

Immissionsprognose

zur Aufstellung des Bebauungsplanes Nr. 27 in der Gemeinde Burg (Dithmarschen)

Auftraggeber: Abwasser Service Burg, Hochdonn GmbH
Bismarckstraße 67
24534 Neumünster

Auftragsdatum: 26.08.2021

20.12.2021

Dr. Dorothee Holste

von der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige
für das Fachgebiet Emissionen und Immissionen

Kiewittsholm 15
24107 Ottendorf
Tel. 0431 / 585 68 91
Fax 0431 / 585 68 92

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
1.1	Anlass der Gutachtenerstellung	3
1.2	Auftraggeber	4
1.3	Gutachterin	4
1.4	Ortsbesichtigung und Datenaufnahme	4
2	Beurteilungsgrundlagen - Geruchsimmissionen	5
3	Vorgehensweise	6
4	Beschreibung der örtlichen Verhältnisse	7
4.1	Topografische Struktur des Untersuchungsgebietes	7
5	Emissionsseitige Eingangsdaten	8
5.1	Emissionsfaktoren für Gerüche	8
5.2	Quellengeometrie	9
5.3	Bewertungsfaktoren für die tierartspezifische Belästigungsrelevanz	9
5.4	Zeitliche Charakteristik	9
5.5	Berechnung der Quellstärken für das Emissionskataster	10
5.6	Emissionskataster der Ausbreitungsrechnung	13
6	Meteorologische Daten	14
6.1	Verwendete Zeitreihe	14
6.2	Messstelle	14
6.3	Anemometerstandort und -höhe in der Berechnung	14
6.4	Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen (Grafik)	15
7	Rechengebiet	16
7.1	Räumliche Auflösung	16
7.2	Rauhigkeitslänge	16
7.3	Berücksichtigung von Bebauung und Gelände	16
8	Parameter der Ausbreitungsrechnung	17
8.1	Verwendetes Ausbreitungsmodell	17
8.2	Programmversion	17
8.3	Statistische Unsicherheit	17
9	Ergebnisse	18
9.1	Allgemeine Erläuterungen	18
9.2	Ergebnisse zu Geruchsimmissionen	20
10	Abschließende Zusammenfassung	21
11	Verwendete Unterlagen und Literatur	22
11.1	Projektbezogene Unterlagen	22
11.2	Hilfsmittel für die Ausbreitungsrechnung	22
11.3	Gesetze und Verordnungen	22
11.4	Literatur und technische Regelwerke	22
12	Anhang - Protokolldateien AUSTAL.log	24
12.1	Taldia-log (Windfeldmodell)	24
12.2	Gemeinde-Burg (IG_Burg)	26

1 Aufgabenstellung

1.1 Anlass der Gutachtenerstellung

Für die Aufstellung des Bebauungsplanes Nr. 27 in der Gemeinde Burg (Dithmarschen) sollen die Geruchsimmissionen ermittelt werden, um zu prüfen, ob die Anforderungen des Anhangs 7 (Ermittlung und Bewertung von Geruchsimmissionen) der TA Luft erfüllt werden.

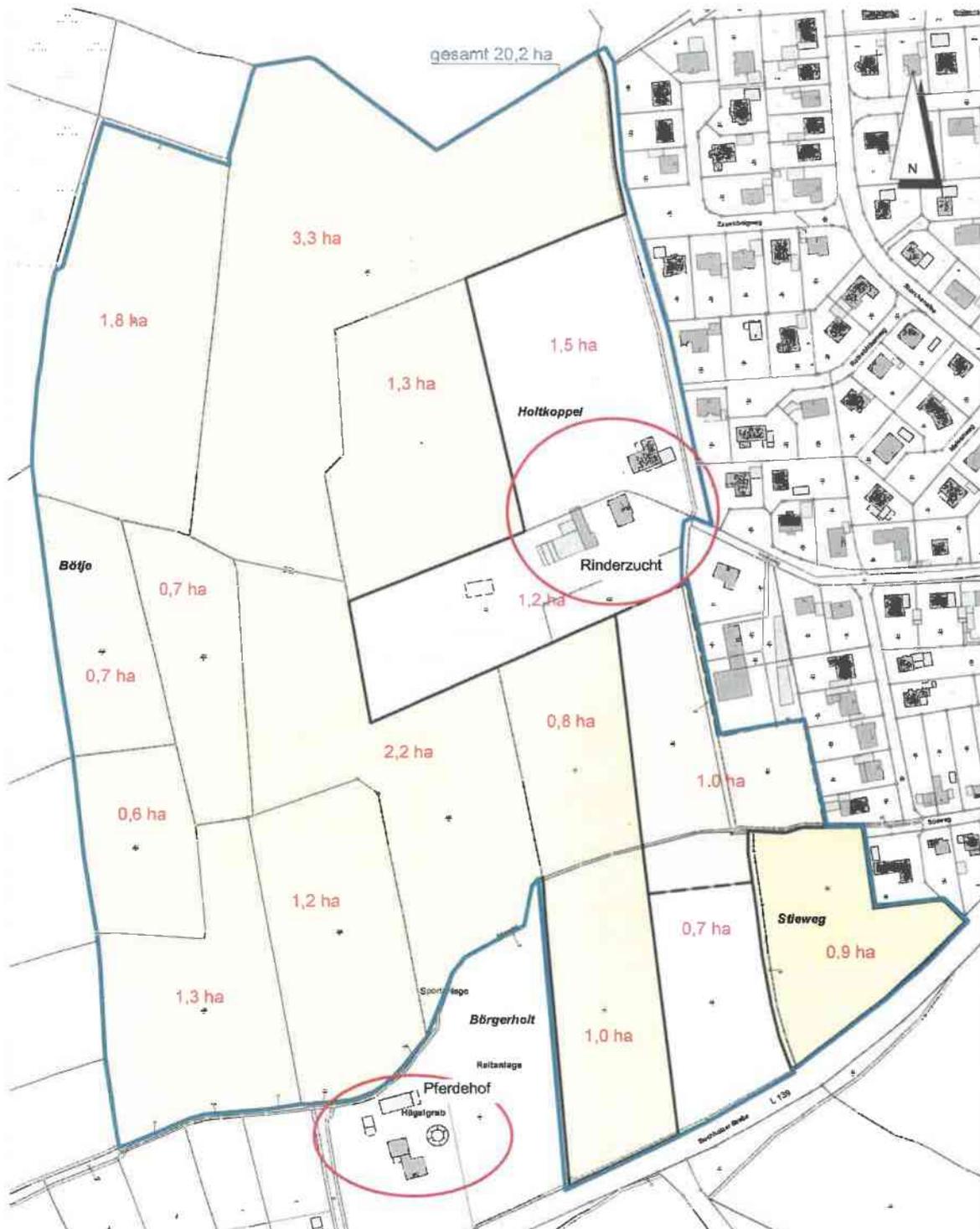


Abbildung 1: Flächennutzungsplan
genordnete Karte, Maßstab ca. 1 : 3.500
Quelle: Planungsbüro Philipp, verkleinert

In der Umgebung des Plangebietes werden an zwei Standorten Tiere gehalten. Es handelt sich um geringe Bestände. Aufgrund der unvollständigen Datenlage in den Bauakten wurde in Absprache mit der Gemeinde der Umfang der Tierhaltung im Rahmen einer Ortsbesichtigung mit Datenaufnahme ermittelt.

Auf dieser Datengrundlage wurde eine Ausbreitungsrechnung gemäß Anhang 2 der TA Luft mit dem Programmsystem AUSTAL (Version 3.1.2) durchgeführt und die Geruchsbelastung mit Bezug zur TA Luft, Anhang 7, bewertet.

1.2 Auftraggeber

Abwasser Service Burg, Hochdonn GmbH
Bismarckstraße 67
24534 Neumünster

1.3 Gutachterin

Dr. Dorothee Holste
Kiewittsholm 15
24107 Ottendorf
Tel. 0431 / 585 68 91
Fax 0431 / 585 68 92
E-Mail: Holste.Gutachten@web.de

1.4 Ortsbesichtigung und Datenaufnahme

1.4.1 Datum

Die Ortsbesichtigung fand am 02.12.2021 statt.

1.4.2 Anwesende

1.4.2.1 Am Standort Voßweg 32

- Dr. Dorothee Holste, Sachverständige
- Herr Thomas Quandt

1.4.2.2 Am Standort Buchholzer Straße 149

- Dr. Dorothee Holste
- Frau Rieke Tschritter
- Herr Björn Tschritter

1.4.3 Ablauf

Anlässlich der Ortsbesichtigung wurden das Plangebiet und die Hofstellen der beiden relevant auf das Gebiet des Bebauungsplanes Nr. 27 einwirkenden Tierhaltungsanlagen besichtigt und die Umgebung im Hinblick auf die Ableitungs- und Ausbreitungsbedingungen der Geruchsfahnen in Augenschein genommen.

Die zur Aufstellung des Emissionskatasters notwendigen emissionsrelevanten Daten wurden jeweils durch die Betreiber mitgeteilt. Ergänzende Informationen wurden durch die Auswertung von Karten und Luftbildern gewonnen.

2 Beurteilungsgrundlagen - Geruchsimmissionen

Die Bewertung von Geruchsimmissionen ist in Anhang 7 der Neufassung der TA Luft [9] (bisher „Geruchsimmissionsrichtlinie“) geregelt. Die dieser Richtlinie zugrunde liegende wissenschaftliche Studie („MIU-Studie“) [17] hatte zum Ergebnis, dass der Belästigungsgrad der Anwohner im Wesentlichen durch die Häufigkeit der Geruchswahrnehmung bedingt wird. Die Geruchsintensität und die Geruchsqualität spielen dabei eine untergeordnete Rolle, sofern es sich nicht um eindeutig angenehme oder Ekel bzw. Übelkeit erregende Gerüche handelt.

Daher erfolgt die Bewertung im Rahmen des Anhangs 7 der TA Luft anhand des Anteils der geruchsbelasteten Jahresstunden.

Nach Anhang 7 sind diejenigen Gerüche zu beurteilen, die klar einer Anlage als Geruchsquelle zuzuordnen sind. Gerüche, die nicht eindeutig von anderen Gerüchen bzw. anderen Geruchsquellen (z.B. Kfz-Verkehr, Hausbrand, Vegetation oder landwirtschaftlichen Düngemaßnahmen) abzugrenzen sind, werden nicht berücksichtigt.

Das sogenannte „Geruchsstundenkriterium“ wird dabei als erfüllt betrachtet, wenn in mindestens 10% einer Stunde Geruchswahrnehmungen auftreten.

Die Immissionswerte sind auf diejenigen Immissionsorte anzuwenden, an denen sich Personen nicht nur vorübergehend aufhalten [9].

Je nach Gebietscharakter gelten unterschiedliche Immissionswerte.

Für Wohn- und Mischgebiete wird eine Gesamtbelastung von 0,10, d.h. eine Überschreitungshäufigkeit der Geruchsschwelle in 10% der Jahresstunden vorgesehen. Für Gewerbe- und Industriegebiete sowie Dorfgebiete mit überwiegend landwirtschaftlicher Prägung gelten analog 0,15 bzw. 15% der Jahresstunden.

Unabhängig von der bestehenden Vorbelastung ist eine Genehmigung durch Anwendung der Irrelevanzklausel dann möglich, wenn durch die Gesamtanlage auf keiner Beurteilungsfläche, auf der sich Personen nicht nur vorübergehend aufhalten, ein Wert von 0,02 bzw. 2% der Jahresstunden überschritten wird (Irrelevanzkriterium). In diesem Fall ist dann davon auszugehen, dass eine Anlage die belästigende Wirkung der Vorbelastung nicht relevant erhöht.

Tabelle 1: Immissionswerte gemäß TA Luft Anhang 7 für unterschiedliche Gebietsprägungen

Gebietscharakter	Immissionswert	Anmerkung
Wohn-/ Mischgebiete; Kerngebiete mit Wohnen, urbane Gebiete	0,10	Gewichtungsfaktor (f) muss
Gewerbe-/ Industriegebiete	0,15	berücksichtigt
Dorfgebiete	0,15	werden
Irrelevanzgrenze	0,02	ohne Gewichtungsfaktor

Bei Gewerbegebieten gilt der Immissionswert für die Wohnnutzung innerhalb des Gebietes. Für Beschäftigte können aufgrund der grundsätzlich kürzeren Aufenthaltsdauer (ggf. auch der Tätigkeitsart) in der Regel höhere Immissionen zumutbar sein. Die Höhe ist dann im Einzelfall zu beurteilen, allerdings soll ein Immissionswert von 0,25 nicht überschritten werden.

Für die Geruchsbeurteilung im Außenbereich ist eine Einzelfallprüfung erforderlich. In Abhängigkeit der speziellen Randbedingungen des Einzelfalles sind Werte von 0,20 (Regelfall) bis 0,25 (begründete Ausnahme) für Tierhaltungsgerüche heranzuziehen.

Ergebnisse einer umfangreichen wissenschaftlichen Untersuchung zur Belästigungswirkung von Tierhaltungsgerüchen haben nachgewiesen, dass Tierhaltungsgerüche je nach Tierart in größerem oder geringerem Maße toleriert werden als beispielsweise Industriegerüche [18].

Die Häufigkeiten von Tierhaltungsgerüchen werden vor dem Vergleich mit den Immissionswerten mit einem Faktor für die tierartspezifische Geruchsqualität multipliziert. Das Ergebnis wird als belästigungsrelevante Kenngröße (IG_b) bezeichnet. Der Faktor beträgt für Geflügelmast 1,50, für Schweinemast und Sauenhaltung 0,75 und für Rinderhaltung, Pferdehaltung, Schafe und Milchziegen 0,50. Für andere, nicht ausdrücklich genannte Geruchsarten ist der Faktor 1 anzuwenden.

Tabelle 2: Tierartspezifischer Gewichtungsfaktor zur Berechnung der belästigungsrelevanten Kenngröße

Tierartspezifische Geruchsqualität	Gewichtungsfaktor f
Mastgeflügel	(Puten, Masthähnchen) 1,5
Mastschweine	(bis zu einer Tierplatzzahl von 500 in qualitätsgesicherten Haltungsverfahren mit Auslauf und Einstreu, die nachweislich dem Tierwohl dienen) 0,65
Mastschweine, Sauen	(bis zu einer Tierplatzzahl von ca. 5.000 Mastschweinen bzw. unter Berücksichtigung der jeweiligen Umrechnungsfaktoren für eine entsprechende Anzahl von Zuchtsauen) 0,75
Milchkühe mit Jungtieren Mastbullen	(einschließlich Kälbermast, sofern diese zur Geruchsimmisionsbelastung nur unwesentlich beitragen) 0,5
Pferde	(ggf. gesonderte Berücksichtigung des Mistlagers) 0,5
Milch-/Mutterschafe mit Jungtieren	(bis zu einer Tierplatzzahl von 1.000 und Heu/Stroh als Einstreu) 0,5
Milchziegen mit Jungtieren	(bis zu einer Tierplatzzahl von 750 und Heu/Stroh als Einstreu) 0,5
Andere	1

3 Vorgehensweise

Für die beiden Tierhaltungsanlagen (Pferdehaltung Buchholzer Straße 149 und Rinderzucht Voßweg 32) wird zunächst ein Emissionskataster auf der Basis der Informationen einer Ortsbesichtigung, sowie Erkenntnisse der Luftbildauswertung, aufgestellt und auf dieser Datengrundlage eine Ausbreitungsrechnung für Gerüche durchgeführt.

Die so berechnete Gesamtbelastung wird mit den Immissionswerten der TA Luft Anhang 7 [9] verglichen.

4 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse

4.1 Topografische Struktur des Untersuchungsgebietes

Das Rechengebiet ist in Abbildung 2 dargestellt. Nach Vorgabe der TA-Luft hat das Beurteilungsgebiet einen Radius von mindestens 1000 m um die berücksichtigten Emissionsquellen.

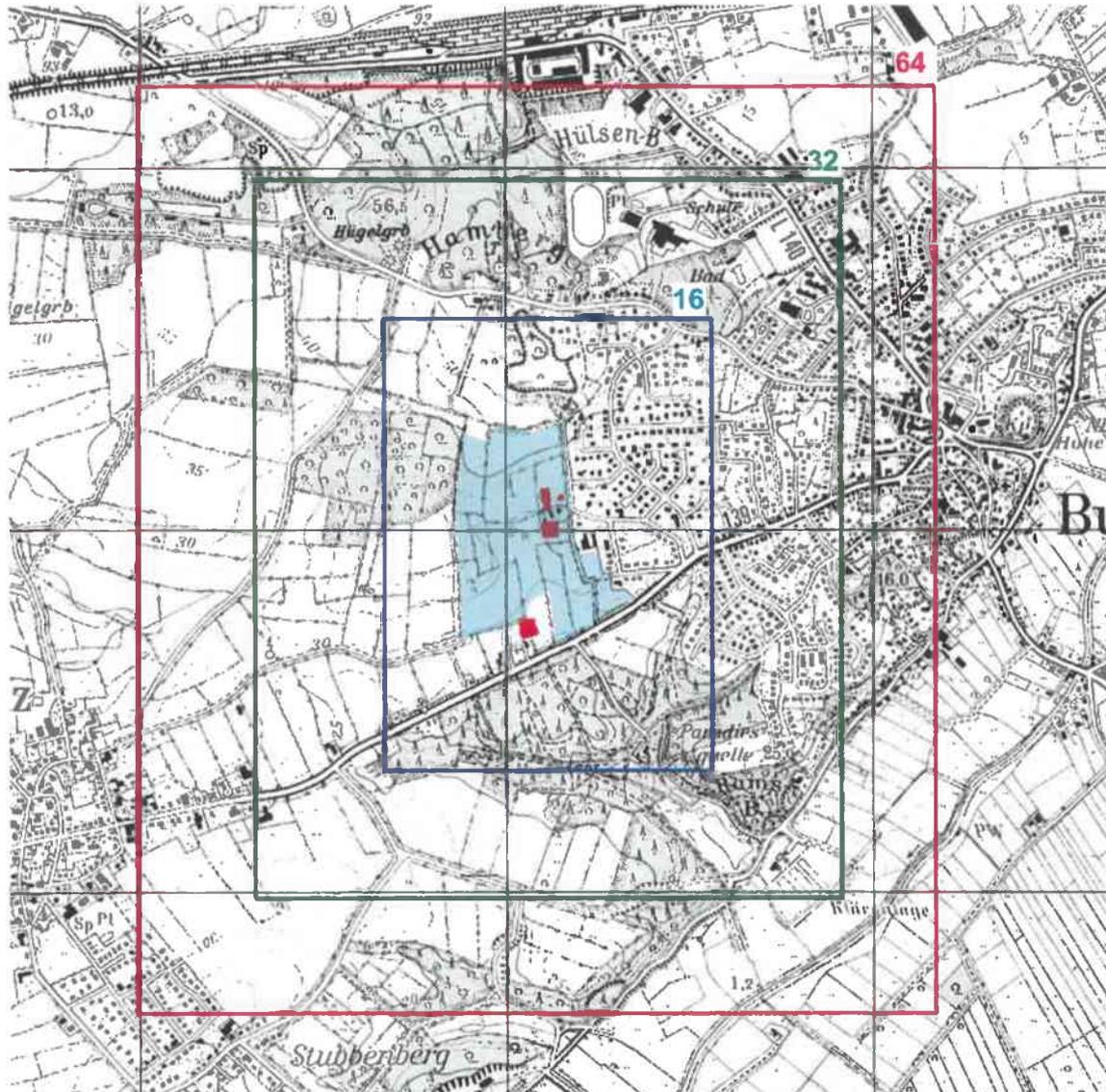


Abbildung 2: Rechengebiet mit geschachtelten Rechengittern
16 m, 32 m und 64 m Raster
Gebiet des Bebauungsplanes blau unterlegt
genordete Karte, Maßstab ca. 1 : 20.000, Gitternetzweite 1 km

Das B-Plan-Gebiet liegt nördlich der L139 von Buchholz nach Burg auf einer Höhe von 26 m bis 46 m über NN rund 300 m südlich des Hamburgeres, welcher auch großräumig das lokale Maximum im Bereich des ansonsten eher flachen Geländes von Dithmarschen darstellt.

Östlich schließt sich die Wohnbebauung von Burg (Dithmarschen) an, nördlich, westlich und südlich befinden sich Waldflächen.

5 Emissionsseitige Eingangsdaten

Nachfolgend werden die maßgeblichen Geruchsquellen der beiden Tierhaltungsanlagen quantifiziert und zu einem Emissionskataster zusammengestellt.

5.1 Emissionsfaktoren für Gerüche

Zur Berechnung der Geruchsemissionen werden die aufgelisteten Emissionsfaktoren verwendet, die sich überwiegend auf die Konventionenwerte der Richtlinie VDI 3894 Blatt 1 stützen [21].

Pferdehaltung

Für die Emissionen aus den Stallgebäuden der Pferdehaltung wird ein Emissionsfaktor von $10 \text{ GE}/(\text{s} \cdot \text{GV})$ verwendet.

Festmistlagerung wird mit $3 \text{ GE}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ bewertet, wobei sich dieser Wert auf die zur Verfügung stehende Grundfläche der Lagerplatte bezieht.

Rinderhaltung

Die Weidehaltung von Rindern verursacht keine immissionsseitig relevanten Geruchsemissionen.

Im Sinne eines konservativen Ansatzes wird die Futterstelle für Winterfutter (Raufe mit Silage) ein pauschaler Geruchsstoffstrom in Höhe von $100 \text{ GE}/\text{s}$ festgelegt, um die Gerüche der in der Raufe lagernden Silage und von Futterresten im Bereich um die Raufe zu berücksichtigen.

Schweinehaltung

Für Freilandhaltung von Schweinen gibt es keine Emissionsfaktoren für Gerüche. Daher werden die Emissionen anhand der Emissionsfaktoren für Stallhaltung im Außenklimastall mit Tiefstreu abgeschätzt.

Für dieses Verfahren werden $30 \text{ GE}/(\text{s} \cdot \text{GV})$ zum Ansatz gebracht. Dieser Wert ist konservativ, weil er sich auf Schweinemast bezieht und die Haltung von Zuchtsauen im Vergleich deutlich geringere Emissionen verursacht.

Weiterhin wird für die Auslaufläche ein zusätzlicher pauschaler Geruchsstoffstrom von $210 \text{ GE}/\text{s}$ berücksichtigt. Dieser Wert entspricht einem Flächenanteil von 10% des Auslaufes, der mit dem Emissionsfaktor für Festmist ($3 \text{ GE}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) belegt wird. Auch dieser Ansatz ist konservativ, da bei der im vorliegenden Fall kleinen Tierplatzzahl der übliche Ansatz von 30% der aus dem Stall verursachten Emissionen sehr gering wäre.

Legehennen- und Gänsehaltung

Für Legehennen in Bodenhaltung werden $42 \text{ GE}/(\text{s} \cdot \text{GV})$ angesetzt und für Gänse $75 \text{ GE}/(\text{s} \cdot \text{GV})$.

Schafe

Für die Schafhaltung nennt die Richtlinie VDI 3894 Blatt 1 keine Emissionsfaktoren, deshalb wurde auf die Emissionsfaktoren des Landes Brandenburg [28] zurückgegriffen. Der Wert für weibliche Schafe und Jungtiere beträgt demnach $25 \text{ GE}/(\text{s} \cdot \text{GV})$.

5.2 Quellengeometrie

Diffuse Emissionsquellen – das sind im vorliegenden Fall Festmistplatten, sowie Ausläufe und frei gelüftete Stallgebäude - werden in Anlehnung als bodennahe Volumenquellen mit vertikaler Ausdehnung über die gesamte Behälter- bzw. Quellhöhe definiert. Bodennahe Flächenquellen werden mit einer Quellhöhe von mindestens 1 m berücksichtigt.

5.3 Bewertungsfaktoren für die tierartspezifische Belästigungsrelevanz

Die Geruchsarten der unterschiedlichen Tierarten werden gemäß TA Luft Anhang 7 mit einem Faktor für die tierartspezifische Belästigungsrelevanz gewichtet, welche in einer wissenschaftlichen Studie anhand von Belästigungsbefragungen ermittelt wurden.

Der Bewertungsfaktor für die tierartspezifische Belästigungsrelevanz der Mastschweinehaltung bis 5000 Mastplätze und Sauenhaltung (bis etwa 750 GV) beträgt 0,75.

Legehennenhaltung, Gänsemast sowie die Lagerung von Pferdemist werden mit 1,0 bewertet.

Für Rinder, Pferde und Schafe wird der Faktor 0,5 verwendet.

5.4 Zeitliche Charakteristik

Alle Emissionsquellen werden mit einem Emissionszeitanteil von 100% angesetzt.

5.5 Berechnung der Quellstärken für das Emissionskataster

5.5.1 Pferdehaltung Buchholzer Straße 149

Auf der Hofstelle werden nach Betreiberangaben 7 Pferde und 5 Ponies gehalten. Das Stallgebäude wird als Offenstall genutzt, der zusammen mit einem Paddock den Pferden dauerhaft zur Verfügung steht. Tagsüber wird außerdem Weidezugang auf die östlich angrenzenden Flächen gewährt.

Die Paddockfläche wird täglich entmistet. Zur Mistlagerung steht eine rund 30 m² große Festmistplatte als Nebeneinrichtung zur Verfügung.

Als Emissionsquelle werden der Offenstall mit dem angeschlossenen, auch nachts zugänglichen Paddock und die Festmistlagerung berücksichtigt. Die Weidehaltung sowie die Nutzung des Reitplatzes verursachen keine immissionsseitig relevanten Geruchsemissionen.

Eine betriebliche Erweiterung wäre an diesem Außenbereichsstandort mangels Privilegierung nur im Rahmen einer Bauleitplanung möglich und wird daher nicht weiter betrachtet.

Tabelle 3: Emissionsquellen Pferdehaltung

Stallgebäude	Tierzahl	Einzeltiermasse [GV]	Gesamtbestand [GV]	Emissionsfaktor Geruch [GE/sGV]	Geruchsstoffstrom [GE/s]
Offenstall	7	1,1	7,7	10	120 *)
	5	0,7	3,5		
			11,2		
Flächenquellen	Abmessung [m]	Durchmesser [m]	Fläche [m ²]	Emissionsfaktor [GE/m ² s]	Geruchsstoffstrom [GE/s]
Paddock			670	0,1	70*)
Mistplatte	5 * 6		30	3	90
Gesamtanlage					270

Faktor für die belästigungsrelevante Kenngröße: 0,5 (Pferde), 1,0 (Mistplatte)

*) Die aufgrund der geringen Tierplatzzahlen teils sehr geringen Geruchsstoffströme wurden jeweils auf den nächsten Zehner aufgerundet.

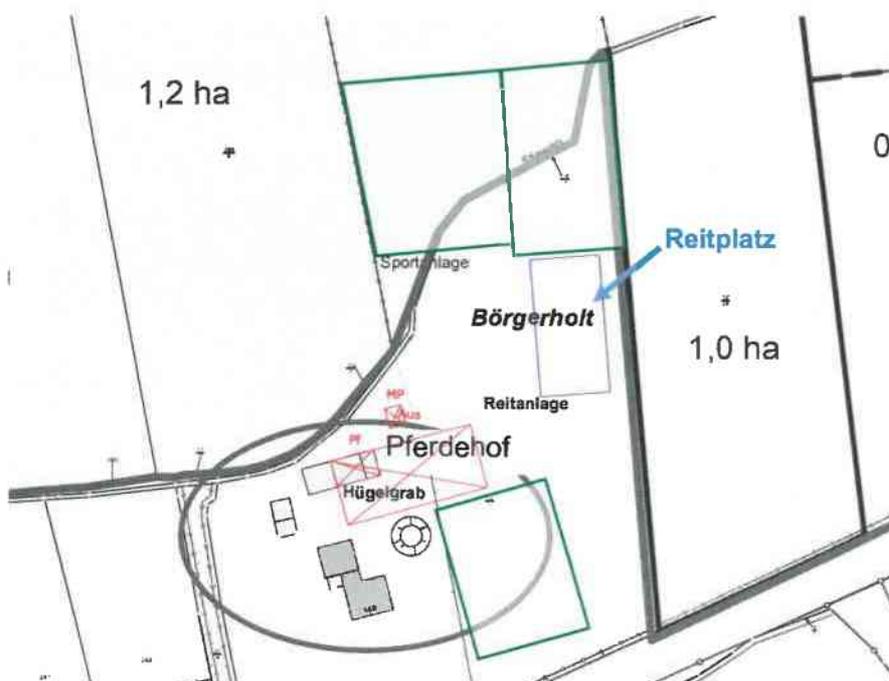


Abbildung 3: Lage und räumliche Ausdehnung der Emissionsquellen; Koppeln (grün) und Reitplatz genordete Karte, Maßstab ca. 1 : 2.000

5.5.2 Rinderhaltung Voßweg 32

Am Standort werden ganzjährig etwa 10 Rinder der Rasse Welsh Black in Weidehaltung, bis zu 6 Husumer Landschweine, 10 Schafe, 45 Legehennen und 30 Gänse gehalten.

Eine Festmistlagerung gibt es am Anlagenstandort nicht.

Die Rinder werden ausschließlich in Weidehaltung gehalten, so dass nur geringfügige Emissionen auftreten. Als Emissionsquelle wird ein pauschaler Ansatz für die an der Futterstelle für die Winterfütterung auftretenden Gerüche berücksichtigt.

Die Schweinehaltung wird als Outdoorhaltung mit Zugang zu einem Unterstand betrieben. Dieses Gebäude im nördlichen Grundstücksteil wird außerdem für bis zu 30 Gänse und 15 Legehennen genutzt.

Für die etwa 700 m² große Auslauffläche der Schweine wurde ein spezifischer Geruchsstoffstrom von 0,3 GE/(m²s) berücksichtigt. Dieser Ansatz entspricht einem Flächenanteil von 10%, der mit dem Emissionsfaktor einer Mistlagerstätte beaufschlagt wurde.

Im südlichen Grundstücksteil befinden sich ein weiterer Hühnerstall (bis zu 30 Hennen) sowie eine Schafweide.

Als Bewertungsfaktoren für die tierartspezifische Belästigungsrelevanz wurden für die Rinder und Schafe 0,50, für die Schweine 0,75 und für das Geflügel (Legehennen und Gänsemast) 1,00 verwendet.

Nach Auskunft des Betreibers sind im Falle einer betrieblichen Erweiterung keine baulichen Anlagen geplant. Falls eine Aufstockung des Tierbestandes erfolgen soll, würde sich dies ausschließlich auf Weidehaltung beschränken.

Tabelle 4: Emissionsquellen Rinderhaltung

Stallgebäude	Tierzahl	Einzel-tiermasse [GV]	Gesamtbestand [GV]	Emissionsfaktor Geruch [GE/sGV]	Geruchsstoffstrom [GE/s]
Gänse	30	0,005	0,2	75	11
Legehennen	15	0,0034	0,1	42	2
Stall 1 Geflügel					20*)
Stall 1 Schweine	6	0,4	2,4	30	80*)
Rinder Futterstelle				pauschal	100
Legehennen	30	0,0034	0,1	42	10*)
Schafe	10	0,15	1,5	25	40*)
Stall 2					
Flächenquellen	Abmessung [m]	Durchmesser [m]	Fläche [m ²]	Emissionsfaktor [GE/m ² s]	Geruchsstoffstrom [GE/s]
Schweine Auslauf			700	0,3	210

*) Die aufgrund der geringen Tierplatzzahlen teils sehr geringen Geruchsstoffströme wurden jeweils auf den nächsten Zehner aufgerundet.

