



Boden und Altlasten

DDB 17 0393

21.02.2018

Staubimmissionsprognose

Errichtung und Betrieb einer
Deponie der Deponieklasse 0
nach DepV im Tontagebau Herzfelde

HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und
Verwertungs GmbH

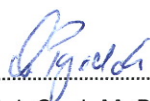
Strausberger Straße 8h
15378 Rüdersdorf OT Herzfelde

Tel.: 033434 43124
E-Mail: info@hkv-umwelt.de

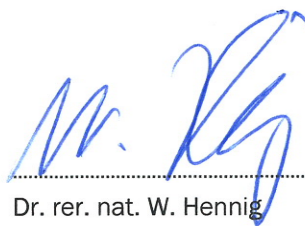


Staubimmissionsprognose

Objekt	Deponie Herzfelde
Lage	Land Brandenburg Landkreis Märkisch-Oderland Gemeinde Rüdersdorf, Ortsteil Herzfelde
Auftraggeber	HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH Strausberger Straße 8h 15378 Rüdersdorf-Herzfelde Tel.: 033434 /149080.
Auftragnehmer	G.U.B. Ingenieur AG Hauptniederlassung Zwickau Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau Telefon 0049 375 27175-0 Telefax 0049 375 27175-12 99 E-Mail info@gub-ing.de Internet www.gub-ing.de
Bearbeiter	Dr. rer. nat. W. Hennig
Projekt-Nr.	DDB 17 0393
Datum	21.02.2018



Dipl.-Geol. M. Pyrdok
Fachbereichsleiterin Umwelt



Dr. rer. nat. W. Hennig
Bearbeiter

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Deckblatt	
Titelblatt	
Inhaltsverzeichnis	
Anlagenverzeichnis	
1	
Veranlassung und Aufgabenstellung	6
2	
Arbeitsunterlagen	7
3	
Örtliche Gegebenheiten	9
4	
Angaben zum Vorhaben	11
5	
Methodik	12
6	
Beurteilungsgrundlagen	13
7	
Grundlagen der Ausbreitungsrechnungen	14
7.1	14
Berechnungsmodell	
7.2	16
Berechnungsparameter	
7.3	19
Staubimmissionsvorbelastung	
7.4	19
Abschätzung der Emissionsdaten	
8	
Emissionsansätze	22
9	
Berechnung der Staubimmissionen und Beurteilung der Ergebnisse	25
10	
Zusammenfassung	34

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtsplan M.: 1 : 15 000
Anlage 2	Lageplan mit Immissionsorten M.: 1 : 7 000
Anlage 3	Emissionsganglinien
Anlage 3.1	Tagesgänge
Anlage 3.2	Wochengänge
Anlage 3.3	Jahresgänge
Anlage 4	Ergebnisse der Staubimmissionsberechnungen Berechnungsausdrucke des Programms AUSTAL2000 verfügbar auf Anfrage unter info@gub-dresden.de
Anlage 4.1	BA 1 - Anfangszustand
Anlage 4.1.1	Schwebstaub PM-10 und Staubniederschlag Datei austal2000.log
Anlage 4.1.2	Schwebstaub PM-2,5 Datei austal2000.log
Anlage 4.2	BA 1 - Endzustand
Anlage 4.2.1	Schwebstaub PM-10 und Staubniederschlag Datei austal2000.log
Anlage 4.2.2	Schwebstaub PM-2,5 Datei austal2000.log
Anlage 4.3	BA 2 - Anfangszustand
Anlage 4.3.1	Schwebstaub PM-10 und Staubniederschlag Datei austal2000.log
Anlage 4.3.2	Schwebstaub PM-2,5 Datei austal2000.log
Anlage 4.4	BA 2 - Endzustand
Anlage 4.4.1	Schwebstaub PM-10 und Staubniederschlag Datei austal2000.log
Anlage 4.4.2	Schwebstaub PM-2,5 Datei austal2000.log
Anlage 4.5	BA 3 - Endzustand
Anlage 4.5.1	Schwebstaub PM-10 und Staubniederschlag Datei austal2000.log
Anlage 4.5.2	Schwebstaub PM-2,5 Datei austal2000.log

- Anlage 5 Grafische Darstellungen der prognostizierten Staubimmissionszusatzbelastung
Immissionsrasterkarten M 1 : 7 000
- Anlage 5.1 BA 1 – Anfangszustand
 - Anlage 5.1.1 Immissionsrasterkarte PM-10
 - Anlage 5.1.2 Immissionsrasterkarte PM-2,5
 - Anlage 5.1.3 Immissionsrasterkarte Staubniederschlag
- Anlage 5.2 BA 1 – Endzustand
 - Anlage 5.2.1 Immissionsrasterkarte PM-10
 - Anlage 5.2.2 Immissionsrasterkarte PM-2,5
 - Anlage 5.2.3 Immissionsrasterkarte Staubniederschlag
- Anlage 5.3 BA 2 – Anfangszustand
 - Anlage 5.3.1 Immissionsrasterkarte PM-10
 - Anlage 5.3.2 Immissionsrasterkarte PM-2,5
 - Anlage 5.3.3 Immissionsrasterkarte Staubniederschlag
- Anlage 5.4 BA 2 – Endzustand
 - Anlage 5.4.1 Immissionsrasterkarte PM-10
 - Anlage 5.4.2 Immissionsrasterkarte PM-2,5
 - Anlage 5.4.3 Immissionsrasterkarte Staubniederschlag
- Anlage 5.5 BA 3 – Endzustand
 - Anlage 5.5.1 Immissionsrasterkarte PM-10
 - Anlage 5.5.2 Immissionsrasterkarte PM-2,5
 - Anlage 5.5.3 Immissionsrasterkarte Staubniederschlag
- Anlage 6 Detaillierte Prüfung der Repräsentativität meteorologischer Daten nach VDI-
Richtlinie 3783 Blatt 20 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft an einem
Anlagenstandort bei Herzfelde

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH plant im ehemaligen Tonabbaugebiet nahe Herzfelde die Errichtung und den Betrieb einer Inertstoffdeponie.

Das Vorhaben soll in drei Bauabschnitten realisiert werden:

- Bauabschnitt BA 1 – Tagebau Herzfelde-Ost, Nordfeld.
- Bauabschnitt BA 2 - Tagebau Herzfelde-West.
- Bauabschnitt BA 3 – zwischen BA 1 und BA 2.

Entsprechend des vorliegenden Konzeptes soll der Deponieaufbau erst nach Fertigstellung der anderen beiden Abschnitte erfolgen. Der Hauptzugang zur geplanten Deponie ist von der Westseite über die Strausberger Straße vorgesehen.

Parallel zu den Arbeiten im Deponiegelände selbst soll auch die Verfüllung des südlich gelegenen Restloches – Tagebau Herzfelde Ost, Südfeld – erfolgen.

Als Bestandteil der Antragsunterlagen ist auch eine Staubimmissionsprognose einzureichen.

Die HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH beauftragte die G.U.B. Ingenieur AG mit der Erstellung einer Staubimmissionsprognose zu o. g. Aufgabenstellung [1].

2 **Arbeitsunterlagen**

- [1] Auftrag zur Erstellung einer Staubemissions- und Immissionsprognose für den Betrieb der Deponie Herzfelde
 HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH.
 11.09.2017

- [2] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
 (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft)
 24.07.2002

- [3] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
 (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV)
 02.08.2010.
 Zuletzt geändert durch Art. 1 V v. 10.10.2016

- [4] VDI-Richtlinie 3945, Blatt 3
 Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle
 Partikelmodell
 September 2000

- [5] AUSTAL2000 – Programmbeschreibung zu Version 2.6
 Stand 2014-06-25
 Umweltbundesamtes, Dessau-Roßlau / Ingenieurbüro Janicke, Überlingen

- [6] Programm SoundPLAN, Version 7.4
 SoundPLAN GmbH,
 Backnang, 07.12.2017

- [7] Daten des digitalen Geländemodells DGM10.
 Bereich Herzfelde.
 Landesbetrieb Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg.
 19.12.2017

- [8] Digitale Topografische Karte DTK10, Bereich Herzfelde.
 Landesbetrieb Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg.
 19.12.2017

- [9] Luftqualität in Brandenburg.
 Landesamt für Umwelt. Jahresbericht 2016

- [10] VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3
 Umweltmeteorologie – Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen.
 Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern.
 Januar 2010

- [11] Messung und Modellierung der Staubausbreitung von Schlicklagerstätten
Planungsgruppe Ökologie + Umwelt Nord
im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg,
Wirtschaftsbehörde, Amt für Strom- und Hafenaufbau

3 Örtliche Gegebenheiten

Die Deponie Herzfelde befindet sich östlich der Landesstraße L23 zwischen den Ortslagen Herzfelde im Süden und Heinickendorf im Norden (siehe Anlage 1 und Bild 1).



Bild 1: Ansicht des Untersuchungsgebietes, Blickrichtung Nord (Quelle: GoogleEarth)

Der Standort befindet sich im Ist-Zustand auf einer Höhe von ca. 50 m ü. NHN. Das Gelände steigt allgemein in nordöstlicher und südwestlicher Richtung an [7], [8], siehe auch Bild 2.

Schutzwürdige Bebauung in der Umgebung der Deponie befindet sich südlich, westlich, nördlich und östlich (siehe Anlage 2).

In Anlage 1 ist das Untersuchungsgebiet übersichtsmäßig und in Anlage 2 mit Immissionsorten dargestellt. In der Anlage 2 ist auch ein Lageplan mit Staubemissionsquellen ersichtlic.

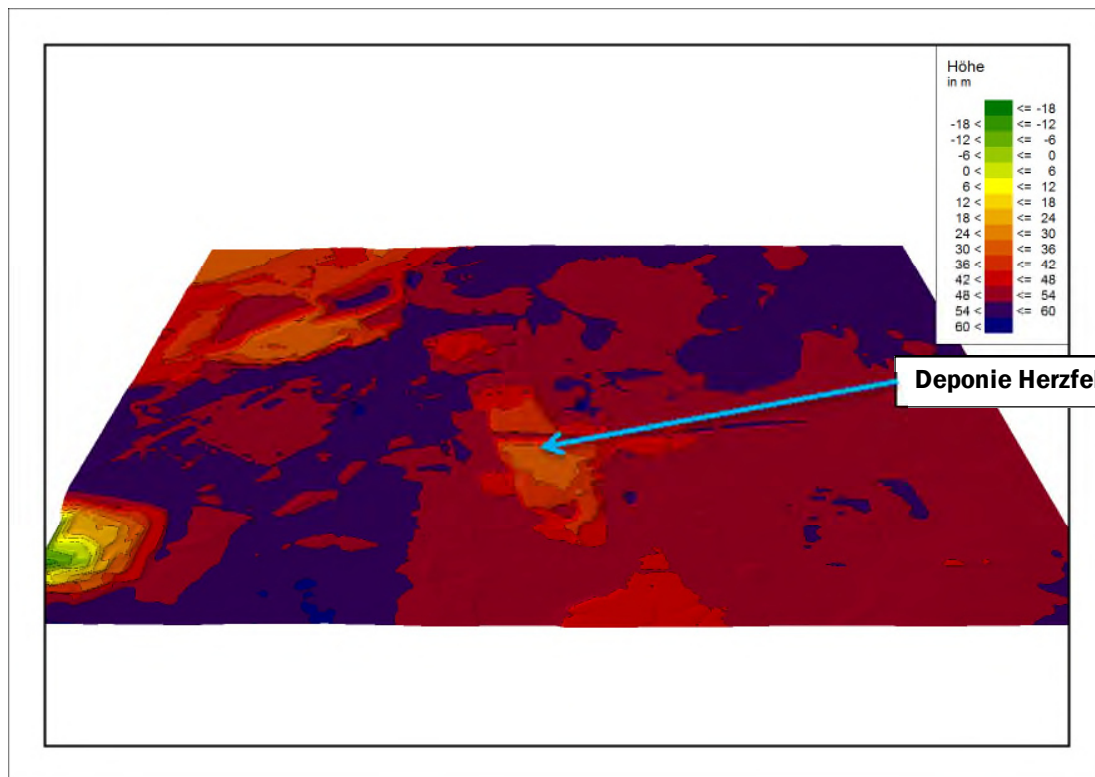


Bild 2: Geländemodell des Untersuchungsgebietes im Ist-Zustand (Quelle: DGM10 [7], erstellt mit SoundPLAN [6])

4 Angaben zum Vorhaben

Die HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH plant im ehemaligen Tonabbaugebiet nahe Herzfelde die Errichtung und den Betrieb einer Inertstoffdeponie.

Das Vorhaben soll in drei Bauabschnitten realisiert werden:

- Bauabschnitt BA 1 – Tagebau Herzfelde-Ost, Nordfeld.
- Bauabschnitt BA 2 - Tagebau Herzfelde-West.
- Bauabschnitt BA 3 – zwischen BA 1 und BA 2.

Entsprechend des vorliegenden Konzeptes soll der Deponieaufbau erst nach Fertigstellung der anderen beiden Abschnitte erfolgen.

Es ist mit folgenden staubemittierenden Vorgängen zu rechnen:

- Deponat-Anlieferung mit LKW auf dem Deponiegelände.
- Abwurf des Deponats vom LKW.
- Planieren mit Planierdrape.

Die Deponie wird werktags von 07.00 Uhr bis 16.00 Uhr bei einer Stunde Mittagspause (Ansatz 12.00 Uhr bis 13.00 Uhr) betrieben.

Die Berücksichtigung der staubemittierenden Vorgänge mittels geeigneter Emissionsansätze wird in den Abschnitten 7 und 8 dargestellt.

5 Methodik

Die Staubimmissionsbelastung im Untersuchungsgebiet wird mittels Ausbreitungsrechnungen prognostiziert. Die Staubausbreitungsrechnungen werden entsprechend der Forderung der TA Luft [2] mit einem Lagrangeschen Partikelmodell gemäß VDI 3945 Blatt 3 [4] vorgenommen (siehe die Abschnitte 7.1 und 7.2).

Die Ausbreitungsrechnungen werden mit dem Programm AUSTAL2000 [5] durchgeführt, welches in dem entsprechenden Modul des Programmsystems SoundPLAN, Version 7.4 [6] eingebunden ist.

Das Gelände wird auf der Basis des digitalen Geländemodells DGM10 [7] berücksichtigt. Die Lage der Immissionsorte wird auf der Basis der Digitalen Topografischen DTK10 [8] angesetzt.

Die in die Immissionsprognose eingehenden Staubemissionsmassenströme werden mittels realistischer Annahmen mit Emissionsansätzen und Emissionsfaktoren für die wesentlichen staubemissionsrelevanten Vorgänge abgeschätzt (siehe die Abschnitte 7.4 und 8).

Die Beurteilung der prognostizierten Schwebstaubkonzentrationen und Staubniederschlagsraten erfolgt durch Vergleich mit den in der TA Luft [2] sowie in der 39. BImSchV [3] niedergelegten Immissionswerten (siehe Abschnitt 6).

6 Beurteilungsgrundlagen

Hinsichtlich der Beurteilung der von ihrem Betrieb verursachten Staubimmissionen fällt die Deponie Herzfelde in den Anwendungsbereich der TA Luft [2].

Die TA Luft enthält Immissionswerte für die Schwebstaubkonzentration und für den Staubniederschlag. Die 39. BImSchV [3] enthält zusätzlich einen Immissionswert für die Schwebstaubkonzentration der Fraktion PM-2,5.

Im Abschnitt 4.2.1 der TA Luft sind die in Tabelle 1 aufgeführten Immissionswerte für Schwebstaub niedergelegt.

Tabelle 1: Immissionswerte der TA Luft [2] für Schwebstaub

Stoffgruppe	Mittelungszeitraum	IW [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	zulässige Überschreitungshäufigkeit im Jahr
Schwebstaub PM-10	Jahr	40	-
Schwebstaub PM-10	24 Stunden	50	35

Die aufgeführten Immissionswerte für Schwebstaub beziehen sich auf die Fraktion PM-10 des Schwebstaubes, d. h. auf den Anteil des Staubes mit einem aerodynamischen Durchmesser der Staubteilchen $< 10 \mu\text{m}$.

Im Abschnitt 4.3.1 der TA Luft ist ein Immissionswert für Staubniederschlag festgelegt (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Immissionswert der TA Luft [2] für Staubniederschlag

Stoffgruppe	IW Deposition [$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]	Mittelungszeitraum
Staubniederschlag (nicht gefährdender Staub)	0,35	Jahr

Die aufgeführten Immissionswerte sind durch die gemäß TA Luft, Nummer 4.7 zu ermittelnde Gesamtbelastung einzuhalten.

In der 39. BImSchV [3] sind für die Fraktion **Schwebstaub PM-2,5 ein Immissionsgrenzwert von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und ein Indikator-Wert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$** festgelegt.

7 Grundlagen der Ausbreitungsrechnung

7.1 Berechnungsmodell

Gemäß TA Luft [2], Anhang 3 wird die Staubaubreitungsrechnung mit einem Partikelmodell gemäß der Richtlinie VDI 3945, Blatt 3 [4] vorgenommen.

Modellkonzept

In der Richtlinie VDI 3945, Blatt 3 [4] wird die numerische Berechnung der Ausbreitung von Spurenstoffen mit einem Lagrangeschen Partikelmodell beschrieben. Dabei werden punktförmige Partikel, die einen Spurenstoff repräsentieren, auf ihrem Weg durch die Atmosphäre verfolgt. Die Simulationspartikel (Anzahl N_p) bilden eine Stichprobe der Bestandteile der Spurenstoffwolke (Moleküle, Aerosole), d. h. die Partikel haben die gleichen physikalischen Eigenschaften wie der Spurenstoff, ihre Anzahl ist aber wesentlich kleiner als die Anzahl der Spurenstoffteilchen.

