

Geruchsimmissionen

Gutachten zur Ausweisung eines Sondergebietes zur Errichtung einer Justizvollzugsanstalt

in

06667 Weißenfels

am Standort

in der Gemarkung Langendorf in der
Flur 4, Flurstücke 5/7, 6, 7, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44,
45, 46, 47/1, 47/2, 47/3, 53/1, 53/2, 79/53, 80/53, 81/53, 108, 117/37
und 118/40

- Burgenlandkreis -

Im Auftrag der

**Stadt Weißenfels
Markt 1
06667 Weißenfels**

03443-370-0

INGENIEURBÜRO PROF.
DR.
OLDENBURG GMBH

Immissionsprognosen (Gerüche, Stäube, Gase, Schall) · Umweltverträglichkeitsstudien
Landschaftsplanung · Bauleitplanung · Genehmigungsverfahren nach BImSchG
Berichtspflichten · Beratung · Planung in Lüftungstechnik und Abluftreinigung

Bearbeiterin: Dr. rer. nat. Sabine Franke-Scherbarth

SFS@ing-oldenburg.de

Tel. 04779 92 500 0

Fax 04779 92 500 29

Büro Niedersachsen:

Osterende 68

21734 Oederquart

Tel. 04779 92 500 0

Fax 04779 92 500 29

Büro Mecklenburg-Vorpommern:

Molkereistraße 9/1

19089 Crivitz

Tel. 03863 52 294 0

Fax 03863 52 294 29

www.ing-oldenburg.de

Gutachten 26.074

21. April 2026

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Zusammenfassende Beurteilung	2
2 Problemstellung	3
3 Aufgabe	4
4 Vorgehen	4
5 Das Vorhaben	5
5.1 Anlagenbeschreibung, Kompostieranlage Bio Komp-SAS	5
5.2 Anlagenbeschreibung, Recyclinghof Remondis	8
6 Ermittlung der Geruchsemissionen und Immissionen	10
6.1 Ausbreitungsrechnung	10
6.1.1 Rechengebiet	10
6.1.2 Winddaten	10
6.1.3 Bodenrauigkeit	11
6.1.4 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten	14
6.1.5 Berücksichtigung von Kaltluftabflüssen	15
6.1.6 Berücksichtigung von Bebauung	15
6.1.7 Statistische Unsicherheit	16
6.2 Emissionsrelevante Daten	16
6.2.1 Geruchsemissionen aus der Kompostieranlage	16
6.2.2 Geruchsemissionen aus dem Recyclinghof	19
6.2.3 Tabellenübersicht der Emissionswerte und Quelldaten	20
6.2.4 Wahrnehmungshäufigkeiten von Geruchsimmissionen	21
6.2.5 Belästigungsabhängige Gewichtung der Immissionshäufigkeiten	23
6.2.6 Beurteilung der Immissionshäufigkeiten	23
6.2.7 Ergebnisse und Beurteilung	24
7 Verwendete Unterlagen	26
8 Anhang A	27
8.1 Parameterdatei für die Berechnung	27
9 Anhang B	29
9.1 Übertragbarkeitsprüfung	29

1 Zusammenfassende Beurteilung

Am Standort im Außenbereich von 06667 Weißenfels plant die Stadt Weißenfels, die Voraussetzungen zum Bau einer Justizvollzugsanstalt (JVA) zu schaffen und hierfür ein Sondergebiet auszuweisen. In der Nachbarschaft des Plangebietes befinden sich eine Kompostieranlage und eine Abfallrecyclinganlage.

Es wurde im Folgenden untersucht, in wieweit das Vorhaben mit Geruchsimmissionen aus den anliegenden Betrieben vereinbar ist.

Unter Berücksichtigung der emissionsrelevanten Betriebe kommt es im gesamten Planbereich der JVA zu einer deutlichen Einhaltung des Immissionswertes für Wohnnutzungen in Industrie- und Gewerbegebieten in Höhe von 15 % der Jahresstunden Wahrnehmungshäufigkeit und ebenfalls des Immissionswertes für reine Wohnnutzung in Höhe von 10 % der Jahresstunden. Der Immissionswert von 10 % der Jahresstunden ist mit derzeit maximal 3 % der Jahresstunden Wahrnehmungshäufigkeit auf dem Gelände der geplanten JVA nicht ausgeschöpft, sodass für eventuelle Erweiterungen der bestehenden Betriebe und Neuansiedlungen von Gewerbe ein angemessener Gestaltungsspielraum bestehen bleibt.

Der Bau der JVA steht somit im Einklang mit den Vorgaben des Anhangs 7 der TA-Luft 2021.

Das Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen erstellt.

Oederquart, den 21. April 2026


(Prof. Dr. sc. agr. Jörg Oldenburg)
(Von der IHK zu Schwerin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Emissionen und Immissionen sowie Technik in der Innenwirtschaft (Lüftungstechnik von Stallanlagen))


(Dr. rer. nat. Sabine Franke-Scherbarth)

2 Problemstellung

Am Standort im Außenbereich von 06667 Weißenfels plant die Stadt Weißenfels, die Voraussetzungen zum Bau einer Justizvollzugsanstalt (JVA) zu schaffen und hierfür ein Sondergebiet auszuweisen.

In der Nachbarschaft des Plangebietes befinden sich die Kompostieranlage der Bio Komp-SAS, eine Abfallrecyclinganlage der Firma Remondis und die Produktionshalle der Firma Fertigungstechnik Weißenfels, ein Maschinenbaubetrieb. Weiterhin befinden sich im relevanten Abstand Hallen, die der Stadt Weißenfels gehören. Hier sind in Zukunft keine Nutzungen geplant, die zu Immissionen führen können.

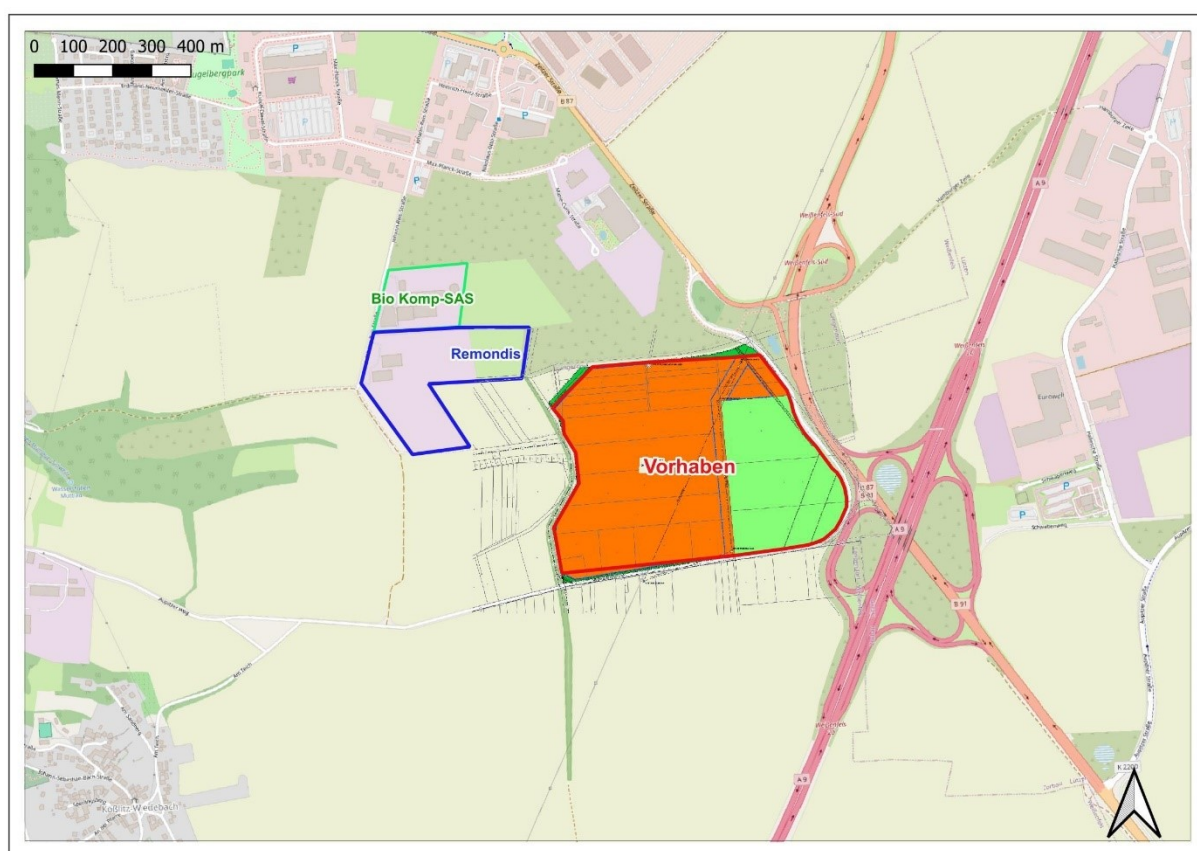


Abb. 1: Lage der geplanten JVA und der Nachbarbetriebe im südlichen Außenbereich von 06667 Weißenfels

Aus dem Kompostierwerk und der Recyclinganlage können Geruchsemissionen hervorgehen. Es wird nachfolgend untersucht, ob es hierdurch auf der Planfläche zu erheblichen Belästigungen kommen kann.

3 Aufgabe

1. Es soll gutachterlich Stellung genommen werden zu den Fragen:
2. Ist das Vorhaben in der geplanten Form aus Sicht der aus Nachbarbetrieben verursachten Geruchsmissionen genehmigungsfähig?
3. Unter welchen technischen Voraussetzungen sind die Vorhaben evtl. genehmigungsfähig?

4 Vorgehen

1. Die Ortsbesichtigung der Betriebe Remondis und Bio-Komp-SAS fand anlässlich einer vorangegangenen Planung, die nicht realisiert wurde, am 05. Januar 2023 durch Frau Dr. rer. nat. Sabine Franke-Scherbarth von der Ingenieurbüro Prof. Dr. Oldenburg GmbH statt. Die auf dem Ortstermin ermittelten sowie die von den Geschäftsführern der Betriebe, Herrn Herrmann (Bio-Komp-SAS) und Herrn Uhlig (Remondis) zur Verfügung gestellten Unterlagen sind Grundlage dieses Gutachtens. Immissionsrelevante Veränderungen dieser Betriebe haben nach derzeitigem Kenntnistand seit dem Besichtigungstermin nicht stattgefunden.
2. Die Bewertung der Geruchsmissionen wurde nach der TA-Luft 2021, Anhang 7 mit dem von den Landesbehörden der Bundesländer empfohlenen Berechnungsprogramm AUSTAL Version 3.3.0. WI-x und der Bedienungsfläche P&K Ast, Version 3.3.0.916 auf Basis der entsprechenden Ausbreitungsklassenzeitreihe, bezogen durch die IFU GmbH vorgenommen.

5 Das Vorhaben

Die Lage der geplanten JVA ist in Abb. 1 dargestellt. Die einzelnen Anlagen werden im Folgenden nicht dargestellt und sind im vorliegenden Fall auch nicht relevant für die Beurteilung.

5.1 Anlagenbeschreibung, Kompostieranlage Bio Komp-SAS

Auf der Kompostieranlage werden jährlich 26.000 t Abfälle aus der Biotonne sowie Grünschnitt und Gartenabfälle verwertet. Die Anlieferung erfolgt durch kommunale Entsorgungsanlagen, Gartenbaubetriebe und Privatleute.

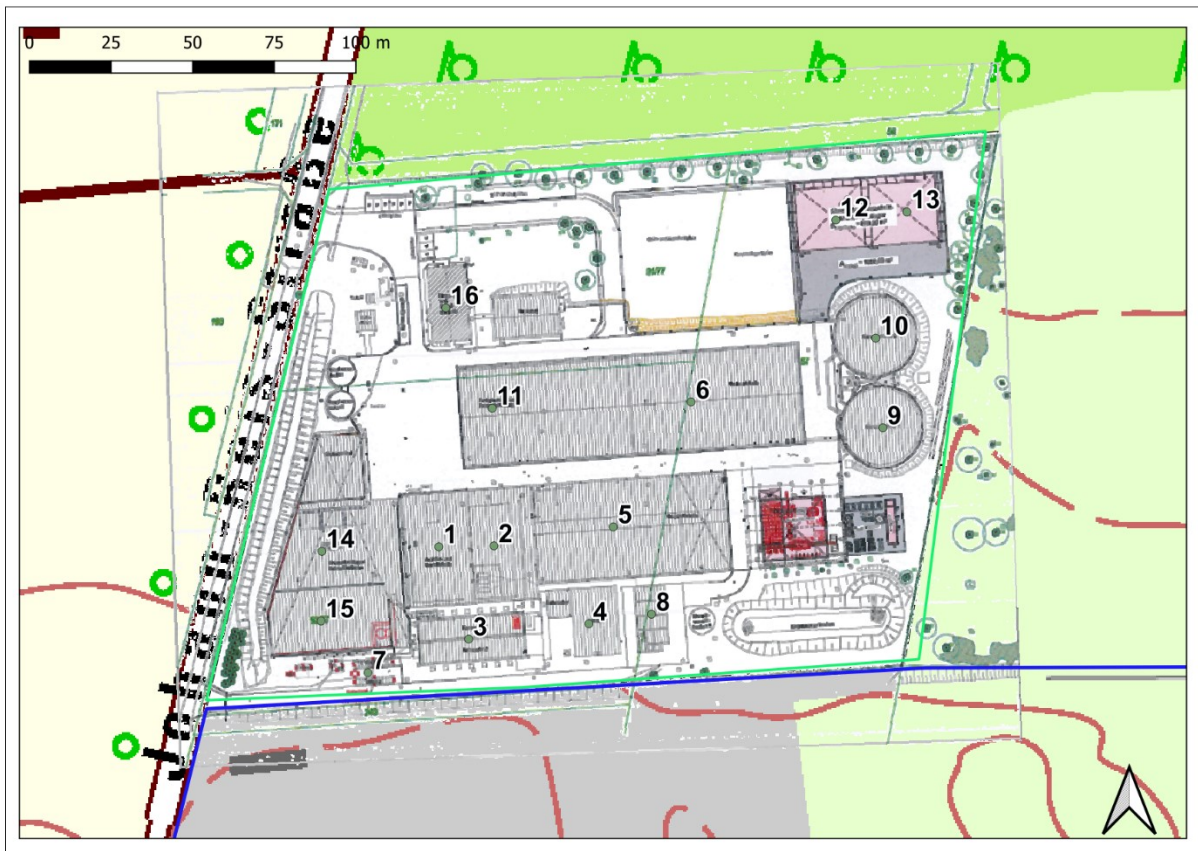


Abb. 2: Anlagen des Kompostierwerks der Bio Komp-SAS

1. Annahmehalle für den Inhalt der sog. Biotonne: Zerkleinerung, die Hallenluft wird abgesaugt und über den Biofilter (4) gereinigt. Die Toröffnung an der Westseite weist eine Höhe von ca. 5 m und eine Breite von ca. 10 m auf.
2. In diesem Teil der Halle befinden sich Schneckenprozessoren zum Mischen und Anmischen des Inputmaterials für den Fermenter und 5 Rottetrommeln mit einem Fassungsvermögen von je 200 m³, in denen das Material nach der Vergärung im Fermenter während

der Hauptrotte verbleibt. Weiterhin ist eine Zentrifuge zur Separation der Flüssigkeit nach der Hauptrotte vorhanden.

3. Geschlossener Pfropfenstromfermenter für die Trockenfermentation.
4. Biofilter.
5. Überdachte Fläche für die Mieten der Nachrotte bis zum fertigen Kompost.
6. Überdachte Fläche für die Mieten der Nachrotte bis zum fertigen Kompost.
7. Früherer Aufstellplatz der BHKW. Aktuell werden auf der Anlage keine BHKW mehr betrieben. Das gewonnene Gas wird in das öffentliche Netz eingespeist
8. Nicht mehr genutzte ehemalige Heizanlage.
9. Speicher für Zentrat nach der Rottetrommel. Der Behälter ist mit einem Folienspeicherdach zur Lagerung von Biogas abgedeckt.
10. Speicher für Zentrat nach der Rottetrommel. Der Behälter ist mit einem Folienspeicherdach zur Lagerung von Biogas abgedeckt.
11. Halde mit fertigem Kompost.
12. überdachtes Grünschnittlager
13. überdachtes Astschnittlager
14. Halde mit Material aus dem Siebüberlauf.
15. Lagerfläche für Inputmaterial.
16. Bürogebäude.
17. Werkstatt
18. Biomassefeuerungsanlage (BMFA) Die Anlage wird mit einem Brennstoffgemisch aus auf der Anlage anfallendem getrockneten Material betrieben. Das Abgas wird über ein Abgasrohr mit 0,6 m Durchmesser in einer Höhe von 18,2 m über Grund abgeführt. Die Abgastemperatur beträgt 200 °C bei einer Austrittsgeschwindigkeit von 15 m pro Sekunde (Angaben nach Gutachten des TÜV Nord vom 15.07.2021.)
19. Biogasaufarbeitung (BGAA) Gasaufarbeitung. Das abgetrennte Gas wird über ein Abgasrohr in 12 m über Grund abgeleitet. Es wird keine Abgasfahnenüberhöhung eingerechnet.

Funktionsweise und Geruchsquellen der Kompostieranlage

Kompostieranlagen können je nach eingesetztem Material, technischer Ausstattung und Verfahren erhebliche Geruchsquellen bilden. Auf der Anlage wird hauptsächlich Material aus den Biotonnen und aus Grünschnitt und zusätzlich Spelzen aus der Bioethanolproduktion verarbeitet. Insbesondere Gerüche aus der Kompostierung von Abfällen aus den Biotonnen sind häufig Gegenstand von Beschwerden. Die hier vorhandene Kompostieranlage verlegt die besonders

geruchsintensiven Vorgänge in geschlossene Bereiche. Die Annahme und das Sieben des Materials aus den Biotonnen, sowie die Aufnahme in die drei Schneckenprozessoren, erfolgt in einer Halle (Nr. 1 in Abb. 3) mit Absaugung der Hallenluft und anschließender Abluftreinigung über den Biofilter (4). Durch die Fahrzeugbewegungen bei Einfahrt in die Halle kommt es zu einer Luftverdrängung und so zu Geruchsemissionen aus dem Hallentor.

In den Schneckenprozessoren in Halle 2 werden die Inputstoffe mit Perkolat aus dem Fermenter gemischt und so die für die Zersetzung notwendigen Bakterienkulturen eingebracht, sogenanntes „Anmaischen“. Die entstandene pastöse Masse mit einem Trockensubstanzgehalt von 25 – 26 % wird im geschlossenen System kontinuierlich in den Fermenter (3) gepresst.

Das entstehende Biogas wird aufbereitet und in das Gasnetz eingespeist.

Während 7 Tagen durchläuft das Material den Fermenter und gelangt von dort in die Rottetrommeln (2). Zur Beschleunigung des Rottevorganges wird den Trommeln Luft zugeführt. Die Abluft hieraus wird ebenfalls über den Biofilter (4) gereinigt. Nach ca. 3 Wochen wird das Material aus den Rottetrommeln zur Abtrennung der Flüssigkeit zentrifugiert. Die Flüssigkeit wird in gasdichten Behältern (9 und 10) bis zur Verwertung gelagert. Der feste Anteil mit einem Trockensubstanzgehalt von 40 – 45 % verlässt das geschlossene System und gelangt zur Nachrotte auf die Kompostmieten (5 und 6). Alle 2-3 Tage werden die Mieten maschinell umgesetzt. Nach 3-4 Wochen wird der reife Kompost gesiebt und auf die Lagerfläche 11 verbracht. Von den Mieten gehen im Laufe des Rotteprozesses und durch das Umsetzen unterschiedlich starke Geruchsemissionen aus.

Weniger intensiv sind Gerüche aus der Kompostierung von Grünabfall zu bewerten. Diese Materialien werden gesiebt, nötigenfalls geschreddert und ebenfalls der Fermentation zugeführt. Die Siebanlage für Grünabfall (mobil, auf dem Platz vor Nr. 14), die Lagerflächen für das angelieferte Material (12 , 13) und die Halde mit fertigem Kompost (11) bilden ebenfalls Geruchsquellen, die vergleichsweise weniger intensiv sind.

5.2 Anlagenbeschreibung, Recyclinghof Remondis



Abb. 3: Anlagen des Recyclinghofes Remondis im Planzustand, nachgezeichnet anhand der Genehmigungsunterlagen.

Auf dem Recyclinghof werden Materialien aus dem Sperrmüll, dem Gelben Sack, aus Glascontainern und Bauschutt angenommen und recycelt. Weiterhin wird Erdaushub bearbeitet. Die Anlage wird gegenwärtig erweitert. Eine in 2019 erteilte Genehmigung wurde bisher teilweise umgesetzt. Nach der Genehmigung werden im Planzustand jährlich 300.000 t Bauschutt und 135.000 t Gewerbeabfall verarbeitet.

Anlagenteile des Recyclinghofes nach Abb. 4:

Hallen, geschlossene Anlagen:

- H 1: Annahme und Vorsortierung von Sperrmüll.
- H 2: Annahme und Vorsortierung Gewerbeabfall, gelber Sack, Bau- und Abbruchabfälle.
- H 3: geplante Halle für Papier, Pappe, Kartonagen und Kunststoffe. Es soll eine Ballenpresse aufgestellt werden.
- S: Sortieranlage.
- F: Abluftreinigung.

Außenanlagen zur Verarbeitung und Lagerung:

- B 1: Bauschutt I.
- B 2: Bauschutt II.
- B 3: Bauschutt III.
- B 4 : Bauschutt IV.
- B 5: Annahmebereich für Bauschutt.

Ho 1: Verarbeitung von Holz, Schredder, derzeit nicht genutzt. Dient als Reserve, falls Ho 2 nicht genutzt werden kann.

Ho 2: Verarbeitung von Holz, Schredder.

E: Umschlagplatz für Erdaushub und Mutterboden.

Lagerflächen:

- L 1: Altglas.
- L 2: Schrott, Big Packs, Kunststoff.
- L 3: Holzlager.
- L 4: Lager für gefährliche Stoffe: Dachpappe, Asbest, Teerholz.
- L 5: Sperrmüll und Gewerbeabfall Zwischenlager nach Anlieferung.
- L 6: Altreifen.
- L 7: Containerstellplatz.
- L 8: Ballenlager.

Büro- und Sozialräume:

Soz: Sozialräume im Eingangsbereich

Ver: Verwaltung und Sozialräume

Da der Inhalt der Gelben Säcke teilweise verschmutzt sein kann, sind in dem Bereich der Annahme und Sortierung dieser Abfälle Geruchsemissionen nicht auszuschließen. Ebenso können die Altglascontainer Geruchsquellen darstellen. Für Grünschnitt, der bei Remondis nur in geringen Mengen anfällt, sind ebenfalls aufgrund von Rottevorgängen Geruchsemissionen, wenn auch in geringerem Umfang, nicht auszuschließen.

6 Ermittlung der Geruchsemissionen und Immissionen

6.1 Ausbreitungsrechnung

Die Ausbreitungsrechnung wurde mit dem von den Landesbehörden der Bundesländer empfohlenen Berechnungsprogramm AUSTAL Version 3.1.2 WI-x mit der Bedienungsoberfläche P&K_AST, Version 3.1.2.830 von Petersen & Kade (Hamburg) durchgeführt. Die Bewertung der Immissionshäufigkeiten für Geruch wurde im Sinne des Anhangs 7 der TA-Luft 2021 durchgeführt.

6.1.1 Rechengebiet

Das Rechengebiet für eine Emissionsquelle ist nach TA-Luft 2021, Anhang 7 das Innere eines Kreises um den Ort der Quelle, dessen Radius das 50fache der Schornsteinbauhöhe beträgt. Bei mehreren Quellen ergibt sich das Rechengebiet aus der Summe der einzelnen Rechengebiete.

Im vorliegenden Fall beträgt die maximale Quellhöhe 10 m. Es wurde im Rahmen der Ausbreitungsrechnung um den Koordinatennullpunkt mit den UTM-Koordinaten (32) 70 91 41 (Ostwert) und 567 43 74 (Nordwert) ein geschachteltes Rechengitter mit Kantenlängen von 80 m, 40 m, 20 m und 10 m gelegt. Die Maschenweite nimmt mit der Entfernung zum Emissionschwerpunkt zu. Es wird ein Rechengebiet von 2.700 m x 2.700 m berücksichtigt.

Aus hiesiger Sicht sind die gewählten Rasterweiten bei den gegebenen Abständen zwischen Quellen und Immissionsorten ausreichend, um die Immissionsmaxima mit hinreichender Sicherheit bestimmen zu können.

6.1.2 Winddaten

Die am Standort vorherrschenden Winde verfrachten die an den Emissionsorten entstehenden Geruchsstoffe in die Nachbarschaft.

In der Regel gibt es für den jeweils zu betrachtenden Standort keine rechentechnisch verwertbaren statistisch abgesicherten Winddaten. Damit kommt im Rahmen einer Immissionsprognose der Auswahl der an unterschiedlichen Referenzstandorten vorliegenden am ehesten geeigneten Winddaten eine entsprechende Bedeutung zu.

Für den Standort wurde durch das IFU-Institut eine Detaillierte Prüfung der Repräsentativität meteorologischer Daten (DPR) durchgeführt (siehe Anhang). Es hat sich hierbei ergeben, dass auf den genannten Standort die Winddaten der Station Leipzig-Holzhausen die beste Eignung

zur Übertragung besitzen. Als repräsentatives Jahr für diese Station wurde aus einem Gesamtzeitraum von 6.03.2008 bis zum 01.01.2016 das Jahr 2012 ermittelt (DPR.20230303-01 vom 20. März 2023, erstellt durch Herrn Dipl. Phys. Thomas Köhler).

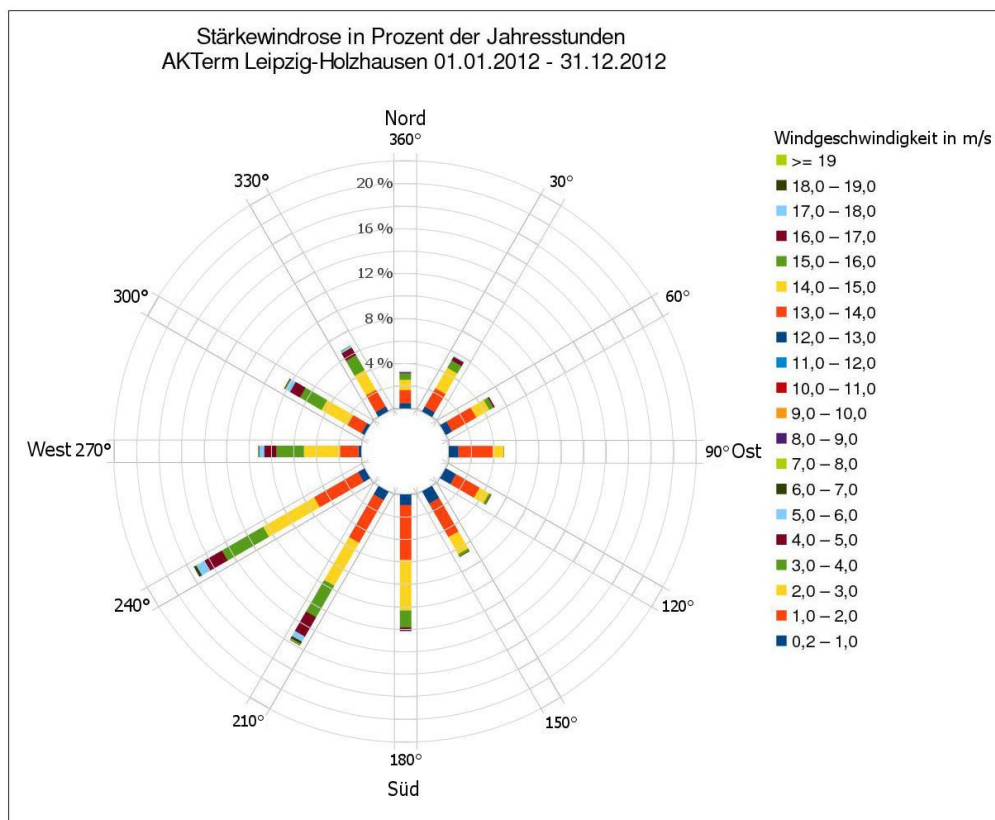


Abb. 4: Stärkewindrose am Standort Leipzig-Holzhausen, repräsentatives Jahr 2012

6.1.3 Bodenrauigkeit

Die Bodenrauigkeit des Geländes wird durch eine mittlere Rauigkeitslänge z_0 bei der Ausbreitungsrechnung durch das Programm AUSTAL berücksichtigt. Sie ist aus den Landnutzungs-klassen des Landbedeckungsmodells Deutschland (LBM-DE) (vgl. Tabelle 15 Anhang 2 TA Luft 2021) zu bestimmen. Für die Bestimmung der Rauigkeitslänge ist in Anhang 2, Nr. 6 der TA Luft 2021 Folgendes festgelegt:

„Die Rauigkeitslänge ist für ein kreisförmiges Gebiet um den Schornstein festzulegen, dessen Radius das 15-fache der Freisetzungshöhe (tatsächlichen Bauhöhe des Schornsteins), mindestens aber 150 m beträgt. Setzt sich dieses Gebiet aus Flächenstücken mit unterschiedlicher Bodenrauigkeit zusammen, so ist eine mittlere Rauigkeitslänge durch arithmetische Mittelung mit Wichtung entsprechend dem jeweiligen Flächenanteil zu bestimmen und anschließend auf den nächstgelegenen Tabellenwert zu runden.“

Für eine vertikal ausgedehnte Quelle ist als Freisetzungshöhe ihre mittlere Höhe zu verwenden. Bei einer horizontal ausgedehnten Quelle ist als Ort der Schwerpunkt ihrer Grundfläche zu verwenden. Bei mehreren Quellen ist für jede ein eigener Wert der Rauigkeitslänge und daraus der Mittelwert zu berechnen, wobei die Einzelwerte mit dem Quadrat der Freisetzungshöhe gewichtet werden."