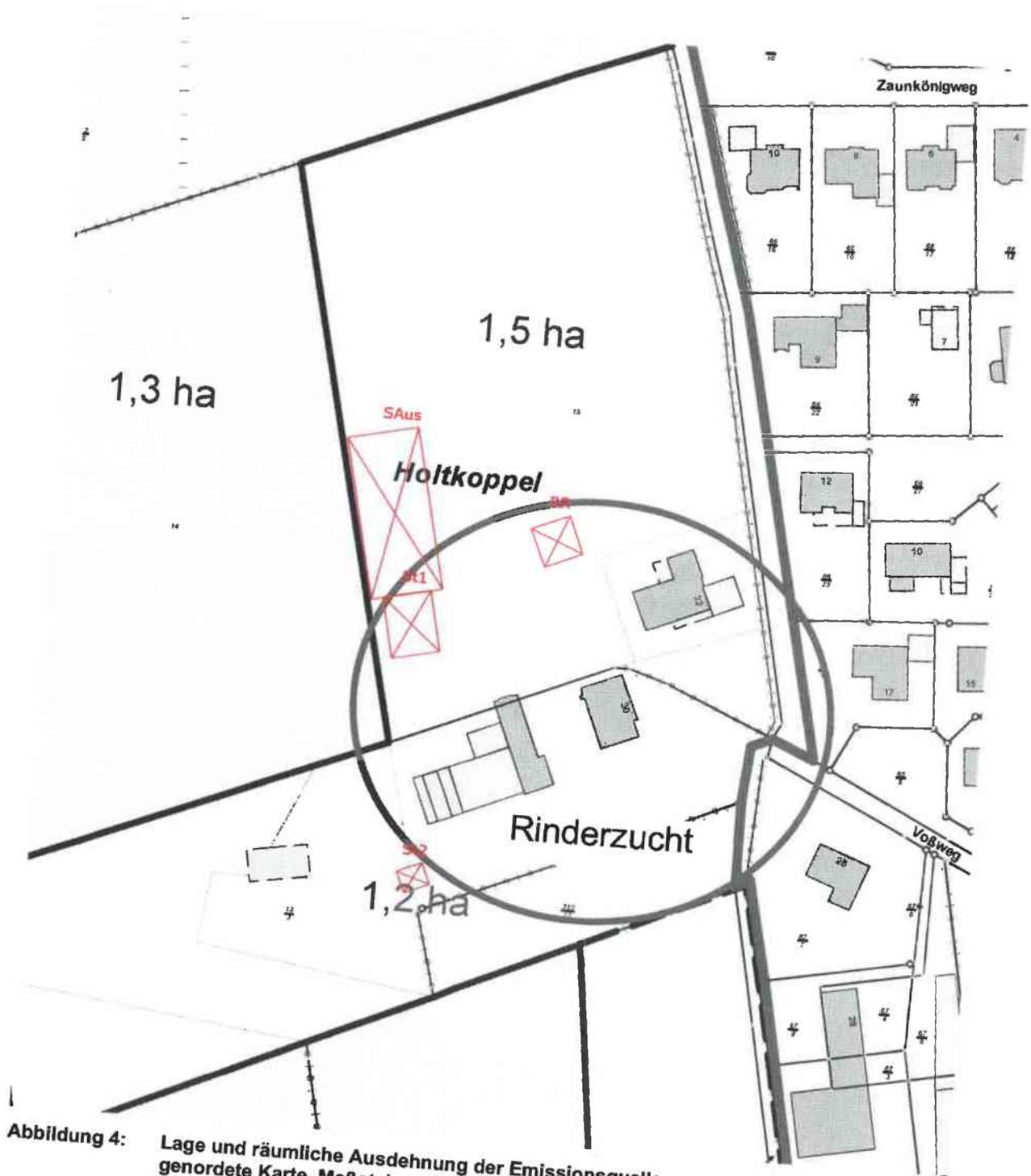


Abbildung 4: Lage und räumliche Ausdehnung der Emissionsquellen
genordete Karte, Maßstab ca. 1 : 1.500

5.6 Emissionskataster der Ausbreitungsrechnung

Tabelle 5: Emissionskataster

Nr.	Bezeichnung	Quellentyp	Rechtswert	Hochwert	Höhe Unterkante [m]	Kantenlänge in x-Richtung [m]	Kantenlänge in y-Richtung [m]	Kantenlänge in z-Richtung [m]	Winkel [°]	Geruchsstoffstrom Odor_050 [GE/s]	Geruchsstoffstrom Odor_075 [GE/s]	Geruchsstoffstrom Odor_100 [GE/s]
Pferdehaltung Buchholzer Straße 149												
1	Pf	Volumen	32516051	5982726	0	13,0	7,9	3,0	195	120	0	0
2	Aus	Volumen	32516044	5982703	0	42,5	19,5	1,0	15	70	0	0
3	MP	Volumen	32516059	5982739	0	5,0	6,0	2,0	195	0	0	90
Rinderzucht Voßweg 32												
4	St1	Volumen	32516121	5983061	0	15,3	11,8	3,0	102	0	80	20
5	SAus	Volumen	32516095	5983112	0	40,4	17,5	1,0	283	0	210	0
6	RR	Volumen	32516141	5983093	0	10,0	10,0	1,0	293	100	0	0
7	St2	Volumen	32516123	5983004	0	5,6	6,6	2,0	113	40	0	10

Erläuterungen zur Tabelle:

Die Angabe der Rechts- und Hochwerte bezieht sich bei Flächen- und Volumenquellen auf die untere linke Ecke.

Der Drehwinkel bezieht sich auf die Drehung um die linke untere Ecke der Quelle.

Alle Emissionsquellen haben einen Emissionszeitanteil von 100%.

6 Meteorologische Daten

6.1 Verwendete Zeitreihe

Für die Ausbreitungsrechnung sind zeitlich und räumlich repräsentative Wetterdaten zu verwenden.

Im Rahmen einer für den Standort angefertigten Übertragbarkeitsprüfung der IfU GmbH & Co. KG wurde die rund 40 km nordöstlich gelegene Station Hohn (Zeitraum 20.03.2013 – 19.03.2014) ausgewählt [6].

6.2 Messstelle

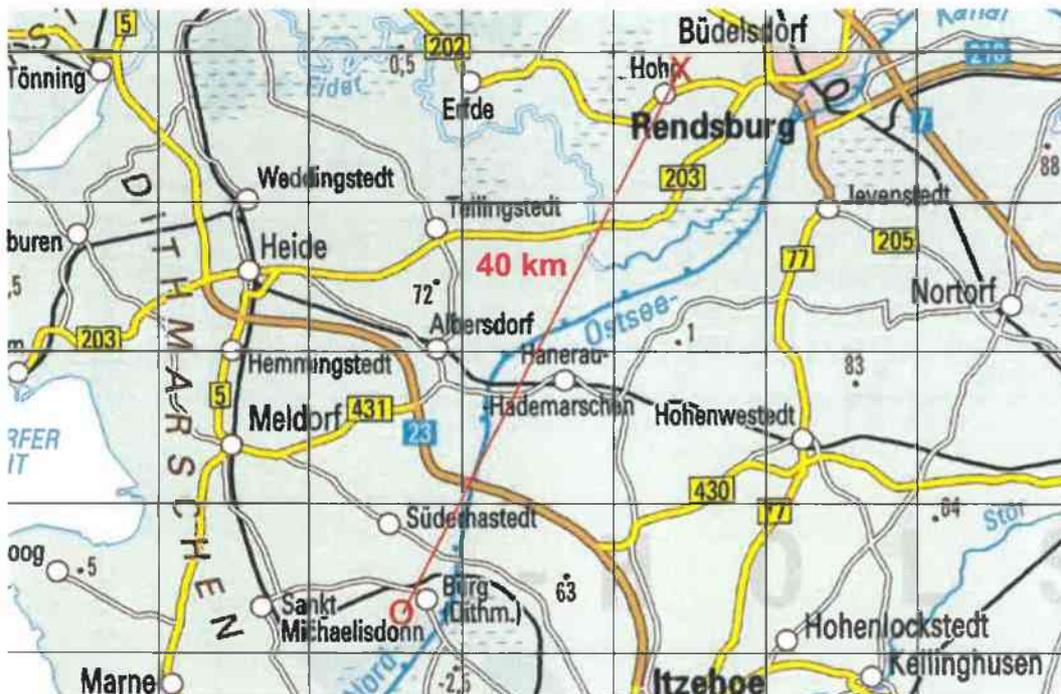


Abbildung 5: Lage der Wetterstation (x) zur geplanten Baufläche in Burg (Dithmarschen) (o) genordete Karte, Maßstab ca. 1 : 500.000, Gitterraster 10 km

6.3 Anemometerstandort und -höhe in der Berechnung

Als Anemometerhöhe ist eine sogenannte „effektive Anemometerhöhe“ zu verwenden, die sich aus der Bodenrauigkeit am Anlagenstandort ergibt.

Die effektiven Anemometerhöhen, die für die unterschiedlichen Rauigkeitsklassen zu verwenden sind, werden vom DWD festgelegt. Bei der Verwendung einer Ausbreitungszeitreihendatei wird die mit der Rauigkeitslänge korrespondierende Anemometerhöhe automatisch im Programmablauf von AUSTAL ausgelesen und zugeordnet.

Tabelle 6: effektive Anemometerhöhen der Station Hohn

Anemometerhöhen (0.1 m):	40	46	66	87	116	173	240	294	342
Rauigkeitslänge	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20	0,50	1,0	1,5	2,0

Der fiktive Anemometerstandort der Berechnung hat die Koordinaten 32515950 (Rechtswert) und 5983950 (Hochwert). Für die Rauigkeitslänge 0,5 wird folglich eine effektive Anemometerhöhe von 17,3 m verwendet.

6.4 Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen (Grafik)

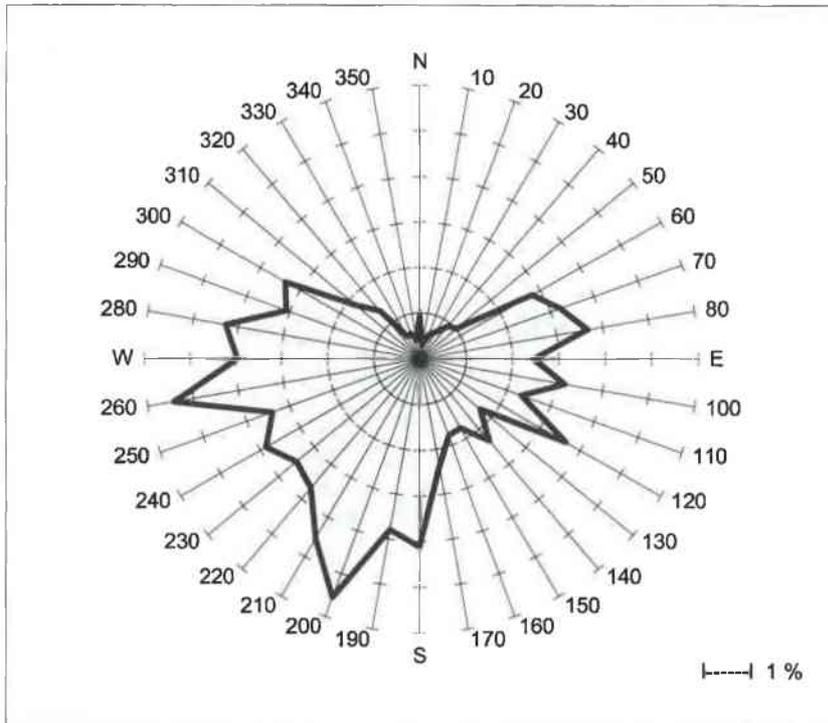


Abbildung 6: Grafische Darstellung der Windrichtungsverteilung, Hohn (20.03.2013 – 19.03.2014)

Die Abbildung 7 zeigt die Windgeschwindigkeitsverteilung der verwendeten Wetterdaten.

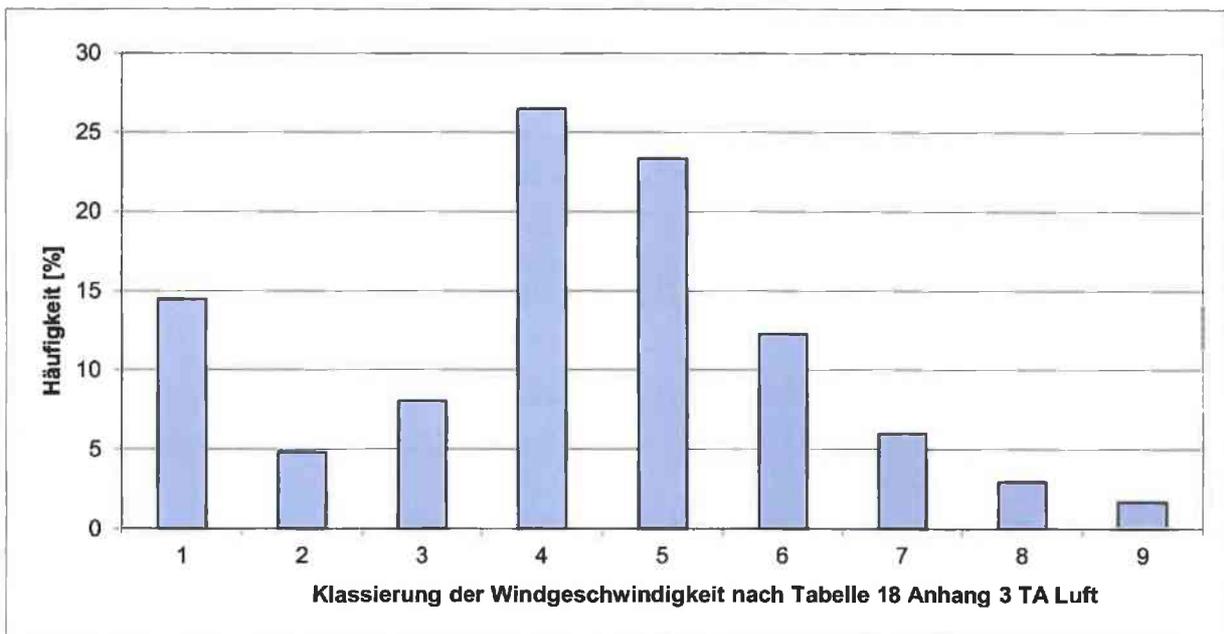


Abbildung 7: Windgeschwindigkeitsverteilung Hohn (20.03.2013 – 19.03.2014)

7 Rechengebiet

Das Rechengebiet wurde durch das Programmsystem AUSTAL automatisch über den Befehl „NESTING“ erzeugt.

Der Koordinatenursprung hat den Rechtswert 32510000 und den Hochwert 5980000.

Festlegung des Rechnetzes laut Protokolldatei AUSTAL.log

dd	16	32	64	(Gittermaschenweite der einzelnen Gitter)
x0	5664	5312	4992	(Rechtswert linker Rand des Rechengebietes)
nx	56	50	34	(Anzahl Gittermaschen)
y0	2336	1984	1664	(Hochwert unterer Rand des Rechengebietes)
ny	78	62	40	(Anzahl Gittermaschen)

Die Gesamtausdehnung des Rechengebietes ergibt sich aus den Angaben für das Gitter mit 128 m Maschenweite und beträgt $34 * 64 \text{ m} = 2.176 \text{ m}$ in x- und $40 * 64 \text{ m} = 2.560 \text{ m}$ in y-Richtung.

Die Anforderungen der TA Luft an die Größe des Rechengebietes sind damit hinreichend erfüllt.

7.1 Räumliche Auflösung

Es wurden 3 ineinander geschachtelte Gitter von 16, 32 und 64 m Kantenlänge erzeugt.

Das feinste Gitter mit 16 m Maschenweite hat eine Ausdehnung von 896 m in x- und 1.248 m in y-Richtung.

7.2 Rauigkeitslänge

Die mittlere Rauigkeitslänge im relevanten Gebiet (Kreis mit Radius der 10fachen Schornsteinbauhöhe) beträgt laut CORINE-Kataster 0,50.

Diese Bodenrauigkeit entspricht den Verhältnissen in der Umgebung der Anlagenstandorte der Tierhaltungsbetriebe nach der geplanten Bebauung.

Durch die Modellierung der Stallgebäude als Volumenquellen ist bereits der Gebäudeumströmung hinreichend Rechnung getragen, so dass eine Anhebung der Rauigkeitslänge wegen der Gebäude am Anlagenstandort nicht erforderlich ist.

7.3 Berücksichtigung von Bebauung und Gelände

Die Geländeform wird in der Ausbreitungsrechnung mit dem in AUSTAL integrierten Windfeldmodell taldia berücksichtigt.

Die durch die Umströmung der Gebäude auf dem Anlagengelände verursachte vertikale Durchmischung wurde durch die Modellierung der Emissionsquellen als Volumenquellen bereits hinreichend berücksichtigt. Diese Methode führt zu konservativen Ergebnissen. Eine gesonderte Modellierung der Gebäude ist somit nicht erforderlich.

8 Parameter der Ausbreitungsrechnung

8.1 Verwendetes Ausbreitungsmodell

Die Ausbreitungsrechnungen wurden mit einem Partikelmodell nach VDI 3945 Blatt 3 durchgeführt, welches von der TA Luft gefordert wird. Der Rechenkern ist das Programmpaket AUSTAL, die grafische Darstellung erfolgt mit dem Programm TALAR®.

In diesem Rechenmodell werden die Quellen der Emissionen, die meteorologischen Randbedingungen (Windrichtung, -geschwindigkeit, Ausbreitungsklasse) sowie die Quellkonfigurationen (Koordinaten, Länge, Breite, Höhe, Emissionsmassenstrom und ggf. Austrittsgeschwindigkeit, Temperatur, zeitliche Varianz) berücksichtigt.

Für die Ausbreitungsrechnung wird das Modellgebiet mit einem dreidimensionalen Gitter überzogen. An der Position der Quellen werden stellvertretend für die zu betrachtenden Stoffe Teilchen freigesetzt. Jedes Teilchen repräsentiert dabei eine bestimmte Menge an einer Luftschadstoffkomponente.

Die schrittweise Verlagerung der Teilchen im Rechengebiet ergibt sich aus der am jeweiligen Teilchenort herrschenden mittleren Strömungsgeschwindigkeit und einer turbulenten Zusatzbewegung, die von der Ausbreitungsklasse abhängt.

Nach jeder Verlagerung wird das Teilchen in der Gitterzelle registriert, in der es sich befindet. Das Teilchen wird dann erneut durch die Strömung und die Turbulenz verlagert und registriert, bis es das Modellgebiet verlassen hat. Um eine Schadstoffwolke geeignet zu simulieren, wird die Bahn von üblicherweise einigen 10.000 Teilchen verfolgt.

Die Konzentration ergibt sich als zeitlicher und räumlicher Mittelwert für das Volumen jeder Gitterzelle. Für einen bestimmten (Mittelungs-) Zeitraum werden in jeder Gitterzelle die Aufenthaltszeiten der Teilchen in diesem Volumen addiert. Die Partikelkonzentration ergibt sich, indem diese aufsummierten Zeiten durch den Mittelungszeitraum und das Gitterzellenvolumen dividiert werden. Mit Hilfe der Stoffmenge, die jedes Teilchen repräsentiert, kann auf die Stoffkonzentration in diesem Gittervolumen geschlossen werden.

Die Berechnung der Geruchshäufigkeit erfolgt über das Abzählen der Ereignisse, an denen die berechnete mittlere Geruchsstoffkonzentration größer einer Beurteilungsschwelle von $0,25 \text{ GE/m}^3$ ist.

8.2 Programmversion

Die verwendete Programmversion AUSTAL 3.1.2 vom 09.08.2021 ist die zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung (Dezember 2021) neueste verfügbare Version.

8.3 Statistische Unsicherheit

Die Berechnungen wurden mit der Qualitätsstufe $q_s = 2$ durchgeführt.

Die statistische Unsicherheit der Ausbreitungsrechnung für Gerüche beträgt im Rechengebiet weniger als 0,1 % der Jahresstunden.

Die Unsicherheit der Berechnung darf maximal 3% des Immissionswertes betragen. Ausgehend von einem Immissionswert von 10% für Wohngebiete ist dieses Kriterium bei Werten bis zu 0,3% der Jahresstunden erfüllt.

Die Genauigkeit der durchgeführten Berechnungen ist daher ausreichend.

9 Ergebnisse

9.1 Allgemeine Erläuterungen

9.1.1 Belastungsrelevante Kenngröße

Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen werden als so genannte belastungsrelevante Kenngröße dargestellt.

Wissenschaftliche Untersuchungen haben ergeben, dass landwirtschaftliche Gerüche in Abhängigkeit von der tierartspezifischen Geruchsqualität ein anderes Belastungspotenzial aufweisen als beispielsweise Industrierüche.

Daher wurden Gewichtungsfaktoren eingeführt, die dieser Tatsache Rechnung tragen. Die berechneten Immissionshäufigkeiten sind also vor dem Vergleich mit den Immissionswerten mit einem Gewichtungsfaktor zu multiplizieren, der sich aus dem jeweiligen Verhältnis der verschiedenen Geruchsarten am zu betrachtenden Immissionsort ergibt. Das Ergebnis wird als belastungsrelevante Kenngröße bezeichnet.

Zur Berechnung der belastungsrelevanten Kenngröße IG_b wird für jede Rechengitterzelle die Gesamtbelastung IG mit einem Faktor f_{gesamt} multipliziert.

Die belastungsrelevante Kenngröße errechnet sich nach der Formel:

$$Igb = IG \times f_{gesamt}$$

Der Faktor f_{gesamt} wird nach der Formel

$$F_{gesamt} = (1/H_{Summe}) \times (H_1 \times f_1 + H_2 \times f_2 + \dots H_n \times f_n)$$

berechnet. Dabei ist

$n = 1$ bis 4

und

$H_1 = r_1$,

$H_2 = \min(r_2, r - H_1)$,

$H_3 = \min(r_3, r - H_1 - H_2)$,

$H_4 = \min(r_4, r - H_1 - H_2 - H_3)$

mit

r die Geruchshäufigkeit aus der Summe aller Emissionen (unbewertete Geruchshäufigkeit),

r_1 die Geruchshäufigkeit für die Tierart Mastgeflügel,

r_2 die Geruchshäufigkeit ohne Wichtung,

r_3 die Geruchshäufigkeit für die Tierart Mastschweine, Sauen,

r_4 die Geruchshäufigkeit für die Tierart Milchkühe mit Jungtieren

und

f_1 der Gewichtungsfaktor für die Tierart Mastgeflügel

1,50

f_2 der Gewichtungsfaktor 1 (z. B. Tierarten ohne Gewichtungsfaktor)

1,00

f_3 der Gewichtungsfaktor für die Tierart Mastschweine, Sauen

0,75

f_4 der Gewichtungsfaktor für die Tierart Milchkühe mit Jungtieren

0,50

Nach der vorstehend genannten Formel wird für jede Beurteilungsfläche ein eigener Gewichtungsfaktor berechnet, welcher die jeweiligen Anteile der Geruchsqualitäten berücksichtigt.

9.1.2 Erläuterungen zur grafischen Darstellung

Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung sind nachfolgend grafisch dargestellt. Die Protokolle zur Ausbreitungsrechnung mit allen Eingabedaten sind dem Anhang zu entnehmen.

Über das Beurteilungsgebiet wurde ein Gitternetz mit Rasterflächen von definierter Kantenlänge gelegt. Die (Lage-)Bezeichnungen der Rasterflächen sind in der ersten Zeile in jeder Rasterfläche eingetragen und geben die Lage der Rasterfläche als Indices in x- und y-Richtung an.

In der zweiten Zeile in jeder Rasterfläche ist der jeweils betrachtete Immissionswert angegeben.

Weiterhin sind die Immissionen durch farbige Unterlegung der Karte in den in der Legende angegebenen Farb- und Häufigkeitsabstufungen dargestellt. Die jeweiligen Grenzen der Farbflächen stellen die Isoplethen (Linien gleicher Zahlenwerte) dar.

Das Rastermaß beträgt bei der Darstellung der Geruchsimmissionen wegen der teilweise engen Nachbarschaft von Emissionsquellen und relevanten Immissionsorten 25 m, damit die ausgegebenen Werte für die jeweilige Beurteilungsfläche hinreichend repräsentativ sind.

10 Abschließende Zusammenfassung

Für die Aufstellung des Bebauungsplanes Nr. 27 in der Gemeinde Burg (Dithmarschen) waren die Geruchsmissionen zu ermitteln, um zu prüfen, ob die Anforderungen des Anhanges 7 zur TA Luft (Feststellung und Bewertung von Geruchsmissionen) erfüllt werden.

Dazu wurden für die beiden Tierhaltungsanlagen (Pferdehaltung und Rinderzucht), die auf das Plangebiet im Sinne der GIRL relevant einwirken, Emissionskataster aufgestellt und eine Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft Anhang 2 durchgeführt.

Es handelt sich bei beiden Anlagen um Hobbytierhaltung bzw. Nebenerwerbslandwirtschaft mit vergleichsweise geringen Tierbeständen. Die Datengrundlage der Ausbreitungsrechnung beruht in Abstimmung mit der Gemeinde auf der im Rahmen einer Ortsbesichtigung mit Datenaufnahme durch die Betreiber angegebene tatsächliche Nutzung der Anlagen, da aus den Bauakten keine hinreichend genauen Daten ermittelt werden konnten.

Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung wurden grafisch dargestellt. Für eine Wohnbebauung sind solche Flächen geeignet, in denen die belästigungsrelevante Kenngröße der Gesamtbelastung den Wert 0,10 nicht überschreitet.

Für den zu untersuchenden Bereich ergeben sich nur im unmittelbaren Nahbereich der Anlagen Einschränkungen bezüglich der Nutzung als Wohnbauflächen. Diese betreffen das Flurstück 14 im östlichen Bereich auf einer Tiefe von rund 45 m und das Flurstück 255/6 im südöstlichen Bereich auf einer Tiefe von rund 30 m.

Ergänzend wird empfohlen, an der Grenze zwischen den Tierhaltungsanlagen und dem Plangebiet – sofern nicht bereits vorhanden - eine Eingrünung vorzusehen. Durch die Verwirbelung bei der Um- und Durchströmung wird eine schnellere Verdünnung der Geruchsfahne, insbesondere bei immissionskritischen Schwachwindwetterlagen, als bei freier Abströmung erzielt.

Dr. Dorothee Holste



11 Verwendete Unterlagen und Literatur

11.1 Projektbezogene Unterlagen

- [1] Planungsbüro Philipp: Plangebiet Gemeinde Burg, Maßstab 1:2000 vom 27.01.2021
- [2] Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein: CD Top25 Version 3, Amtliche Topographische Karten Schleswig-Holstein/Hamburg, Maßstab 1:25.000
- [3] Akteneinsicht am 22.11.2021 Kreis Dithmarschen

11.2 Hilfsmittel für die Ausbreitungsrechnung

- [4] TALAR®, Programmsystem für die Berechnung der Ausbreitung von Gasen, Stäuben und Gerüchen, Version 4.15a, IFU GmbH Frankenberg
- [5] AUSTAL 3; Programmsystem zur Berechnung der Ausbreitung von Schadstoffen und Geruchsstoffen in der Atmosphäre, Version 3.1.2-Wi-x vom 09.08.2021
- [6] IfU GmbH: Detaillierte Prüfung der Repräsentativität meteorologischer Daten nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft an einem Anlagenstandort in Burg (Dithmarschen) vom 19.10.2021
- [7] Ausbreitungszeitreihe der Station Hohn; repräsentatives Jahr 20.03.2013 – 19.03.2014

11.3 Gesetze und Verordnungen

- [8] BImSchG - - Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 1 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873) geändert worden ist
- [9] TA-Luft – Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) vom 18. August 2021, am 01.12.2021 in Kraft getreten; Gemeinsames Ministerialblatt vom 30. Juli (GMBI. 2021 vom 14.09.2021, Nr. 48-54, S. 1049-1192)
- [10] 4. BImSchV - Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Mai 2017 (BGBl. I S. 1440), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Januar 2021 (BGBl. I S. 69) geändert worden ist
- [11] Hinweise zur Anwendung der Geruchsimmissionsrichtlinie (GIRL) für Tierhaltungen und zum vorsorgenden Immissionsschutz in Schleswig-Holstein GI.Nr. 21209.17, Amtsblatt Schleswig-Holstein 2008, S. 572

11.4 Literatur und technische Regelwerke

11.4.1 Ausbreitungsrechnung

- [12] Richtlinie VDI 3783 Blatt 13: Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsprognose, Anlagenbezogener Immissionsschutz, Ausbreitungsrechnung gemäß TA-Luft, Düsseldorf Januar 2010
- [13] Richtlinie VDI 3945 Blatt 3: Umweltmeteorologie Atmosphärische Ausbreitungsmodelle Partikelmodell, Düsseldorf Sept. 2000
- [14] Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen: Leitfaden zur Erstellung von Immissionsprognosen mit AUSTAL2000 in Genehmigungsverfahren nach TA-Luft und der Geruchsimmissionsrichtlinie, Merkblatt 56, Essen 2006
- [15] Hartmann, Uwe, Gärtner, Dr. Andrea, Hölscher, Markus, Köllner, Dr. Barbara; Janicke, Dr. Lutz; "Untersuchungen zum Verhalten von Abluftfahnen landwirtschaftlicher Anlagen in der Atmosphäre"; Langfassung zum Jahresbericht 2003; Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
- [16] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Ausbreitungsrechnungen für Geruchsimmissionen – Vergleich mit Messdaten in der Umgebung von Tierhaltungsanlagen, LANUV-Fachbericht 5, Recklinghausen 2007

11.4.2 Geruchsbewertung

- [17] B. Steinheider, G. Winneke: "Materialienband zur Geruchsimmisionsrichtlinie in NRW - psychophysiologische und epidemiologische Grundlagen der Wahrnehmung und Bewertung von Geruchsimmisionen". Bericht des Medizinischen Instituts für Umwelthygiene an der Universität Düsseldorf im Auftrage des Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf 1992
- [18] Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Geruchsbeurteilung in der Landwirtschaft. Bericht zu Expositions-Wirkungsbeziehungen, Geruchshäufigkeit, Intensität, Hedonik und Polaritätenprofilen., Materialienband 73, Essen 2006
- [19] Urteil des OVG Schleswig vom 09.12.2010, Az. 1 LG 6/10 und 8 A 96/07
- [20] Urteil des OVG Münster 1. Juni 2015, Az. 8 A 1577/14

11.4.3 Tierhaltung

- [21] Richtlinie VDI 3894 Blatt 1: Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen. Halungsverfahren und Emissionen Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. Düsseldorf, September 2011
- [22] KTBL Schrift 446 (2006) – Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren – Methode zur Bewertung von Tierhaltungsanlagen hinsichtlich Umweltwirkungen und Tiergerechtigkeit
- [23] KTBL (2009) Faustzahlen für die Landwirtschaft (14. Auflage)
- [24] Martinec, M.; E. Hartung und T. Jungbluth (1998): Daten zu Geruchsemissionen aus der Tierhaltung. KTBL-Arbeitspapier 206, Darmstadt
- [25] Emissionsfaktorenliste des Landes Brandenburg:
<http://www.muqv.brandenburg.de/sixcms/media.php/4055/emissionsfaktoren.pdf>
- [26] Wanka, U.; G. Hörnig und P. Fleischer (1998): Abdeckmaterialien für Lagerbehälter mit Schweinegülle im Test. Landtechnik 53, Heft 1, S. 34-35
- [27] KTBL-Fachartikel Freiland Schweinehaltung:
https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/artikel/Oekolandbau/Freilandhaltung-Schwein/Freiland Schweinehaltung.pdf

12 Anhang - Protokolldateien AUSTAL.log

12.1 Taldia-log (Windfeldmodell)

```
2021-12-16 12:49:09 -----
TwnServer:./.
TwnServer:-B~/lib
TwnServer:-w30000
```

```
2021-12-16 12:49:09 TALdia 3.1.2-WI-x: Berechnung von Windfeldbibliotheken.
Erstellungsdatum des Programms: 2021-08-09 08:20:50
Das Programm läuft auf dem Rechner "HOLSTE6".
```

```
===== Beginn der Eingabe =====
> ti "IG Burg" ' Berechnungsnummer
> os NESTING
> qs 2 ' Qualitätsstufe -4 .. 4
> dd 16 32 64
> x0 5664 5312 4992
> nx 56 50 34
> y0 2336 1984 1664
> ny 78 62 40
> nz 19 19 19
> ux 32510000.0
> uy 5980000.0
> gh Burg-utm.a2k
> az 2303.akterm
> xa 5950.0 ' Anemometerposition
> ya 3950.0
> xq 6050.9 6043.6 6059.0 6120.8 6094.5 6141.0 6122.6
> yq 2725.6 2703.3 2739.0 3061.0 3112.1 3093.0 3003.5
> hq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
> aq 13 42.5 5 15.25 40.43 10 5.6
> bq 7.85 19.5 6 11.82 17.52 10 6.56
> cq 3 1 2 3 1 1 2
> wq 195 15.2 195 102.1 282.5 292.7 113.3
> Odor_050 120 70 0 0 0 100 40
> Odor_075 0 0 0 80 210 0 0
> Odor_100 0 0 90 20 0 0 10
===== Ende der Eingabe =====
```

Die Höhe hq der Quelle 1 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 2 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 3 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 4 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 5 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 6 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 7 beträgt weniger als 10 m.
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 1 ist 0.14 (0.14).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 2 ist 0.21 (0.20).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 3 ist 0.20 (0.17).

Standard-Kataster z0-utm.dmna (e9ea3bcd) wird verwendet.
Aus dem Kataster bestimmter Mittelwert von z0 ist 0.423 m.
Der Wert von z0 wird auf 0.50 m gerundet.

AKTerm "././2303.akterm" mit 8760 Zeilen, Format 3
Es wird die Anemometerhöhe ha=17.3 m verwendet.
Verfügbarkeit der AKTerm-Daten 93.6 %.

```
Prüfsumme AUSTAL 5a45c4ae
Prüfsumme TALDIA abbd92e1
Prüfsumme SETTINGS d0929e1c
Prüfsumme AKTerm 48b6afa7
2021-12-16 12:49:10 Restdivergenz = 0.004 (1018 11)
2021-12-16 12:49:15 Restdivergenz = 0.003 (1018 21)
2021-12-16 12:49:21 Restdivergenz = 0.003 (1018 31)
```

2021-12-16 12:49:22 Restdivergenz = 0.004 (1027 11)
2021-12-16 12:49:26 Restdivergenz = 0.003 (1027 21)
2021-12-16 12:49:31 Restdivergenz = 0.005 (1027 31)
2021-12-16 12:49:32 Restdivergenz = 0.003 (2018 11)
2021-12-16 12:49:36 Restdivergenz = 0.003 (2018 21)
2021-12-16 12:49:42 Restdivergenz = 0.004 (2018 31)
2021-12-16 12:49:43 Restdivergenz = 0.003 (2027 11)
2021-12-16 12:49:47 Restdivergenz = 0.004 (2027 21)
2021-12-16 12:49:53 Restdivergenz = 0.006 (2027 31)
2021-12-16 12:49:54 Restdivergenz = 0.001 (3018 11)
2021-12-16 12:49:57 Restdivergenz = 0.002 (3018 21)
2021-12-16 12:50:03 Restdivergenz = 0.003 (3018 31)
2021-12-16 12:50:04 Restdivergenz = 0.001 (3027 11)
2021-12-16 12:50:07 Restdivergenz = 0.002 (3027 21)
2021-12-16 12:50:13 Restdivergenz = 0.005 (3027 31)
2021-12-16 12:50:14 Restdivergenz = 0.001 (4018 11)
2021-12-16 12:50:18 Restdivergenz = 0.001 (4018 21)
2021-12-16 12:50:23 Restdivergenz = 0.002 (4018 31)
2021-12-16 12:50:24 Restdivergenz = 0.001 (4027 11)
2021-12-16 12:50:28 Restdivergenz = 0.002 (4027 21)
2021-12-16 12:50:34 Restdivergenz = 0.004 (4027 31)
2021-12-16 12:50:35 Restdivergenz = 0.002 (5018 11)
2021-12-16 12:50:38 Restdivergenz = 0.001 (5018 21)
2021-12-16 12:50:44 Restdivergenz = 0.002 (5018 31)
2021-12-16 12:50:45 Restdivergenz = 0.002 (5027 11)
2021-12-16 12:50:48 Restdivergenz = 0.002 (5027 21)
2021-12-16 12:50:54 Restdivergenz = 0.003 (5027 31)
2021-12-16 12:50:55 Restdivergenz = 0.002 (6018 11)
2021-12-16 12:50:58 Restdivergenz = 0.001 (6018 21)
2021-12-16 12:51:04 Restdivergenz = 0.002 (6018 31)
2021-12-16 12:51:05 Restdivergenz = 0.002 (6027 11)
2021-12-16 12:51:08 Restdivergenz = 0.002 (6027 21)
2021-12-16 12:51:14 Restdivergenz = 0.003 (6027 31)
Eine Windfelddbibliothek für 12 Situationen wurde erstellt.
Der maximale Divergenzfehler ist 0.006 (2027).
2021-12-16 12:51:14 TALdia ohne Fehler beendet.

