DEUTSCHER WETTERDIENST

Abteilung Klima- und Umweltberatung

AMTLICHES GUTACHTEN

Qualifizierte Prüfung (QPR)
der Übertragbarkeit einer Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) bzw. einer Ausbreitungszeitreihe (AKTerm) nach TA Luft 2002 auf den Standort 18551 Sagard

Auftraggeber: SFI – Sachverständige für Immissionsschutz
Paul – Lincke – Ufer 8d
10999 Berlin

Wissenschaftliche Bearbeitung: Kirsten Heinrich

Hamburg, 08. Juni 2010

DAP-PL-3864.99
Akkreditiert nach
DIN EN ISO/IEC
17025:2005

Dipl.-Met. Wolfgang Riecke
Leiter der Regionalen Klima- und Umweltberatung Hamburg

Dipl.-Met. Kirsten Heinrich
Regionale Klima- und Umweltberatung Hamburg

Dieses Gutachten ist urheberrechtlich geschützt, außerhalb der mit dem Auftraggeber vertraglich vereinbarten Nutzungsrechte ist seine Vervielfältigung oder Weitergabe an Dritte sowie die Mitteilung seines Inhaltes, auch auszugsweise, nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Deutschen Wetterdienstes gestattet.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 3

2 Standortparameter 3

3 Verwendete Unterlagen 4

4 Beurteilungskriterien 4

5 Die topographische Situation im Untersuchungsgebiet 5

6 Einflüsse der Topographie auf die Luftströmung 7
6.1 Allgemeine Erläuterungen 7
6.2 Erwartete Lage der Häufigkeitsmaxima und –minima der Windrichtungsverteilung am Übertragungspunkt 7

7 Auswertung der mittleren Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit an den verfügbaren Bezugswindstationen 8
7.1 Verwendete Bezugswindstationen 8
7.2 Prüfung der Struktur der mittleren Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen 9
7.3 Prüfung des Jahresmittels der mittleren Windgeschwindigkeiten und Schwachwindhäufigkeiten 11

8 Abschätzung der lokalen topographischen Einflüsse auf das Windfeld am Standort 13

9 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten 13

10 Zusammenfassung 14

11 Literatur 15

12 Abbildungsverzeichnis 15

13 Tabellenverzeichnis 15

1 Einleitung

Mit Schreiben vom 01.06.2010 beauftragte die Firma SFI – Sachverständige für Immissionsschutz den Deutschen Wetterdienst eine Qualifizierte Prüfung (QPR) der Übertragbarkeit einer Zeitreihe von Ausbreitungsklassen (AKTerm) bzw. einer mehrjährigen Häufigkeitsverteilung von Ausbreitungssituationen (AKS) für den Standort 18551 Sagard durchzuführen. Aus fachlichen Gründen wird die vorrangige Nutzung einer Ausbreitungsklassenzeitreihe empfohlen. Insbesondere da hierdurch die „Meteorologie“ besser abgebildet wird und zeitlich variable Quellen realistischer behandelt werden.

Die Qualifizierte Prüfung (QPR) dient der Ermittlung einer mehrjährigen Häufigkeitsverteilung einer repräsentativen Zeitreihe (AKTerm) bzw. von Ausbreitungssituationen (AKS). Die AKTerm bzw. AKS wird so gewählt, dass sie – im Sinne der Technischen Anleitung TA Luft 2002 – auf den Standort der Anlage bzw. auf einen Punkt im Rechengebiet um den Standort der Anlage (Übertragungspunkt) übertragbar ist. Die angegebenen „effektiven Anemometerhöhen“ ermöglichen hierzu – je nach mittlerer Rauigkeitslänge – eine entsprechende Anpassung der Windverteilung an die Rauigkeitsklassen (CORINE – Kataster) am Standort (TA Luft, 2002; Anhang 3, Tabelle 4). Die entsprechenden Verfahrensbeschreibungen sind in aktueller Fassung unter www.dwd.de einzusehen.

Aktuelle Beschreibungen der Verfahren des DWD werden auf unserer Internetseite laufend bereitgestellt. Wir empfehlen sich hier regelmäßig zu informieren.
(http://www.dwd.de/ausbreitungsklassen)

2 Standortparameter

Standort der Anlage: 18551 Sagard/Rügen
westlicher Ortsrand von Sagard
Art der Anlage: Biogasanlage
Quellhöhe: ca. 10 m ü. Gr.
Größe des Rechengebietes: Radius ca. 3500 m

Tabelle 1: Gauß-Krüger-Koordinaten (in m) (Bessel-Ellipsoid; Potsdam-Datum; Zentralpunkt Rauenberg) des Standortes der Anlage

Rechtswert	Hochwert	Quellhöhe	Höhe über NN
54 05 570	60 44 900	ca.10 m	ca. 21 m

Modifizierungen des Windfeldes durch Gebäude oder andere umgebende Hindernisse, wie zum Beispiel Waldgebiete, finden in den nachfolgenden Betrachtungen keine Berücksichtigung.

3 Verwendete Unterlagen

Folgende Unterlagen werden verwendet:

1) Topographische Karten 1 : 25000 Normalausgabe des Landesvermessungsamtes Mecklenburg-Vorpommern

   1446 Glowe (2. Auflage 2004)
   1447 Sassnitz (2. Auflage 2004)
   1545 Gingst (2. Auflage 2003)
   1546 Bergen auf Rügen (2. Auflage 2004)
   1547 Binz (2. Auflage 2004)

   CD Top50 Mecklenburg-Vorpommern Version 1.5 – Landesvermessungsamt Mecklenburg-Vorpommern –

2) Windstatistiken der meteorologischen Beobachtungsstationen des Deutschen Wetterdienstes

   Arkona (DWD)
   Greifswald (DWD)
   Putbus (DWD)

3) Regionale statistische Erwartungswerte für Windparameter im Bereich des Standortes (Statistisches Windfeldmodell SWM des Deutschen Wetterdienstes)

4 Beurteilungskriterien

Für die Qualifizierte Prüfung werden folgende Beurteilungskriterien herangezogen:

a) Empirische Abschätzung der markanten Windrichtungen im Übertragungspunktbereich durch den Gutachter;
b) Vergleich der markanten Windrichtungen an den verfügbaren ausgewählten Bezugswindstationen und Abschätzung der räumlichen Repräsentanz
c) Vergleich des mittleren Jahresmittels der Windgeschwindigkeit (ff) und der Häufigkeiten der Windgeschwindigkeit kleiner als 1 m/s an den verfügbaren ausgewählten Bezugswindstationen in der entsprechenden Messhöhe und der Sollwerte am Übertragungsort einschließlich Schwachwindhäufigkeit in 10 m über Störniveau (TA Luft 2002 Anhang 3, Kapitel 12)
d) Abschätzung der lokalen topographischen Einflüsse (in Abhängigkeit von der Quellhöhe) auf das Windfeld am Übertragungsort auf der Grundlage von Ergebnissen einer Abschätzung durch Auswertung von topographischen Karten

5 Die topographische Situation im Untersuchungsgebiet

Weitere Umgebung: (siehe Abbildung 1)

Großräumig gesehen liegt Sagard im äußersten Nordosten Mecklenburg-Vorpommerns, in der Zone der Küstengebiete, speziell im Gebiet der Jasmunder Bodden und Nordostrügens.

