernung 17 km

WetterWelt GmbH

Wetterdienst und meteorologische Dienstleistungen

service@wetterwelt.net

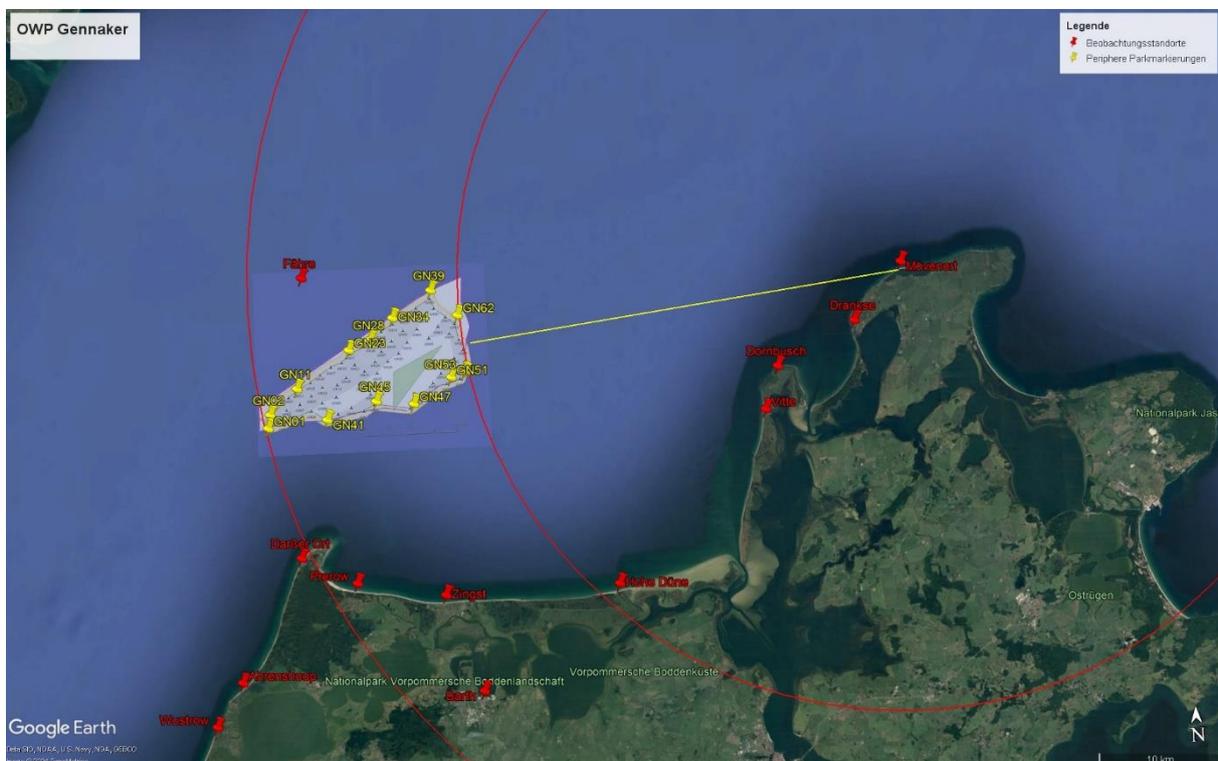
Tel.: 0431 / 97 99 080

www.WetterWelt.de

Anhang 2: bildliche Darstellung der Entfernungen der Standorte zum OWP Gennaker



Hohe Düne: min. Entfernung 21 km, max. Entfernung 37 km



Mövenort: min. Entfernung 36 km, max. Entfernung 55 km

WetterWelt GmbH

Wetterdienst und meteorologische Dienstleistungen

service@wetterwelt.net

Tel.: 0431 / 97 99 080

www.WetterWelt.de

Anhang 2: bildliche Darstellung der Entfernungen der Standorte zum OWP Gennaker



Prerow: min. Entfernung 14 km, max. Entfernung 25 km



Vitte: min. Entfernung 25 km, max. Entfernung 42 km

WetterWelt GmbH

Wetterdienst und meteorologische Dienstleistungen

service@wetterwelt.net

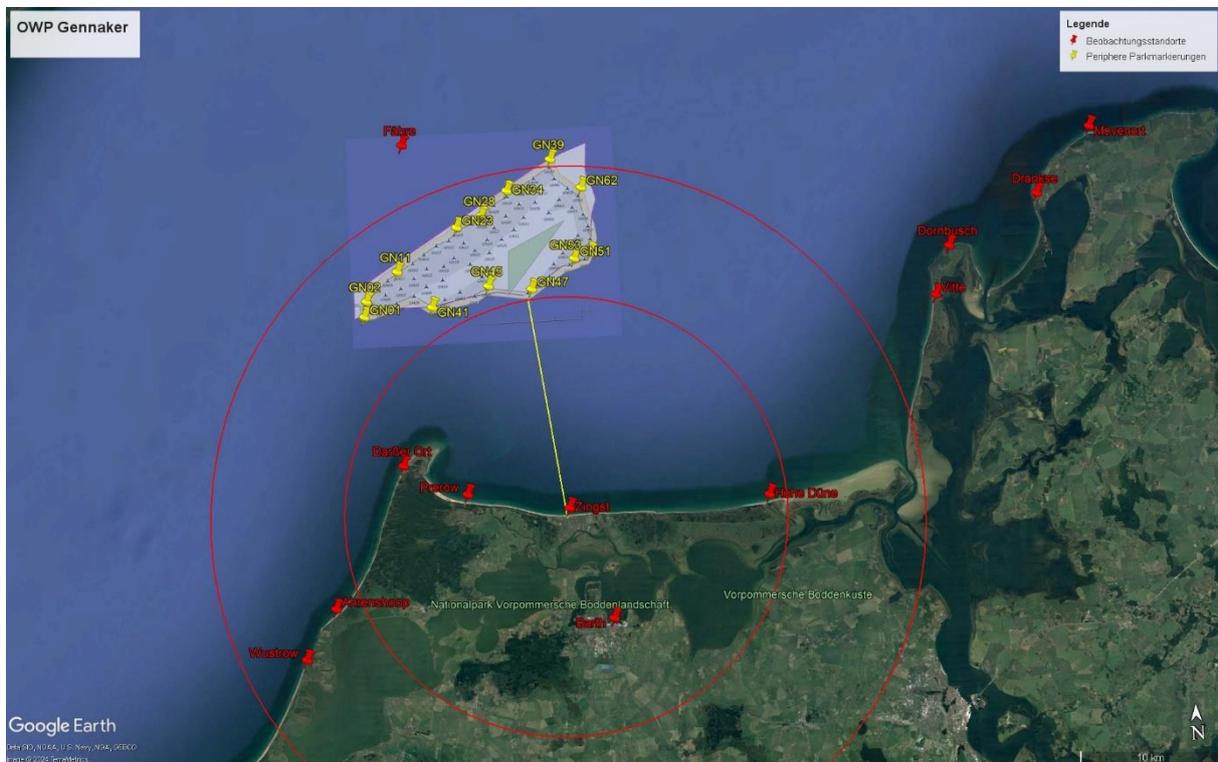
Tel.: 0431 / 97 99 080

www.WetterWelt.de

Anhang 2: bildliche Darstellung der Entfernungen der Standorte zum OWP Gennaker



Wustrow: min. Entfernung 25 km, max. Entfernung 41 km



Zingst: min. Entfernung 16 km, max. Entfernung 26 km

WetterWelt GmbH

Wetterdienst und meteorologische Dienstleistungen

service@wetterwelt.net

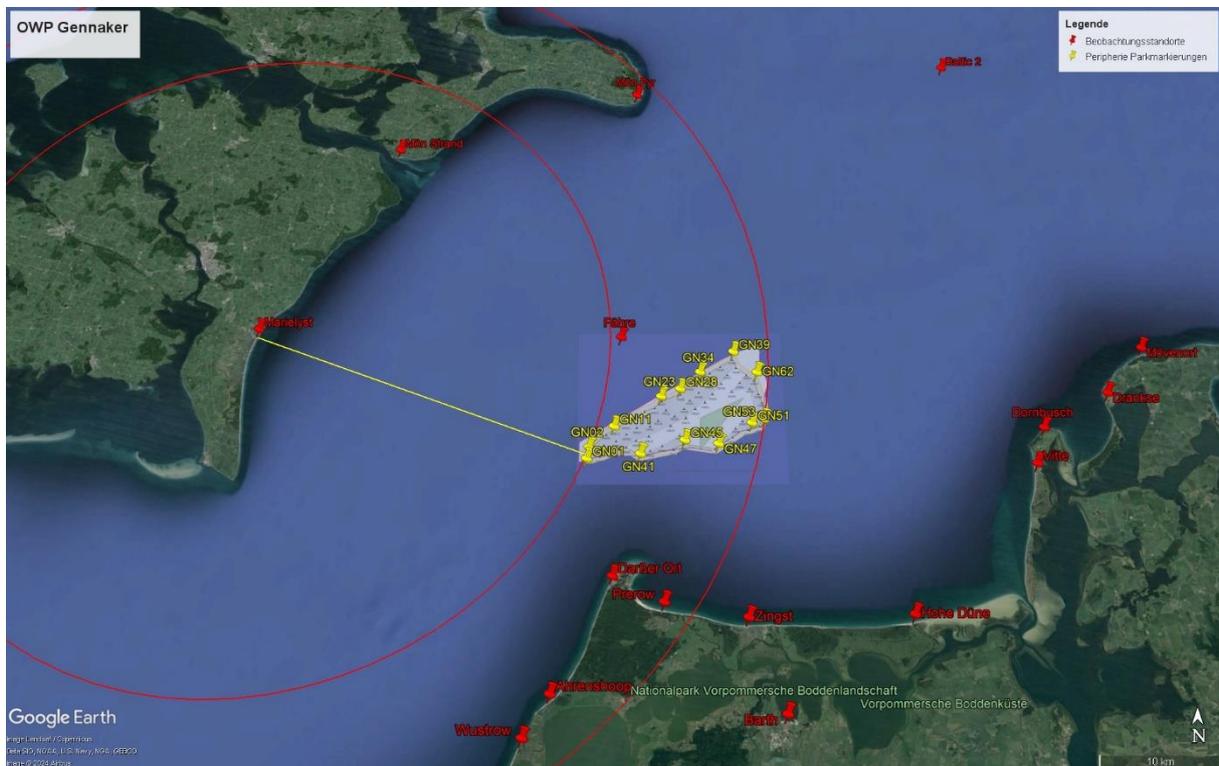
Tel.: 0431 / 97 99 080

www.WetterWelt.de

Anhang 2: bildliche Darstellung der Entfernungen der Standorte zum OWP Gennaker



Hårbølle Strand: min. Entfernung 38 km, max. Entfernung 48 km



Marielyst: min. Entfernung 34 km, max. Entfernung 49 km

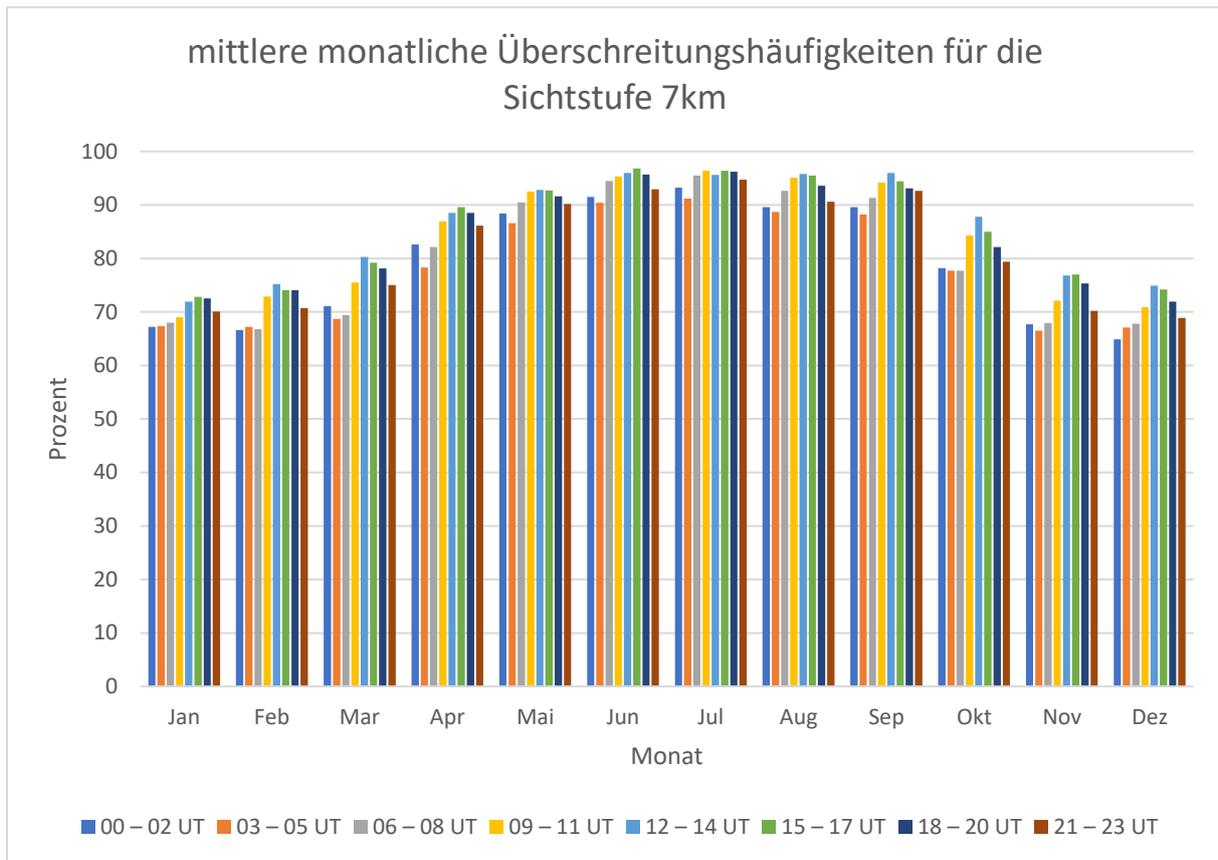
WetterWelt GmbH