12.2 Gemeinde-Burg (IG_Burg)

2021-12-16 12:49:09 -----
TalServer:.

Ausbreitungsmodell AUSTAL, Version 3.1.2-WI-x
Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2021
Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2021

Arbeitsverzeichnis: ./.

Erstellungsdatum des Programms: 2021-08-09 08:20:41
Das Programm läuft auf dem Rechner "HOLSTE6".

```
===== Beginn der Eingabe =====
> ti "IG Burg"                               ' Berechnungsnummer
> os NESTING
> qs 2                                       ' Qualitätsstufe -4 .. 4
> dd      16      32      64
> x0      5664    5312    4992
> nx       56      50      34
> y0      2336    1984    1664
> ny       78      62      40
> nz       19      19      19
> ux 32510000.0
> uy 5980000.0
> gh Burg-utm.a2k
> az 2303.akterm
> xa 5950.0      ' Anemometerposition
> ya 3950.0
> xq      6050.9  6043.6  6059.0  6120.8  6094.5  6141.0  6122.6
> yq      2725.6  2703.3  2739.0  3061.0  3112.1  3093.0  3003.5
> hq       0.00   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00   0.00
> aq       13     42.5    5    15.25  40.43   10    5.6
> bq       7.85   19.5    6   11.82  17.52   10    6.56
> cq        3     1       2     3       1       1       2
> wq       195   15.2    195  102.1  282.5  292.7  113.3
> Odor_050   120    70     0     0       0     100    40
> Odor_075    0     0     0     80    210     0     0
> Odor_100    0     0     90    20     0     0     10
===== Ende der Eingabe =====
```

Die Höhe hq der Quelle 1 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 2 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 3 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 4 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 5 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 6 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 7 beträgt weniger als 10 m.
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 1 ist 0.14 (0.14).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 2 ist 0.21 (0.20).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 3 ist 0.20 (0.17).
Existierende Geländedateien zg0*.dmna werden verwendet.

Standard-Kataster z0-utm.dmna (e9ea3bcd) wird verwendet.
Aus dem Kataster bestimmter Mittelwert von z0 ist 0.423 m.
Der Wert von z0 wird auf 0.50 m gerundet.

AKTerm "././2303.akterm" mit 8760 Zeilen, Format 3
Es wird die Anemometerhöhe ha=17.3 m verwendet.
Verfügbarkeit der AKTerm-Daten 93.6 %.

Prüfsumme AUSTAL 5a45c4ae
Prüfsumme TALDIA abbd92e1
Prüfsumme SETTINGS d0929e1c
Prüfsumme AKTerm 48b6afa7

```

TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "odor"
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 13)
TMT: Datei "../odor-j00z01" geschrieben.
TMT: Datei "../odor-j00s01" geschrieben.
TMT: Datei "../odor-j00z02" geschrieben.
TMT: Datei "../odor-j00s02" geschrieben.
TMT: Datei "../odor-j00z03" geschrieben.
TMT: Datei "../odor-j00s03" geschrieben.
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "odor_050"
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 13)
TMT: Datei "../odor_050-j00z01" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_050-j00s01" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_050-j00z02" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_050-j00s02" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_050-j00z03" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_050-j00s03" geschrieben.
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "odor_075"
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 13)
TMT: Datei "../odor_075-j00z01" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_075-j00s01" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_075-j00z02" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_075-j00s02" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_075-j00z03" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_075-j00s03" geschrieben.
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "odor_100"
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 13)
TMT: Datei "../odor_100-j00z01" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_100-j00s01" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_100-j00z02" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_100-j00s02" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_100-j00z03" geschrieben.
TMT: Datei "../odor_100-j00s03" geschrieben.
TMT: Dateien erstellt von AUSTAL_3.1.2-WI-x.
=====

```

Auswertung der Ergebnisse:

=====

```

DEP: Jahresmittel der Deposition
J00: Jahresmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit
Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen

```

WARNUNG: Eine oder mehrere Quellen sind niedriger als 10 m.
Die im folgenden ausgewiesenen Maximalwerte sind daher
möglicherweise nicht relevant für eine Beurteilung!

Maximalwert der Geruchsstundenhäufigkeit bei z=1.5 m

```

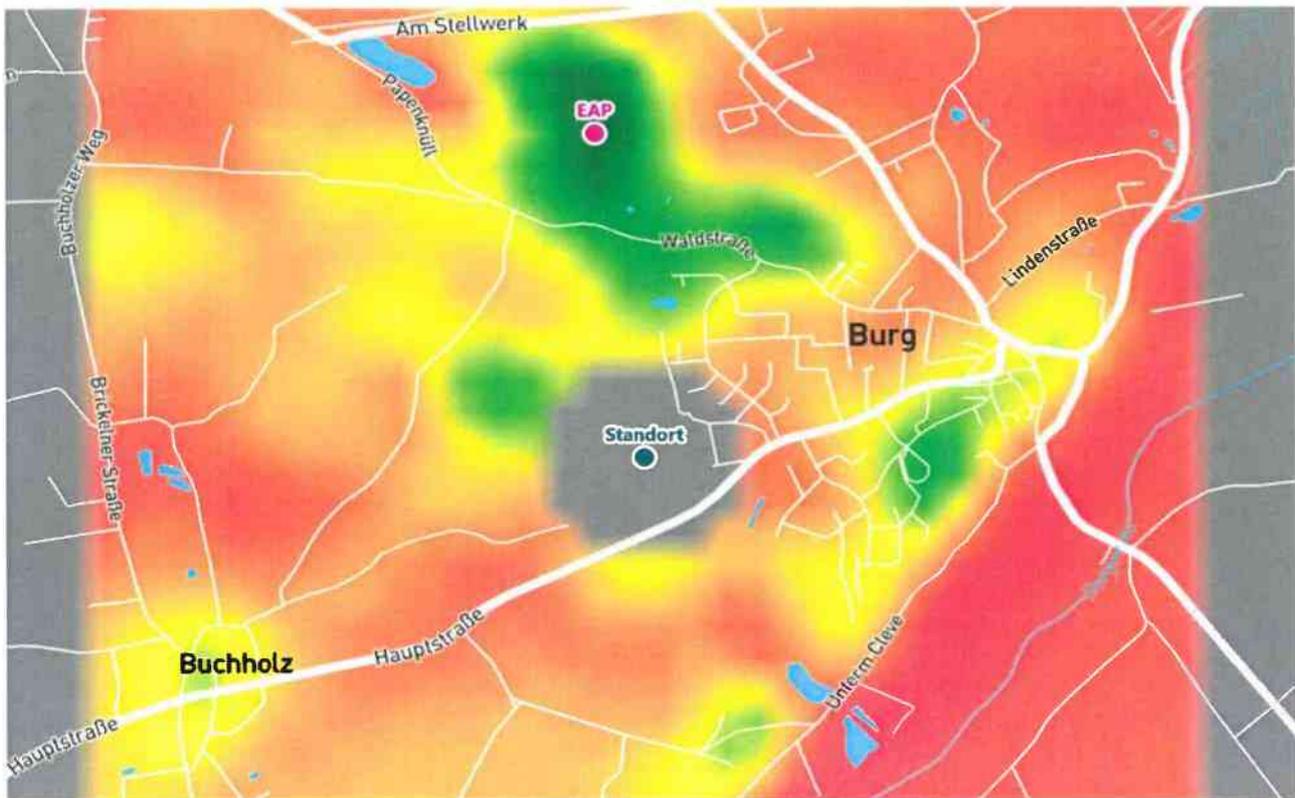
=====
ODOR      J00 : 100.0 %      (+/- 0.0 ) bei x= 6056 m, y= 2728 m (1: 25, 25)
ODOR_050 J00 : 98.3 %      (+/- 0.0 ) bei x= 6152 m, y= 3096 m (1: 31, 48)
ODOR_075 J00 : 99.7 %      (+/- 0.0 ) bei x= 6104 m, y= 3096 m (1: 28, 48)
ODOR_100 J00 : 90.7 %      (+/- 0.1 ) bei x= 6056 m, y= 2728 m (1: 25, 25)
ODOR_MOD J00 : 95.4 %      (+/- ? ) bei x= 6056 m, y= 2728 m (1: 25, 25)
=====

```

2021-12-17 07:21:04 AUSTAL beendet.

Detaillierte Prüfung der Repräsentativität meteorologischer Daten nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft

an einem Anlagenstandort in Burg (Dithmarschen)



Auftraggeber:	Dr. Dorothee Holste Kiewittsholm 15 24107 Ottendorf	Tel.: 0431 / 585 68 91
Bearbeiter:	Dipl.-Phys. Thomas Köhler Tel.: 037206 8929-44 Email: Thomas.Koehler@ifu-analytik.de	Dr. Hartmut Sbosny Tel.: 037206 8929-43 Email: Hartmut.Sbosny@ifu-analytik.de
Aktenzeichen:	DPR.20211004-01	
Ort, Datum:	Frankenberg, 19. Oktober 2021	
Anzahl der Seiten:	59	
Anlagen:	-	



Akkreditiert für die Bereitstellung meteorologischer Daten für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20

Durch die DAKkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 akkreditiertes Prüflaboratorium.
 Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis.....	4
1 Aufgabenstellung	5
2 Beschreibung des Anlagenstandortes.....	6
2.1 Lage.....	6
2.2 Landnutzung	7
2.3 Orographie.....	9
3 Bestimmung der Ersatzanemometerposition.....	11
3.1 Hintergrund	11
3.2 Verfahren zur Bestimmung der Ersatzanemometerposition	11
3.3 Bestimmung der Ersatzanemometerposition im konkreten Fall	12
4 Prüfung der Übertragbarkeit meteorologischer Daten	15
4.1 Allgemeine Betrachtungen	15
4.2 Meteorologische Datenbasis	15
4.3 Erwartungswerte für Windrichtungsverteilung und Windgeschwindigkeitsverteilung am untersuchten Standort.....	19
4.4 Vergleich der Windrichtungsverteilungen.....	24
4.5 Vergleich der Windgeschwindigkeitsverteilungen	31
4.6 Auswahl der Bezugswindstation.....	32
5 Beschreibung der ausgewählten Wetterstation	34
6 Bestimmung eines repräsentativen Jahres.....	37
6.1 Bewertung der vorliegenden Datenbasis und Auswahl eines geeigneten Zeitraums.....	37
6.2 Analyse der Verteilungen von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Ausbreitungsklasse sowie der Nacht- und Schwachwinde	41
6.3 Prüfung auf Plausibilität	45
7 Beschreibung der Datensätze	49
7.1 Effektive aerodynamische Rauigkeitslänge	49
7.1.1 Theoretische Grundlagen.....	49
7.1.2 Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit im konkreten Fall.....	52
7.2 Rechnerische Anemometerhöhen in Abhängigkeit von der Rauigkeitsklasse	53
7.3 Ausbreitungsklassenzeitreihe	54
8 Hinweise für die Ausbreitungsrechnung.....	55
9 Zusammenfassung	56
10 Prüfliste für die Übertragbarkeitsprüfung	57
11 Schrifttum	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Ortschaft Burg (Dithmarschen) in Schleswig-Holstein.....	6
Abbildung 2: Lage des Anlagenstandortes in Burg (Dithmarschen)	7
Abbildung 3: Rauigkeitslänge in Metern in der Umgebung des Standortes nach CORINE-Datenbank.....	8
Abbildung 4: Luftbild mit der Umgebung des Standortes	9
Abbildung 5: Orographie um den Standort	10
Abbildung 6: Flächenhafte Darstellung des Gütemaßes zur Bestimmung der Ersatzanemometerposition ...	13
Abbildung 7: Ersatzanemometerposition im Relief um den Standort.....	14
Abbildung 8: Stationen in der Nähe des untersuchten Anlagenstandortes	16
Abbildung 9: Windrichtungsverteilung der betrachteten Messstationen.....	18
Abbildung 10: Prognostisch modellierte Windrichtungsverteilungen im Untersuchungsgebiet.....	20
Abbildung 11: Prognostisch modellierte Windrichtungsverteilung für die Ersatzanemometerposition	21
Abbildung 12: Prognostisch modellierte Windgeschwindigkeitsverteilung für die Ersatzanemometerposition	22
Abbildung 13: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Elpersbüttel mit dem Erwartungswert... 25	25
Abbildung 14: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Itzehoe mit dem Erwartungswert	26
Abbildung 15: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Büsum mit dem Erwartungswert	27
Abbildung 16: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Ruthenstrom mit dem Erwartungswert .	28
Abbildung 17: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Cuxhaven mit dem Erwartungswert.....	29
Abbildung 18: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Hohn mit dem Erwartungswert.....	30
Abbildung 19:Lage der ausgewählten Station	34
Abbildung 20:Luftbild mit der Umgebung der Messstation	35
Abbildung 21:Orographie um den Standort der Wetterstation	36
Abbildung 22: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Windrichtungsverteilung.....	38
Abbildung 23: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Windgeschwindigkeitsverteilung	39
Abbildung 24: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Verteilung der Ausbreitungsklasse	40
Abbildung 25: Gewichtete χ^2 -Summe und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum.....	43
Abbildung 26: Gewichtete σ -Umgebung-Treffersumme und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum	44
Abbildung 27: Vergleich der Windrichtungsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum	45
Abbildung 28: Vergleich der Windgeschwindigkeitsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum	46
Abbildung 29: Vergleich der Verteilung der Ausbreitungsklasse für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum	47
Abbildung 30: Vergleich der Richtungsverteilung von Nacht- und Schwachwinden für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum	48
Abbildung 31:Schematischer Ablauf zur Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit	51
Abbildung 32:Rauigkeitslänge in Metern in der Umgebung der Station nach CORINE-Datenbank.....	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: UTM-Koordinaten des Standortes	7
Tabelle 2: UTM-Koordinaten der ermittelten Ersatzanemometerposition	12
Tabelle 3: Zur Untersuchung verwendete Messstationen	17
Tabelle 4: Gegenüberstellung meteorologischer Kennwerte der betrachteten Messstationen mit den Erwartungswerten am Standort.....	23
Tabelle 5: Rangliste der Bezugswindstationen hinsichtlich ihrer Windrichtungsverteilung	31
Tabelle 6: EAP-Geschwindigkeiten verschiedener Modelle	31
Tabelle 7: Rangliste der Bezugswindstationen hinsichtlich ihrer Windgeschwindigkeitsverteilung.....	32
Tabelle 8: Resultierende Rangliste der Bezugswindstationen.....	32
Tabelle 9: Koordinaten der Wetterstation.....	35
Tabelle 10: Rechnerische Anemometerhöhen in Abhängigkeit von der Rauigkeitsklasse für die Station Hohn	54

1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft in einem Untersuchungsgebiet in der Gemeinde Burg (Dithmarschen), im Landkreis Dithmarschen in Schleswig-Holstein.

Bei den in den Ausbreitungsrechnungen betrachteten Anlagen handelt es sich um landwirtschaftliche Tierhaltungsanlagen. Die Quellhöhen liegen in einem Bereich von bodennah bis maximal 12 m über Grund.

Die TA Luft sieht vor, meteorologische Daten für Ausbreitungsrechnungen von einer Messstation (Bezugswindstation) auf einen Anlagenstandort (Zielbereich) zu übertragen, wenn am Standort der Anlage keine Messungen vorliegen. Die Übertragbarkeit dieser Daten ist zu prüfen. Die Dokumentation dieser Prüfung erfolgt im vorliegenden Dokument.

Darüber hinaus wird eine geeignete Ersatzanemometerposition (EAP) ermittelt. Diese dient dazu, den meteorologischen Daten nach Übertragung in das Untersuchungsgebiet einen Ortsbezug zu geben.

Schließlich wird ermittelt, welches Jahr für die Messdaten der ausgewählten Bezugswindstation repräsentativ für einen größeren Zeitraum ist.

2 Beschreibung des Anlagenstandortes

2.1 Lage

Der untersuchte Standort befindet sich in der Ortschaft Burg (Dithmarschen) in Schleswig-Holstein. Die folgende Abbildung zeigt die Lage des Standortes.

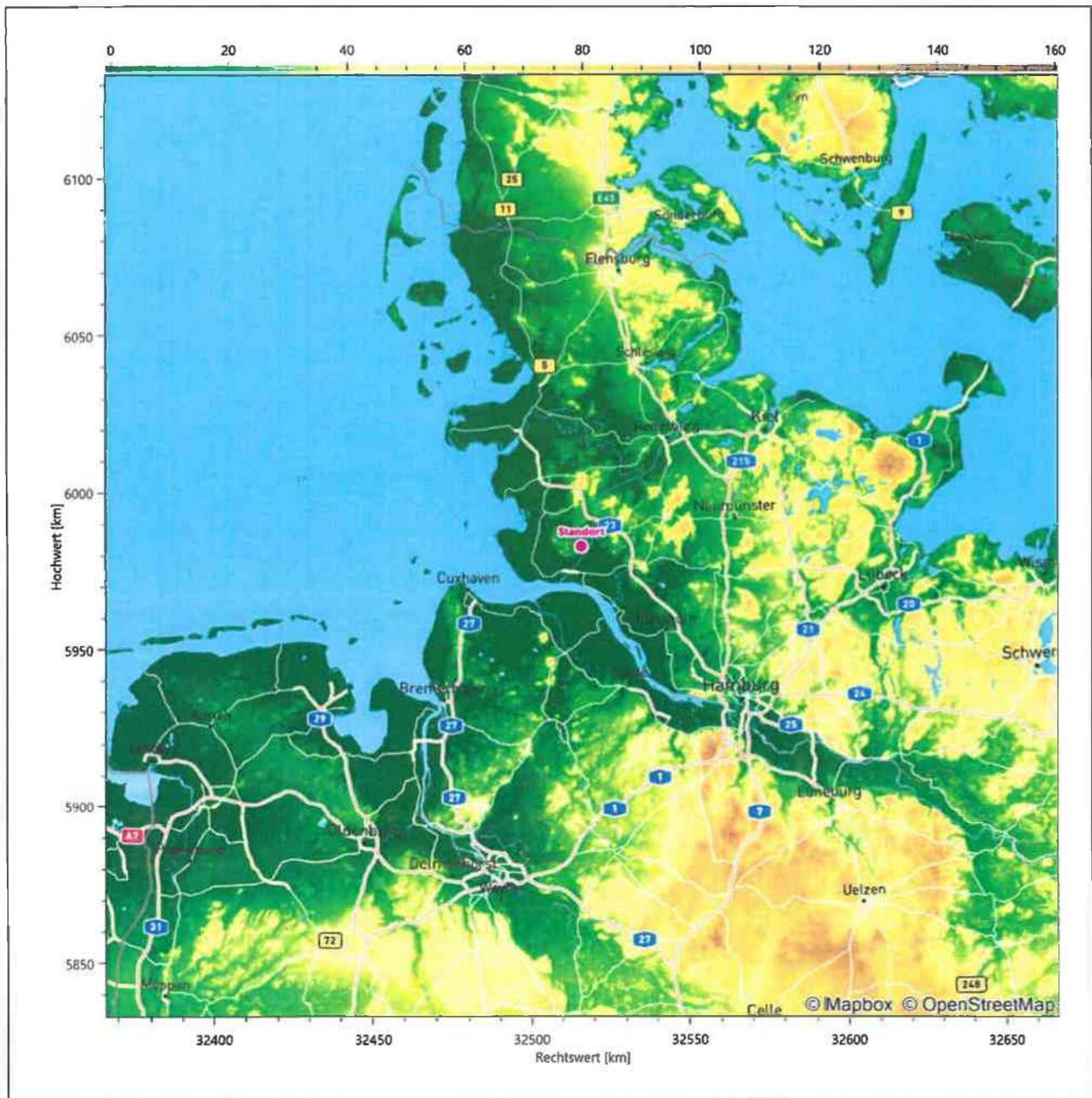


Abbildung 1: Lage der Ortschaft Burg (Dithmarschen) in Schleswig-Holstein

Die genaue Lage des untersuchten Standortes in Burg (Dithmarschen) ist anhand des folgenden Auszuges aus der topographischen Karte ersichtlich.

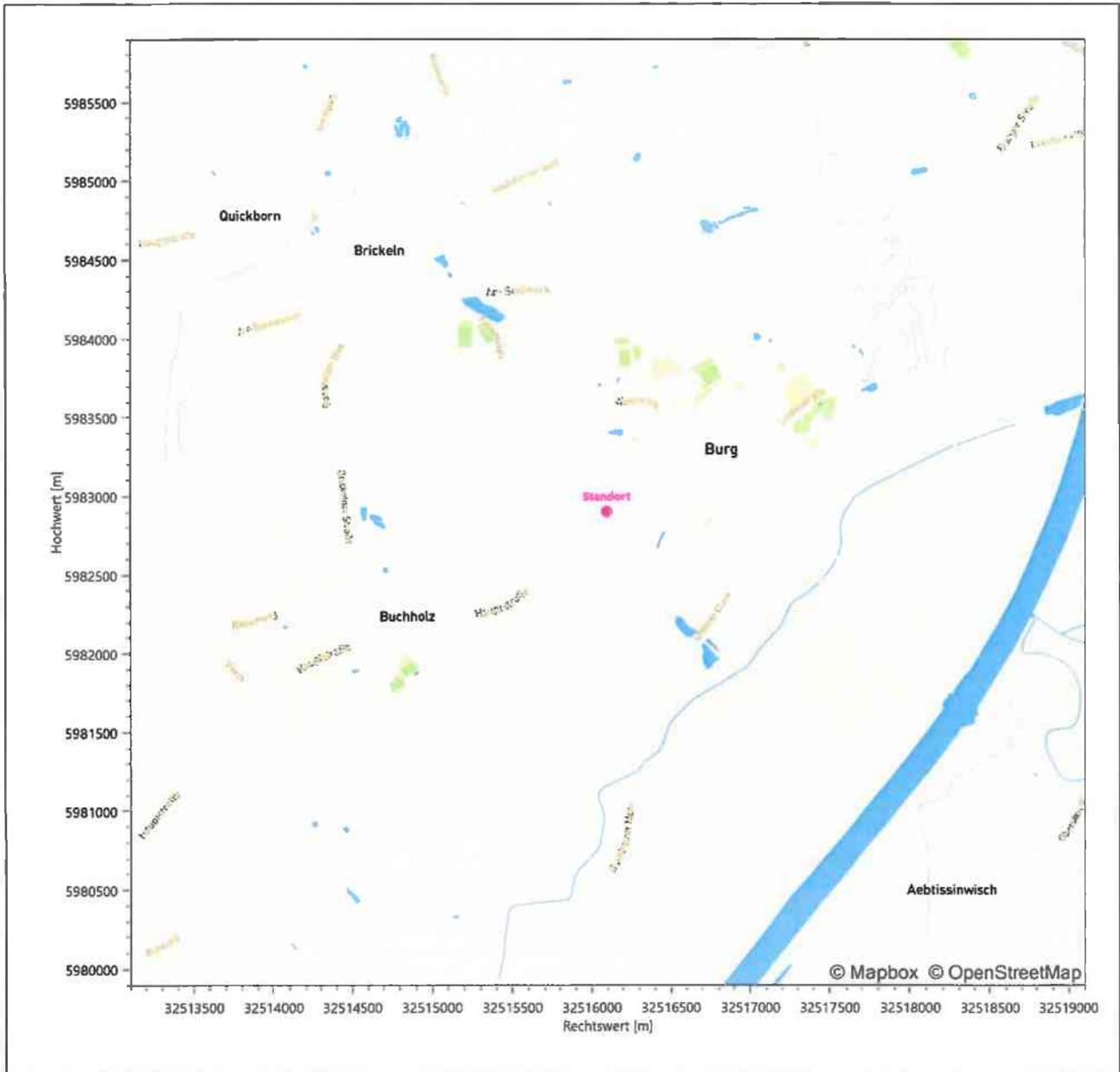


Abbildung 2: Lage des Anlagenstandortes in Burg (Dithmarschen)

In der folgenden Tabelle sind die Koordinaten des Anlagenstandortes angegeben.

Tabelle 1: UTM-Koordinaten des Standortes

RW	32516100
HW	5982900

2.2 Landnutzung

Der Standort selbst liegt am südwestlichen Rand der Gemeinde Burg (Dithmarschen). Die Umgebung des Standortes ist im Wesentlichen durch eine landwirtschaftliche Landnutzung geprägt. Unterschiedlich dicht

bebaute Siedlungsgebiete wechseln sich mit kleineren bewaldeten Arealen, landwirtschaftlichen Flächen, Wasserflächen (Nord-Ostsee-Kanal, Elbe) und einer ansonsten ländlichen Verkehrsweginfrastruktur ab.

Eine Verteilung der Bodenrauigkeit um den Standort ist aus der folgenden Abbildung ersichtlich. Die Daten wurden dem CORINE-Kataster [1] entnommen.

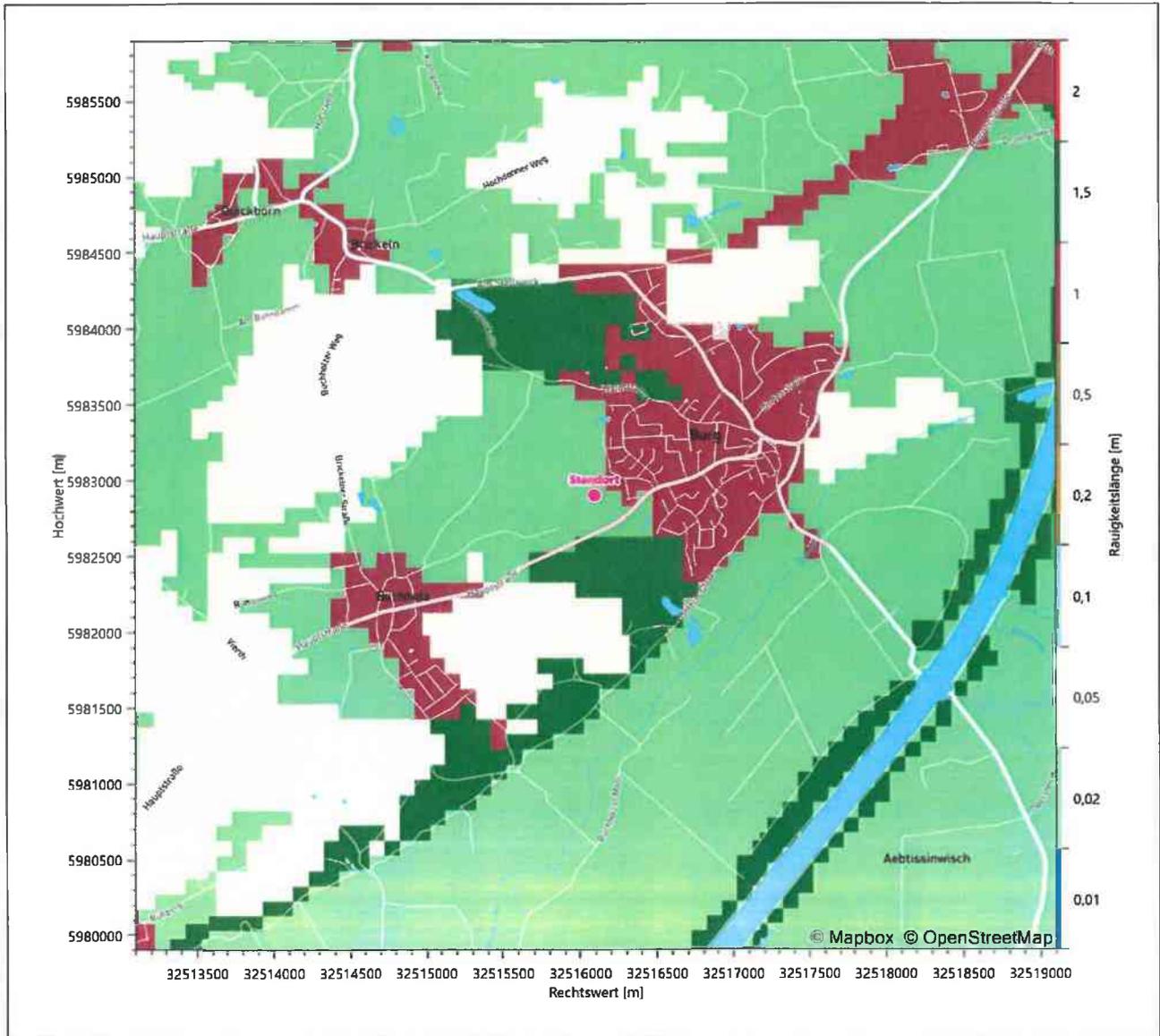


Abbildung 3: Rauigkeitslänge in Metern in der Umgebung des Standortes nach CORINE-Datenbank

Das folgende Luftbild verschafft einen detaillierten Überblick über die Nutzung um den Standort.



Abbildung 4: Luftbild mit der Umgebung des Standortes

2.3 Orographie

Der Standort liegt auf einer Höhe von etwa 31 m über NHN. Die Umgebung ist orographisch wenig gegliedert. Naturräumlich liegt Burg in der *Heide-Itzehoer Geest* im Übergang zu einem südöstlichen Wurmfortsatz der *Dithmarscher Marsch*. Die Heide-Itzehoer Geest schließt sich östlich an Dithmarschen an und umfasst das Gebiet zwischen der mittleren Stör und der mittleren Eider. Sie ist gegen die Störniederung im Süden, sowie die Dithmarscher und Wilster Marsch z.T. mit steil abfallenden Kliffs deutlich abgegrenzt. Der geologische Untergrund besteht überwiegend aus saaleiszeitlichen Sanden und Lehmen, In den Flusstälern kam es zur Bildung von Niedermoorböden. Die Dithmarscher Marsch ist eine historische Kulturlandschaft im Nordseeküstenbereich, in deren große Flächen durch umfangreiche Neulandgewinnung und Eindeichungen erst seit

dem Mittelalter entstanden sind. Charakteristisch ist das zur Entwässerung angelegte dichte Grabennetz, das eine großräumige landwirtschaftliche Nutzung des Raumes ermöglichte. Der Standort liegt 2,5 km nordwestlich des Nord-Ostsee-Kanals, 12,3 km nördlich der schon breiten Elbe und 14,2 km nordwestlich der Stör in ebenem Gelände.

Die nachfolgende Abbildung verschafft einen Überblick über das Relief.

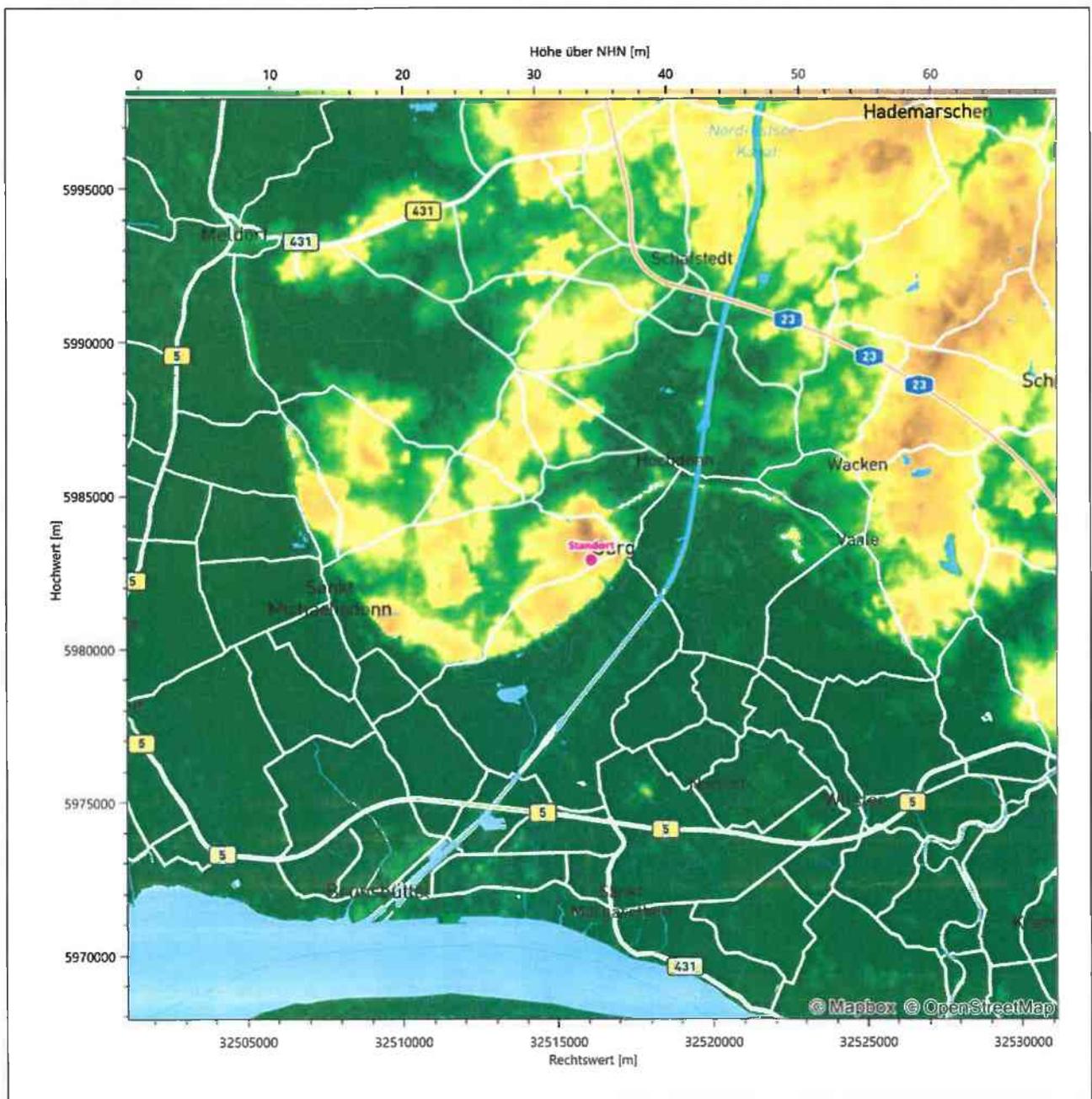


Abbildung 5: Orographie um den Standort

3 Bestimmung der Ersatzanemometerposition

3.1 Hintergrund

Bei Ausbreitungsrechnungen in komplexem Gelände ist der Standort eines Anemometers anzugeben, wodurch die verwendeten meteorologischen Daten ihren Ortsbezug im Rechengebiet erhalten. Werden meteorologische Daten einer entfernteren Messstation in ein Rechengebiet übertragen, so findet die Übertragung hin zu dieser Ersatzanemometerposition (EAP) statt.