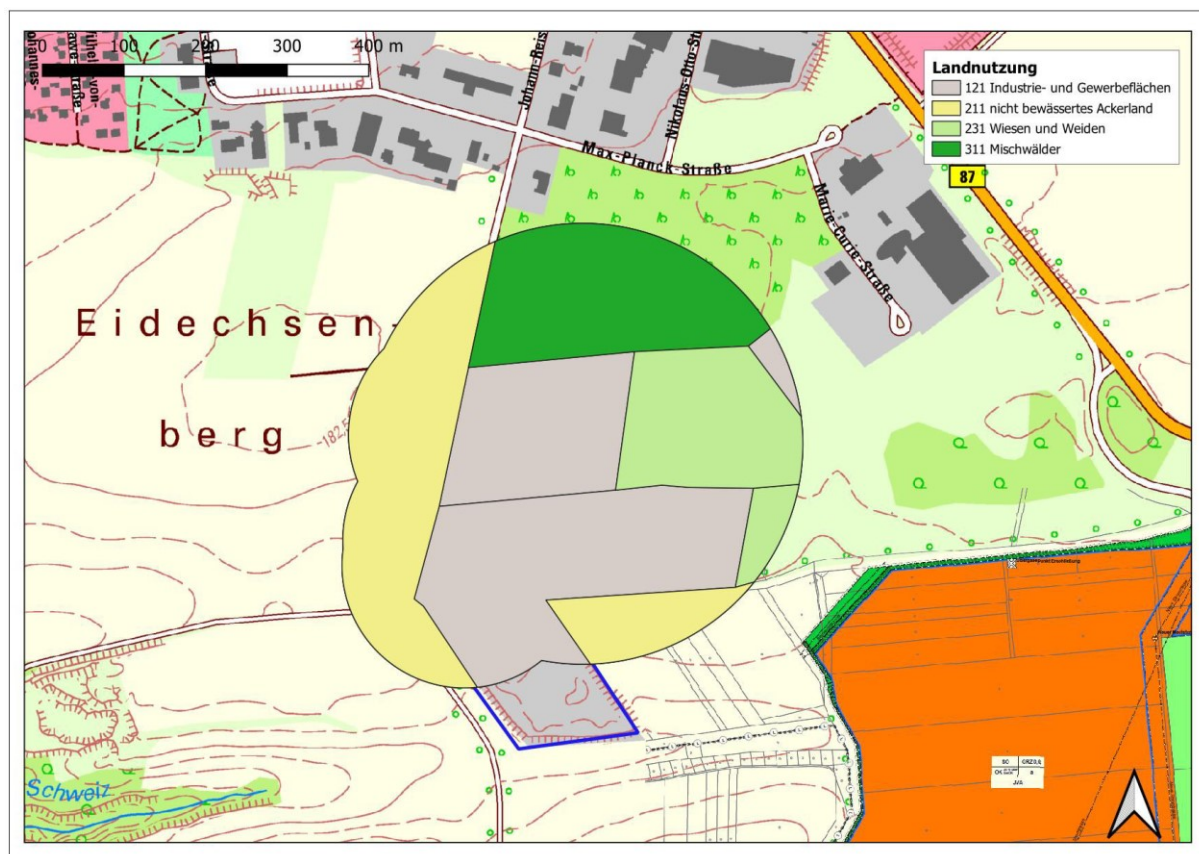


Abb. 5: Landnutzungsklassen im Bereich der Emissionsquellen

„Es ist zu prüfen, ob sich die Landnutzung seit Erhebung der Daten wesentlich geändert hat oder eine für die Immissionsprognose wesentliche Änderung zu erwarten ist.

Variiert die Bodenrauigkeit innerhalb des zu betrachtenden Gebietes sehr stark, ist der Einfluss des verwendeten Wertes der Rauigkeitslänge auf die berechneten Immissionsbeiträge zu prüfen."

In Abbildung 5 und Tabelle 1 ist das Herleiten der Rauigkeitslänge entsprechend der Vorgehensweise der TA Luft 2021 dargestellt.

Tabelle 1: Berechnung der Rauigkeitslänge nach Abb. 5

Betrieb.	Quelle ¹⁾	z_0 ²⁾ in m	FH ³⁾ in m	FH^2	$z_0 \cdot FH^2$
Bio Komp SAS	1	0,84	1	1	0,8
	15+6	0,9	0,75	0,56	0,5
	11	0,84	1	1	0,8
	12-1	0,98	1	1	1,0
	12-2	1,01	1	1	1,0
	14	0,66	1,5	2,25	1,5
	18	0,76	18	324	246,2
Remondis	19	0,85	6	36	30,6
	H1	0,67	2,5	6,25	4,2
	H1	0,76	2,5	6,25	4,8
	H1	0,66	1,5	2,25	1,5
	L1	0,88	0,75	0,56	0,5
	E	0,76	0,75	0,56	0,4
Summe:				382,68	293,8
Gesamtbelastung gemittelte z_0 in m ($\Sigma(z_0 \cdot FH^2) / \Sigma(FH^2)$):				0,77	

Legende:

- 1) Quellenbezeichnung nach Kapitel 5,
- 2) Mittlere Rauigkeitslänge der jeweiligen Quelle.
- 3) Freisetzungshöhe der jeweiligen Quelle nach TA Luft 2021 (d.h. die tatsächliche Bauhöhe bei Punktquellen bzw. die mittlere Höhe bei vertikal ausgedehnten Quellen).

Nach Tabelle 1 beträgt die für die Ausbreitungsrechnung der für Geruchsemissionen berücksichtigten Quellen der Nachbarbetriebe gemittelte Rauigkeitslänge 0,77 m, die auf den nächsten Wert 1,0 m aufzurunden ist.

Im Rechengang wird der Rauigkeitslänge von 1,0 m nach den Angaben der IFU-GmbH für die verwendete Winddatei Leipzig-Holzhausen die Anemometerhöhe 13,3 m zugewiesen.

6.1.4 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten

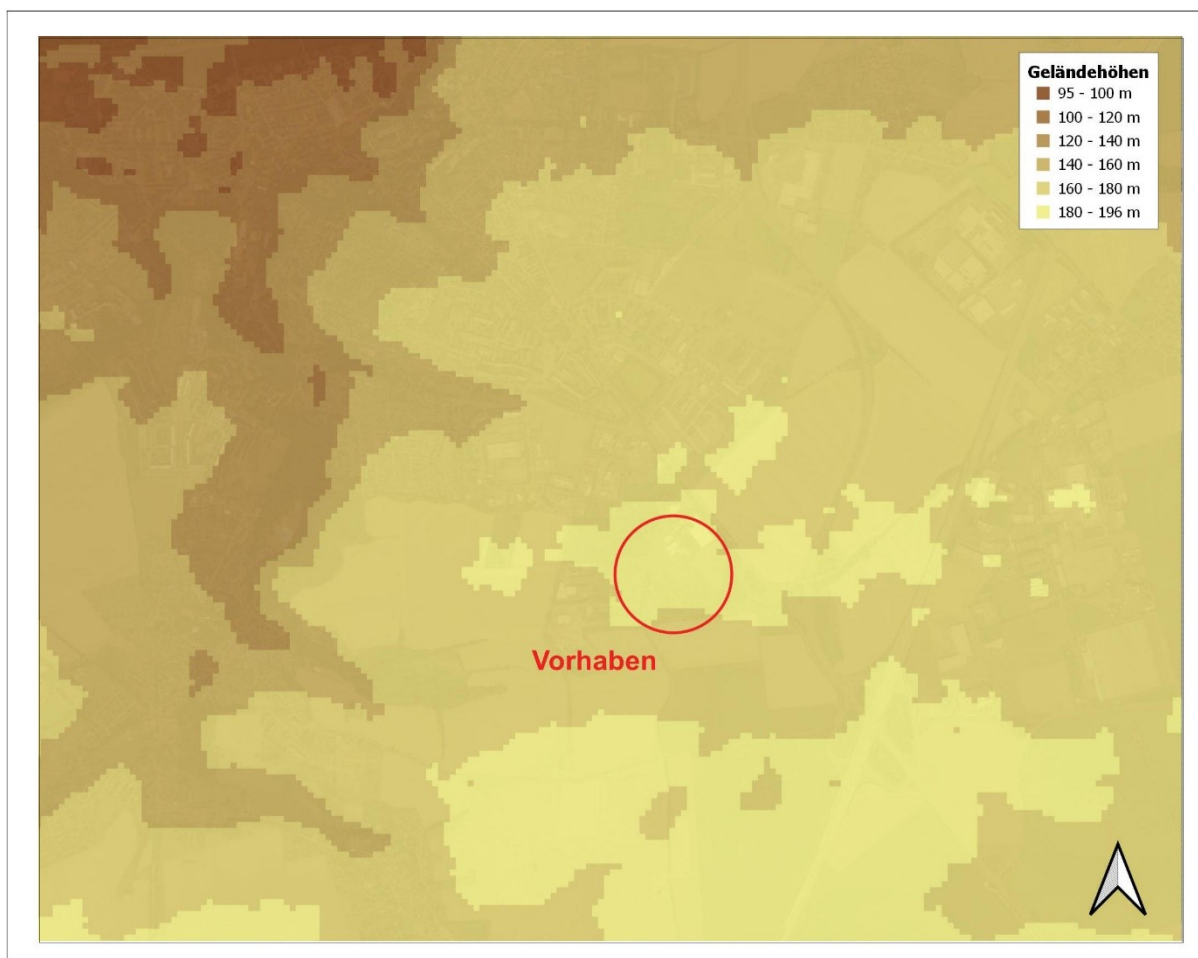


Abb. 6: Darstellung der Geländehöhen im 25 m Raster im Umfeld der geplanten JVA

Gemäß Nr. 12 des Anhangs 2 der TA-Luft 2021 sind für die Berücksichtigung von Geländeunebenheiten zwei Prüfkriterien gemeinsam zur Anwendung zu bringen.

Der Einfluss des Geländes ist demnach zu berücksichtigen, wenn:

1. innerhalb des Rechengebietes Höhendifferenzen zum Emissionsort von mehr als dem 0,7-fachen der Schornsteinbauhöhe auftreten
- und
2. Höhenanstiege von mehr als 1:20, bestimmt auf einer Strecke der zweifachen Schornsteinbauhöhe, vorhanden sind.

Im vorliegenden Fall liegt der Vorhabenstandort innerhalb eines nahezu ebenen Geländes, jedoch befinden sich im weiteren Umfeld nordwestlich der Planfläche Höhenzüge, die die Windrichtungen am Standort möglicherweise noch relevant beeinflussen können. Es wird daher den

Berechnungen ein Geländemodell im 25 m Raster hinterlegt und ein Strömungsmodell berechnet (siehe Abb. 7).

6.1.5 Berücksichtigung von Kaltluftabflüssen

Kaltluftströmungen, welche in der Regel nachts bei windschwachen Hochdruck-Wetterlagen entstehen, sorgen für eine natürliche Belüftung und Abkühlung von besiedelten Gebieten. Befinden sich Hindernisse wie Schutzwände, Straßendämme, entsprechend große Gebäude oder ganze Gemeindeteile in der Strömung, so reduzieren oder unterbinden diese Objekte den Kaltluftstrom. Im Vorliegenden Fall liegt der Vorhabenstandort an einem Tiefpunkt südöstlich einer Hanglage. Da die Hanglage zum Siedlungsgebiet von Weißenfels gehört und dicht bebaut ist, können an diesen Hängen keine Kaltluftabflüsse ausgebildet werden, da die durch die Gebäude verursachten Turbulenzen eine Durchmischung der bodennahen Kaltluft mit den höheren wärmeren Luftschichten bewirken.

6.1.6 Berücksichtigung von Bebauung

Nach Anhang 7 Nr. 11 der TA-Luft 2021 sowie VDI 3783 Blatt 13, Kapitel 4.5.3.2 soll die Abluft so abgeleitet werden, dass ein ungestörter Abtransport mit der freien Luftströmung ermöglicht wird. Dies ist in der Regel der Fall, wenn die Abluftkamine eine Höhe von mindestens 10 m über Grund haben und die Höhe über Dachfirst mindestens 3 m beträgt (vgl. Nr. 5.5.2, TA-Luft). Hierbei ist bei Dachneigungen von weniger als 20° die Höhe des Dachfirstes bei einer Dachneigung von 20° fiktiv zu bestimmen.

Darüber hinaus ist zu prüfen, ob es durch die umliegende Bebauung zu einer Beeinflussung des ungestörten Abtransportes der Abluft kommen kann. Hierbei sind alle Gebäude maßgeblich, die sich im Abstand des sechsfachen der Schornsteinbauhöhe um die Quelle befinden.

Nach Anhang 7 Nr. 11 der TA-Luft 2021 sowie VDI 3783 Blatt 13, Kapitel 4.5.3.2 soll die Abluft so abgeleitet werden, dass ein ungestörter Abtransport mit der freien Luftströmung ermöglicht wird. Dies ist in der Regel der Fall, wenn die Abluftkamine eine Höhe von mindestens 10 m über Grund haben und die Höhe über Dachfirst mindestens 3 m beträgt (vgl. Nr. 5.5.2, TA-Luft). Hierbei ist bei Dachneigungen von weniger als 20° die Höhe des Dachfirstes bei einer Dachneigung von 20° fiktiv zu bestimmen.

Im vorliegenden Fall sind alle Emissionsquellen bodennahe diffuse Quellen im Sinne der TA-Luft 2021. Es wird konventionell bei allen hier berücksichtigten Quellen eine Ersatzquelle vom Boden bis zur jeweiligen Austrittshöhe, mindestens aber 1 m Höhe modelliert. Die emissionsstarken Quellen bezüglich Geruch befinden sich auf der Kompostieranlage im Bereich der

Kompostmieten der Bio-Komp-SAS. Diese Quellen liegen unter einer offenen, freitragenden Dachkonstruktion, die dem Wind wenig Widerstand bietet. Die Komposthalden und die Wände der Lagerflächen schirmen diese Quellen gegen das Plangebiet in östlicher Richtung ab, sodass die Transmission der emissionsbeladenen Luft erschwert wird. Die geplante Aufforstung zwischen den Anlagen und der Planfläche wird zusätzlich für Turbulenzen und für eine verstärkte Einmischung der Emissionen in die Umgebungsluft sorgen. Die Ausbreitungsrechnung für eine ebene Fläche stellt im vorliegenden Fall daher eine worst case Betrachtung dar.

6.1.7 Statistische Unsicherheit

Die statistische Unsicherheit überschreitet in diesen Berechnungen im Untersuchungsraum nicht 3 % der berechneten Jahres-Immissionswerte.

6.2 Emissionsrelevante Daten

6.2.1 Geruchsemissionen aus der Kompostieranlage

Emissionsdaten für Kompostieranlagen sind aus der VDI-Richtlinie 3475 Blatt 7 (2021) zu entnehmen. Im Vergleich zu den bis 2021 einzusetzenden Emissionswerten der VDI-Richtlinie 3475, 2003 sind die aktuell angegebenen Werte deutlich erhöht. Hieraus resultiert ein konservativer Ansatz für diese Anlagen.

Diffuse Emissionen aus dem Hallenbereich:

Die Inputstoffe aus der Biotonne werden in der Halle 1 entladen, gesiebt und in die Schneckenprozessoren aufgenommen. Die Halle verfügt über eine Absaugung mit anschließender Abluftreinigung. Für die Toröffnung der Emissionsfaktor von 5 GE m² in Ansatz gebracht. Geruchsemissionen aus den Hallentoren treten nur während der Arbeitszeit auf, da sonst das Tor geschlossen ist. Der Flächenbiofilter bildet im Abstand von mehr als 200 m zu den Immissionsorten und bei ordnungsgemäßem Betrieb nach der 44. BImSchV keine relevante Emissionsquelle und bleibt daher ohne Berücksichtigung.

Emissionen aus den Kompostmieten

In der VDI-Richtlinie 3475 Blatt 7 wird unterschieden zwischen frisch aufgesetzten Mieten, den Ruhezeiten zwischen dem Umsetzen und den Emissionen während des Umsetzens. Hierbei wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die Emissionen während des Reifungsprozesses des Kompostes stetig sinken. Für das Aufsetzen des Kompostes wird anfangs ein Emissionswert von $10 \text{ GE m}^{-2}\text{s}^{-1}$ eingesetzt, während die folgenden Umsetzvorgänge auf zunächst $4 \text{ GE m}^{-2}\text{s}^{-1}$ bis auf $3 \text{ GE m}^{-2}\text{s}^{-1}$ absinken. Ebenso sinken die Emissionen der Halden während der Ruhezeiten von zunächst $\text{GE m}^{-2}\text{s}^{-1}$ bis auf $\text{GE m}^{-2}\text{s}^{-1}$ im Verlauf des Prozesses. Die genannten Werte gelten für geschlossene Bioabfallkompostierungsanlagen mit und ohne vorgeschalteter Vergärungsstufe für diffuse Quellen. Eine Besonderheit der hier vorhandenen Kompostieranlage ist die dem Fermenter nachgeschaltete geschlossene Intensivrotte in den Rottetrommeln mit anschließender Abtrennung der (geruchsintensiven) Flüssigkeit durch Zentrifugation. Durch diese Vorbehandlung ist von einem bereits intensiv gerottetem Material auszugehen, das auf die dafür vorgesehenen Flächen in Halden aufgesetzt wird. Es wird daher für diese Anlage für die frisch aufgesetzten Mieten der Emissionsfaktor für den ersten Umsetzvorgang eingesetzt, der mit $4 \text{ GE m}^{-2}\text{s}^{-1}$ noch hinreichend konservativ angesetzt ist. Analog werden die Emissionsfaktoren für die Ruhezeiten zwischen den Umsetzvorgängen ebenfalls um eine spätere Stufe im Rotteprozess versetzt angenommen. Es existieren zwei überdachte Lagerflächen, auf denen sich insgesamt 8-9 trapezförmige Mieten mit jeweils einer Länge von 50 m, einer Breite von 2,5 m und einer Stapelhöhe von 1,3 m befinden können. Die Oberfläche beträgt 180 m^2 je Miete. Die Mieten werden alle 2-3 Tage maschinell umgesetzt. Die Rottetrommeln enthalten 200 m^3 Material, die nach Zentrifugation Material für eine Miete enthalten. Es wird pessimal davon ausgegangen, dass wöchentlich zwei Trommeln geerntet und als Mieten aufgesetzt werden und dass an diesen Tagen die vorhandenen Mieten ebenfalls umgesetzt werden.

Emissionen aus der Lagerung und Verarbeitung von Grünabfall und Fertigkompost

Grünabfall wird zunächst auf einer Halde (13) mit einer Fläche von ca. 200 m^2 zwischengelagert. Das gesiebte Material wird auf Halde (12) mit einer Fläche von 207 m^2 bis zur Verwertung im Fermenter gelagert, der Siebüberlauf gelangt auf eine eigene Halde (14) mit einer Oberfläche von ca. 247 m^2 . Zur Verwertung in der Biogasanlage wird der Siebüberlauf in die Halle 1 verbracht, dort geschreddert und weiterverarbeitet, sodass hieraus keine Geruchsimmissionen zu erwarten sind.

Der fertige Kompost aus den Nachrottemieten wird am Platz (11) gesiebt und gelagert. Die Rottezeit in den Mieten beträgt etwa 4 Wochen. Es werden ca. einmal wöchentlich Mieten

geerntet und verarbeitet. Das Lager mit einer Fläche von ca. 110 m² wird wöchentlich frisch aufgefüllt. Daher wird für jeweils einen Tag der Emissionsfaktor von 1 GE m⁻²s⁻¹ für frischen Kompost und für weitere 6 Tage der Wert von 0,3 GE m⁻²s⁻¹ in Ansatz gebracht. Für das Sieben des Kompostes wird nach der VDI-Richtlinie ein Wert von 5 GE pro Quadratmeter Siebfläche und Sekunde veranschlagt. Der sich bei einer Siebfläche von ca. 4 m² ergebende Wert von 20 GE m⁻²s⁻¹ wurde zu dem Emissionswert der Halde nach dem Auffüllen hinzugeschlagen.

Aus den obigen Angaben ergeben sich die unter 6.2.3 nach Emissionszeiten aufgeschlüsselten Emissionswerte

Emissionen aus der Gasverwertung

Das Gas aus der Anlage wurde bis vor kurzem durch zwei BHKW verwertet und die entstehende Wärme für die Anlage genutzt. Aktuell wird das Gas aufbereitet und in das Gasnetz eingespeist. Das aus dem Fermenter hervorgehende Biogas wird in den Folienspeicherdächern auf den Zentralspeichern 9 und 10 gelagert. Die hierdurch gasdicht abgedeckten Speicher bilden keine relevante Geruchsquelle und wurden daher nicht in der Ausbreitungsrechnung berücksichtigt. Das gewonnene Gas wird nach entsprechender Aufbereitung in das Gasnetz abgegeben. In der Aufbereitung wird das im Biogas enthaltende CO₂ entfernt und das Gas von Schadstoffen befreit. Die Abluft aus der Anlage wird über einen Kamin mit einer Höhe von 12 m über Grund an die Umgebung abgegeben.

Der Wegfall der BHKW macht es erforderlich, eine Heizung für die Rottetrommeln und den Fermenter zu betreiben. Hierzu wurde eine Biomassefeuerungsanlage installiert, die mit einer Brennstoffmischung aus in der Anlage anfallendem getrockneten Material betrieben wird.

Die Geruchsemissionen und Quellkonfigurationen wurden aus den Angaben des im Zusammenhang mit der Umrüstung durch den TÜV Nord angefertigten Immissionsgutachten übernommen. Die Emissionswerte beziehen sich hierbei auf eigene Messungen des TÜV und sind Bestandteil der Genehmigung.

6.2.2 Geruchsemissionen aus dem Recyclinghof

Emissionen aus der Müllsortierung

Die Verarbeitung der Abfälle aus dem Gelben Sack wird in einer geschlossenen Halle (H2) vorgenommen. Die Hallenluft wird abgesaugt und der Abluftreinigung zugeführt. Da der Abstand zur geplanten JVA mehr als 200 m beträgt, ist davon auszugehen, dass diese Geruchsquelle dort nicht mehr zu relevanten Geruchsimmissionen beiträgt.

Aus den Hallentoren können durch die Fahrzeugbewegungen Gerüche hervorgehen. Hierfür wird hilfsweise der Emissionsfaktor für Hallentore von Kompostieranlagen nach der VDI-Richtlinie 3475 in Höhe von $5 \text{ GE m}^{-2}\text{s}^{-1}$ für das geöffnete Tor und die Öffnung in der Mauer für das Band in Ansatz gebracht. Diese Geruchsemissionen sind auf die Arbeitszeiten beschränkt. Es wird davon ausgegangen, dass die Geruchsqualitäten aus diesen Abfällen sich nicht wesentlich von Abfällen aus den Biotonnen unterscheiden, wenn sie aus dem Gelben Sack weniger intensiv sein werden, weil weniger biologisch abbaubare Substanz vorhanden ist. Der getroffene Ansatz ist somit konservativ im Sinne einer worst case Annahme.

Emissionen aus dem Lagerplatz für Altglas

Weitere Geruchsquellen bilden die Glascontainer (L1), da das Material teilweise mit organischem Material verunreinigt sein kann. Das Material wird vor Ort nicht verarbeitet, sondern bis zum Abtransport zwischengelagert. Auch hier wird im Folgenden der Wert von $5 \text{ GE m}^{-2}\text{s}^{-1}$ wie für Hallenluft einer Kompostierungsanlage hilfsweise im Sinne einer konservativen Betrachtung eingesetzt.

Grünschnitt wird hauptsächlich in geringen Mengen meist zusammen mit anfallendem Bau-schutt angeliefert. Auf dem Werksgelände wird dieses Material derzeit auf einer Fläche von $\sim 212 \text{ m}^2$, gemessen aus dem Luftbild, gelagert.

6.2.3 Tabellenübersicht der Emissionswerte und Quelldaten

Tabelle 2: Aufgeschlüsselte Emissionswerte und Emissionszeiten der Kompostieranlage und der Recyclinganlage, diffuse Flächenquellen

Zeitraum	Materialmenge [m ² Oberfläche]	Emissionsfaktor [GE m ⁻² s ⁻¹]	Stärke [GE s ⁻¹]
Bio Komp-SAS			
Hallentor Halle 1 (Nr. 1 in Abb. 3)			
Werktags 7-18 Uhr	50	5	250
Mieten (Nr. 5 und 6 in Abb. 3)			
wöchentlich wiederholende Emissionen			
Aufsetzen 1. Tag (2 Mieten)	360	4	1.440
7 vorhandene Mieten umsetzen	1.260	3	3.780
Summe:			5.220
2. und 3.Tag			
Ruhe bis zum Umsetzen alle Mieten	1.620	1	1.620
4. Tag			
Umsetzen alle Mieten	1.620	3	2.340
5. – 7. Tag			
Ruhezeit alle Mieten	1.620	1	1.620
Halde mit Fertigkompost (Nr. 11 in Abb. 3)			
wöchentlich wiederholende Emissionen			
- 1. Tag nach befüllen	110	1	110
Zuschlag für das Sieben	4	5	20
Summe 1. Tag			130
6 Tage Lagern in Ruhe	110	0,3	33
Halde mit gesiebttem Grünabfall (Nr. 12 in Abb. 3)			
ganzjährig	207	2	414
Zuschlag für das Sieben	4	5	20
Summe			434
Halde mit angeliefertem Grünabfall (Nr. 13 in Abb. 3)			
ganzjährig	200	2	400
Halde mit Siebresten (Nr. 14 in Abb. 3)			
ganzjährig	247	0,3	74,1
Nebenanlagen, Heizung und Gasaufbereitung *			
			Stärke
			[GE s⁻¹]
Biomassefeuerungsanlage (BMFA)			3.333
Biogasaufarbeitung (BGAA)			66,7
Abfallrecycling Remondis			
Tore 1 -2, Halle 2 (H2 in Abb. 4)			
Werktags 7 – 18 Uhr	25	5	125
Öffnung für Fließband, Halle 2 (H2 in Abb. 4)			
ganzjährig	15	5	75
Altglas (L1 in Abb. 4)			
ganzjährig	175	5	875
Grünschnitt (E in Abb. 4)			
ganzjährig	212,5	2	425

Tabelle 3: Liste der Quelldaten, Koordinaten

Nr. in Abb. 3-4 ¹⁾	Quelle ²⁾	Quell form ³⁾	Koordinaten ⁴⁾									
			Xq ^{4.1)}	Yq ^{4.2)}	Hq ^{4.3)}	Aq ^{4.4)}	Bq ^{4.5)}	Cq ^{4.6)}	Wq ^{4.7)}	Vq ^{4.8)}	Tq ^{4.9)}	Dq ^{4.10)}
			[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[°C]	[m]
Kompostieranlage												
1	Tor Halle	sF	-518	-25	0	12	0	5	90	-	-	-
5 + 6	Miete 1	V	-484	-21	0	75	48,1	1,5	4,5	-	-	-
11	Fertigkomp.	V	-501	-20	0	12	11	2	0	-	-	-
12	Grünabfall gesiebt	V	-424	55	0	23	9	2	0	-	-	-
12	Grünabfall nach An-lieferung	V	-416	67	0	14	14	2	4	-	-	-
14	Siebreste	V	-545	-2	0	12,9	18,9	3	3	-	-	-
18	BMFA	P	-402	-3	18	-	-	-	0	15	200	0,6
19	BGAA	sL	-372	-6	0	0	0	12	-	-	-	-
Abfallrecyclinganlage												
H2	Halle Tor 1	sF	-548	-121	0	5	0	5	7	-	-	-
H2	Halle Tor 2	sF	-521	-119	0	5	0	5	7	-	-	-
H2	Öffnung	sF	-549	-152	1,5	5	0	3	6,3	-	-	-
L1	Altglas	V	-466	-108	0	25	7	1,5	94,3	-	-	-
E	Grün-schnitt	V	-371	-102	0	12,4	17	1,5	4,7	-	-	-

Legende:

¹⁾ BMFA = Biomassefeuerungsanlage, BGAA = Biogasaufbereitungsanlage.

²⁾ Bezeichnung der Anlage

³⁾ sF = stehende Flächenquelle, p = Punktquelle, V = Volumenquelle.

⁴⁾ Für die Berechnung wurde folgender Koordinaten-Nullpunkt festgelegt: (32) 50 58 73 (Ostwert) und 589 43 75 (Nordwert) basierend auf dem UTM-Koordinatensystem.

^{4.1)} X-Koordinate der Quelle, Abstand vom Nullpunkt in m (Standardwert 0 m = Mitte des Rechengitters).