Eingabedaten

Die erforderlichen Eingabedaten beziehen sich auf folgende Bereiche:

- Rechengitter für die benötigten Felder,
- meteorologische Daten,
- Stoffdaten,
- Quelldaten,
- Auswertegitter.

Rechengitter

Die für die Rechnung benötigten Felder werden an diskreten Punkten vorgegeben. Die Werte an Zwischenpunkten werden entsprechend der in der Modellimplementierung festgelegten Interpolationsvorschrift bestimmt.

Die Auflösung des Rechengitters muss grundsätzlich so gewählt werden, dass alle relevanten Gradienten hinreichend genau dargestellt werden können. Die Größe des Rechengitters muss so gewählt werden, dass möglichst alle Teilchenbahnen zwischen den betrachteten Quellen und Rezeptoren im Rechengbiet verlaufen.

meteorologische Daten

Die meteorologischen Verhältnisse bestimmen im Wesentlichen den Transport und die Verdünnung von Spurenstoffen. Für eine Lagrangesche Ausbreitungsrechnung sind daher meteorologische Eingabegrößen, die den mittleren Wind und die Turbulenz in der atmosphärischen Grenzschicht definieren, erforderlich.

Stoffdaten

Die modellmäßige Beschreibung der Deposition, Sedimentation und Interzeption sowie gegebenenfalls ihrer Umwandlung durch chemische Reaktionen oder radioaktiven Zerfall erfordert die Vorgabe stoffspezifischer Daten. Relevant für die Staubausbreitungsrechnung sind das gravitative Absinken von Aerosolen und die trockene Ablagerung von Spurenstoffen am Erdboden.

Das gravitative Absinken von Aerosolen wird durch die Sedimentationsgeschwindigkeit v_s beschrieben. Die Berechnung erfolgt in Abhängigkeit von der Aerosolgröße.

Die trockene Ablagerung von Spurenstoffen am Erdboden wird empirisch durch die Depositionsgeschwindigkeit v_d beschrieben. Sie ist als Proportionalitätsfaktor zwischen der Depositionsmassenstromdichte und der bodennahen Konzentration definiert.

Quelldaten

Spurenstoffquellen werden durch die Vorgabe der Quellgeometrie, der Quellstärke sowie erforderlichenfalls von Daten, die die Trägheits- und Auftriebseffekte nach der Freisetzung festlegen, definiert. Unterliegen diese signifikanten zeitlichen Schwankungen, so kann es notwendig sein, sie als Zeitreihe vorzugeben.

Die Quellgeometrie wird durch die Position der Spurenstoffquellen im Rechengebiet und ihre räumlichen Abmessungen (z. B. Durchmesser, Breite, Länge, Höhe, Ausrichtung) definiert.

Die Quellstärke muss in den Bereichen, in denen relevante Spurenstoffe freigesetzt werden, angegeben werden. Aus der Anzahl der Partikel, die pro Zeit- und Raumeinheit freigesetzt werden, kann dann die Spurenstoffmasse bestimmt werden, die jedes Partikel repräsentiert.

Auswertegitter

Lagrangesche Ausbreitungsmodelle berechnen räumliche Verteilungen von Spurenstoff-Immissionen als Mittelwerte über bestimmte diskrete Raumvolumina und Zeitintervalle. Die Länge der Zeitintervalle und die Lage und Abmessungen der Auswertevolumina (Rezeptorzellen) müssen definiert werden.

Ergebnisse

Das primäre Ziel des Modells ist die Bestimmung der Konzentration eines Spurenstoffes. Darüber hinaus bietet das Modell die Möglichkeit, weitere lufthygienisch relevante Größen zu bestimmen. Für die Staubausbreitungsrechnung relevant ist die Berechnung der Deposition.

Die *Konzentrationsverteilung* des Spurenstoffes wird als räumlicher und zeitlicher Mittelwert über die Volumenelemente des Auswertegitters und eines zu wählenden Zeitintervalls berechnet. Hierzu wird ausgezählt, wie viele Partikel sich während des Zeitintervalls in einem Volumenelement befinden. Die von den Partikeln repräsentierten Massen werden mit der jeweiligen Aufenthaltsdauer multipliziert und aufaddiert. Anschließend wird durch die Größe des Volumenelements und die Dauer des Zeitintervalls dividiert.

Die *Deposition* (verstärkt durch die *Sedimentation*) wird im Modell durch die Vorgabe einer Wahrscheinlichkeit simuliert, mit der Simulationspartikel, die aufgrund ihrer turbulenten Bewegung in die Nähe des Erdbodens gelangt sind, nicht reflektiert werden, sondern ihre Masse ablagern. Die über die Zeit deponierte Masse kann durch Aufsummieren in jeder Bodengittermasche ermittelt werden. Die Depositionswahrscheinlichkeit hängt von der Oberflächenbeschaffenheit und den Depositionscharakteristika des betrachteten Spurenstoffes ab und lässt sich aus empirisch abgeleiteten Depositionsgeschwindigkeiten bestimmen.

7.2 Berechnungsparameter

Nachstehend werden die wesentlichen Parameter und Festlegungen aufgeführt, die den Staubaubreitungsrechnungen zugrunde gelegt werden.

Berechnungsprogramm

Die Ausbreitungsrechnungen werden mit dem Programm AUSTAL2000 [5] vorgenommen. Das Programm ist eine Umsetzung von Anhang 3 der TA Luft [2] und realisiert das Ausbreitungsmodell der Richtlinie VDI 3945, Blatt 3 [4].

Zur Erstellung der Eingabedatei für AUSTAL2000 und zur Darstellung der Ergebnisse wird das entsprechende Modul des Programmsystems SoundPLAN, Version 7.4 [6] genutzt.

Emissionsmassenströme

Für die staubemissionsrelevanten Teilvorgänge werden jahresbezogene Emissionsmassenströme abgeschätzt (siehe die Abschnitte 7.4 und 8). Darüber hinaus werden folgende Annahmen getroffen:

- Die nachfolgend prognostizierten Emissionsmassenströme beziehen sich auf den emittierten Gesamtstaub. Gemäß TA Luft [2], Anhang 3, Nr. 4 sind Emissionsmassenströme für die PM-10-Fraktion des Gesamtstaubes, sowie für den Restanteil anzugeben. Die Emissionsmassenströme für die PM-10-Fraktion werden mittels der Abschätzung

$$Q_{PM-10} = 0,7 \cdot Q_{Gesamtstaub} \quad (1)$$

aus den Emissionsmassenströmen des Gesamtstaubes abgeleitet.

- Die Emissionsmassenströme für die PM-2,5-Fraktion werden mittels der aus den Ergebnissen von [9] für die Station Herzfelde abgeleiteten Relation

$$Q_{PM-2,5} = 0,727 \cdot Q_{PM-10} \quad (2)$$

aus den Emissionsmassenströmen für PM-10 abgeschätzt.

- Gemäß TA Luft [2], Anhang 3, Nr. 4 ist die Ausbreitungsrechnung für vier Korngrößenklassen durchzuführen. Für die verschiedenen Korngrößenklassen sind jeweils andere Depositionsgeschwindigkeiten v_d und Sedimentationsgeschwindigkeiten v_s anzusetzen. Für den Fall, dass die Korngrößenverteilung nicht im Einzelnen bekannt ist, ist PM-10 wie Staub der Klasse 2 zu behandeln. Da im vorliegenden Fall die Korngrößenverteilung nicht im Einzelnen bekannt ist, wird dementsprechend die PM-10-Fraktion für die Ausbreitungsrechnung in die Korngrößenklasse 2 eingeordnet.
- Gemäß TA Luft [2], Anhang 3, Nr. 4 wird für die Staubfraktion mit einem aerodynamischen Durchmesser größer als 10 μm eine Sedimentationsgeschwindigkeit $v_s = 0,07 \text{ m/s}$ und eine Depositionsgeschwindigkeit $v_d = 0,06 \text{ m/s}$ angesetzt. Dies entspricht der Einordnung in die Klassenbezeichnung „u“ (unbekannt) von AUSTAL2000 [5].

Staubemissionsquellen

Die mit dem Betrieb der Deponie gegebenen Staubemissionsquellen werden zur Eingabe in AUSTAL2000 durch Flächen approximiert (Flächenquellen). Die Höhe der Staubemissionsquellen über dem Boden wird mit 1 m angesetzt.

Die Tatsache, dass die Emission meist nicht permanent, sondern nur zu bestimmten Zeiten erfolgt, wird mit Ganglinien (Tages-, Wochen- und Jahresgänge) berücksichtigt.

Rechengebiet

Es kommt ein rechteckiges Rechengebiete mit der Abmessung 2.900 m x 2.850 m zur Anwendung. Damit werden sowohl die Bereiche der Staubemissionsquellen, als auch die schutzwürdige Umgebung abgedeckt. Die Maschenweite des Auswertgitters wird zu 20 m gewählt.

Geländemodell

Gemäß TA Luft [2], Anhang 3, Nr. 11 sind Geländeunebenheiten zu berücksichtigen, falls innerhalb des Rechengebietes Höhendifferenzen zum Emissionsort von mehr als dem 0,7-fachen der Schornsteinbauhöhe und Steigungen von mehr als 1 : 20 auftreten.

Da diese Voraussetzungen im vorliegenden Fall erfüllt sind, wurde in der Ausbreitungsrechnung mit AUSTAL das digitale Geländemodell [7] berücksichtigt.

Berücksichtigung von Bebauung

Gemäß TA Luft [2], Nr. 10 sind unter bestimmten Bedingungen die Einflüsse von Bebauung auf die Immission im Rechengebiet zu berücksichtigen. Dies ist für alle Gebäude relevant, deren Abstand von der Emissionsquelle geringer ist als das 6-fache der Schornsteinbauhöhe.

Im vorliegenden Fall treten nur bodennahe Quellen auf (Quellhöhe 1 m). Da sich keine Gebäude in einem Abstand zu den Emissionsquellen von weniger als dem 6-fachen der Quellhöhe befinden, kann auf die Berücksichtigung der Bebauung verzichtet werden.

meteorologische Daten

Die meteorologischen Daten des Untersuchungsgebietes werden mittels einer Zeitreihe AKTerm berücksichtigt (siehe das Gutachten zur Ableitung dieser Zeitreihe in Anlage 9).

Immissionsorte (Monitorpunkte)

Monitorpunkte bzw. Immissionsorte für die rechnerische Ermittlung der Zusatzbelastung werden im Bereich der zur Anlage nächstliegenden Bebauungen angebracht, wo mit dem Aufenthalt von Menschen zu rechnen ist (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Berücksichtigte Immissionsorte

Nr.	IO
1	Imbiss an der Strausberger Straße
2	Strausberger Straße 9
3	Strausberger Straße 8H
4	Pappelhain
5	Kirschenstraße
6	Ziegelstraße
7	Straußberger Straße

Die Lage der o. a. Immissionsorte ist aus Anlage 2 ersichtlich.

Qualitätsstufe

Die Qualitätsstufe legt die in der Ausbreitungsrechnung angesetzte Freisetzungsrate von Partikeln fest. Eine Erhöhung der Qualitätsstufe und damit der Partikelzahl verringert die statistische Unsicherheit der Berechnungsergebnisse.

In der vorliegenden Staubimmissionsprognose wurden die Ausbreitungsrechnungen mit der Qualitätsstufe -2 durchgeführt. Wie die Ergebnisse in Anlage 4 zeigen werden damit die Forderungen der TA Luft [2] zur zulässigen modellbedingten statistischen Unsicherheit (beim Jahres-Immissionskennwert max. 3 % des Jahresimmissionswertes und beim Tages-Immissionskennwert max. 30 % des Tagesimmissionswertes) erfüllt.

7.3 Staubimmissionsvorbelastung

Angaben zur Staubimmissionsvorbelastung in Brandenburg sind in dem Bericht [9] enthalten.

Als Messstelle, an der alle benötigten Parameter erfasst wurden und die zudem im Untersuchungsgebiet liegt, wurde die Messstelle Herzfelde, Hauptstraße ausgewählt.

An der vorgenannten Messstelle wurden im Jahr 2016 folgende Werte bestimmt:

- Schwebstaub PM-10 (Jahresmittelwert): 22 µg/m³.
- Staubniederschlag (Jahresmittelwert): 48 mg/(m²d).
- Schwebstaub PM-2,5 (Jahresmittelwert): 16 µg/m³.

7.4 Abschätzung der Emissionsdaten

Voraussetzung für die Staubimmissionsberechnungen ist die Angabe von Emissionsmassenströmen (Quellstärken) der Staubemissionsquellen. Damit ist es erforderlich, die von dem Betrieb der Deponie bewirkte Staubemission abzuschätzen.

Bei der Deponie sind folgende relevanten Staubemissionsquellen zu berücksichtigen:

- LKW-Fahrverkehr auf dem Deponiegelände.
- Abkippen des Deponats vom LKW.
- Planieren mit Planierdraupe.

Staubemission durch LKW-Fahrverkehr auf dem Deponiegelände

Die Staubemission durch den LKW-Fahrverkehr auf Betriebsgeländen kann folgendermaßen abgeschätzt werden:

$$Q' = e_{LKW} \cdot n_{LKW} \quad (3)$$

und
$$Q = Q' \cdot l_{Fw} \quad (4)$$

abgeschätzt werden. Hierbei bedeuten:

e_{LKW} [g/m]	Emissionsfaktor,
n_{LKW} [1/h]	Anzahl der LKW pro Stunde auf dem Fahrweg,

l_{FW} [m]	Länge des Fahrweges,
Q' [g/(m*h)]	spezifischer Emissionsmassenstrom,
Q [g/h]	Emissionsmassenstrom.

Auf der Grundlage von Messungen wird in [14] für die Staubentstehung durch Fahrzeugbewegungen auf unbefestigten und trockenen Flächen ein Emissionsfaktor von $e_{Tr} = 1$ g/m angegeben.

Dieser Wert erscheint für die Situation in der Deponie Herzfelde als überhöht, da bei dem hier eingelagerten Material mit Restfeuchten zu rechnen ist. Stattdessen wird ein Emissionsfaktor **$e_{LKW} = 0,5$ g/m** angesetzt. Bei erkennbarer Staubentwicklung sollten die Fahrwege befeuchtet werden.

Aufnahme und Abwurf von Schüttgütern

Die Staubemission durch Abwurf und Aufnahme von Schüttgütern kann mit dem Prognosemodell für die Staubemission beim Umschlag von Schüttgütern [10] abgeschätzt werden.

Nach dem Modell gemäß [10] werden die Staubemissionsraten mittels Emissionsfaktoren prognostiziert, welche von den staubenden Materialien sowie der Abwurfart und Abwurfmenge des staubenden Gutes abhängen. Für die Prognose der Staubemission durch Materialabwurf gilt:

$$e_{norm} = a \cdot k \cdot M^{-0,5}, \quad (5)$$

$$e_{n,k} = e_{norm} \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^{1,25} \cdot \frac{k_{Ger}}{2}, \quad (6)$$

$$e_{Abw} = e_{n,k} \cdot \rho_S \cdot k_U, \quad (7)$$

$$Q = e_{Abw} \cdot D. \quad (8)$$

Hierbei bedeuten:

e_{norm} [g/tGut · m ³ /t]	normierter Emissionsfaktor,
a	Materialkenngröße zur Einordnung der Stoffe nach ihrer Staubeigung (siehe Tab. 3),
k	Faktor für die Abwurfart (kontinuierlicher Abwurf: $k = 83,3$; diskontinuierlicher Abwurf: $k = 2,7$),
M [t/Hub] oder [t/h]	abgeworfene Masse,
$e_{n,k}$ [gm ³ /t ²]	korrigierter normierter Emissionsfaktor,
h [m]	Abwurfhöhe,
k_{Ger}	Korrekturfaktor ($k_{Ger} = 1,5$ für LKW, Schaufellader, $k_{Ger} = 2$ für Greifer),

e [g/t]	Emissionsfaktor,
ds [t/m ³]	Schüttdichte,
ku	Umfeldfaktor (ku < 1 zur Berücksichtigung emissionsmindernder Umgebungsbedingungen wie Einhausungen, Absaugungen o. ä.),
D [t/h]	Durchsatz,
Q [g/h]	Emissionsmassenstrom.

Tabelle 4 enthält die in [10] angegebene Einordnung der Stoffe nach ihrer Neigung zur Staubentwicklung.

Tabelle 4: Werte für die Gewichtungsfaktoren a gemäß [10]

Materialeigenschaft	a
stark staubend	$\sqrt{10^5} = 316,23$
(mittel) staubend	$\sqrt{10^4} = 100$
schwach staubend	$\sqrt{10^3} = 31,62$
Staub nicht wahrnehmbar	$\sqrt{10^2} = 10$
außergewöhnlich feuchtes Gut	$\sqrt{10^0} = 1$

Für die Deponie Herzfelde wird ein Gewichtungsfaktor **a = 50** angesetzt.

8 Emissionsansätze

Bei der Deponie Herzfelde sind folgende relevanten Staubemissionsquellen zu berücksichtigen:

- LKW-Fahrverkehr auf dem Deponiegelände.
- Abkippen des Deponats vom LKW.
- Planieren mit Planierdrape.

Im Rahmen der vorliegenden Staubimmissionsprognose werden sämtliche Staubemissionsquellen mit Ganglinien berücksichtigt (Tages-, Wochen- und Jahresgänge, siehe Anlage 3).

LKW-Fahrverkehr auf dem Deponiegelände

Gemäß Abschnitt 7.4 wird ein Emissionsfaktor $e_{LKW} = 0,5 \text{ g/m}$ angenommen.