Um sicherzustellen, dass die übertragenen meteorologischen Daten repräsentativ für das Rechengebiet sind, ist es notwendig, dass sich das Anemometer an einer Position befindet, an der die Orografie der Standortumgebung keinen oder nur geringen Einfluss auf die Windverhältnisse ausübt. Nur dann ist sichergestellt, dass sich mit jeder Richtungsänderung der großräumigen Anströmung, die sich in den übertragenen meteorologischen Daten widerspiegelt, auch der Wind an der Ersatzanemometerposition im gleichen Drehsinn und Maß ändert. Eine sachgerechte Wahl der EAP ist also Bestandteil des Verfahrens, mit dem die Übertragbarkeit meteorologischer Daten geprüft wird.

In der Vergangenheit wurde die EAP nach subjektiven Kriterien ausgewählt. Dabei fiel die Auswahl häufig auf eine frei angeströmte Kuppenlage, auf eine Hochebene oder in den Bereich einer ebenen, ausgedehnten Talsohle. Mit Erscheinen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 [2] wurde erstmals ein Verfahren beschrieben, mit dem die Position der EAP objektiv durch ein Rechenverfahren bestimmt werden kann. Dieses Verfahren ist im folgenden Abschnitt kurz beschrieben.

3.2 Verfahren zur Bestimmung der Ersatzanemometerposition

Ausgangspunkt des Verfahrens ist das Vorliegen einer Bibliothek mit Windfeldern für alle Ausbreitungsclassen und Richtungssektoren von 10° Breite. Die einzelnen Schritte werden für alle Modellebenen unterhalb von 100 m über Grund und jeden Modell-Gitterpunkt durchgeführt:

1. Es werden nur Gitterpunkte im Inneren des Rechengebiets ohne die drei äußeren Randpunkte betrachtet. Gitterpunkte in unmittelbarer Nähe von Bebauung, die als umströmtes Hindernis berücksichtigt wurde, werden nicht betrachtet.
2. Es werden alle Gitterpunkte aussortiert, an denen sich der Wind nicht mit jeder Drehung der Anströmrichtung gleichsinnig dreht oder an denen die Windgeschwindigkeit kleiner als 0,5 m/s ist. Die weiteren Schritte werden nur für die verbleibenden Gitterpunkte durchgeführt.
3. An jedem Gitterpunkt werden die Gütemaße g_d (für die Windrichtung) und g_f (für die Windgeschwindigkeit) über alle Anströmrichtungen und Ausbreitungsclassen berechnet, siehe dazu VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 [2], Abschnitt 6.1. Die Gütemaße g_d und g_f werden zu einem Gesamtmaß $g = g_d \cdot g_f$ zusammengefasst. Die Größe g liegt immer in dem Intervall $[0,1]$, wobei 0 keine und 1 die perfekte Übereinstimmung mit den Daten der Anströmung bedeutet.
4. Innerhalb jedes einzelnen zusammenhängenden Gebiets mit gleichsinnig drehender Windrichtung werden die Gesamtmaße g aufsummiert zu G .
5. In dem zusammenhängenden Gebiet mit der größten Summe G wird der Gitterpunkt bestimmt, der den größten Wert von g aufweist. Dieser Ort wird als EAP festgelegt.

Das beschriebene Verfahren ist objektiv und liefert, sofern mindestens ein Gitterpunkt mit gleichsinnig drehendem Wind existiert, immer eine eindeutige EAP. Es ist auf jede Windfeldbibliothek anwendbar, unabhängig davon, ob diese mit einem prognostischen oder diagnostischen Windfeldmodell berechnet wurde.

3.3 Bestimmung der Ersatzanemometerposition im konkreten Fall

Für das in Abbildung 6 dargestellte Gebiet um den Anlagenstandort wurde unter Einbeziehung der Orographie mit dem prognostischen Windfeldmodell GRAMM [3] eine Windfeldbibliothek berechnet. Auf diese Bibliothek wurde das in Abschnitt 3.2 beschriebene Verfahren angewandt. In der Umgebung des Standortes wurde das Gütemaß g ausgerechnet. Die folgende Grafik zeigt die flächenhafte Visualisierung der Ergebnisse.

Es ist erkennbar, dass in ungünstigen Positionen das Gütemaß bis auf Werte von 0,62 absinkt. Maximal wird ein Gütemaß von 0,93 erreicht. Diese Position ist in Abbildung 6 mit EAP gekennzeichnet. Sie liegt etwa 1,1 km nördlich des Standortes. Die genauen Koordinaten sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Tabelle 2: UTM-Koordinaten der ermittelten Ersatzanemometerposition

RW	32515950
HW	5983950

Für diese Position erfolgt im Folgenden die Prüfung der Übertragbarkeit der meteorologischen Daten.

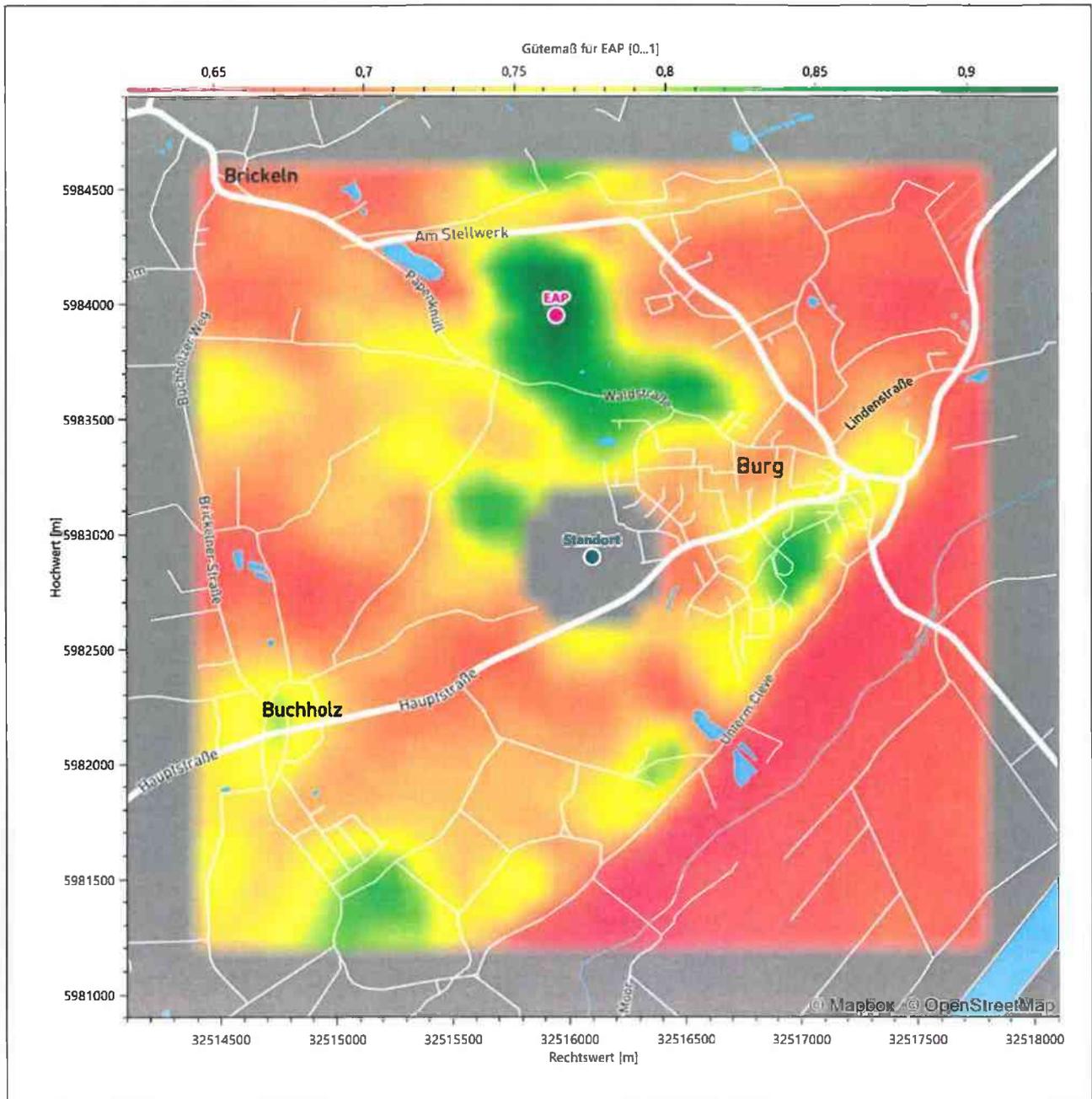


Abbildung 6: Flächenhafte Darstellung des Gütemaßes zur Bestimmung der Ersatzanemometerposition

Die zweidimensionale Darstellung bezieht sich lediglich auf die ausgewertete Modellebene im Bereich von 11,1 m. Auf diese Höhe wurden im folgenden Abschnitt 4 die Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten bezogen, um vergleichbare Werte zu bekommen.

Die folgende Abbildung zeigt die Lage der bestimmten Ersatzanemometerposition im Relief um den Standort.

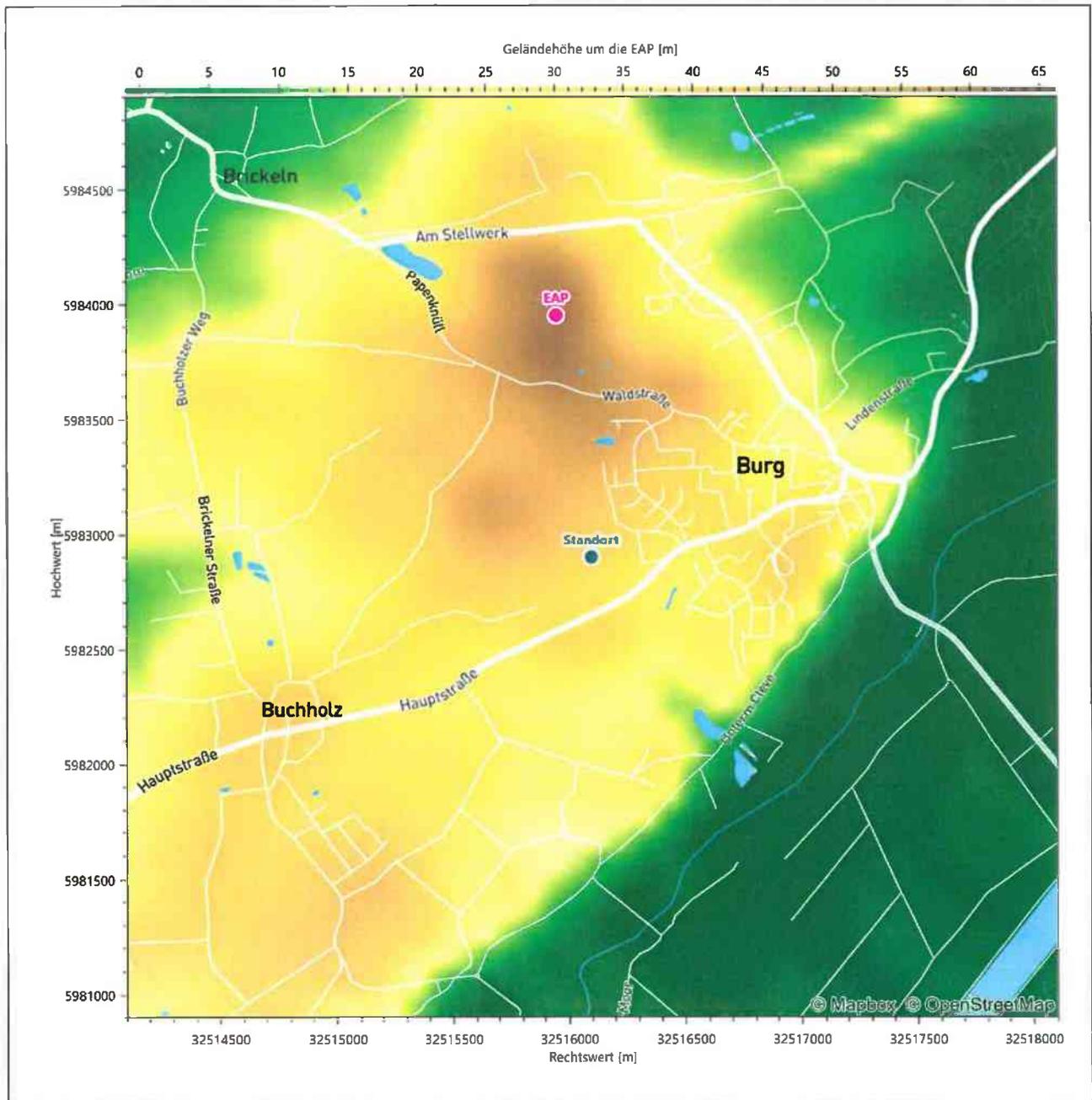


Abbildung 7: Ersatzanemometerposition im Relief um den Standort

4 Prüfung der Übertragbarkeit meteorologischer Daten

4.1 Allgemeine Betrachtungen

Die großräumige Luftdruckverteilung bestimmt die mittlere Richtung des Höhenwindes in einer Region. Im Jahresmittel ergibt sich hieraus für Schleswig-Holstein das Vorherrschen der westlichen bis südwestlichen Richtungskomponente. Das Geländere relief und die Landnutzung haben jedoch einen erheblichen Einfluss sowohl auf die Windrichtung infolge von Ablenkung und Kanalisierung als auch auf die Windgeschwindigkeit durch Effekte der Windabschattung oder der Düsenwirkung. Außerdem modifiziert die Beschaffenheit des Untergrundes (Freiflächen, Wald, Bebauung, Wasserflächen) die lokale Windgeschwindigkeit, in geringem Maße aber auch die lokale Windrichtung infolge unterschiedlicher Bodenrauigkeit.

Bei windschwacher und wolkenarmer Witterung können sich wegen der unterschiedlichen Erwärmung und Abkühlung der Erdoberfläche lokale, thermisch induzierte Zirkulationssysteme wie beispielsweise Berg- und Talwinde oder Land-Seewind ausbilden. Besonders bedeutsam ist die Bildung von Kaltluft, die bei klarem und windschwachem Wetter nachts als Folge der Ausstrahlung vorzugsweise über Freiflächen (wie z. B. Wiesen und Wiesenhängen) entsteht und der Geländeneigung folgend je nach ihrer Steigung und aerodynamischen Rauigkeit mehr oder weniger langsam abfließt. Diese Kaltluftflüsse haben in der Regel nur eine geringe vertikale Mächtigkeit und sammeln sich an Geländetiefpunkten zu Kaltluftseen an. Solche lokalen Windsysteme können meist nur durch Messungen am Standort erkundet, im Falle von nächtlichen Kaltluftflüssen aber auch durch Modellrechnungen erfasst werden.

4.2 Meteorologische Datenbasis

In der Nähe des untersuchten Standortes liegen sechs Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (Abbildung 8), die den Qualitätsanforderungen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 21 [4] genügen.

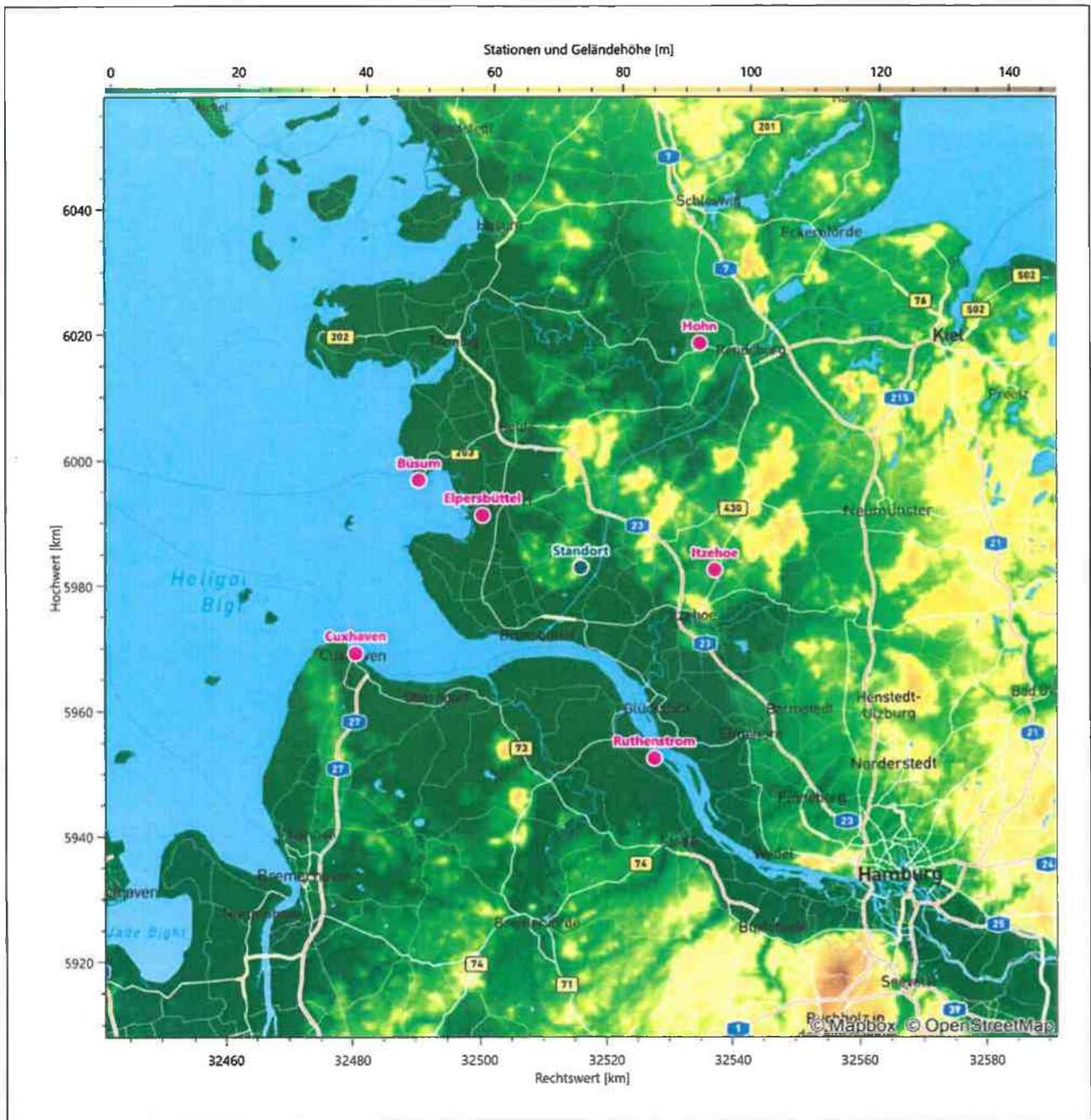


Abbildung 8: Stationen in der Nähe des untersuchten Anlagenstandortes

Die Messwerte dieser Stationen sind seit dem 1. Juli 2014 im Rahmen der Grundversorgung für die Allgemeinheit frei zugänglich. Für weitere Messstationen, auch die von anderen Anbietern meteorologischer Daten, liegt derzeit noch keine abschließende Bewertung vor, inwieweit die Qualitätsanforderungen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 21 [4] erfüllt werden. Deshalb werden sie im vorliegenden Fall zunächst nicht berücksichtigt.

Die folgende Tabelle gibt wichtige Daten der betrachteten Stationen an.

Tabelle 3: Zur Untersuchung verwendete Messstationen

Station	Kennung	Entfernung [km]	Geberhöhe [m]	geogr. Länge [°]	geogr. Breite [°]	Höhe über NHN [m]	Beginn der Datenbasis	Ende der Datenbasis
Elpersbüttel	1200	18	10,0	9,0105	54,0691	3	05.10.2010	11.08.2021
ltzehoe	2429	21	10,0	9,5696	53,9897	21	05.10.2010	11.08.2021
Büsum	788	29	10,0	8,8584	54,1193	3	05.10.2010	11.08.2021
Ruthenstrom	6108	33	12,0	9,4192	53,7197	7	05.10.2010	11.08.2021
Cuxhaven	891	38	21,7	8,7058	53,8713	5	05.10.2010	11.08.2021
Hohn	2303	40	10,0	9,5390	54,3146	10	05.10.2010	31.07.2021

Die folgende Abbildung stellt die Windrichtungsverteilung jeweils über den gesamten verwendeten Messzeitraum der Stationen dar.

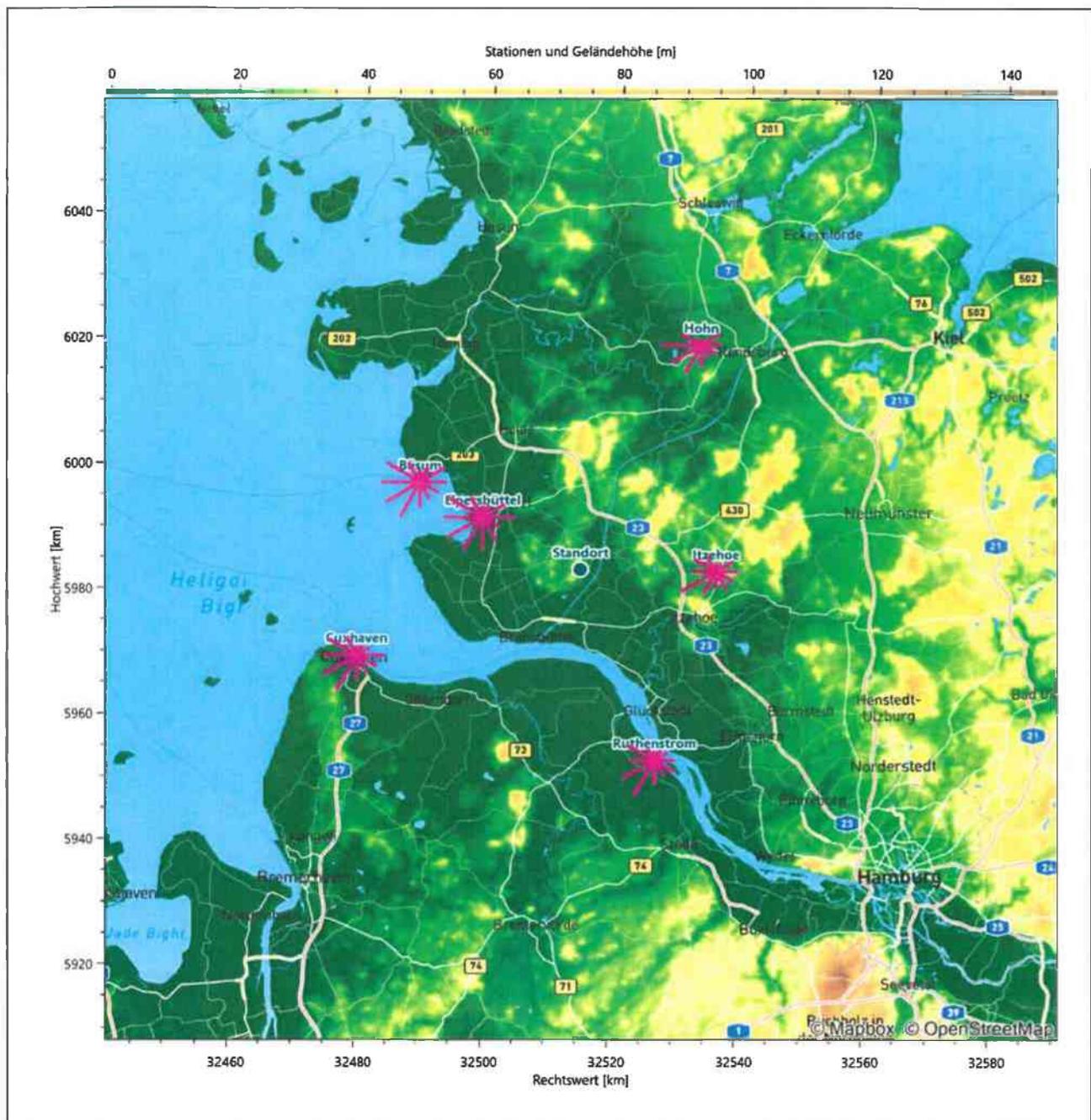


Abbildung 9: Windrichtungsverteilung der betrachteten Messstationen

Die Richtungsverteilungen der sechs Bezugswindstationen lassen sich wie folgt charakterisieren:

Elpersbüttel hat sein formales Hauptmaximum bei 270° aus West, die Hauptwindrichtung ist bei nahezu gleicher Intensität breit zwischen 210° und 300° verteilt. Das primäre Nebenmaximum kommt aus Osten. Minima deuten sich aus 360° und 120° an.

Itzehoe hat das formale Hauptmaximum bei 240° aus West-Südwest. Die Verteilung zeigt fast eine West-Ost-Achse, das primäre Nebenmaximum kommt aus Osten. Die Nebenwindrichtung ist aber zwischen Ost-Nordost und Ost-Südost breiter verteilt.

Büsum hat des formale Hauptmaximum bei 240° aus West-Südwest. Die Hauptwindrichtung ist bei nahezu gleicher Intensität zwischen 210° und 300° breit verteilt. Die Verteilung folgt nahezu spiegelsymmetrisch einer West-Südwest nach ost-Nordost Achse. Das primäre Nebenmaximum liegt dem Hauptmaximum gegenüber.

Ruthenstrom zeigt ein formales Hauptmaximum bei 210°, die Hauptwindrichtung ist aber bei noch starken Beiträgen aus 240° verbreitert. Das primäre Nebenmaximum kommt aus 300°, ein sekundäres aus 120°. Minima deuten sich aus 150° und 360° an.

Cuxhaven hat sein formales Hauptmaximum bei 210° aus Süd-Südwest, die Hauptwindrichtung ist mit noch starken Richtungsbeiträgen breit bis nach 300° verteilt. Das primäre Nebenmaximum kommt, scharf definiert, aus Osten. Minima deuten sich aus 360° und 150° an.

Hohn hat sein formales Hauptmaximum bei 270° aus Westen. Die Hauptwindrichtung ist breit bis nach 210° aufgespannt. Die Verteilung folgt einer West-Südwest nach Ost Achse. Das primäre Nebenmaximum kommt aus Ost-Nordost. Schwache Minima bei 360° und 150° verleihen ein „tailliertes“ Erscheinungsbild.

4.3 Erwartungswerte für Windrichtungsverteilung und Windgeschwindigkeitsverteilung am untersuchten Standort

Über die allgemeine Betrachtung in Abschnitt 4.1 hinausgehend wurde mit einer großräumigen prognostischen Windfeldmodellierung berechnet, wie sich Windrichtungsverteilung und Windgeschwindigkeitsverteilung am untersuchten Standort gestalten. Dazu wurde ein Modellgebiet gewählt, das den untersuchten Standort mit einem Radius von zehn Kilometern umschließt. Die Modellierung selbst erfolgte mit dem prognostischen Windfeldmodell GRAMM [3], die Antriebsdaten wurden aus den REA6-Reanalysedaten des Deutschen Wetterdienstes [5] gewonnen. Abweichend vom sonst üblichen Ansatz einer einheitlichen Rauigkeitslänge für das gesamte Modellgebiet (so gefordert von der TA Luft im Kontext von Ausbreitungsrechnungen nach Anhang 3) wurde hier eine örtlich variable Rauigkeitslänge angesetzt, um die veränderliche Landnutzung im großen Rechengebiet möglichst realistisch zu modellieren. Die folgende Abbildung zeigt die ortsaufgelösten Windrichtungsverteilungen, die für das Untersuchungsgebiet ermittelt wurden.