Der Nord- und Ostteil der Insel stellt im Gegensatz zu Innerrügen ein flachwelliges Hügelland mit isolierten Höhenzügen und noch aktiven Steilküstenabschnitten dar. Geprägt durch einen letzten Eisvorstoß in der ausgehenden Würmeiszeit ist die Landschaft mit ihren Halbinseln, Bodden und Wieken durch eine starke Verzahnung von Land und Meer gekennzeichnet. Größere Ackerbereiche durchziehen das unruhige Relief, unterbrochen von mehr oder weniger großen Waldbereichen. Dazwischen breiten sich die Wasserflächen des Großen und Kleinen Jasmunder Boddens aus, zwei ehemalige Gletscherzungenbecken, die durch die nehrungsähnlichen Gebilde der mit Kiefern bestandenen Schaabe und Schmalen Heide vom Meer getrennt sind. Größere Waldflächen befinden sich auf der Halbinsel Jasmund (Stubnitz) und bei Granitz. Der Höhenkomplex der Stubnitz erhebt sich mehr als 160 m über dem Meeresspiegel. An den Steilufern bricht die Kreide in hohen Kliffs zum Meer hin ab. Diese Kreideufer beherrschen die Küstenabschnitte zwischen Saßnitz und Stubbenkammer und im Bereich Arkona, der nördlichsten Spitze Rügens. In der Landschaft dominiert die Ackernutzung, eine Grünlandnutzung findet man nur zu geringen Anteilen, vor allem im Bereich Südostrügens vor. (Auszug aus Landschaftssteckbriefe, Internetseite des Bundesamtes für Naturschutz, www.bfn.de)

Nähere Umgebung:

Sagard befindet sich im Westteil der Halbinsel Jasmund, ca. 5,5 km westlich der Prorer Wiek an deren Nordwestufer sich die Stadt Sassnitz erstreckt.
Der Planungsort liegt am westlichen Ortsrand von Sagard auf ca. 21 m ü. NN.

Das Umland des Standortes zeigt eine lebhafte Oberflächenstruktur. Nordnordwestlich, nördlich, östlich bis südsüdöstlich des Untersuchungsortes erfolgt in dem hügeligen Gelände ein allmählicher Anstieg des Terrains. Lediglich in südlicher bis westnordwestlicher Richtung überwiegt der Abfall des Umlandes.
Während im Norden der etwa 500 m entfernte Marlower Bach zunächst noch auf ca. 12 m ü. NN fließt, ist das Gelände nach weiteren etwa 700 m auf ca. 45 m Seehöhe angestiegen. Der etwa 3,1 km entfernte Zimmerbeilberg weist eine Höhe von ca. 60 m ü. NN auf.
Im Nordosten führt der Geländeanstieg nach 4,7 km bzw. 6,5 km am Raben- bzw. Piekberg zu ca. 142 bzw. 161 m ü. NN.
Etwa 2,2 km östlich weist das Gelände ca. 75 m ü. NN auf. Nach weiteren etwa 4 km ist es am Gralberg nördlich von Sassnitz schließlich auf ca. 127 m ü. NN angestiegen. Östlich des Untersuchungsortes wird der allmähliche Geländeanstieg von mehreren in die Landschaft eingeschnittenen Kreidetagebauen unterbrochen. Die Ostsee ist im Norden, Nordosten und Osten etwa 6 km, 9,8 km bzw. 8,5 km entfernt.
Südöstlich des Planungsortes erreicht der Siebenberg nach etwa 2,9 km fast 92 m ü. NN. Hier befindet sich das Ufer der Prorer Wiek in einer Entfernung von etwa 5,3 km.
Etwa 350 m südlich ist das Umland am Sagarder Bach auf ca. 10 m ü. NN abgefallen. Der Große Wostevitzer Teich befindet sich nach etwa 3,1 km nur noch auf Meeresniveau.
Südwestlich bis nordwestlich des Begutachtungsortes erfolgt bis zum etwa 1,9 bis 2,3 km entfernten Großen Jasmunder Bodden ein Abfall des Terrains auf 0 m ü. NN.

Die nächsten Siedlungsflächen weisen zum Planungsort folgende Entfernungen auf:

➢ nach Nordnordosten	ca. 0,4 km	(Sagard)
➢ nach Ostnordosten	ca. 0,3 km	(Sagard)
➢ nach Osten	ca. 0,4 km	(Sagard)
	ca. 1,9 km	(Quatzendorf)
	ca. 2,2 km	(Mönkendorf)
➢ nach Ostsüdosten	ca. 0,4 km	(Sagard)
	ca. 2,6 km	(Blieschow)
➢ nach Südsüdosten	ca. 0,6 km	(Sagard)
➢ nach Südsüdwesten	ca. 0,7 km	(Vorwerk)
	ca. 2,2 km	(Borchtitz)
➢ nach Westsüdwesten	ca. 0,7 km	(Vorwerk)
➢ nach Westnordwesten	ca. 1,5 km	(Neuhof)
➢ nach Nordnordwesten	ca. 2,4 km	(Polchow)

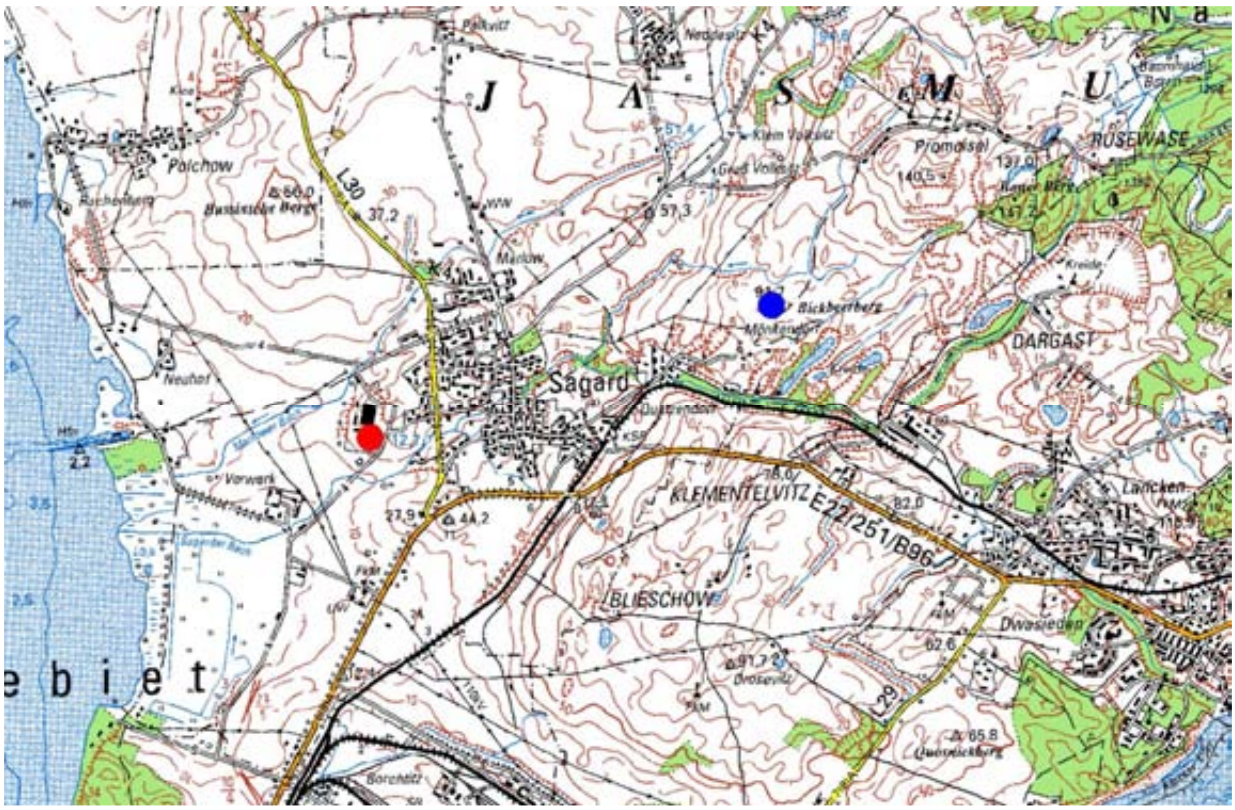

Abbildung 1: Lage des Standortes (roter Punkt) und Festlegung des Aufpunktes Xa, Ya (blauer Punkt)
[CD TOP 50 Version 1,5 Mecklenburg-Vorpommern – Landesvermessungsamt Mecklenburg-Vorpommern]