Entsprechend den Angaben der Planer werden die LKW den jeweiligen Einbaubereich von der Deponieumfahrung aus (nicht als staubend angenommen) mit einem Fahrweg in Ost-West-Richtung ansteuern, so dass die kürzest mögliche Fahrstrecke auf Deponiergelände gewährleistet ist.

Damit ergeben sich folgende maximale Fahrweglängen:

- BA 1: 400 m.
- BA 2: 370 m.
- BA 3: 350 m.

Diese Fahrweglängen werden doppelt berücksichtigt (Hin- und Rückfahrt). Weiterhin ist mit 15 LKW pro Stunde zu rechnen (120 LKW pro Tag), $n_{LKW} = 15 \text{ 1/h}$.

Damit ergeben sich die in Tabelle 5 zusammengestellten Emissionsansätze für die Staubemission (Emissionsmassenströme Q) des LKW-Fahrverkehrs:

Tabelle 5: Emissionsansätze für die Staubemission des LKW-Fahrverkehrs

Vorgang	Q_B [g/h]	$Q_{d,PM-10}$ [g/d]	$Q_{d,PM-10}$ [g/d]	$Q_{d,PM-2,5}$ [g/d]
LKW-Fahrweg BA 1	6000,00	33600,00	14400,00	24480,00
LKW-Fahrweg BA 2	5550,00	31080,00	13320,00	22644,00
LKW-Fahrweg BA 3	5250,00	29400,00	12600,00	21420,00

Anmerkung:

Gemäß TA Luft [2], Anhang 2, Abschnitt 4 gibt es vier Korngrößenklassen für Stäube, die sich nach dem aerodynamischen Durchmesser d_a [μm] unterscheiden (1 – kleiner 2,5; 2 – 2,5 bis 10; 3 – 10 bis 50; 4 größer 50). Die Einzelwerte der Konzentration für PM-10 (aerodynamische Durchmesser kleiner als 10 μm) bestehen aus der Summe der Einzelwerte der Konzentration der Korngrößenklassen 1 und 2 (PM-10 = pm-1 + pm-2). Außerdem gilt PM-2,5 = pm-1. Staub mit einem aerodynamischen Korngrößendurchmesser größer als 10 μm hat, wenn seine Aufteilung auf Klasse 3 und 4 nicht bekannt ist, die Klassenbezeichnung u (pm-u) [5].

Abkippen des Deponats vom LKW

Dem Deponat wird die Staubneigung $a = 50$ zugeordnet (siehe Abschnitt 7.4). Mit den weiteren Parametern

- $M = 16 \text{ t}$.
- $h = 1 \text{ m}$.
- $k_{\text{Ger}} = 1,5$.
- $d_s = 1,8 \text{ t/m}^3$.
- $k_U = 1$

folgt $e = 18,92 \text{ g/t}$. Mit der Berücksichtigung des aus der LKW-Zahl (15 LKW/h) folgenden Durchsatzes $D = 240 \text{ t/h}$ ergibt sich der Emissionsmassenstrom je Stunde zu $Q = 4540,84 \text{ g/h}$. Daraus ergeben sich für das Abkippen des Deponats vom LKW folgende Emissionsmassenströme:

$$Q_{d, \text{PM-10}} = 25428,71 \text{ g/d.}$$

$$Q_{d, \text{PM-u}} = 10898,02 \text{ g/d.}$$

$$Q_{d, \text{PM-2,5}} = 18526,63 \text{ g/d.}$$

Planieren mit Planierraupe

Der von der Planierraupe verursachte Staub-Emissionsmassenstrom wird folgendermaßen abgeschätzt:

$$Q = e_{\text{PIR}} \cdot v_{\text{PIR}} \cdot c_{\text{PIR}} \cdot \quad (9)$$

Hierbei ist $e_{\text{PIR}} = 0,5 \text{ g/m}$ (analog zu den LKW-Fahrwegen), v_{PIR} ist die Fahrgeschwindigkeit der Planierraupe mit dem Ansatz $v_{\text{PIR}} = 10 \text{ km/h}$ und c_{PIR} ist der Zeitanteil, in welchem die Planierraupe tatsächlich fährt mit dem Ansatz $c_{\text{PIR}} = 75 \%$.

Daraus ergeben sich für das Planieren mit Planierdrape folgende Emissionsmassenströme:

$$Q_{d,PM-10} = 21000,00 \text{ g/d.}$$

$$Q_{d,PM-u} = 9000,00 \text{ g/d.}$$

$$Q_{d,PM-2,5} = 15300,00 \text{ g/d.}$$

Alle berücksichtigten Staubemissionsquellen (LKW-Fahrverkehr auf dem Deponiegelände, Abkippen des Deponats vom LKW und Planieren mit Planierdrape) werden im Berechnungsmodell als Flächenquellen in 1 m Höhe über Gelände berücksichtigt.

9 Berechnung der Staubimmissionen und Beurteilung der Ergebnisse

Die Staubausbreitungsrechnung wurde für 7 Immissionsorte im Bereich der der Deponie nächstgelegenen Bebauungen durchgeführt. Dabei wurden die in Abschnitt 8 zusammengestellten Emissionsansätze zugrunde gelegt.

Die Berechnungsergebnisse für die Zusatzbelastung durch Schwebstaub PM-10, durch Staubbiederschlag und durch Schwebstaub PM-2,5 sind in den log-Dateien in Anlage 4 beigefügt.

Die Verteilung der prognostizierten Staubimmissionszusatzbelastungen im Untersuchungsgebiet ist in Anlage 5 jeweils in Rasterdarstellungen für die verschiedenen Bauabschnitte wiedergegeben.

In den nachfolgenden Tabellen 6 bis 20 sind die prognostizierten Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung für die Jahresmittelwerte von Schwebstaubkonzentration PM-10, PM-2,5 und Staubbiederschlag an den Immissionsorten aufgeführt. Weiterhin sind die Vorbelastung sowie die sich als Summe von Vorbelastung und Zusatzbelastung ergebende Gesamtbelastung hinsichtlich PM-10, PM-2,5 und Staubbiederschlag sowie die Ergebnisse für den maximalen Tageswert t35 von Schwebstaub PM-10 angegeben.

Bauabschnitt BA 1 - Anfangszustand

Tabelle 6: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für Schwebstaub PM-10 und Staubbiederschlag an den Immissionsorten. Bauabschnitt BA 1 - Anfangszustand

Nr.	Immissionsort	j00 PM-10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			dep [$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.	Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	22	1,7	18,7	0,048	0,0016	0,1016
2	Strausberger Straße 9	22	1,8	18,8	0,048	0,0019	0,1019
3	Strausberger Straße 8H	22	4,2	21,2	0,048	0,0064	0,1064
4	Pappelhain	22	5,3	22,3	0,048	0,0049	0,1049
5	Kirschenstraße	22	3,3	20,3	0,048	0,0054	0,1054
6	Ziegelstraße	22	1,3	18,3	0,048	0,0019	0,1019
7	Straußberger Straße	22	1,5	18,5	0,048	0,0015	0,1015

In Tabelle 7 sind die Ergebnisse für den maximalen Tageswert t35 von Schwebstaub PM-10 zusammengestellt. Dabei ist t35 derjenige Wert, der von den Tagesmittelwerten in Jahresverlauf nicht mehr als 35-mal überschritten wird.

Die Gesamtbelastung wird dazu mittels Addition der prognostizierten Zusatzbelastung für t35 zur Vorbelastung für PM-10 bestimmt.

Tabelle 7: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für den maximalen Tageswert t35 von Schwebstaub PM-10 an den Immissionsorten. Bauabschnitt BA 1 - Anfangszustand

Nr.	Immissionsort	t35 PM-10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	22	20,3	42,3
2	Strausberger Straße 9	22	15,0	37,0
3	Strausberger Straße 8H	22	5,8	27,8
4	Pappelhain	22	7,3	29,3
5	Kirschenstraße	22	16,5	38,5
6	Ziegelstraße	22	15,1	37,1
7	Straußberger Straße	22	12,8	34,8

Tabelle 8 enthält die Ergebnisse für Schwebstaub PM-2,5.

Tabelle 8: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für Schwebstaub PM-2,5 an den Immissionsorten. Bauabschnitt BA 1 - Anfangszustand

Nr.	Immissionsort	j00 PM-2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	16	4,4	20,4
2	Strausberger Straße 9	16	3,3	19,3
3	Strausberger Straße 8H	16	1,4	17,4
4	Pappelhain	16	1,6	17,6
5	Kirschenstraße	16	4,6	20,6
6	Ziegelstraße	16	2,8	18,8
7	Straußberger Straße	16	2,7	18,7

Bauabschnitt BA 1 - Endzustand

Tabelle 9: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für Schwebstaub PM-10 und Staubbiederschlag an den Immissionsorten. Bauabschnitt BA 1 - Endzustand

Nr.	Immissionsort	j00 PM-10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			dep [$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.	Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	22	4,6	26,6	0,048	0,0057	0,0537
2	Strausberger Straße 9	22	3,5	25,5	0,048	0,0041	0,0521
3	Strausberger Straße 8H	22	1,5	23,5	0,048	0,0010	0,0490
4	Pappelhain	22	1,7	23,7	0,048	0,0011	0,0491
5	Kirschenstraße	22	5,1	27,1	0,048	0,0066	0,0546
6	Ziegelstraße	22	2,8	24,8	0,048	0,0020	0,0500
7	Straußberger Straße	22	2,9	24,9	0,048	0,0021	0,0501

Tabelle 10: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für den maximalen Tageswert t35 von Schwebstaub PM-10 an den Immissionsorten. Bauabschnitt BA 1 - Endzustand

Nr.	Immissionsort	t35 PM-10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	22	16,3	38,3
2	Strausberger Straße 9	22	12,5	34,5
3	Strausberger Straße 8H	22	5,2	27,2
4	Pappelhain	22	6,7	28,7
5	Kirschenstraße	22	14,2	36,2
6	Ziegelstraße	22	11,4	33,4
7	Straußberger Straße	22	11,4	33,4

Tabelle 11: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für Schwebstaub PM-2,5 an den Immissionsorten.
Bauabschnitt BA 1 - Endzustand

Nr.	Immissionsort	j00 PM-2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	16	3,6	19,6
2	Strausberger Straße 9	16	2,8	18,8
3	Strausberger Straße 8H	16	1,2	17,2
4	Pappelhain	16	1,4	17,4
5	Kirschenstraße	16	4,0	20,0
6	Ziegelstraße	16	2,3	18,3
7	Straußberger Straße	16	2,3	18,3

Bauabschnitt BA 2 - Anfangszustand

Tabelle 12: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für Schwebstaub PM-10 und Staubbiederschlag an den Immissionsorten.
Bauabschnitt BA 2 - Anfangszustand

Nr.	Immissionsort	j00 PM-10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			dep [$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.	Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	22	4,3	26,3	0,048	0,0026	0,0506
2	Strausberger Straße 9	22	3,1	25,1	0,048	0,0018	0,0498
3	Strausberger Straße 8H	22	4,8	26,8	0,048	0,0045	0,0525
4	Pappelhain	22	11,4	33,4	0,048	0,0122	0,0602
5	Kirschenstraße	22	2,6	24,6	0,048	0,0017	0,0497
6	Ziegelstraße	22	1,1	23,1	0,048	0,0004	0,0484
7	Straußberger Straße	22	1,4	23,4	0,048	0,0005	0,0485

Tabelle 13: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für den maximalen Tageswert t35 von Schwebstaub PM-10 an den Immissionsorten. Bauabschnitt BA 2 - Anfangszustand

Nr.	Immissionsort	t35 PM-10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamt.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	22	16,4	38,4
2	Strausberger Straße 9	22	12,2	34,2
3	Strausberger Straße 8H	22	17,3	39,3
4	Pappelhain	22	33,8	55,8
5	Kirschenstraße	22	8,8	30,8
6	Ziegelstraße	22	4,3	26,3
7	Straußberger Straße	22	5,5	27,5

Tabelle 14: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für Schwebstaub PM-2,5 an den Immissionsorten. Bauabschnitt BA 2 - Anfangszustand

Nr.	Immissionsort	j00 PM-2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamt.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	16	3,4	19,4
2	Strausberger Straße 9	16	2,5	18,5
3	Strausberger Straße 8H	16	3,8	19,8
4	Pappelhain	16	8,9	24,9
5	Kirschenstraße	16	2,1	18,1
6	Ziegelstraße	16	0,9	16,9
7	Straußberger Straße	16	1,2	17,2

Bauabschnitt BA 2 - Endzustand

Tabelle 15: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für Schwebstaub PM-10 und Staubbiederschlag an den Immissionsorten. Bauabschnitt BA 2 - Endzustand

Nr.	Immissionsort	j00 PM-10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			dep [$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.	Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	22	3,3	25,3	0,048	0,0029	0,0509
2	Strausberger Straße 9	22	2,5	24,5	0,048	0,0020	0,0500
3	Strausberger Straße 8H	22	4,1	26,1	0,048	0,0046	0,0526
4	Pappelhain	22	9,2	31,2	0,048	0,0116	0,0596
5	Kirschenstraße	22	2,3	24,3	0,048	0,0019	0,0499
6	Ziegelstraße	22	1,0	23,0	0,048	0,0004	0,0484
7	Straußberger Straße	22	1,2	23,2	0,048	0,0005	0,0485

Tabelle 16: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für den maximalen Tageswert t35 von Schwebstaub PM-10 an den Immissionsorten. Bauabschnitt BA 2 - Endzustand

Nr.	Immissionsort	t35 PM-10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	22	12,3	34,3
2	Strausberger Straße 9	22	10,4	32,4
3	Strausberger Straße 8H	22	15,1	37,1
4	Pappelhain	22	26,1	48,1
5	Kirschenstraße	22	7,4	29,4
6	Ziegelstraße	22	4,4	26,4
7	Straußberger Straße	22	4,4	26,4

Tabelle 17: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für Schwebstaub PM-2,5 an den Immissionsorten.
Bauabschnitt BA 2 - Endzustand

Nr.	Immissionsort	j00 PM-2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamt.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	16	2,6	18,6
2	Strausberger Straße 9	16	2,0	18,0
3	Strausberger Straße 8H	16	3,2	19,2
4	Pappelhain	16	7,1	23,1
5	Kirschenstraße	16	1,9	17,9
6	Ziegelstraße	16	0,8	16,8
7	Straußberger Straße	16	1,0	17,0

Bauabschnitt BA 3 - Endzustand

Tabelle 18: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für Schwebstaub PM-10 und Staubbiederschlag an den Immissionsorten.
Bauabschnitt BA 3 - Endzustand

Nr.	Immissionsort	j00 PM-10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]			dep [$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamt.	Vorbel.	Zusatzb.	Gesamt.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	22	5,0	27,0	0,048	0,0048	0,0528
2	Strausberger Straße 9	22	3,5	25,5	0,048	0,0039	0,0519
3	Strausberger Straße 8H	22	2,0	24,0	0,048	0,0013	0,0493
4	Pappelhain	22	1,8	23,8	0,048	0,0010	0,0490
5	Kirschenstraße	22	4,3	26,3	0,048	0,0041	0,0521
6	Ziegelstraße	22	1,3	23,3	0,048	0,0006	0,0486
7	Straußberger Straße	22	1,7	23,7	0,048	0,0008	0,0488

Tabelle 19: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für den maximalen Tageswert t35 von Schwebstaub PM-10 an den Immissionsorten. Bauabschnitt BA 3 - Endzustand

Nr.	Immissionsort	t35 PM-10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	22	15,1	37,1
2	Strausberger Straße 9	22	11,2	33,2
3	Strausberger Straße 8H	22	5,5	27,5
4	Pappelhain	22	5,1	27,1
5	Kirschenstraße	22	10,9	32,9
6	Ziegelstraße	22	4,7	26,7
7	Straußberger Straße	22	6,4	28,4

Tabelle 20: Berechnungsergebnisse der Zusatzbelastung sowie Vorbelastung und Gesamtbelastung für Schwebstaub PM-2,5 an den Immissionsorten. Bauabschnitt BA 3 - Endzustand

Nr.	Immissionsort	j00 PM-2,5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
		Vorbel.	Zusatzb.	Gesamtb.
1	Imbiss an der Strausberger Straße	16	3,9	19,9
2	Strausberger Straße 9	16	2,8	18,8
3	Strausberger Straße 8H	16	1,6	17,6
4	Pappelhain	16	1,4	17,4
5	Kirschenstraße	16	3,4	19,4
6	Ziegelstraße	16	1,1	17,1
7	Straußberger Straße	16	1,4	17,4

Die in den Tabellen 6 bis 20 aufgeführten Berechnungsergebnisse beziehen sich auf die der Anlage nächstgelegenen Bereiche des Einwirkungsgebietes. Für entfernter gelegene Bereiche kommt es zu einer raschen Verminderung der Immissionswerte (siehe die grafischen Darstellungen der prognostizierten Staubimmissionszusatzbelastung in Anlage 5).

Die Berechnungsergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen und interpretieren:

- 1) In allen Bauabschnitten wird der Grenzwert für den Jahresmittelwert von Schwebstaub (PM-10) von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{a}$ an allen Immissionsorten durch die Gesamtbelastung deutlich unterschritten.
- 2) Auch der Grenzwert für den Jahresmittelwert der Staubniederschlagsrate von $0,35 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ wird in allen Bauabschnitten an allen Beurteilungspunkten sehr deutlich unterschritten.
- 3) Auch der maximalen Tageswert t_{35} von Schwebstaub PM-10 von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird in den meisten Fällen deutlich unterschritten. Eine Ausnahme davon liegt am Anfang des Bauabschnitts BA 2 am Immissionsort 4 vor. Darauf wird unten nochmals eingegangen.
- 4) In Bezug auf Schwebstaub PM-2,5 wird der Immissionsgrenzwert von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in allen Bauabschnitten an allen Immissionsorten unterschritten.
- 5) Die Immissionsrasterdarstellungen (siehe Anlage 5) zeigen die rasche Abnahme der Staubimmissionen mit zunehmendem Abstand zur Vorhabensfläche.
- 6) Die statistische Unsicherheit unterschreitet bei den Jahres-Immissionskennwerten für PM-10 und PM-2,5 3 % des jeweiligen Grenzwertes. Bei dem Tages-Immissionskennwert t_{35} unterschreitet die statistische Unsicherheit 30 % des Grenzwertes. Die Anforderungen gemäß TA Luft [2], Anhang 3, Abschnitt 9 sind damit erfüllt.