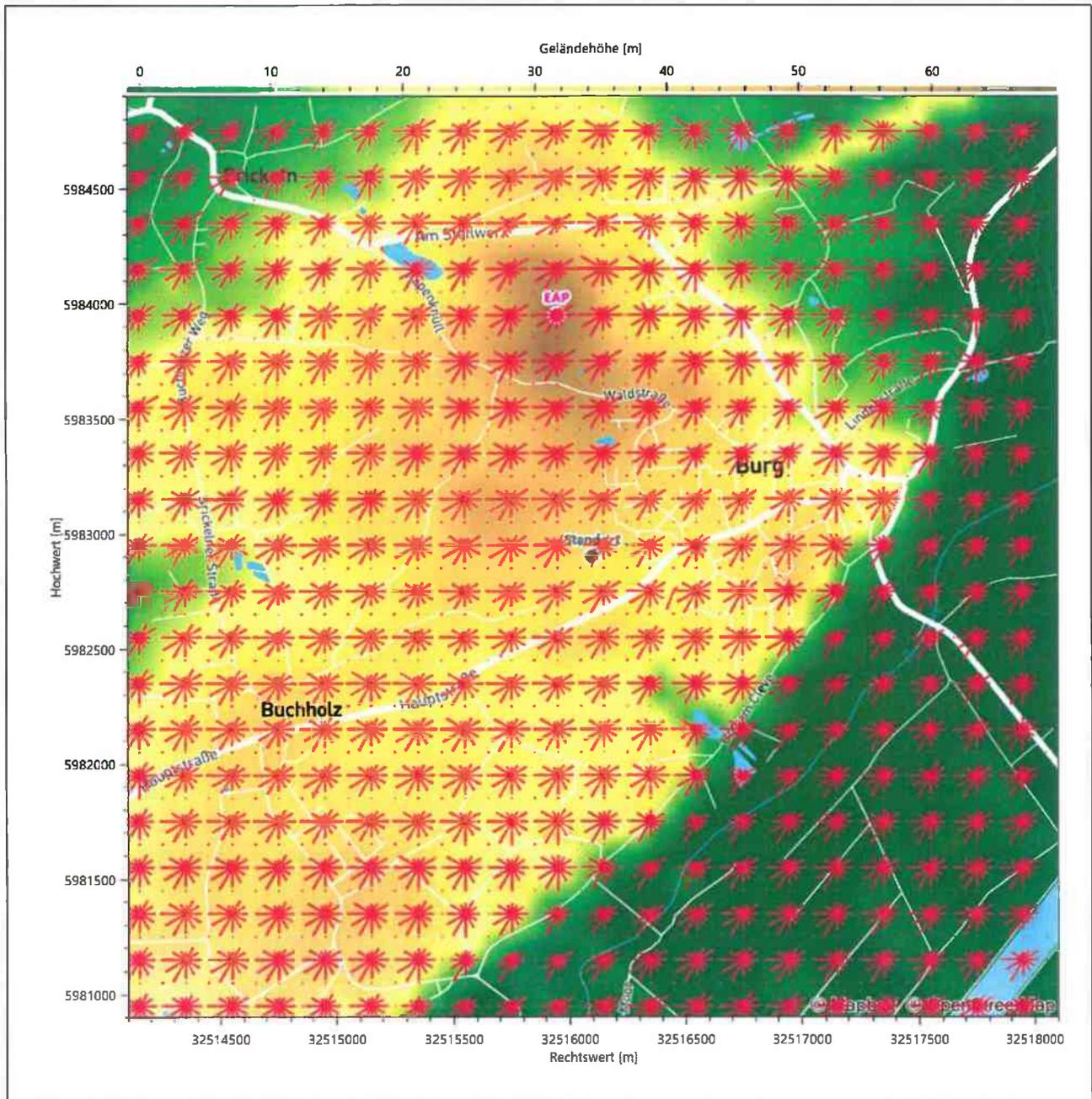


Abbildung 10: Prognostisch modellierte Windrichtungsverteilungen im Untersuchungsgebiet

Mit den modellierten Windfeldern wurden die erwarteten Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilungen an der Ersatzanemometerposition in einer Höhe von 11,1 m berechnet. Die Verteilungen sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

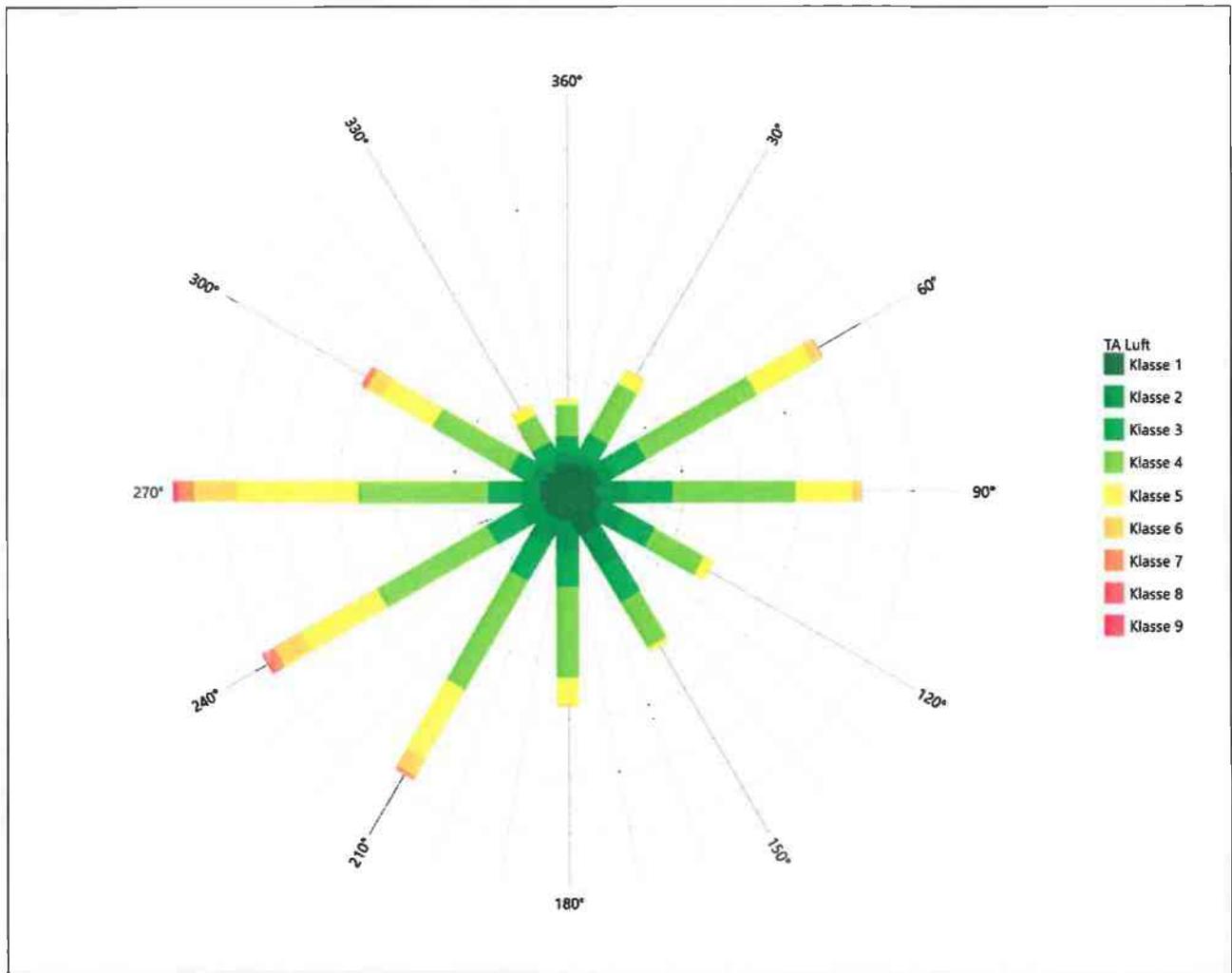


Abbildung 11: Prognostisch modellierte Windrichtungsverteilung für die Ersatzanemometerposition

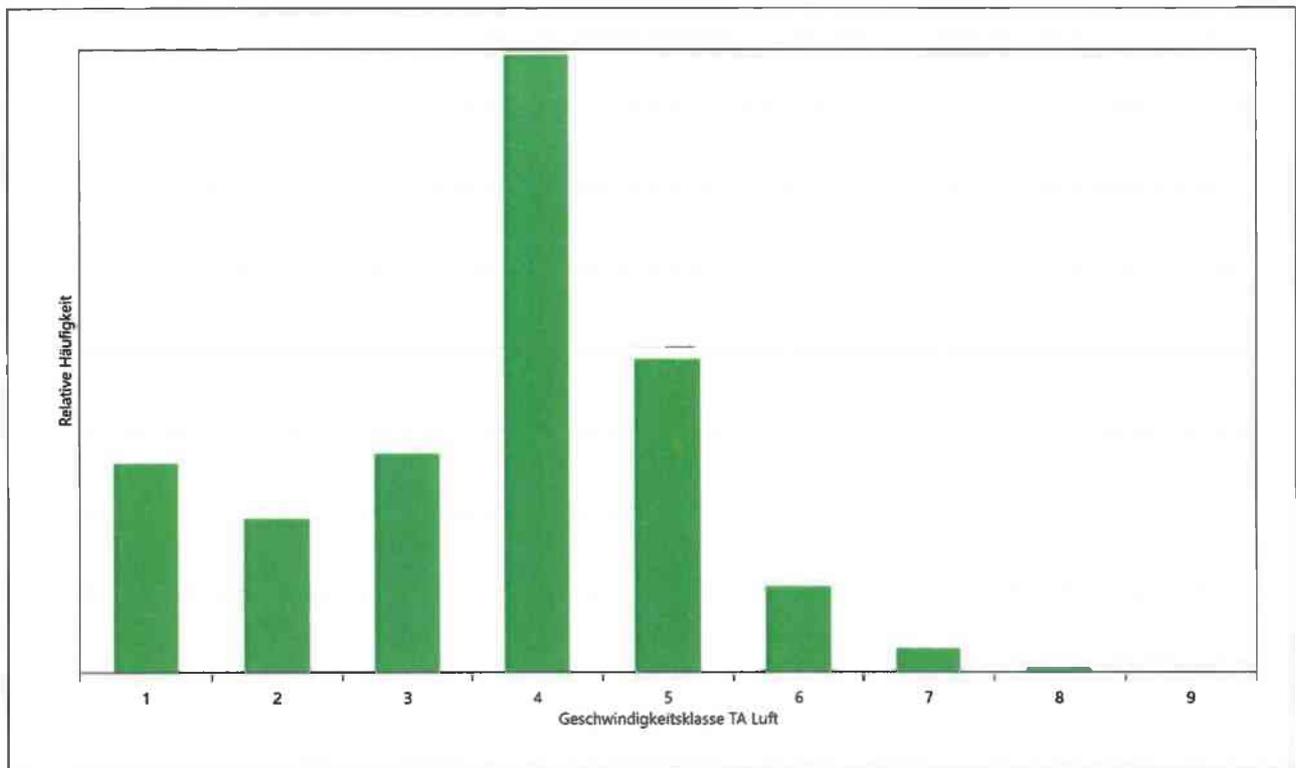


Abbildung 12: Prognostisch modellierte Windgeschwindigkeitsverteilung für die Ersatzanemometerposition

Als Durchschnittsgeschwindigkeit ergibt sich der Wert 3,05 m/s.

Einen Erwartungswert für die mittlere Geschwindigkeit an der EAP liefert neben dem hier verwendeten prognostischen Modell auch noch das Statistische Windfeldmodell (SWM) des Deutschen Wetterdienstes.

Das SW-Modell des Deutschen Wetterdienstes bildet die Grundlage für die DWD-Windkarten und -daten der Bundesrepublik Deutschland. Anhand von 218 Windmessstationen des DWD wurde die räumliche Verteilung des Jahresmittels der Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren, wie z. B. der Höhe über dem Meeresspiegel, der geographischen Lage, der Geländeform und der Landnutzung mittels statistischer Verfahren bestimmt.

Zusätzlich wurden die Stationsmesswerte hindernisbereinigt, das heißt der Einfluss von Einzelhindernissen auf die gemessene Windgeschwindigkeit wurde eliminiert. Das Verfahren ist im Europäischen Windatlas beschrieben. Mit Hilfe eines Rechenprogramms werden die Ergebnisse für den Bezugszeitraum 1981 bis 2000 im 200-m-Raster berechnet und beispielsweise in Windkarten umgesetzt. Mit dem SW-Modell werden zwischen den gemessenen und den berechneten Windgeschwindigkeiten nach Angaben des DWD im Mittel Abweichungen von ± 0.15 m/s erzielt.

Die aus dem Statistischen Windfeldmodell ermittelte und auf die Referenzhöhe (11,1 m) und die Referenzrauigkeit (vgl. den folgenden Absatz) korrigierte Windgeschwindigkeit liegt bei 4,01 m/s.

Für das Gebiet um die EAP wurde in Anlehnung an VDI-Richtlinie 3783 Blatt 8 [6] eine aerodynamisch wirksame Rauiglängelänge ermittelt. Dabei wurde die Rauigkeit für die in VDI-Richtlinie 3783 Blatt 8 (Tabelle 3) tabellierten Werte anhand der Flächennutzung sektorenweise in Entfernungsabständen von 100 m bis zu einer Maximalentfernung von 3000 m bestimmt und mit der Windrichtungshäufigkeit für diesen Sektor (10° Breite) gewichtet gemittelt. Dabei ergab sich ein Wert von 0,19 m.

Es ist zu beachten, dass dieser Wert hier nur für den Vergleich von Windgeschwindigkeitsverteilungen benötigt wird und nicht dem Parameter entspricht, der als Bodenrauigkeit für eine Ausbreitungsrechnung anzuwenden ist. Für letzteren gelten die Maßgaben der TA Luft, Anhang 3, Ziffer 5.

Um die Windgeschwindigkeiten für die EAP und die betrachteten Bezugswindstationen vergleichen zu können, sind diese auf eine einheitliche Höhe über Grund und eine einheitliche Bodenrauigkeit umzurechnen. Dies geschieht mit einem Algorithmus, der in der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 8 [6] veröffentlicht wurde. Als einheitliche Rauiglängelänge bietet sich der tatsächliche Wert im Umfeld der EAP an, hier 0,19 m. Als einheitliche Referenzhöhe sollte nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [7] ein Wert Anwendung finden, der weit genug über Grund und über der Verdrängungshöhe (im Allgemeinen das Sechsfache der Bodenrauigkeit) liegt. Hier wurde ein Wert von 11,1 m verwendet.

Neben der graphischen Darstellung oben führt die folgende Tabelle numerische Kenngrößen der Verteilungen für die Messstationen und die modellierten Erwartungswerte für die EAP auf.

Tabelle 4: Gegenüberstellung meteorologischer Kennwerte der betrachteten Messstationen mit den Erwartungswerten am Standort

Station	Richtungsmaximum [°]	mittlere Windgeschwindigkeit [m/s]	Schwachwindhäufigkeit [%]	Rauiglängelänge [m]
EAP	270	3,05	6,8	0,188
Elpersbüttel	240	4,49	2,7	0,021
Itzehoe	240	3,17	9,9	0,205
Büsum	240	6,04	1,1	0,001
Ruthenstrom	210	4,23	1,3	0,023
Cuxhaven	210	5,28	0,8	0,324
Hohn	270	4,00	6,2	0,139

Die Lage des Richtungsmaximums ergibt sich aus der graphischen Darstellung. Für die mittlere Windgeschwindigkeit wurden die Messwerte der Stationen von der tatsächlichen Geberhöhe auf eine einheitliche Geberhöhe von 11,1 m über Grund sowie auf eine einheitliche Bodenrauigkeit von 0,19 m umgerechnet. Auch die Modellrechnung für die EAP bezog sich auf diese Höhe. Die Schwachwindhäufigkeit ergibt sich aus der Anzahl von (höhenkorrigierten bzw. berechneten) Geschwindigkeitswerten kleiner oder gleich 1,0 m/s.

Für das Gebiet um jede Bezugswindstation wurde in Anlehnung an VDI-Richtlinie 3783 Blatt 8 [6] eine aerodynamisch wirksame Rauiglängelänge ermittelt. Die Ermittlung der Rauigkeit der Umgebung eines Standorts soll nach Möglichkeit auf der Basis von Windmessdaten durch Auswertung der mittleren Windgeschwindigkeit und der Schubspannungsgeschwindigkeit geschehen. An Stationen des Messnetzes des DWD und von anderen Anbietern (beispielsweise MeteoGroup) wird als Turbulenzinformation in der Regel jedoch nicht die Schubspannungsgeschwindigkeit, sondern die Standardabweichung der Windgeschwindigkeit in

Strömungsrichtung bzw. die Maximalböe gemessen und archiviert. Ein Verfahren zur Ermittlung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit hat der Deutsche Wetterdienst 2019 in einem Merkblatt [8] vorgestellt. Dieses Verfahren wird hier angewendet. Dabei ergeben sich die Werte, die in Tabelle 4 für jede Bezugswindstation angegeben sind.

4.4 Vergleich der Windrichtungsverteilungen

Der Vergleich der Windrichtungsverteilungen stellt nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [7] das primäre Kriterium für die Fragestellung dar, ob die meteorologischen Daten einer Messstation auf den untersuchten Anlagenstandort für eine Ausbreitungsrechnung übertragbar sind.

Für die EAP liegt formal das Windrichtungsmaximum bei 270° aus Westen, wobei die Verteilung einer Achse von 255° nach 75° folgt. Die Hauptwindrichtung überstreicht den 210°-270°-Bereich. Ein deutliches Nebenmaximum zeichnet sich aus östlicher Richtung ab. Global minimal intensiv werden nördliche Richtungen erwartet. Mit dieser Windrichtungsverteilung sind die einzelnen Bezugswindstationen zu vergleichen.

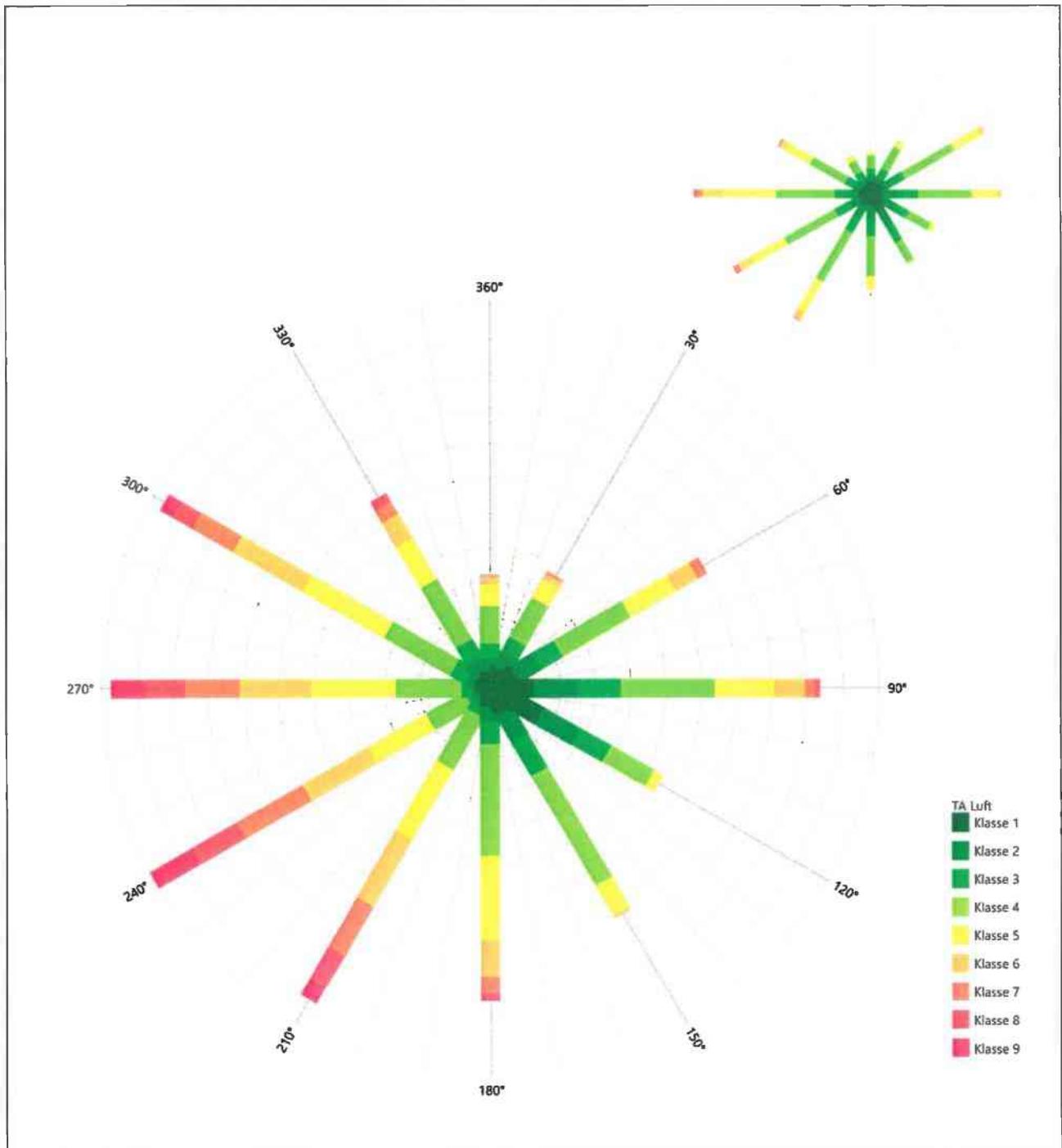


Abbildung 13: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Elpersbüttel mit dem Erwartungswert

Die Station Elpersbüttel hat das formale Hauptmaximum bei 240° aus West-Südwesten noch im benachbarten 30°-Richtungssektor zum Erwartungswert an der EAP. Durch zu hohe Richtungsbeiträge im nordwestlichen Quadranten und aus Süden ist die Breite der Hauptanströmung hier jedoch überschätzt. Das östliche Nebenmaximum findet seine Stelle Diese Station ist ausreichend geeignet übertragen zu werden.

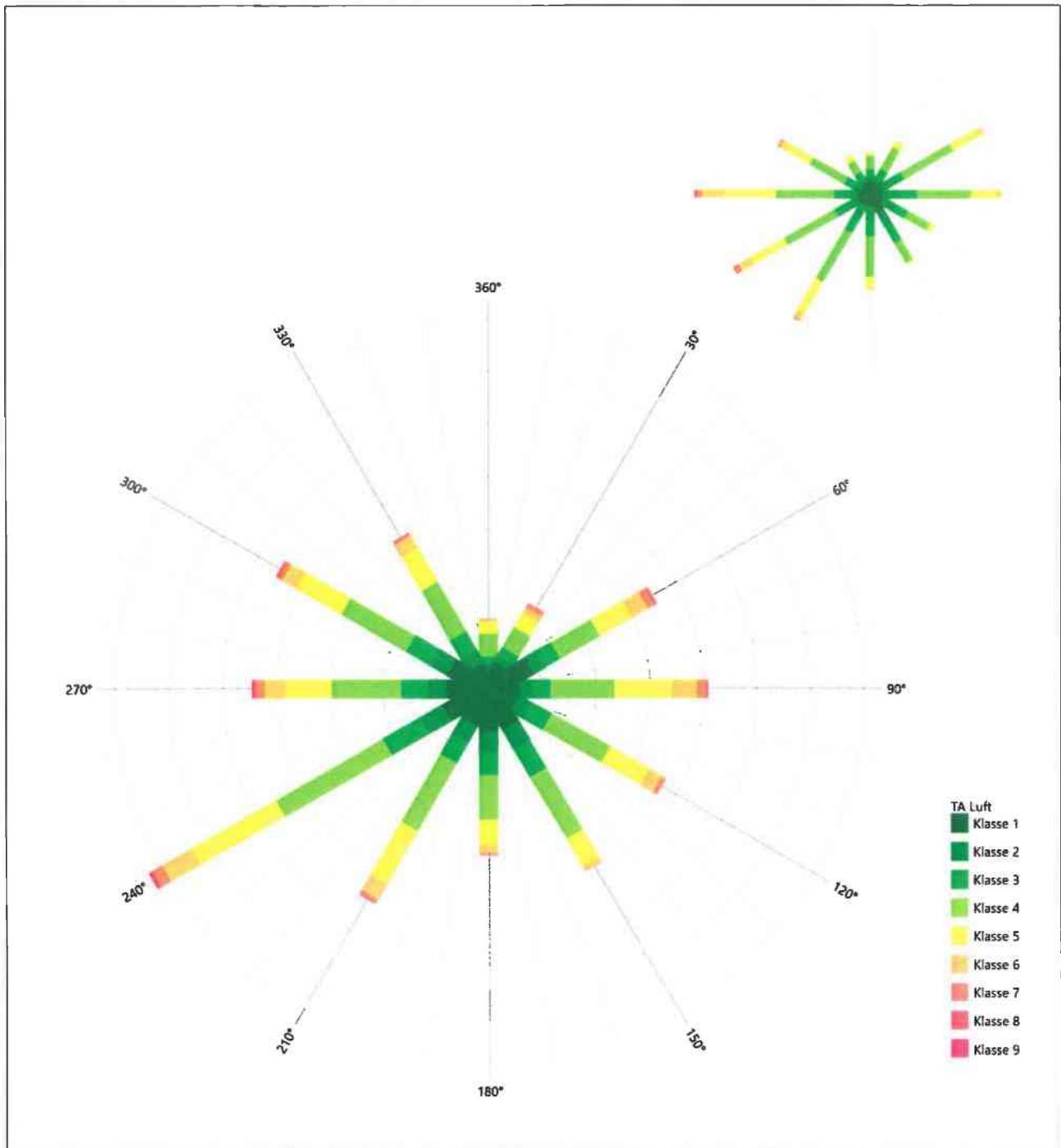


Abbildung 14: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Itzehoe mit dem Erwartungswert

Die Station Itzehoe hat das formale Hauptmaximum bei 240° aus West-Südwesten noch im benachbarten 30°-Richtungssektor zum Erwartungswert an der EAP. Durch eine unterschätzte westliche Richtungskomponente ist die Hauptanströmung hier schärfer definiert als erwartet. Das östliche Nebenmaximum ist dargestellt. Diese Station eignet sich ausreichend für eine Übertragung.

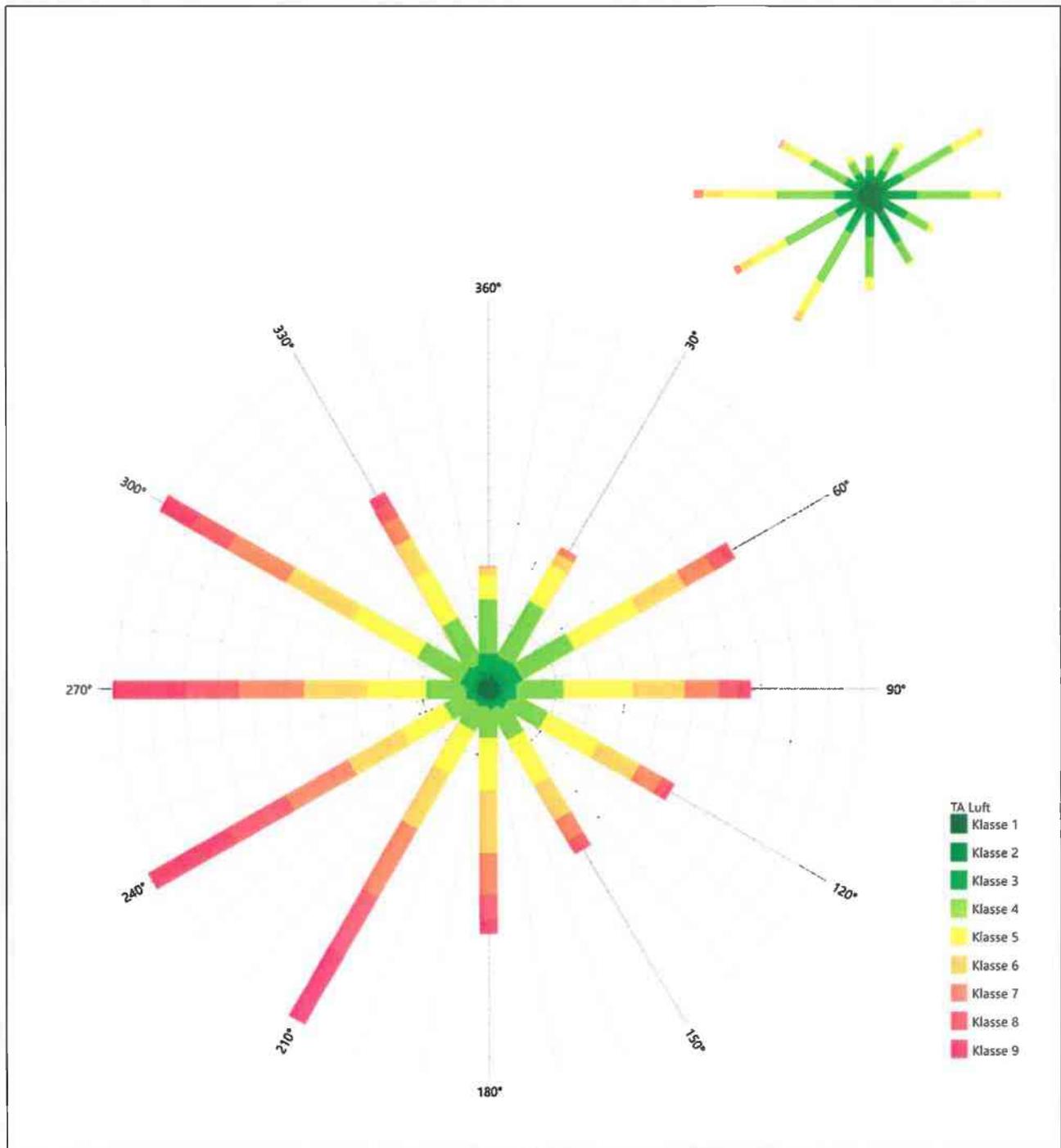


Abbildung 15: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Büsum mit dem Erwartungswert

Die Station Büsum hat das formale Hauptmaximum bei 240° aus West-Südwesten noch im benachbarten 30°-Richtungssektor zum Erwartungswert an der EAP. Durch zu hohe Richtungsbeiträge im nordwestlichen Quadranten ist die Breite der Hauptanströmung hier jedoch überschätzt. Die zwischen Osten und Ost-Nordosten aufgespannte Nebenanströmung ist dargestellt. Diese Station eignet sich ausreichend zu einer Übertragung.

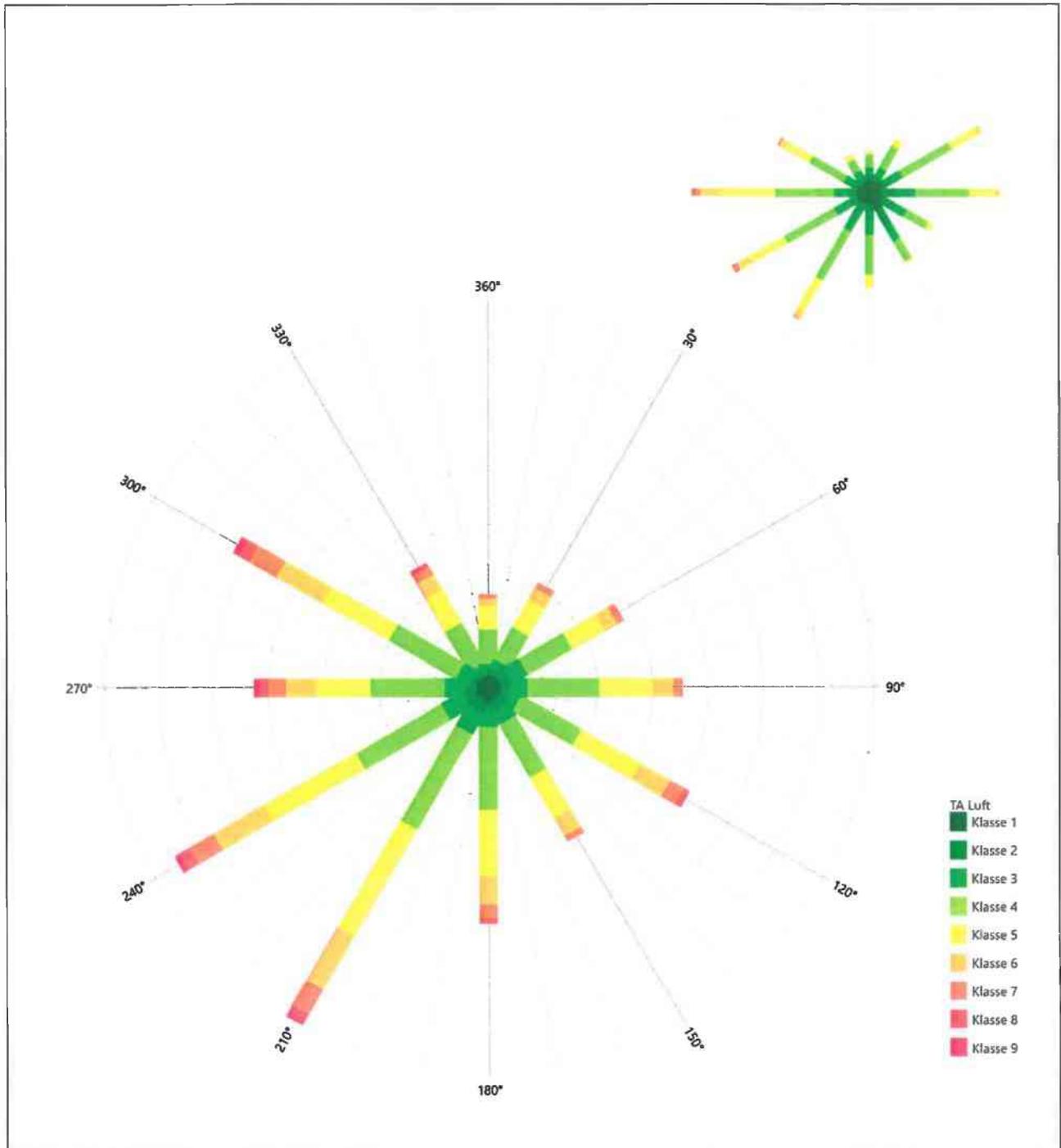


Abbildung 16: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Ruthenstrom mit dem Erwartungswert

Die Station Ruthenstrom hat das formale Hauptmaximum bei 210° aus Süd-Südwesten nicht mehr in benachbarten 30°-Richtungssektoren zum Erwartungswert an der EAP. An Stelle des Hauptmaximums liegt hier sogar ein lokales Minimum vor. Diese Station ist zur Übertragung ungeeignet.

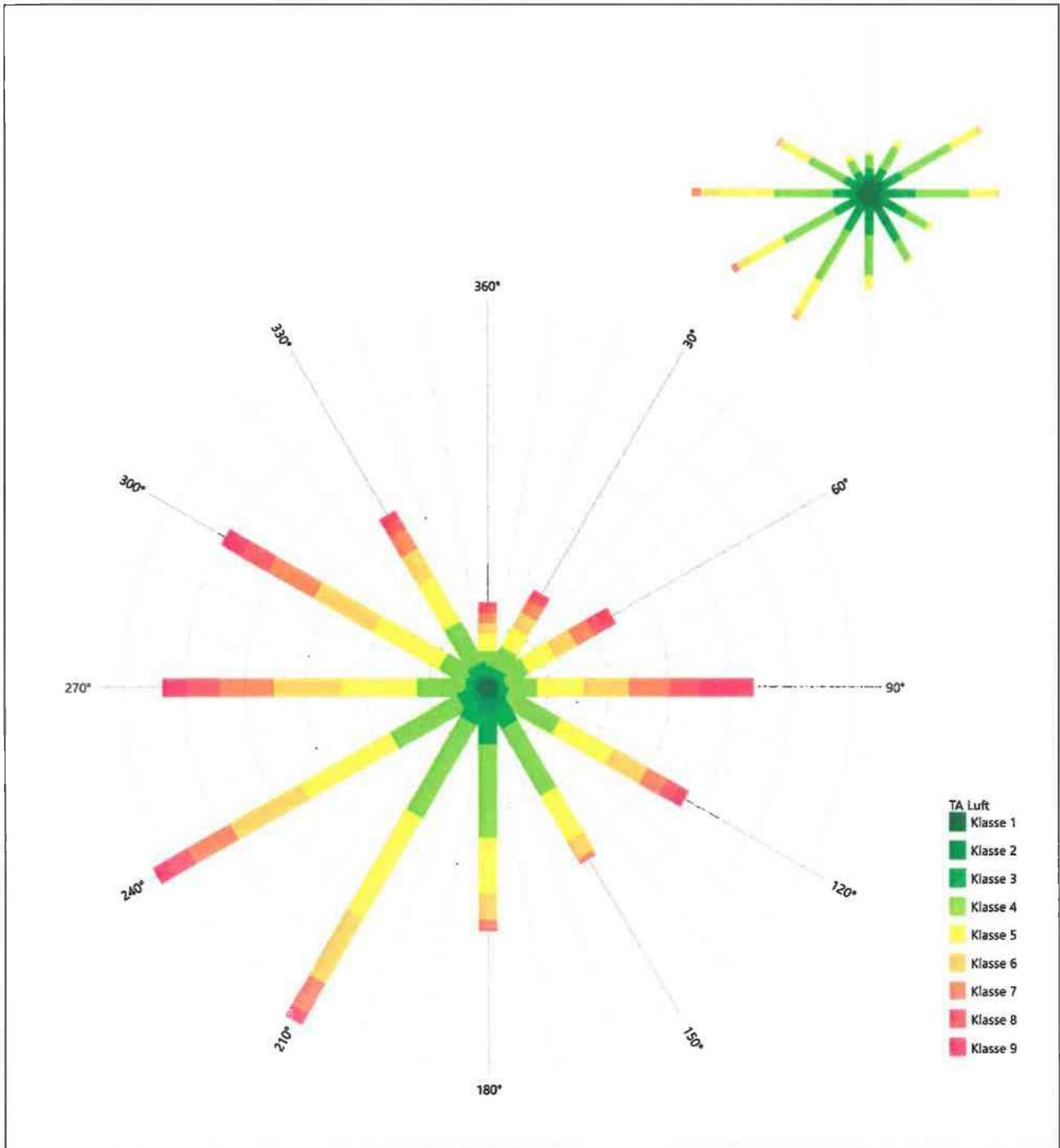


Abbildung 17: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Cuxhaven mit dem Erwartungswert

Die Station Cuxhaven hat das formale Hauptmaximum bei 210° aus Süd-Südwesten nicht mehr in benachbarten 30°-Richtungssektoren zum Erwartungswert an der EAP. Durch zu hohe Richtungsbeiträge im nordwestlichen Quadranten ist die Breite der Hauptanströmung hier überschätzt. Das östliche Nebenmaximum ist getroffen. Trotzdem empfiehlt sich diese Station zur Übertragung nicht.