Wetterdienst und meteorologische Dienstleistungen

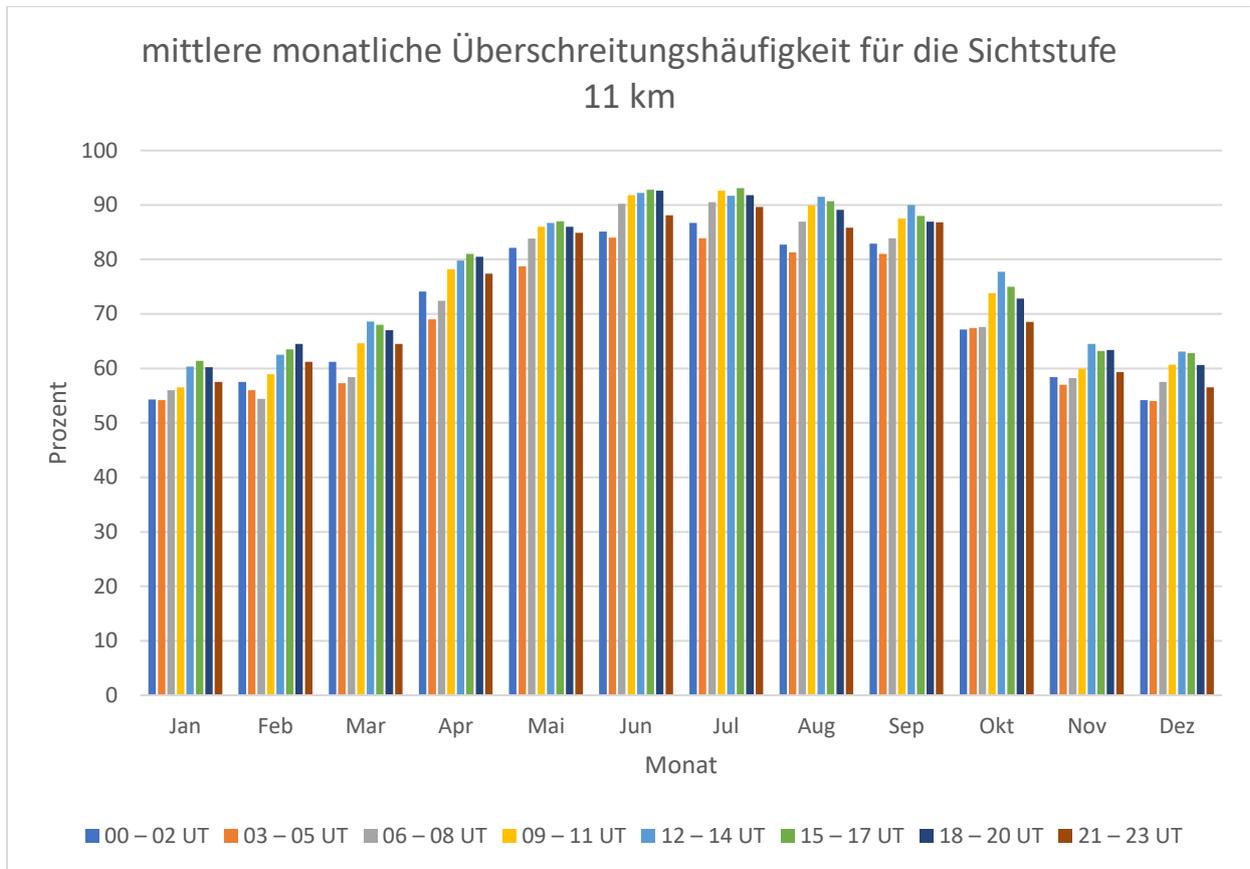
service@wetterwelt.net

Tel.: 0431 / 97 99 080

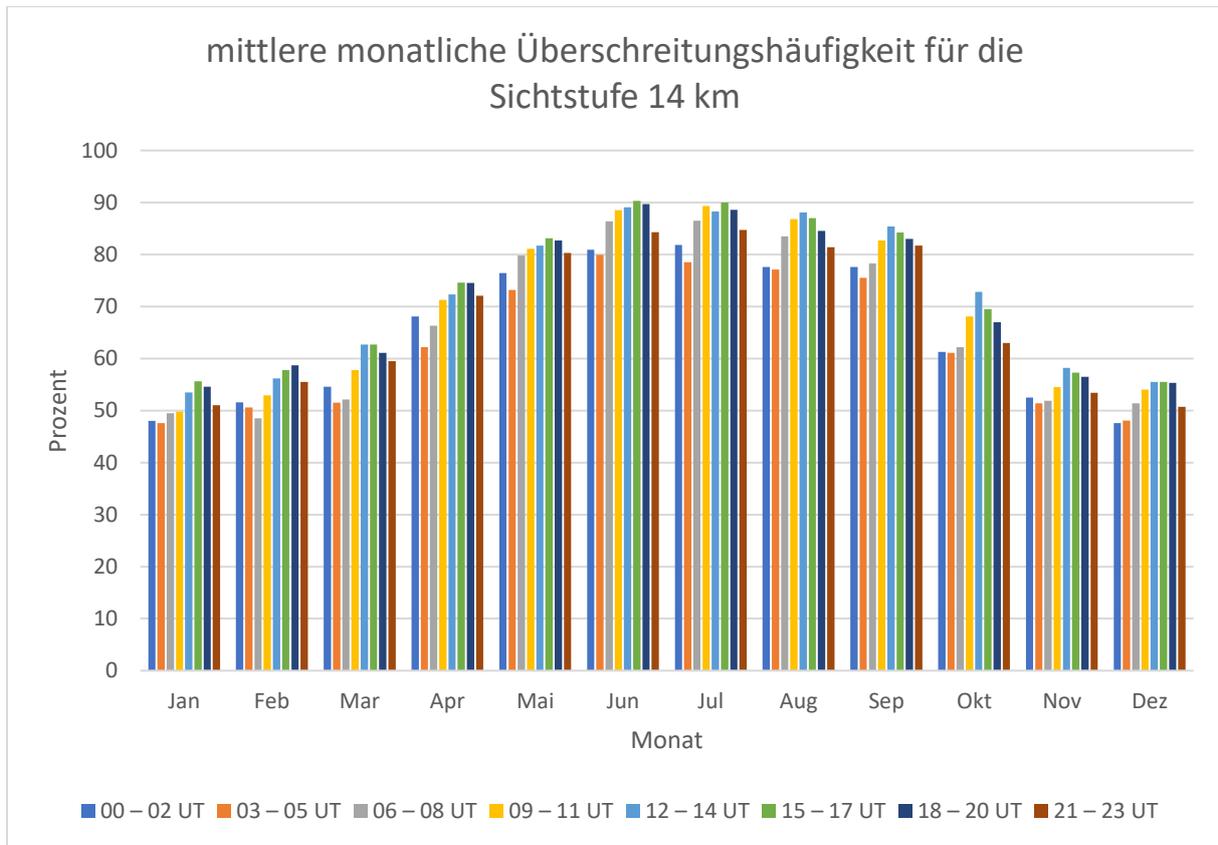
www.WetterWelt.de



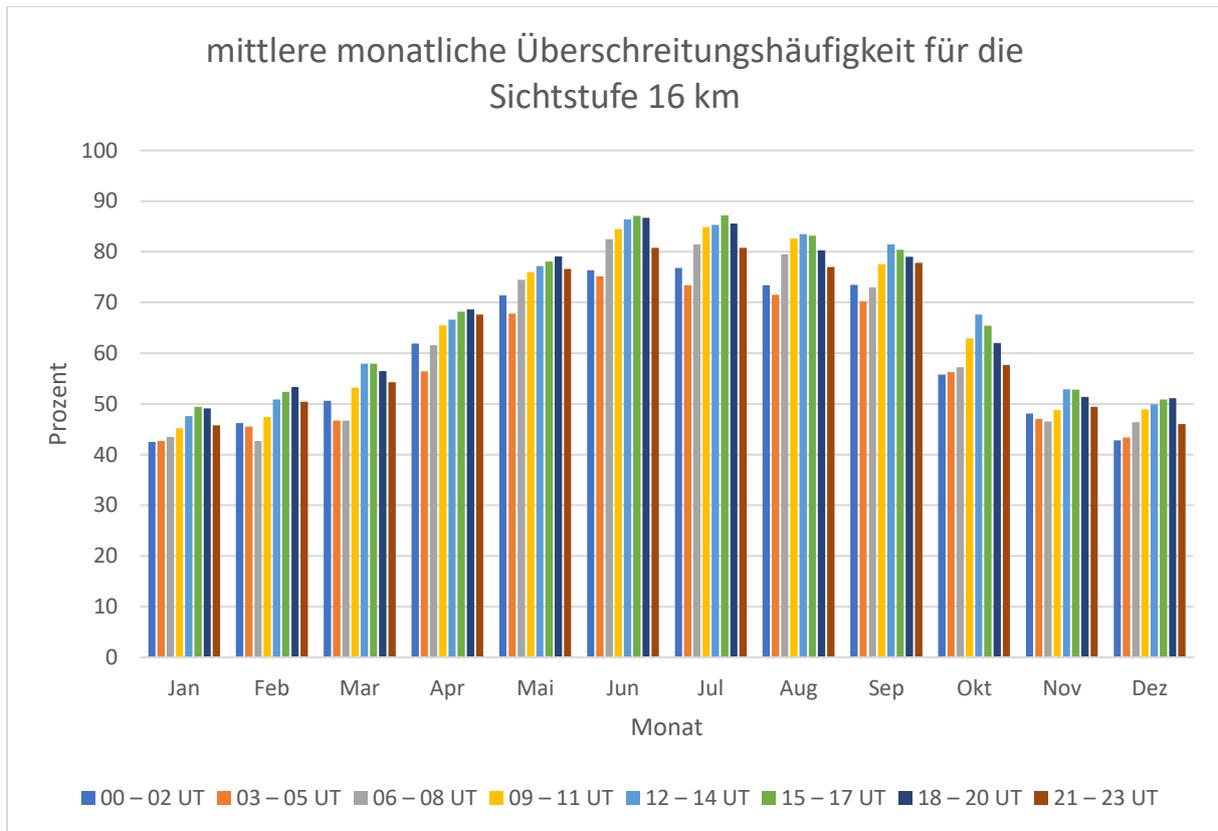
	00 – 02 UT	03 – 05 UT	06 – 08 UT	09 – 11 UT	12 – 14 UT	15 – 17 UT	18 – 20 UT	21 – 23 UT
Jan	67,2	67,3	68	69	71,9	72,8	72,5	70,1
Feb	66,6	67,2	66,8	72,9	75,2	74,1	74,1	70,7
Mar	71,1	68,7	69,4	75,5	80,3	79,2	78,1	75
Apr	82,6	78,3	82,1	86,9	88,5	89,6	88,5	86,1
Mai	88,4	86,6	90,5	92,5	92,8	92,7	91,6	90,2
Jun	91,5	90,4	94,5	95,3	96	96,8	95,7	92,9
Jul	93,2	91,2	95,5	96,4	95,6	96,4	96,2	94,7
Aug	89,6	88,7	92,6	95,1	95,8	95,5	93,6	90,6
Sep	89,6	88,2	91,3	94,2	96	94,4	93,1	92,6
Okt	78,2	77,7	77,7	84,3	87,8	85	82,1	79,4
Nov	67,7	66,5	67,9	72,1	76,8	77	75,3	70,2
Dez	64,9	67,1	67,8	70,9	74,9	74,2	71,9	68,9
Jahr	79,2	78,2	80,3	83,8	86	85,6	84,4	81,8



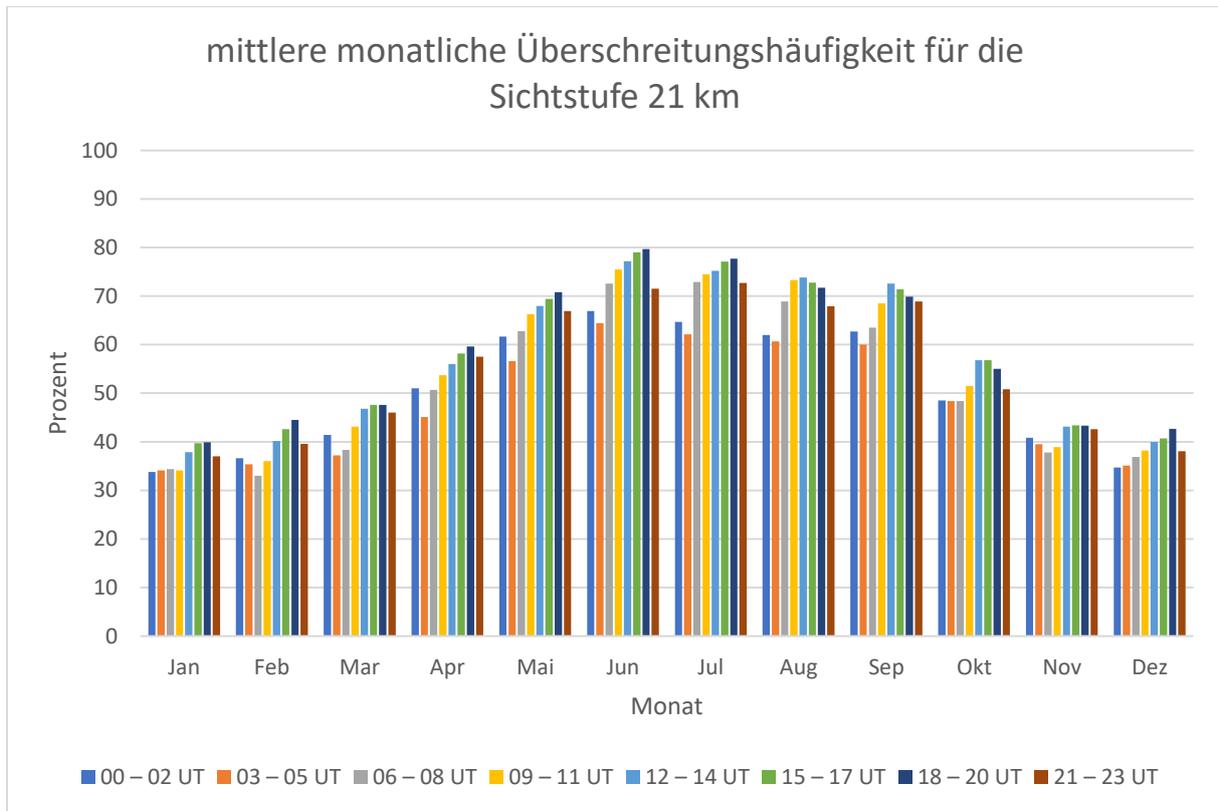
	00 – 02 UT	03 – 05 UT	06 – 08 UT	09 – 11 UT	12 – 14 UT	15 – 17 UT	18 – 20 UT	21 – 23 UT
Jan	54,3	54,2	56	56,5	60,3	61,4	60,2	57,5
Feb	57,5	56	54,4	58,9	62,5	63,5	64,5	61,2
Mar	61,2	57,3	58,4	64,6	68,6	68	67	64,5
Apr	74,1	69	72,4	78,2	79,8	81	80,5	77,4
Mai	82,1	78,7	83,8	86	86,7	87	86	84,9
Jun	85,1	84	90,2	91,8	92,2	92,8	92,6	88,1
Jul	86,7	83,9	90,5	92,6	91,7	93,1	91,8	89,6
Aug	82,7	81,3	86,9	89,9	91,5	90,7	89,1	85,8
Sep	82,9	81	83,9	87,5	90	88	86,9	86,8
Okt	67,1	67,4	67,6	73,8	77,7	75	72,8	68,5
Nov	58,4	57	58,2	59,9	64,5	63,2	63,4	59,3
Dez	54,2	54	57,5	60,7	63,1	62,8	60,6	56,5
Jahr	70,5	68,7	71,7	75	77,4	77,2	76,3	73,3