^{4.2)} Y-Koordinate der Quelle, Abstand vom Nullpunkt in m (Standardwert 0 m = Mitte des Rechengitters).

^{4.3)} Höhe der Quelle (Unterkante) über dem Erdboden in m.

^{4.4)} X-Weite: Ausdehnung der Quelle in x-Richtung in m.

^{4.5)} Y-Weite: Ausdehnung der Quelle in y-Richtung in m.

^{4.6)} Z-Weite: vertikale Ausrichtung der Quelle in m.

^{4.7)} Drehwinkel der Quelle um eine vertikale Achse durch die linke untere Ecke (Standardwert 0 Grad).

^{4.8)} Austrittsgeschwindigkeit der Abluft/des Abgases.

^{4.9)} Abgastemperatur.

^{4.10)} Durchmesser der Quelle in m. Dieser Parameter wird ggf. zur Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung nach VDI 3782 Blatt 3 verwendet.

*) Die Emissionsdaten wurden aus dem Gutachten des TÜV Nord vom 15.07.2021 für diese Anlage übernommen. Nach den Angaben stammen die Daten aus eigenen Messungen.

6.2.4 Wahrnehmungshäufigkeiten von Geruchsimmissionen

Die Immissionshäufigkeit wird als Wahrnehmungshäufigkeit berechnet. Die Wahrnehmungshäufigkeit berücksichtigt das Wahrnehmungsverhalten von Menschen, die sich nicht auf die Geruchswahrnehmung konzentrieren, ergo dem typischen Anwohner (im Gegensatz zu z.B. Probanden in einer Messsituation, die Gerüche bewusst detektieren).

So werden singuläre Geruchseignisse, die in einer bestimmten Reihenfolge auftreten, von Menschen unbewusst in der Regel tatsächlich als durchgehendes Dauerereignis wahrgenommen. Die Wahrnehmungshäufigkeit trägt diesem Wahrnehmungsverhalten Rechnung, indem eine Wahrnehmungsstunde bereits erreicht wird, wenn es in mindestens 6 Minuten pro Stunde

zu einer berechneten Überschreitung einer Immissionskonzentration von 1 Geruchseinheit je Kubikmeter Luft kommt (aufgrund der in der Regel nicht laminaren Luftströmungen entstehen insbesondere im Randbereich einer Geruchsfahne unregelmäßige Fluktuationen der Geruchsstoffkonzentrationen, wodurch wiederum Gerüche an den Aufenthaltsorten von Menschen in wechselnden Konzentrationen oder alternierend auftreten).

Die Wahrnehmungshäufigkeit unterscheidet sich damit von der Immissionshäufigkeit in Echtzeit, bei der nur die Zeiteile gewertet werden, in denen tatsächlich auch Geruch auftritt und wahrnehmbar ist.

In diesem Zusammenhang ist jedoch auch zu beachten, dass ein dauerhaft vorkommender Geruch unabhängig von seiner Art oder Konzentration von Menschen nicht wahrgenommen werden kann, auch nicht, wenn man sich auf diesen Geruch konzentriert.

Ein typisches Beispiel für dieses Phänomen ist der Geruch der eigenen Wohnung, den man in der Regel nur wahrnimmt, wenn man diese längere Zeit, z.B. während eines externen Urlaubes, nicht betreten hat. Dieser Gewöhnungseffekt tritt oft schon nach wenigen Minuten bis maximal einer halben Stunde ein, z.B. beim Betreten eines rauch- und alkoholgeschwängerten Lokales oder einer spezifisch riechenden Fabrikationsanlage. Je vertrauter ein Geruch ist, desto schneller kann er bei einer Dauerdeposition nicht mehr wahrgenommen werden.

Unter Berücksichtigung der kritischen Windgeschwindigkeiten, dies sind Windgeschwindigkeiten im Wesentlichen unter 2 m s^{-1} , bei denen überwiegend laminare Strömungen mit geringer Luftvermischung auftreten (Gerüche werden dann sehr weit in höheren Konzentrationen fortgetragen - vornehmlich in den Morgen- und Abendstunden), und der kritischen Windrichtungen treten potentielle Geruchsimmissionen an einem bestimmten Punkt innerhalb der Geruchsschwellenentfernung einer Geruchsquelle nur in einem Bruchteil der Jahresstunden auf. Bei höheren Windgeschwindigkeiten kommt es in Abhängigkeit von Bebauung und Bewuchs verstärkt zu Turbulenzen. Luftfremde Stoffe werden dann schneller mit der Luft vermischt, wodurch sich auch die Geruchsschwellenentfernungen drastisch verkürzen. Bei diffusen Quellen, die dem Wind direkt zugänglich sind, kommt es durch den intensiveren Stoffaustausch bei höheren Luftgeschwindigkeiten allerdings zu vermehrten Emissionen, so z.B. bei nicht abgedeckten Güllebehältern ohne Schwimmdecke und Dungplätzen, mit der Folge größerer Geruchsschwellenentfernungen bei höheren Windgeschwindigkeiten. Die diffusen Quellen erreichen ihre maximalen Geruchsschwellenentfernungen im Gegensatz zu windunabhängigen Quellen bei hohen Windgeschwindigkeiten.

6.2.5 Belästigungsabhängige Gewichtung der Immissionshäufigkeiten

Die Gewichtungsfaktoren nach Anhang 7 der TA-Luft 2021 beziehen sich ausschließlich auf Gerüche aus der Tierhaltung und finden daher im vorliegenden Fall keine Berücksichtigung.

6.2.6 Beurteilung der Immissionshäufigkeiten

Für die geplante JVA ist die Ausweisung eines Sondergebietes geplant. Für Justizvollzugsanstalten ist im Anhang 7, Nr. 3.1, Tabelle 22 der TA-Luft 2021 kein Immissionswert vorgesehen. Nach den dortigen Vorgaben sind Sonstige Gebiete, in denen sich Personen nicht nur vorübergehend aufhalten, entsprechend den Grundsätzen des Planungsrechtes den einzelnen Spalten zuzuordnen. Die Lage der geplanten JVA im Umfeld von Gewerbe- und Industriegebieten weit außerhalb des Siedungsgebietes von Weißenfels legt nahe, für diesen Standort ebenfalls den Immissionswert für die nach Anhang 7, Nr. 3.1, Tabelle 22 der TA-Luft 2021 für Gewerbe- und Industriegebiete geltenden Immissionswert von bis zu 15 % der Jahresstunden in Ansatz zu bringen.

Andererseits unterliegen die Insassen der JVA der besonderen Situation, dass sie ihren Aufenthaltsort nicht selbst wählen können und daher nicht die Möglichkeit haben, einer als belästigend empfundenen Exposition durch Gerüche auszuweichen, sodass aus diesem Aspekt eine Beurteilung der Anlage wie für ein WA-Gebiet mit einem Immissionswert von bis zu 10 % der Jahresstunden ebenfalls plausibel wäre. Bei der Ausweisung des Sondergebietes ist daher eine Wichtung der Rechtsgüter vorzunehmen und eine entsprechende Festlegung zu treffen.

6.2.7 Ergebnisse und Beurteilung

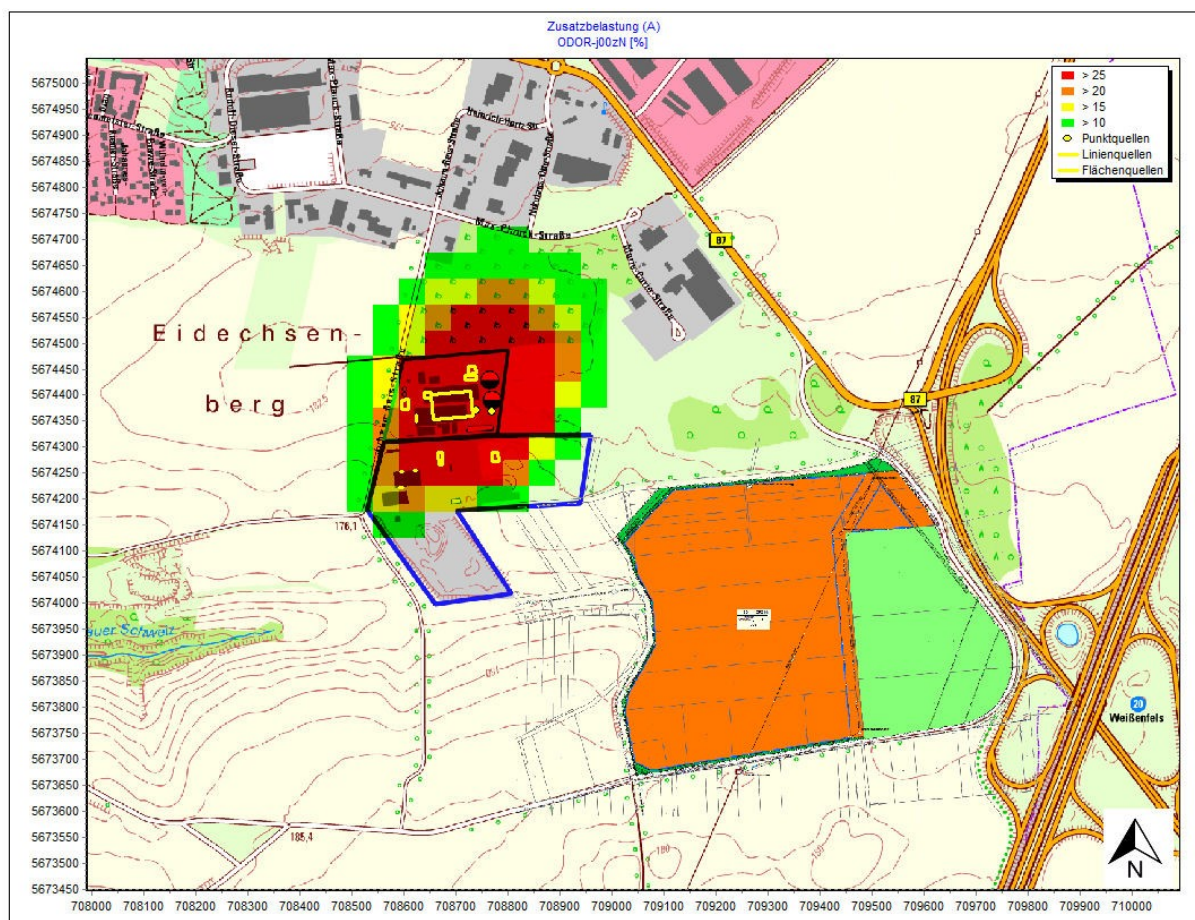


Abb. 7: Geruchsimmissionen aus den benachbarten Anlagen im Bereich der geplanten JVA, Berechnung bei einer aktuellen Rauigkeitslänge von 0,5 m, und bei Immissionswerten von > 10 %, > 15 %, > 20 % und > 25 %, (dargestellt im 25 m Raster), Maßstab 1: ~14.500

Unter Berücksichtigung der emissionsrelevanten Betriebe kommt es im gesamten Planbereich der JVA zu einer deutlichen Einhaltung des Immissionswertes für Wohnnutzungen in Industrie- und Gewerbegebieten von 15 % der Jahresstunden Wahrnehmungshäufigkeit und ebenfalls des Immissionswertes für reine Wohnnutzung in Höhe von 10 % der Jahresstunden (Abb. 7). Auf dem Anlagengelände werden unter den gegebenen Annahmen Immissionswerte von bis maximal 3 % der Jahresstunden Wahrnehmungshäufigkeit berechnet (Abb. 8).

Im Rahmen der Bauleitplanung sind weiterhin i.d.R. Erweiterungsplanungen der umliegenden Betriebe zu berücksichtigen, da sie einen abwägungsbeachtlichen Belang darstellen.

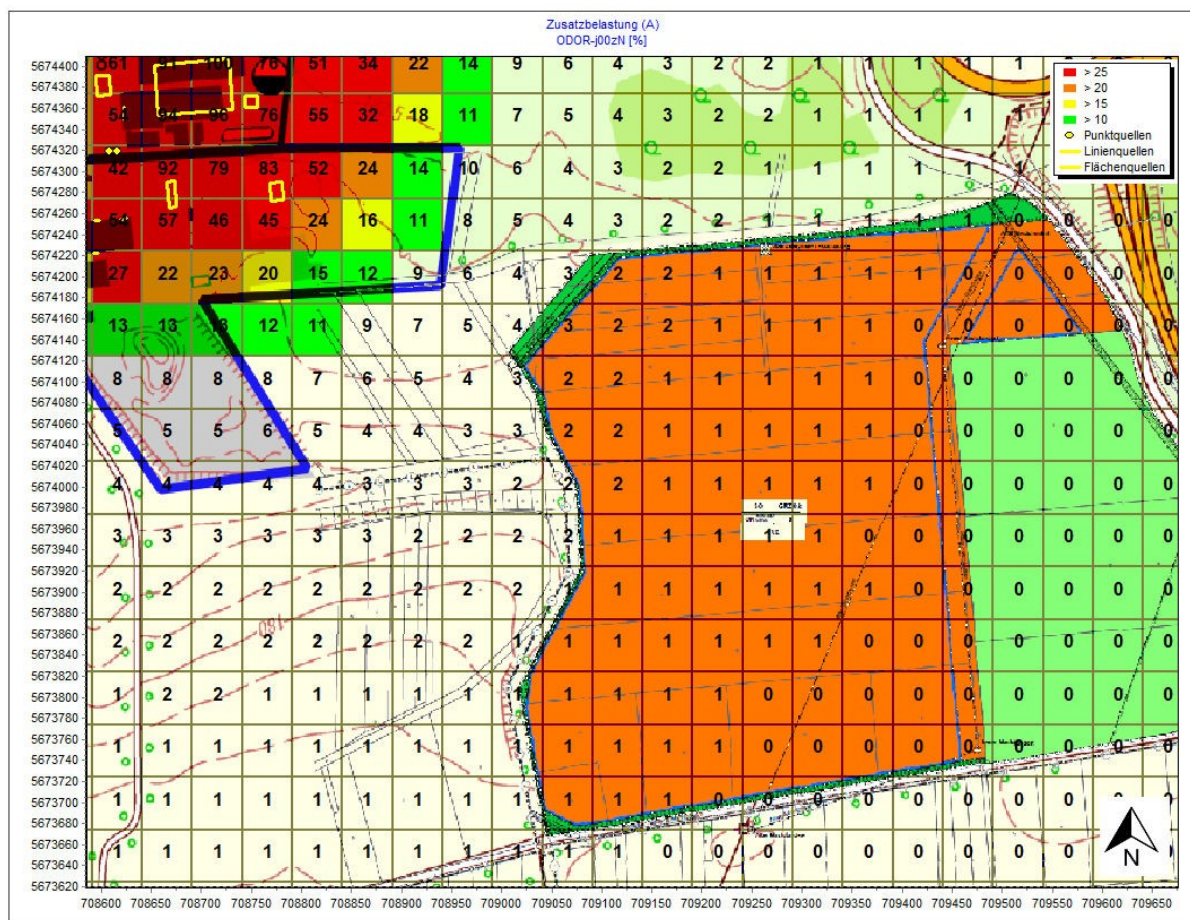


Abb. 8: Geruchsimmissionen aus den benachbarten Anlagen im Bereich der geplanten JVA, Bildausschnitt mit Darstellung der Zahlenwerte der berechneten Wahrnehmungshäufigkeiten und Immissionswerte von > 10 %, > 15 %, > 20 % und > 25 %, (dargestellt im 50 m Raster), Maßstab 1: ~7.500

Der Immissionswert von 10 % der Jahresstunden ist mit derzeit maximal 3 % der Jahresstunden Wahrnehmungshäufigkeit auf dem Gelände der geplanten JVA nicht ausgeschöpft, sodass für eventuelle Erweiterungen der bestehenden Betriebe und Neuansiedlungen von Gewerbe ein angemessener Gestaltungsspielraum bestehen bleibt.

7 Verwendete Unterlagen

Ausbreitungsklassenzeitreihe der Station Leipzig-Holzhausen für das repräsentative Jahr 2012 aus dem Bezugszeitraum 2008 - 2016 bezogen durch die IFU GmbH, Frankenberg.

Auszüge aus der Digitalen Topografischen Karte des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt (LVermGeo) (AK10) über den kritischen Bereich in Weißenfels.

Hartmann, u.; Gärtner, A.; Hölscher, M.; Köllner, B. und Janicke, L.: Untersuchungen zum Verhalten von Abluftfahnen landwirtschaftlicher Anlagen in der Atmosphäre. Langfassung zum Jahresbericht 2003 des Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, www.lua.nrw.de.

Leitfaden zur Prüfung und Erstellung von Ausbreitungsrechnungen nach TA-Luft (2002) und der Geruchsimmissions-Richtlinie (2008) mit AUSTAL2000, LANUV-Arbeitsblatt 36. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2018.

Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft 2021 vom 18. August 2021).

TÜV Nord, Gutachtliche Stellungnahme über Geruchsemissionen und nachbarschaftliche Geruchsimmissionen der erweiterten Kompostierungsanlage Weißenfels, Gutachter Dipl.-Ing Thomas Liebich vom 15.07.2021.

VDI-Richtlinie 3475, Blatt 7: Emissionsminderung, Geruchsemissionsfaktoren für die biologische Abfallbehandlung. Beuth-Verlag, Berlin, 2021.

VDI-Richtlinie 3782, Blatt 1: Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Gauß'sches Fahnenmodell für Pläne zur Luftreinhaltung. Beuth-Verlag, Berlin, 2001.

VDI-Richtlinie 3940, Blatt 1: Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen – Bestimmung der Immissionshäufigkeit von erkennbaren Gerüchen, Rastermessung. Beuth-Verlag, Berlin, 2006.

8 Anhang A

8.1 Parameterdatei für die Berechnung

Protokoll- und Ergebnisdaten (austal.log)

2026-04-20 11:59:42 AUSTAL gestartet

Ausbreitungsmodell AUSTAL, Version 3.3.0-WI-x
Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2024
Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2024

=====
Modified by Petersen+Kade Software , 2024-03-28
=====

Arbeitsverzeichnis: D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004

Erstellungsdatum des Programms: 2024-03-28 12:47:12
Das Programm läuft auf dem Rechner "BERECHNUNG_2".

===== Beginn der Eingabe =====
> settingspath "C:\Program Files (x86)\P&K\P&K AST\astal.settings"
> settingspath "C:\Program Files (x86)\P&K\P&K AST\astal.settings"
> AZ "leipzig-holzhausen_2012_ifu_dwd station_2928.akterm"
> GH "dgm_25_weissenfels_.txt"
> HA 13.3
> Z0 1
> QS 2
> XA -1491
> YA 76
> GX 709141
> GY 5674374
> X0 -586 -806 -1206 -1326 -1886
> Y0 -378 -418 -678 -798 -1438
> NX 74 92 74 44 37
> NY 100 68 56 34 34
> DD 5 10 20 40 80
> NZ 0 0 0 0 0
> XQ -484 -518 -545 -501 -424 -416 -402 -548 -521 -549 -466 -371 -372
> YQ -21 -25 -2 20 55 67 -3 -121 -119 -152 -108 -102 -6
> HQ 0 0 0 0 0 18 0 0 1.5 0 0 0
> VQ 0 0 0 0 0 15 0 0 0 0 0
> DQ 0 0 0 0 0 0 0.6 0 0 0 0 0
> AQ 75 12 12.9 12 23 14 0 5 5 5 25 12.4 0
> BQ 48.1 0 18.9 11 9 14 0 0 0 0 7 17 0
> CQ 1.5 5 3 2 2 2 0 5 5 3 1.5 1.5 12
> WQ 4.5 90 3 0 0 4 0 7 7 6.3 94.3 4.7 0
> TQ 0 0 0 0 0 0 200 0 0 0 0 0
> ODOR_100 ? ? 74.1 ? 434 400 3333 ? ? 75 875 425 66.7
> LIBPATH "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/lib"
===== Ende der Eingabe =====

Existierende Windfeldbibliothek wird verwendet.

Anzahl CPUs: 4

Die Höhe h_q der Quelle 1 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe h_q der Quelle 2 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe h_q der Quelle 3 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe h_q der Quelle 4 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe h_q der Quelle 5 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe h_q der Quelle 6 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe h_q der Quelle 8 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe h_q der Quelle 9 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe h_q der Quelle 10 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe h_q der Quelle 11 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe h_q der Quelle 12 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe h_q der Quelle 13 beträgt weniger als 10 m.
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 1 ist 0.12 (0.12).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 2 ist 0.12 (0.12).

Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 3 ist 0.16 (0.16).
 Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 4 ist 0.15 (0.13).
 Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 5 ist 0.25 (0.20).
 Existierende Geländedateien zg0*.dmna werden verwendet.
 Die Zeitreihen-Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/zeitreihe.dmna" wird verwendet.
 Die Wertereihe für "ri" wird ignoriert (DMNA).
 Die Angabe "az leipzig-holzhausen_2012_ifu_dwd station_2928.akterm" wird ignoriert.

Prüfsumme AUSTAL 4b33f663
 Prüfsumme TALDIA adcc659c
 Prüfsumme SETTINGS b853d6c4
 Prüfsumme SERIES b52130c9

=====

TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "odor".
 TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 16).
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor-j00z01" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor-j00s01" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor-j00z02" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor-j00s02" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor-j00z03" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor-j00s03" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor-j00z04" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor-j00s04" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor-j00z05" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor-j00s05" ausgeschrieben.
 TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "odor_100".
 TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 16).
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor_100-j00z01" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor_100-j00s01" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor_100-j00z02" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor_100-j00s02" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor_100-j00z03" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor_100-j00s03" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor_100-j00z04" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor_100-j00s04" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor_100-j00z05" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "D:/PKAST_Temp/pk_ast.000902/erg0004/odor_100-j00s05" ausgeschrieben.
 TMT: Dateien erstellt von AUSTAL_3.3.0-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= -549 m, y= -151 m (1: 8, 46)
 ODOR_100 J00 : 100.0 % (+/- 0.0) bei x= -549 m, y= -151 m (1: 8, 46)
 ODOR_MOD J00 : 100.0 % (+/- ?) bei x= -549 m, y= -151 m (1: 8, 46)

=====

2026-04-20 18:23:06 AUSTAL beendet.

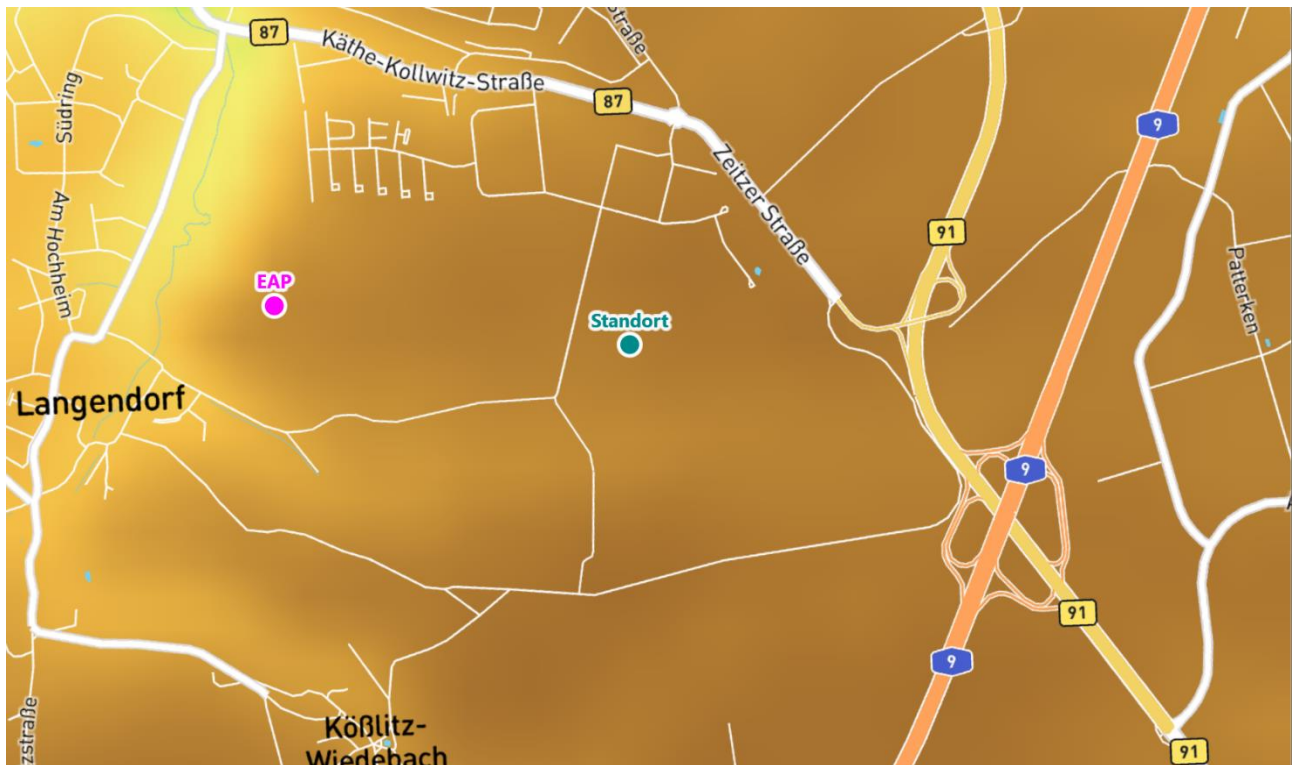
9 Anhang B

9.1 Übertragbarkeitsprüfung

Nachfolgend wird die für den Standort durch die IFU GmbH durchgeführte Detaillierte Prüfung der Repräsentativität meteorologischer Daten (DPR) eingefügt.

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

an einem Anlagenstandort in Weißenfels



Auftraggeber:	Ingenieurbüro Prof. Dr. Jörg Oldenburg Osterende 68 D-21734 Oederquart	Tel.: +49 4779 92500 15
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.20230303-01	
Ort, Datum:	Frankenberg, 20. März 2023	
Anzahl der Seiten:	60	
Anlagen:	-	

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	35
6 Bestimmung eines repräsentativen Jahres	38
6.1 Bewertung der vorliegenden Datenbasis und Auswahl eines geeigneten Zeitraums	38
6.2 Analyse der Verteilungen von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Ausbreitungs klasse sowie der Nacht- und Schwachwinde	42
6.3 Prüfung auf Plausibilität	46
7 Beschreibung der Datensätze	50
7.1 Effektive aerodynamische Rauigkeitslänge	50
7.1.1 Theoretische Grundlagen	50
7.1.2 Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit im konkreten Fall	53
7.2 Rechnerische Anemometerhöhen in Abhängigkeit von der Rauigkeitsklasse	54
7.3 Ausbreitungsklassenzeitreihe	55
8 Hinweise für die Ausbreitungsrechnung	56
9 Zusammenfassung	57
10 Prüfliste für die Übertragbarkeitsprüfung	58
11 Schrifttum	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Stadt Weißenfels in Sachsen-Anhalt	6
Abbildung 2: Lage des Standortes in Weißenfels	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 Osterfeld mit dem Erwartungswert	25
Abbildung 14: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Leipzig/Halle mit dem Erwartungswert ..	26
Abbildung 15: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Gera-Leumnitz mit dem Erwartungswert	27
Abbildung 16: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Leipzig-Holzhausen mit dem Erwartungswert	28
Abbildung 17: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Querfurt-Mühle Lodersleben mit dem Erwartungswert	29
Abbildung 18: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Artern mit dem Erwartungswert.....	30
Abbildung 19: Gewichtete χ^2 -Summe und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der Windverteilungen der betrachteten Bezugswindstationen mit dem EAP-Erwartungswert.....	34
Abbildung 20: Lage der ausgewählten Station.....	35
Abbildung 21: Luftbild mit der Umgebung der Messstation.....	36
Abbildung 22: Orographie um den Standort der Wetterstation.....	37
Abbildung 23: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Windrichtungsverteilung	39
Abbildung 24: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Windgeschwindigkeitsverteilung.....	40
Abbildung 25: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Verteilung der Ausbreitungsklasse	41
Abbildung 26: Gewichtete χ^2 -Summe und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum	43
Abbildung 27: Gewichtete σ -Umgebung-Treffersumme und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum.....	45
Abbildung 28: Vergleich der Windrichtungsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum.....	46
Abbildung 29: Vergleich der Windgeschwindigkeitsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum.....	47
Abbildung 30: Vergleich der Verteilung der Ausbreitungsklasse für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum.....	48
Abbildung 31: Vergleich der Richtungsverteilung von Nacht- und Schwachwinden für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum.....	49
Abbildung 32: Schematischer Ablauf zur Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit.....	52
Abbildung 33: Rauigkeitslänge in Metern in der Umgebung der Station nach CORINE-Datenbank	54

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	36
Tabelle 10: Rechnerische Anemometerhöhen in Abhängigkeit von der Rauigkeitsklasse für die Station Leipzig-Holzhausen	55

1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft in einem Untersuchungsgebiet in der Stadt Weißenfels, im Burgenlandkreis in Sachsen-Anhalt.

Bei dem in den Ausbreitungsrechnungen betrachteten Sachverhalt handelt es sich um ein B-Plangebiet, in dessen Nachbarschaft sich ein Recyclinghof mit Sortieranlage für z. B. den Gelben Sack, eine Bauschuttanarbeitung sowie eine Kompostieranlage befinden. Die Quellhöhen liegen in einem Bereich von maximal 20 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 am südöstlichen Rand der Stadt Weißenfels in Sachsen-Anhalt. Die folgende Abbildung zeigt die Lage des Standortes.