Situation zum maximalen Tageswert t_{35} im Bauabschnitt 2

Am Anfang des Bauabschnitts BA 2 wird am nächstgelegenen Immissionsort IO 4 eine leichte Überschreitung ($55,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) des zulässigen t_{35} -Wertes von PM-10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) prognostiziert (siehe Anlage 4.3.1 und Tabelle 13). Für das Ende des Bauabschnitts BA 2 wird diese Überschreitung nicht mehr prognostiziert ($48,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siehe Anlage 4.4.1 und Tabelle 16).

Es wird vorgeschlagen, besonders in der Anfangsphase des Bauabschnitts BA 2 eine ausreichende Befeuchtung der Fahrwege zu gewährleisten. Hierzu kommt auch der zeitweilige Einsatz von stationären oder mobilen Berieselungsanlagen in Betracht.

Vom Betrieb der Deponie Herzfelde sind in den meisten Bauabschnitten keine unzulässigen Staubimmissionen zu erwarten.

10 Zusammenfassung

Die HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH plant im ehemaligen Tonabbaugebiet nahe Herzfelde die Errichtung und den Betrieb einer Inertstoffdeponie.

Das Vorhaben soll in drei Bauabschnitten realisiert werden:

- Bauabschnitt BA 1 – Tagebau Herzfelde-Ost, Nordfeld.
- Bauabschnitt BA 2 - Tagebau Herzfelde-West.
- Bauabschnitt BA 3 – zwischen BA 1 und BA 2.

Entsprechend des vorliegenden Konzeptes soll der Deponieaufbau erst nach Fertigstellung der anderen beiden Abschnitte erfolgen. Der Hauptzugang zur geplanten Deponie ist von der Westseite über die Strausberger Straße vorgesehen.

Parallel zu den Arbeiten im Deponiegelände selbst soll auch die Verfüllung des südlich gelegenen Restloches – Tagebau Herzfelde Ost, Südfeld – erfolgen.

Als Bestandteil der Antragsunterlagen ist auch eine Staubimmissionsprognose einzureichen.

Die HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH beauftragte die G.U.B. Ingenieur AG mit der Erstellung einer Staubimmissionsprognose zu o. g. Aufgabenstellung [1].

Im Ergebnis der Staubimmissionsprognose ist festzustellen, dass die Immissionsgrenzwerte der TA Luft und der 39. BImSchV bezüglich des Jahresmittelwertes für Schwebstaub PM-10, Schwebstaub PM-2,5 und Staubbiederschlag nicht überschritten werden.

Bezüglich des Tages-Immissionsgrenzwertes für Schwebstaub PM-10 wurde für die Anfangsphase des Bauabschnitts BA 2 an einem Immissionsort eine leichte Überschreitung prognostiziert. Es wurde Vorschläge für eine verstärkte Befeuchtung der Fahrwege in dieser Phase unterbreitet.

Vom Betrieb der Deponie Herzfelde sind bei Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen keine unzulässigen Staubimmissionen zu erwarten.

Bei auftretenden Problemen und bei Bedingungen, die nicht denen der vorliegenden Staubimmissionsprognose entsprechen, bitten wir den Auftragnehmer zu informieren.

Sollten weitere Rückfragen auftreten, stehen die Mitarbeiter der G.U.B. Ingenieur AG, Hauptniederlassung Zwickau, zu deren Beantwortung gem zur Verfügung.

F3.2 - Staubimmissionsprognose

Anlagen

F3.2 - Staubimmissionsprognose

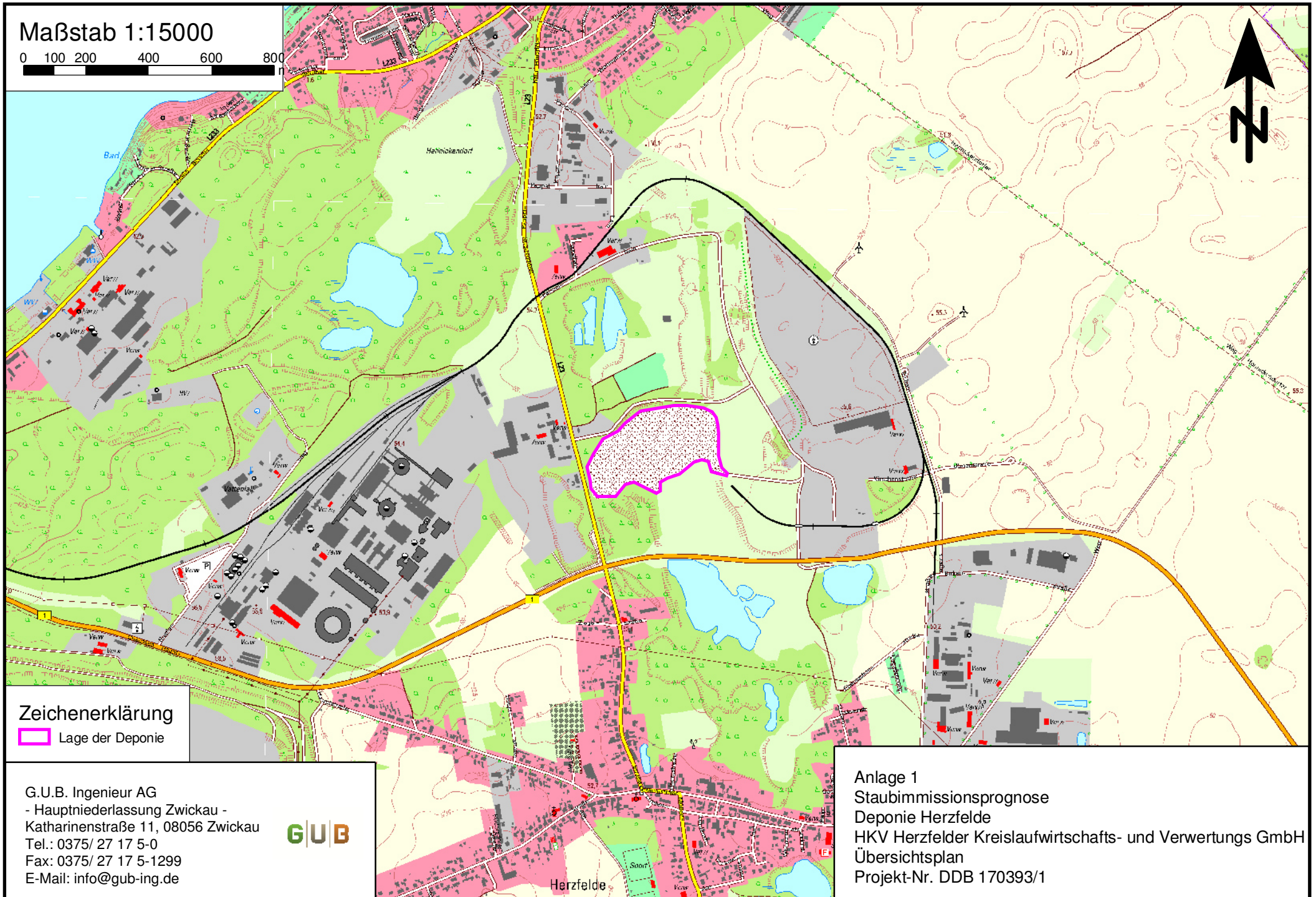
Anlage 1

Übersichtsplan


M 1 : 15 000

Maßstab 1:15000

0 100 200 400 600 800



Zeichenerklärung

 Lage der Deponie

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de

GUB

Anlage 1
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Übersichtsplan
Projekt-Nr. DDB 170393/1

F3.2 - Staubimmissionsprognose

Anlage 2

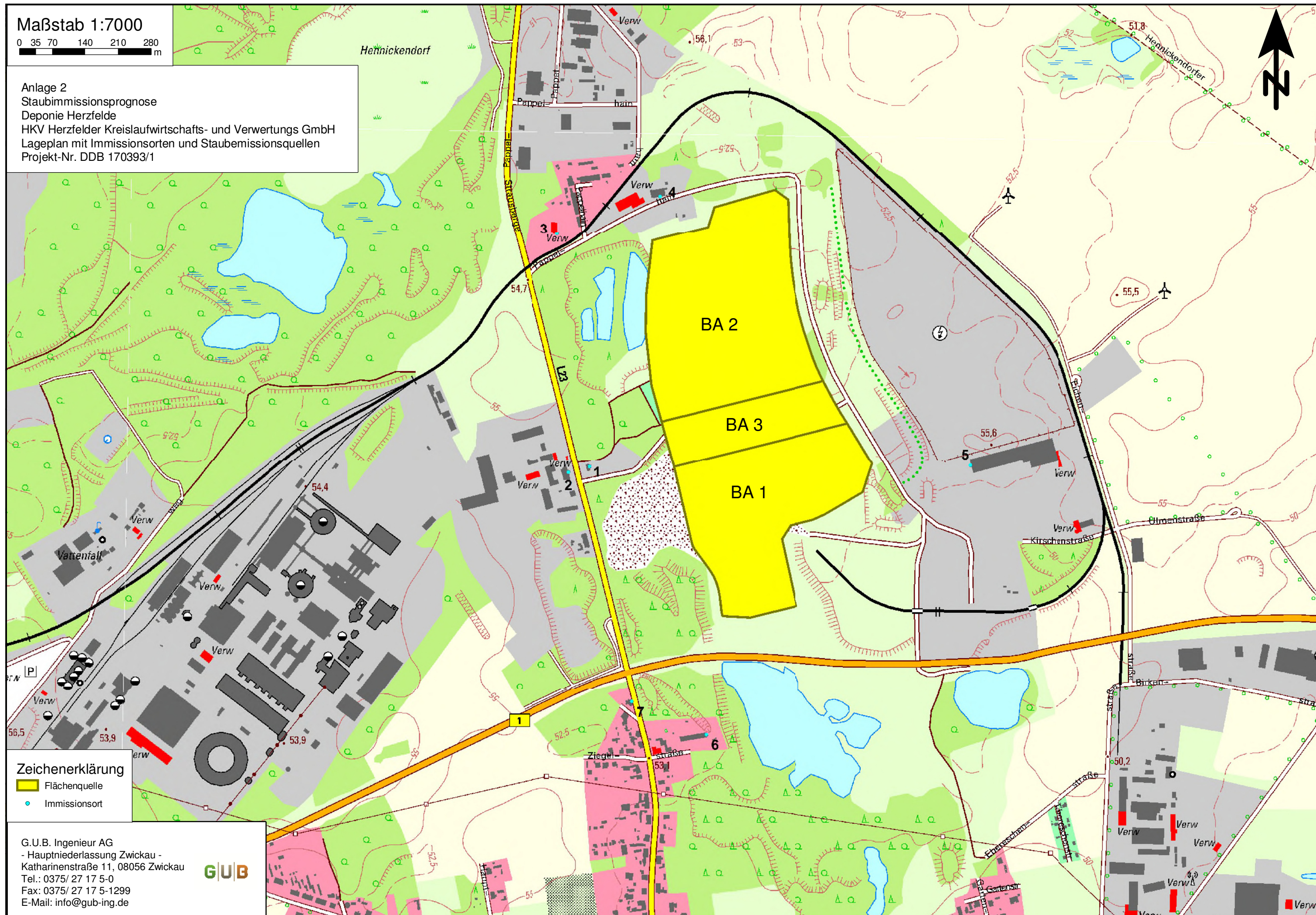
Lageplan mit Staubemissionsquellen
und Immissionsorten

M 1 : 7 000

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280 m

Anlage 2
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Lageplan mit Immissionsorten und Staubemissionsquellen
Projekt-Nr. DDB 170393/1



Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de

G|U|B

F3.2 - Staubimmissionsprognose

Anlage 3

Emissionsganglinien

F3.2 - Staubimmissionsprognose

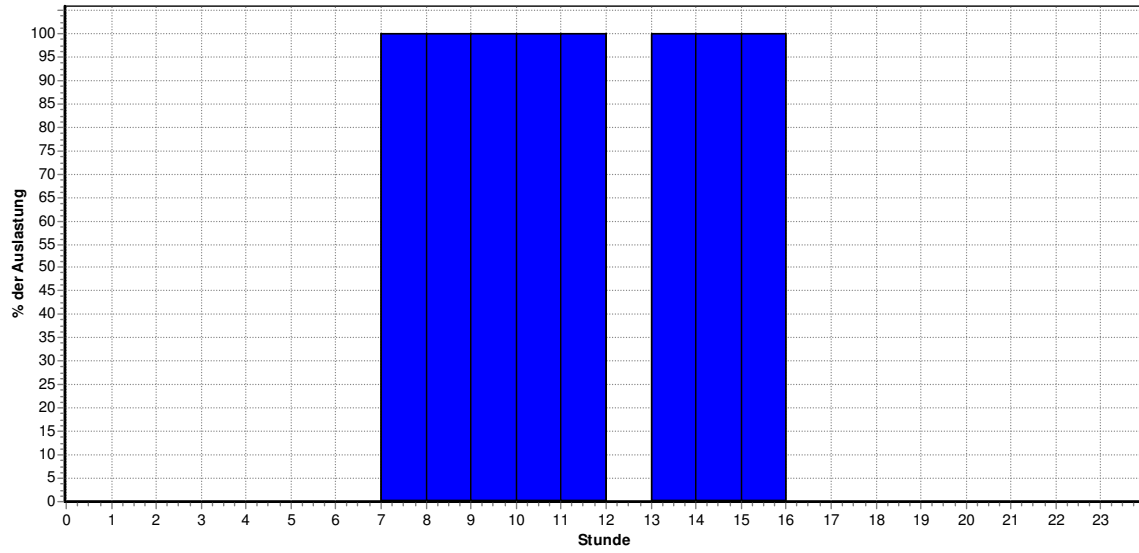
Anlage 3.1

Tagesgänge

Tagesgänge

Deponie Herzfelde

Stundenmittel = 33,33



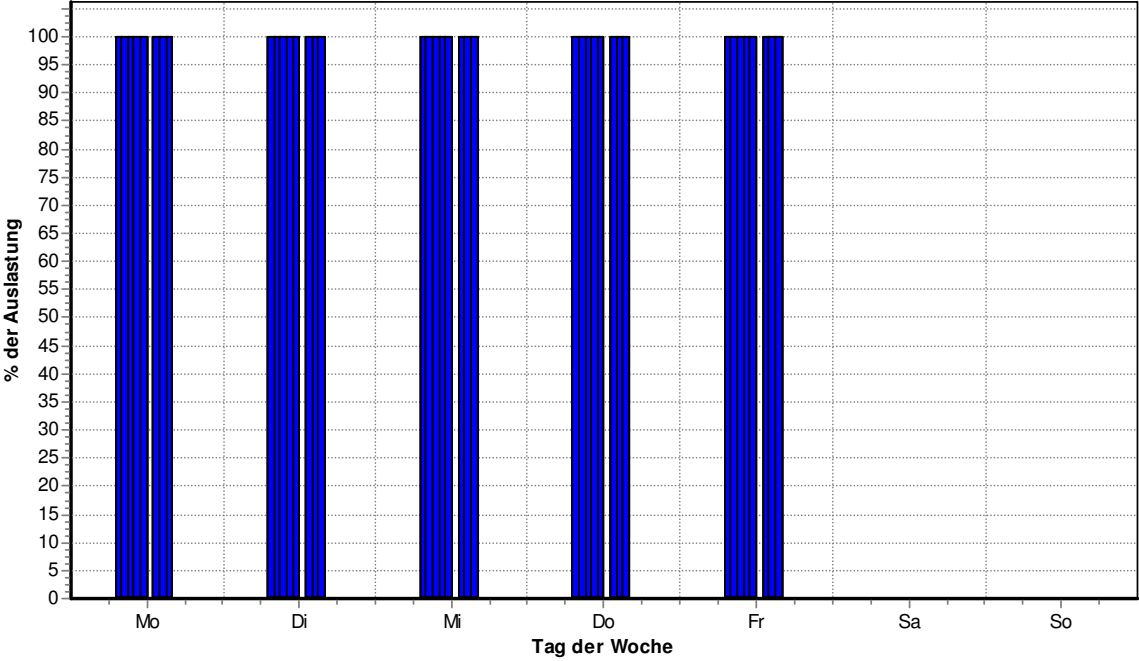
F3.2 - Staubimmissionsprognose

Anlage 3.2

Wochengänge

Wochengänge

Deponie Herzfelde



F3.2 - Staubimmissionsprognose

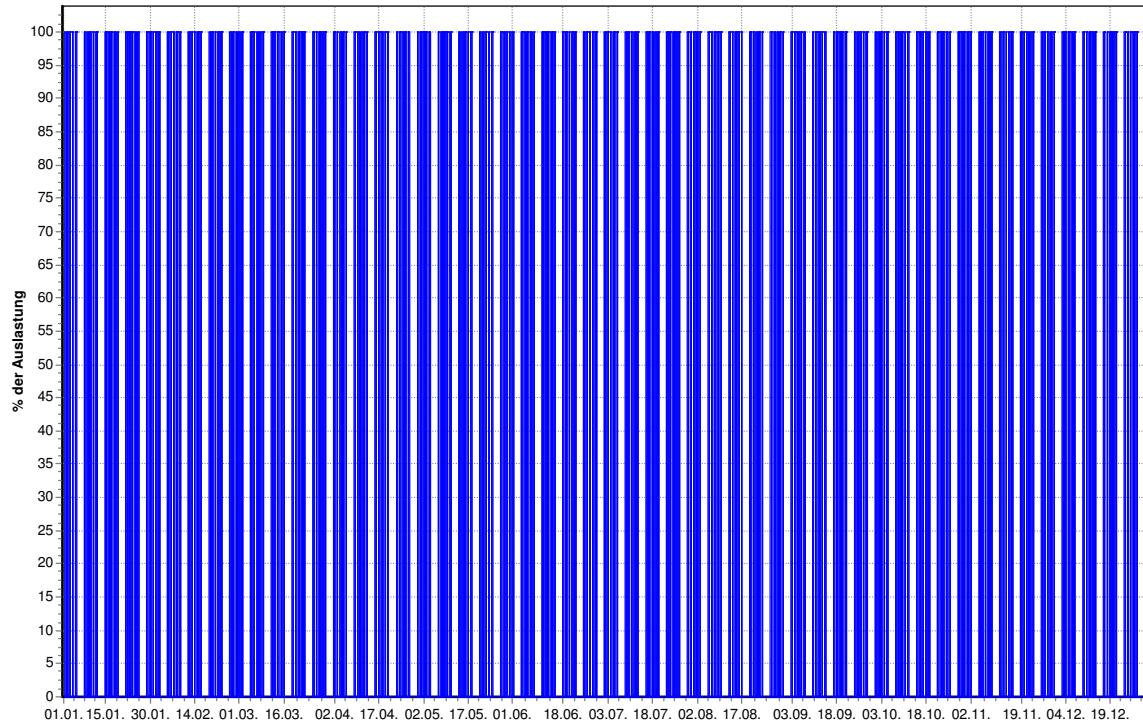
Anlage 3.3

Jahresgänge

Jahresgänge

Deponie Herzfelde

(reporting period: 01.01.2018 - 31.12.2018)