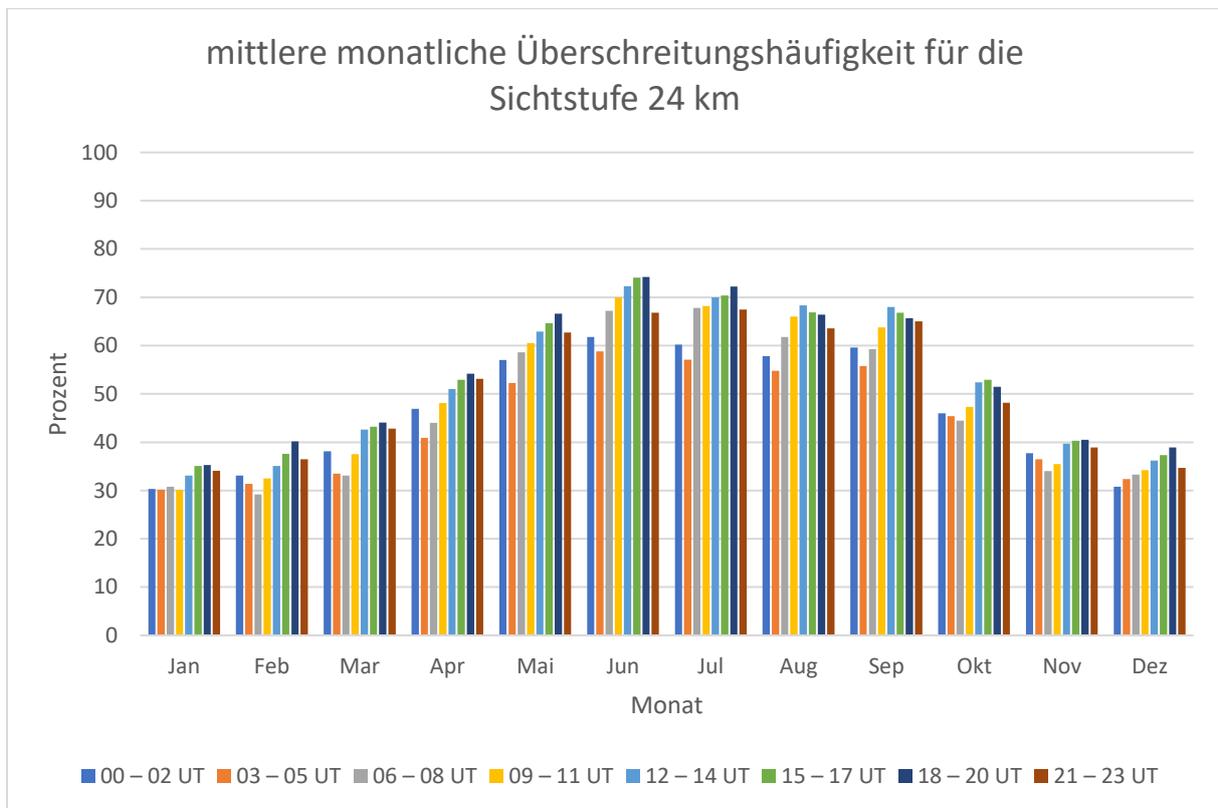
	00 – 02 UT	03 – 05 UT	06 – 08 UT	09 – 11 UT	12 – 14 UT	15 – 17 UT	18 – 20 UT	21 – 23 UT
Jan	48	47,6	49,5	49,8	53,5	55,6	54,6	51
Feb	51,6	50,6	48,5	52,9	56,2	57,8	58,7	55,5
Mar	54,6	51,5	52,1	57,8	62,7	62,7	61,1	59,5
Apr	68,1	62,2	66,3	71,3	72,3	74,6	74,5	72,1
Mai	76,4	73,2	79,8	81,1	81,7	83,1	82,7	80,3
Jun	80,9	79,9	86,4	88,5	89,1	90,3	89,7	84,3
Jul	81,8	78,5	86,5	89,3	88,3	90	88,6	84,7
Aug	77,6	77,1	83,5	86,8	88,1	87	84,5	81,4
Sep	77,6	75,5	78,3	82,7	85,4	84,2	83	81,7
Okt	61,3	61,1	62,2	68,1	72,8	69,5	67	63
Nov	52,5	51,4	51,9	54,5	58,2	57,3	56,5	53,4
Dez	47,6	48,1	51,4	54	55,5	55,5	55,3	50,7
Jahr	64,8	63,1	66,4	69,7	72	72,3	71,4	68,1



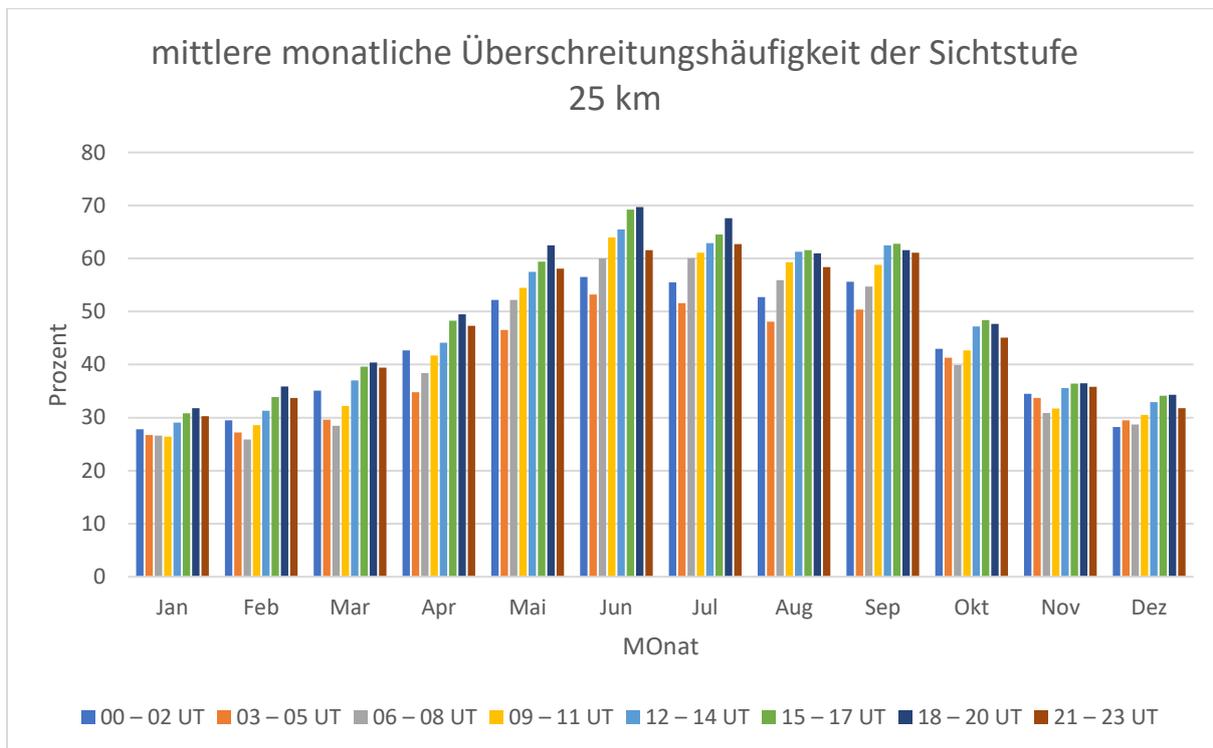
	00 – 02 UT	03 – 05 UT	06 – 08 UT	09 – 11 UT	12 – 14 UT	15 – 17 UT	18 – 20 UT	21 – 23 UT
Jan	42,5	42,7	43,5	45,2	47,6	49,4	49,1	45,8
Feb	46,2	45,5	42,7	47,4	50,9	52,4	53,3	50,4
Mar	50,6	46,7	46,7	53,2	57,9	57,9	56,5	54,3
Apr	61,9	56,4	61,6	65,5	66,6	68,2	68,6	67,6
Mai	71,4	67,8	74,5	76	77,2	78,1	79,1	76,6
Jun	76,4	75,2	82,5	84,5	86,4	87,1	86,7	80,8
Jul	76,8	73,4	81,5	84,9	85,3	87,2	85,6	80,8
Aug	73,4	71,5	79,5	82,6	83,5	83,2	80,3	77
Sep	73,5	70,2	73	77,6	81,5	80,4	79	77,8
Okt	55,8	56,3	57,2	62,9	67,6	65,4	62	57,7
Nov	48,1	47	46,5	48,8	52,9	52,8	51,4	49,4
Dez	42,8	43,4	46,4	48,9	49,9	50,9	51,1	46
Jahr	60	58	61,3	64,8	67,3	67,8	66,9	63,7



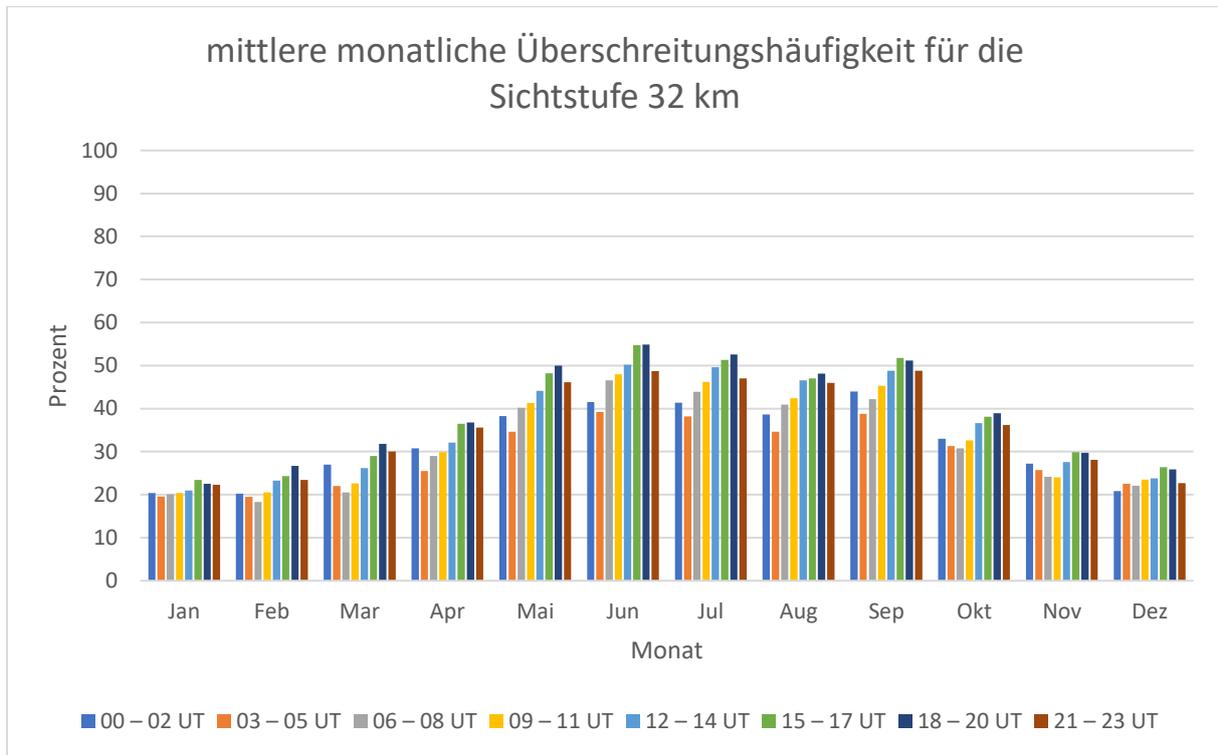
	00 – 02 UT	03 – 05 UT	06 – 08 UT	09 – 11 UT	12 – 14 UT	15 – 17 UT	18 – 20 UT	21 – 23 UT
Jan	33,8	34,1	34,4	34,1	37,9	39,7	39,9	37
Feb	36,6	35,4	33	36	40,2	42,6	44,5	39,6
Mar	41,4	37,2	38,3	43,1	46,8	47,6	47,6	46
Apr	51	45,1	50,7	53,7	56	58,2	59,6	57,5
Mai	61,7	56,6	62,8	66,3	68	69,4	70,8	66,9
Jun	66,9	64,4	72,6	75,5	77,2	79	79,7	71,5
Jul	64,7	62,1	72,9	74,5	75,2	77,1	77,7	72,7
Aug	62	60,7	68,9	73,3	73,8	72,8	71,7	67,9
Sep	62,7	60	63,5	68,5	72,6	71,4	69,9	68,9
Okt	48,5	48,4	48,4	51,5	56,8	56,8	55	50,8
Nov	40,8	39,5	37,8	38,9	43,1	43,4	43,3	42,6
Dez	34,7	35,1	36,9	38,2	40	40,7	42,7	38,1
Jahr	50,4	48,2	51,7	54,5	57,3	58,2	58,5	55



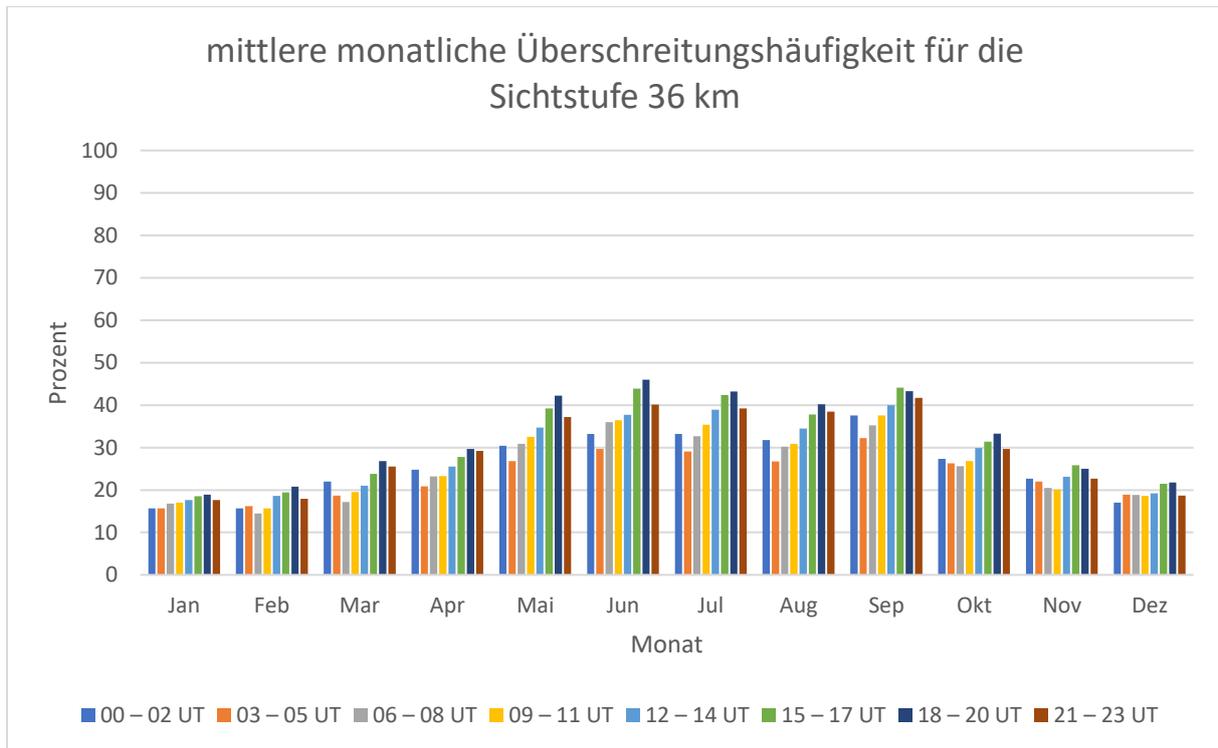
	00 – 02 UT	03 – 05 UT	06 – 08 UT	09 – 11 UT	12 – 14 UT	15 – 17 UT	18 – 20 UT	21 – 23 UT
Jan	30,3	30,2	30,8	30,1	33,1	35,1	35,3	34,1
Feb	33,1	31,4	29,2	32,5	35,1	37,6	40,2	36,5
Mar	38,1	33,5	33,1	37,5	42,6	43,2	44,1	42,8
Apr	46,9	40,9	44	48,1	51	52,9	54,2	53,1
Mai	57	52,3	58,6	60,5	62,9	64,6	66,6	62,7
Jun	61,8	58,8	67,2	70	72,3	74,1	74,2	66,8
Jul	60,2	57,1	67,8	68,2	70	70,4	72,2	67,5
Aug	57,8	54,8	61,8	66	68,3	66,9	66,4	63,6
Sep	59,6	55,8	59,3	63,8	68	66,8	65,7	65
Okt	46	45,4	44,5	47,3	52,4	52,9	51,5	48,2
Nov	37,7	36,5	34	35,5	39,7	40,3	40,5	38,9
Dez	30,8	32,4	33,3	34,2	36,2	37,3	38,9	34,7
Jahr	46,6	44,1	47	49,5	52,6	53,5	54,2	51,2