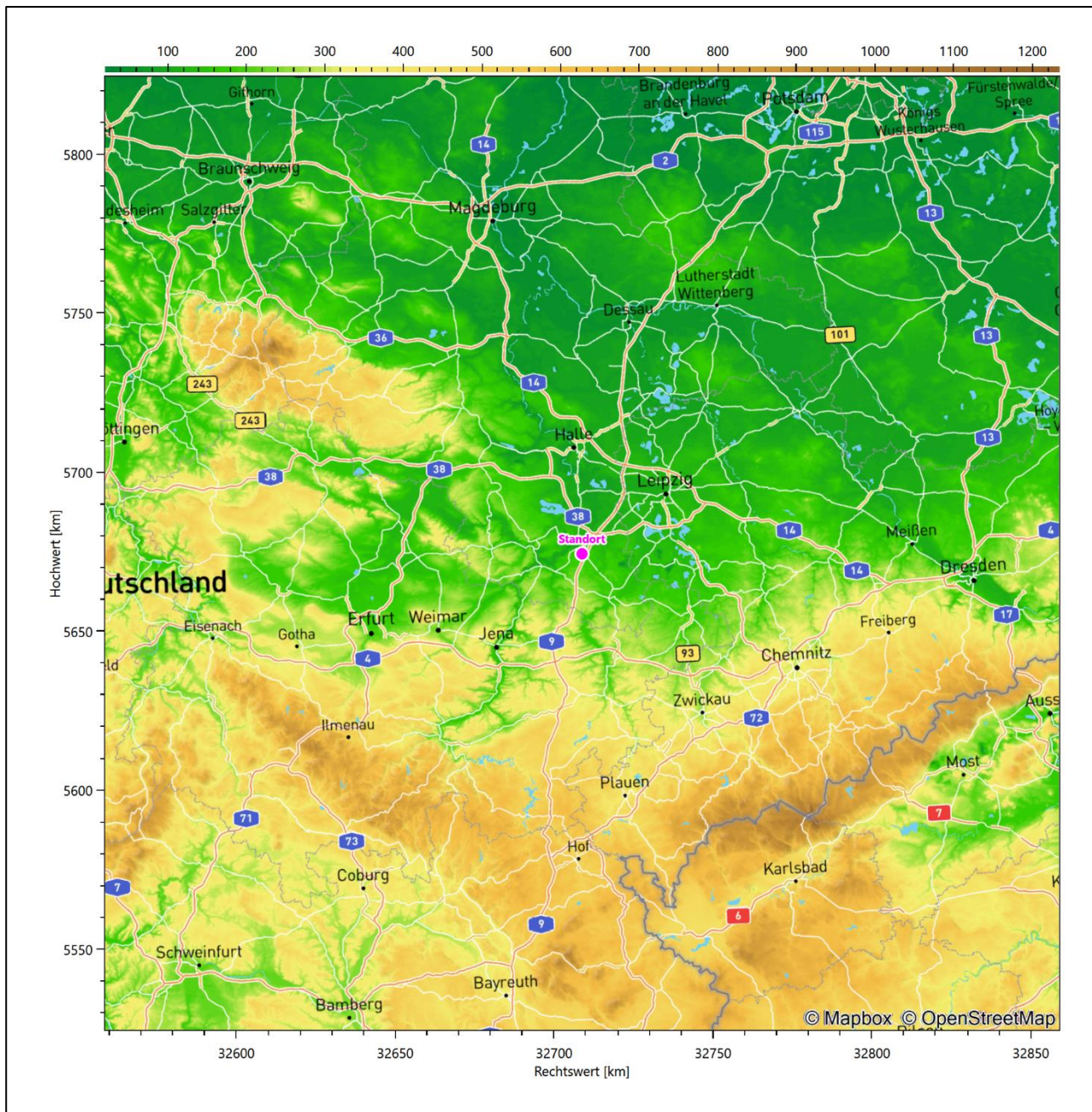
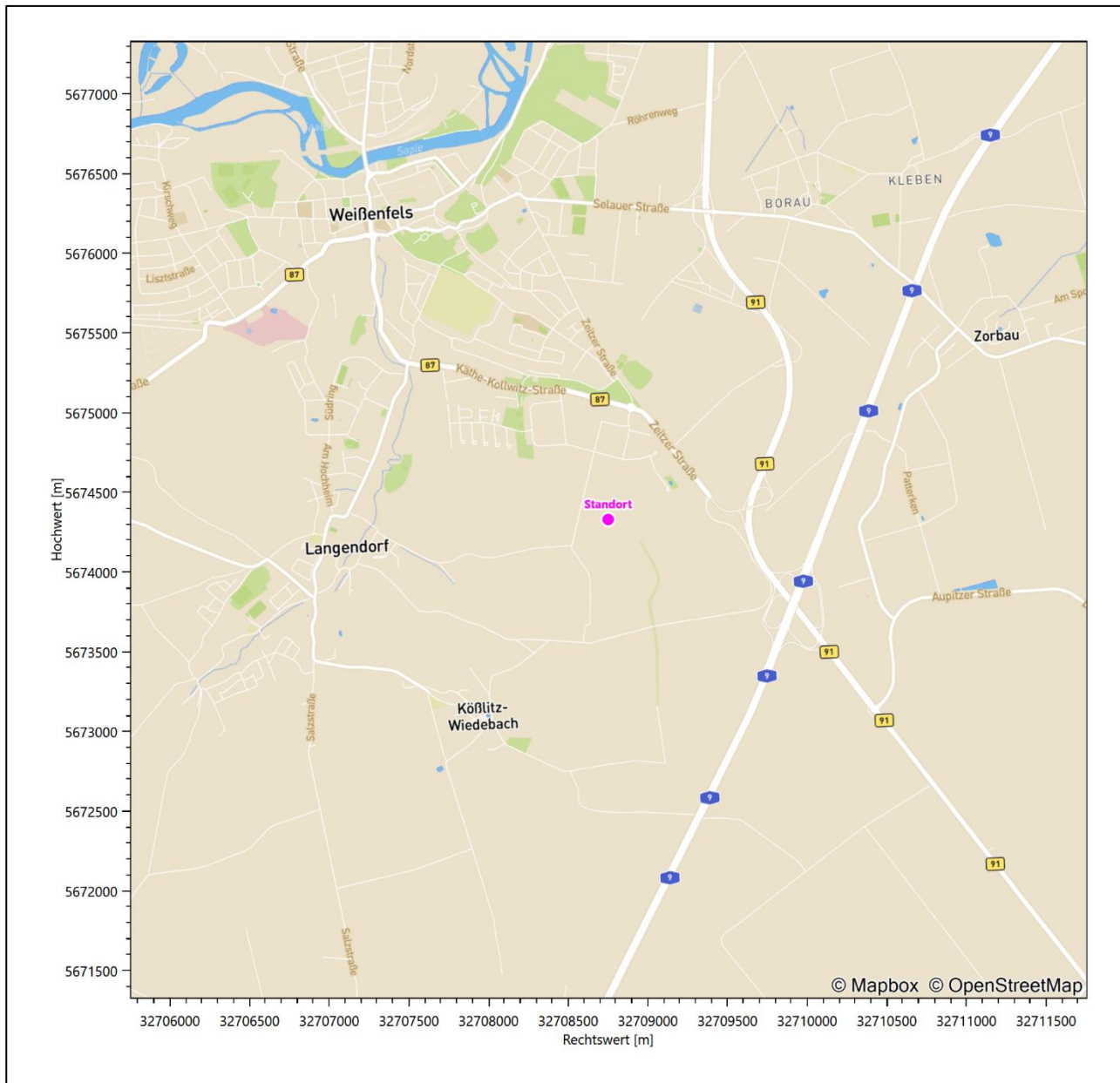


Abbildung 1: Lage der Stadt Weißenfels in Sachsen-Anhalt

Die genaue Lage des untersuchten Standortes in Weißenfels ist anhand des folgenden Auszuges aus der topographischen Karte ersichtlich.


Abbildung 2: Lage des Standortes in Weißenfels

In der folgenden Tabelle sind die Koordinaten des Standortes angegeben.

Tabelle 1: UTM-Koordinaten des Standortes

RW	32708751
HW	5674330

2.2 Landnutzung

Der Standort selbst liegt am südöstlichen Stadtrand von Weißenfels. Die Umgebung des Standortes ist durch eine wechselnde Landnutzung geprägt. Unterschiedlich dicht bebautes Siedlungs- und Gewerbegebiet wechselt sich mit kleineren bewaldeten Arealen (z.B. baumgesäumte Uferbereiche der Saale und der Rippach),

landwirtschaftlichen Flächen, Wasserflächen (Saale, Rippach) und einer urbanen Verkehrswegeinfrastruktur (z. B. Verkehrsknoten zwischen A 9 und B 91, B*87) ab. Die Besiedelungs- und Infrastrukturdichte nimmt nach Nordwesten (Stadtgebiet Weißenfels) und Norden (Leuna) deutlich zu. Wenig östlich schließt sich bei Zorbau ein Industriegebiet an.

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

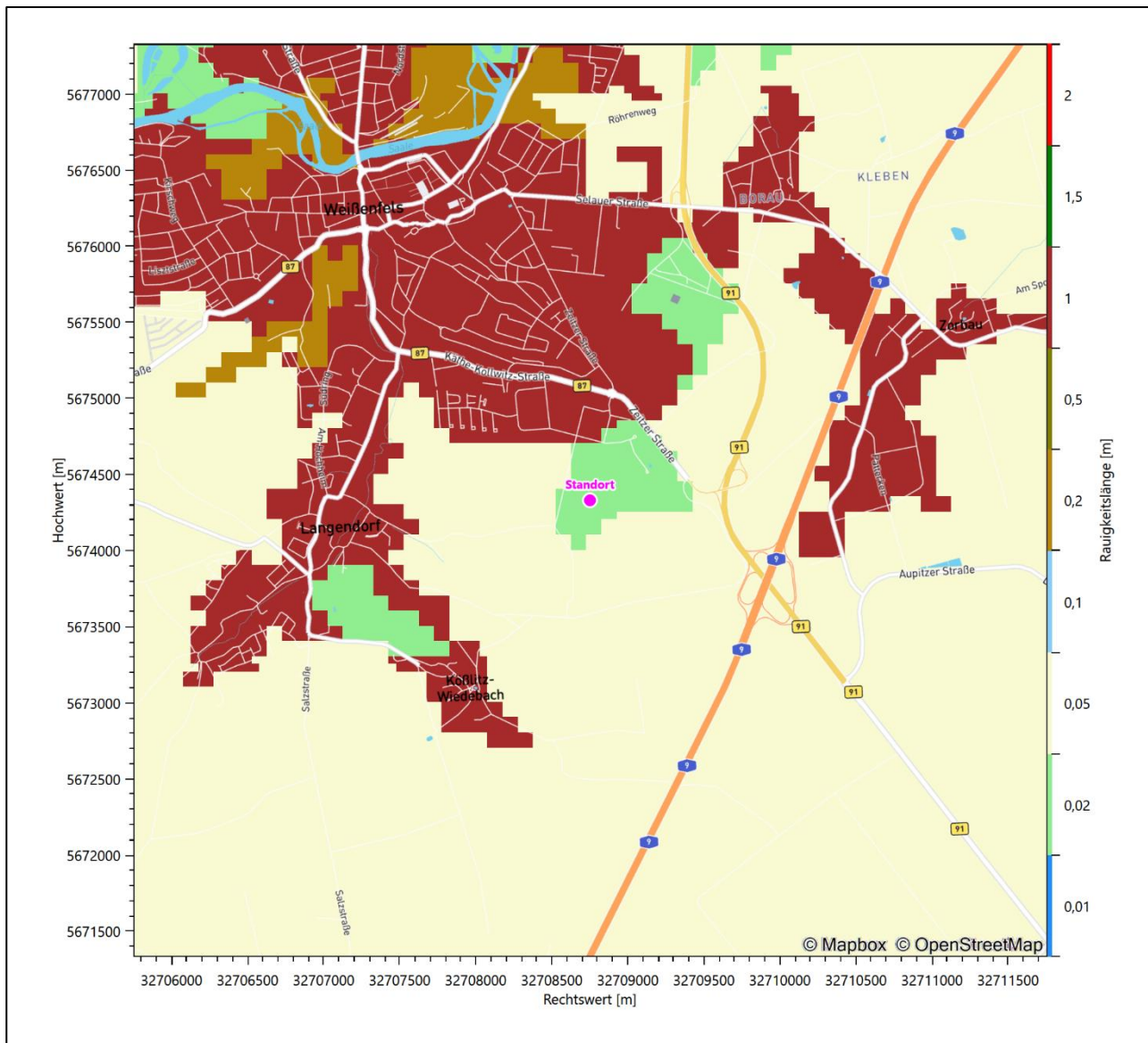


Abbildung 3: Rauigkeitslänge in Metern in der Umgebung des Standortes nach CORINE-Datenbank

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 179 m über NHN. Die Umgebung ist orographisch moderat gegliedert. Naturräumlich liegt der Standort im Südosten von Weißenfels im Norden des *Altenburg-Zeitler-Lößgebiets* und wird im Westen vom *Saale-Elster-Tal* flankiert.

Das Altenburg-Zeitler-Lößgebiet ist ein flachwelliges Hügelland mit einer Höhenlage von 150 m bis 320 m über NHN rund um die Städte Zeitz und Altenburg, das im Süden aus einer tertiären Senke in höher gelegene Randplatten aus Buntsandstein übergeht. Auf Grund der Lößschichten präsentiert sich die Landschaft als waldfreie, gehölzarme Agrarlandschaft. Der hier anzutreffende Teilabschnitt des Saaletals auf 80 bis 100 m

über NHN lässt sich als weites Niederungsgebiet mit vereinzelt Auenwäldern charakterisieren. Während die Talaue sich kurz hinter Weißenfels stark verengt, verbreitert sich der Auenraum bald wieder erheblich und schafft ein breites Niederungsgebiet, in das in einem breiten Trichter die Weiße Elster einmündet.

Die Saale fließt 2,7 km nordwestlich des Standortes, Weißenfels hier zentral durchquerend, auf einem Niveau von 98 m über NHN. Sie nimmt, aus Westen kommend, lokal eine SW-NO-Richtung ein. 6,1 km nord-nord-östlich entwässert die Rippach in die Saale.

Die nachfolgende Abbildung verschafft einen Überblick über das Relief.

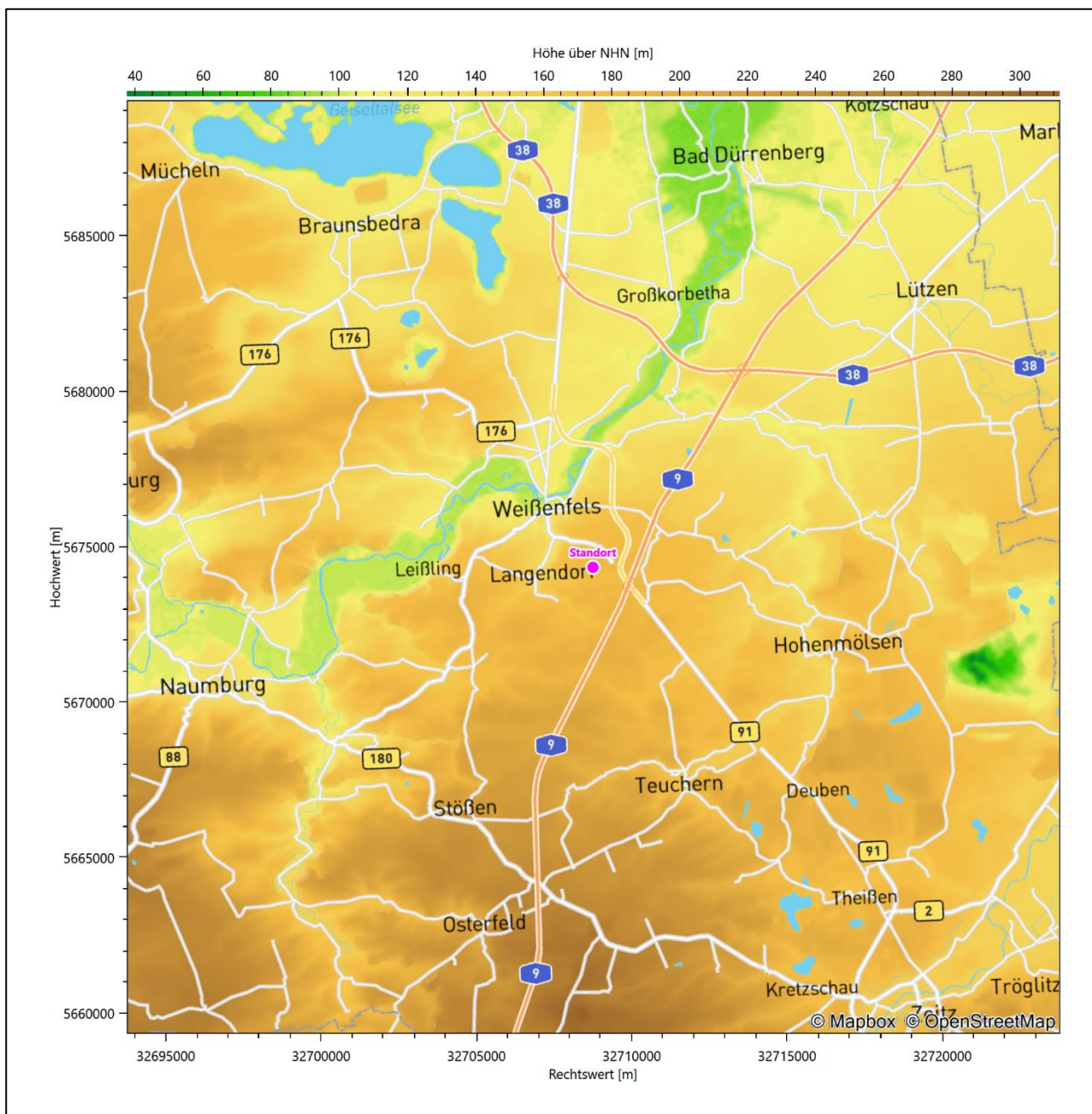


Abbildung 5: Orographie um den Standort

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 entfernten 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 Ausbreitungsklassen 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 Ausbreitungsklassen 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 0,52 absinkt. Maximal wird ein Gütemaß von 0,76 erreicht. Diese Position ist in Abbildung 6 mit EAP gekennzeichnet. Sie liegt etwa 1,1 km westlich des Standortes. Die genauen Koordinaten sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Tabelle 2: UTM-Koordinaten der ermittelten Ersatzanemometerposition

RW	32707650
HW	5674450

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

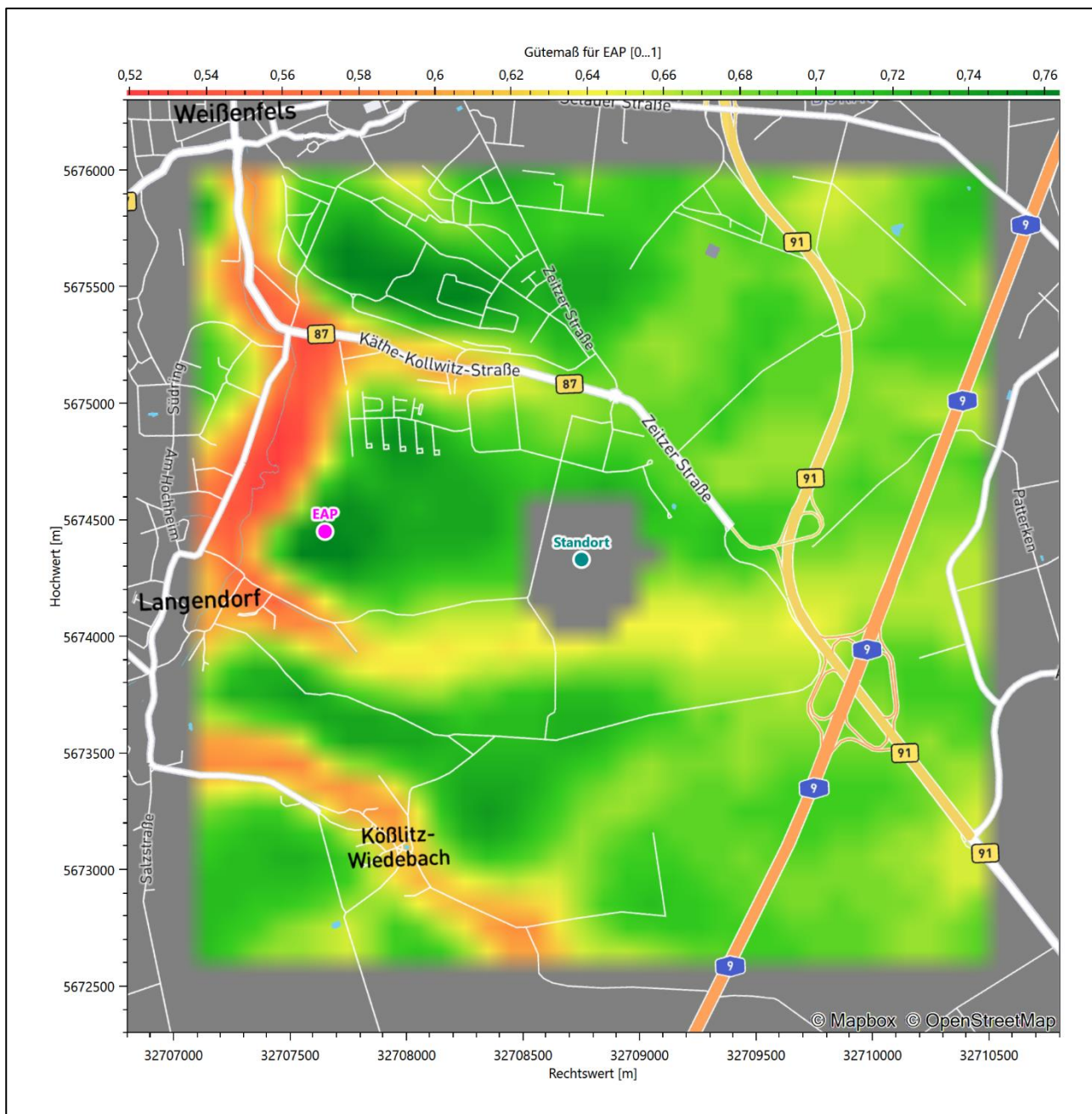


Abbildung 6: Flächenhafte Darstellung des Gütemaßes zur Bestimmung der Ersatzanemometerposition

Die zweidimensionale Darstellung bezieht sich lediglich auf die ausgewertete Modellebene im Bereich von 10,3 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.

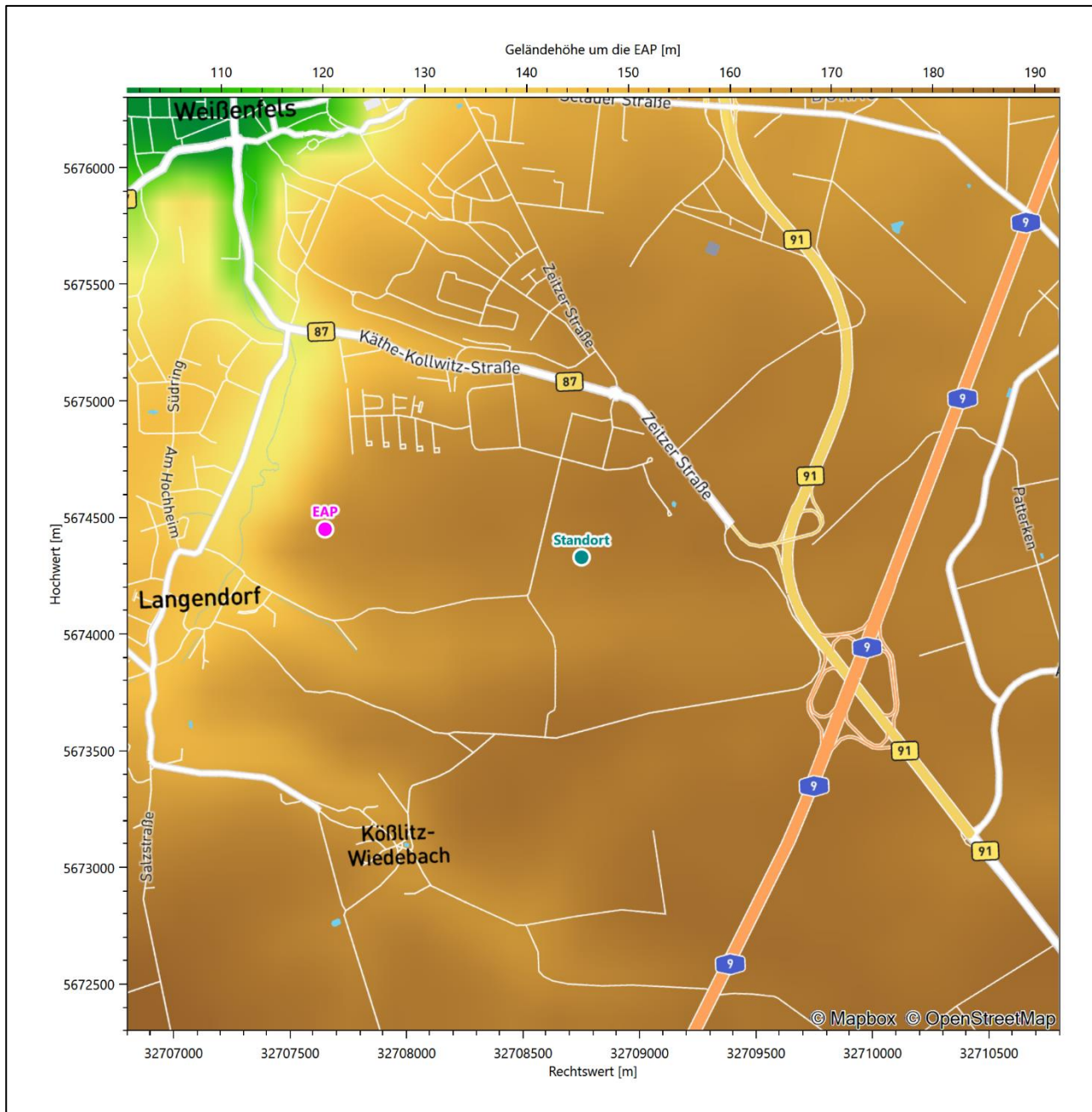


Abbildung 7: Ersatzanemometerposition im Relief um den Standort

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 Sachsen-Anhalt 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.