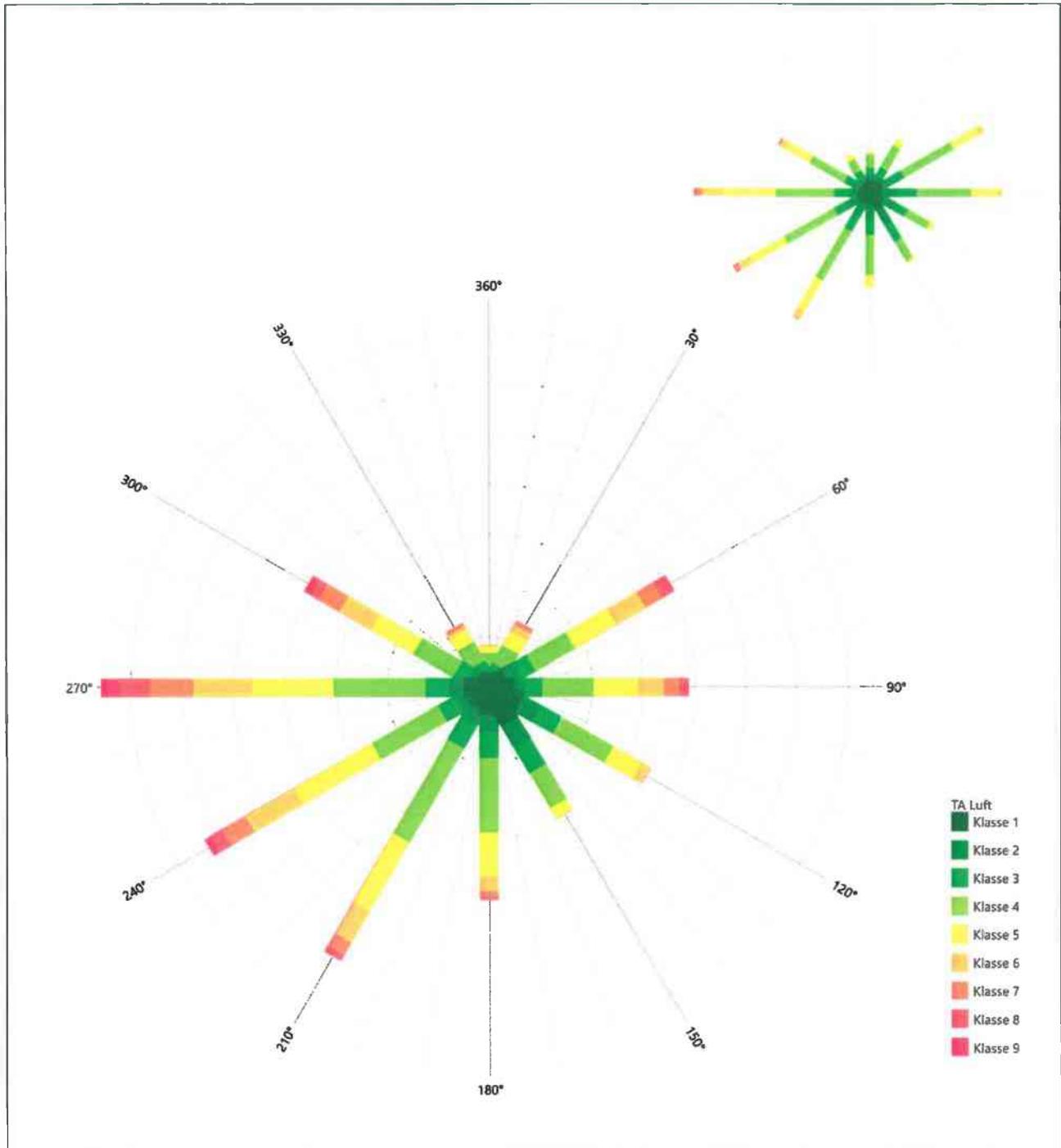


Abbildung 18: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Hohn mit dem Erwartungswert

Die Station Hohn hat das formale Hauptmaximum bei 270° aus Westen genau auf dem Erwartungswert an der EAP. Die Hauptanströmung im südwestlichen Quadranten ist perfekt beschrieben. Das ost-nordöstliche Nebenmaximum liegt noch im benachbarten 30°-Richtungssektor zur EAP. Da bei 90° ein vergleichbarer Intensitätswert vorliegt, ist die Nebenanströmung in Breite und Schwerpunkt doch dargestellt, wenn auch mit etwas zu geringer Intensität. Auch die minimalen nördlichen Richtungen sind interpretiert. Hier liegt in Summe eine gute Eignung zur Übertragung vor.

Somit ist aus Sicht der Windrichtungsverteilung die Station Hohn gut für eine Übertragung geeignet. Elpersbüttel, Itzehoe und Büsum stimmen noch ausreichend mit der EAP überein. Ruthenstrom und Cuxhaven erwiesen sich als nicht übertragbar.

Diese Bewertung orientiert sich an den Kriterien der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [7]. Dies ist in der folgenden Tabelle als Rangliste dargestellt. Eine Kennung von „++++“ entspricht dabei einer guten Übereinstimmung, eine Kennung von „+++“ einer befriedigenden, eine Kennung von „++“ einer ausreichenden Übereinstimmung. Die Kennung „-“ wird vergeben, wenn keine Übereinstimmung besteht und die Bezugswindstation nicht zur Übertragung geeignet ist.

Tabelle 5: Rangliste der Bezugswindstationen hinsichtlich ihrer Windrichtungsverteilung

Bezugswindstation	Bewertung in Rangliste
Hohn	++++
Elpersbüttel	++
Itzehoe	++
Büsum	++
Ruthenstrom	-
Cuxhaven	-

4.5 Vergleich der Windgeschwindigkeitsverteilungen

Der Vergleich der Windgeschwindigkeitsverteilungen stellt ein weiteres Kriterium für die Fragestellung dar, ob die meteorologischen Daten einer Messstation auf den untersuchten Anlagenstandort für eine Ausbreitungsrechnung übertragbar sind. Als wichtigster Kennwert der Windgeschwindigkeitsverteilung wird hier die mittlere Windgeschwindigkeit betrachtet. Auch die Schwachwindhäufigkeit (Anteil von Windgeschwindigkeiten unter 1,0 m/s) kann für weitergehende Untersuchungen herangezogen werden.

Einen Erwartungswert für die mittlere Geschwindigkeit an der EAP liefert neben dem hier verwendeten prognostischen Modell auch noch das in 4.3 vorgestellte Statistische Windfeldmodell (SWM) des Deutschen Wetterdienstes. Für die EAP werden in 11,1 m Höhe von den beiden Modellen folgende mittleren Windgeschwindigkeiten erwartet:

Tabelle 6: EAP-Geschwindigkeiten verschiedener Modelle

Modell	Geschwindigkeit [m/s]
Prognostisch	3,05
SWM	4,01
Mittelwert	3,53

Beiden Modellen wird in diesem Aspekt gleiches Gewicht beigemessen, weshalb als beste Schätzung der mittleren Windgeschwindigkeit an der EAP im Weiteren der Mittelwert 3,5 m/s zu Grunde gelegt wird.

Dem kommen die Werte von Itzehoe und Hohn mit 3,2 m/s bzw. 4 m/s (auch wieder bezogen auf 11,1 m Höhe und die EAP-Rauigkeit von 0,19 m) sehr nahe. Sie zeigen eine Abweichung von nicht mehr als $\pm 0,5$ m/s, was eine gute Übereinstimmung bedeutet.

Elpersbüttel und Ruthenstrom liegen mit Werten von 4,5 m/s und 4,2 m/s noch innerhalb einer Abweichung von $\pm 1,0$ m/s, was noch eine ausreichende Übereinstimmung darstellt.

Die Stationen Büsum und Cuxhaven liegen mit 6 m/s und 5,3 m/s deutlich höher und außerhalb von $\pm 1,0$ m/s Abweichung und sind nicht mehr als übereinstimmend anzusehen.

Aus Sicht der Windgeschwindigkeitsverteilung sind also Itzehoe und Hohn gut für eine Übertragung geeignet. Elpersbüttel und Ruthenstrom zeigen eine noch ausreichende Übereinstimmung. Büsum und Cuxhaven sind mit einer Abweichung der mittleren Windgeschwindigkeit von mehr als 1,0 m/s gar nicht für eine Übertragung geeignet.

Diese Bewertung orientiert sich ebenfalls an den Kriterien der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [7]. Dies ist in der folgenden Tabelle als Rangliste dargestellt. Eine Kennung von „++“ entspricht dabei einer guten Übereinstimmung, eine Kennung von „+“ einer ausreichenden Übereinstimmung. Die Kennung „-“ wird vergeben, wenn keine Übereinstimmung besteht und die Bezugswindstation nicht zur Übertragung geeignet ist.

Tabelle 7: Rangliste der Bezugswindstationen hinsichtlich ihrer Windgeschwindigkeitsverteilung

Bezugswindstation	Bewertung in Rangliste
Itzehoe	++
Hohn	++
Elpersbüttel	+
Ruthenstrom	+
Büsum	-
Cuxhaven	-

4.6 Auswahl der Bezugswindstation

Fasst man die Ergebnisse der Ranglisten von Windrichtungsverteilung und Windgeschwindigkeitsverteilung zusammen, so ergibt sich folgende resultierende Rangliste.

Tabelle 8: Resultierende Rangliste der Bezugswindstationen

Bezugswindstation	Bewertung gesamt	Bewertung Richtungsverteilung	Bewertung Geschwindigkeitsverteilung
Hohn	+++++	++++	++
Itzehoe	++++	++	++
Elpersbüttel	+++	++	+
Büsum	-	++	-
Ruthenstrom	-	-	+
Cuxhaven	-	-	-

In der zweiten Spalte ist eine Gesamtbewertung dargestellt, die sich als Zusammenfassung der Kennungen von Richtungsverteilung und Geschwindigkeitsverteilung ergibt. Der Sachverhalt, dass die Übereinstimmung der Windrichtungsverteilung das primäre Kriterium darstellt, wird darüber berücksichtigt, dass bei der Bewertung der Richtungsverteilung maximal die Kennung „++++“ erreicht werden kann, bei der Geschwindigkeitsverteilung maximal die Kennung „++“. Wird für eine Bezugswindstation die Kennung „-“ vergeben (Übertragbarkeit nicht gegeben), so ist auch die resultierende Gesamtbewertung mit „-“ angegeben.

In der Aufstellung ist zu erkennen, dass für Hohn die beste Eignung für eine Übertragung befunden wurde.. Es sind darüber hinaus auch keine weiteren Kriterien bekannt, die einer Eignung dieser Station entgegenstehen könnten.

Auch Hohn liegt ähnlich wie der Standort im Übergangsbereich zwischen Geest (Schleswiger Vorgeest) und Niederung (Eider-Treene-Sorge-Niederung) und gleicht orografisch dem Standortbereich.

Hohn wird demzufolge für eine Übertragung ausgewählt.

5 Beschreibung der ausgewählten Wetterstation

Die zur Übertragung ausgewählte Station Hohn befindet sich auf dem etwa 2,5 km nordöstlich der Ortschaft Hohn gelegenen Fliegerhorst. Die Lage der Station in Schleswig-Holstein ist aus der folgenden Abbildung ersichtlich.

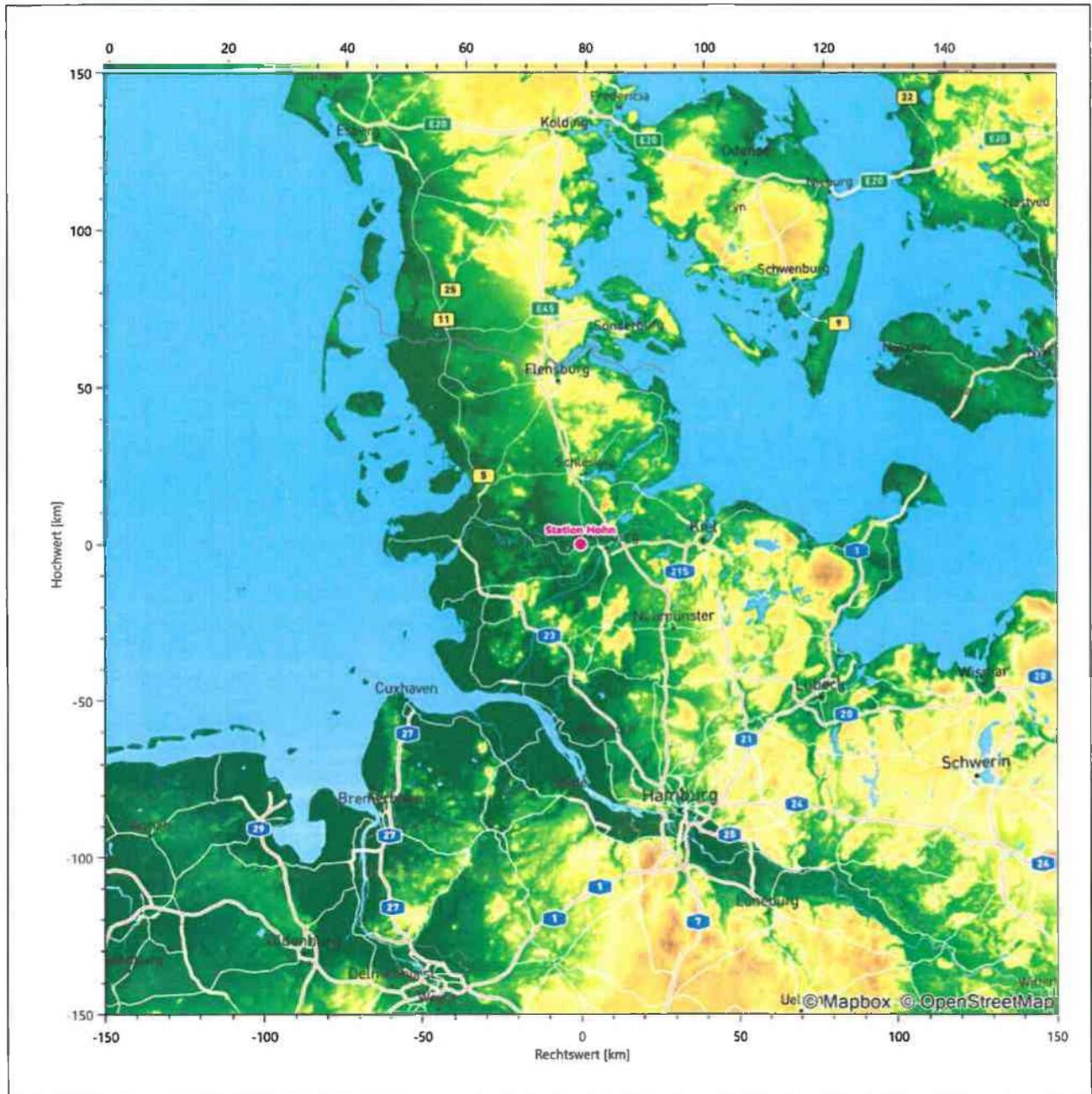


Abbildung 19: Lage der ausgewählten Station

In der folgenden Tabelle sind die Koordinaten der Wetterstation angegeben. Sie liegt 10 m über NHN. Der Windgeber war während des hier untersuchten Zeitraumes in einer Höhe von 10 m angebracht.

Tabelle 9: Koordinaten der Wetterstation

Geographische Länge:	9,539°
Geographische Breite:	54,3146°

Die Umgebung der Station ist durch eine wechselnde Landnutzung geprägt. Neben dem Flugplatzgelände wechseln sich landwirtschaftliche Flächen mit Waldstücken und lockerer Siedlungsbebauung ab.

Das folgende Luftbild verschafft einen detaillierten Überblick über die Nutzung um die Wetterstation.

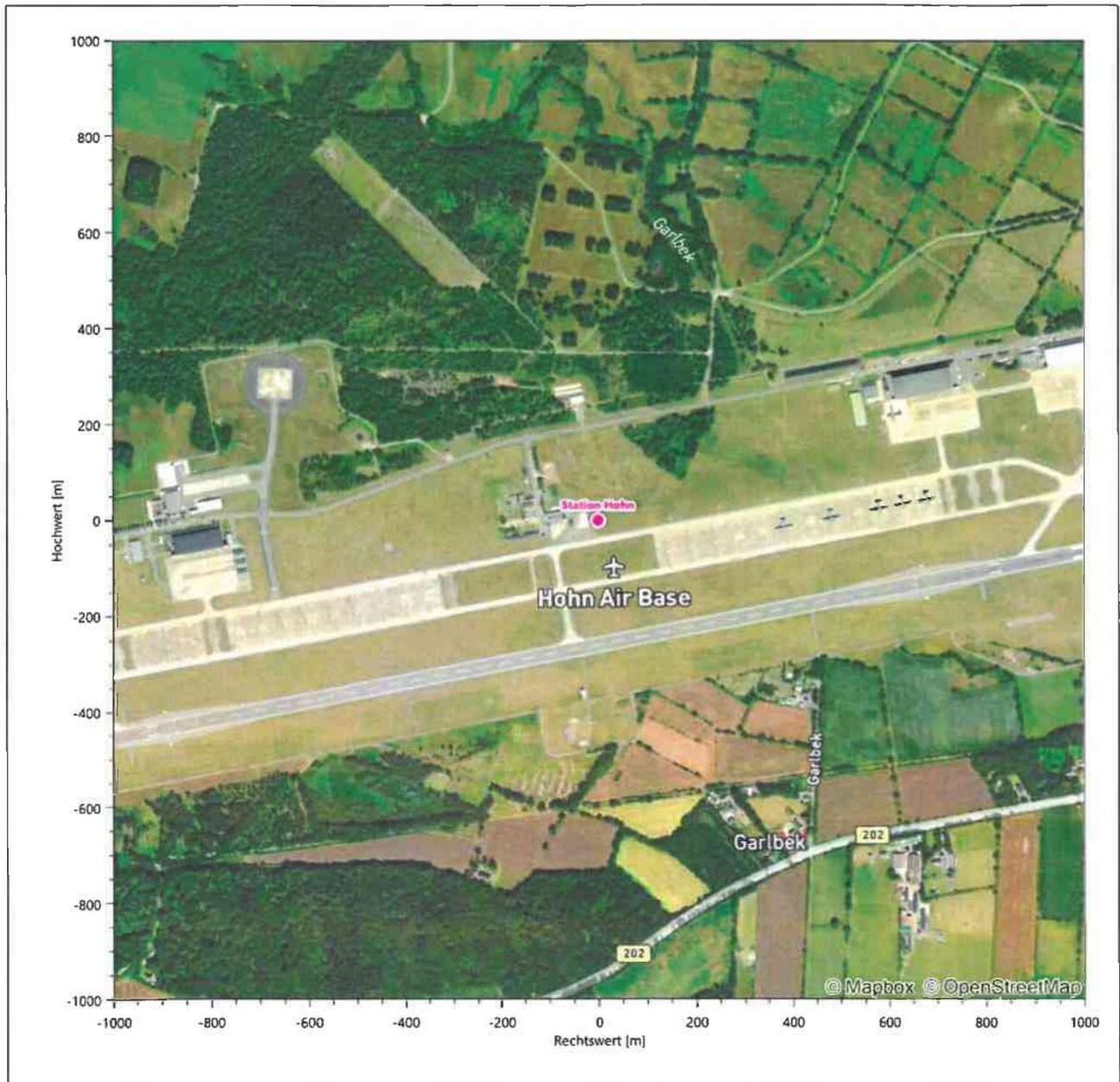


Abbildung 20: Luftbild mit der Umgebung der Messtation

Orographisch ist das Gelände, auch im weiteren Umkreis, nur schwach gegliedert. Es ist von allen Richtungen eine ungestörte Anströmung möglich. Die nachfolgende Abbildung verschafft einen Überblick über das Relief.

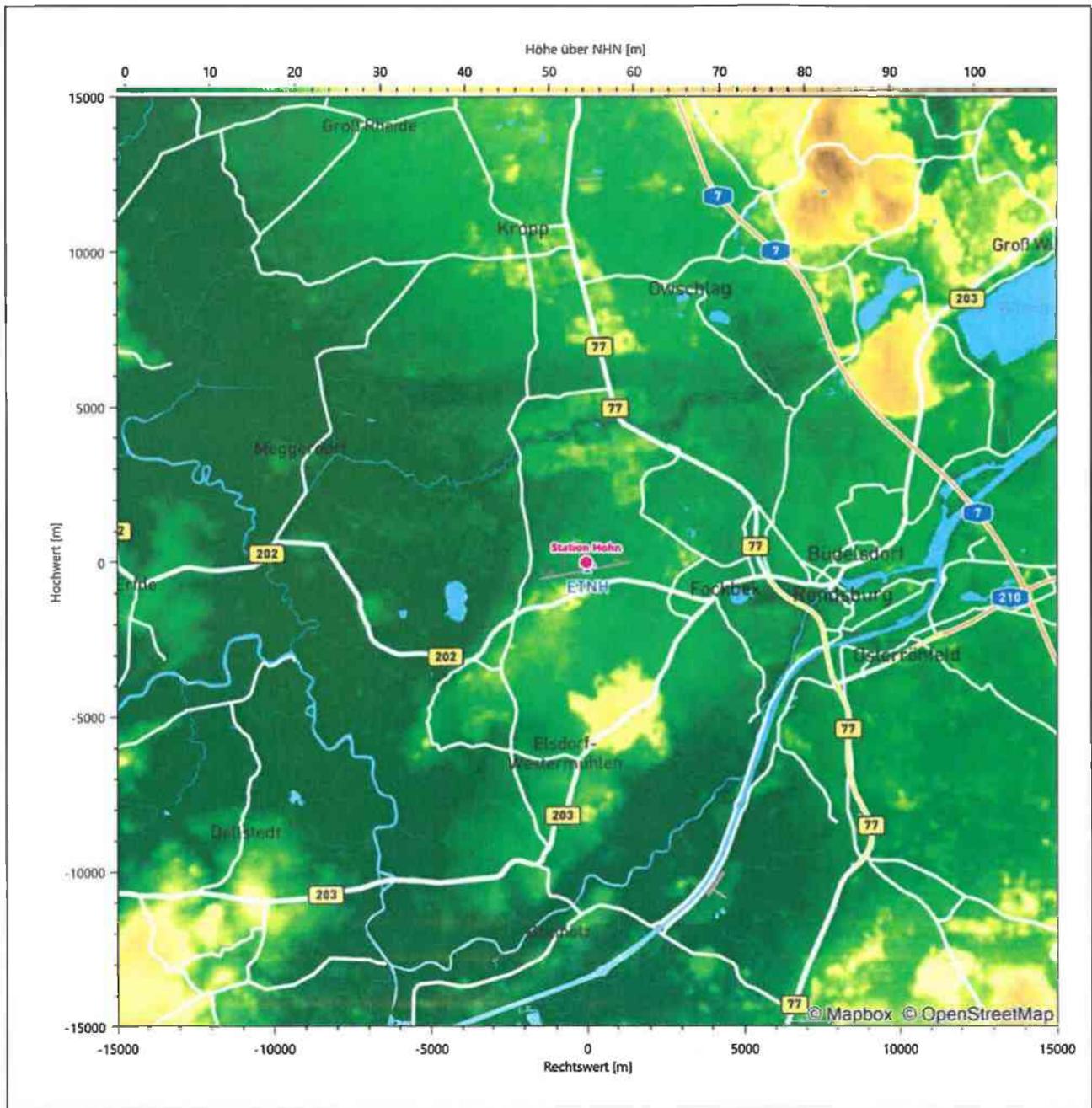


Abbildung 21: Orographie um den Standort der Wetterstation

6 Bestimmung eines repräsentativen Jahres

Neben der räumlichen Repräsentanz der meteorologischen Daten ist auch die zeitliche Repräsentanz zu prüfen. Bei Verwendung einer Jahreszeitreihe der meteorologischen Daten muss das berücksichtigte Jahr für den Anlagenstandort repräsentativ sein. Dies bedeutet, dass aus einer hinreichend langen, homogenen Zeitreihe (nach Möglichkeit 10 Jahre, mindestens jedoch 5 Jahre) das Jahr ausgewählt wird, das dem langen Zeitraum bezüglich der Windrichtungs-, Windgeschwindigkeits- und Stabilitätsverteilung am ehesten entspricht.

Im vorliegenden Fall geschieht die Ermittlung eines repräsentativen Jahres in Anlehnung an das Verfahren AKJahr, das vom Deutschen Wetterdienst verwendet und in der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [7] veröffentlicht wurde.

Bei diesem Auswahlverfahren handelt es sich um ein objektives Verfahren, bei dem die Auswahl des zu empfehlenden Jahres hauptsächlich auf der Basis der Resultate zweier statistischer Prüfverfahren geschieht. Die vorrangigen Prüfkriterien dabei sind Windrichtung und Windgeschwindigkeit, ebenfalls geprüft werden die Verteilungen von Ausbreitungsklassen und die Richtung von Nacht- und Schwachwinden. Die Auswahl des repräsentativen Jahres erfolgt dabei in mehreren aufeinander aufbauenden Schritten. Diese sind in den Abschnitten 6.1 bis 6.3 beschrieben.

6.1 Bewertung der vorliegenden Datenbasis und Auswahl eines geeigneten Zeitraums

Um durch äußere Einflüsse wie z. B. Standortverlegungen oder Messgerätewechsel hervorgerufene Unstetigkeiten innerhalb der betrachteten Datenbasis weitgehend auszuschließen, werden die Zeitreihen zunächst auf Homogenität geprüft. Dazu werden die Häufigkeitsverteilungen von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklasse herangezogen.

Für die Bewertung der Windrichtungsverteilung werden insgesamt 12 Sektoren mit einer Klassenbreite von je 30° gebildet. Es wird nun geprüft, ob bei einem oder mehreren Sektoren eine sprunghafte Änderung der relativen Häufigkeiten von einem Jahr zum anderen vorhanden ist. „Sprunghafte Änderung“ bedeutet dabei eine markante Änderung der Häufigkeiten, die die normale jährliche Schwankung deutlich überschreitet, und ein Verbleiben der Häufigkeiten auf dem neu erreichten Niveau über die nächsten Jahre. Ist dies der Fall, so wird im Allgemeinen von einer Inhomogenität ausgegangen und die zu verwendende Datenbasis entsprechend gekürzt.

Eine analoge Prüfung wird anhand der Windgeschwindigkeitsverteilung durchgeführt, wobei eine Aufteilung auf die Geschwindigkeitsklassen der TA Luft, Anhang 3, Tabelle 18 [9] erfolgt. Schließlich wird auch die Verteilung der Ausbreitungsklassen im zeitlichen Verlauf über den Gesamtzeitraum untersucht.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Test auf Homogenität für die ausgewählte Station über die letzten Jahre.

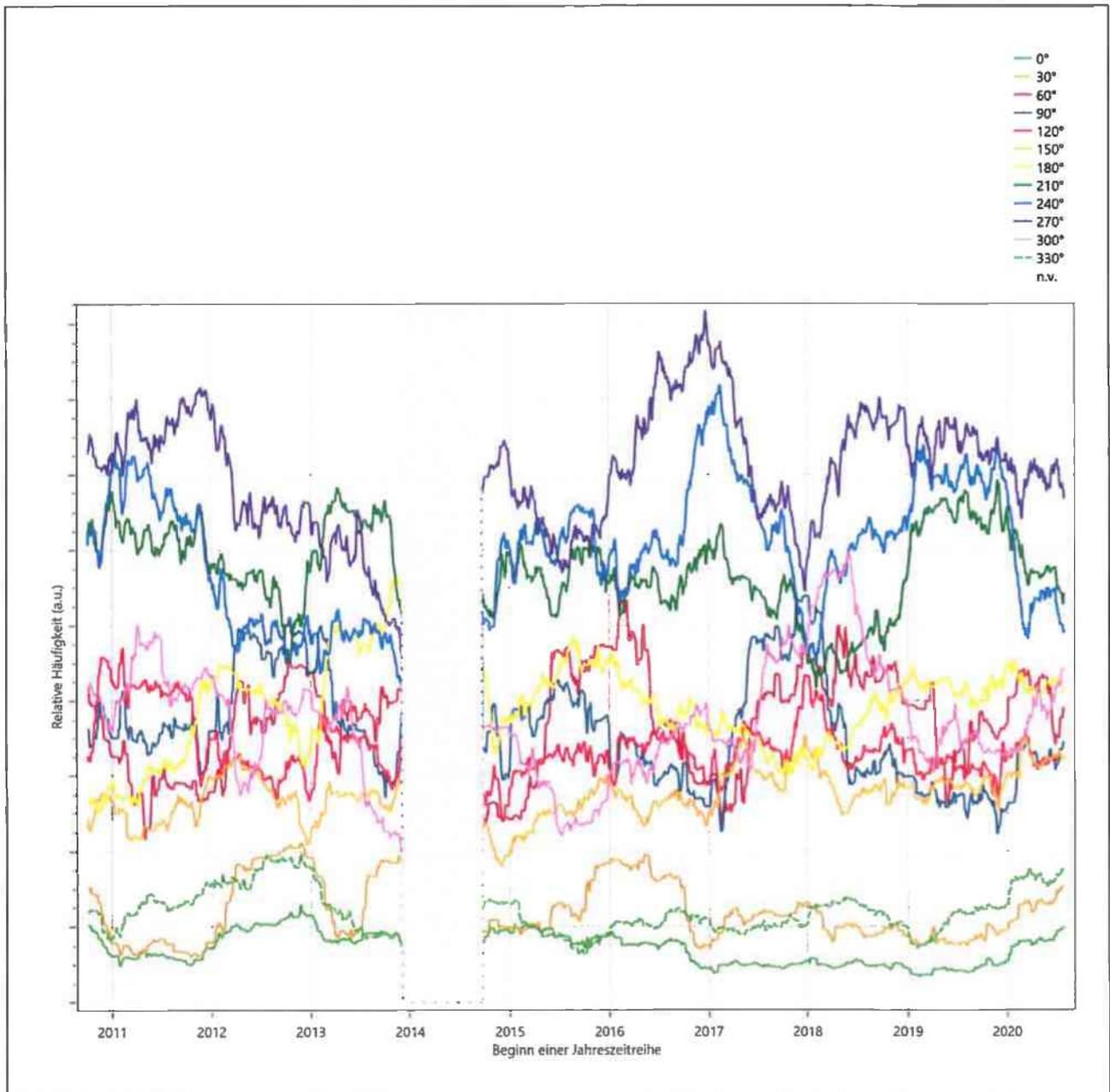


Abbildung 22: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmesstation anhand der Windrichtungsverteilung

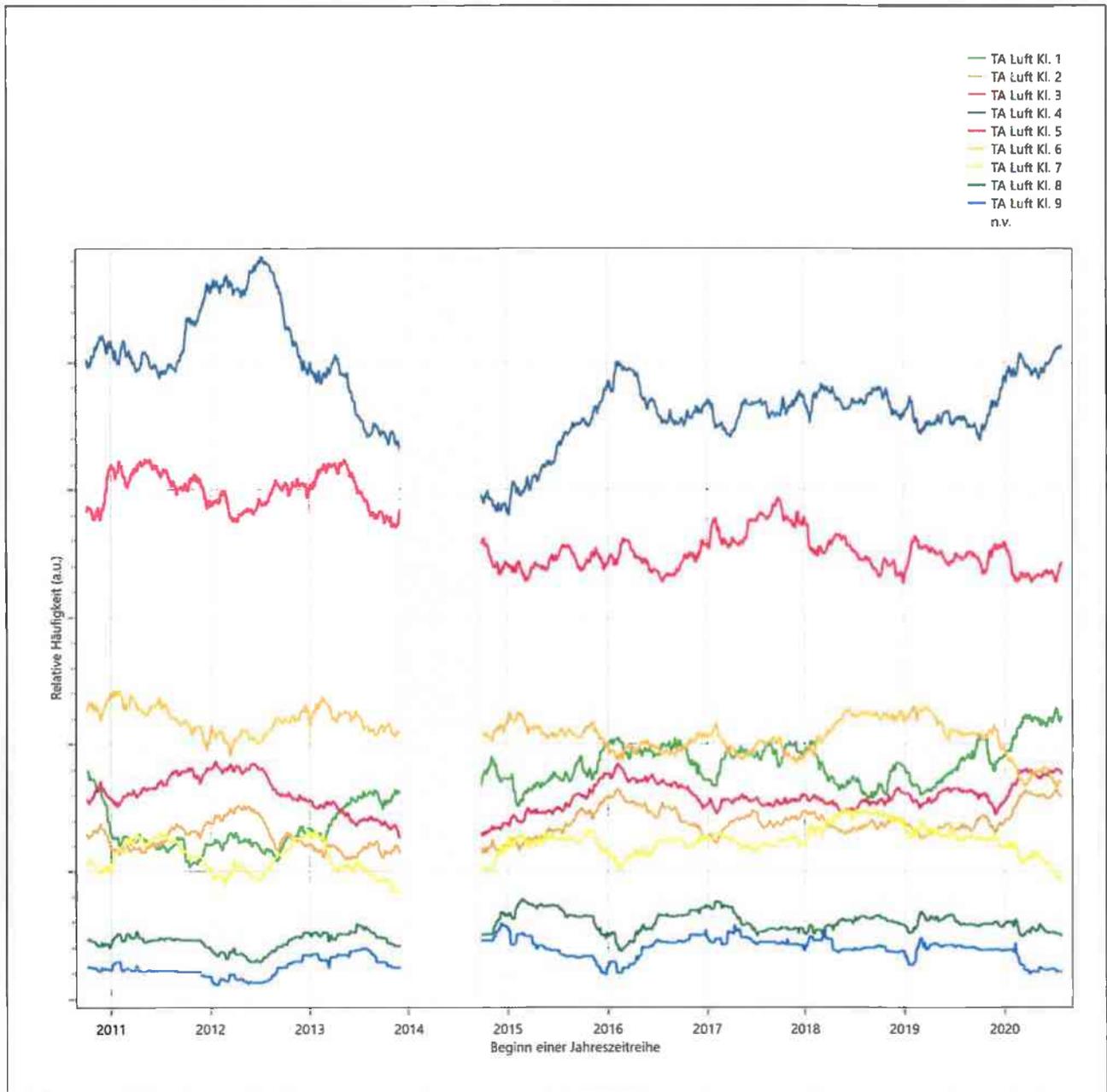


Abbildung 23: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmesstation anhand der Windgeschwindigkeitsverteilung