	00 – 02 UT	03 – 05 UT	06 – 08 UT	09 – 11 UT	12 – 14 UT	15 – 17 UT	18 – 20 UT	21 – 23 UT
Jan	27,8	26,7	26,6	26,4	29,1	30,8	31,8	30,3
Feb	29,5	27,2	25,9	28,6	31,3	33,9	35,9	33,7
Mar	35,1	29,6	28,5	32,2	37	39,6	40,4	39,4
Apr	42,7	34,8	38,4	41,7	44,1	48,3	49,5	47,3
Mai	52,2	46,5	52,2	54,5	57,5	59,4	62,5	58,1
Jun	56,5	53,2	60	64	65,5	69,2	69,7	61,6
Jul	55,5	51,6	60,1	61,1	62,9	64,5	67,6	62,7
Aug	52,7	48,1	55,9	59,3	61,3	61,6	61	58,4
Sep	55,6	50,4	54,7	58,8	62,5	62,8	61,6	61,1
Okt	43	41,3	39,9	42,7	47,2	48,4	47,7	45,1
Nov	34,5	33,7	30,9	31,7	35,6	36,4	36,5	35,8
Dez	28,2	29,5	28,7	30,5	32,9	34,1	34,3	31,8
Jahr	42,8	39,4	41,8	44,3	47,2	49,1	49,9	47,1

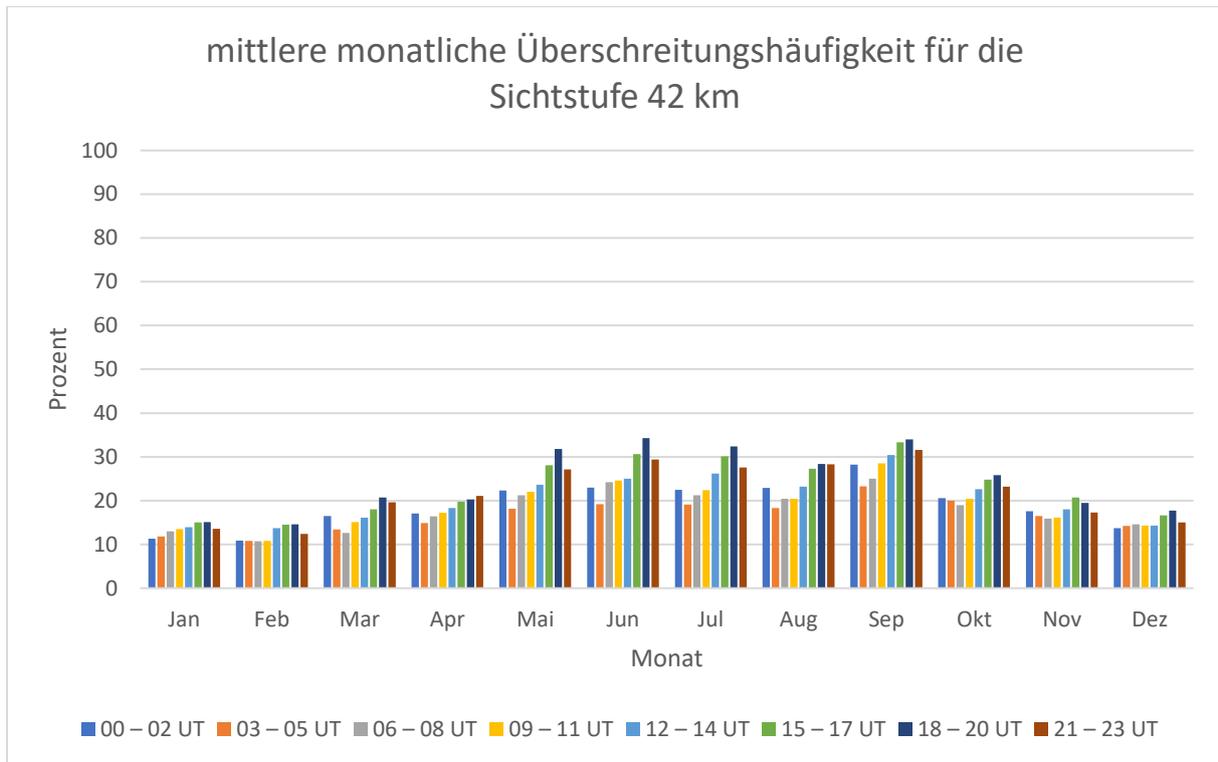


	00 – 02 UT	03 – 05 UT	06 – 08 UT	09 – 11 UT	12 – 14 UT	15 – 17 UT	18 – 20 UT	21 – 23 UT
Jan	20,4	19,6	20,1	20,4	21	23,4	22,5	22,3
Feb	20,2	19,5	18,3	20,5	23,3	24,3	26,7	23,4
Mar	27	22	20,5	22,6	26,2	29	31,8	30
Apr	30,8	25,5	29	29,9	32,1	36,5	36,8	35,6
Mai	38,3	34,6	40,2	41,3	44,1	48,2	50	46,1
Jun	41,5	39,2	46,6	48	50,2	54,7	54,9	48,7
Jul	41,4	38,2	43,9	46,2	49,6	51,3	52,6	47
Aug	38,6	34,6	40,9	42,4	46,6	47	48,1	46
Sep	44	38,8	42,2	45,3	48,8	51,8	51,2	48,8
Okt	33	31,3	30,8	32,6	36,6	38,1	38,9	36,2
Nov	27,2	25,7	24,2	24	27,6	29,9	29,7	28,1
Dez	20,8	22,5	22,1	23,5	23,8	26,4	25,9	22,7
Jahr	31,9	29,3	31,6	33,1	35,8	38,4	39,1	36,2

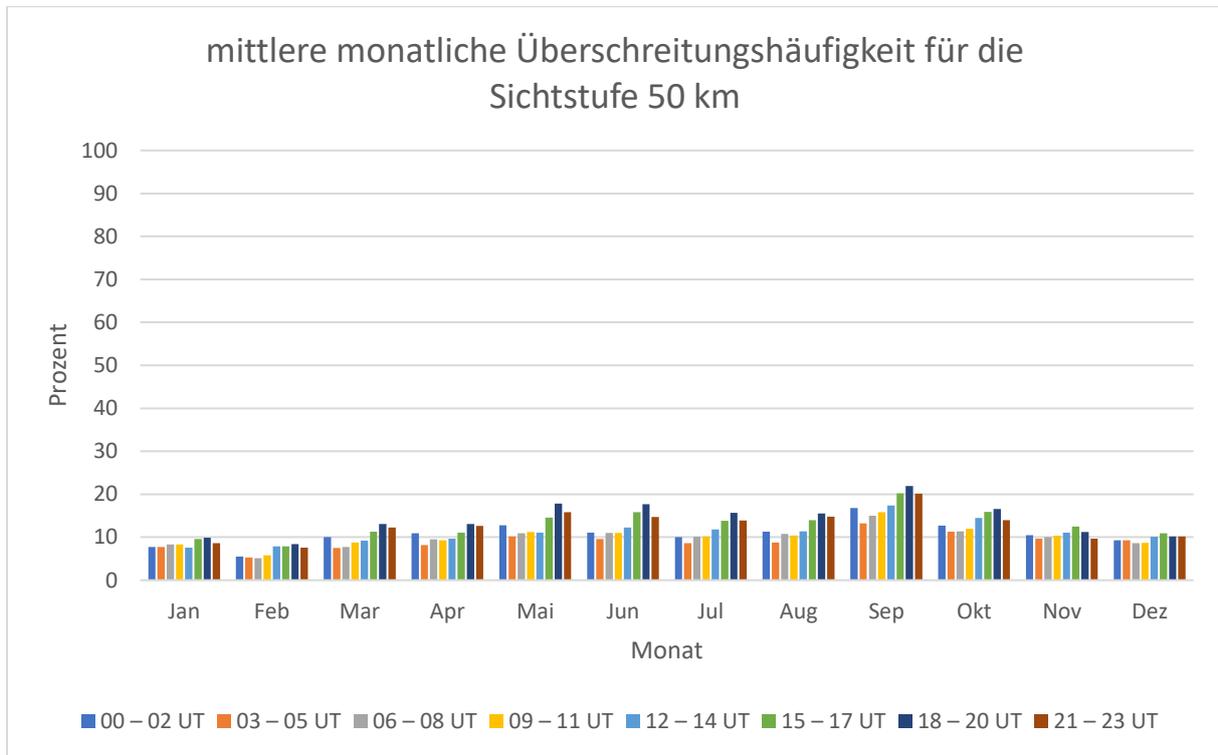


	00 – 02 UT	03 – 05 UT	06 – 08 UT	09 – 11 UT	12 – 14 UT	15 – 17 UT	18 – 20 UT	21 – 23 UT
Jan	15,7	15,7	16,8	17	17,6	18,5	18,9	17,6
Feb	15,7	16,2	14,5	15,7	18,6	19,4	20,8	17,9
Mar	22	18,7	17,2	19,5	21	23,8	26,8	25,5
Apr	24,8	20,9	23,2	23,3	25,5	27,8	29,7	29,2
Mai	30,4	26,8	30,9	32,5	34,7	39,2	42,2	37,2
Jun	33,2	29,7	36	36,4	37,7	43,9	46	40,1
Jul	33,2	29,1	32,7	35,4	38,9	42,4	43,2	39,2
Aug	31,8	26,7	30,2	30,9	34,5	37,8	40,2	38,5
Sep	37,6	32,2	35,2	37,6	40	44,1	43,3	41,7
Okt	27,3	26,3	25,6	26,8	29,9	31,4	33,3	29,7
Nov	22,7	22	20,5	20,1	23,1	25,8	25	22,7
Dez	17	18,9	18,8	18,6	19,2	21,5	21,8	18,7
Jahr	26	23,6	25,1	26,2	28,4	31,3	32,6	29,8

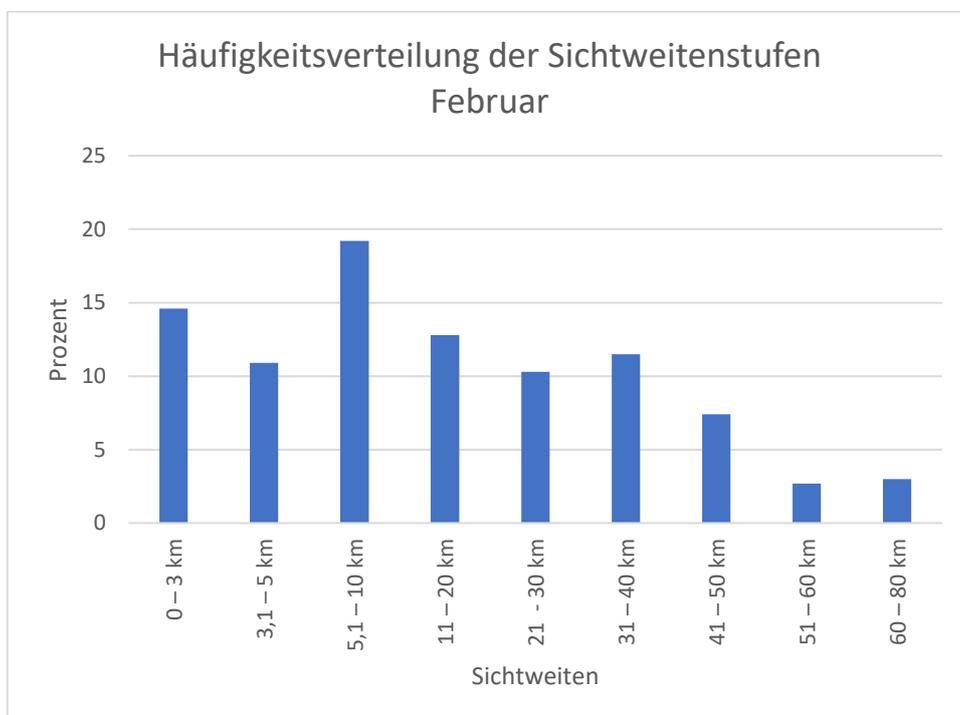
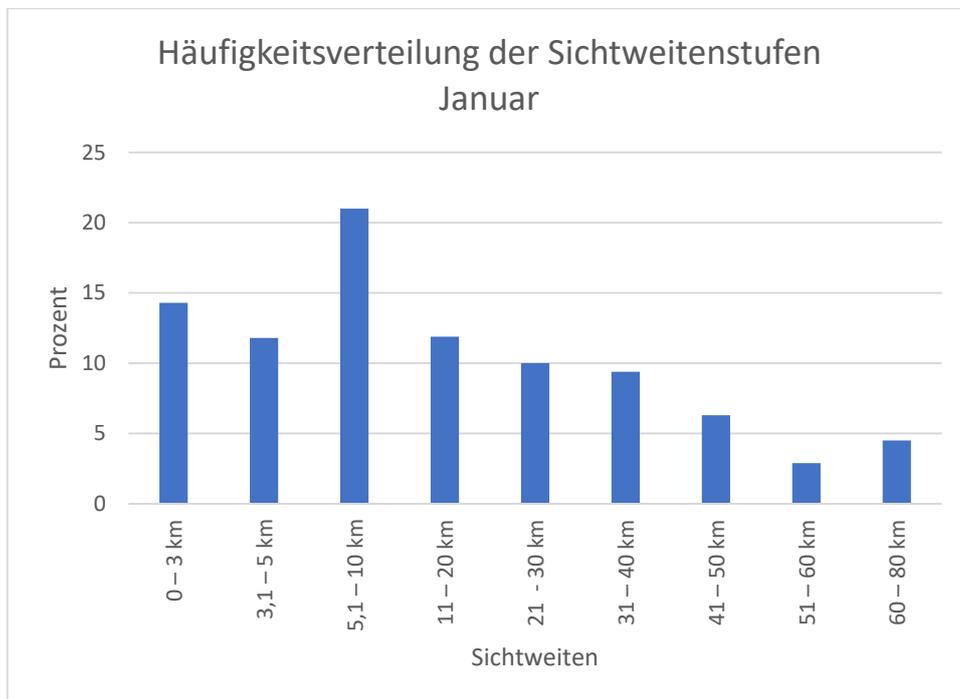
Anhang 3: mittlere monatliche Überschreitungshäufigkeiten