Rechengebiet

Für Ausbreitungsrechnungen z.B. mit AUSTAL 2000, ist es erforderlich ein Rechengebiet festzulegen. Gemäß TA-Luft 2002, Anhang 3, entspricht das Rechengebiet mindestens einem Kreis mit einem Radius, der das 50-fache der Quellhöhe, mindestens aber 1 km beträgt. Alternativ kann das Rechengebiet aber auch eine rechteckige oder quadratische Fläche überstreichen. Bei einer hier anzunehmenden Quellhöhe von ca. 10 m ü. Gr. ergibt sich ein Radius für das Rechengebiet von mindestens 1000 m.
Um die orographischen Verhältnisse besser berücksichtigen zu können, wird im vorliegenden Fall allerdings ein Radius des Rechengebietes von mindestens 3,5 km vorgeschlagen.

6 Einflüsse der Topographie auf die Luftströmung

6.1 Allgemeine Erläuterungen

Die großräumige Luftdruckverteilung bestimmt die vorherrschende Richtung des Höhenwindes in einer Region. Im Jahresmittel ergeben sich hieraus häufige südsüdwestliche bis westliche Windrichtungen. Das Geländerelief hat jedoch einen erheblichen Einfluss sowohl auf die Windrichtung infolge Ablenkung oder Kanalisierung als auch auf die Windgeschwindigkeit durch Effekte der Windabschattung oder Düsenwirkung.
Außerdem modifiziert die Beschaffenheit des Untergrundes (Freiflächen, Wald, Bebauung, Wasserflächen) die lokale Windgeschwindigkeit, in geringem Maße aber auch die lokale Windrichtung infolge unterschiedlicher Bodenrauhigkeit.

Bei windschwachem und wolkenarmem Wetter können wegen der unterschiedlichen Erwärmung und Abkühlung der Erdoberfläche thermisch induzierte Zirkulationssysteme wie z.B. Berg- und Talwinde oder Land-Seewind entstehen. Besonders bedeutsam ist die Bildung von Kaltluft, die nachts bei klarem und windschwachem Wetter als Folge der Ausstrahlung vorzugsweise an Wiesenhängen entsteht und dem Geländegefälle folgend – je nach seiner Steigung und aerodynamischen Rauigkeit mehr oder weniger langsam – abfließt. Diese Kaltluftflüsse haben in der Regel nur eine geringe vertikale Erstreckung und sammeln sich an Geländetiefpunkten zu Kaltluftseen an. Solche lokalen Windsysteme können im Allgemeinen nur durch Messungen am Standort erkundet, im Falle von nächtlichen Kaltluftflüssen aber auch durch Modellrechnungen erfasst werden.

6.2 Erwartete Lage der Häufigkeitsmaxima und –minima der Windrichtungsverteilung am Übertragungspunkt

Aufgrund der kaum gegliederten Topographie sind die Einflüsse des Untergrundes auf die bodennahen Luftschichten im norddeutschen Tiefland nur gering. Das Windfeld wird sich nahezu ungestört ausbilden und ist im Wesentlichen von der allgemeinen Luftdruckverteilung gesteuert.

Im vorliegenden Fall kann man davon ausgehen, dass aufgrund der leichten orographischen Gliederung das in Mitteleuropa vorherrschende Windfeld mit einem primären Richtungsmaximum aus Südsüdwest bis West auch am Standort zu erwarten ist. Die freie Lage zum Großen Jasmunder Bodden kann einen etwas erhöhten Anteil an Westnordwestwinden verursachen, sodass diese Richtung mit zum Bereich des Maximums gezählt wird.
Durch das ansteigende Gelände zur östlich und nordöstlich gelegenen Stubnitz wird das sekundäre Maximum im Sektor Ostsüdost erwartet.
Das Richtungsminimum wird im Sektor Nord- bis Nordnordost angenommen.

Da sich der Planungsort noch relativ nahe der Küste, hier speziell in der Nähe des Jasmunder Boddens, befindet, kann sich hier der Küsteneffekt noch in abgeschwächter Form bemerkbar machen. So kommt es während der warmen Jahreszeit zur Ausbildung einer kleinmaßstäblichen Land-See-Windzirkulation. Sie wird durch die unterschiedliche Erwärmung von Land und Meer hervorgerufen und tritt vor allem dann auf, wenn der Wind schwach ablandig weht.
Der Seewind setzt gegen Mittag ein und lässt am Nachmittag oder gegen Abend nach. Nachts kann man einen Landwind beobachten, der die Zirkulation vervollständigt. Oft bildet sich diese Zirkulation nicht vollständig aus, sondern der Wind dreht sich nur geringfügig.

Südöstlich, südlich, südwestlich, westlich, nordwestlich und nördlich fällt das unmittelbare Umland in Richtung des Sagarder und Marlower Baches sowie in Richtung des Großen Jasmunder Boddens mit einer Neigung von 1° bis 3° ab.
Nach Nordosten und Osten steigt das Gelände vom Standort aus gesehen mit einer Neigung von ca. 1 bis 3° überwiegend an.

Stellenweise sind in allen Richtungen die Geländeneigungen im Bereich von Böschungen und Dämmen auch deutlich größer.
Somit kann die sich bei windschwachen Strahlungswetterlagen am Standort bildenden Kaltluft in Richtung des Sagarder und Marlower Baches sowie in Richtung des Großen Jasmunder Boddens abfließen.
Ein Kaltluftfluss von dem östlich und nordöstlich ansteigenden Gelände in Richtung des Standortes wird durch die vorhandene Ortsbebauung Sagards gehemmt oder unterbunden. (siehe auch TA Luft 2002, Anhang 3, Kapitel 11).

Tabelle 2: Lage der erwarteten Windrichtungsstrukturen im Bereich des Übertragungspunktes (Richtungsangaben siehe Abbildung 2)

Höhe über Störniveau		Richtungsmaximum	Sekundäres Maximum	Richtungsminimum
10 m	Bezogen auf alle Windgeschwindigkeiten	SSW bis WNW	ESE	N bis NNE

7 Auswertung der mittleren Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit an den verfügbaren Bezugswindstationen

7.1 Verwendete Bezugswindstationen

In der Tabelle 3 sind die verwendeten Windmessstationen mit einigen Stationsangaben aufgeführt. Weitere Windmessstationen, die für eine Prüfung geeignet und/oder verfügbar sind, liegen nicht vor.