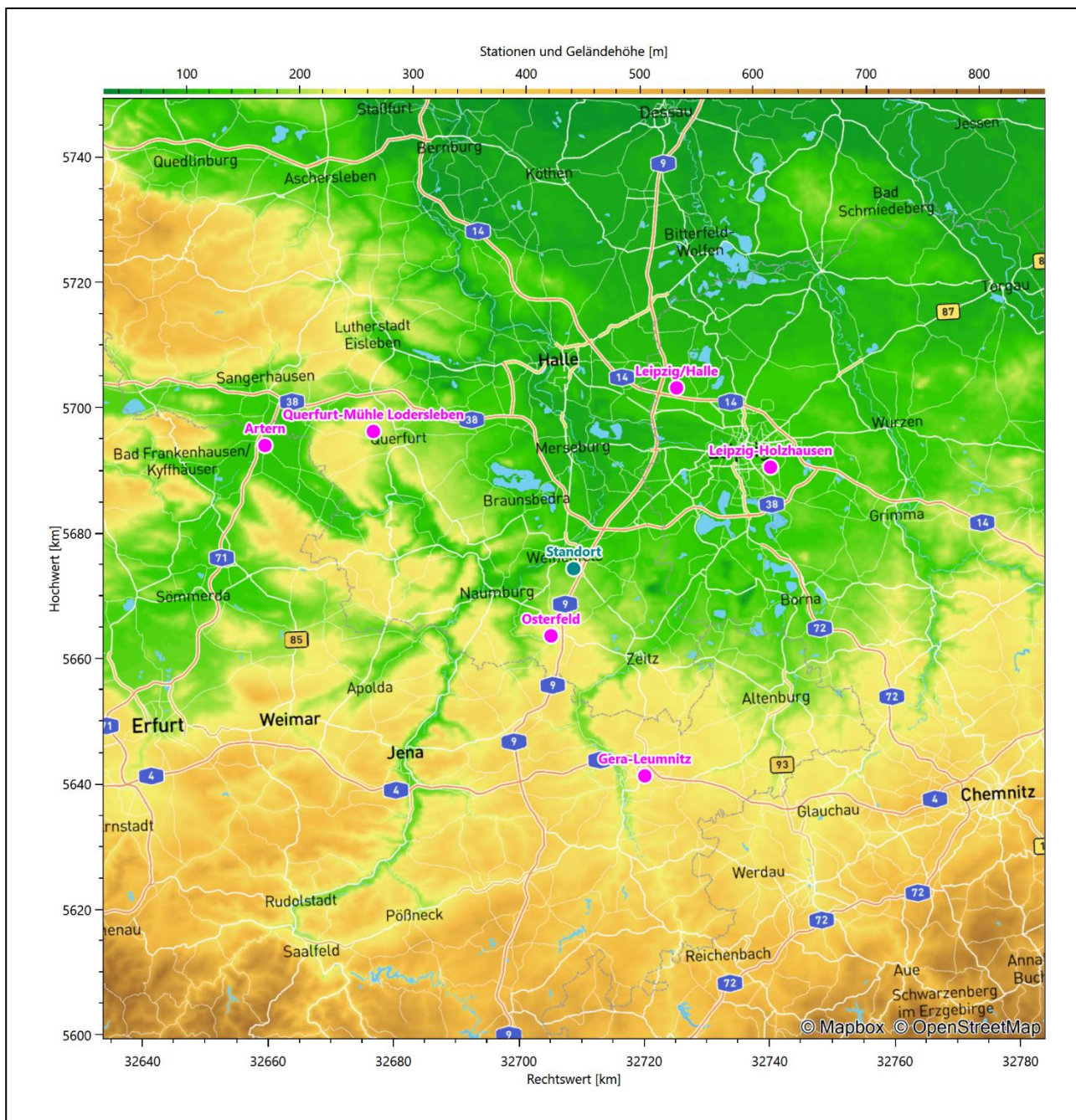


Abbildung 8: Stationen in der Nähe des untersuchten Anlagenstandortes

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
Osterfeld	3821	11	10,0	11,9292	51,0873	246	06.03.2008	01.01.2016
Leipzig/Halle	2932	33	10,0	12,2396	51,4348	131	06.03.2008	01.01.2016
Gera-Leumnitz	1612	35	12,0	12,1289	50,8813	311	06.03.2008	01.01.2016
Leipzig-Holzhausen	2928	35	12,0	12,4462	51,3151	138	06.03.2008	01.01.2016
Querfurt-Mühle Lodersleben	4036	39	10,0	11,5412	51,3895	204	14.10.2009	01.01.2016
Artern	198	53	12,0	11,2920	51,3745	164	06.03.2008	01.01.2016

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

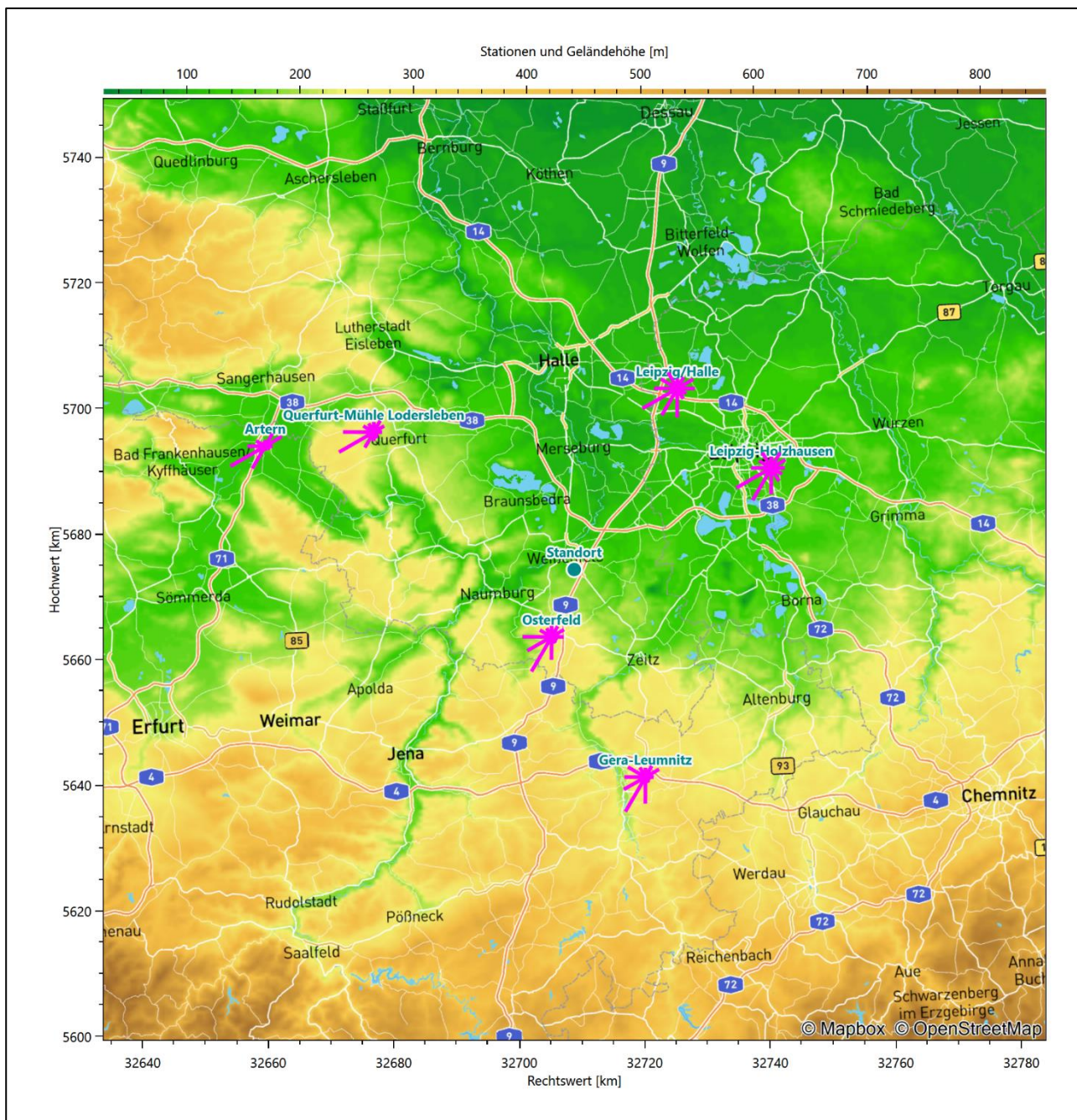


Abbildung 9: Windrichtungsverteilung der betrachteten Messstationen

Die Richtungsverteilungen der sechs Bezugswindstationen lassen sich wie folgt charakterisieren:

Osterfeld zeigt die für Mitteleuropa großskalig typische Windrichtungsverteilung mit einem scharfen Hauptmaximum aus Süd-Südwesten und einem Nebenmaximum aus Nordosten. Zusätzlich ist ein weiteres Nebenmaximum aus Westen zu beobachten. Die Station liegt in der weitgehend offenen, flachwelligen Hügellandschaft des Altenburg-Zeitzer Lössgebietes. Nur wenige hundert Meter südwestlich der Station biegt der aus Süden kommende Steinbach nach Westen ab. Er schuf sich ein, sich nach Westen hin stärker eintiefendes Kerbtal, dass durch lokale Kanalisierung das westliche Maximum begünstigt.

Die Flughafenstation Leipzig/Halle hat ihr Hauptmaximum aus 240°. Aus Ost-Nordost zeigt sich ein deutliches Nebenmaximum.

Gera-Leumnitz zeigt die für Mitteldeutschland großskalig typische Windrichtungsverteilung mit einem scharfen Hauptmaximum aus Südsüdwesten und einem Nebenmaximum aus Nordosten. Die Station liegt am Flugplatz Gera-Leumnitz, am südwestlichen Rand des offenen, flachwelligen Hügellandes des Altenburg-Zeiter Lössgebietes. Auf mittlerer Entfernung beginnt etwa 1,5 km westlich der Abfall zum Tal der Weißen Elster, das hier eine S-N-Orientierung aufweist.

Die innerstädtische Station Leipzig-Holzhausen zeigt einen recht klaren Verlauf von einer vergleichsweise breiten südwestlichen Hauptwindrichtung hin zu einem Nebenmaximum aus Nordosten. Ein weiteres Nebenmaximum ist aus Nordwesten erkennbar.

Querfurt-Mühle Lodersleben zeigt eine für Mitteldeutschland typische Verteilung mit einem Hauptmaximum aus Westsüdwest und einem nordöstlichen Nebenmaximum. Die Verteilung folgt weitgehend symmetrisch einer entsprechenden Achse vom Haupt- zum Nebenmaximum. Die Station liegt am westlichen Rand der weitgespannten, ausgeräumten, fast ebenen Muschelkalktafel der Querfurter Platte. Nach Westen hin schließt sich das Südliche Unstrut-Berg- und Hügelland an, das hier in östlichen Randlagen Höhen bis 280 m über NHN erreicht und die Station nach Süd-Südwesten und Süden hin abschirmen mag.

Artern hat das Hauptmaximum im West-Südwesten und gegenüberliegend ein ost-nordöstliches Nebenmaximum. Die Richtungsverteilung folgt damit der für Mitteldeutschland typischen Südwest-Nordost-Anströmung. Artern liegt im Übergang zwischen dem Nördlichen Unstrut-Berg- und Hügelland in die Gera-Unstrut-Helme-Niederung.

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 2) wurde hier eine örtlich variable Rauigkeitslänge angesetzt, um die veränderliche Landnutzung im großen Rechengebiet möglichst realistisch zu modellieren. Die folgende Abbildung zeigt die orts aufgelösten Windrichtungsverteilungen, die für das Untersuchungsgebiet ermittelt wurden.

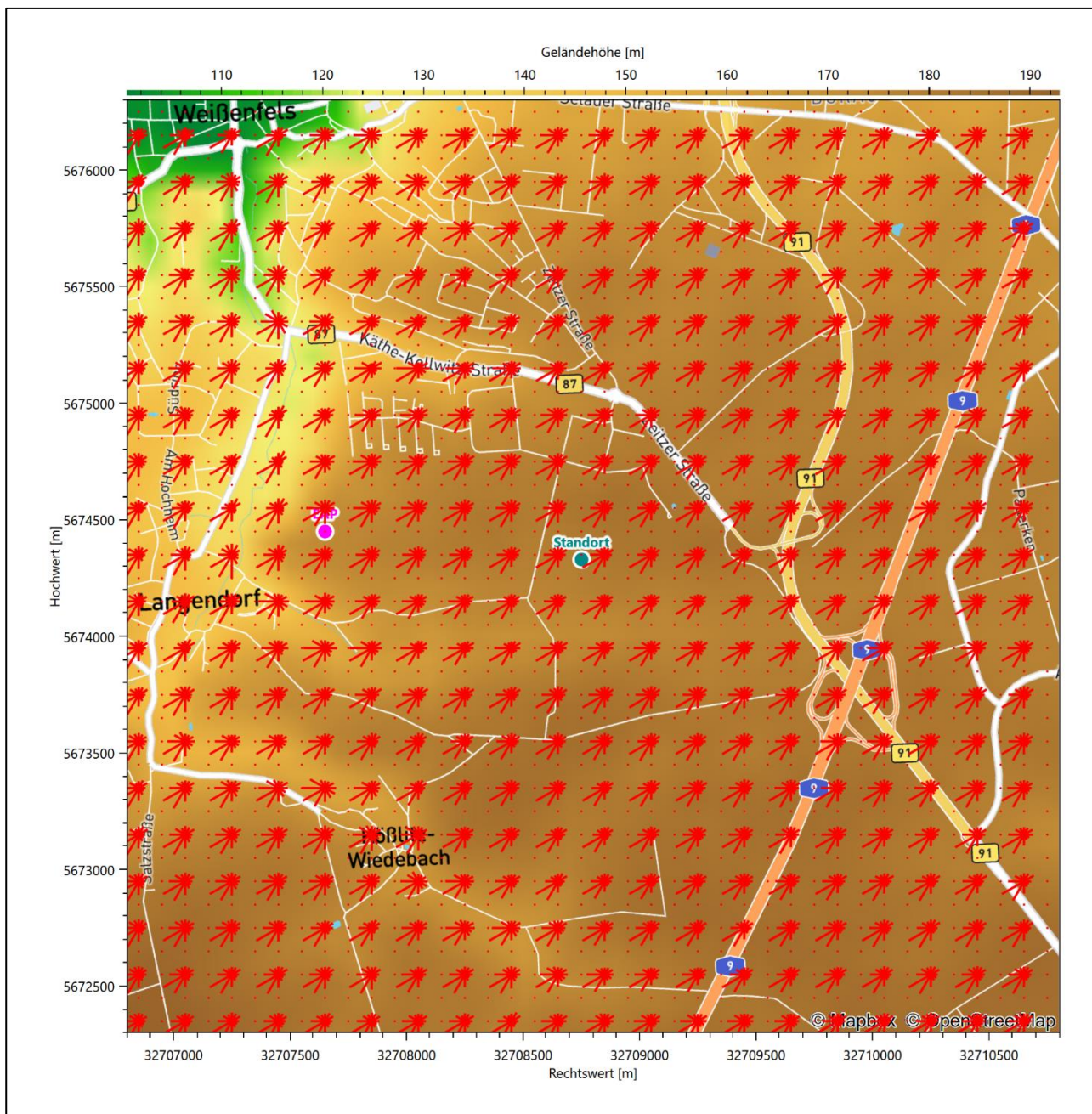


Abbildung 10: Prognostisch modellierte Windrichtungsverteilungen im Untersuchungsgebiet

Mit den modellierten Windfeldern wurden die erwarteten Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilungen an der Ersatzanemometerposition in einer Höhe von 10,3 m berechnet. Die Verteilungen sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

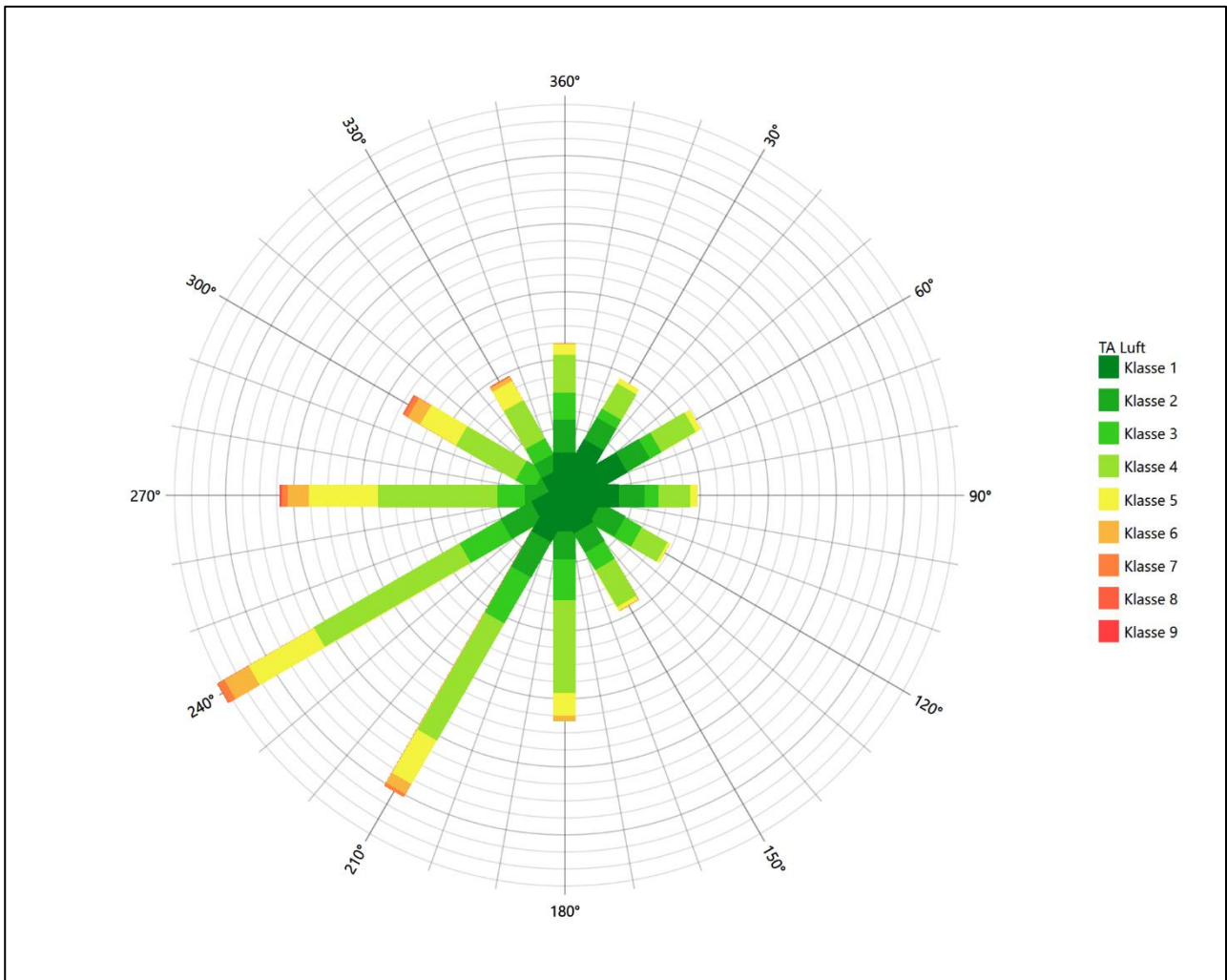


Abbildung 11: Prognostisch modellierte Windrichtungsverteilung für die Ersatzanemometerposition

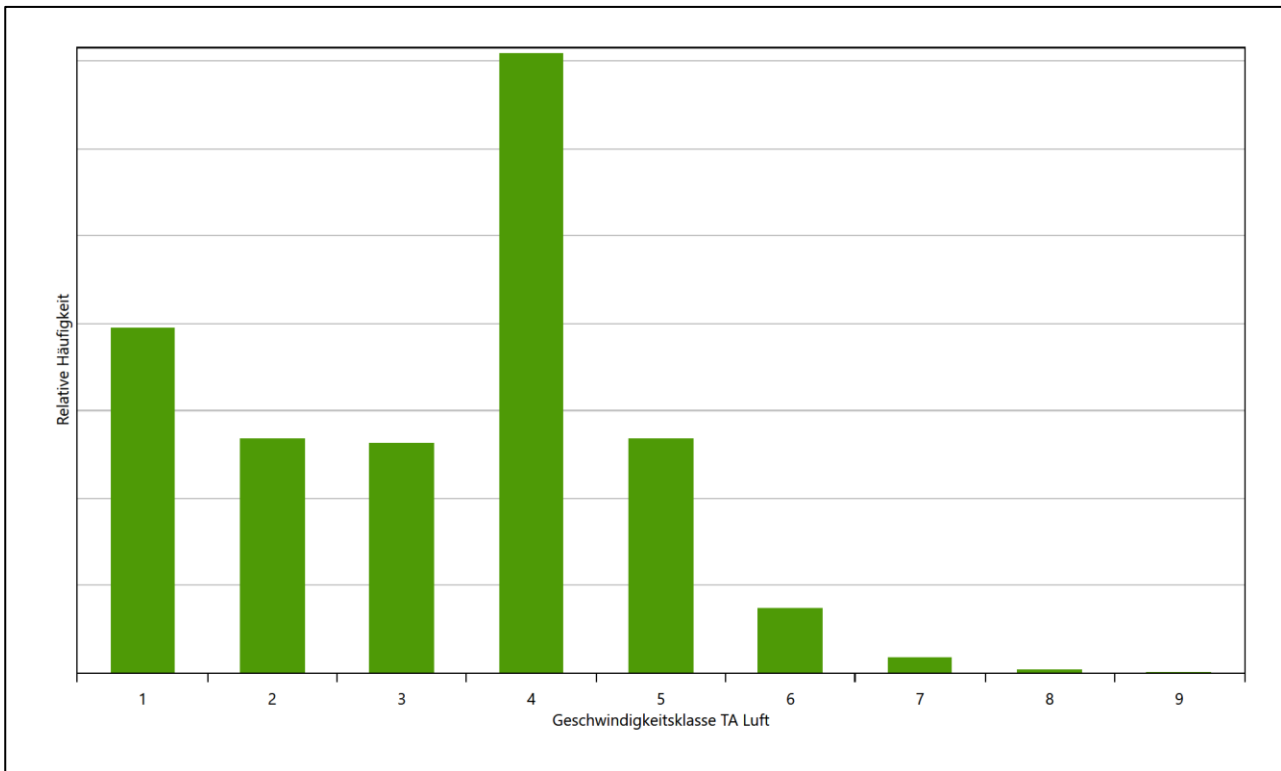


Abbildung 12: Prognostisch modellierte Windgeschwindigkeitsverteilung für die Ersatzanemometerposition

Als Durchschnittsgeschwindigkeit ergibt sich der Wert 2,67 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 (10,3 m) und die Referenzrauigkeit (vgl. den folgenden Absatz) korrigierte Windgeschwindigkeit liegt bei 3,08 m/s.

Für das Gebiet um die EAP wurde in Anlehnung an VDI-Richtlinie 3783 Blatt 8 [6] eine aerodynamisch wirksame Rauigkeitslänge 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 0,04 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 2.

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 Rauigkeitslänge bietet sich der tatsächliche Wert im Umfeld der EAP an, hier 0,04 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 10,3 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. Im Folgenden wird die mittlere Windgeschwindigkeit an der EAP als arithmetischer Mittelwert der Windgeschwindigkeiten der Prognostischen Modellierung und des SWM-Modells des DWD gebildet.

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

Station	Richtungsmaximum [°]	mittlere Windgeschwindigkeit [m/s]	Schwachwindhäufigkeit [%]	Rauigkeitslänge [m]
EAP	240	2,87	10,0	0,043
Osterfeld	210	3,86	3,4	0,249
Leipzig/Halle	240	4,23	1,7	0,088
Gera-Leumnitz	210	3,84	2,0	0,030
Leipzig-Holzhausen	240	3,74	3,2	0,873
Querfurt-Mühle Lodersleben	240	3,74	12,9	0,014
Artern	240	3,49	7,8	0,112

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 10,3 m über Grund sowie auf eine einheitliche Bodenrauigkeit von 0,04 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 Rauigkeitslänge 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 240° aus West-Südwesten, wobei die Verteilung einer Achse von Südwest nach Nordost folgt. Zwei gleichintensive Nebenmaxima zeichnen sich schwach aus ost-nordöstlicher bzw. nördlicher Richtung ab. Im Rahmen einer Fehleranalyse der hier verwendeten Methoden kann zwischen beiden nicht unterschieden werden. Der südwestliche Quadrant ist am stärksten ausgeformt, die Hauptanströmung nimmt mit hohen Intensitäten einen Bereich zwischen 210° und 270° ein. Die verbleibenden Quadranten sind eher als orientierungslos zu beschreiben, bei durchschnittlichen Intensitäten um die $1/3$ der Maximalhäufigkeit. Das globale Minimum wird bei 120° im Ost-Südosten erwartet. Mit dieser Windrichtungsverteilung sind die einzelnen Bezugswindstationen zu vergleichen.

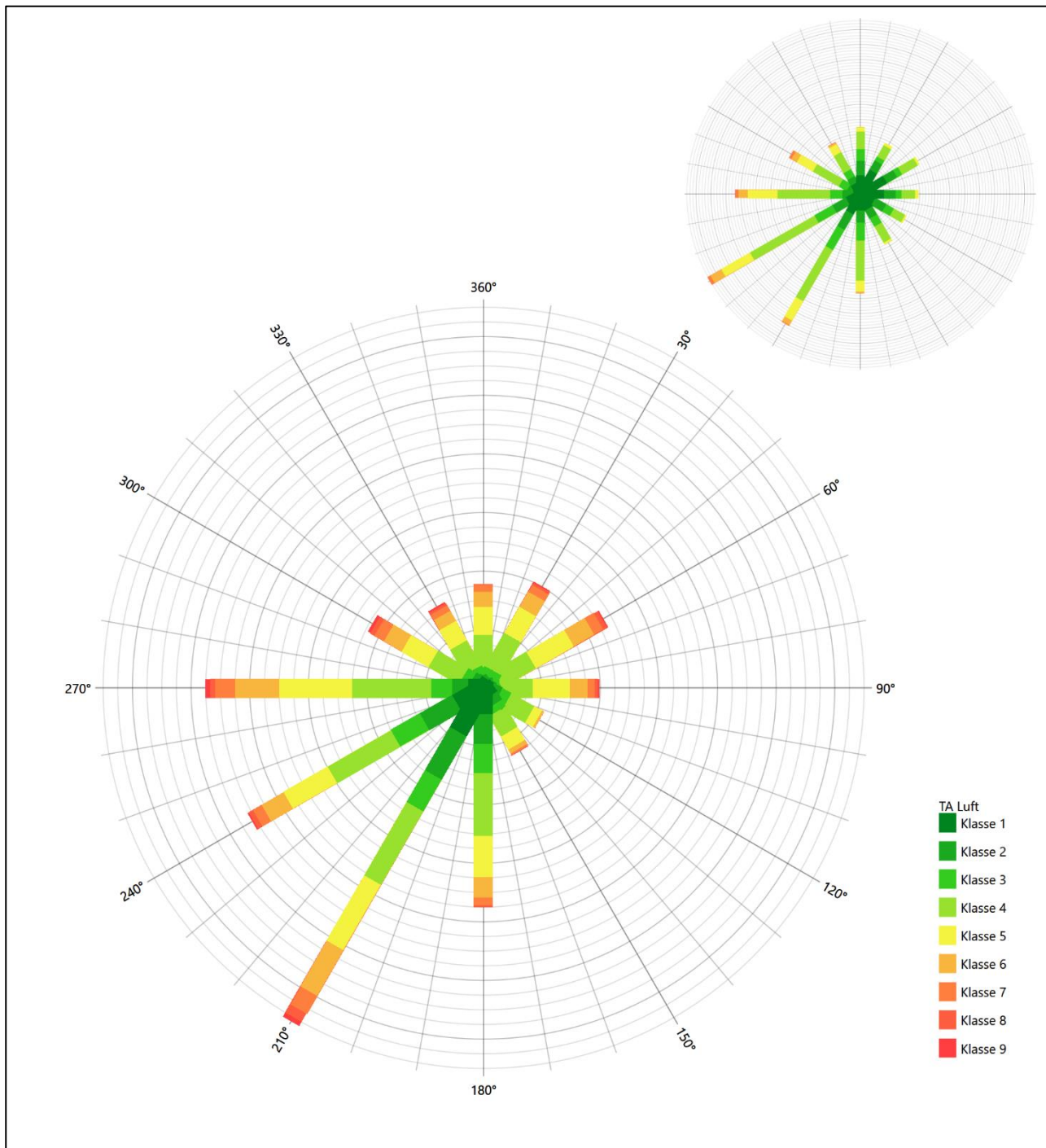


Abbildung 13: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Osterfeld mit dem Erwartungswert

Die Station Osterfeld hat das formale Hauptmaximum bei 210° aus Süd-Südwesten noch im benachbarten 30°-Sektor zum Erwartungswert an der EAP. Die erwartete Breite der Hauptwindrichtung ist erkennbar. Das ost-nordöstliche Nebenmaximum wird, auch in seiner geringen Intensität, genau getroffen. Hier liegt eine ausreichende Eignung zur Übertragung vor.

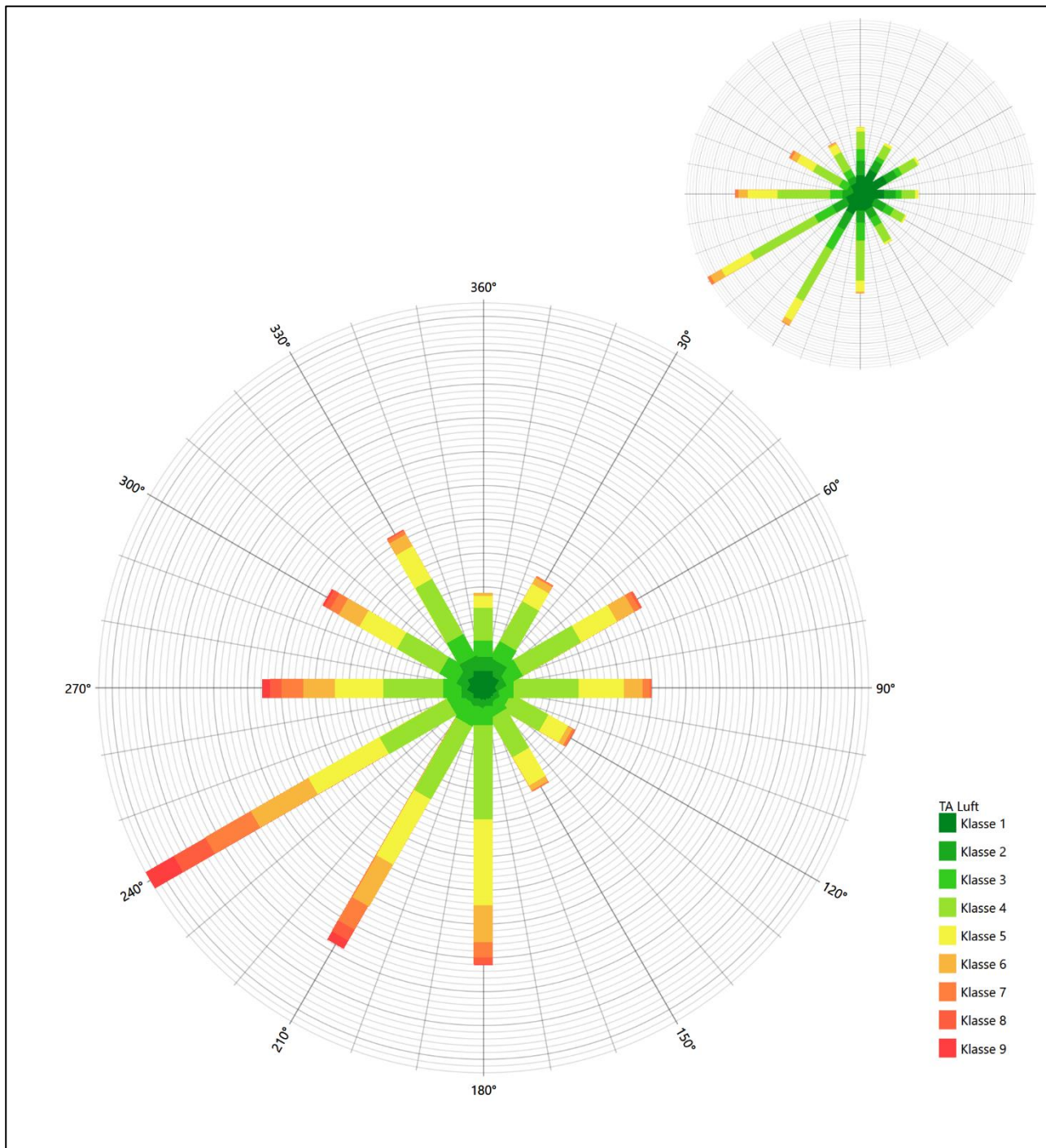


Abbildung 14: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Leipzig/Halle mit dem Erwartungswert

Die Station Leipzig/Halle hat das formale Hauptmaximum bei 240° aus West-Südwesten genau auf dem Erwartungswert an der EAP. Die Breite der Hauptanströmung ist erkennbar. Das ost-nordöstliche Nebenmaximum ist genau getroffen. Auch das 120°-Minimum findet seine Stelle. Hier liegt insgesamt eine befriedigende Eignung zur Übertragung vor.