Anlage 4

Ergebnisse
der Staubimmissionsberechnungen

Berechnungsausdrucke
des Programms AUSTAL2000

verfügbar auf Anfrage unter
info@gub-dresden.de

F3.2 - Staubimmissionsprognose

Anlage 5

Grafische Darstellung
der Immissionsrasterkarten

M 1 : 7 000

F3.2 - Staubimmissionsprognose

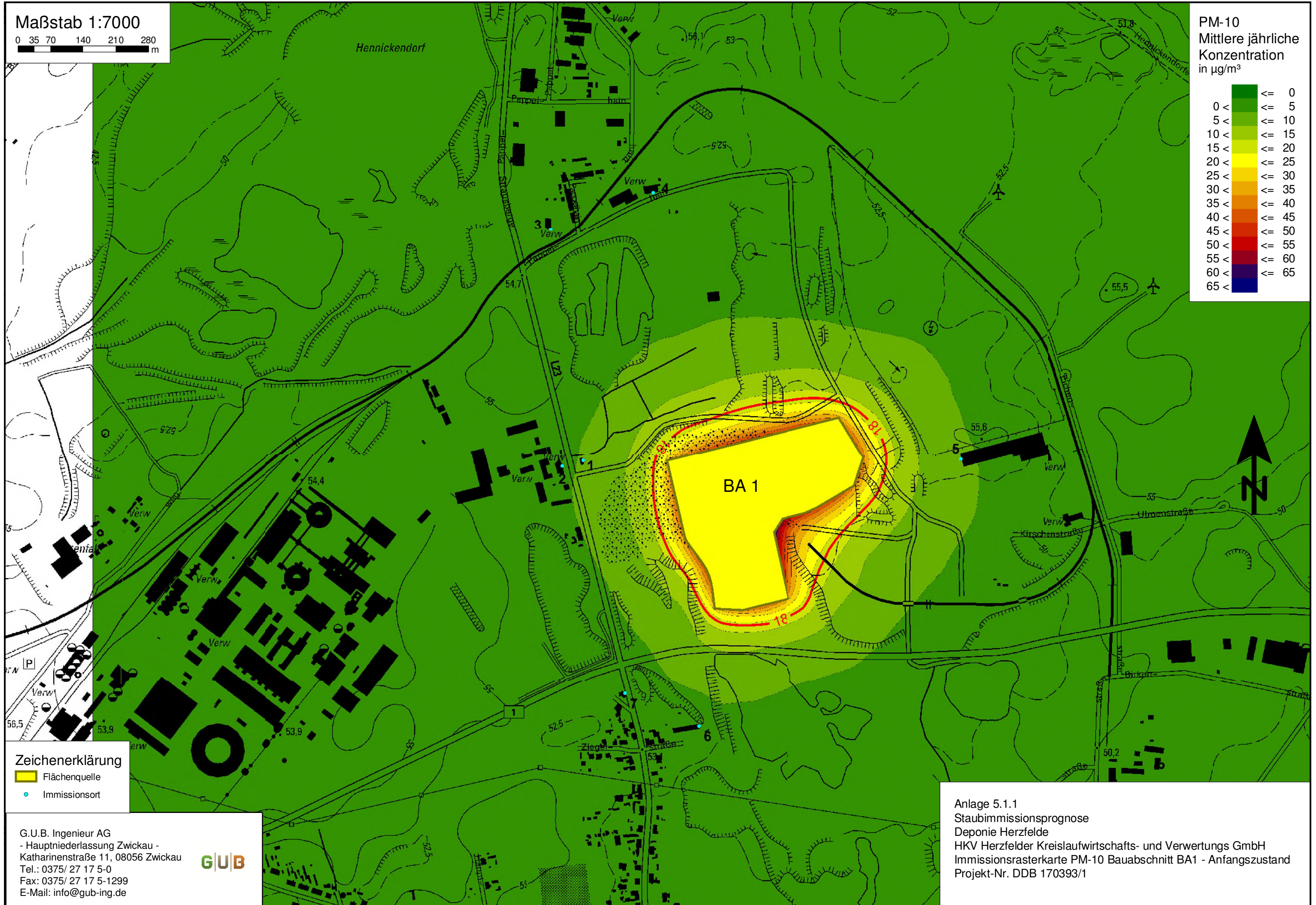
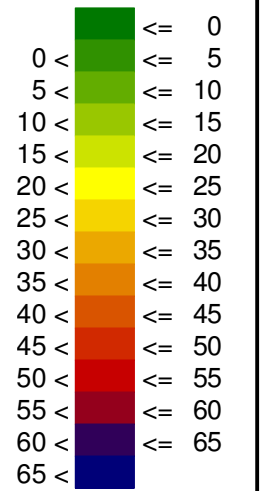
Anlage 5.1

BA-1 – Anfangszustand

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280 m

PM-10
Mittlere jährliche
Konzentration
in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de

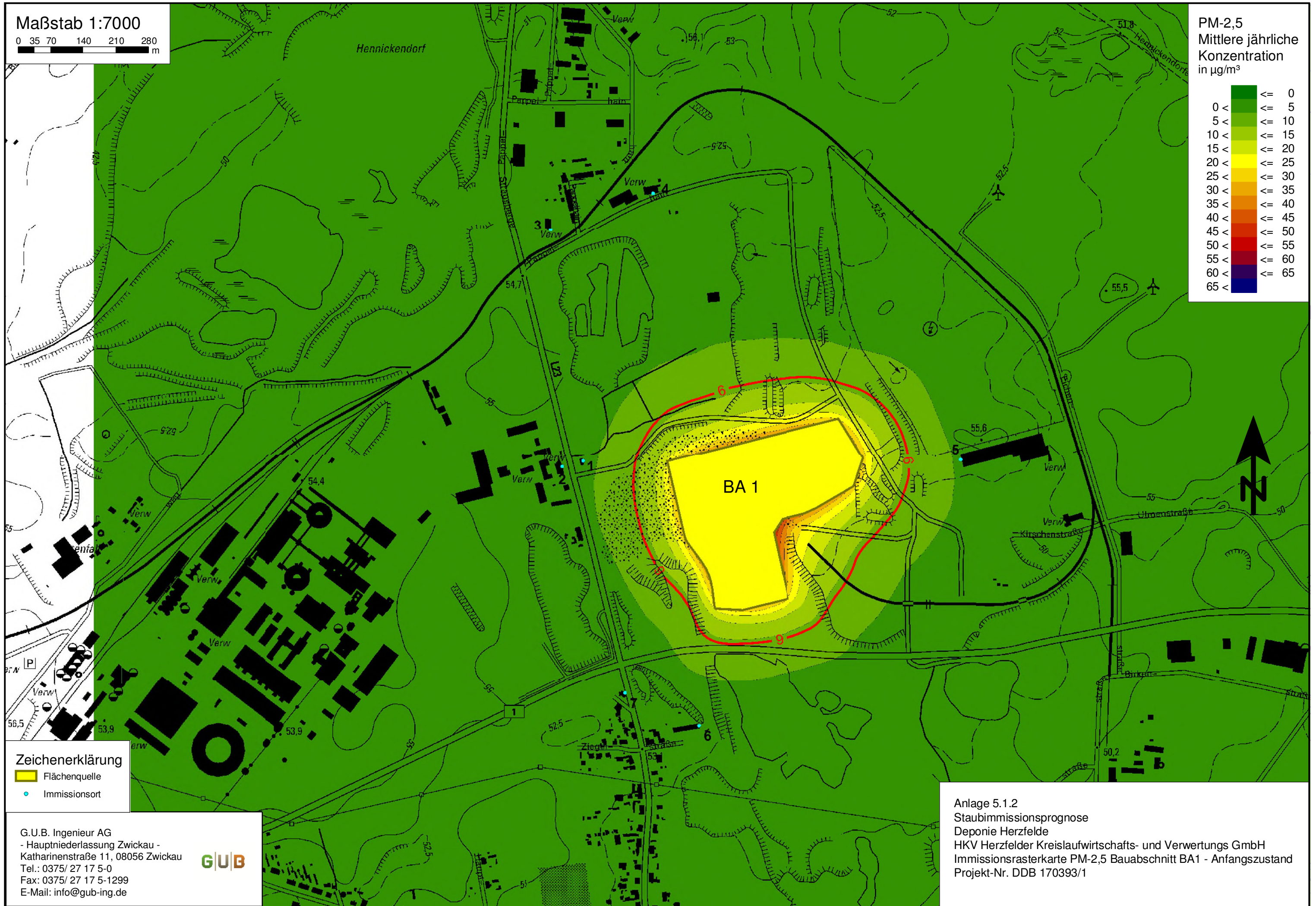
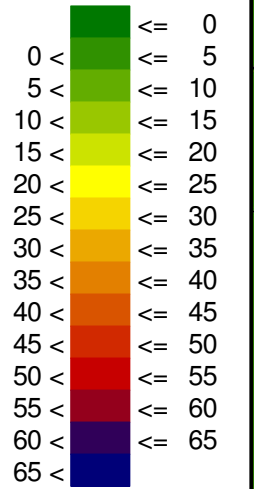


Anlage 5.1.1
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte PM-10 Bauabschnitt BA1 - Anfangszustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280 m

PM-2,5
Mittlere jährliche
Konzentration
in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de



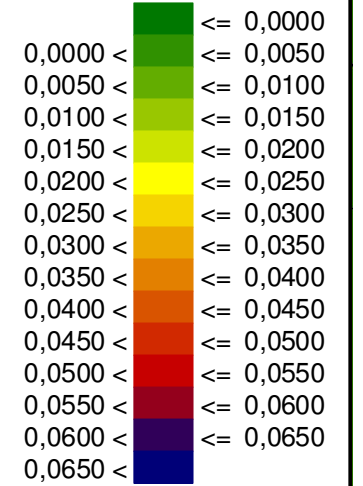
Anlage 5.1.2
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte PM-2,5 Bauabschnitt BA 1 - Anfangszustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280 m

Hennickendorf

pm
Mittlere jährliche
Deposition
in g/m² per tags



BA 1

Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de

GUB

Anlage 5.1.3
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte Staubniederschlag
Bauabschnitt BA1 - Anfangszustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

F3.2 - Staubimmissionsprognose

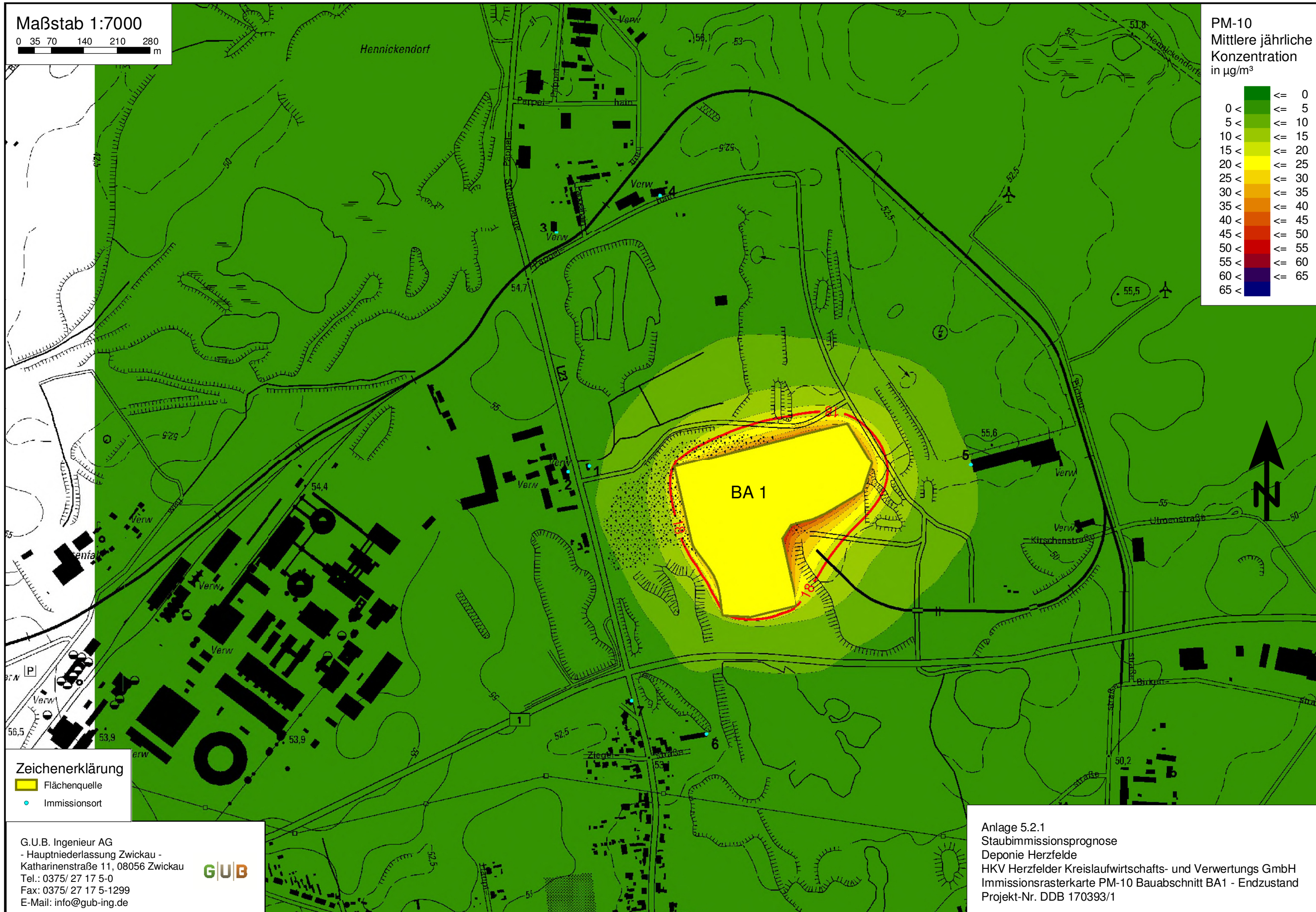
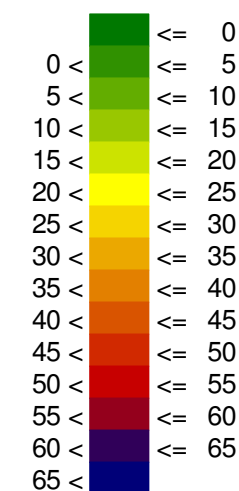
Anlage 5.2

BA-1 - Endzustand

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280 m

PM-10
Mittlere jährliche
Konzentration
in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de