Tabelle 3: Ausgewählte Angaben zu den verwendeten Windmessstationen (Bezugswindstationen)

Station	Stationshöhe über NN	Windgeberhöhe über Grund	Entfernung vom Standort	Datenmaterial u. Zeitraum
Arkona	42 m	24 m	etwa 19 km nordnordwestlich	1991/00*
Greifswald	2 m	25 m	etwa 49 km südlich	1991/00*
Putbus	40 m	18 m	etwa 18 km südlich	1991/00*

* registrierendes Windmessnetz; stündliche Auswertungen (24 Werte pro Tag)
Es wurde der Zeitraum 1991/00 gewählt, da an den Stationen Greifswald und Putbus in den Jahren 2001 und 2007 bzw. 2005 die Höhe des Anemometers geändert wurde.

7.2 Prüfung der Struktur der mittleren Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen

Geprüft wurden die in Tabelle 3 aufgeführten Windmessstellen mit kontinuierlicher Windregistrierung, um im Rechengebiet einen Zielort zu finden, an dem die meteorologische Zeitreihe einer Bezugsstation gültig ist.

In Tabelle 4 sind die Maxima und Minima der Hauptwindrichtungen stationsbezogen aufgeführt.

Tabelle 4: Extrema der Windrichtungsverteilungen: Richtungsangaben in 30°-Sektoren (siehe Abbildung 2)

Station	Maximum	Sekundäres Maximum	Minimum
Arkona	210°(SSW) (10,3 %) 240°(WSW) (16,1 %) 270°(W) (17,6 %)	90°(E) (13,8 %)	360°(N) (3,4 %) 30°(NNE) (3,4 %)
Greifswald	210°(SSW) (11,2 %) 240°(WSW) (17,5 %) 270°(W) (13,6 %)	60°(ENE) (7,9 %) 90°(E) (7,9 %)	360°(N) (2,3 %) 30°(NNE) (3,3 %)
Putbus	210°(SSW) (9,6 %) 240°(WSW) (14,8 %) 270°(W) (16,9 %) 300°(WNW) (10,0 %)	120°(ESE) (8,1 %)	360°(N) (3,5 %) 30°(NNE) (3,3 %)

Die Station Arkona liegt etwa 20 m südwestlich des von Nordwest nach Südost verlaufenden Randes der Steilküste zur Ostsee, in der Nähe des Leuchtturms von Arkona
Im Nordosten fällt das Kreidekliff von Arkona mehr als 40 m steil ab. Im Südwesten nimmt die Geländehöhe terrassenartig bis zu einer Senke auf ca. 20 m ü. NN ab. Die Station ist im Nordwesten, Norden über Osten bis Südosten von der Ostsee umgeben. Das Richtungsmaximum ist in Arkona innerhalb der Sektoren Südsüdwest (10,3 %), Westsüdwest (16,1 %) und West (17,6 %) zu finden. Das sekundäre Maximum beschränkt sich mit 13,8 % auf den Ostbereich. Minimale Anteile (jeweils 3,4 %) weisen dagegen die Nord- und Nordnordostsektoren auf.

Die Station Greifswald befindet sich am Ostrand des Altstadtkerns. Sie wird in südlicher Richtung von lockerer Bebauung umgeben. In den Richtungen Norden und Osten, teilweise auch im Westen, grenzen an den Standort der Station die anmoorigen, mit einzelnen Baumreihen bzw. -gruppen bestandenen Wiesen der Ryck-Niederung. Die Windrichtungsstruktur der meteorologischen Beobachtungsstation Greifswald weist die größten Windrichtungshäufigkeiten in den Sektoren 210 Grad (11,2 %), 240 Grad (17,5 %) und 270 Grad (13,6 %) auf. Die östlichen Sektoren 60 Grad und 90 Grad bilden mit Anteilen von jeweils 7,9 % das sekundäre Richtungsmaximum. Am seltensten kommt der Wind mit einem Anteil von 2,3 % bzw. 3,3 % aus dem Nord- und Nordnordostsektor.

Putbus liegt im südlichen Teil der Insel Rügen, am Rand eines breiten, bewaldeten Höhenzuges, der sich von Gingst bis zur Ostseeküste quer durch den Hauptteil der Insel Rügen zieht. Die Stadt befindet sich ca. 2,5 km nördlich des Greifswalder Boddens. Die Station liegt am Nordrand der Stadt linksseitig der Straße Putbus-Bergen. Das umliegende Gelände ist leicht wellig.

In südlicher Richtung erhebt sich der mit Mischwald bestandene 60 m hohe Tannenberg. In südwestlicher Richtung beginnt in ca. 1 km Entfernung ein geschlossenes Waldgebiet, das in westlicher Richtung bis ca. 1,5 km an die Station heranreicht. Ein weiterer bewaldeter Höhenrücken befindet sich etwa 5 km nordöstlich der Station. Die Flächen zwischen den Waldgebieten und der Station werden vorwiegend landwirtschaftlich genutzt.
An der Station Putbus sind die Sektoren 210 Grad (9,6 %), 240 Grad (14,8 %), 270 Grad (16,9 %) und 300 Grad (10,0 %) am häufigsten vertreten. Das sekundäre Maximum liegt hier im Sektor 120 Grad (8,1 %). Die geringsten Anteile weisen mit 3,5 % bzw. 3,3 % die Nord- bzw. Nordnordostwinde auf.

Hinsichtlich der am Standort zu erwartenden Hauptwindrichtung zeigt die Station Putbus nur eine leicht bessere Übereinstimmung mit der erwarteten Windverteilung als Arkona und Greifswald. An dieser Station befindet sich das Richtungsmaximum in der Sektorspanne zwischen Südsüdwest und Westnordwest. In Arkona und Greifswald zählt der Westnordwestsektor nicht mehr mit zum Richtungsmaximum.
In Putbus reicht das Maximum zwar bis in den Westnordwestsektor hinein, dafür ist der Südsüdwestsektor aber etwas weniger belegt als erwartet. Dagegen zeigt in Greifswald und Arkona der Südsüdwestsektor die erwarteten höheren Anteile, der Westnordwestsektor ist aber zum Teil deutlich weniger vertreten. Deshalb sind die Unterschiede dieser 3 Stationen bezüglich des Maximums nur als äußerst gering anzusehen.

Bezüglich des Nebenmaximums der Richtungshäufigkeiten zeigt nur die Station Putbus eine ideale Übereinstimmung.
In Arkona beschränkt es sich auf den Ostsektor, in Greifswald ist es bis in den Ost- bis Ostnordostsektor verschoben.

Das zu erwartende Minimum im Richtungssektor Nord bis Nordnordost wird von allen drei Stationen genau wiedergegeben.

Insgesamt betrachtet entspricht die vorgenannte Richtungsverteilung der Station Putbus am ehesten den erwarteten Bedingungen am Zielpunkt. Die Belegungsmaxima liegen im Bereich Südsüdwest bis Westnordwest sowie Ostsüdost. Die Minima sind im Sektor Nord und Nordnordost zu finden. Unter Berücksichtigung geringfügig zu seltener Südsüdwestwinde stimmt damit die Windrichtungsverteilungsstruktur dieser Station hinreichend mit den Bedingungen am Zielpunkt überein und eignet sich für eine Übertragung in das Rechengebiet am Standort.