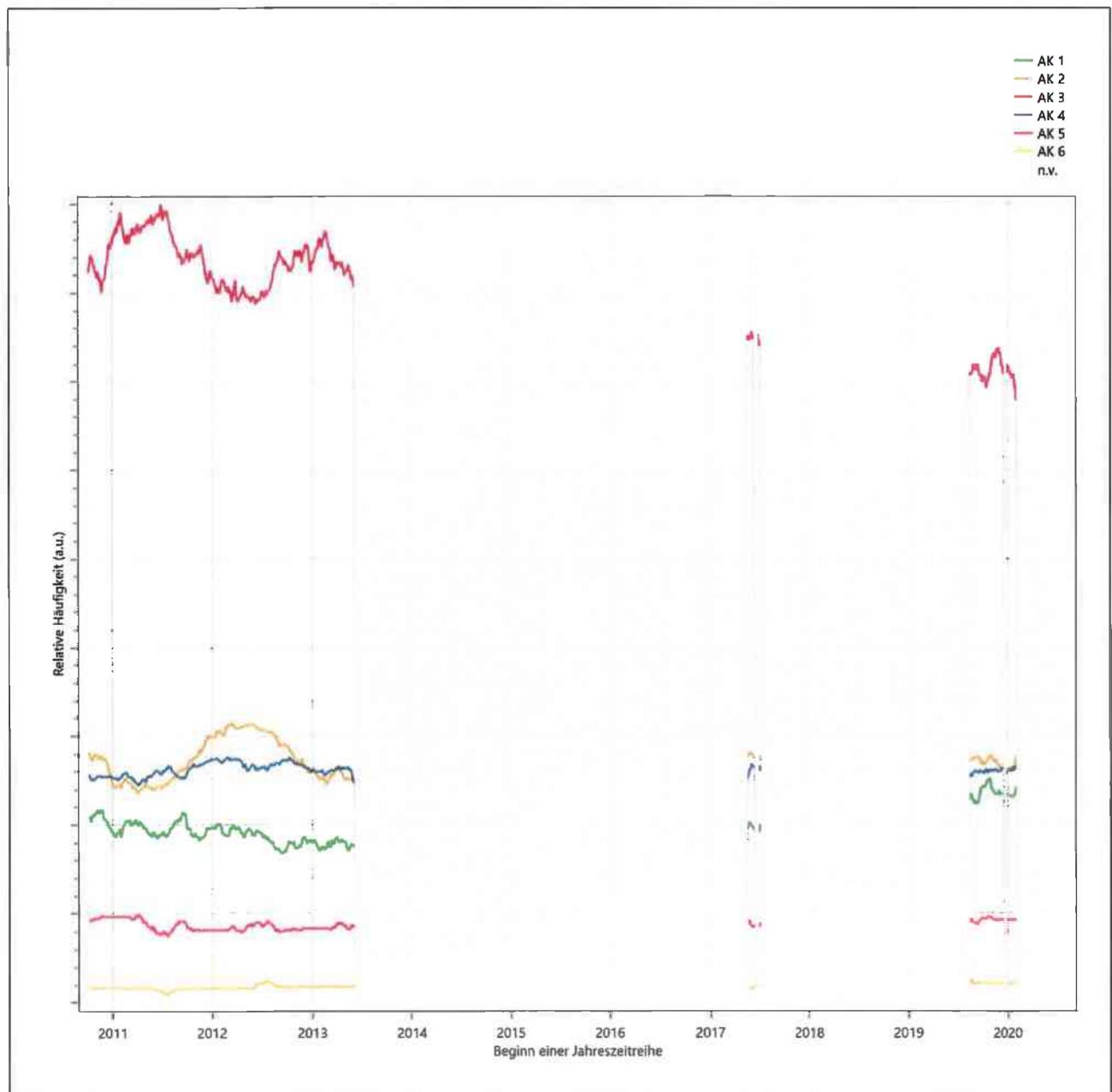


Abbildung 24: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmesstation anhand der Verteilung der Ausbreitungsklasse

Für die Bestimmung eines repräsentativen Jahres werden Daten aus einem Gesamtzeitraum mit einheitlicher Höhe des Messwertgebers vom 05.10.2010 bis zum 31.07.2021 verwendet.

Die grau dargestellten Bereiche in Abbildung 22 und Abbildung 23 markieren Messlücken schon bei der Bestimmung der Windverteilung. Die zusätzlichen grauen Bereiche in Abbildung 24 bedeuten, dass es zudem Messlücken bei der Bestimmung des Bedeckungsgrades gab (notwendig für die Ermittlung der Ausbreitungsklassen), weshalb in all diesen Zeiträumen keine Jahreszeitreihe mit der notwendigen Verfügbarkeit von 90 % gebildet werden kann. Diese Zeiträume werden auch später bei der Bestimmung des repräsentativen Jahres nicht mit einbezogen.

Wie aus den Grafiken erkennbar ist, gab es im untersuchten Zeitraum keine systematischen bzw. tendenziellen Änderungen an der Windrichtungsverteilung und der Windgeschwindigkeitsverteilung. Die Datenbasis ist also homogen und lang genug, um ein repräsentatives Jahr auszuwählen.

6.2 Analyse der Verteilungen von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Ausbreitungsklasse sowie der Nacht- und Schwachwinde

In diesem Schritt werden die bereits zum Zwecke der Homogenitätsprüfung gebildeten Verteilungen dem χ^2 -Test zum Vergleich empirischer Häufigkeitsverteilungen unterzogen.

Bei der Suche nach einem repräsentativen Jahr werden dabei alle Zeiträume untersucht, die an den einzelnen Tagen des Gesamtzeitraumes beginnen, jeweils 365 Tage lang sind und bei denen ausreichend Messdaten verfügbar sind. Die Einzelzeiträume müssen dabei nicht unbedingt einem Kalenderjahr entsprechen. Eine Veröffentlichung dazu [10] hat gezeigt, dass bei tageweise gleitender Auswahl des Testdatensatzes die Ergebnisse hinsichtlich der zeitlichen Repräsentativität besser zu bewerten sind als mit der Suche nur nach Kalenderjahren.

Im Einzelfall sollte im Hinblick auf die Vorgaben von TA Luft und BImSchG dabei geprüft werden, ob bei gleitender Auswahl ein Konflikt mit Zeitbezügen entsteht, die ausdrücklich für ein Kalenderjahr definiert sind. Für den Immissions-Jahreswert nach Kapitel 2.3 der TA Luft trifft dies nicht zu, er ist als Mittelwert über ein Jahr (und nicht unbedingt über ein Kalenderjahr) zu bestimmen. Hingegen sind Messwerte für Hintergrundbelastungen aus Landesmessnetzen oft für ein Kalenderjahr ausgewiesen. Diese Messwerte wären dann nicht ohne weiteres mit Kenngrößen vergleichbar, die für einen beliebig herausgegriffenen Jahreszeitraum berechnet wurden. Nach Kenntnis des Gutachters liegt ein solcher Fall hier nicht vor.

Bei der gewählten Vorgehensweise werden die χ^2 -Terme der Einzelzeiträume untersucht, die sich beim Vergleich mit dem Gesamtzeitraum ergeben. Diese Terme lassen sich bis zu einem gewissen Grad als Indikator dafür ansehen, wie ähnlich die Einzelzeiträume dem mittleren Zustand im Gesamtzeitraum sind. Dabei gilt, dass ein Einzelzeitraum dem mittleren Zustand umso näherkommt, desto kleiner der zugehörige χ^2 -Term (die Summe der quadrierten und normierten Abweichungen von den theoretischen Häufigkeiten entsprechend dem Gesamtzeitraum) ist. Durch die Kenntnis dieser einzelnen Werte lässt sich daher ein numerisches Maß für die Ähnlichkeit der Einzelzeiträume mit dem Gesamtzeitraum bestimmen.

In Analogie zur Untersuchung der Windrichtungen wird ebenfalls für die Verteilung der Windgeschwindigkeiten (auf die TA Luft-Klassen, siehe oben) ein χ^2 -Test durchgeführt. So lässt sich auch für die Windgeschwindigkeitsverteilung ein Maß dafür finden, wie ähnlich die ein Jahr langen Einzelzeiträume dem Gesamtzeitraum sind.

Weiterhin wird die Verteilung der Ausbreitungsklassen in den Einzelzeiträumen mit dem Gesamtzeitraum verglichen.

Schließlich wird eine weitere Untersuchung der Windrichtungsverteilung durchgeführt, wobei jedoch das Testkollektiv gegenüber der ersten Betrachtung dieser Komponente dadurch beschränkt wird, dass ausschließlich Nacht- und Schwachwinde zur Beurteilung herangezogen werden. Der Einfachheit halber wird dabei generell der Zeitraum zwischen 18:00 und 6:00 Uhr als Nacht definiert, d.h. auf eine jahreszeitliche Differenzierung wird verzichtet. Zusätzlich darf die Windgeschwindigkeit 3 m/s während dieser nächtlichen Stunden nicht überschreiten. Die bereits bestehende Einteilung der Windrichtungssektoren bleibt hingegen ebenso unverändert wie die konkrete Anwendung des χ^2 -Tests.

Als Ergebnis dieser Untersuchungen stehen für die einzelnen Testzeiträume jeweils vier Zahlenwerte zur Verfügung, die anhand der Verteilung von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Ausbreitungsklasse und der Richtung von Nacht- und Schwachwinden die Ähnlichkeit des Testzeitraumes mit dem Gesamtzeitraum ausdrücken. Um daran eine abschließende Bewertung vornehmen zu können, werden die vier Werte gewichtet addiert, wobei die Windrichtung mit 0,46, die Windgeschwindigkeit mit 0,24, die Ausbreitungsklasse mit 0,25 und die Richtung der Nacht- und Schwachwinde mit 0,15 gewichtet wird. Die Wichtefaktoren wurden aus der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [7] entnommen. Als Ergebnis erhält man einen Indikator für die Güte der Übereinstimmung eines jeden Testzeitraumes mit dem Gesamtzeitraum.

In der folgenden Grafik ist dieser Indikator dargestellt, wobei auch zu erkennen ist, wie sich dieser Wert aus den einzelnen Gütemaßen zusammensetzt. Auf der Abszisse ist jeweils der Beginn des Einzelzeitraums mit einem Jahr Länge abgetragen.

Dabei werden nur die Zeitpunkte graphisch dargestellt, für die sich in Kombination mit Messungen der Bedeckung eine Jahreszeitreihe bilden lässt, die mindestens eine Verfügbarkeit von 90 % hat. Ausgesparte Bereiche stellen Messzeiträume an der Station dar, in denen aufgrund unvollständiger Bedeckungsdaten keine Zeitreihe mit dieser Verfügbarkeit zu erstellen ist (siehe oben).

Ebenfalls zu erkennen ist der Beginn des Testzeitraumes (Jahreszeitreihe), für den die gewichtete χ^2 -Summe den kleinsten Wert annimmt (vertikale Linie). Dieser Testzeitraum ist als eine Jahreszeitreihe anzusehen, die dem gesamten Zeitraum im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen am ähnlichsten ist. Dies ist im vorliegenden Fall der 20.03.2013, was als Beginn des repräsentativen Jahres angesehen werden kann. Die repräsentative Jahreszeitreihe läuft dann bis zum 20.03.2014.

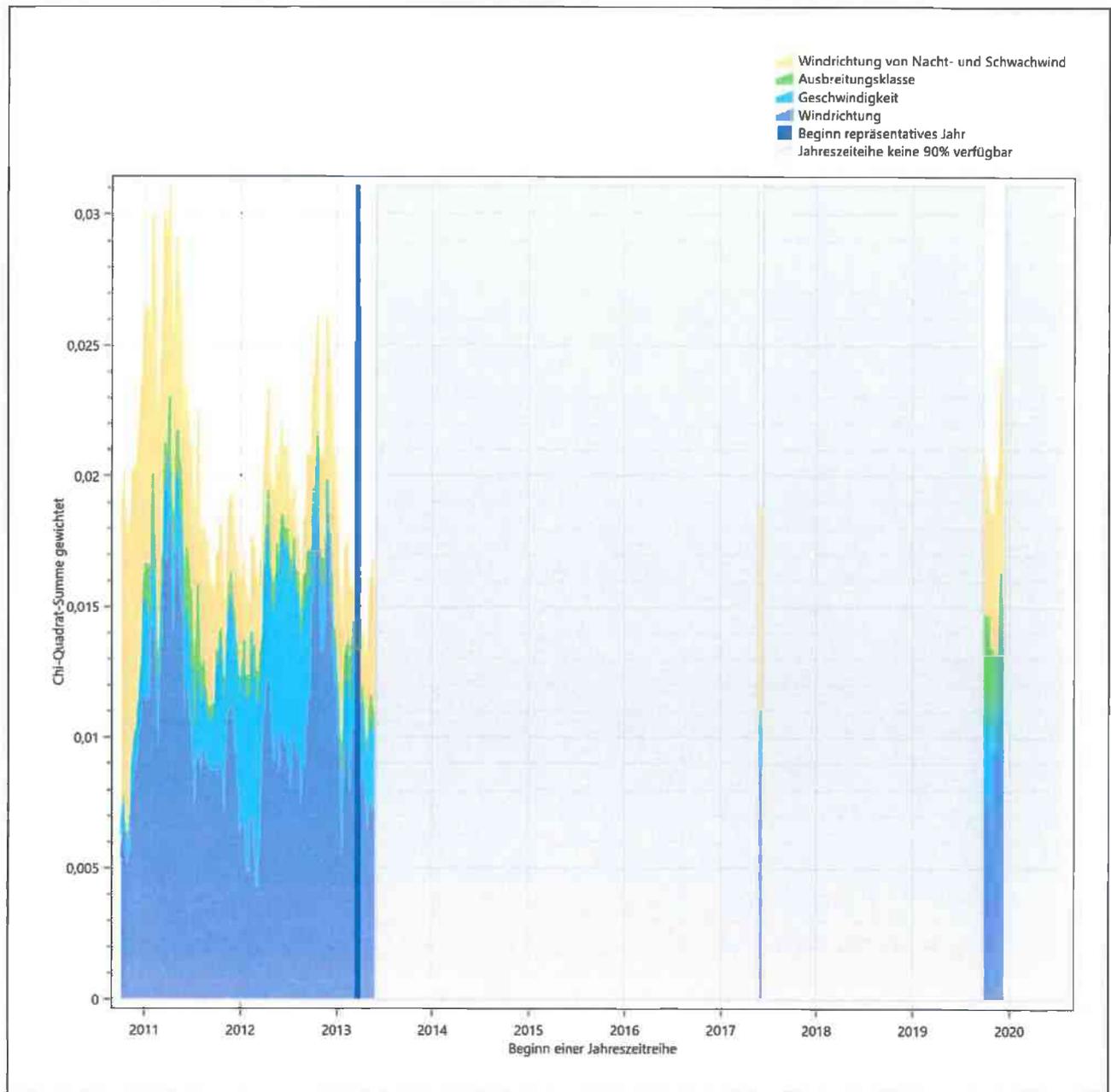


Abbildung 25: Gewichtete χ^2 -Summe und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum

Die zunächst mit Auswertung der gewichteten χ^2 -Summe durchgeführte Suche nach dem repräsentativen Jahr wird erweitert, indem auch geprüft wird, ob das gefundene repräsentative Jahr in der σ -Umgebung der für den Gesamtzeitraum ermittelten Standardabweichung liegen. Auch diese Vorgehensweise ist im Detail in der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [7] (Anhang A3.1) beschrieben.

Für jede Verteilung der zu bewertenden Parameter (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Ausbreitungsklasse, Richtung der Nacht- und Schwachwinde) wird die Standardabweichung über den Gesamtzeitraum bestimmt. Anschließend erfolgt für jeden Einzelzeitraum die Ermittlung der Fälle, in denen die Klassen der untersuchten Parameter innerhalb der Standardabweichung des Gesamtzeitraumes (σ -Umgebung) liegen.

Die Anzahl von Klassen, die für jeden Parameter innerhalb der σ -Umgebung des Gesamtzeitraumes liegen, ist wiederum ein Gütemaß dafür, wie gut der untersuchte Einzelzeitraum mit dem Gesamtzeitraum übereinstimmt. Je höher die Anzahl, umso besser ist die Übereinstimmung. In Anlehnung an die Auswertung der gewichteten χ^2 -Summe wird auch hier eine gewichtete Summe aus den einzelnen Parametern gebildet, wobei die gleichen Wichtefaktoren wie beim χ^2 -Test verwendet werden.

In der folgenden Grafik ist diese gewichtete Summe zusammen mit den Beiträgen der einzelnen Parameter für jeden Einzelzeitraum dargestellt.

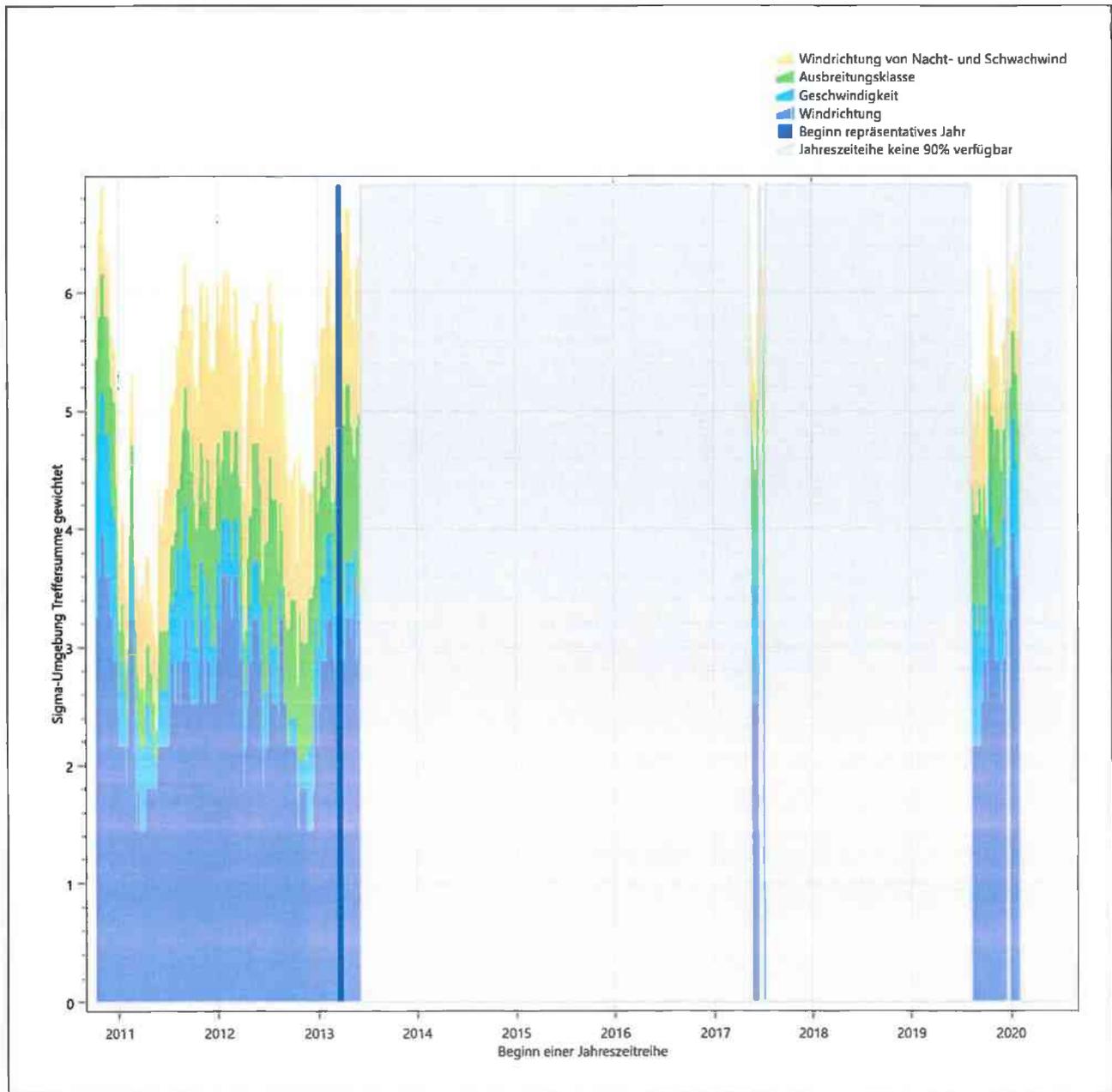


Abbildung 26: Gewichtete σ -Umgebung-Treffersumme und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum

Erfahrungsgemäß wird für das aus dem χ^2 -Test gefundene repräsentative Jahr vom 20.03.2013 bis zum 20.03.2014 nicht auch immer mit dem Maximum der gewichteten σ -Umgebung-Treffersumme

zusammenfallen. Im vorliegenden Fall lässt sich jedoch für das repräsentative Jahr feststellen, dass 96 % aller anderen untersuchten Einzelzeiträume eine schlechtere σ -Umgebung-Treffersumme aufweisen. Dies kann als Bestätigung angesehen werden, dass das aus dem χ^2 -Test gefundene repräsentative Jahr als solches verwendet werden kann.

6.3 Prüfung auf Plausibilität

Der im vorigen Schritt gefundene Testzeitraum mit der größten Ähnlichkeit zum Gesamtzeitraum erstreckt sich vom 20.03.2013 bis zum 20.03.2014. Inwieweit diese Jahreszeitreihe tatsächlich für den Gesamtzeitraum repräsentativ ist, soll anhand einer abschließenden Plausibilitätsprüfung untersucht werden.

Dazu sind in den folgenden Abbildungen die Verteilungen der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit, der Ausbreitungsklasse und der Richtung von Nacht- und Schwachwinden für die ausgewählte Jahreszeitreihe dem Gesamtzeitraum gegenübergestellt.

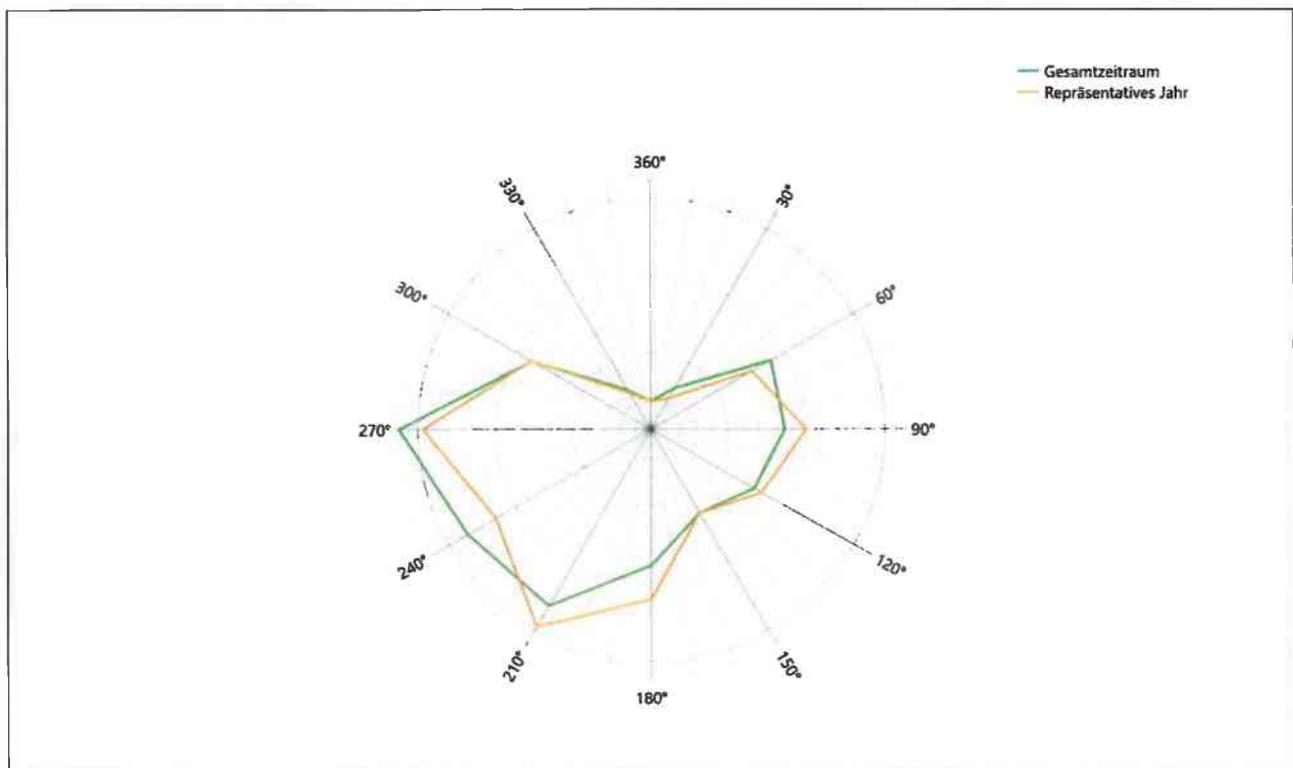


Abbildung 27: Vergleich der Windrichtungsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

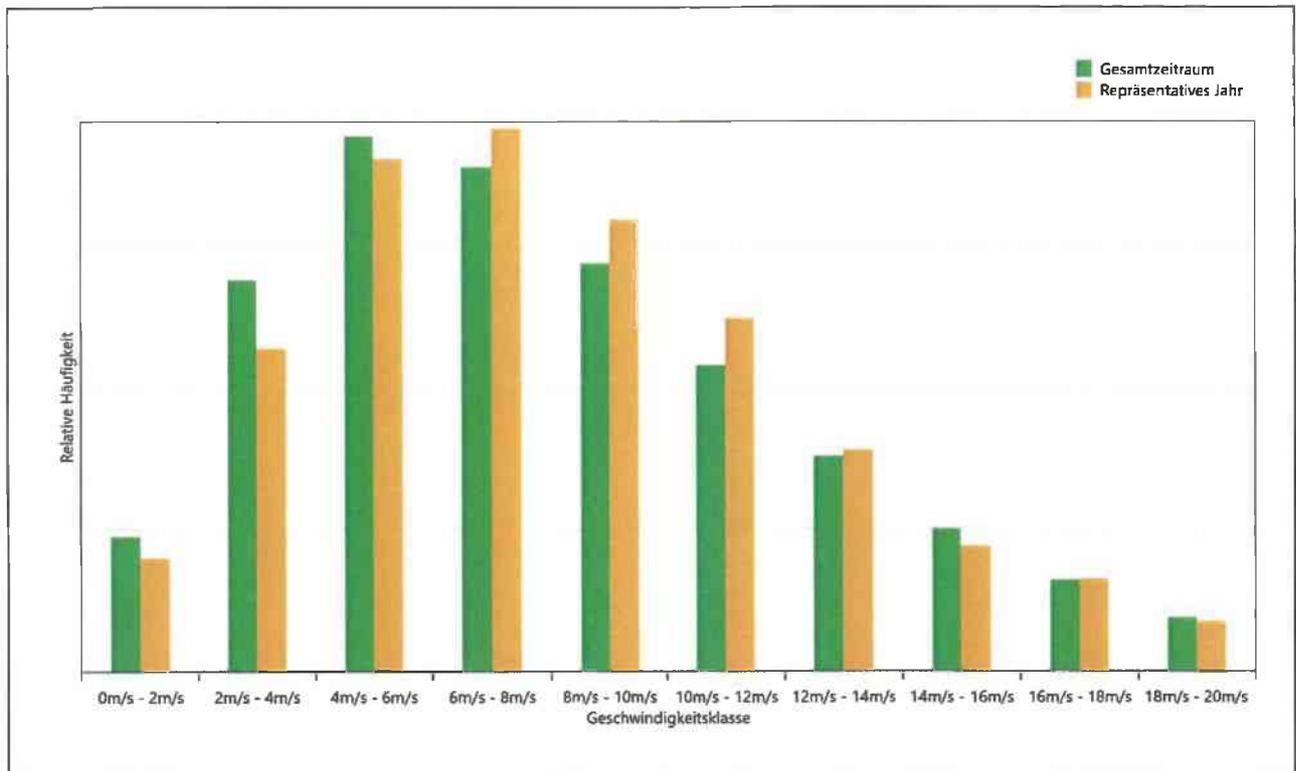


Abbildung 28: Vergleich der Windgeschwindigkeitsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

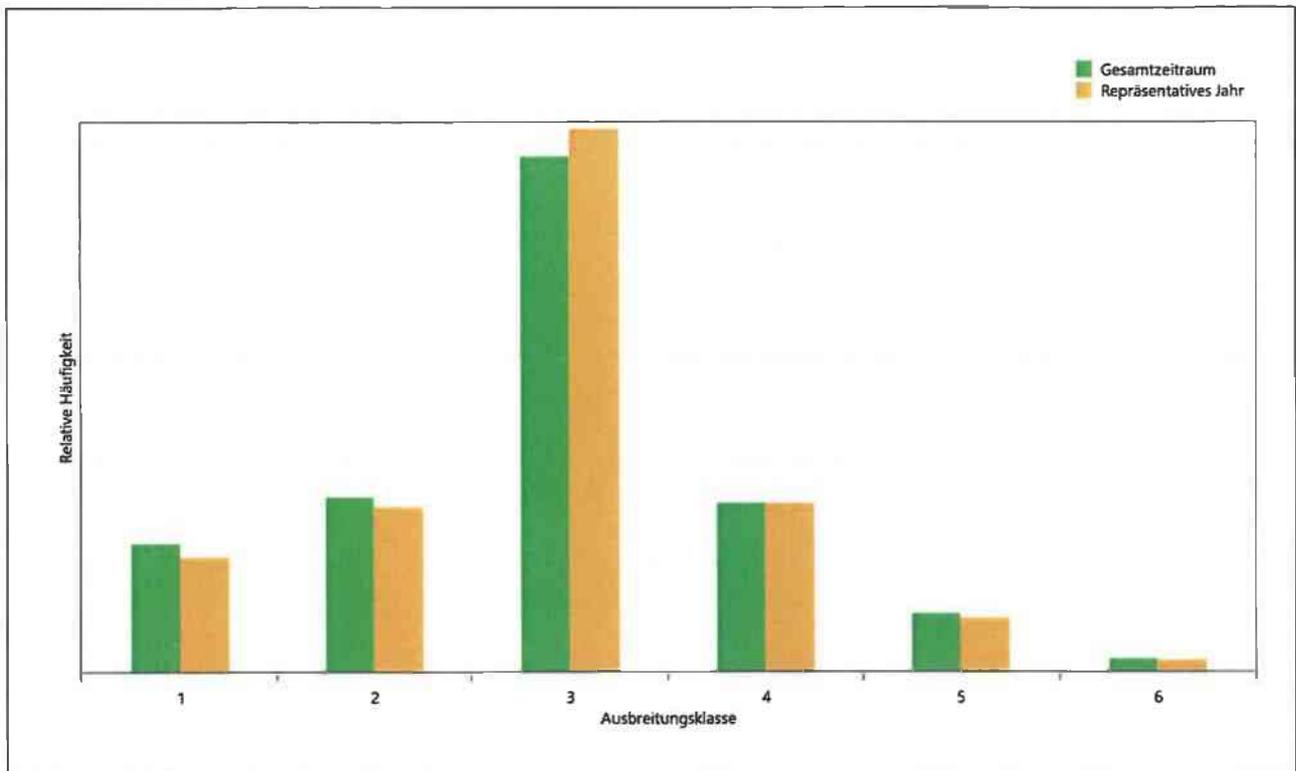


Abbildung 29: Vergleich der Verteilung der Ausbreitungsklasse für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

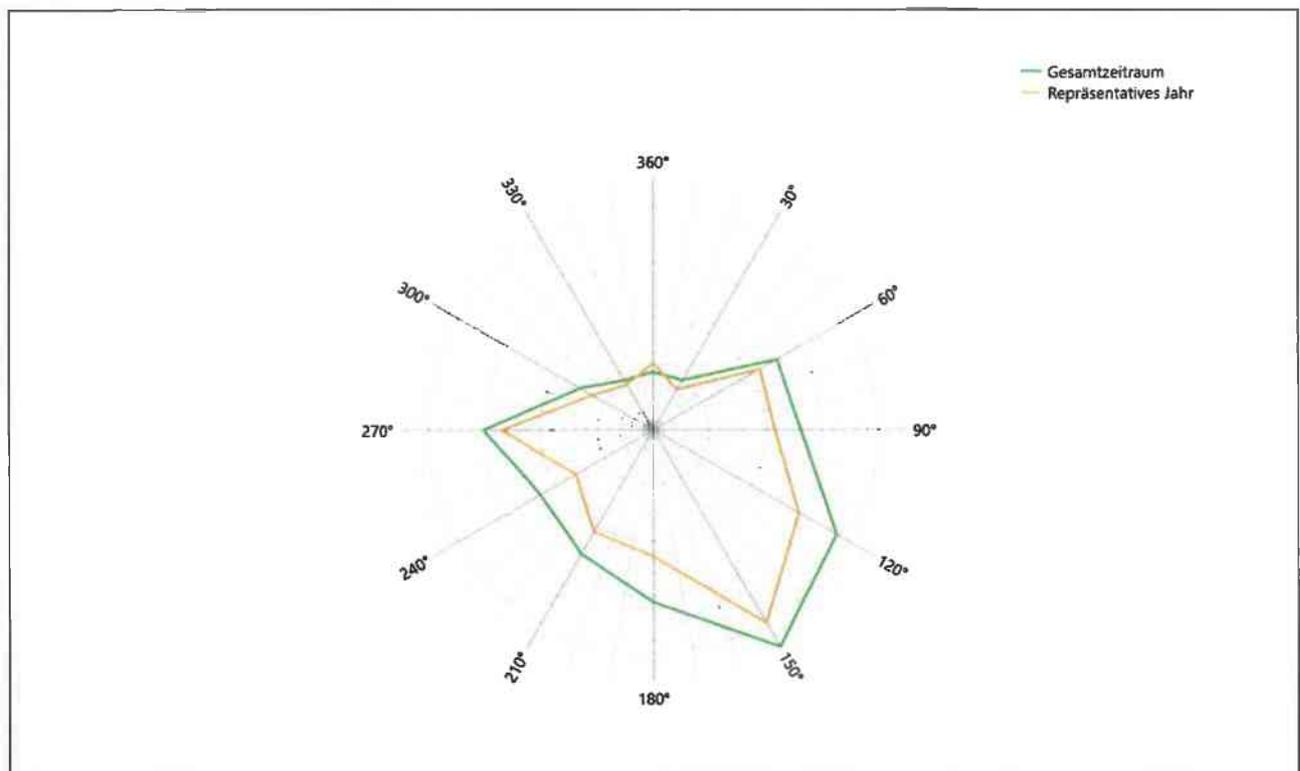


Abbildung 30: Vergleich der Richtungsverteilung von Nacht- und Schwachwinden für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

Anhand der Grafiken ist erkennbar, dass sich die betrachteten Verteilungen für die ausgewählte Jahreszeitreihe kaum von denen des Gesamtzeitraumes unterscheiden.