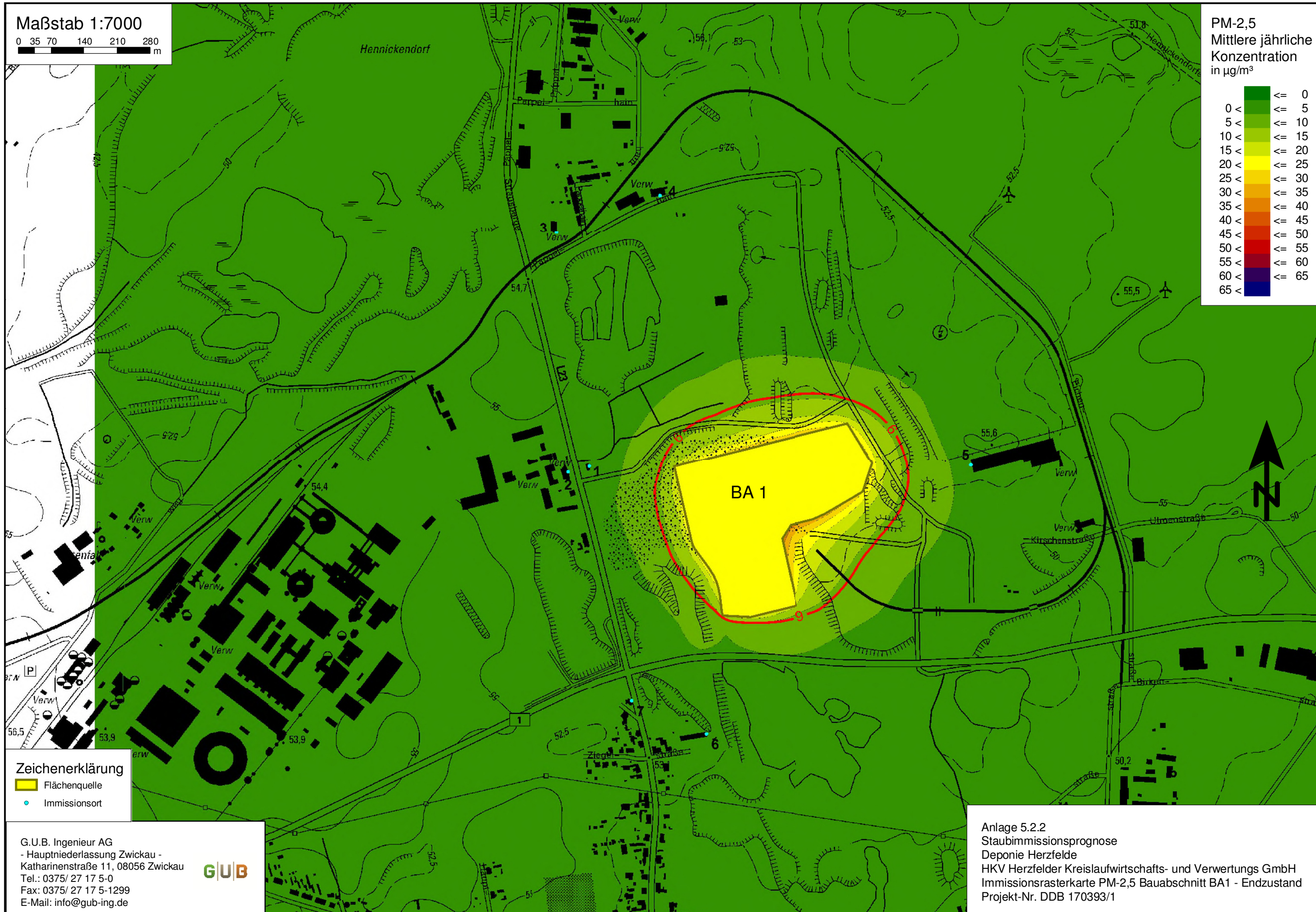
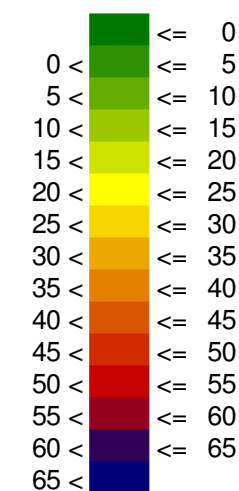


Anlage 5.2.1
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte PM-10 Bauabschnitt BA 1 - Endzustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280 m

PM-2,5
Mittlere jährliche
Konzentration
in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de



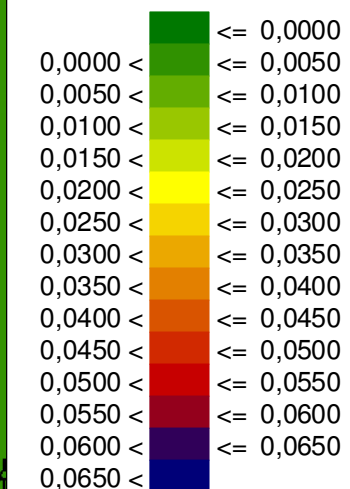
Anlage 5.2.2
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte PM-2,5 Bauabschnitt BA1 - Endzustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280
m

Hennickendorf

pm
Mittlere jährliche
Deposition
in g/m² per tags



BA 1

Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de



Anlage 5.2.3
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte Staubbiederschlag
Bauabschnitt BA1 - Endzustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

F3.2 - Staubimmissionsprognose

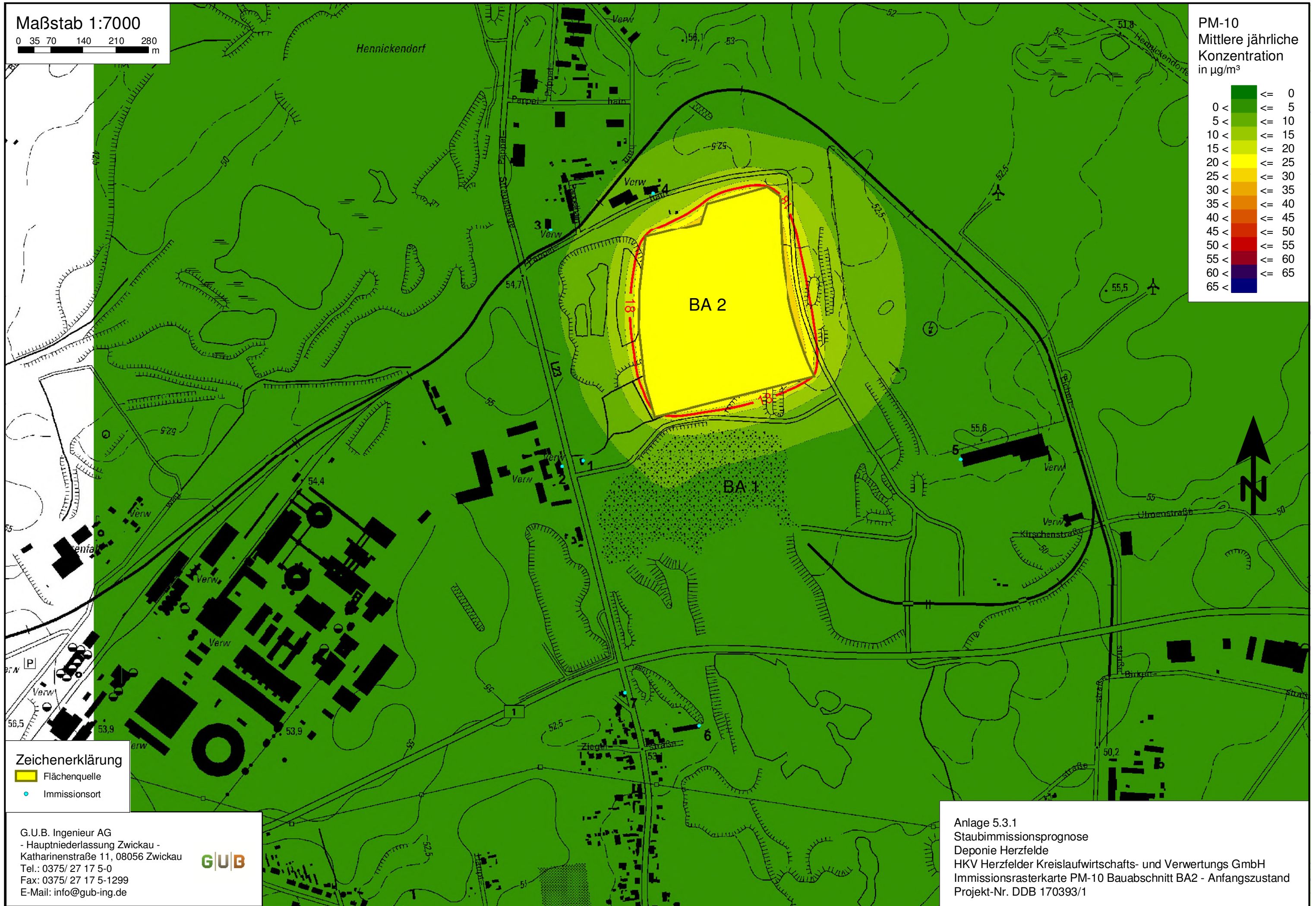
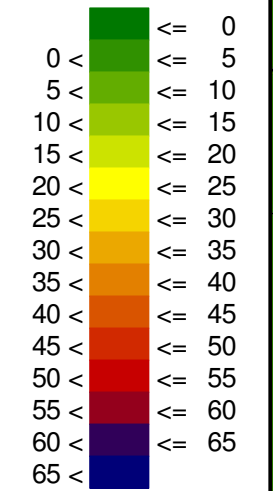
Anlage 5.3

BA-2 – Anfangszustand

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280 m

PM-10
Mittlere jährliche
Konzentration
in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de

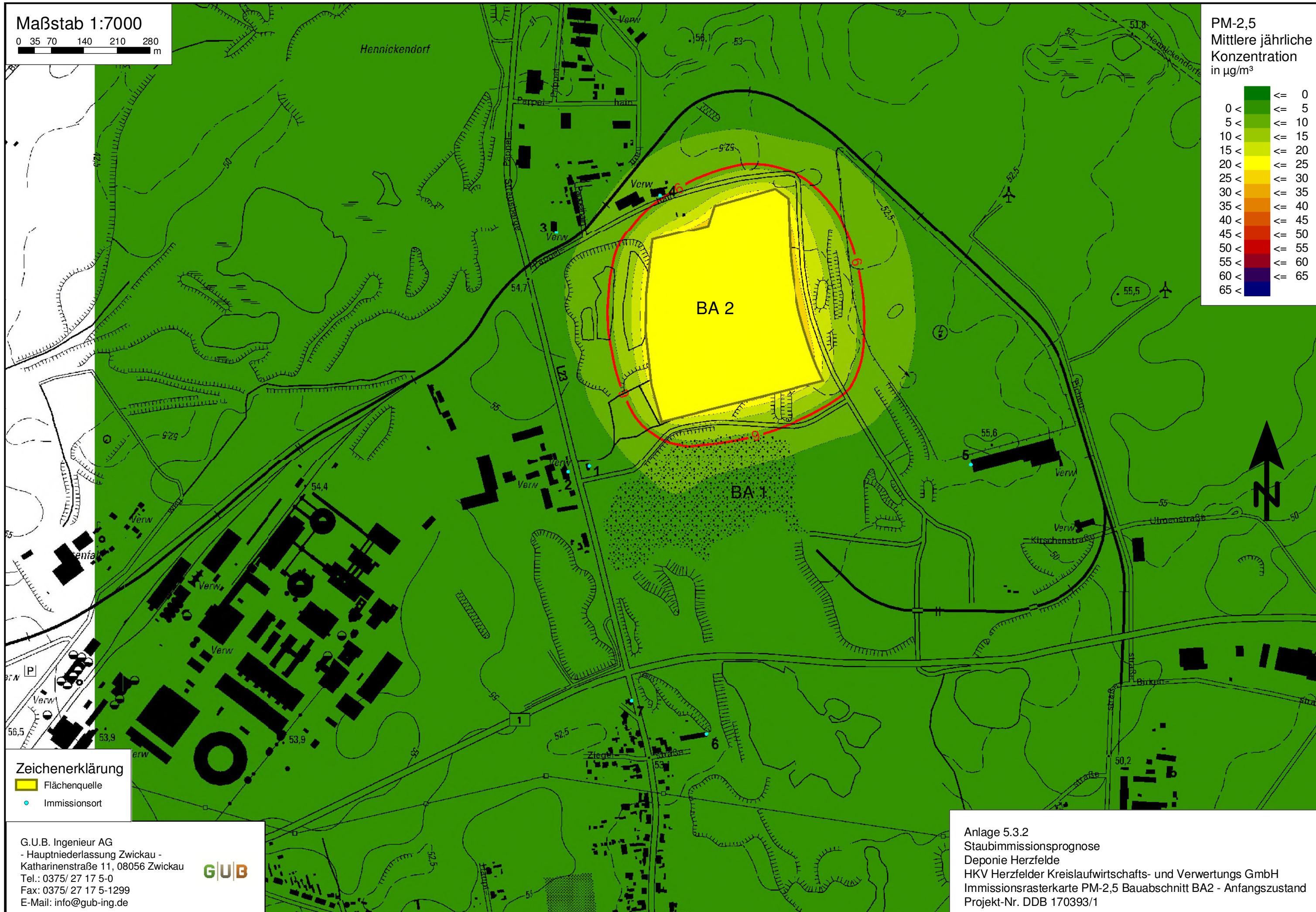
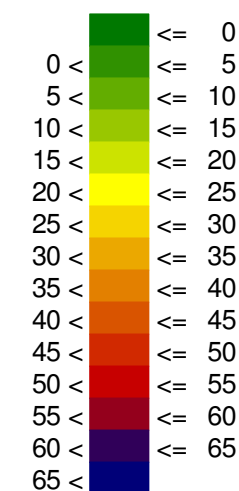


Anlage 5.3.1
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte PM-10 Bauabschnitt BA2 - Anfangszustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280 m

PM-2,5
Mittlere jährliche
Konzentration
in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de

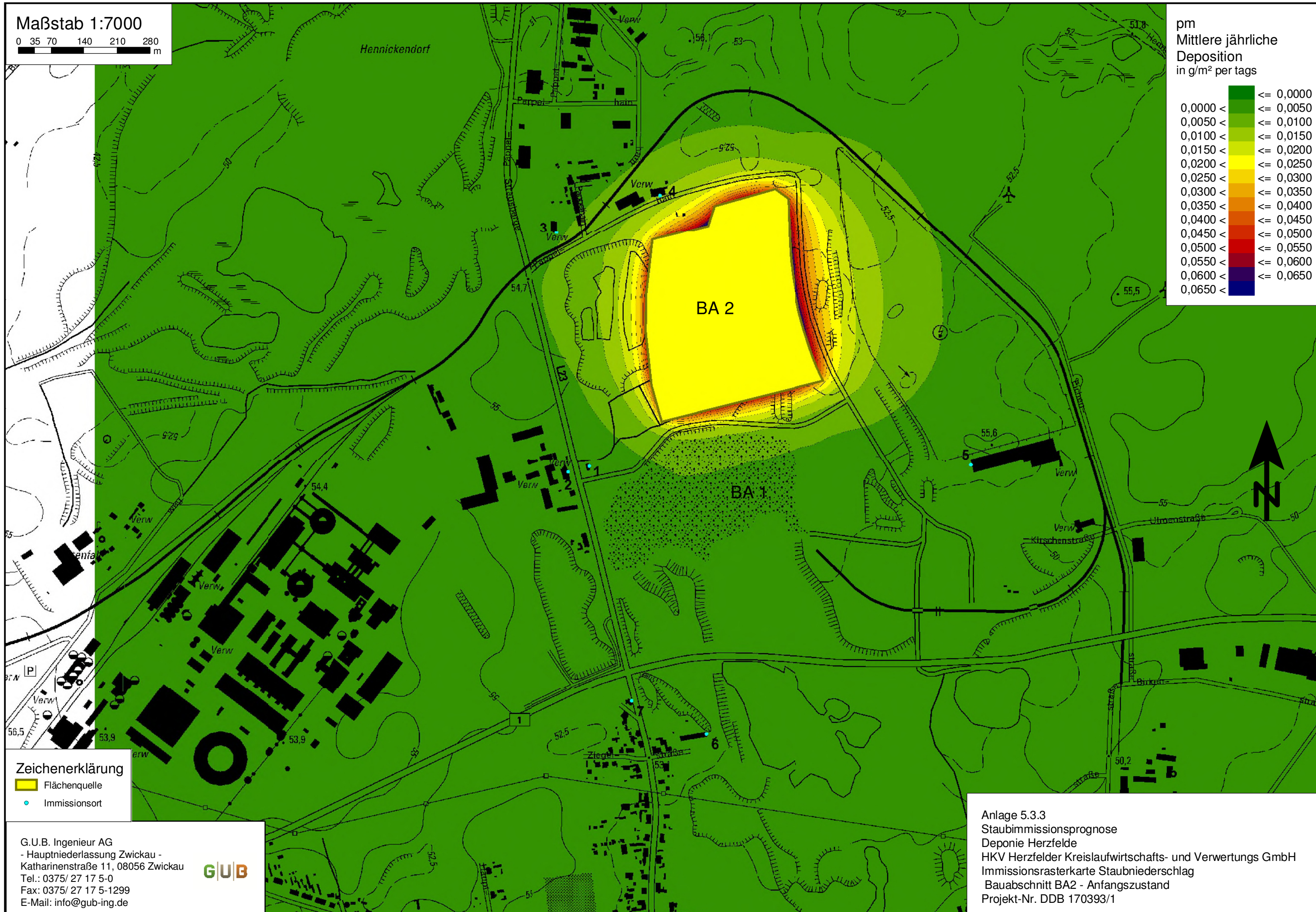
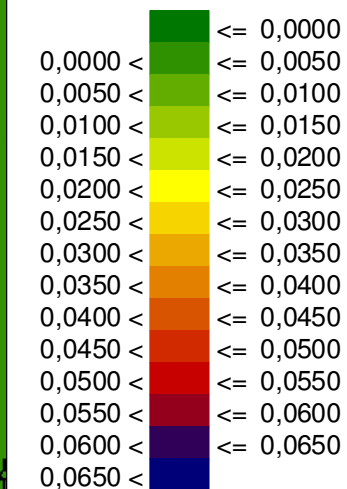


Anlage 5.3.2
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte PM-2,5 Bauabschnitt BA2 - Anfangszustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280
m

pm
Mittlere jährliche
Deposition
in g/m² per tags



Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de



Anlage 5.3.3
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte Staubbiederschlag
Bauabschnitt BA2 - Anfangszustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