Fazit:

Für eine Ausbreitungsrechnung unter Verwendung einer Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) oder einer Zeitreihe der Ausbreitungsklassen (AKTerm) erfüllt aufgrund der verglichenen Windrichtungsstrukturen die Bezugsstation Putbus am ehesten die Erwartungen im Gebiet des Zielortes, sodass dieser Station für eine Übertragung der Vorzug gegeben wird.
Mit der Einschränkung etwas zu häufiger Ostnordost- und Ostwinde und etwas zu seltener Ostsüdost- und Westnordwestwinde könnte auch noch die Station Greifswald herangezogen werden. Auch die Station Arkona wäre bei Berücksichtigung zu häufiger Ost- bzw. zu seltener Ostsüdost- und Westnordwestwinde noch verwendbar.

In der Anlage (Abbildungen 3 bis 5) sind die Windrosen der Stationen Arkona, Greifswald und Putbus zur Veranschaulichung beigefügt.

7.3 Prüfung des Jahresmittels der mittleren Windgeschwindigkeiten und Schwachwindhäufigkeiten

In Tabelle 5 werden die ermittelten Sollwerte des Jahresmittels der Windgeschwindigkeit für den Bereich des Übertragungspunktes mit den Istwerten der Bezugsstationen verglichen. Die Sollwerte für den Zielort beziehen sich auf etwa 10 m über dem mittleren Störungsniveau und für die Vergleichsstationen auf Messhöhe.

Tabelle 5: Vergleich der Sollwerte für den Zielortbereich des Jahresmittelwertes der Windgeschwindigkeit (in 10 m über Grund) und der Schwachwindhäufigkeit mit den Istwerten der Bezugsstationen

Kennwerte der Windgeschwindigkeit ff	Sollwerte für den Übertragungspunkt u. 10 m über dem mittleren Störniveau	Istwerte der Stationen in Messhöhe		
		Arkona	Greifswald	Putbus
Mittlerer Jahresmittelwert [m/s]*	4,8 bis 5,1 nach /1/ 4,7 bis 4,9 nach /2/	7,7	3,8	4,5
Häufigkeit [%] für ff < 1 m/s (TA-Luft 2002, Anhang 3, Punkt 12)	5 bis 7	2,4**	12,1**	8,9**

* einschließlich der Calmen

Sollwerte aus:

/1/: „Karte Windgeschwindigkeit in der Bundesrepublik Deutschland; Jahresmittel in 10 m Höhe über Grund aus dem Zeitraum 1981/90, aktualisiert 1981/00“ DWD (1999)

/2/. SWM nach Gerth (1994)

** Die hohen Werte für die Schwachwindhäufigkeit resultieren aus der ungünstigen Einteilung der Klassengrenzen für die Stationen. Die Grenzen für die Werte liegen in den Intervallen 0,0 bis 0,5 und 0,6 bis 1,5 m/s. Trotzdem liegt die Schwachwindhäufigkeit unter 20 %. Es ist also zu schlussfolgern, dass bei einer geforderten Klassengrenze von <1,0 m/s die relativen Häufigkeiten deutlich unter 20 % liegen würden.

Der prozentuale Anteil der Schwachwindfälle nimmt in der Regel mit wachsender mittlerer jährlicher Windgeschwindigkeit ab. Eine hohe prozentuale Häufigkeit von windschwachen Situationen ist bei der Ausbreitungsrechnung gesondert zu berücksichtigen (vgl. hierzu diesbezügliche Festlegungen der TA Luft 2002, Anhang 3, Kapitel 12). Dies trifft vornehmlich bei Anwendung einer Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) zu.
Der prozentuale Anteil für Schwachwindhäufigkeiten liegt in Verbindung mit der topographischen Lage (s. Kap. 5), der Umgebungsrauigkeit und unter Berücksichtigung der an den Standorten nach /2/ ermittelten Weibull-Parameter in 10 m über dem mittleren Störungsniveau bei 5 bis 7 % (siehe auch Tabelle 5) und damit unter der 20 % - Schwelle (Sollwert nach TA Luft 2002).

Das hier verwendete Weibull-Verfahren erlaubt eine Abschätzung der prozentualen Häufigkeit bestimmter Windgeschwindigkeitsintervalle aufgrund der statistischen Verteilungsfunktion einer Stärkewindrose.

Für den Übertragungspunkt wird ein mittleres Jahresmittel der Windgeschwindigkeit von 4,7 bis 4,9 m/s erwartet. Der Jahresmittelwert der Station Putbus liegt etwas, der der Station Greifswald deutlich unter der im Zielortbereich zu erwartenden Windgeschwindigkeitsspanne. Der Wert der Station Arkona zeigt aufgrund der exponierten Lage der Station markant zu hohe Windgeschwindigkeiten.

Der prozentuale Anteil der Schwachwindfälle am Zielort beträgt weniger als 20 % der Jahresstunden. Diese Bedingung erfüllen, bei Berücksichtigung der ungünstigen Klassengrenzen, alle drei betrachteten Stationen.

In der novellierten TA Luft (2002) können die Unebenheiten des Geländes berücksichtigt werden. In der Regel wird hierfür ein mesoskaliges diagnostisches Windfeldmodell (TALdia) verwendet (siehe Anhang 3, Kapitel 11 der TA Luft und Kapitel 9 der Modellbeschreibung AUSTAL 2000, Version 2.2).
Dies bedeutet, dass zur Ausbreitungsrechnung die Zeitreihe (AKTerm) einer nahe gelegenen Messstation verwendet werden kann, wenn sich im Rechengebiet ein Punkt (Zielort Xa, Ya) findet, der ähnliche Strömungsverhältnisse wie der Standort der Messstation aufweist. Die Daten der Messstation werden dann auf diesen Zielort übertragen.

Auf der Grundlage der Daten des Statistischen Windfeldmodells SWM werden am Übertragungsort Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeit erwartet, denen die Werte der Station Putbus am nächsten kommen.

In der Entscheidung über die repräsentative Station für den Zielort hat die Übereinstimmung mit der am Zielort erwarteten Richtungsverteilung in der Regel ein größeres Gewicht als die Übereinstimmung bei den Windgeschwindigkeiten.

Die Extrema der am Planungsort zu erwartenden Windrichtungsverteilung gibt die Verteilung der Station Putbus am ehesten wieder.

Da niedrigere Windgeschwindigkeiten schlechtere Durchmischungsbedingungen verursachen und dadurch das Rechenmodell eher konservative Ausbreitungsbedingungen simuliert, können somit im Rechengebiet noch etwas bessere Ausbreitungsbedingungen erwartet werden, als sie mit den etwas niedrigeren Windgeschwindigkeiten von Putbus simuliert werden.
Somit wird trotz der etwas zu niedrigen Windgeschwindigkeit empfohlen, die Station Putbus als Bezugsstation für den Zielort bei Sagard heranzuziehen.

Als Anemometerstandort der Ausbreitungsrechnung im Rechengebiet (Xa, Ya) wird ein Aufpunkt ca. 2,9 km ostnordöstlich des Standortes (Bickbeerberg ; s. Abb. 1) empfohlen.
Dieser ca. 92 m ü. NN gelegene Aufpunkt *(Gauß-Krüger-Koordinaten: rechts 54 08 360, hoch 60 45 680)* gibt mit seiner höheren Lage die im Wesentlichen durch die allgemeine Druckverteilung und die orographischen Verhältnisse auf der Halbinsel Jasmund bestimmte Windverteilung ausgeprägter wieder als der Standort selbst.

Die zur konkreten Ableitung eines Windprofils erforderliche Rauigkeitsbewertung der Windmessdaten erfolgt über die Angabe der 9 Anemometerhöhen, die der Rauigkeitsklasse der TA-Luft zugeordnet sind (siehe „DateikopfformatAKTerm-Formate des DWD“ und Handbuch AUSTAL2000“, Version 2.2.11, Kapitel 6 „Rechnen mit Zeitreihen“).