Daher kann davon ausgegangen werden, dass der Zeitraum vom 20.03.2013 bis zum 20.03.2014 ein repräsentatives Jahr für die Station Hohn im betrachteten Gesamtzeitraum vom 05.10.2010 bis zum 31.07.2021 ist.

7 Beschreibung der Datensätze

7.1 Effektive aerodynamische Rauiglängelänge

7.1.1 Theoretische Grundlagen

Die Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauiglängelänge wird gemäß dem DWD-Merkblatt „Effektive Rauiglängelänge aus Windmessungen“ [8] vorgenommen. Ausgangspunkt der Betrachtungen ist, dass die Rauiglängelänge über luvseitig des Windmessgerätes überströmte heterogene Oberflächen aus den gemessenen Winddaten extrahiert werden kann. Insbesondere Turbulenz und Böigkeit der Luftströmung tragen diese Informationen in sich.

Der Deutsche Wetterdienst stellt die zur Auswertung benötigten Messwerte über ausreichend große Zeiträume als 10-Minuten-Mittelwerte zur Verfügung. Unter anderem sind dies die mittlere Windgeschwindigkeit \bar{u} , die maximale Windgeschwindigkeit u_{max} , die mittlere Windrichtung und die Standardabweichung der Longitudinalkomponente σ_u .

Zur Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit aus diesen Messwerten muss die Art des Messgerätes Berücksichtigung finden, da eine Trägheit der Apparatur Einfluss auf die Dynamik der Windmessdaten ausübt. In diesem Zusammenhang müssen Dämpfungsfaktoren bestimmt werden, die sich für digital, nicht trägheitslose Messverfahren nach den Verfahren von Beljaars (Dämpfungsfaktor A_B) [11], [12] und für analoge nach dem Verfahren von Wieringa (Dämpfungsfaktor A_W) [13], [14] ermitteln lassen.

Ausgangspunkt aller Betrachtungen ist das logarithmische vertikale Windprofil in der Prandtl-Schicht für neutraler Schichtung. Die Geschwindigkeit nimmt dann wie folgt mit der Höhe z zu:

$$\bar{u}(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln\left(\frac{z-d}{z_0}\right) \quad (1)$$

hierbei stellen z die Messhöhe, z_0 die Rauiglängelänge, u_* die Schubspannungsgeschwindigkeit, die sich aus $\sigma_u = C u_*$ berechnen lässt, $\kappa \approx 0,4$ die Von-Karman-Konstante und $d = B z_0$ die Verdrängungshöhe dar. Im Folgenden seien dabei Werte $C = 2,5$ (neutrale Schichtung) und $B = 6$ verwendet, die in der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 8 [6] begründet werden. In späteren Anwendungen wird Gleichung (1) nach z_0 aufgelöst. Zur Wahrung der Voraussetzungen dieser Theorie in der Prandtl-Schicht ergeben sich folgende Forderungen für die mittlere Windgeschwindigkeit \bar{u} und die Turbulenzintensität I :

$$\bar{u}_i \geq \bar{u}_{min} = 5 \text{ms}^{-1} \quad (2)$$

und

$$I = \frac{\sigma_u}{\bar{u}} = \frac{1}{A_B} \frac{\sigma_{u,m}}{\bar{u}} < 0,5 \quad (3)$$

Die Forderung nach neutraler Schichtung resultiert in einer minimalen, mittleren Windgeschwindigkeit \bar{u}_{min} , die nicht unterschritten werden sollte (2), und die Einhaltung der näherungsweise Konstanz der turbulenten Flüsse, der „eingefrorenen Turbulenz“, (3). Beides wird im Merkblatt des Deutschen Wetterdienstes [8] anhand der Literatur begründet. Der Index „m“ steht dabei für gemessene Werte und „i“ bezeichnet alle Werte, die nach diesen Kriterien zur Mittelung herangezogen werden können.

Das folgende Schema, das im Anschluss näher erläutert wird, zeigt den Ablauf des Verfahrens je nach verwendeter Gerätetechnik.

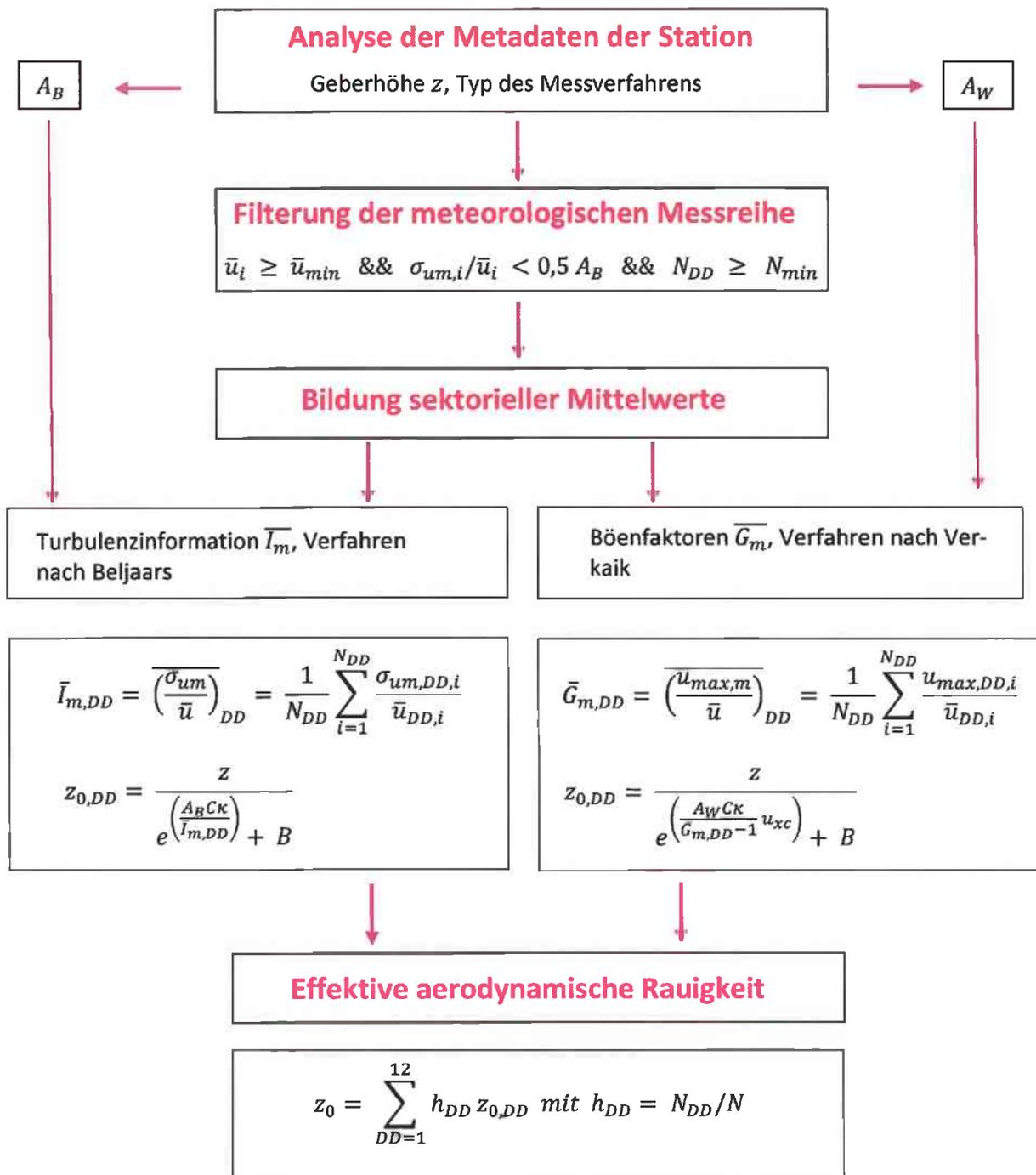


Abbildung 31: Schematischer Ablauf zur Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit

Im Merkblatt des Deutschen Wetterdienstes [8] stellt sich der Algorithmus zur Berechnung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit über die nachfolgend beschriebene Schrittfolge dar: Zunächst müssen die Metadaten der Station nach Höhe des Windgebers über Grund (Geberhöhe z) und nach Art des Messverfahrens

durchsucht werden, um die Dämpfungsfaktoren A_B oder A_W zuzuordnen. Unter Beachtung von Gleichung (2) stellt man für den untersuchten Zeitraum sicher, dass mindestens 6 Werte pro Windrichtungsklasse zur Verfügung stehen. Ist dies nicht der Fall, reduziert man sukzessive den Schwellwert \bar{u}_{min} von 5 ms^{-1} auf 4 ms^{-1} , bis die Bedingung erfüllt ist. Eine Untergrenze des Schwellwertes von 3 ms^{-1} , wie sie im DWD-Merkblatt Erwähnung findet, wird hier nicht zur Anwendung gebracht, um die Forderung nach neutraler Schichtung möglichst konsequent durchzusetzen. Kann man darüber die Mindestzahl von 6 Messungen pro Windrichtungssektor nicht erreichen, erweitert man die zeitliche Basis symmetrisch über den anfänglich untersuchten Zeitraum hinaus und wiederholt die Prozedur.

Anhand der vorgefundenen Messtechnik entscheidet man, ob die gemessene Turbulenzinformation $\overline{I_m}$ (Verfahren nach Beljaars, prioritäre Empfehlung) oder der gemessene Böenfaktor $\overline{G_m}$ (Verfahren nach Verkaik bzw. Wieringa) verwendet werden kann. Danach werden in jedem Fall sektorielle Mittelwerte für jede Windrichtungsklasse gebildet, entweder $\overline{I_{m,DD}}$ für die Turbulenzinformation oder $\overline{G_{m,DD}}$ für die Böenfaktoren. Dies führt dann zu jeweiligen sektoriellen Rauigkeiten $z_{o,DD}$. Aus diesen wird schließlich durch gewichtete Mittelung die effektive aerodynamische Rauigkeit der Station ermittelt, wobei als Wichtefaktoren der Sektoren die jeweilige Häufigkeit der Anströmung aus diesem Sektor verwendet wird.

7.1.2 Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit im konkreten Fall

Die effektive aerodynamische Rauigkeit musste im vorliegenden Fall für die Station Hohn und den Zeitraum vom 20.03.2013 bis zum 20.03.2014 bestimmt werden. Das bevorzugte, oben beschriebene Verfahren, die Rauigkeit aus den Winddaten selbst zu berechnen, war in diesem Fall nicht anwendbar, weil die dazu benötigten Turbulenzdaten von dieser Station nicht bereitgestellt werden. Die Rauigkeit wurde deshalb herkömmlich über die Landnutzung bestimmt.

Eine Verteilung der Bodenrauigkeit um den Standort ist aus der folgenden Abbildung ersichtlich. Die Daten wurden dem CORINE-Kataster [1] entnommen.

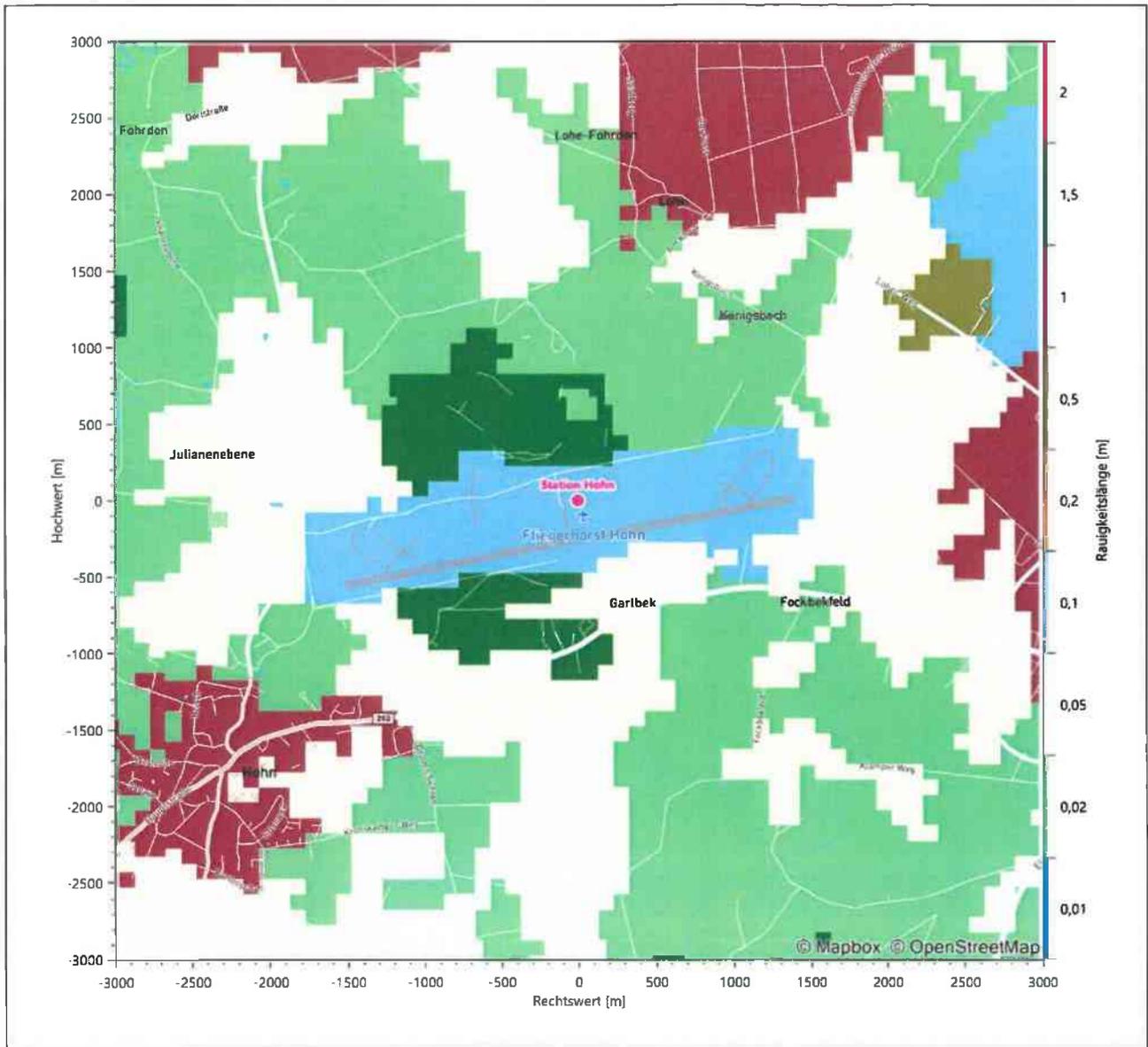


Abbildung 32: Rauigkeitslänge in Metern in der Umgebung der Station nach CORINE-Datenbank

Die aerodynamisch wirksame Rauigkeitslänge wurde über ein Gebiet mit Radius von 3 km um die Station ermittelt, wobei für jede Anströmrichtung die Rauigkeit im zugehörigen Sektor mit der relativen Häufigkeit der Anströmung aus diesem Sektor gewichtet wurde. Für die Station Hohn ergibt das im betrachteten Zeitraum vom 20.03.2013 bis zum 20.03.2014 einen Wert von etwa 0,141 m.

7.2 Rechnerische Anemometerhöhen in Abhängigkeit von der Rauigkeitsklasse

Die für Ausbreitungsrechnungen notwendigen Informationen zur Anpassung der Windgeschwindigkeiten an die unterschiedlichen mittleren aerodynamischen Rauigkeiten zwischen der Windmessung (Station Hohn) und der Ausbreitungsrechnung werden durch die Angabe von 9 Anemometerhöhen in der Zeitreihendatei gegeben.

Je nachdem, wie stark sich die Rauigkeit an der ausgewählten Bezugswindstation von der für die Ausbreitungsrechnung am Standort verwendeten Rauigkeit unterscheiden, werden die Windgeschwindigkeiten implizit skaliert. Dies geschieht nicht durch formale Multiplikation aller Geschwindigkeitswerte mit einem geeigneten Faktor, sondern durch die Annahme, dass die an der Bezugswindstation gemessene Geschwindigkeit nach Übertragung an die EAP dort einer größeren oder kleineren (oder im Spezialfall auch derselben) Anemometerhöhe zugeordnet wird. Über das logarithmische Windprofil in Bodennähe wird durch die Verschiebung der Anemometerhöhe eine Skalierung der Windgeschwindigkeiten im berechneten Windfeld herbeigeführt.

Die aerodynamisch wirksame Rauigkeitslänge an der Bezugswindstation Hohn wurde nach dem im Abschnitt 7.1.2 beschriebenen Verfahren berechnet. Für Hohn ergibt das im betrachteten Zeitraum vom 20.03.2013 bis zum 20.03.2014 einen Wert von 0,141 m. Daraus ergeben sich die folgenden, den Rauigkeitsklassen der TA Luft zugeordneten Anemometerhöhen. Das Berechnungsverfahren dazu wurde der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 8 [6] entnommen.

Tabelle 10: Rechnerische Anemometerhöhen in Abhängigkeit von der Rauigkeitsklasse für die Station Hohn

Rauigkeitsklasse [m]:	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20	0,50	1,00	1,50	2,00
Anemometerhöhe [m]:	4,0	4,6	6,6	8,7	11,6	17,3	24,0	29,4	34,2

7.3 Ausbreitungsklassenzeitreihe

Aus den Messwerten der Station Hohn für Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Bedeckung wurde eine Ausbreitungsklassenzeitreihe gemäß den Vorgaben der TA Luft in Anhang 3 Ziffer 8 [9] erstellt. Die gemessenen meteorologischen Daten werden als Stundenmittel angegeben, wobei die Windgeschwindigkeit vektoriell gemittelt wird. Die Verfügbarkeit der Daten soll nach TA Luft mindestens 90 % der Jahresstunden betragen. Im vorliegenden Fall wurde eine Verfügbarkeit von 94 % bezogen auf das repräsentative Jahr vom 20.03.2013 bis zum 20.03.2014 erreicht.

Die rechnerischen Anemometerhöhen gemäß Tabelle 10 wurden im Dateikopf hinterlegt.

8 Hinweise für die Ausbreitungsrechnung

Die Übertragbarkeit der meteorologischen Daten von den Messstationen wurde für einen Aufpunkt etwa 1,1 km nördlich des Standortes (Rechtswert: 32515950, Hochwert: 5983950) geprüft. Dieser Punkt wurde mit einem Rechenverfahren ermittelt, und es empfiehlt sich, diesen Punkt auch als Ersatzanemometerposition bei einer entsprechenden Ausbreitungsrechnung zu verwenden. Dadurch erhalten die meteorologischen Daten einen sachgerecht gewählten Ortsbezug im Rechengebiet.

Bei der Ausbreitungsrechnung ist es wichtig, eine korrekte Festlegung der Bodenrauigkeit vorzunehmen, die die umgebende Landnutzung entsprechend würdigt. Nur dann kann davon ausgegangen werden, dass die gemessenen Windgeschwindigkeiten sachgerecht auf die Verhältnisse im Untersuchungsgebiet skaliert werden.

Die zur Übertragung vorgesehenen meteorologischen Daten dienen als Antriebsdaten für ein Windfeldmodell, das für die Gegebenheiten am Standort geeignet sein muss. Bei der Ausbreitungsrechnung ist zu beachten, dass lokale meteorologische Besonderheiten wie Kaltluftabflüsse nicht in den Antriebsdaten für das Windfeldmodell abgebildet sind. Dies folgt der fachlich etablierten Ansicht, dass lokale meteorologische Besonderheiten über ein geeignetes Windfeldmodell und nicht über die Antriebsdaten in die Ausbreitungsrechnung eingehen müssen. Die Dokumentation zur Ausbreitungsrechnung (Immissionsprognose) muss darlegen, wie dies im Einzelnen geschieht.

Ein weiteres Phänomen für die betrachtete Region stellen Land-See-Windssysteme dar. Dies sind tagesperiodische Winde, die aufgrund der unterschiedlichen Abkühlung und Erwärmung von Land und See thermisch induziert werden. Eine typische Ausdehnung solcher Systeme sind etwa 50 km. Für das betrachtete Untersuchungsgebiet würden sie sich quer zur großräumigen Küstenlinie einstellen, also in Ost-West-Richtung. Aufgrund der geringen Entfernung (verglichen mit der Skala von 50 km) von Untersuchungsgebiet bzw. Bezugswindstation zur Küste kann davon ausgegangen werden, dass Land-See-Windssysteme sowohl im Untersuchungsgebiet als auch an der Bezugswindstation gleichermaßen wirken. Bei einer Übertragung der meteorologischen Daten wird das Phänomen also berücksichtigt und muss nicht gesondert behandelt werden.

Die geprüfte Übertragbarkeit der meteorologischen Daten gilt prinzipiell für Ausbreitungsklassenzeitreihen (AKTERM) gleichermaßen wie für Ausbreitungsklassenstatistiken (AKS). Die Verwendung von Ausbreitungsklassenstatistiken unterliegt mehreren Vorbehalten, zu denen aus meteorologischer Sicht die Häufigkeit von Schwachwindlagen gehört (Grenzwert für die Anwendbarkeit ist 20 %).

9 Zusammenfassung

Für den zu untersuchenden Standort in Burg (Dithmarschen) wurde überprüft, ob sich die meteorologischen Daten einer oder mehrerer Messstationen des Deutschen Wetterdienstes zum Zweck einer Ausbreitungsrechnung nach Anhang 3 der TA Luft übertragen lassen.

Als Ersatzanemometerposition empfiehlt sich dabei ein Punkt mit den UTM-Koordinaten 32515950, 5983950.

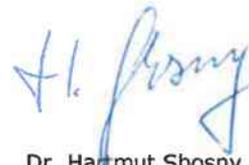
Von den untersuchten Stationen ergibt die Station Hohn die beste Eignung zur Übertragung auf die Ersatzanemometerposition. Die Daten dieser Station sind für eine Ausbreitungsrechnung am betrachteten Standort verwendbar.

Als repräsentatives Jahr für diese Station wurde aus einem Gesamtzeitraum vom 05.10.2010 bis zum 31.07.2021 das Jahr vom 20.03.2013 bis zum 20.03.2014 ermittelt.

Frankenberg, am 19. Oktober 2021



Dipl.-Phys. Thomas Köhler
- erstellt -



Dr. Hartmut Sbosny
- freigegeben -

10 Prüfliste für die Übertragbarkeitsprüfung

Die folgende Prüfliste orientiert sich an Anhang B der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [7] und soll bei der Prüfung des vorliegenden Dokuments Hilfestellung leisten.

Abschnitt in VDI 3783 Blatt 20	Prüfpunkt	Entfällt	Vorhanden	Abschnitt/ Seite im Dokument
5	Allgemeine Angaben			
	Art der Anlage		<input checked="" type="checkbox"/>	1 / 5
	Lage der Anlage mit kartografischer Darstellung		<input checked="" type="checkbox"/>	2.1 / 6
	Höhe der Quelle(n) über Grund und NHN		<input checked="" type="checkbox"/>	1 / 5
	Angaben über Windmessstandorte verschiedener Messnetzbetreiber und über Windmessungen im Anlagenbereich		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 15
	Besonderheiten der geplanten Vorgehensweise bei der Ausbreitungsrechnung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Angaben zu Bezugswindstationen			
	Auswahl der Bezugswindstationen dokumentiert (Entfernungsangabe, gegebenenfalls Wegfall nicht geeigneter Stationen)		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 15
	Für alle Stationen Höhe über NHN		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 17
	Für alle Stationen Koordinaten		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 17
	Für alle Stationen Windgeberhöhe		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 17
	Für alle Stationen Messzeitraum und Datenverfügbarkeit		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 17
	Für alle Stationen Messzeitraum zusammenhängend mindestens 5 Jahre lang		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 17
	Für alle Stationen Beginn des Messzeitraums bei Bearbeitungsbeginn nicht mehr als 15 Jahre zurückliegend		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 17
	Für alle Stationen Rauigkeitslänge		<input checked="" type="checkbox"/>	0 / 23
	Für alle Stationen Angaben zur Qualitätssicherung vorhanden		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 15...18
	Lokale Besonderheiten einzelner Stationen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 15...18
6	Prüfung der Übertragbarkeit			
6.2.1	Zielbereich bestimmt und Auswahl begründet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.3 / 12
6.2.2	Erwartungswerte für Windrichtungsverteilung im Zielbereich bestimmt und nachvollziehbar begründet		<input checked="" type="checkbox"/>	0 / 18...23
6.2.2	Erwartungswerte für Windgeschwindigkeitsverteilung im Zielbereich bestimmt und nachvollziehbar begründet		<input checked="" type="checkbox"/>	0 / 18...23
6.2.3.2	Messwerte der meteorologischen Datenbasis auf einheitliche Rauigkeitslänge und Höhe über Grund umgerechnet		<input checked="" type="checkbox"/>	0 / 18...23
6.2.3.1	Abweichung zwischen erwartetem Richtungsmaximum und Messwert der Bezugswindstationen ermittelt und mit 30° verglichen		<input checked="" type="checkbox"/>	0 / 23

Abschnitt in VDI 3783 Blatt 20	Prüfpunkt	Entfällt	Vorhanden	Abschnitt/ Seite im Dokument
6.2.3.2	Abweichung zwischen Erwartungswert des vieljährigen Jahresmittelwerts der Windgeschwindigkeit und Messwert der Bezugswindstationen ermittelt und mit $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ verglichen		<input checked="" type="checkbox"/>	4.5 / 31
6.1	Als Ergebnis die Übertragbarkeit der Daten einer Bezugswindstation anhand der geprüften Kriterien begründet (Regelfall) oder keine geeignete Bezugswindstation gefunden (Sonderfall)		<input checked="" type="checkbox"/>	4.6 / 32
6.3	Sonderfall			
	Bei Anpassung gemessener meteorologischer Daten: Vorgehensweise und Modellansätze dokumentiert und deren Eignung begründet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Bei Anpassung gemessener meteorologischer Daten: Nachweis der räumlichen Repräsentativität der angepassten Daten	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.4	Repräsentatives Jahr			
	Bei Auswahl eines repräsentativen Jahres: Auswahlverfahren dokumentiert und dessen Eignung begründet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.2 / 41
	Bei Auswahl eines repräsentativen Jahres: Angabe, ob bei Auswahl auf ein Kalenderjahr abgestellt wird oder nicht (beliebiger Beginn der Jahreszeitreihe)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.2 / 41
	Bei Auswahl eines repräsentativen Jahres: Messzeitraum mindestens 5 Jahre lang und bei Bearbeitungsbeginn nicht mehr als 15 Jahre zurückliegend	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.1 / 37
7.1	Erstellung des Zieldatensatzes			
	Anemometerhöhen in Abhängigkeit von den Rauigkeitsklassen nach TA Luft in Zieldatensatz integriert		<input checked="" type="checkbox"/>	7.1 / 49
	Bei Verwendung von Stabilitätsinformationen, die nicht an der Bezugswindstation gewonnen wurden: Herkunft der Stabilitätsinformationen dokumentiert und deren Eignung begründet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Sonstiges			
7.2	Bei Besonderheiten im Untersuchungsgebiet: Hinweise für die Ausbreitungsrechnung und Angaben, unter welchen Voraussetzungen die Verwendung der bereitgestellten meteorologischen Daten zu sachgerechten Ergebnissen im Sinne des Anhangs zur Ausbreitungsrechnung der TA Luft führt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8 / 55

11 Schrifttum

- [1] Statistisches Bundesamt, *Daten zur Bodenbedeckung für die Bundesrepublik Deutschland*, Wiesbaden.
- [2] VDI 3783 Blatt 16 - Verein Deutscher Ingenieure e.V., *Umweltmeteorologie - Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle - Verfahren zur Anwendung in Genehmigungsverfahren nach TA Luft*, Berlin: Beuth-Verlag, vom März 2017; in aktueller Fassung.
- [3] D. Öttl, „Documentation of the prognostic mesoscale model GRAMM (Graz Mesoscale Model) Vs. 17.1,“ Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz, 2017.
- [4] VDI 3783 Blatt 21 - Verein Deutscher Ingenieure e.V., *Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung meteorologischer Daten für die Ausbreitungsrechnung nach TA Luft und GIRL*, Berlin: Beuth-Verlag, vom März 2017; in aktueller Fassung.
- [5] Deutscher Wetterdienst, „Climate Data Center, CDC-Newsletter 6,“ Offenbach, 2017.
- [6] VDI 3783 Blatt 8 - Verein Deutscher Ingenieure e.V., *Umweltmeteorologie - Messwertgestützte Turbulenzparametrisierung für Ausbreitungsmodelle (Entwurf)*, Berlin: Beuth-Verlag, vom April 2017; in aktueller Fassung.
- [7] VDI 3783 Blatt 20 - Verein Deutscher Ingenieure e.V., *Umweltmeteorologie - Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten zur Anwendung im Rahmen der TA Luft*, Berlin: Beuth-Verlag, vom März 2017; in aktueller Fassung.
- [8] M. Koßmann und J. Namyslo, „Merkblatt Effektive Rauigkeitslänge aus Windmessungen,“ Deutscher Wetterdienst, Offenbach, 2019.
- [9] TA Luft - Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, *Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz*, vom 24. Juli 2002 (GMBl. Nr. 25 - 29 vom 30.07.2002 S. 511); in aktueller Fassung.
- [10] R. Petrich, „Praktische Erfahrungen bei der Prüfung der Übertragbarkeit meteorologischer Daten nach Richtlinie VDI 3783 Blatt 20 (E),“ *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft*, pp. 311 - 315, 07/08 2015.
- [11] A. C. M. Beljaars, „The influence of sampling and filtering on measured wind gusts,“ *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Nr. 4, pp. 613-626, 1987.
- [12] A. C. M. Beljaars, „The measurement of gustiness at routine wind stations – a review,“ *Instruments and Observing Methods*, Nr. Reports No. 31, 1987.
- [13] J. Wieringa, „Gust factors over open water and built-up country,“ *Boundary-Layer Meteorology*, Nr. 3, pp. 424-441, 1973.
- [14] J. Wieringa, „An objective exposure correction method for average wind speeds measured at sheltered location,“ *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Nr. 102, pp. 241-253, 1976.
- [15] Deutscher Wetterdienst, „Handbuch Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere, extreme und zukünftige Witterungsverhältnisse,“ Offenbach, 2014.
- [16] Deutscher Wetterdienst, „TRY - Die neuen Testreferenzjahre für Deutschland,“ 2017. [Online]. Available: http://www.dwd.de/DE/leistungen/testreferenzjahre/try_zu-bbsr.html. [Zugriff am 31. Januar 2017].
- [17] VDI 3783 Blatt 10 - Verein Deutscher Ingenieure e.V., *Umweltmeteorologie - Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle - Gebäude und Hindernisumströmung*, Berlin: Beuth-Verlag, vom März 2010; in aktueller Fassung.
- [18] VDI 3783 Blatt 13 - Verein Deutscher Ingenieure e.V., *Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsprognose - Anlagenbezogener Immissionsschutz Ausbreitungsrechnungen gemäß TA Luft*, Berlin: Beuth-Verlag, vom Januar 2010; in aktueller Fassung.