F3.2 - Staubimmissionsprognose

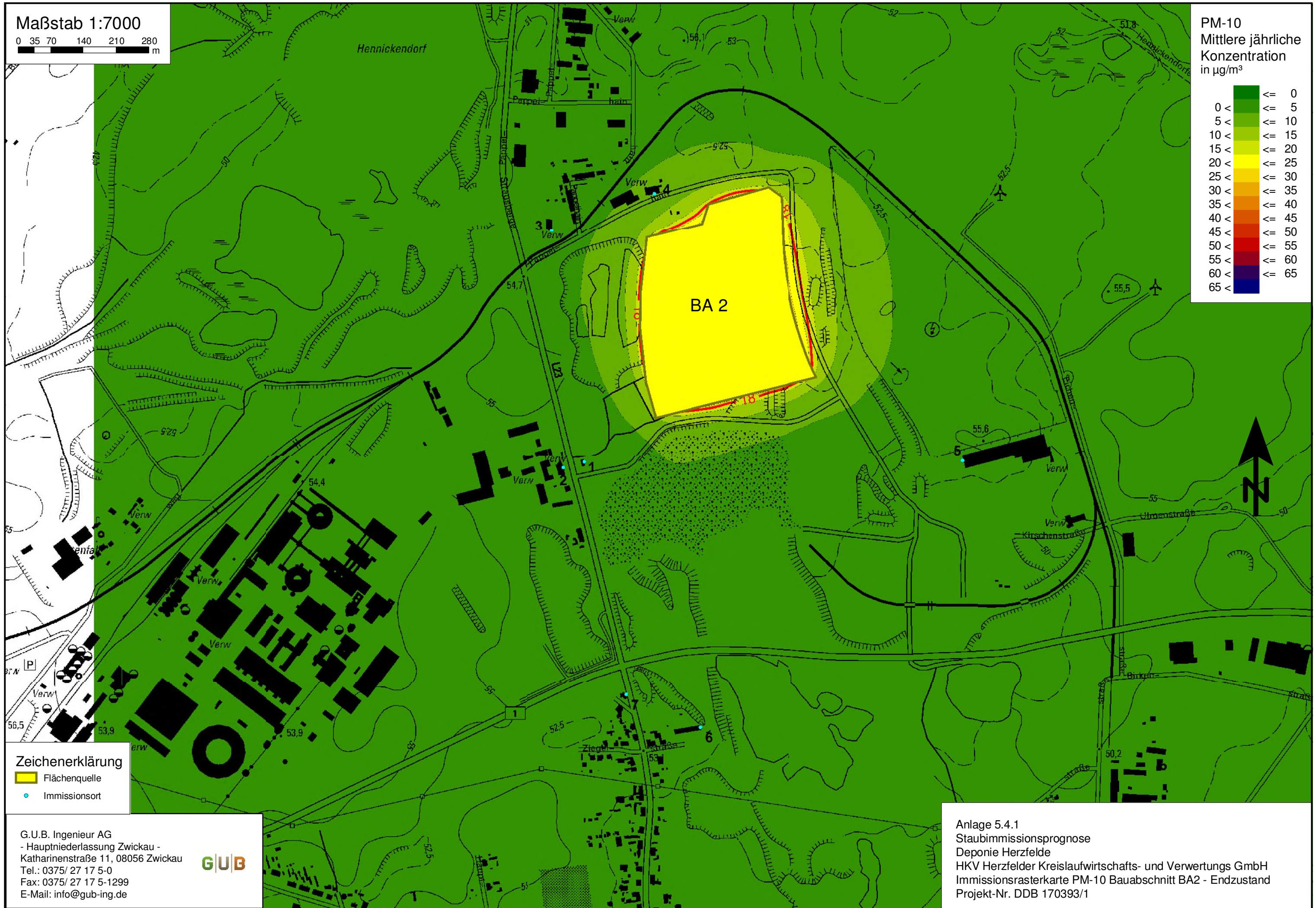
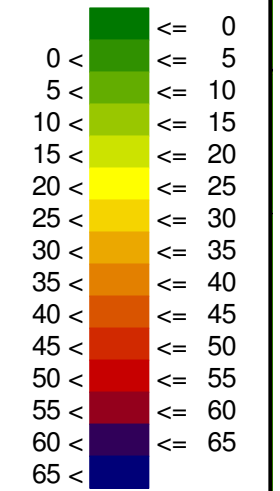
Anlage 5.4

BA-2 – Endzustand

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280 m

PM-10
Mittlere jährliche
Konzentration
in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de

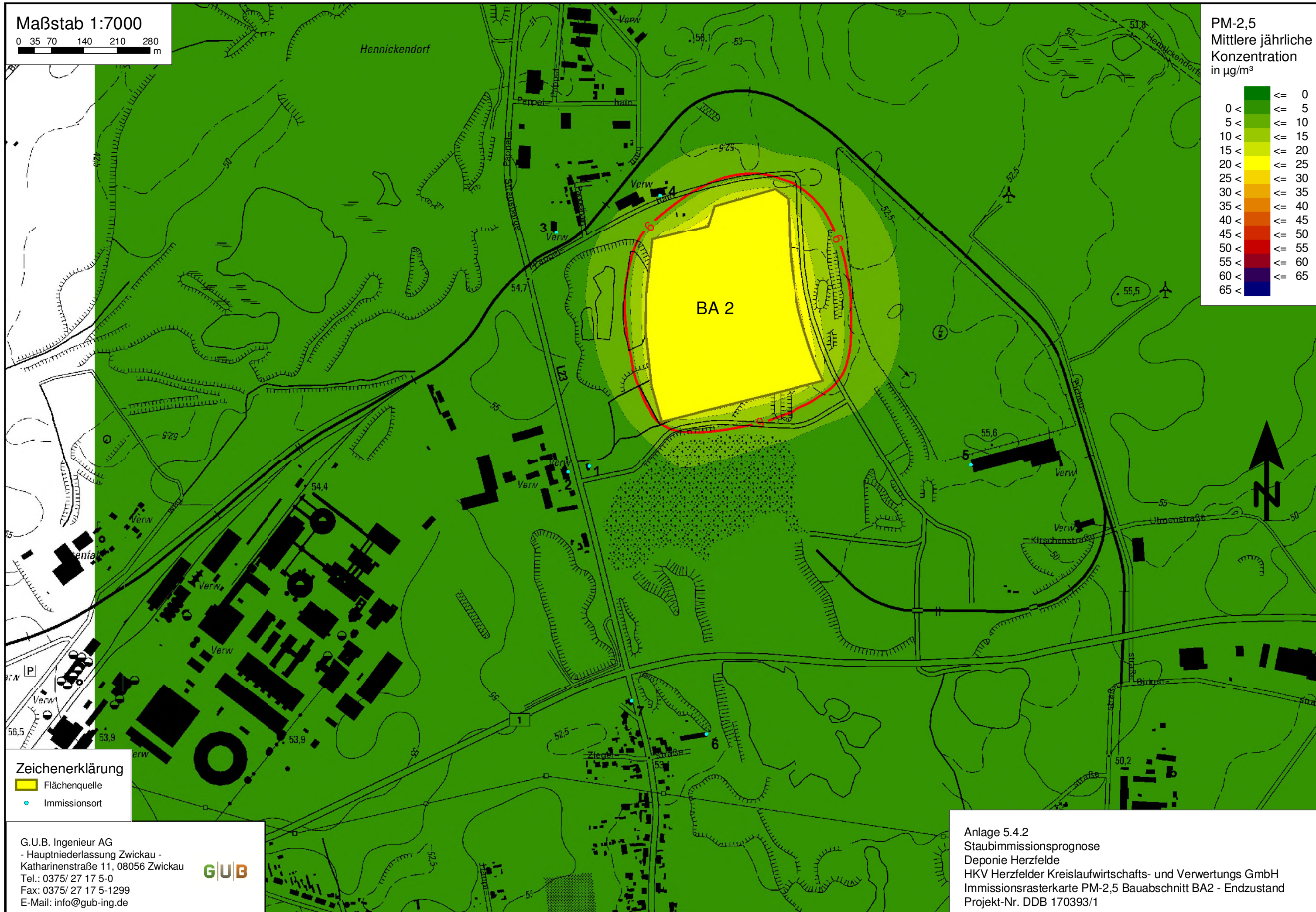
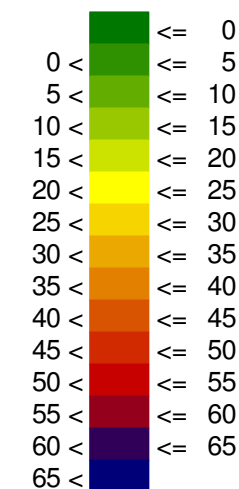


Anlage 5.4.1
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte PM-10 Bauabschnitt BA2 - Endzustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280 m

PM-2,5
Mittlere jährliche
Konzentration
in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de

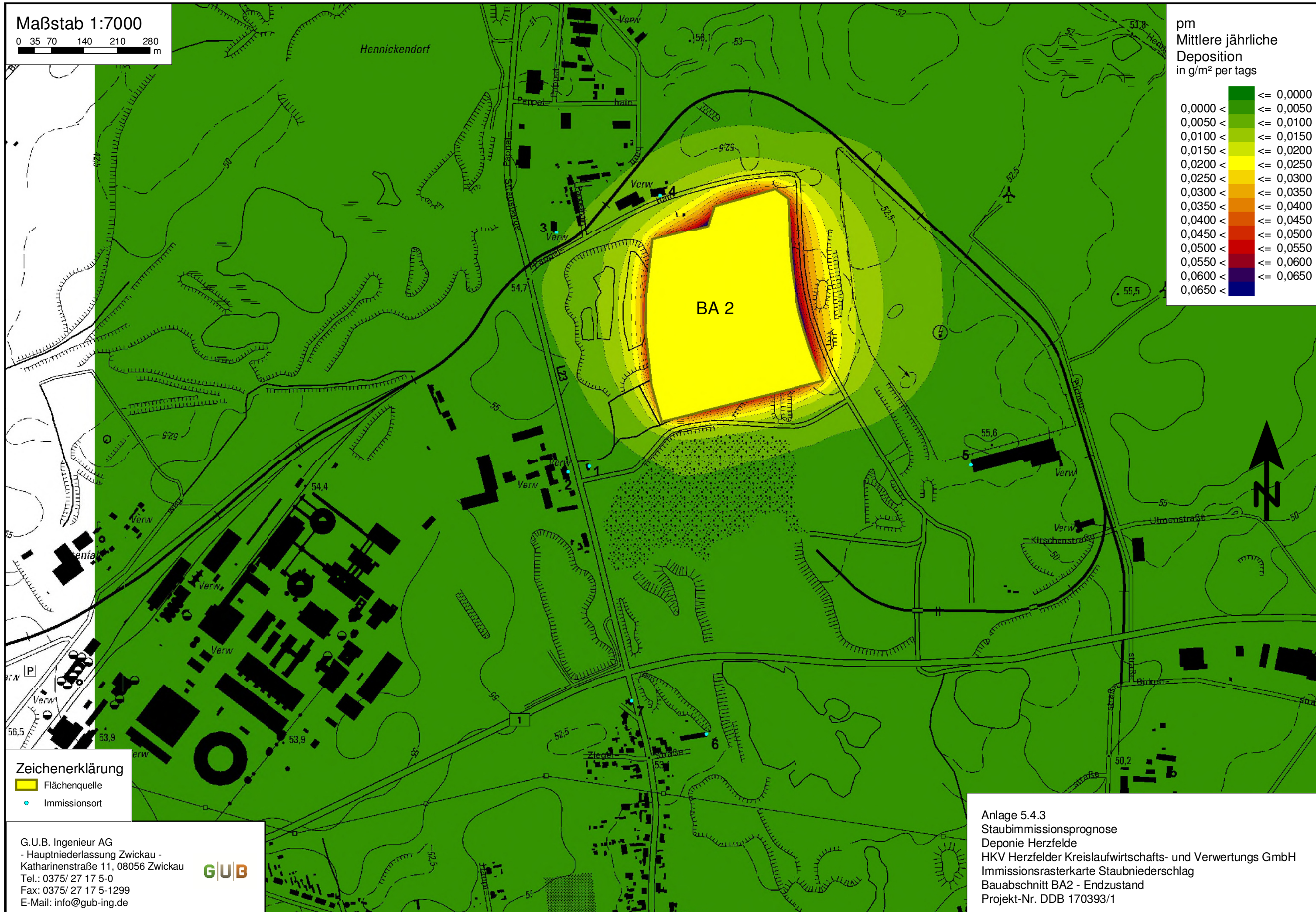
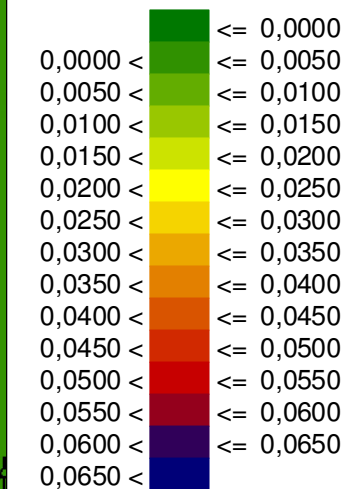


Anlage 5.4.2
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte PM-2,5 Bauabschnitt BA2 - Endzustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280 m

pm
Mittlere jährliche
Deposition
in g/m² per tags



Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de



Anlage 5.4.3
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte Staubbiederschlag
Bauabschnitt BA2 - Endzustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

F3.2 - Staubimmissionsprognose

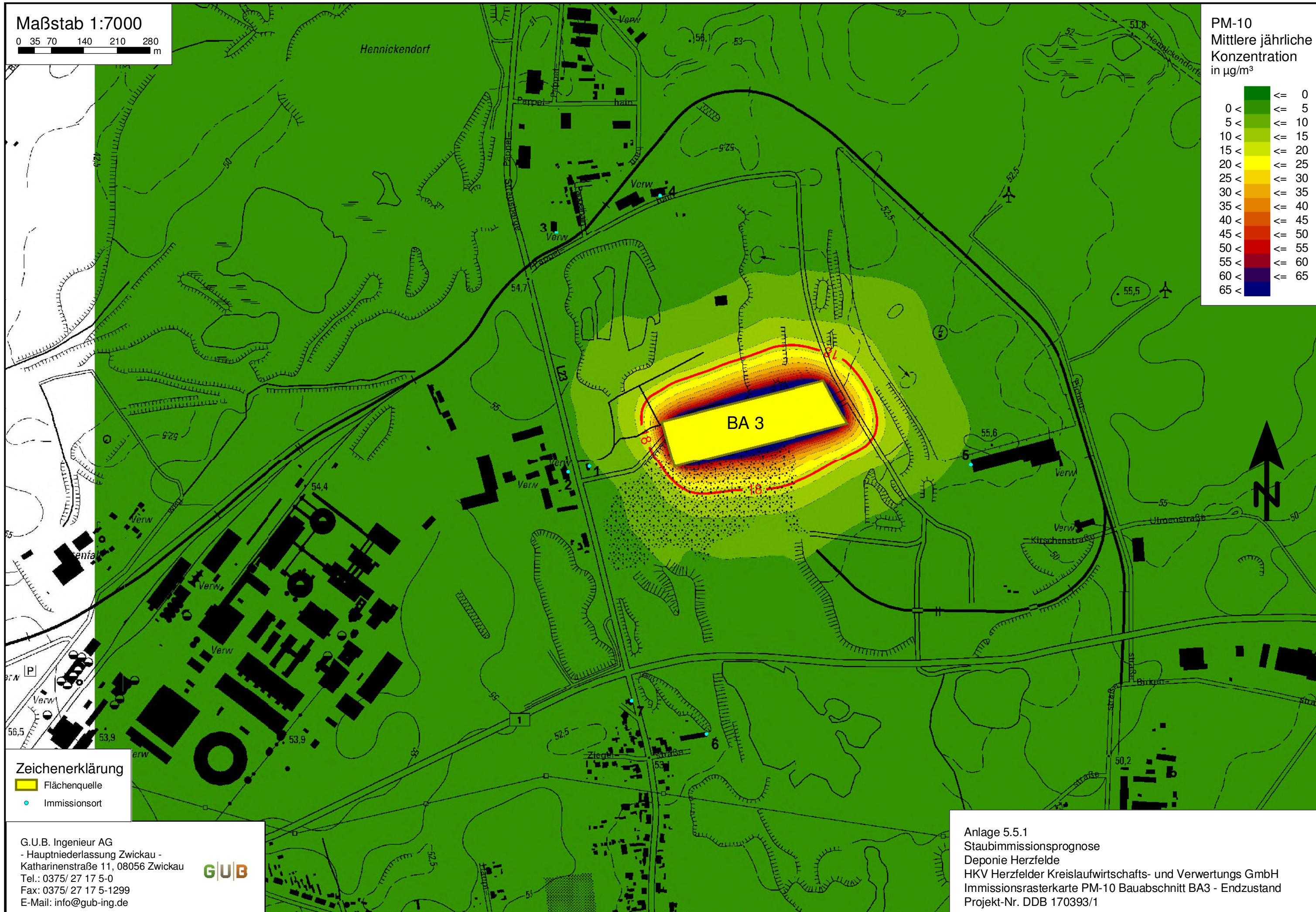
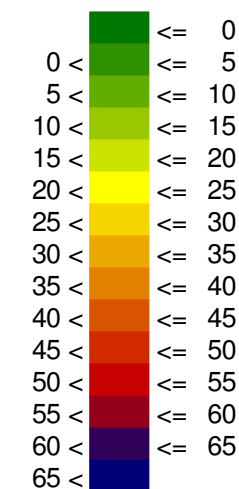
Anlage 5.5

BA-3 – Endzustand

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280 m

PM-10
Mittlere jährliche
Konzentration
in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de