8 Abschätzung der lokalen topographischen Einflüsse auf das Windfeld am Standort

Über freiem, unbebautem Gelände in der Umgebung des Standortes wird in windschwachen, wolkenarmen Nächten bodennah Kaltluft gebildet. Auf geneigten Freiflächen mit einem Gefälle von mindestens etwa 1° kann sich die Kaltluft hangabwärts in Form eines Kaltluftflusses in Bewegung setzen.

Auf die topographische Lage des Standortes wurde bereits im Kapitel 6.2 hingewiesen. Es wurde ausgeführt, dass auf Grund der orographischen Verhältnisse die Ausbildung von Kaltluftflüssen in Richtung des Sagarder und Marlower Baches sowie in Richtung des Großen Jasmunder Boddens wahrscheinlich ist.

Außerdem kann sich in den Sommermonaten bei schwachgradientigen Hochdrucklagen sowohl am Standort als auch an den zur Begutachtung herangezogenen Stationen noch ein leichter Einfluss der Land-Seewind-Zirkulation bemerkbar machen. (siehe auch TA Luft 2002, Anhang 3, Kapitel 11).

Weitergehende quantitative Aussagen zur Kaltluftbildung und zu Kaltluftflüssen bzw. zu den Auswirkungen der Land-Seewind-Zirkulation sind nur im Rahmen weitergehender Untersuchungen, wie Modellrechnungen und/oder Messungen vor Ort möglich, die auftragsgemäß nicht Gegenstand dieser Qualifizierten Prüfung sind.

9 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten

Die auf Grundlage der topografischen Karte TK 25 in Kapitel 5 beschriebene orographische Situation im Untersuchungsgebiet lässt vermuten, dass für ein Rechengebiet nach TA Luft 2002 (Anhang 3, Kapitel 11) bzgl. zu beachtender Geländeunebenheiten eine Ausbreitungsrechnung mit Orographie erforderlich ist.
Maßgeblich für die Beurteilung der Bestimmungen des Kapitels 11 (Anhang 3, TA Luft 2002) ist jedoch die verwendete Modellorographie des Strömungsmodells. Die hinsichtlich der vorgenannten Bestimmungen geforderte Analyse der Modellorographie ist mit der Bauhöhe der Emissionsquelle skaliert. Insbesondere die räumliche Auflösung der Modellorographie ergibt sich dabei im Kontext eines nach Kapitel 7 (Anhang 3, TA Luft 2002) bestimmten Rechengitters.

10 Zusammenfassung

Für die Qualifizierte Prüfung wurden die Windrichtungsverteilungen und Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeit der Stationen Arkona, Greifswald und Putbus herangezogen.

Die Extrema der am Planungsort zu erwartenden Windrichtungsverteilung werden von der Verteilung der Station Putbus am ehesten wiedergegeben.

Auf der Grundlage der Daten des Statistischen Windfeldmodells SWM werden am Zielort Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeit erwartet, denen die Werte der Station Putbus am nächsten kommen.

Aus den in den Kapiteln 7.3 erläuterten Gründen und der noch guten Übertragbarkeit der Windrichtungsverteilung wird empfohlen für den Zielortbereich die Bezugsstation Putbus heranzuziehen. Die Station weist langjährige kontinuierliche Windmessungen auf.
Die Winddaten können auf den in Kapitel 7.3 genannten Aufpunkt (Gauß-Krüger-Koordinaten: *rechts 54 08 360; hoch 60 45 680*) übertragen werden.

Um die orographischen Verhältnisse besser berücksichtigen zu können, wird ein Rechengebiet mit einem Radius von mindestens 3,5 km um den Planungsort empfohlen.
Bezüglich des zu verwendenden Modells zur Berücksichtigung von Orographie und Bebauung wird auf Anhang 3, Kapitel 10 und 11 TA Luft 2002 verwiesen.

Aus den im Kapitel 6.2 und 8 dargelegten Gründen ist die Ausbildung von lokalen Kaltluftflüssen im vorliegenden Fall wahrscheinlich.

In den Sommermonaten kann sich bei schwachgradientigen Hochdrucklagen ein schwacher Einfluss der Land-Seewind-Zirkulation am Standort ebenso wie an der Bezugsstation bemerkbar machen.

Für exaktere Angaben wären Messungen vor Ort für die Dauer eines Jahres in geeigneter Höhe über Grund und/oder Modellrechnungen erforderlich.

11 Literatur

Christoffer, J. und Ulbricht-Eissing, M., 1989: Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland, 2. völlig neu bearbeitete Auflage, Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 147, Offenbach am Main

Gerth, W.-P. und Christoffer, J., 1994: Windkarten von Deutschland, Meteorologische Zeitschrift, NF 3, S. 67-77

Hess, Paul und Brezowski, Helmuth, 1993, Katalog der Großwetterlagen Europa nach Paul Hess und Helmuth Brezowski 1881 bis 1992, Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 113, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes Offenbach am Main

Gellert, J. F., Meyen, E., Müller-Miny, H., Schmithüsen, J., Schultze, J.H., 1961: Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands

Landschaftssteckbriefe, Internetseite des Bundesamtes für Naturschutz, www.bfn.de

TA Luft 2002, Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24.07.2002 (GMBI S. 511)

12 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage des Standortes (roter Punkt) und Festlegung des Aufpunktes Xa, Ya (blauer Punkt) 6
Abbildung 2: Windtafel 16
Abbildung 3: Stärkewindrose Arkona 17
Abbildung 4: Stärkewindrose Greifswald 18
Abbildung 5: Stärkewindrose Putbus 19

13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gauß-Krüger-Koordinaten (in m) (Bessel-Ellipsoid; Potsdam-Datum; Zentralpunkt Rauenberg) des Standortes der Anlage 3
Tabelle 2: Lage der erwarteten Windrichtungsstrukturen im Bereich des Übertragungspunktes (Richtungsangaben siehe Abbildung 2) 8
Tabelle 3: Ausgewählte Angaben zu den verwendeten Windmessstationen (Bezugswindstationen) 8
Tabelle 4: Extrema der Windrichtungsverteilungen: Richtungsangaben in 30°-Sektoren (siehe Abbildung 2) 9
Tabelle 5: Vergleich der Sollwerte für den Zielortbereich des Jahresmittelwertes der Windgeschwindigkeit (in 10 m über Grund) und der Schwachwindhäufigkeit mit den Istwerten der Bezugsstationen 11