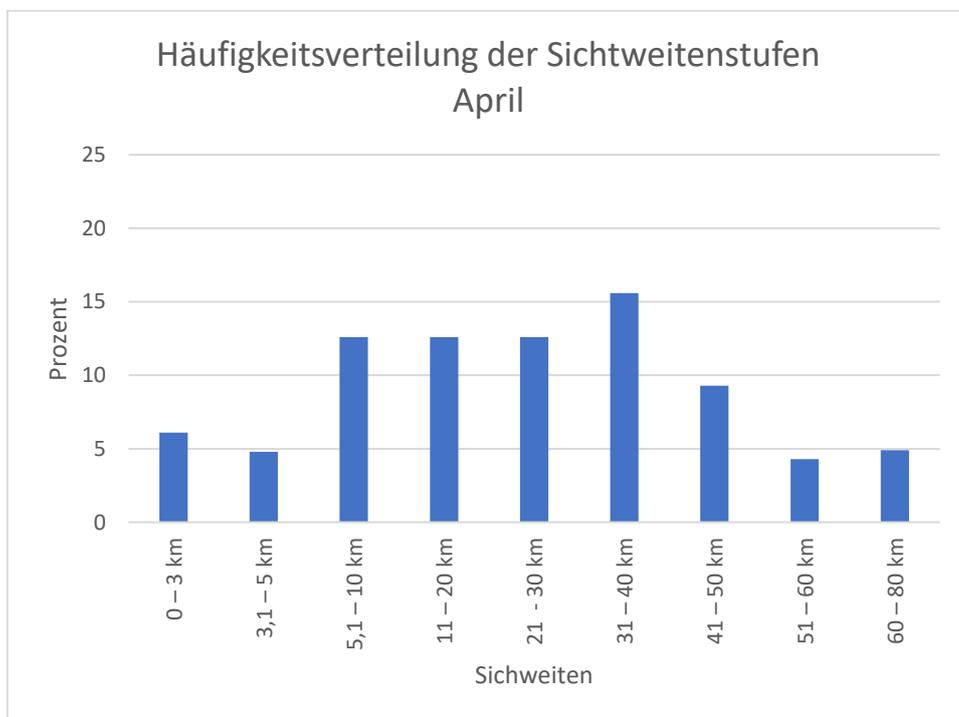
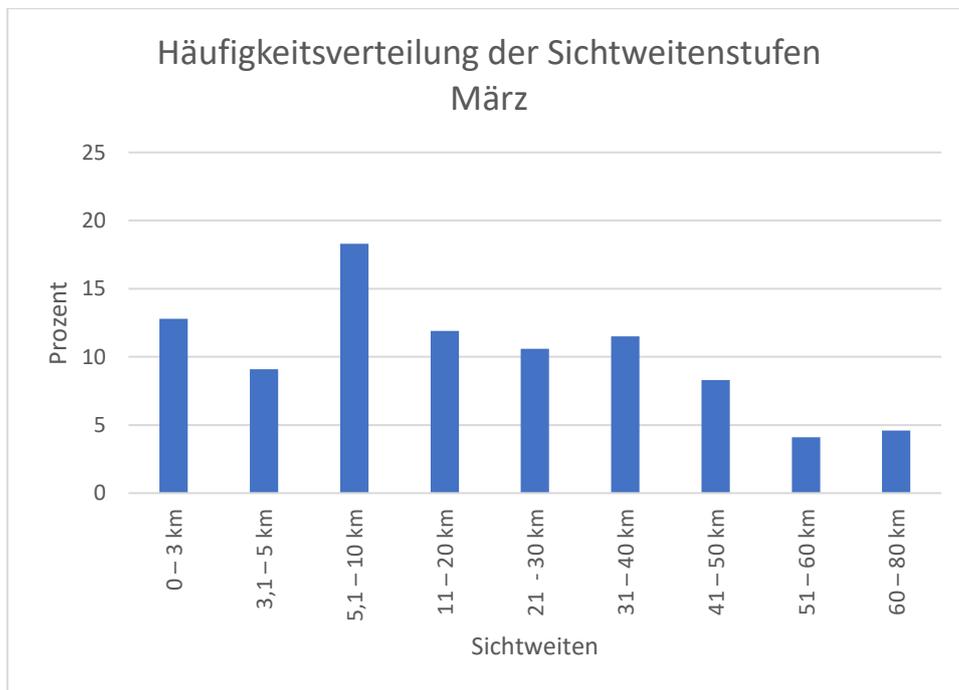
	00 – 02 UT	03 – 05 UT	06 – 08 UT	09 – 11 UT	12 – 14 UT	15 – 17 UT	18 – 20 UT	21 – 23 UT
Jan	11,3	11,8	13	13,5	13,9	15	15,1	13,6
Feb	10,9	10,8	10,7	10,8	13,7	14,5	14,6	12,4
Mar	16,5	13,4	12,6	15,1	16,1	18	20,7	19,6
Apr	17,1	14,9	16,4	17,2	18,3	19,8	20,3	21,1
Mai	22,3	18,2	21,2	22	23,6	28,1	31,8	27,1
Jun	23	19,2	24,2	24,6	25	30,6	34,3	29,4
Jul	22,5	19,1	21,2	22,4	26,2	30,1	32,4	27,6
Aug	22,9	18,3	20,4	20,4	23,2	27,3	28,4	28,3
Sep	28,2	23,3	25	28,5	30,4	33,3	34	31,6
Okt	20,6	20	19	20,4	22,6	24,8	25,8	23,2
Nov	17,6	16,5	15,9	16,1	18	20,7	19,5	17,3
Dez	13,7	14,2	14,6	14,3	14,3	16,6	17,7	15
Jahr	18,9	16,6	17,9	18,8	20,4	23,2	24,6	22,2

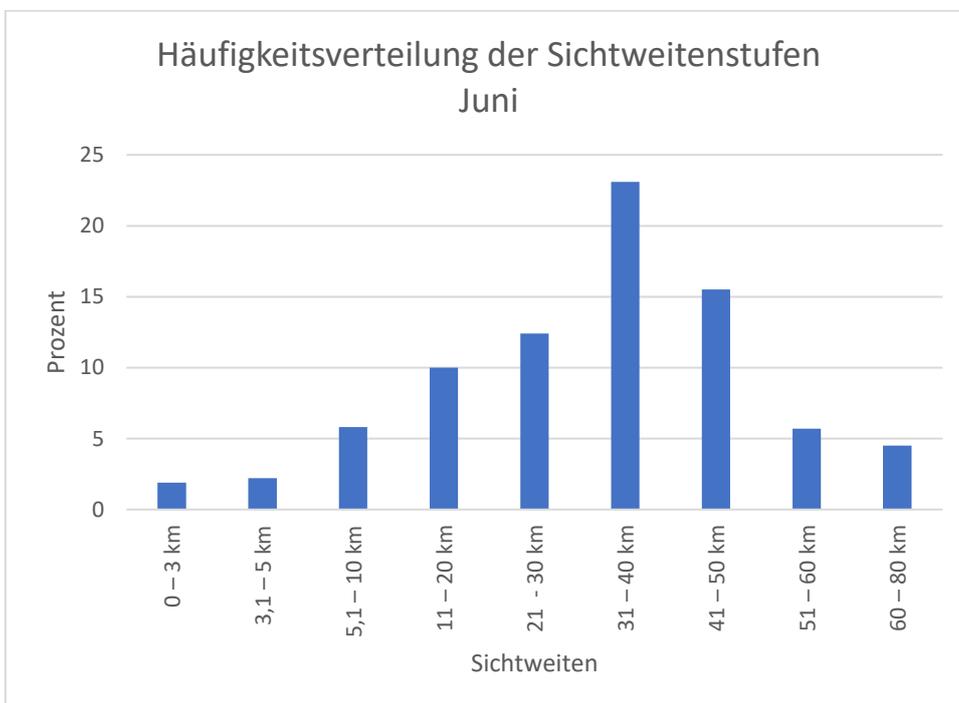
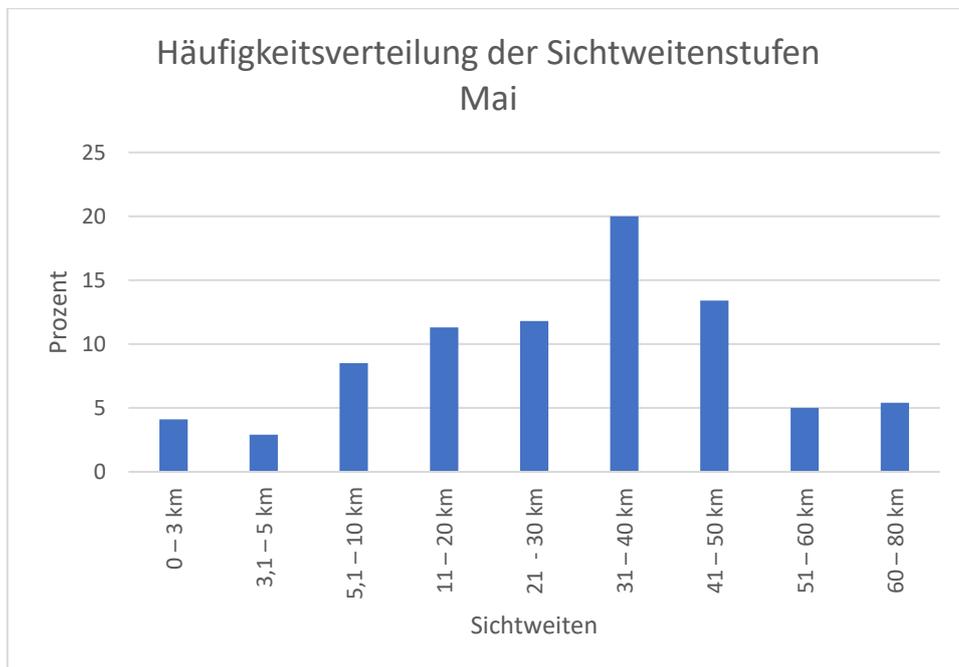


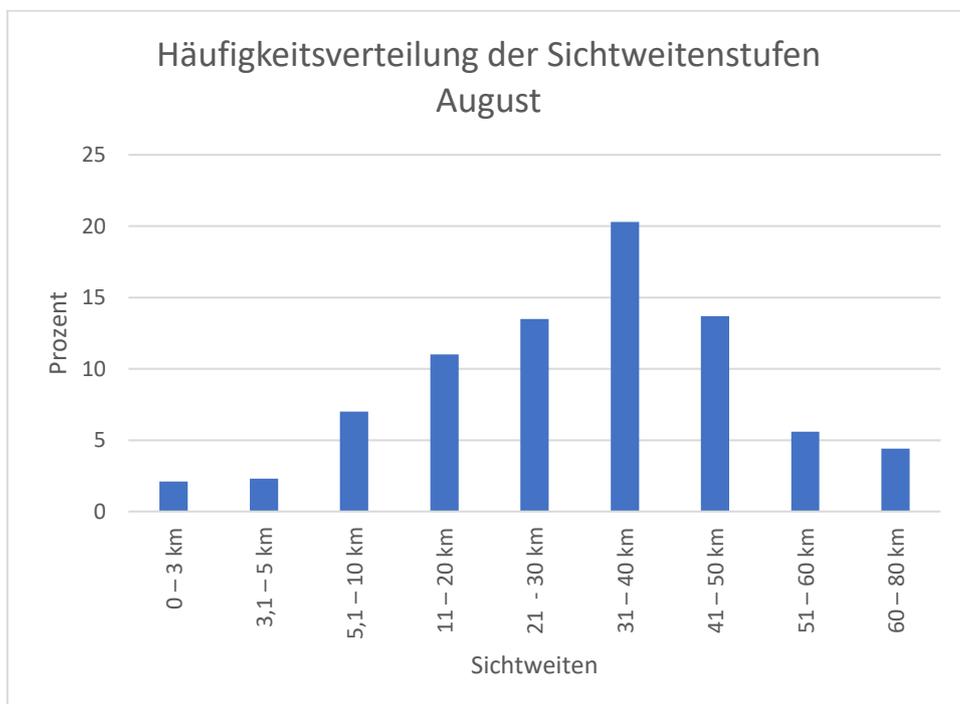
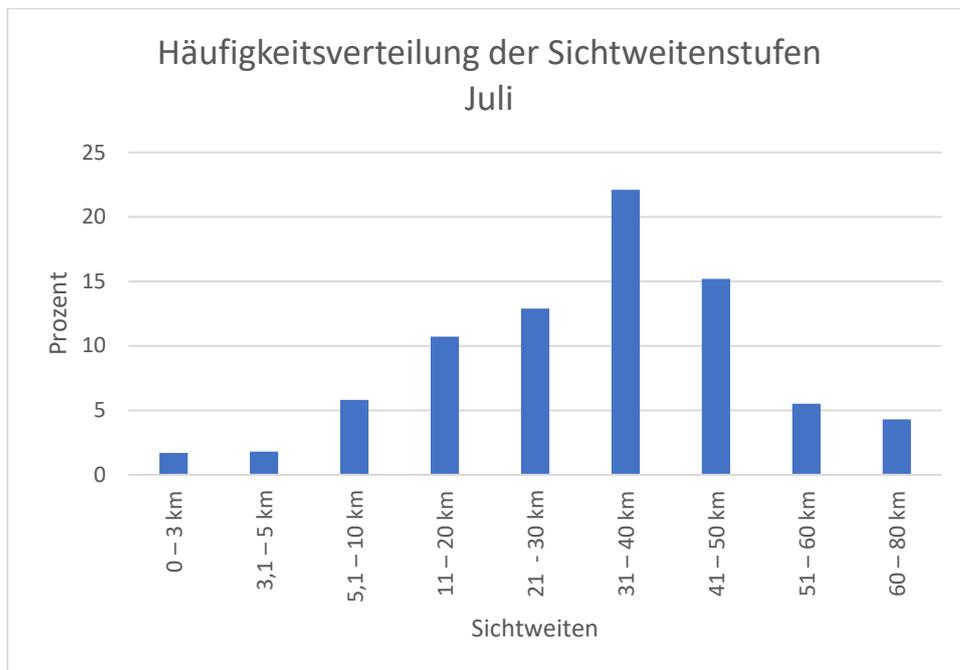
	00 – 02 UT	03 – 05 UT	06 – 08 UT	09 – 11 UT	12 – 14 UT	15 – 17 UT	18 – 20 UT	21 – 23 UT
Jan	7,7	7,7	8,3	8,3	7,6	9,6	9,9	8,6
Feb	5,5	5,3	5,1	5,8	7,9	7,9	8,4	7,6
Mar	10	7,5	7,7	8,8	9,2	11,3	13,1	12,3
Apr	10,9	8,2	9,5	9,3	9,7	11,1	13,1	12,6
Mai	12,8	10,2	10,9	11,2	11,1	14,6	17,8	15,8
Jun	11,1	9,6	11	11	12,3	15,8	17,7	14,7
Jul	10	8,6	10,1	10,2	11,8	13,8	15,7	13,9
Aug	11,3	8,8	10,8	10,4	11,4	14	15,5	14,8
Sep	16,8	13,2	15	15,8	17,4	20,2	21,9	20,1
Okt	12,7	11,3	11,4	12	14,5	15,9	16,6	14
Nov	10,5	9,7	10	10,3	11,1	12,5	11,2	9,7
Dez	9,3	9,3	8,6	8,7	10,1	10,9	10,2	10,2
Jahr	10,7	9,1	9,9	10,2	11,2	13,1	14,3	12,9