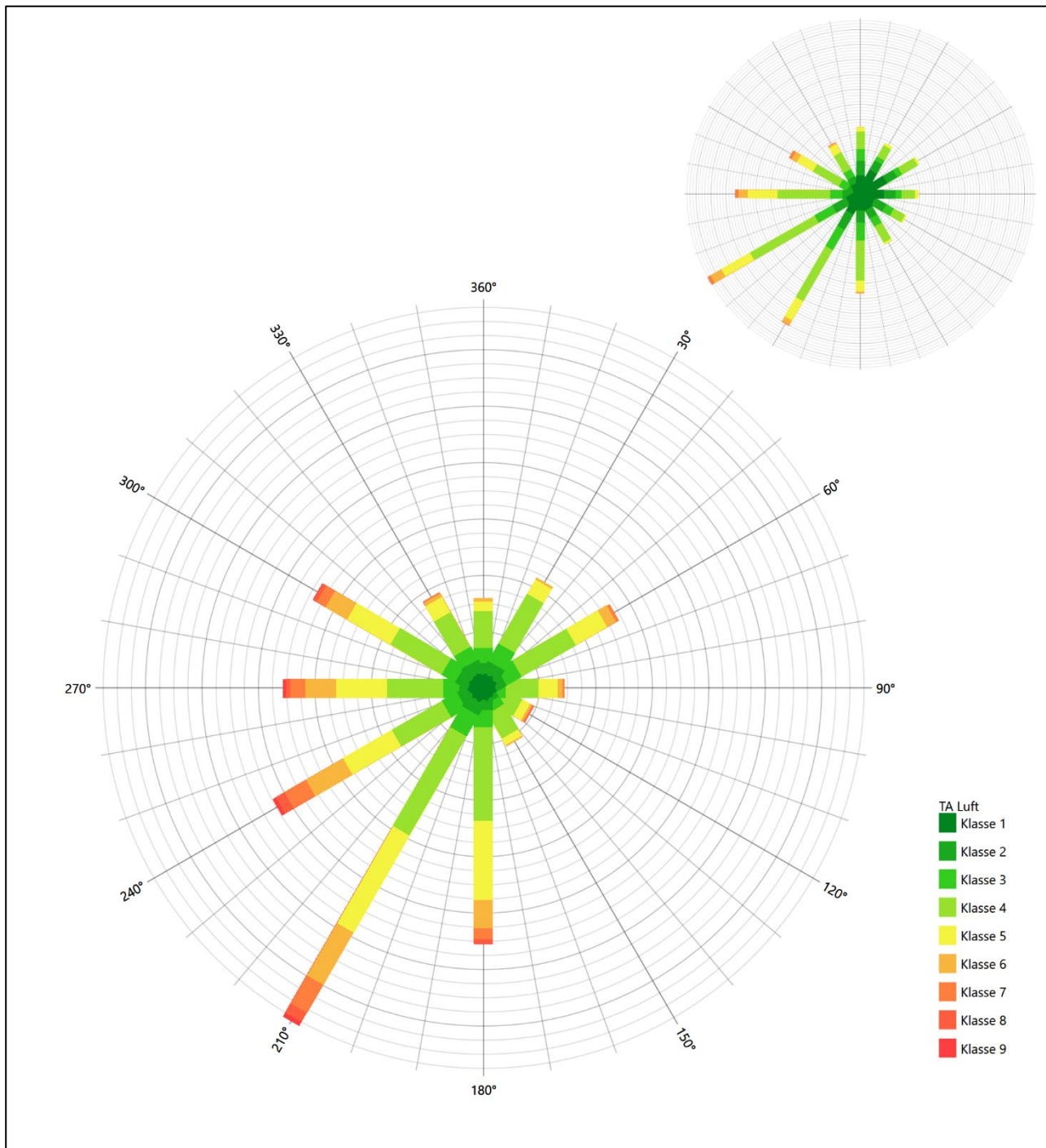


Abbildung 15: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Gera-Leumnitz mit dem Erwartungswert

Die Station Gera-Leumnitz hat das formale Hauptmaximum bei 210° aus Süd-Südwesten noch im benachbarten 30°-Sektor zum Erwartungswert an der EAP. Das ost-nordöstliche Nebenmaximum ist interpretiert. Hier liegt noch eine ausreichende Eignung zur Übertragung vor.

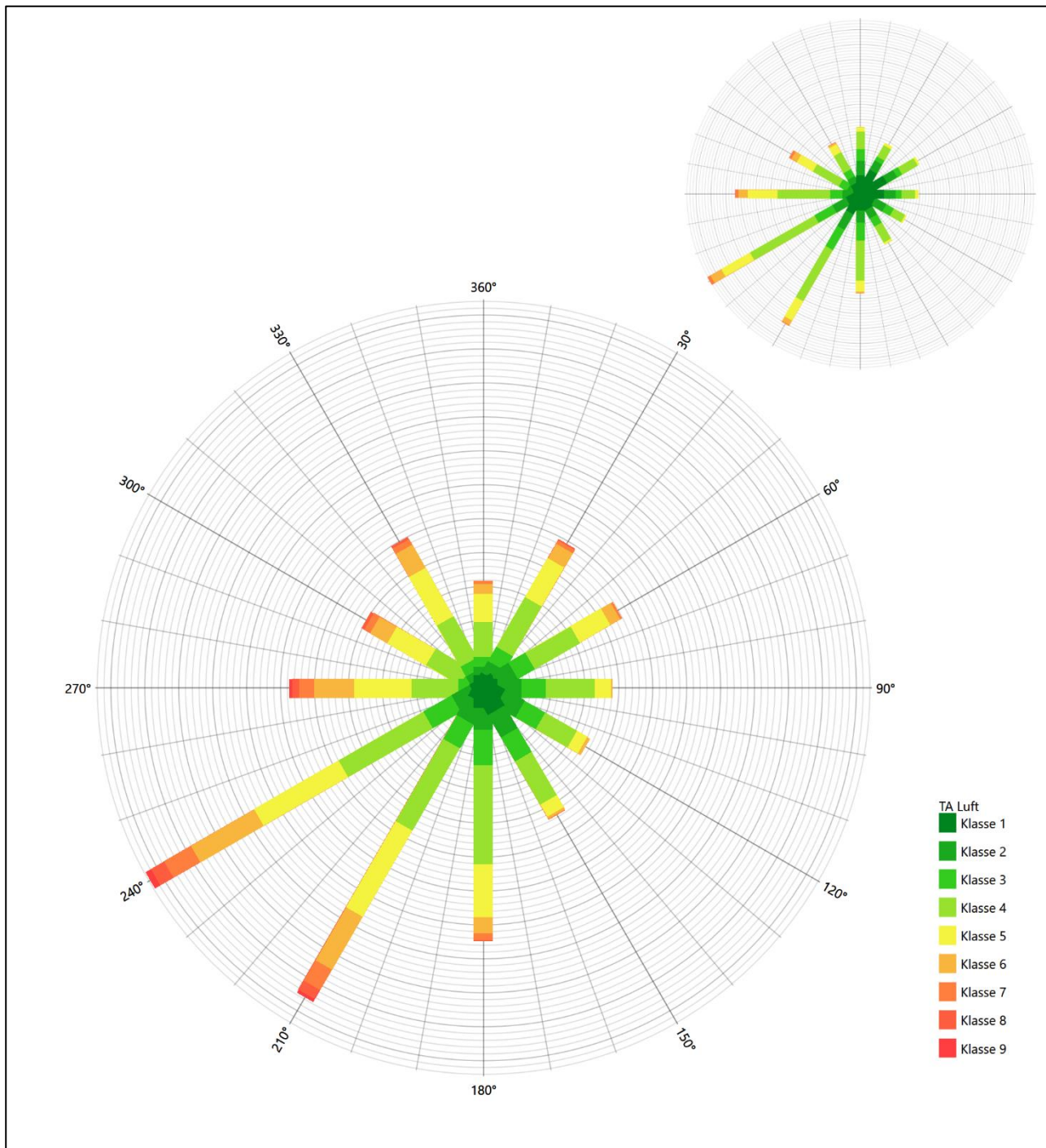


Abbildung 16: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Leipzig-Holzhausen mit dem Erwartungswert

Die Station Leipzig-Holzhausen hat das formale Hauptmaximum bei 240° aus West-Südwesten genau auf dem Erwartungswert an der EAP, die Breite der Hauptanströmung ist dargestellt. Die Nebenmaxima aus 330° und 30° liegen beide im benachbarten 30°-Richtungssektoren zu ihren Pendanten an der EAP, doch da diese nur schwach ausgeprägt, soll noch eine befriedigende Eignung zugesprochen werden.

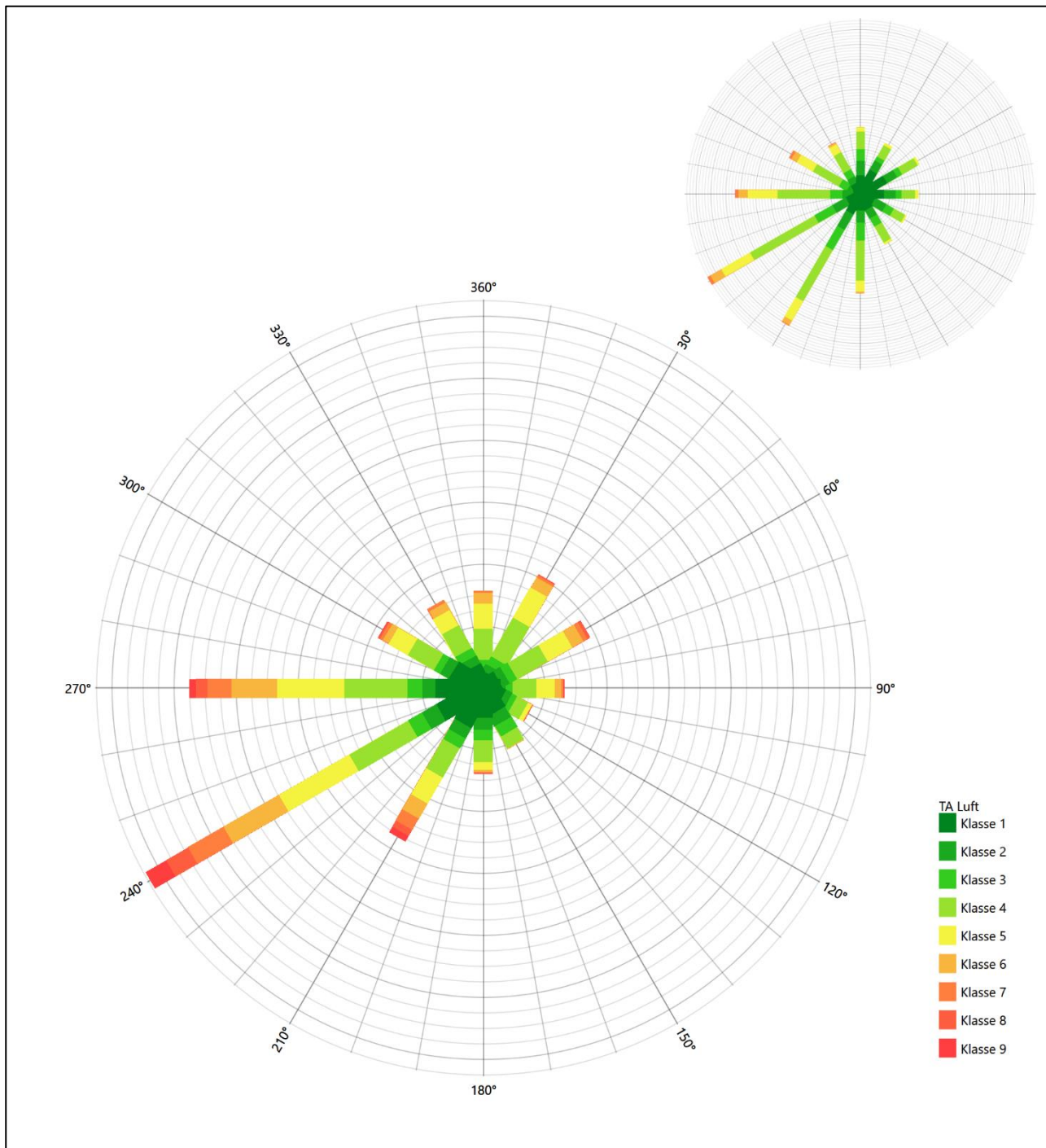


Abbildung 17: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Querfurt-Mühle Lodersleben mit dem Erwartungswert

Querfurt-Mühle Lodersleben liegt mit dem formalen Hauptmaximum bei 240° aus West-Südwesten genau auf dem Erwartungswert an der EAP. Das nord-nordöstliche Nebenmaximum liegt noch im benachbarten 30°-Richtungskorridor zur EAP. Die Hauptanströmung ist schärfer definiert als erwartet. Deshalb soll nur eine ausreichende Eignung zur Übertragung zuerkannt werden.

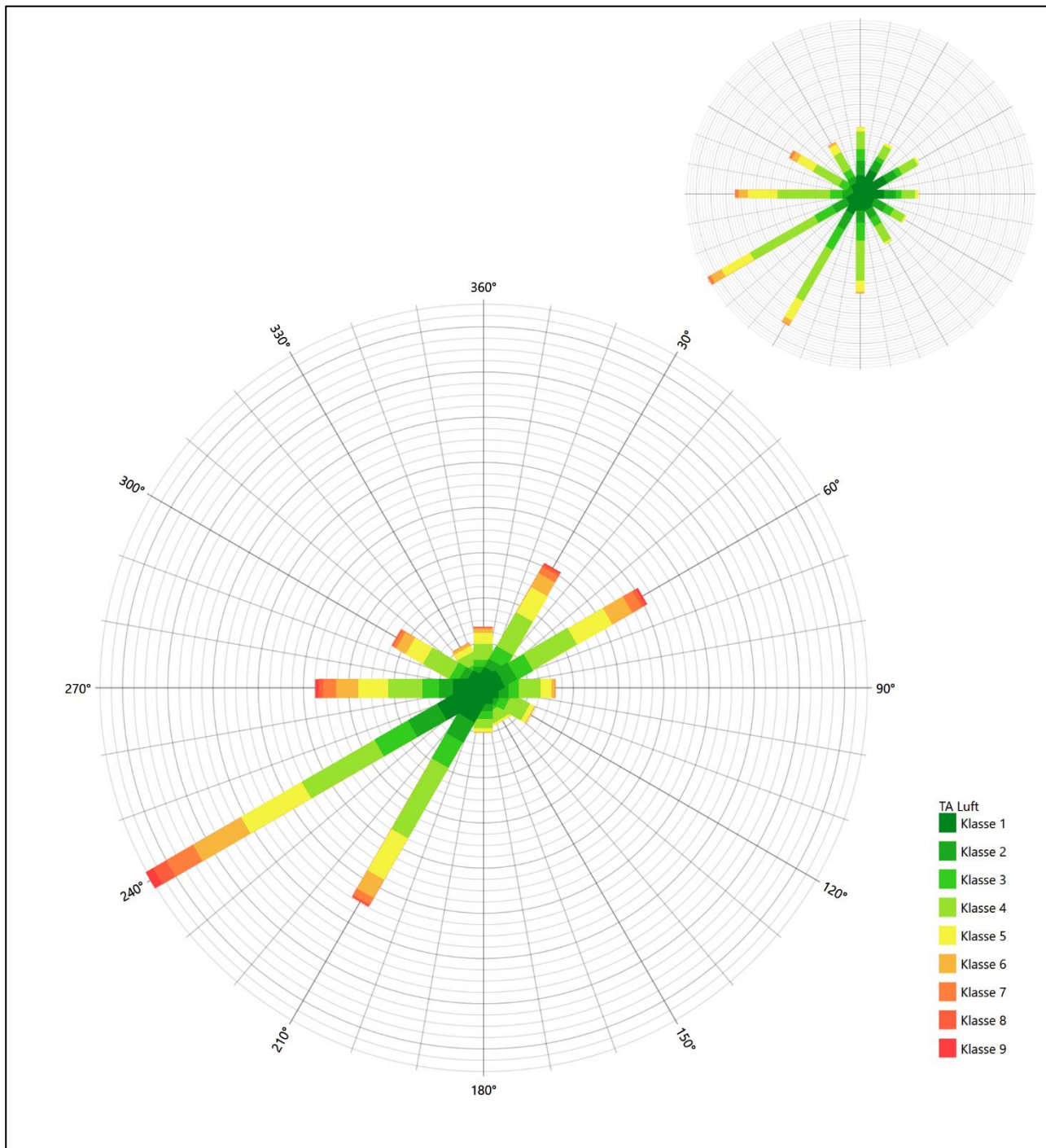


Abbildung 18: Vergleich der Windrichtungsverteilung der Station Artern mit dem Erwartungswert

Artern hat das formale Hauptmaximum bei 240° aus West-Südwesten genau auf dem Erwartungswert an der EAP. Auch ein ost-nordöstliches Nebenmaximum ist vorhanden. Die Verteilung ist aber zu stark axial ausgerichtet, um die erwartete Anströmung noch genauer anzunähern. Hier wird nur eine ausreichende Eignung zur Übertragung zugestanden.

Somit ist aus Sicht der Windrichtungsverteilung die Station Leipzig/Halle befriedigend für eine Übertragung geeignet. Alle weiteren Bezugswindstationen erwiesen sich als ausreichend geeignet übertragen zu werden.

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
Leipzig/Halle	+++
Leipzig-Holzhausen	+++
Osterfeld	++
Leipzig-Holzhausen	++
Gera-Leumnitz	++
Querfurt-Mühle Lodersleben	++
Artern	++

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 10,3 m Höhe von den beiden Modellen folgende mittleren Windgeschwindigkeiten erwartet:

Tabelle 6: EAP-Geschwindigkeiten verschiedener Modelle

Modell	Geschwindigkeit [m/s]
Prognostisch	2,67
SWM	3,08
Mittelwert	2,87

Beiden Modellen wird in diesem Aspekt gleiches Gewicht beigemessen, weshalb als beste Schätzung der mittleren Windgeschwindigkeit an der EAP im Weiteren der Mittelwert 2,9 m/s zu Grunde gelegt wird.

Keine der Stationen kommt diesem Wert bis auf $\pm 0,5$ m/s nahe, was eine gute Übereinstimmung wäre.

Osterfeld, Gera-Leumnitz, Leipzig-Holzhausen, Querfurt-Mühle Lodersleben und Artern liegen mit Werten von 3,9 m/s, 3,8 m/s, 3,7 m/s, 3,7 m/s und 3,5 m/s (auch wieder bezogen auf 10,3 m Höhe und die EAP-

Rauigkeit von 0,04 m) noch innerhalb einer Abweichung von $\pm 1,0$ m/s, was noch eine ausreichende Übereinstimmung darstellt.

Die Station Leipzig/Halle liegt mit 4,2 m/s deutlich höher und außerhalb von $\pm 1,0$ m/s Abweichung und ist nicht mehr als übereinstimmend anzusehen.

Aus Sicht der Windgeschwindigkeitsverteilung zeigen Osterfeld, Gera-Leumnitz, Leipzig-Holzhausen, Querfurt-Mühle Lodersleben und Artern eine noch ausreichende Übereinstimmung. Leipzig/Halle ist 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
Osterfeld	+
Gera-Leumnitz	+
Leipzig-Holzhausen	+
Querfurt-Mühle Lodersleben	+
Artern	+
Leipzig/Halle	-

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
Leipzig-Holzhausen	++++	+++	+
Osterfeld	+++	++	+
Gera-Leumnitz	+++	++	+
Querfurt-Mühle Lodersleben	+++	++	+
Artern	+++	++	+
Leipzig/Halle	-	+++	-

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 Leipzig-Holzhausen die beste Eignung für eine Übertragung befunden wurde. Dies wird auch durch ein statistisches Ähnlichkeitsmaß herangezogen gestützt.

Dabei wird die Ähnlichkeit der Windverteilungen der in Frage kommenden Bezugswindstationen mit dem berechneten Erwartungswert mit Hilfe eines gewichteten, additiven χ^2 -Maßes beurteilt. Ganz wie im Verfahren AKJahr, das vom DWD zur Auswahl eines repräsentativen Jahres aus einem Gesamtzeitraum verwendet wird und in der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [7] beschrieben wurde, werden dabei die vier Bewertungsparameter Windrichtungsverteilung, Geschwindigkeitsverteilung, Richtungsverteilung der Nacht- und Schwachwinde sowie die Verteilung der Ausbreitungsklassen herangezogen. Diese vier Häufigkeitsverteilungen liegen als Erwartungswerte für die EAP und für jede Bezugswindstation vor und werden über einen genügend langen Zeitraum (siehe Tabelle 3) ermittelt, wobei die absoluten Häufigkeiten pro Klasse auf die Häufigkeit des Erwartungswertes normiert wird. Anschließend wird für jeden der vier Parameter ein separater χ^2 -Term bestimmt, indem in jeder Klasse^[1] die Differenz zwischen der normierten Häufigkeit der Bezugswindstation und der erwarteten Häufigkeit an der EAP gebildet und quadriert wird, und die Quadrate aufsummiert werden. Der resultierende χ^2 -Term ist umso kleiner, je besser die Häufigkeitsverteilung einer Station im betrachteten Bewertungsparameter mit der erwarteten Verteilung übereinstimmt. Für ein Gesamturteil werden die vier χ^2 -Zahlenwerte schließlich zu einem einzigen aufaddiert, wobei die vier Parameter entsprechend ihrer Bedeutung gewichtet werden; an dieser Stelle werden dieselben Wichtungsfaktoren wie im Verfahren AKJahr des DWD benutzt, die sich bei der Bestimmung eines repräsentativen Jahres empirisch bewährt haben: Windrichtung: 0,36 - Windgeschwindigkeit: 0,24 - Ausbreitungsklassen: 0,25 – Nacht- und Schwachwinde: 0,15.

Das hier verwendete objektive Verfahren erlaubt es, ein Gütemaß zur Übereinstimmung von Erwartungswerten an der EAP mit den Bezugswindstationen zu berechnen, das wesentlich aussagekräftiger als die minimalen Übereinstimmungskriterien von VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 ist. Es werden nicht nur die Lage der Windrichtungsmaxima und der Mittelwert der Windgeschwindigkeit betrachtet, sondern die gesamten Verteilungen berücksichtigt, sowie zusätzlich auch noch die Nacht- und Schwachwinde sowie die Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen einbezogen.

In der folgenden Grafik ist das χ^2 -Gesamtmaß für jede Bezugswindstation dargestellt und auch, wie es sich aus den vier einzelnen Gütemaßen zusammensetzt.

^[1] Diese Unterklassen zu jedem Bewertungsparameter sind die zwölf 30°-Sektoren bei der Windrichtung, die neun Geschwindigkeitsklassen bei der Windgeschwindigkeit und die sechs Ausbreitungsklassen.

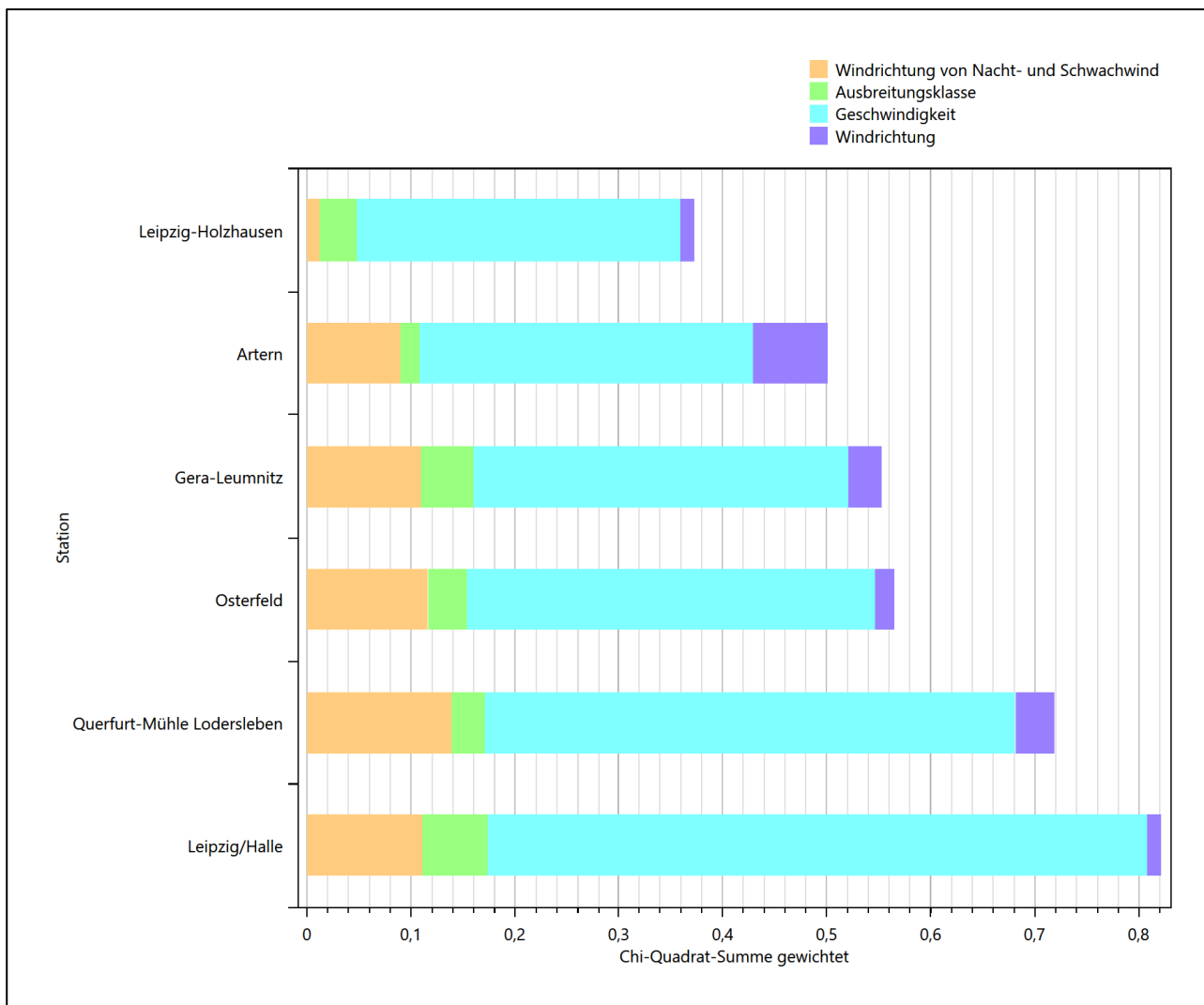


Abbildung 19: Gewichtete χ^2 -Summe und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der Windverteilungen der betrachteten Bezugswindstationen mit dem EAP-Erwartungswert

Aus den Gütemaßen für die einzelnen Bezugswindstationen lässt sich die gezeigte Rangfolge ableiten, welche der Bezugswindstationen am besten für eine Übertragung geeignet ist.

Für die Station Leipzig-Holzhausen kann also befunden werden, dass sie einerseits die beste Übereinstimmung der statistischen Verteilungsparameter der meteorologischen Daten aufweist und darüber hinaus die Kriterien zur Übertragbarkeit nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 erfüllt. Darüber hinaus sind auch keine Vorbehalte bekannt, die einer Eignung dieser Station entgegenstehen könnten.

Leipzig-Holzhausen wird demzufolge für eine Übertragung ausgewählt.

5 Beschreibung der ausgewählten Wetterstation

Die zur Übertragung ausgewählte Station Leipzig-Holzhausen befindet sich im südöstlichen Randbereich der Stadt Leipzig, etwa 6 km vom Stadtzentrum entfernt. Die Lage der Station in Sachsen ist aus der folgenden Abbildung ersichtlich.