Anlage 1 zur Qualifizierten Prüfung für den Standort Sagard

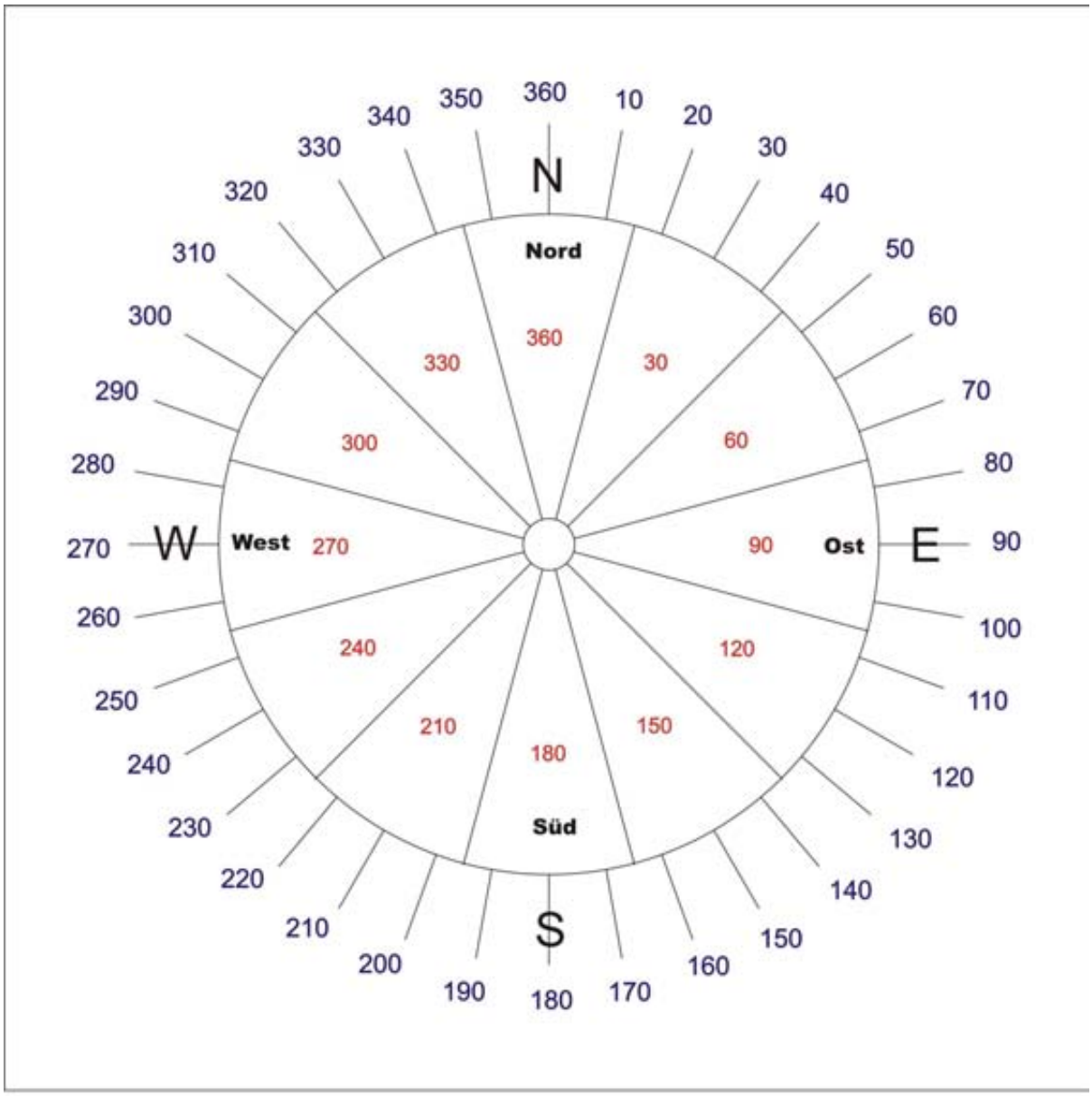

Abbildung 2: Windtafel

Anlage 2 zur Qualifizierten Prüfung für den Standort Sagard

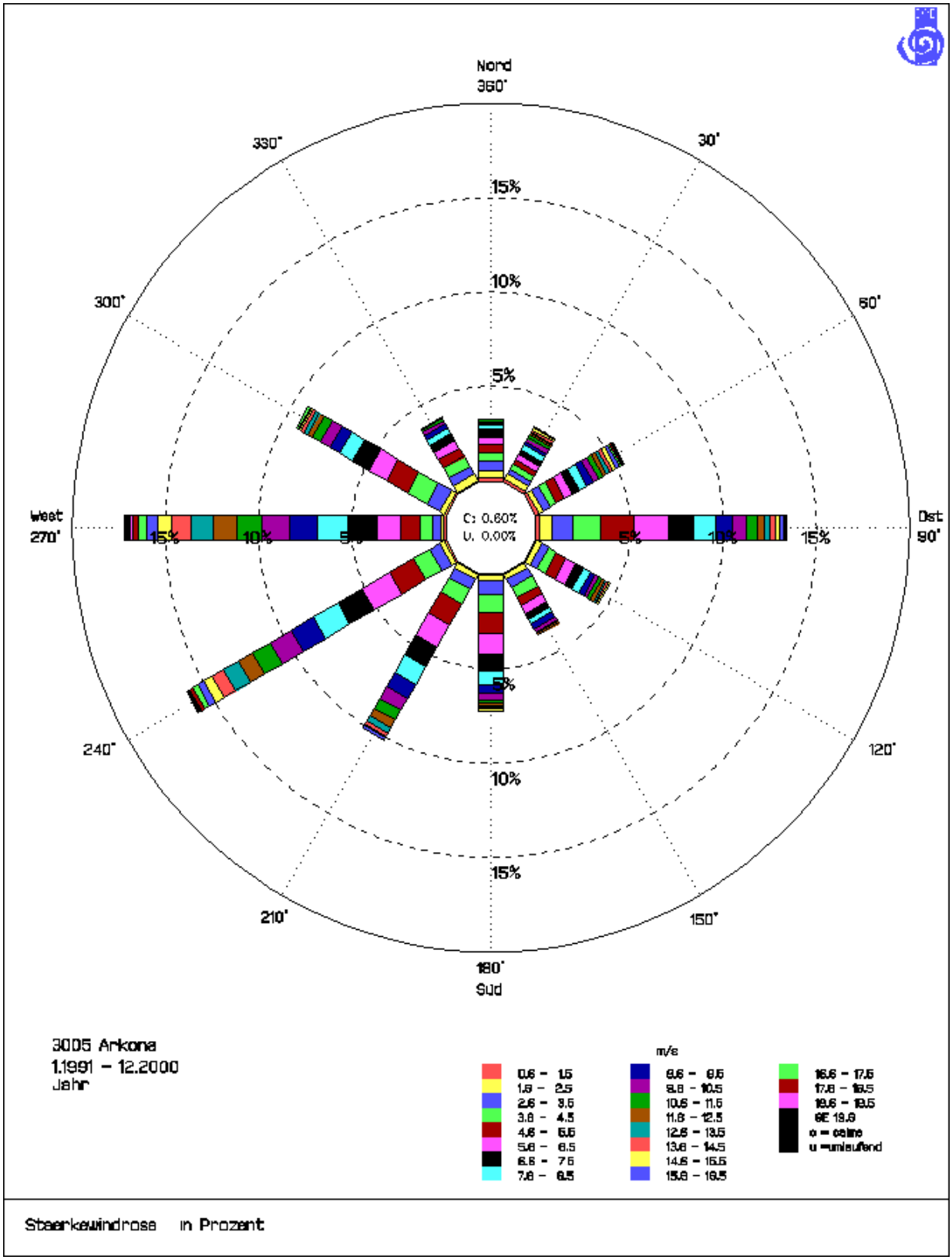

Abbildung 3: Stärkewindrose Arkona