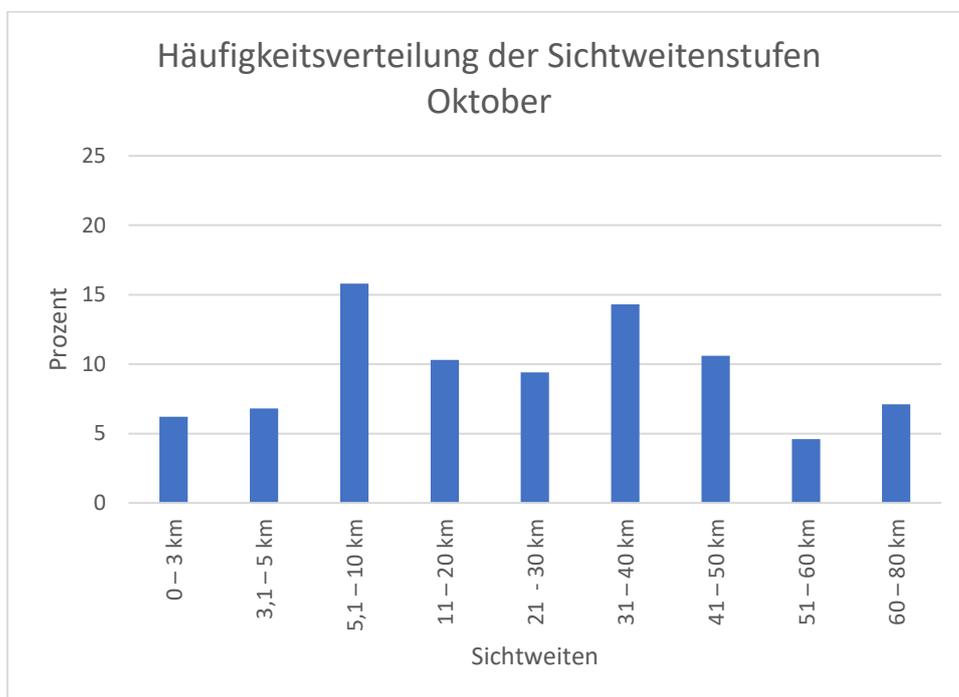
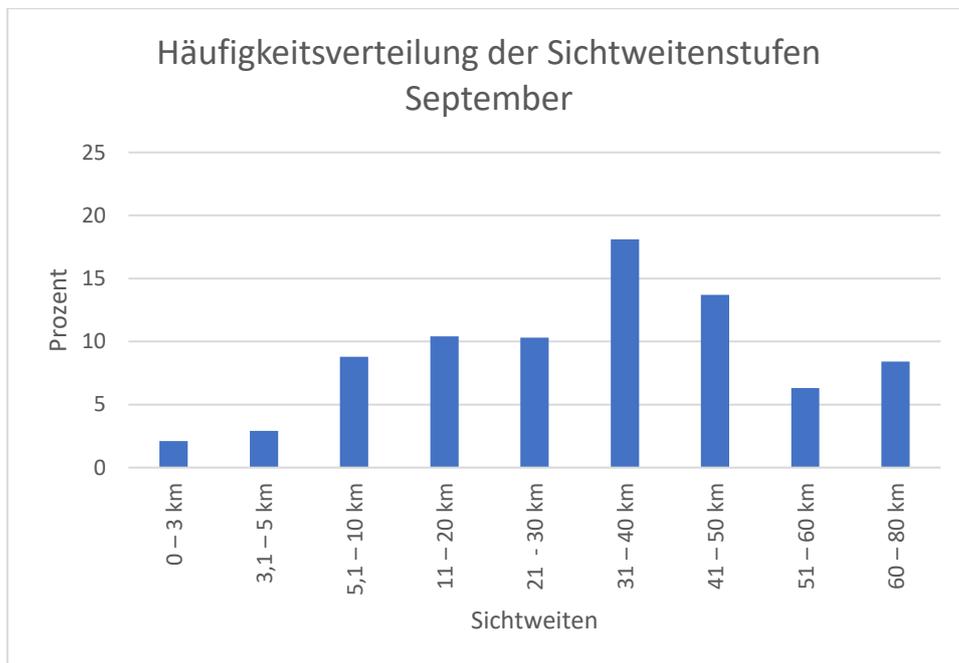


Anhang 4: Häufigkeitsverteilung der Sichtweitenstufen

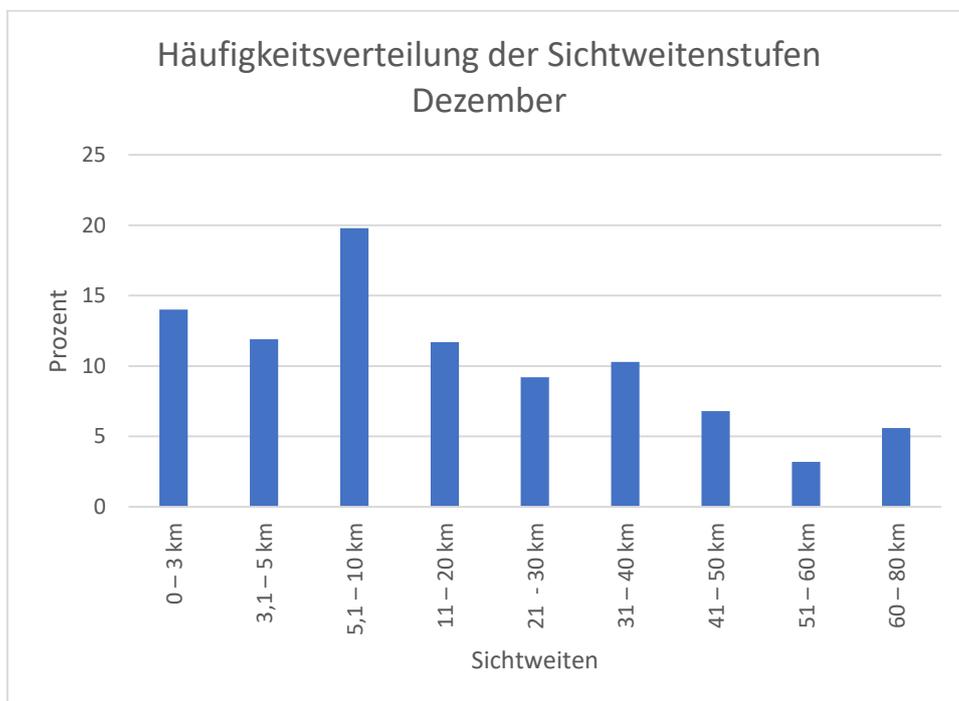
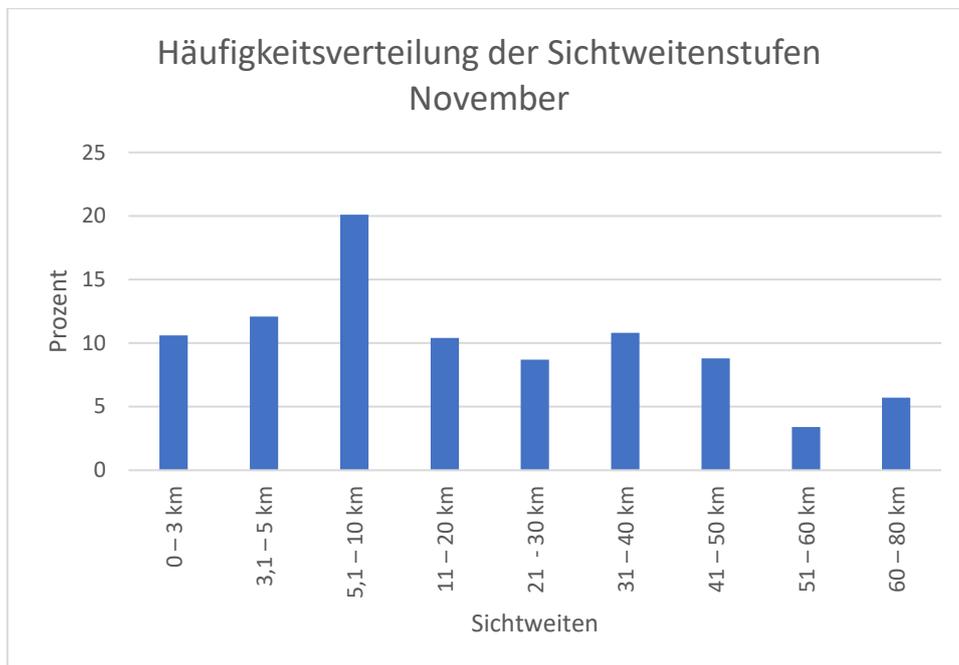








Anhang 4: Häufigkeitsverteilung der Sichtweitenstufen

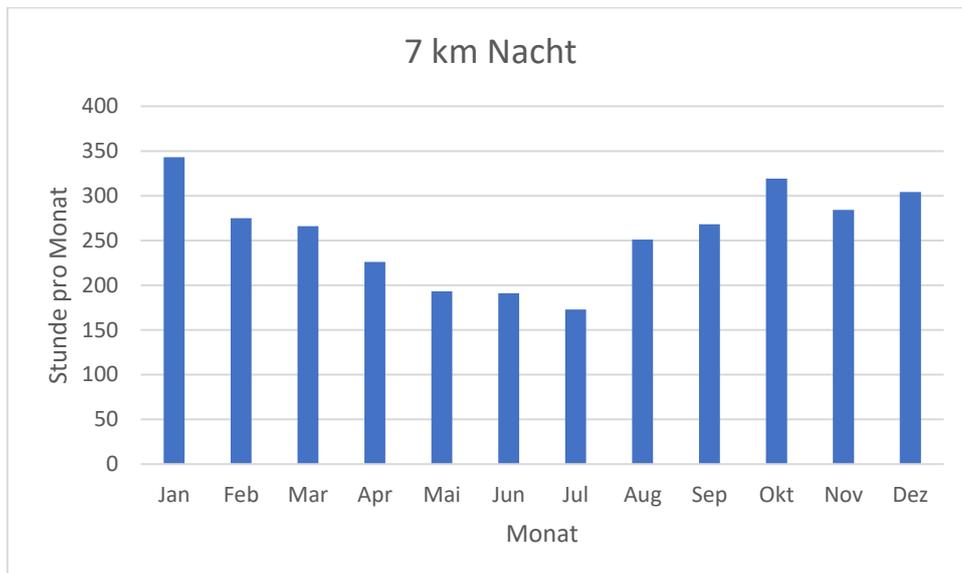
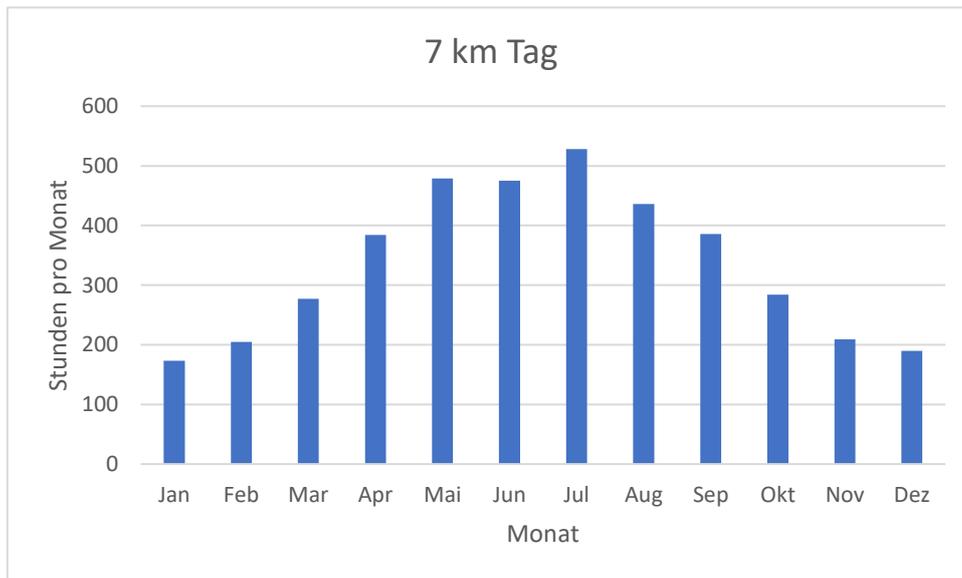


Anhang 5: Zeiten von Sonnenaufgang und -Untergang

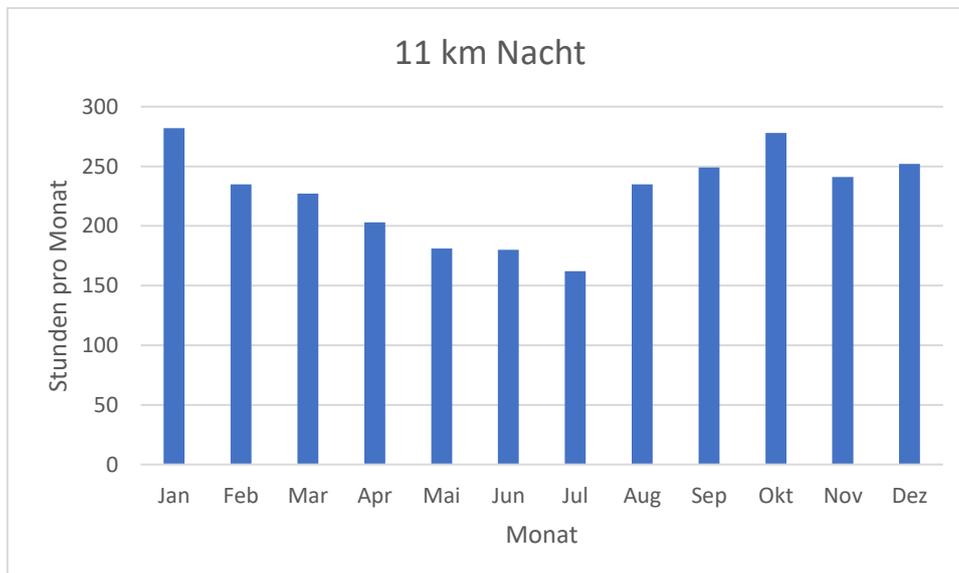
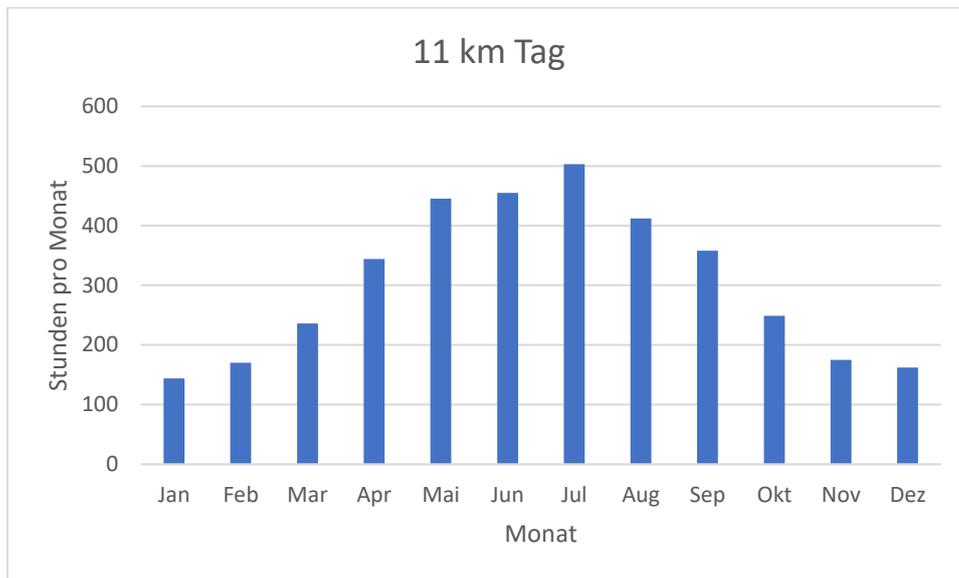