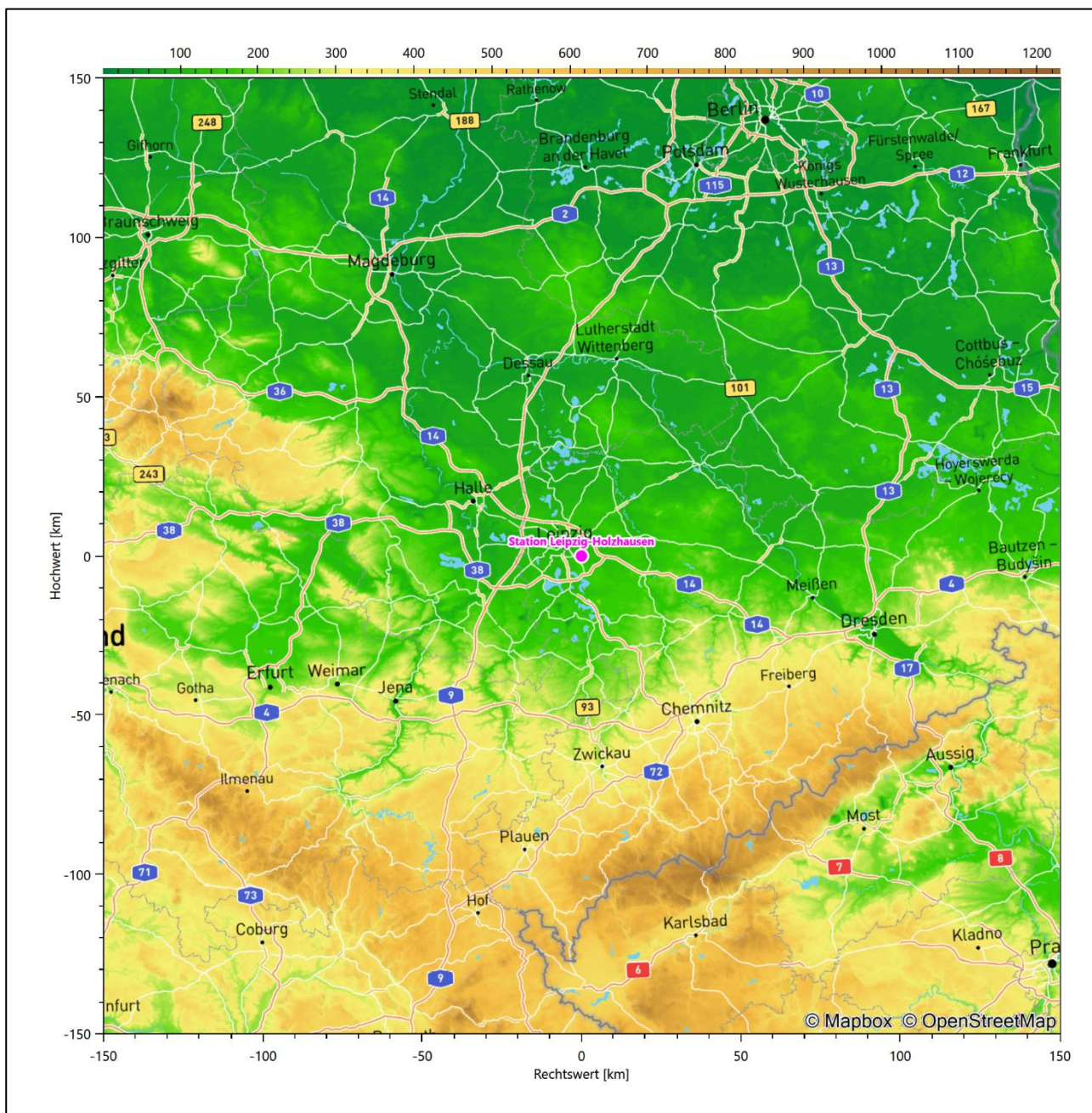


Abbildung 20: Lage der ausgewählten Station

In der folgenden Tabelle sind die Koordinaten der Wetterstation angegeben. Sie liegt 138 m über NHN. Der Windgeber war während des hier untersuchten Zeitraumes in einer Höhe von 12 m angebracht.

Tabelle 9: Koordinaten der Wetterstation

Geographische Länge:	12,4462°
Geographische Breite:	51,3151°

Die Umgebung der Station ist durch eine wechselnde Landnutzung geprägt. Nordöstlich grenzt das Funkturm-gelände mit dem Funkturm an, daneben wechseln sich Kleingartenanlagen mit Einfamilienhaussiedlungen, städtischer Wohnbebauung sowie landwirtschaftlichen Flächen ab. Hinzu kommt lockerer und gelegentlich auch dichter Baumbestand.

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

**Abbildung 21: Luftbild mit der Umgebung der Messstation**

Orographisch ist das Gelände, auch in etwas weiterem Umkreis, nur schwach gegliedert. Nach Süden und Südosten steigt es sanft und erst in etwa 8 km Entfernung erhebt es sich südöstlich bis auf 180 m über NNH. Es ist von allen Richtungen eine ungestörte Anströmung möglich.

Die nachfolgende Abbildung verschafft einen Überblick über das Relief.

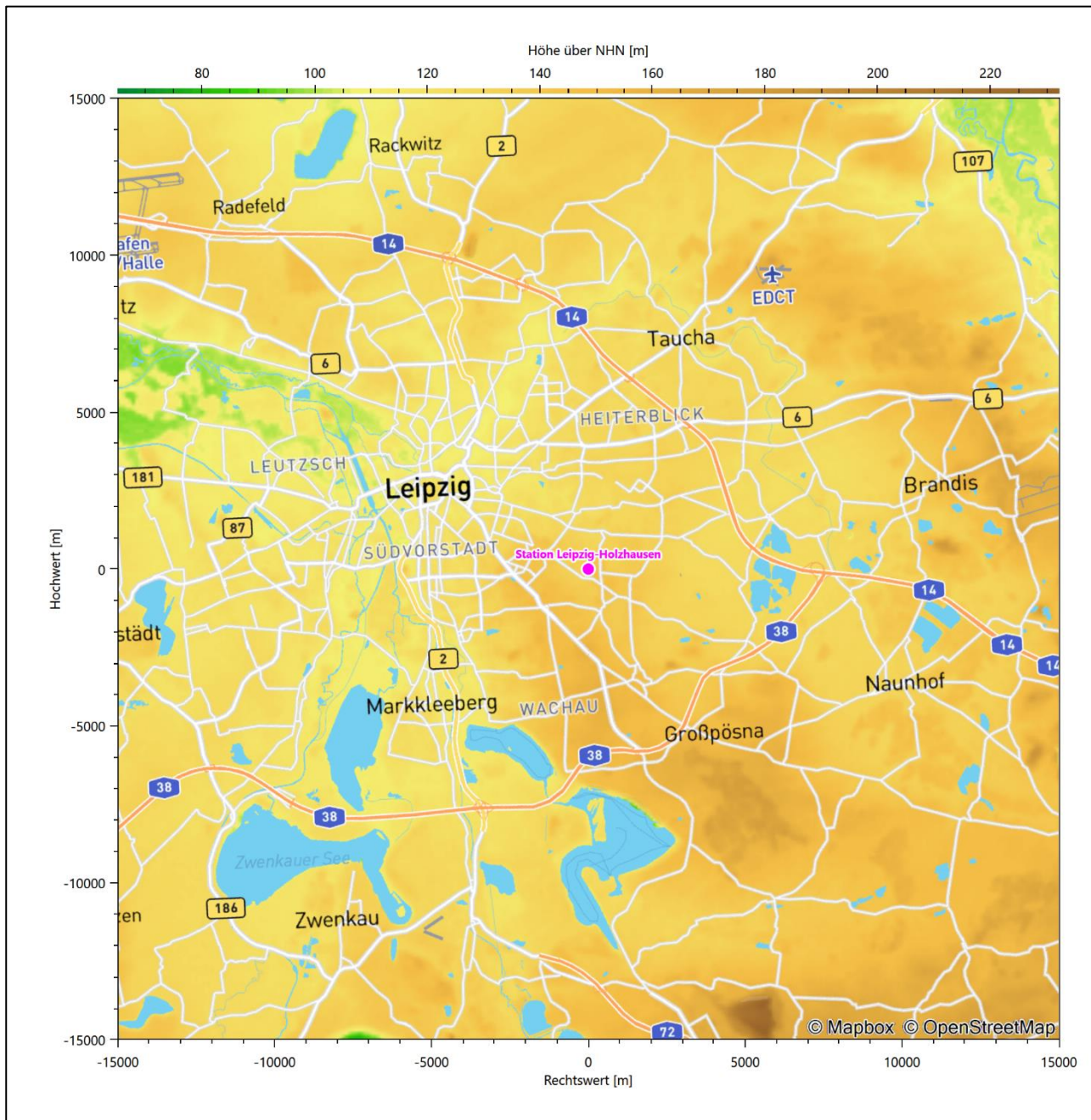


Abbildung 22: Orographie um den Standort der Wetterstation

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 VDI-Richtlinie 3782 Blatt 6 erfolgt. Schließlich wird auch die Verteilung der Ausbreitungsklassen im zeitlichen Verlauf über den Gesamtzeitraum untersucht.

Im vorliegenden Fall sollte ein repräsentatives Jahr ermittelt werden, für das auch Niederschlagsdaten aus dem RESTNI-Datensatz des Umweltbundesamtes zur Verfügung stehen. Ziel des Projektes RESTNI (Regionalisierung stündlicher Niederschläge zur Modellierung der nassen Deposition) an der Leibniz Universität Hannover war es gewesen, räumlich hochaufgelöste, modellierte Niederschlagsdaten für ganz Deutschland bereitzustellen. Diese Daten existieren derzeit noch nur für die Jahre 2006 bis 2015 („UBA-Jahre“). Auf diesen Zeitraum war die Auswahl daher zu beschränken.

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

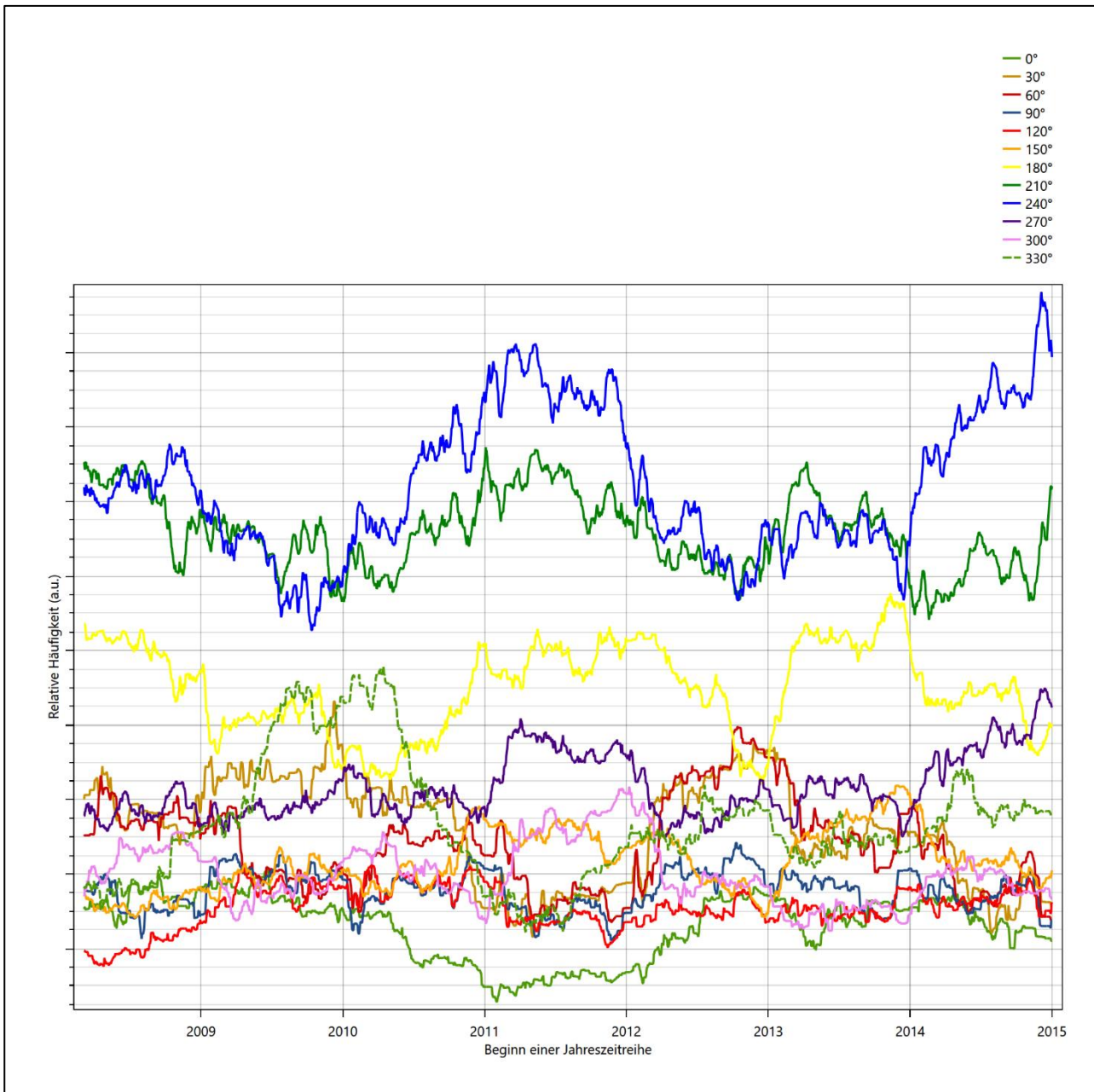


Abbildung 23: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Windrichtungsverteilung

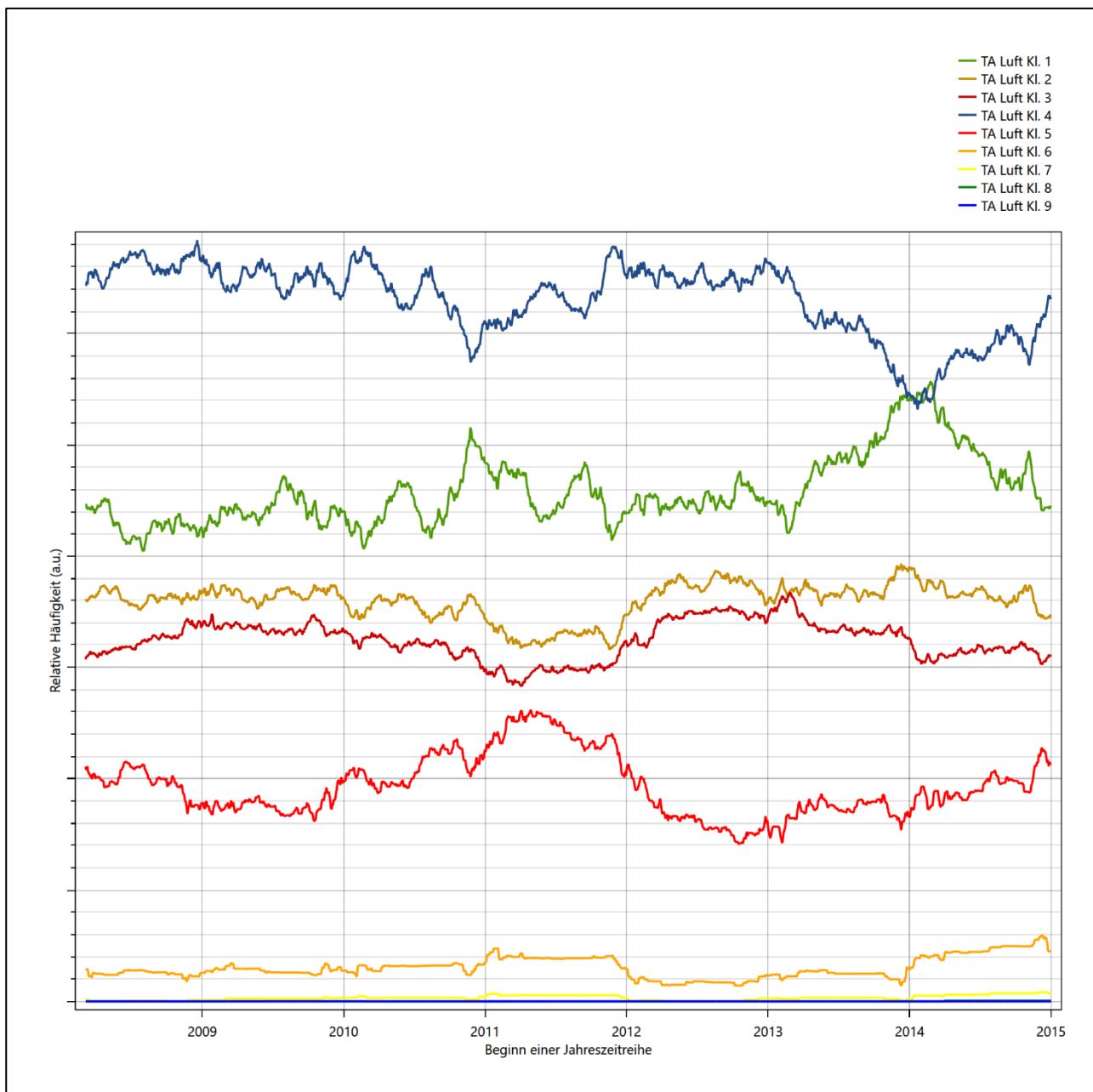


Abbildung 24: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmesstation anhand der Windgeschwindigkeitsverteilung

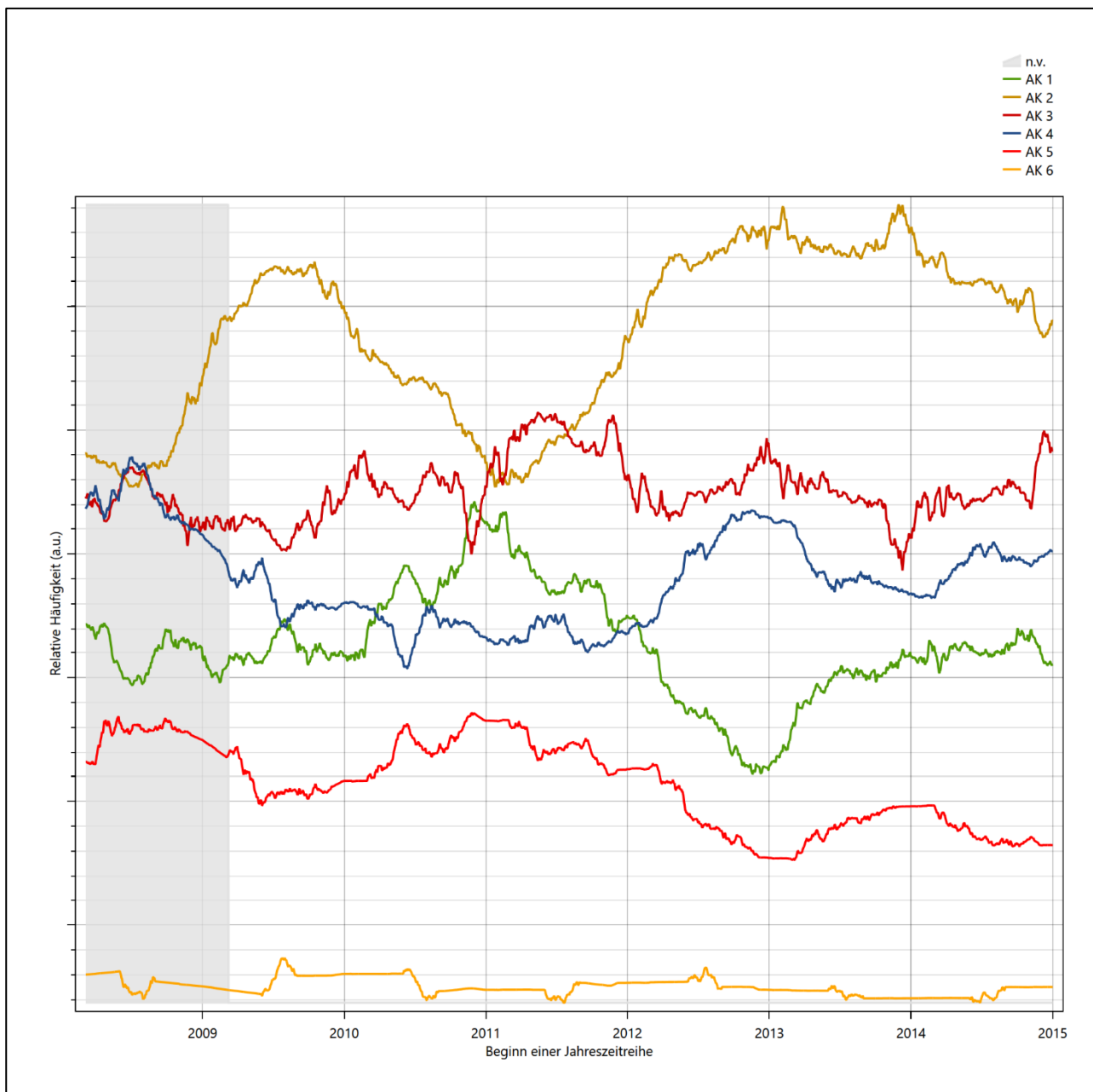


Abbildung 25: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Verteilung der Ausbreitungsklasse

Für die Bestimmung eines repräsentativen Jahres werden Daten aus einem Gesamtzeitraum mit einheitlicher Höhe des Messwertgebers vom 06.03.2008 bis zum 01.01.2016 verwendet.

Grau dargestellte Bereiche in Abbildung 25 markieren Messlücken bei der Bestimmung des Bedeckungsgrades (notwendig für die Ermittlung der Ausbreitungsklassen), weshalb für diese Zeiträume keine Jahreszeitreihe mit der notwendigen Verfügbarkeit von 90% gebildet werden konnte. Diese Bereiche werden auch später bei der Bestimmung des repräsentativen Jahres nicht mit einbezogen.

Wie aus den Grafiken erkennbar ist, gab es in den auswertbaren (nicht grau hinterlegten) Zeiträumen 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 innerhalb des Gesamtzeitraumes an einem 1. Januar beginnen, am 31. Dezember desselben Jahres enden und bei denen ausreichend Messdaten verfügbar sind.

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 0,36, die Windgeschwindigkeit mit 0,24, die Ausbreitungsklasse mit 0,25 und die Richtung der Nacht- und Schwachwinde mit 0,15 gewichtet wird. Die Wichtungsfaktoren 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 01.01.2012, was als Beginn des repräsentativen Jahres angesehen werden kann. Die repräsentative Jahreszeitreihe läuft dann bis zum 31.12.2012.

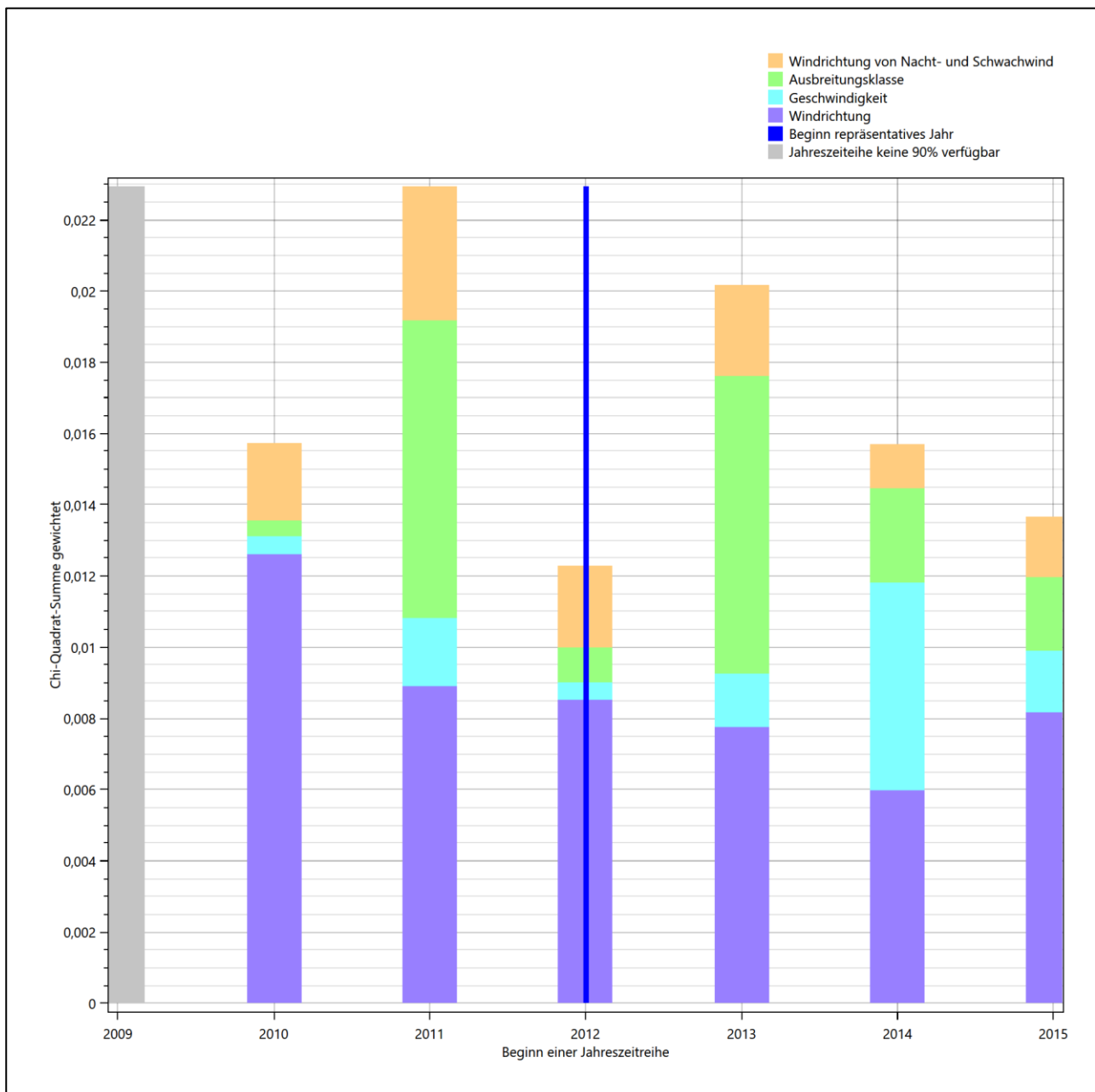


Abbildung 26: Gewichtete χ^2 -Summe und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum

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, Ausbreitungs-klasse, 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.

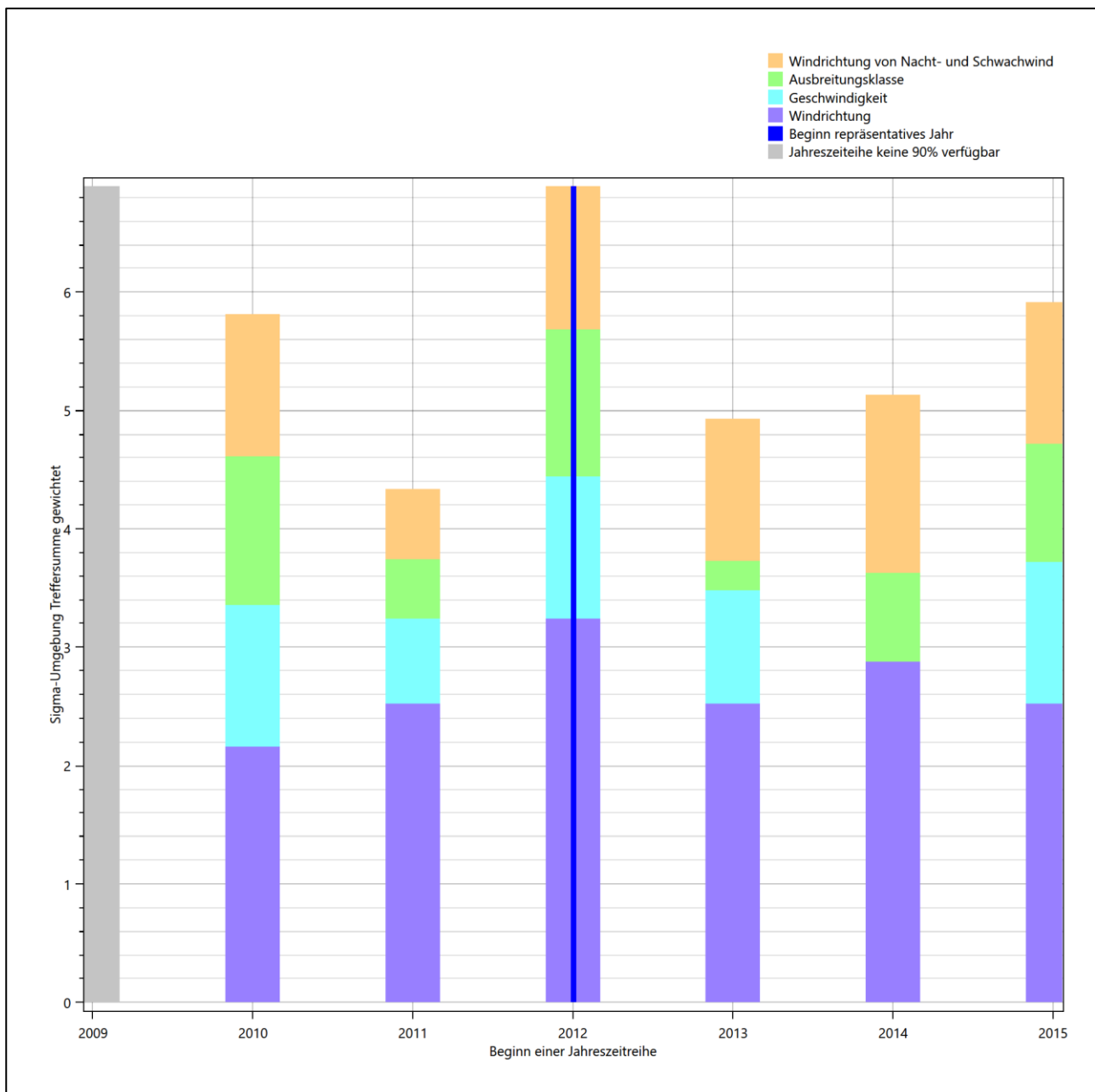


Abbildung 27: Gewichtete σ -Umgebung-Treffersumme und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum

Erfahrungsgemäß wird für das aus dem χ^2 -Test gefundene repräsentative Jahr vom 01.01.2012 bis zum 31.12.2012 nicht auch immer mit dem Maximum der gewichteten σ -Umgebung-Treffersumme zusammenfallen. Im vorliegenden Fall lässt sich jedoch für das repräsentative Jahr feststellen, dass 100 % aller anderen untersuchten Einzelzeiträume eine schlechtere σ -Umgebung-Treffersumme aufweisen.