Anlage 3 zur Qualifizierten Prüfung für den Standort Sagard

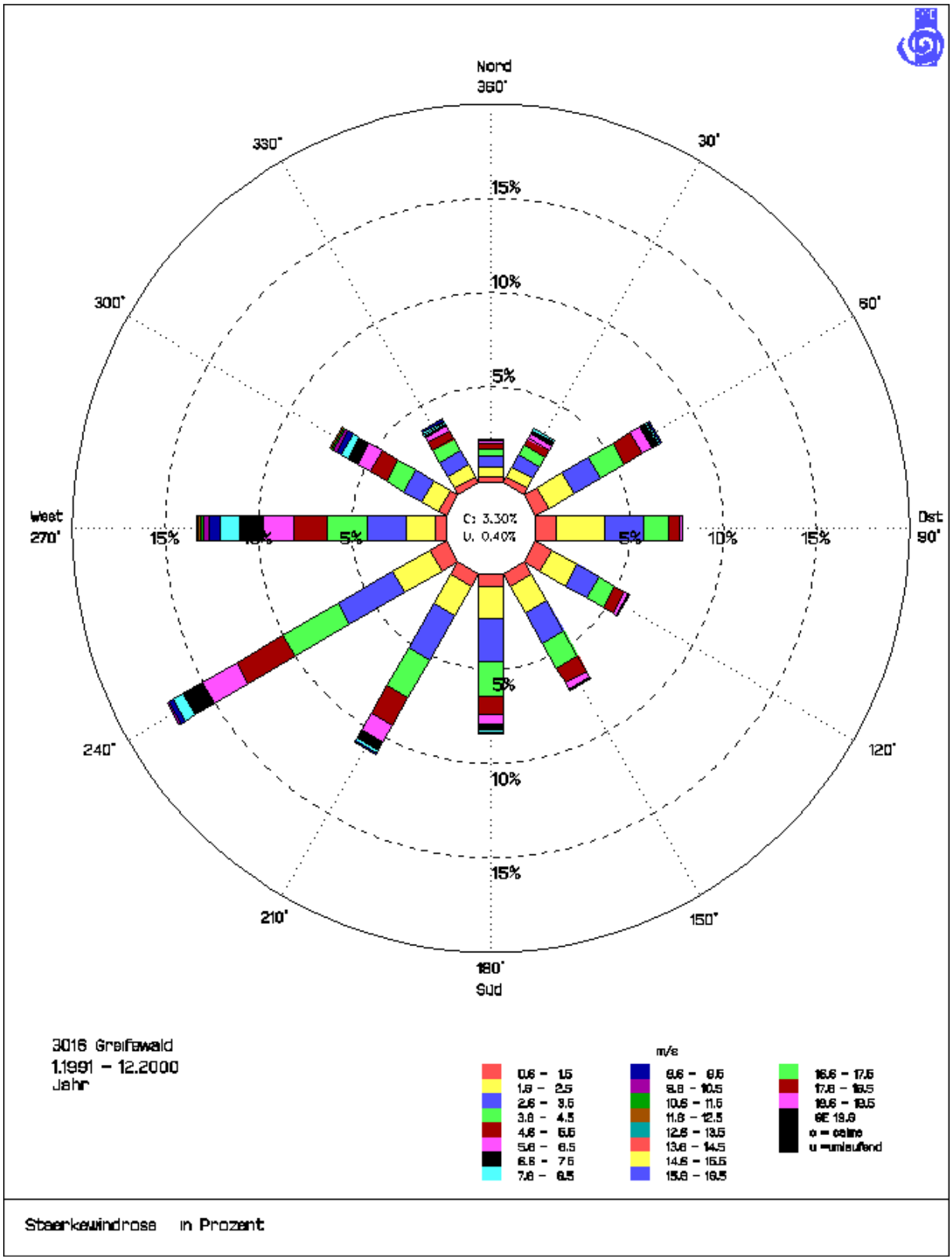

Abbildung 4: Stärkewindrose Greifswald

Anlage 4 zur Qualifizierten Prüfung für den Standort Sagard

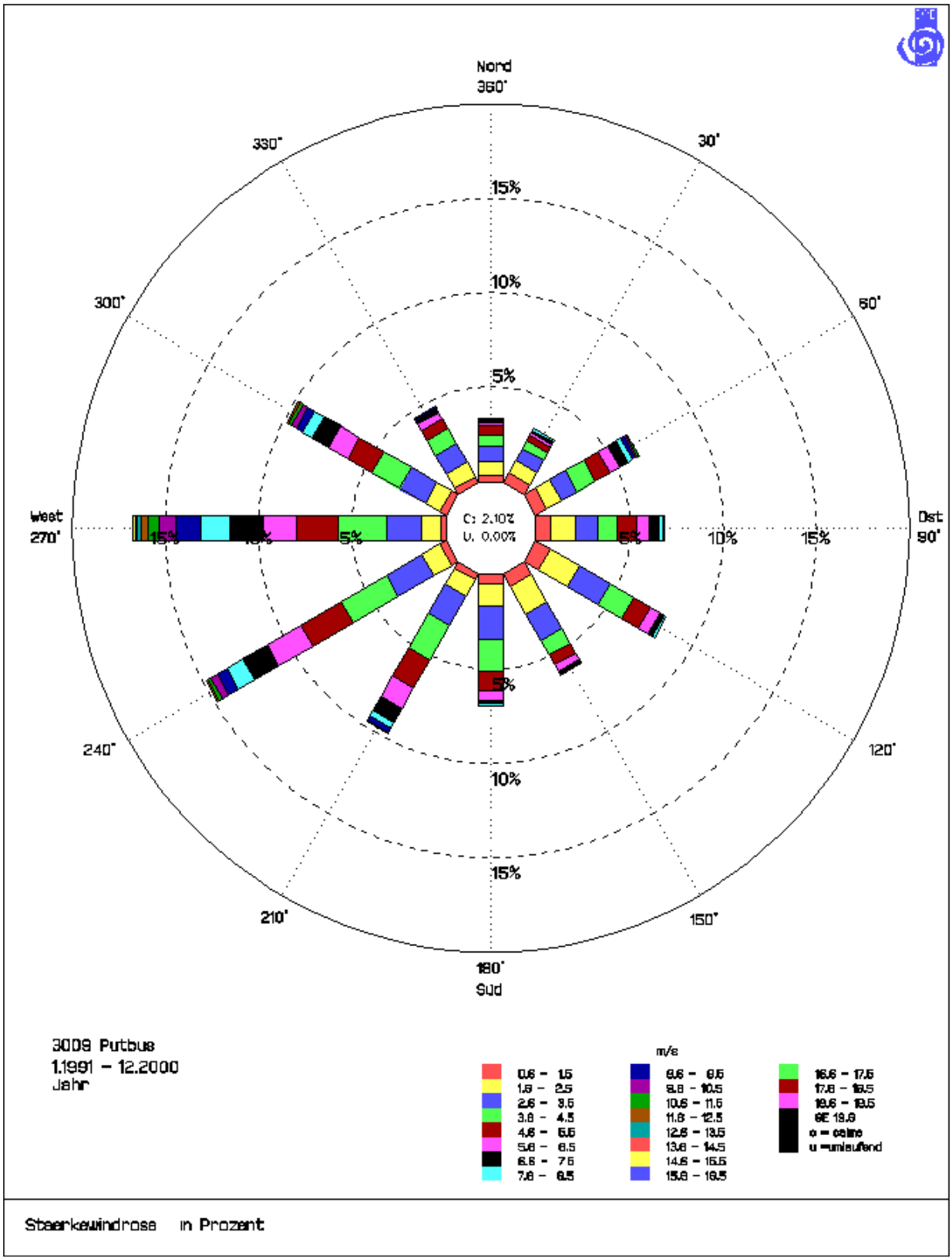

Abbildung 5: Stärkewindrose Putbus