Monat	Sonnenaufgang [UTC]	Sonnenuntergang [UTC]	Tageslänge [Stunden]
Januar	07:24	15:15	07:51
Februar	06:32	16:16	09:44
März	05:26	17:12	11:47
April	04:08	18:12	14:03
Mai	03:05	19:08	16:03
Juni	02:32	19:47	17:15
Juli	02:52	19:38	16:46
August	03:44	18:42	14:58
September	04:41	17:28	12:47
Oktober	05:37	16:12	10:35
November	06:39	15:09	08:30
Dezember	07:26	14:43	07:18

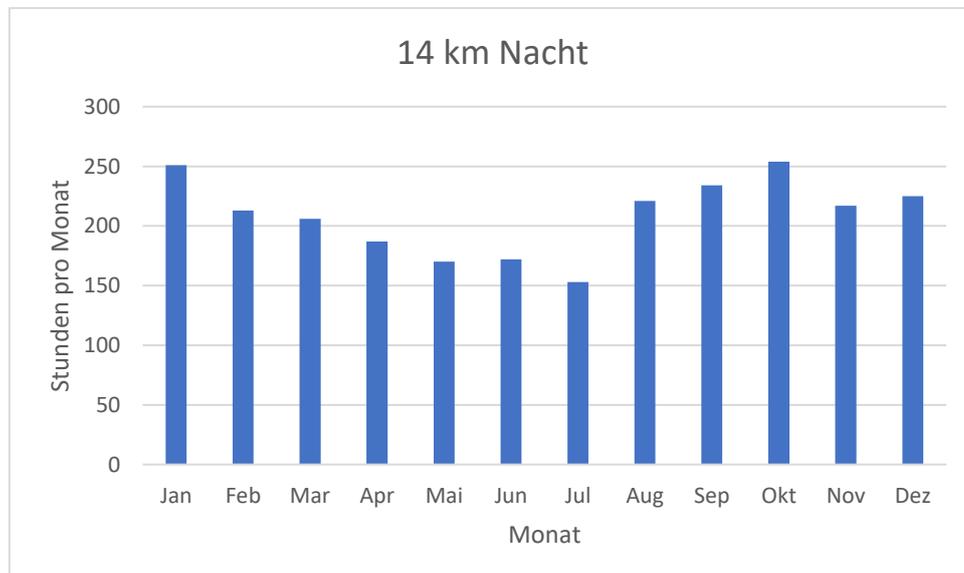
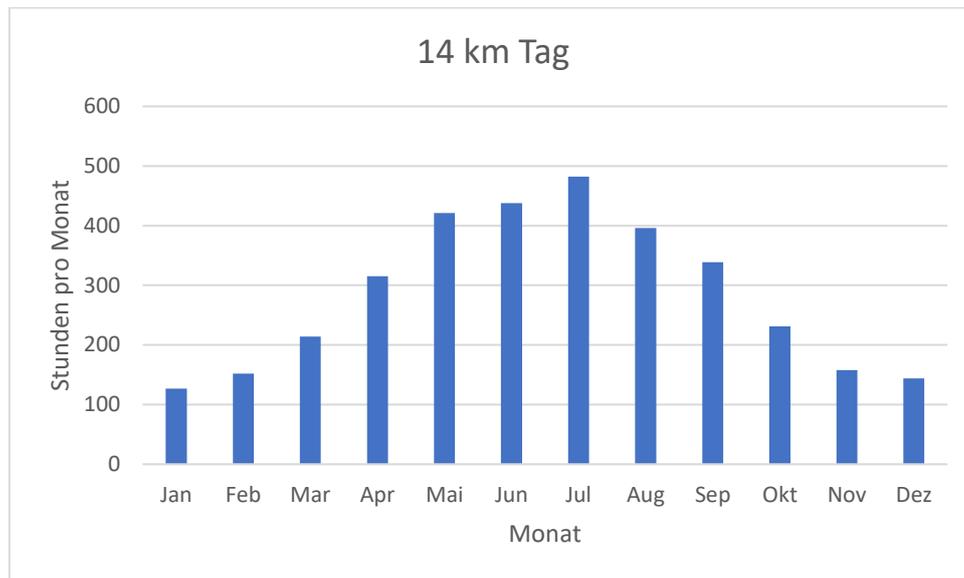
Anhang 6: Überschreitungshäufigkeiten der Sichtweiten am Tage und in der Nacht



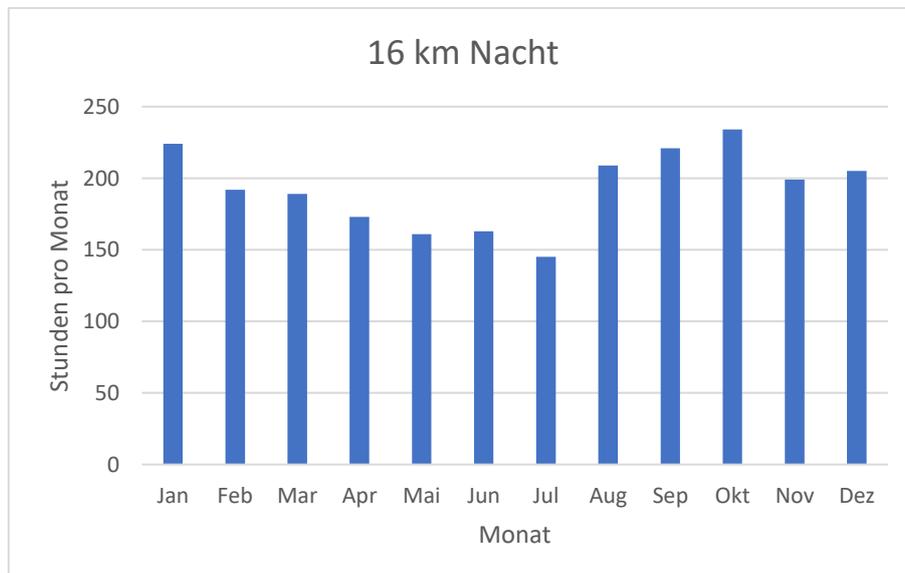
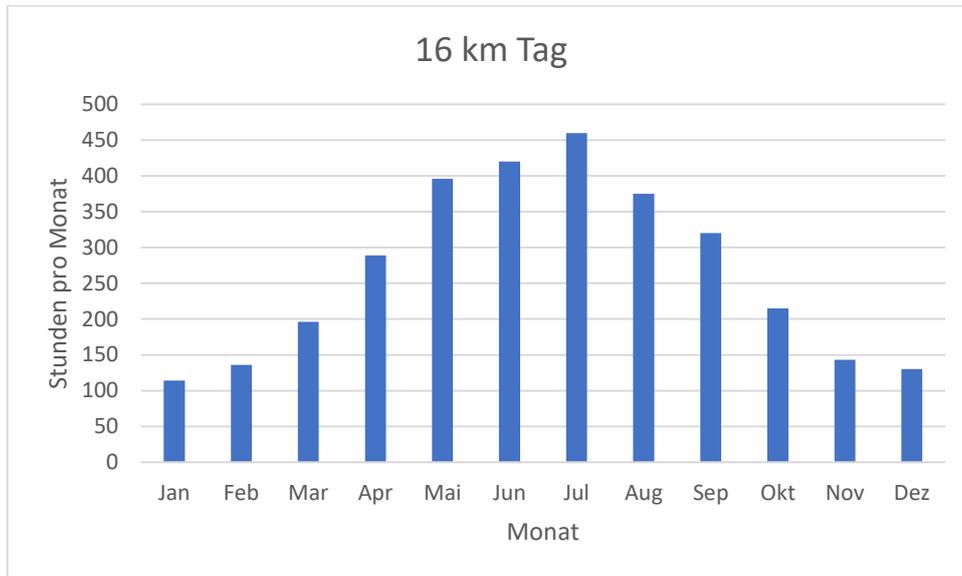
Anhang 6: Überschreitungshäufigkeiten der Sichtweiten am Tage und in der Nacht



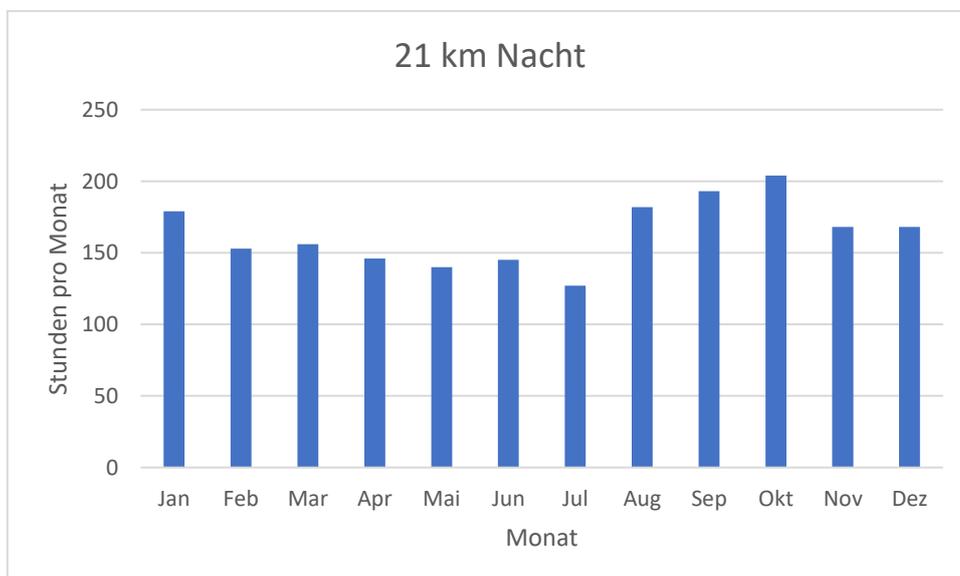
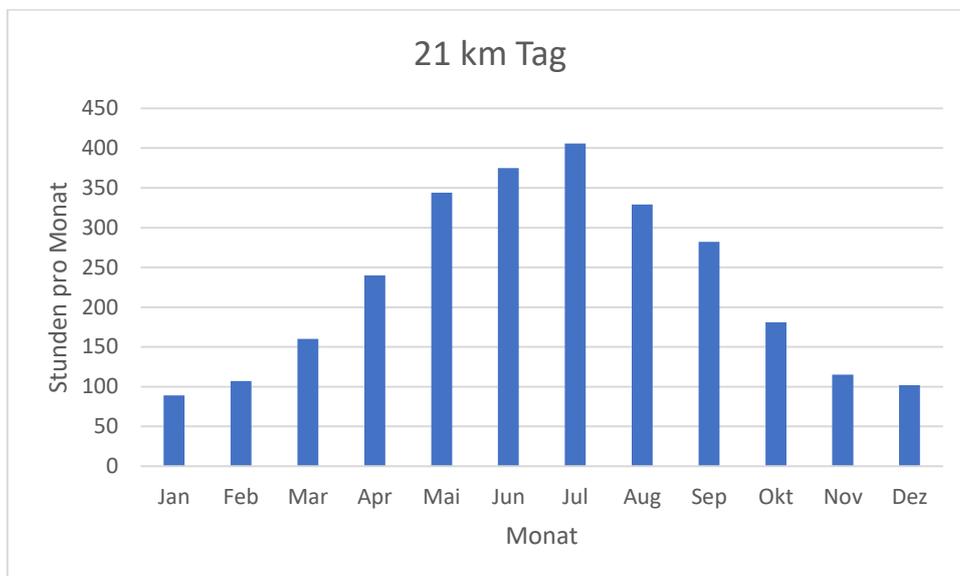
Anhang 6: Überschreitungshäufigkeiten der Sichtweiten am Tage und in der Nacht



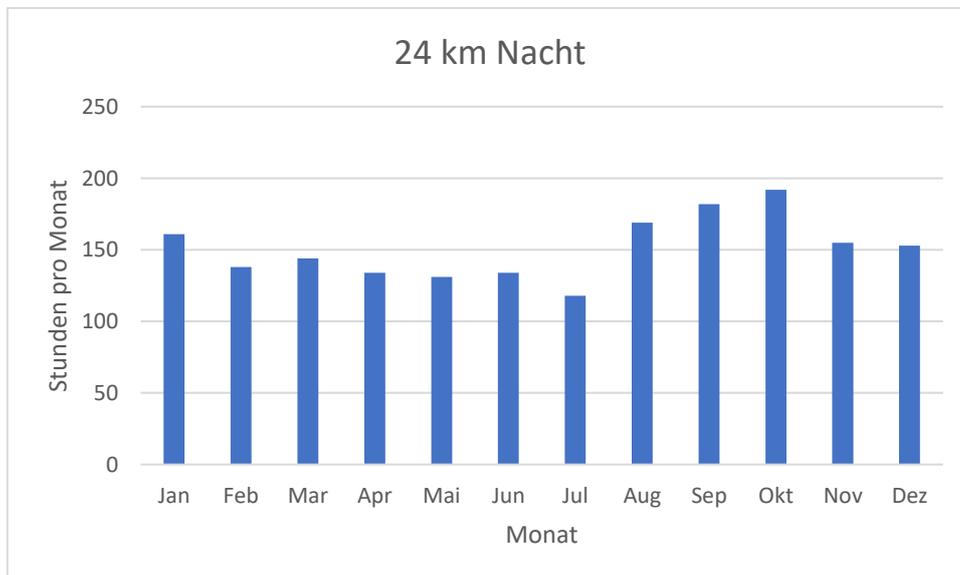
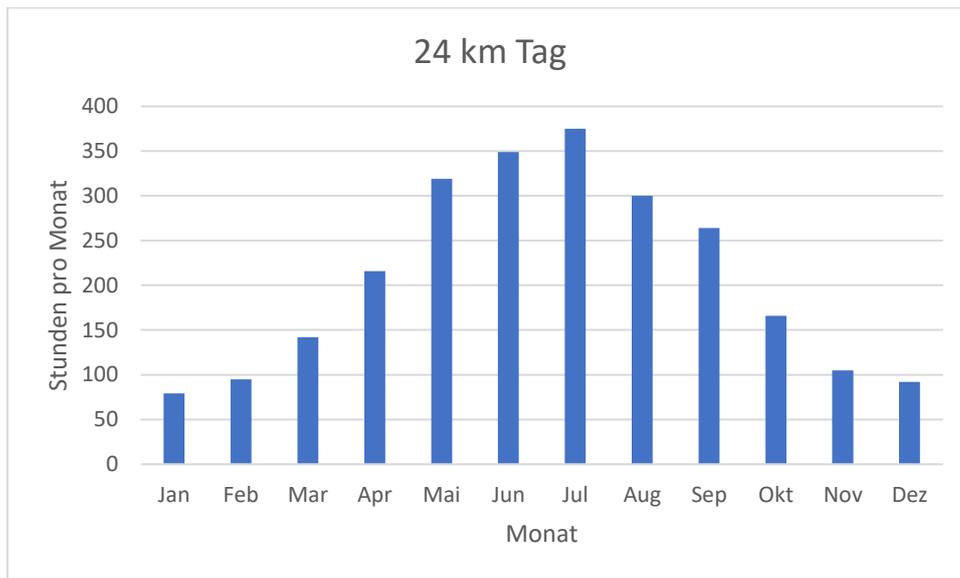
Anhang 6: Überschreitungshäufigkeiten der Sichtweiten am Tage und in der Nacht