Dies kann als Bestätigung angesehen werden, dass das aus dem χ^2 -Vergleich 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 01.01.2012 bis zum 31.12.2012. 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.

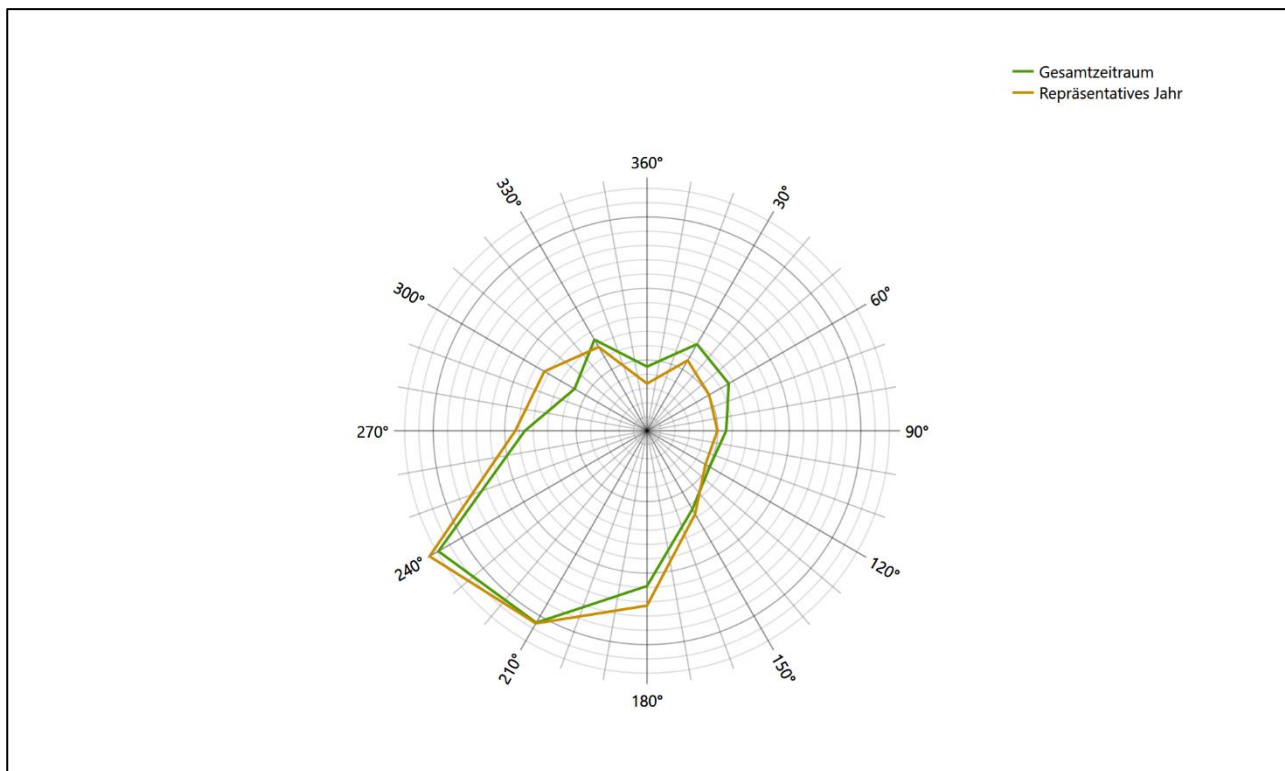


Abbildung 28: Vergleich der Windrichtungsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

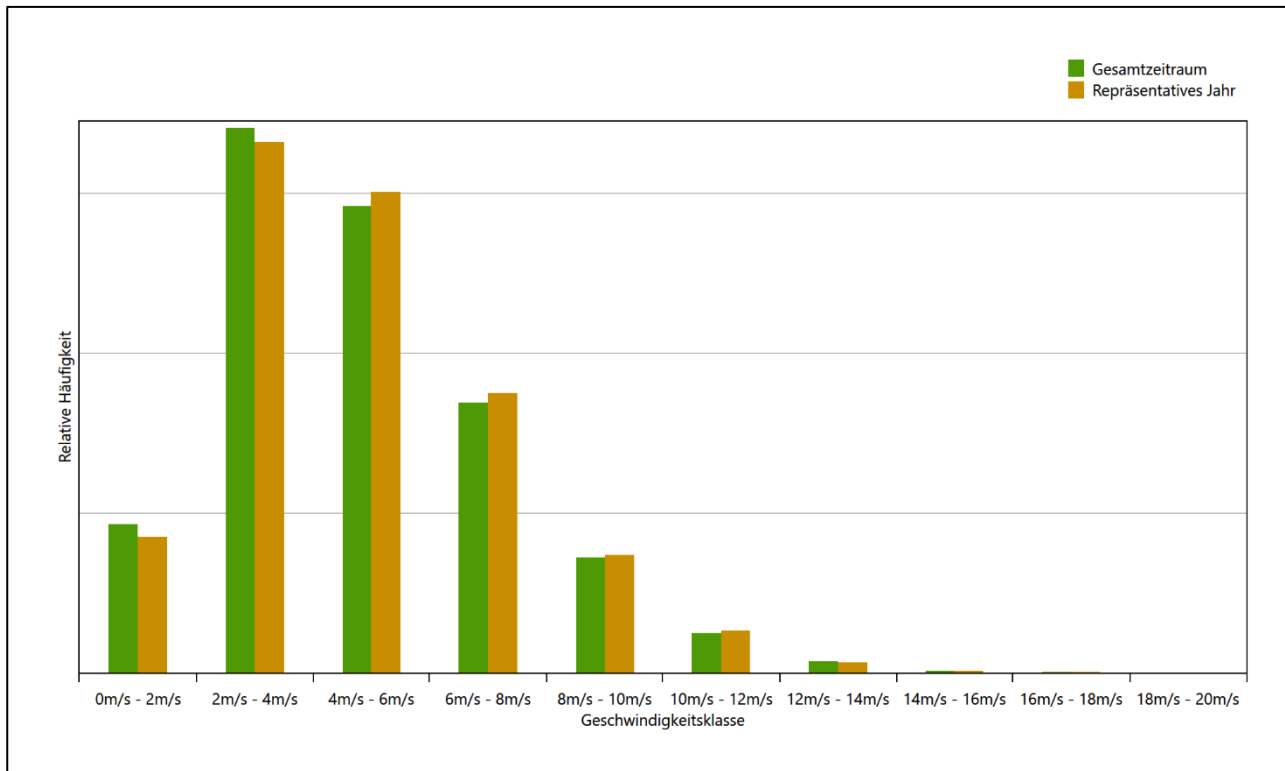


Abbildung 29: Vergleich der Windgeschwindigkeitsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

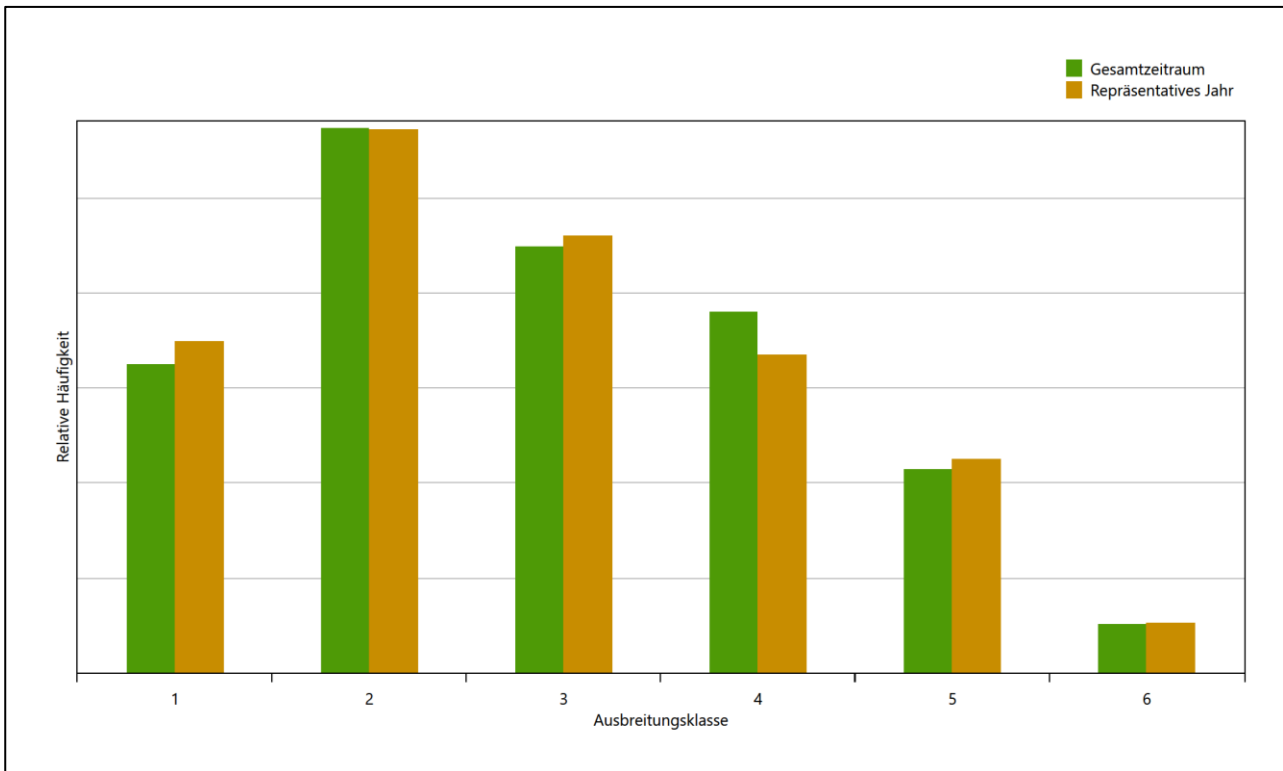


Abbildung 30: Vergleich der Verteilung der Ausbreitungsklasse für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

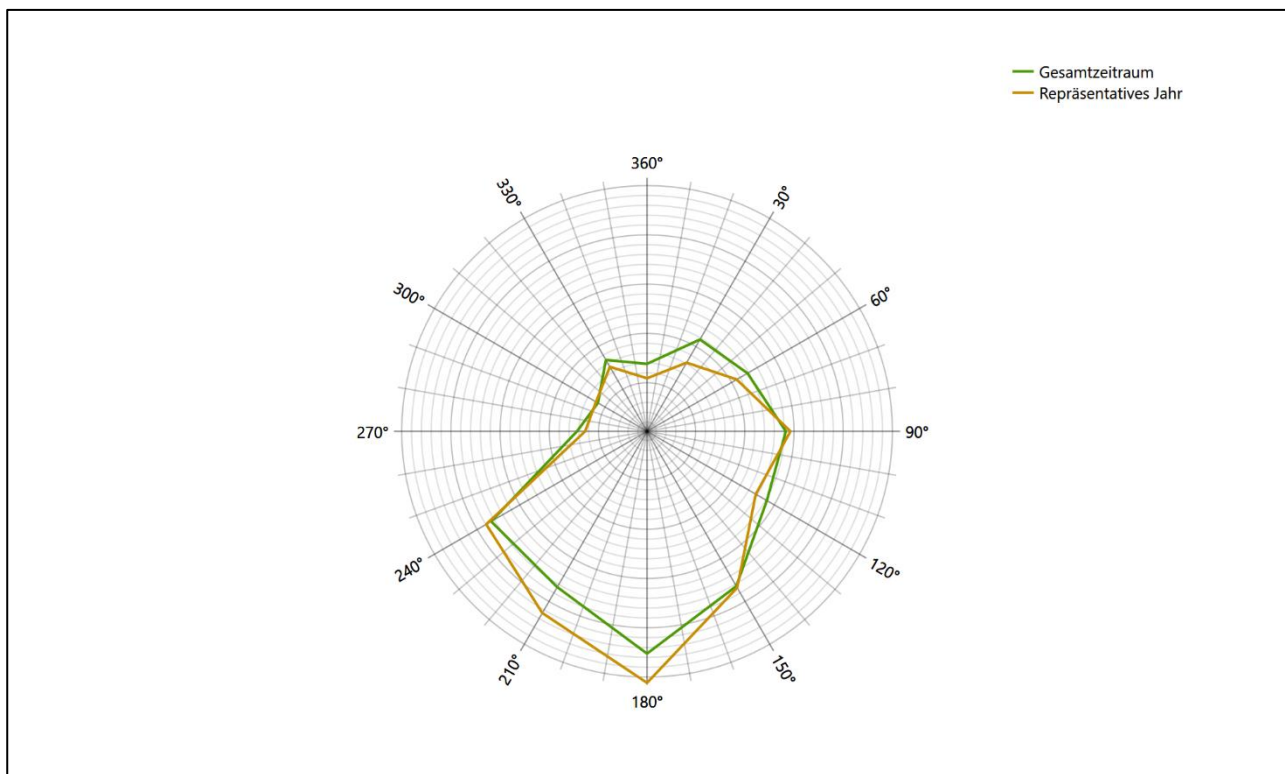


Abbildung 31: Vergleich der Richtungsverteilung von Nacht- und Schwachwinden für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

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 01.01.2012 bis zum 31.12.2012 ein repräsentatives Jahr für die Station Leipzig-Holzhausen im betrachteten Gesamtzeitraum vom 06.03.2008 bis zum 01.01.2016 ist.

7 Beschreibung der Datensätze

7.1 Effektive aerodynamische Rauigkeitslänge

7.1.1 Theoretische Grundlagen

Die Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeitslänge wird gemäß dem DWD-Merkblatt „Effektive Rauigkeitslänge aus Windmessungen“ [8] vorgenommen. Ausgangspunkt der Betrachtungen ist, dass die Rauigkeitsinformation 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) [9], [10] und für analoge nach dem Verfahren von Wieringa (Dämpfungsfaktor A_W) [11], [12] 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 Rauigkeitslänge, 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 näherungsweisen 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.

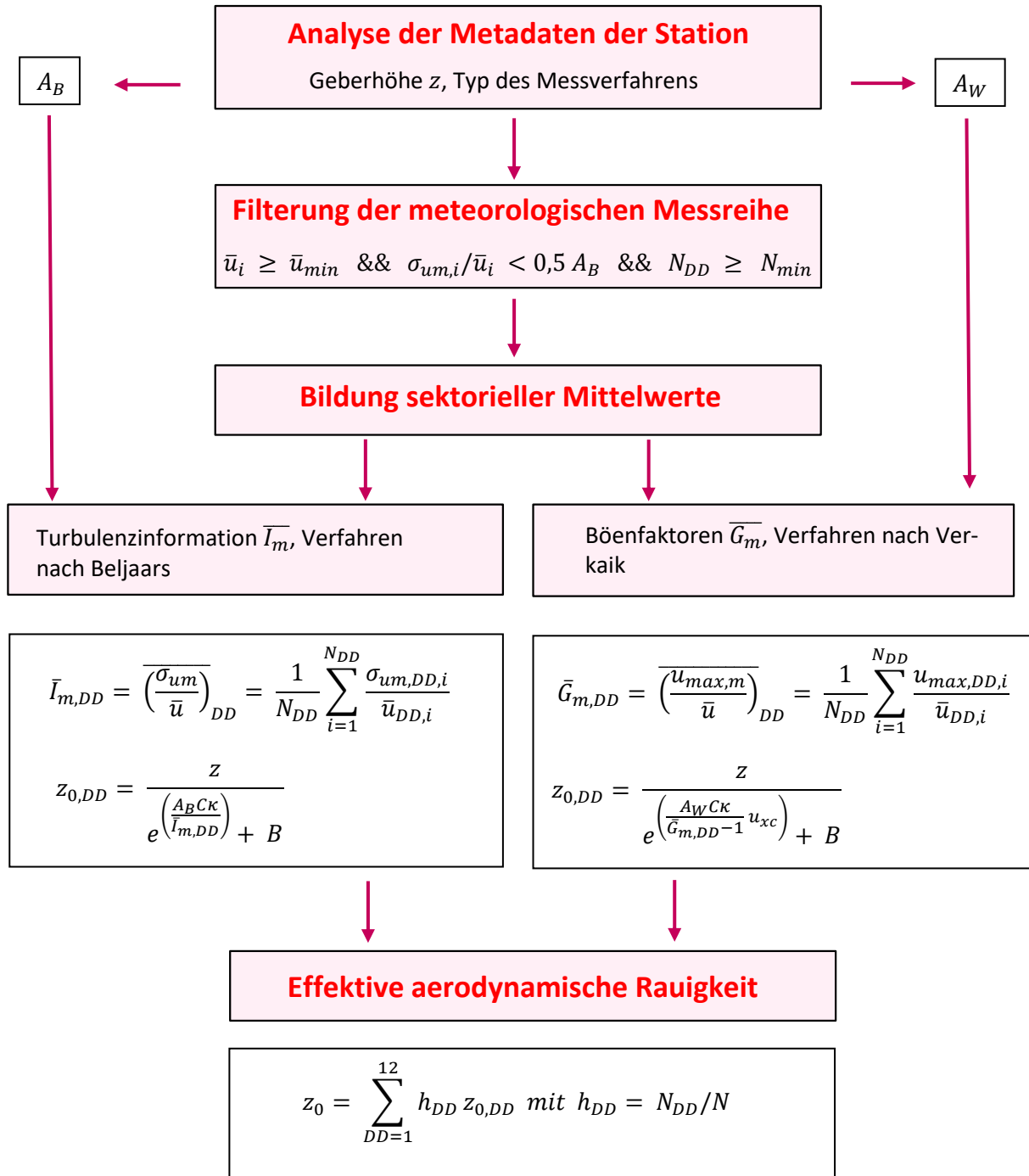


Abbildung 32: Schematischer Ablauf zur Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit

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 $\overline{u}_{min}$ von 5 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 Leipzig-Holzhausen und den Zeitraum vom 01.01.2012 bis zum 31.12.2012 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 im betrachteten Zeitraum nicht hinreichend bereitgestellt wurden. 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.

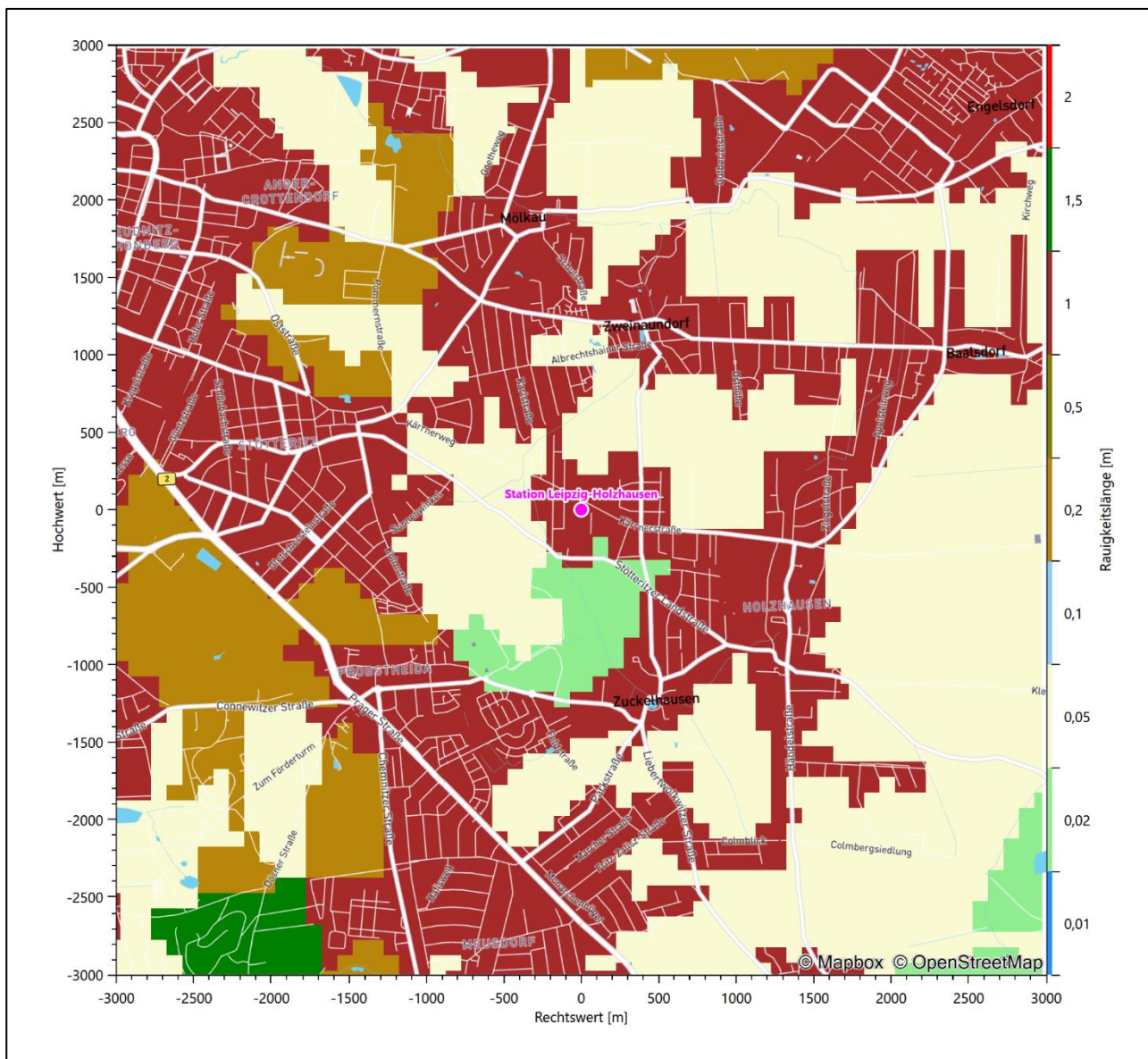


Abbildung 33: Rauigkeitslänge in Metern in der Umgebung der Station nach CORINE-Datenbank

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 Leipzig-Holzhausen ergibt das im betrachteten Zeitraum vom 01.01.2012 bis zum 31.12.2012 einen Wert von etwa 0,870 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 Leipzig-Holzhausen) 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 Leipzig-Holzhausen wurde nach dem im Abschnitt 7.1.2 beschriebenen Verfahren berechnet. Für Leipzig-Holzhausen ergibt das im betrachteten Zeitraum vom 01.01.2012 bis zum 31.12.2012 einen Wert von 0,870 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 Leipzig-Holzhausen

Rauigkeitsklasse [m]:	0,01	0,02	0,05	0,10	0,20	0,50	1,00	1,50	2,00
Anemometerhöhe [m]:	4,0	4,0	4,0	4,0	4,2	8,0	13,3	18,0	22,5

7.3 Ausbreitungsklassenzeitreihe

Aus den Messwerten der Station Leipzig-Holzhausen für Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Bedeckung wurde eine Ausbreitungsklassenzeitreihe gemäß den Vorgaben der TA Luft und VDI-Richtlinie 3782 Blatt 6 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 01.01.2012 bis zum 31.12.2012 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 westlich des Standortes (Rechtswert: 32707650, Hochwert: 5674450) 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.

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

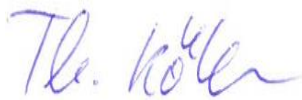
Für den zu untersuchenden Standort in Weißenfels wurde überprüft, ob sich die meteorologischen Daten einer oder mehrerer Messstationen des Deutschen Wetterdienstes zum Zweck einer Ausbreitungsberechnung nach Anhang 2 der TA Luft übertragen lassen.

Als Ersatzanemometerposition empfiehlt sich dabei ein Punkt mit den UTM-Koordinaten 32707650, 5674450.

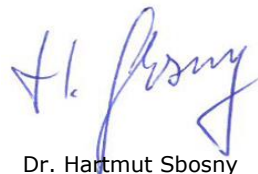
Von den untersuchten Stationen ergibt die Station Leipzig-Holzhausen die beste Eignung zur Übertragung auf die Ersatzanemometerposition. Die Daten dieser Station sind für eine Ausbreitungsrechnung am betrachteten Standort verwendbar.

Als repräsentatives Jahr für diese Station wurde aus einem Gesamtzeitraum vom 06.03.2008 bis zum 01.01.2016 das Jahr vom 01.01.2012 bis zum 31.12.2012 ermittelt.

Frankenberg, am 20. März 2023



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		☒	1 / 5
	Lage der Anlage mit kartografischer Darstellung		☒	2.1 / 6
	Höhe der Quelle(n) über Grund und NHN		☒	1 / 5
	Angaben über Windmessstandorte verschiedener Messnetzbetreiber und über Windmessungen im Anlagenbereich		☒	4.2 / 15
	Besonderheiten der geplanten Vorgehensweise bei der Ausbreitungsrechnung	☒	☐	
5	Angaben zu Bezugswindstationen			
	Auswahl der Bezugswindstationen dokumentiert (Entfernungsangabe, gegebenenfalls Wegfall nicht geeigneter Stationen)		☒	4.2 / 15
	Für alle Stationen Höhe über NHN		☒	4.2 / 17
	Für alle Stationen Koordinaten		☒	4.2 / 17
	Für alle Stationen Windgeberhöhe		☒	4.2 / 17
	Für alle Stationen Messzeitraum und Datenverfügbarkeit		☒	4.2 / 17
	Für alle Stationen Messzeitraum zusammenhängend mindestens 5 Jahre lang		☒	4.2 / 17
	Für alle Stationen Beginn des Messzeitraums bei Bearbeitungsbeginn nicht mehr als 15 Jahre zurückliegend		☒	4.2 / 17
	Für alle Stationen Rauigkeitslänge		☒	0 / 23
	Für alle Stationen Angaben zur Qualitätssicherung vorhanden		☒	4.2 / 15...18
	Lokale Besonderheiten einzelner Stationen	☐	☒	4.2 / 15...18
6	Prüfung der Übertragbarkeit			
6.2.1	Zielbereich bestimmt und Auswahl begründet	☐	☒	3.3 / 12
6.2.2	Erwartungswerte für Windrichtungsverteilung im Zielbereich bestimmt und nachvollziehbar begründet		☒	0 / 18...23
6.2.2	Erwartungswerte für Windgeschwindigkeitsverteilung im Zielbereich bestimmt und nachvollziehbar begründet		☒	0 / 18...23
6.2.3.2	Messwerte der meteorologischen Datenbasis auf einheitliche Rauigkeitslänge und Höhe über Grund umgerechnet		☒	0 / 18...23
6.2.3.1	Abweichung zwischen erwartetem Richtungsmaximum und Messwert der Bezugswindstationen ermittelt und mit 30° verglichen		☒	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		☒	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)		☒	4.6 / 32
6.3	Sonderfall			
	Bei Anpassung gemessener meteorologischer Daten: Vorgehensweise und Modellansätze dokumentiert und deren Eignung begründet	☒	☐	
	Bei Anpassung gemessener meteorologischer Daten: Nachweis der räumlichen Repräsentativität der angepassten Daten	☒	☐	
6.4	Repräsentatives Jahr			
	Bei Auswahl eines repräsentativen Jahres: Auswahlverfahren dokumentiert und dessen Eignung begründet	☐	☒	6.2 / 42
	Bei Auswahl eines repräsentativen Jahres: Angabe, ob bei Auswahl auf ein Kalenderjahr abgestellt wird oder nicht (beliebiger Beginn der Jahreszeitreihe)	☐	☒	6.2 / 42
	Bei Auswahl eines repräsentativen Jahres: Messzeitraum mindestens 5 Jahre lang und bei Bearbeitungsbeginn nicht mehr als 15 Jahre zurückliegend	☐	☒	6.1 / 38
7.1	Erstellung des Zieldatensatzes			
	Anemometerhöhen in Abhängigkeit von den Rauigkeitsklassen nach TA Luft in Zieldatensatz integriert		☒	7.1 / 50
	Bei Verwendung von Stabilitätsinformationen, die nicht an der Bezugswindstation gewonnen wurden: Herkunft der Stabilitätsinformationen dokumentiert und deren Eignung begründet	☒	☐	
	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	☐	☒	8 / 56

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] 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.
- [10] A. C. M. Beljaars, „The measurement of gustiness at routine wind stations – a review,“ *Instruments and Observing Methods*, Nr. Reports No. 31, 1987.
- [11] J. Wieringa, „Gust factors over open water and built-up country,“ *Boundary-Layer Meteorology*, Nr. 3, pp. 424-441, 1973.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] TA Luft - Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, *Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz*, vom 14. September 2021; in aktueller Fassung.