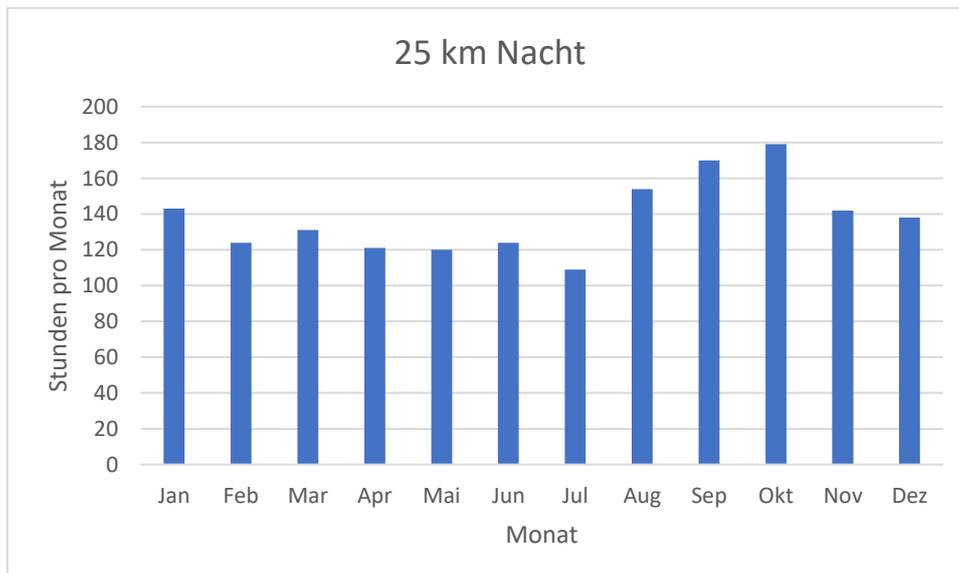
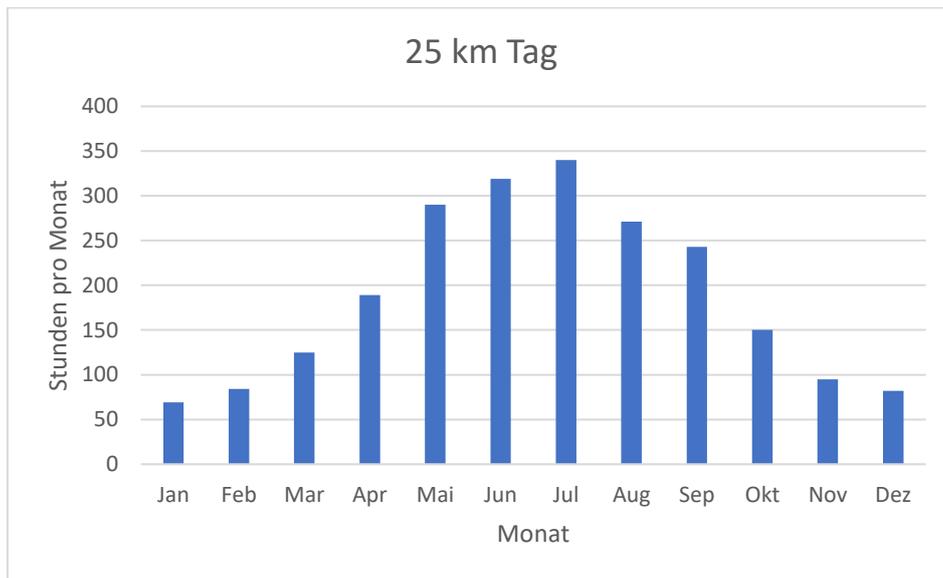
Anhang 6: Überschreitungshäufigkeiten der Sichtweiten am Tage und in der Nacht



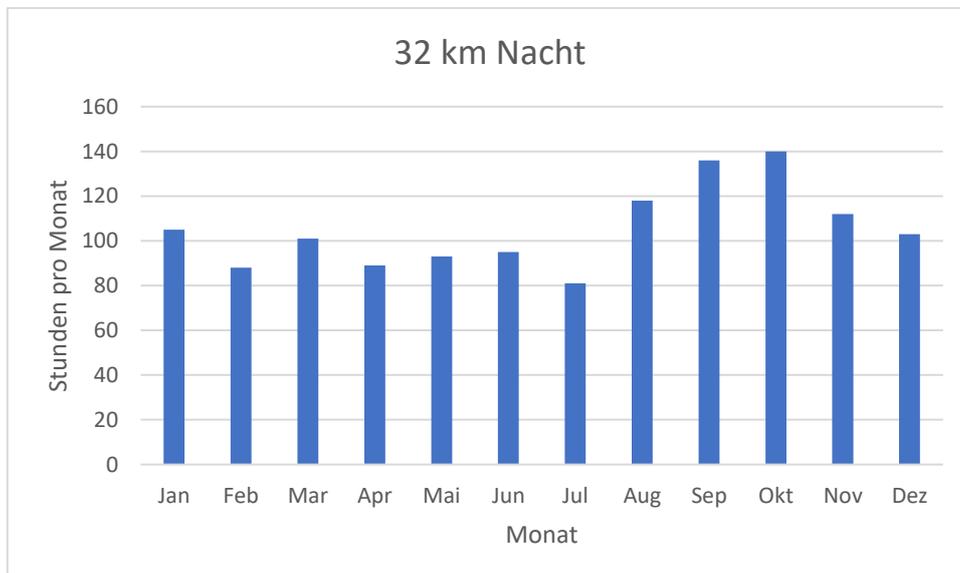
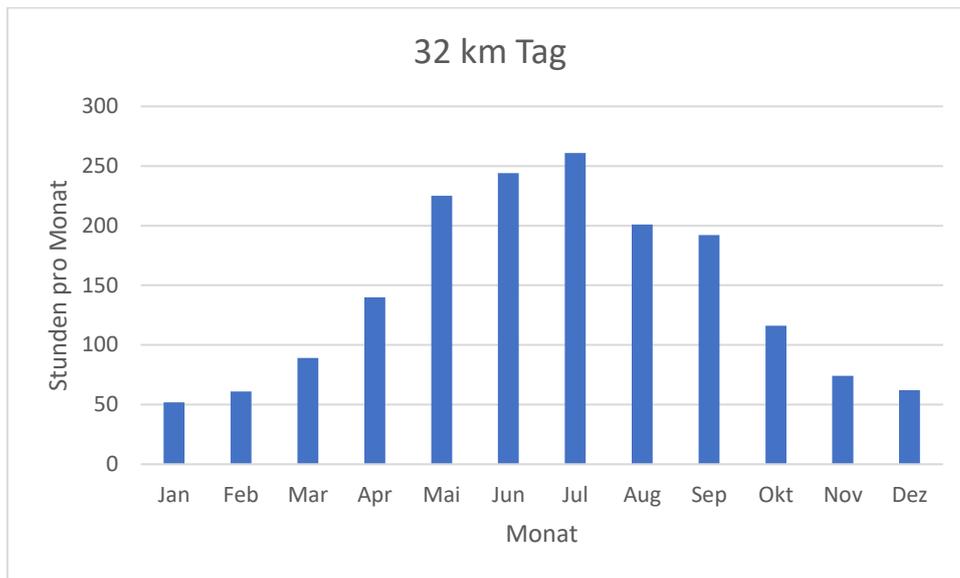
Anhang 6: Überschreitungshäufigkeiten der Sichtweiten am Tage und in der Nacht



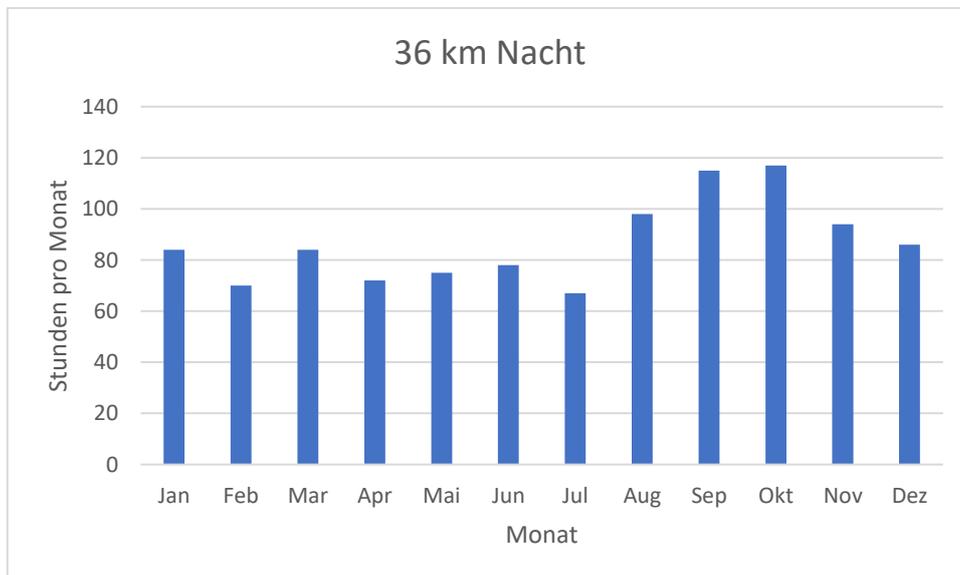
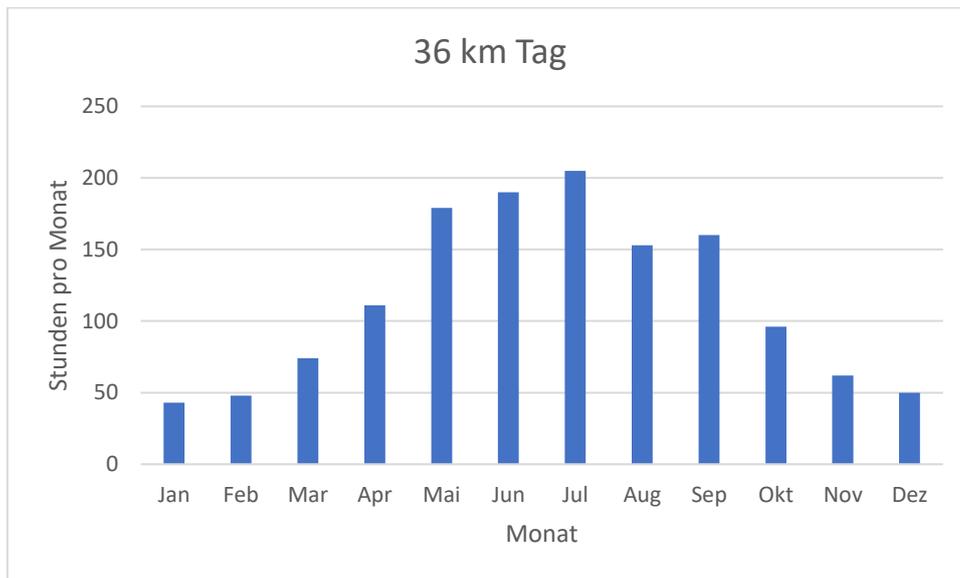
Anhang 6: Überschreitungshäufigkeiten der Sichtweiten am Tage und in der Nacht



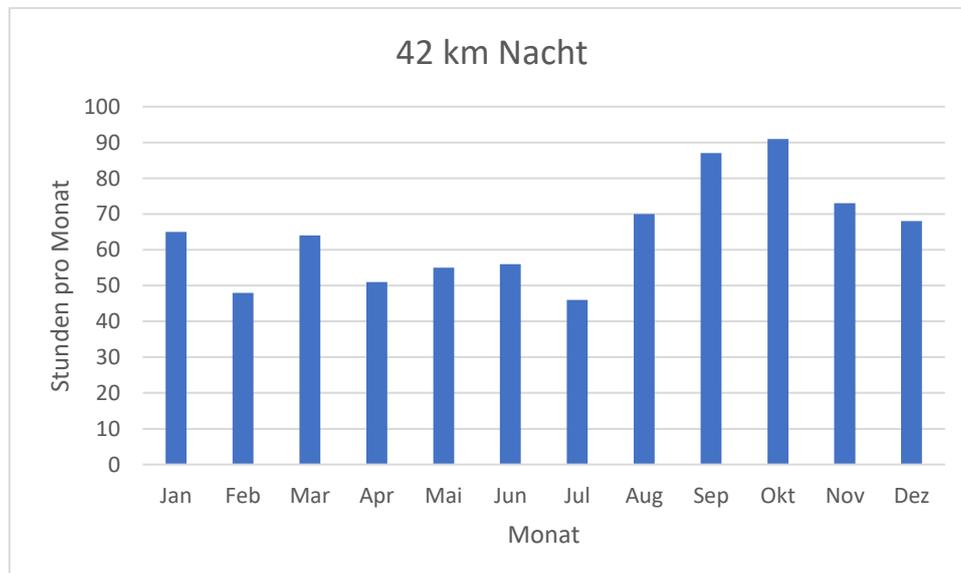
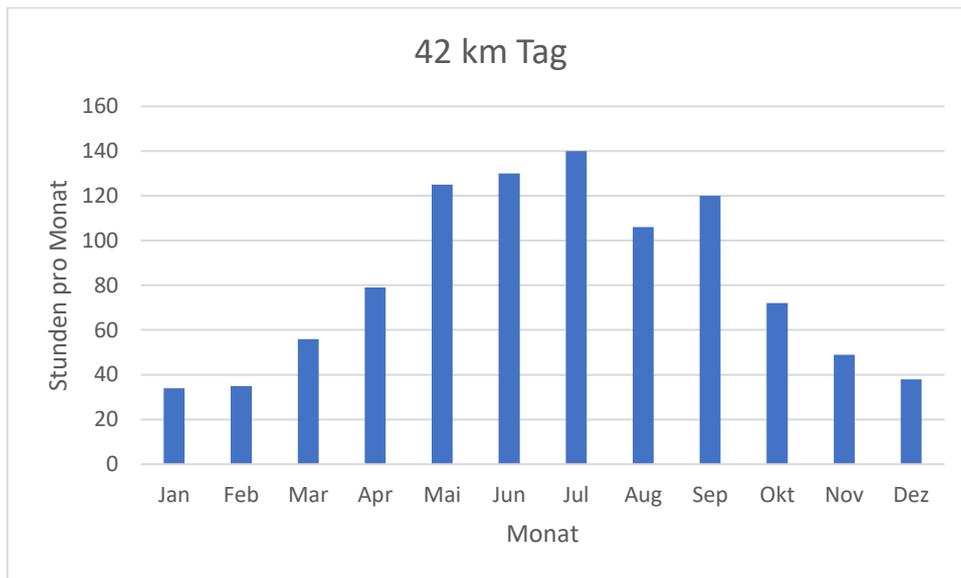
Anhang 6: Überschreitungshäufigkeiten der Sichtweiten am Tage und in der Nacht



Anhang 6: Überschreitungshäufigkeiten der Sichtweiten am Tage und in der Nacht



Anhang 6: Überschreitungshäufigkeiten der Sichtweiten am Tage und in der Nacht



Anhang 6: Überschreitungshäufigkeiten der Sichtweiten am Tage und in der Nacht