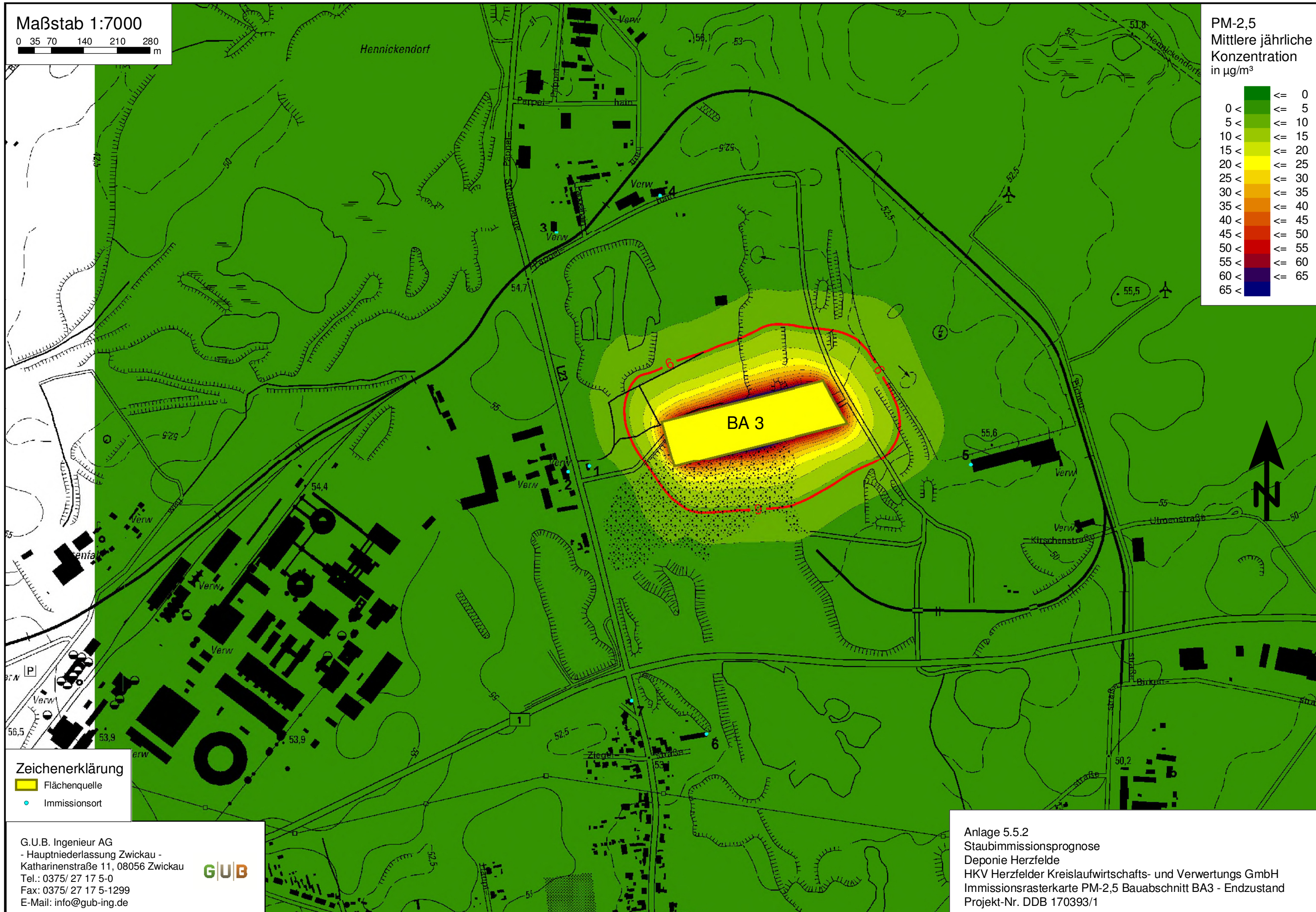
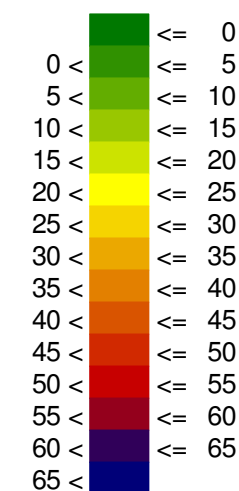


Anlage 5.5.1
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte PM-10 Bauabschnitt BA3 - Endzustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280 m

PM-2,5
Mittlere jährliche
Konzentration
in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de

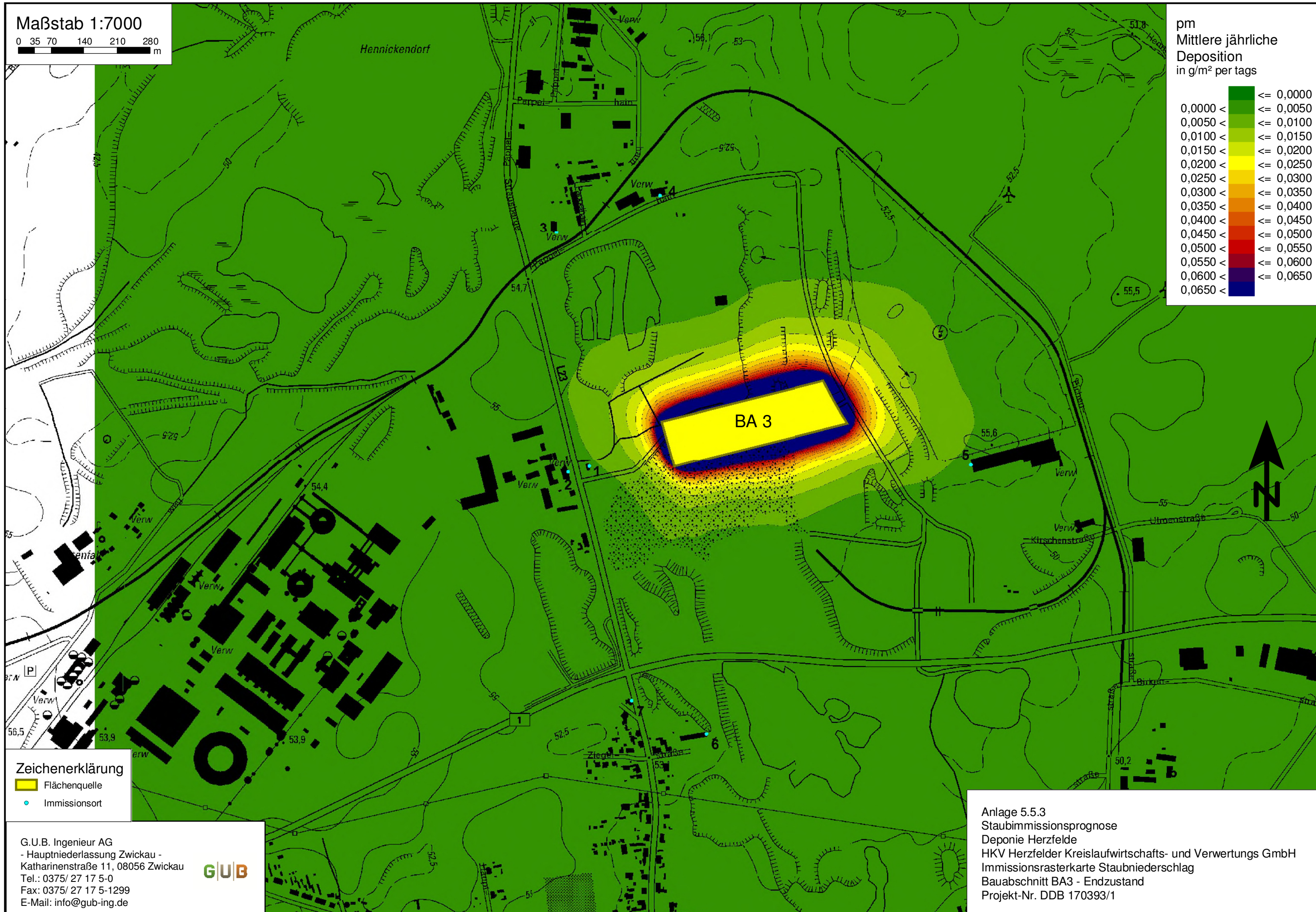
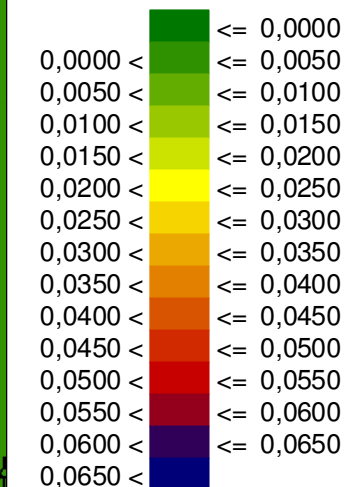


Anlage 5.5.2
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte PM-2,5 Bauabschnitt BA3 - Endzustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

Maßstab 1:7000

0 35 70 140 210 280 m

pm
Mittlere jährliche
Deposition
in g/m² per tags



Zeichenerklärung

- Flächenquelle
- Immissionsort

G.U.B. Ingenieur AG
- Hauptniederlassung Zwickau -
Katharinenstraße 11, 08056 Zwickau
Tel.: 0375/ 27 17 5-0
Fax: 0375/ 27 17 5-1299
E-Mail: info@gub-ing.de



Anlage 5.5.3
Staubimmissionsprognose
Deponie Herzfelde
HKV Herzfelder Kreislaufwirtschafts- und Verwertungs GmbH
Immissionsrasterkarte Staubniederschlag
Bauabschnitt BA3 - Endzustand
Projekt-Nr. DDB 170393/1

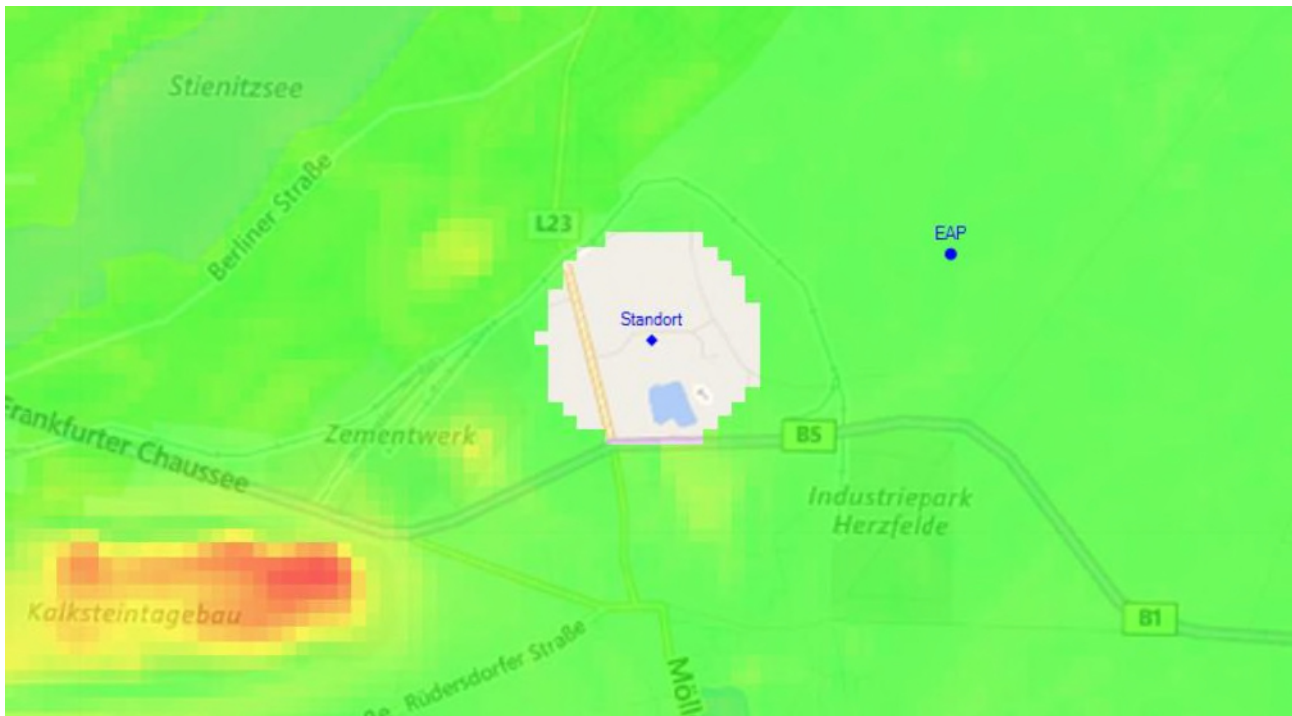
F3.2 - Staubimmissionsprognose

Anlage 6

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

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

an einem Anlagenstandort bei Herzfelde



Auftraggeber:	G.U.B. Ingenieur AG Katharinenstraße 11 08056 Zwickau	Tel.: 0375 27175-1031
Bearbeiter:	Dr. Hartmut Sbosny Tel.: 037206 8929-43 Email: Hartmut.Sbosny@ifu-analytik.de	Dr. Ralf Petrich Tel.: 037206 8929-40 Email: Ralf.Petrich@ifu-analytik.de
Aktenzeichen:	DPR.20170913	
Ort, Datum:	Frankenberg, 26. Oktober 2017	
Anzahl der Seiten:	48	
Anlagen:	-	

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
1 Aufgabenstellung	5
2 Beschreibung des Anlagenstandortes	6
2.1 Lage	6
2.2 Landnutzung	8
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	14
4.1 Allgemeine Betrachtungen	14
4.2 Meteorologische Datenbasis	14
4.3 Erwartungswerte für Windrichtungsverteilung und Windgeschwindigkeitsverteilung am untersuchten Standort	19
4.4 Vergleich der Windrichtungsverteilungen	23
4.5 Vergleich der Windgeschwindigkeitsverteilungen	24
4.6 Auswahl der Bezugswindstation	25
5 Beschreibung der ausgewählten Wetterstation	27
6 Bestimmung eines repräsentativen Jahres	31
6.1 Bewertung der vorliegenden Datenbasis und Auswahl eines geeigneten Zeitraums	31
6.2 Analyse der Verteilungen von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Ausbreitungsklasse sowie der Nacht- und Schwachwinde	35
6.3 Prüfung auf Plausibilität	39
7 Beschreibung der Datensätze	43
7.1 Rechnerische Anemometerhöhen in Abhängigkeit von der Rauigkeitsklasse	43
7.2 Ausbreitungsklassenzeitreihe	43
8 Hinweise für die Ausbreitungsrechnung	44
9 Zusammenfassung	45
10 Prüfliste für die Übertragbarkeitsprüfung	46
11 Schrifttum	48

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Ortschaft Herzfelde in Brandenburg	6
Abbildung 2: Lage des Anlagenstandortes bei Herzfelde.....	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: Stationen in der Nähe des untersuchten Anlagenstandortes.....	15
Abbildung 8: Windrichtungsverteilung der betrachteten Messstationen	17
Abbildung 9: Windgeschwindigkeitsverteilung der betrachteten Messstationen.....	18
Abbildung 10: Windrichtungsverteilung als abgeschätzte Erwartungswerte für die EAP aus einer Modellrechnung im Vergleich mit den betrachteten Messstationen	20
Abbildung 11: Windgeschwindigkeitsverteilung als abgeschätzte Erwartungswerte für die EAP aus einer Modellrechnung im Vergleich mit den betrachteten Messstationen	21
Abbildung 12: Langjährige Windrichtungsverteilung aus den Testreferenzjahren des Deutschen Wetterdienstes für die EAP.....	22
Abbildung 13: Lage der ausgewählten Station.....	27
Abbildung 14: Rauigkeitslänge in Metern in der Umgebung der Station nach CORINE-Datenbank	28
Abbildung 15: Luftbild mit der Umgebung der Messstation.....	29
Abbildung 16: Orographie um den Standort der Wetterstation.....	30
Abbildung 17: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Windrichtungsverteilung	32
Abbildung 18: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Windgeschwindigkeitsverteilung	33
Abbildung 19: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Verteilung der Ausbreitungsklasse	34
Abbildung 20: Gewichtete χ^2 -Summe und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum	37
Abbildung 21: Gewichtete σ -Umgebung-Treffersumme und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum.....	38
Abbildung 22: Vergleich der Windrichtungsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum.....	39
Abbildung 23: Vergleich der Windgeschwindigkeitsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum.....	40
Abbildung 24: Vergleich der Verteilung der Ausbreitungsklasse für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum.....	41
Abbildung 25: Vergleich der Richtungsverteilung von Nacht- und Schwachwinden für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum.....	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: UTM-Koordinaten des Standortes	7
Tabelle 2: UTM-Koordinaten der ermittelten Ersatzanemometerposition.....	12
Tabelle 3: Zur Untersuchung verwendete Messstationen	16
Tabelle 4: Vergleich meteorologischer Kennwerte der betrachteten Messstationen mit den Erwartungswerten am Standort	23
Tabelle 5: Rangliste der Bezugwindstationen hinsichtlich ihrer Windrichtungsverteilung	24
Tabelle 6: EAP-Geschwindigkeiten verschiedener Modelle	25
Tabelle 7: Rangliste der Bezugwindstationen hinsichtlich ihrer Windgeschwindigkeitsverteilung	25
Tabelle 8: Resultierende Rangliste der Bezugwindstationen	26
Tabelle 9: Koordinaten der Wetterstation	28
Tabelle 10: Rechnerische Anemometerhöhen in Abhängigkeit von der Rauigkeitsklasse für die Station Lindenberg	43

1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft in einem Untersuchungsgebiet nahe der Ortschaft Herzfelde in Brandenburg.

Bei der in den Ausbreitungsrechnungen betrachteten Anlage handelt es sich um eine geplante Deponie. Die Quellhöhen liegen in einem Bereich von maximal 85 m.

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 nahe der Ortschaft Herzfelde in Brandenburg. Herzfelde ist ein Ortsteil der Gemeinde Rüdersdorf bei Berlin im Landkreis Märkisch-Oderland. Die folgende Abbildung zeigt die Lage des Standortes.

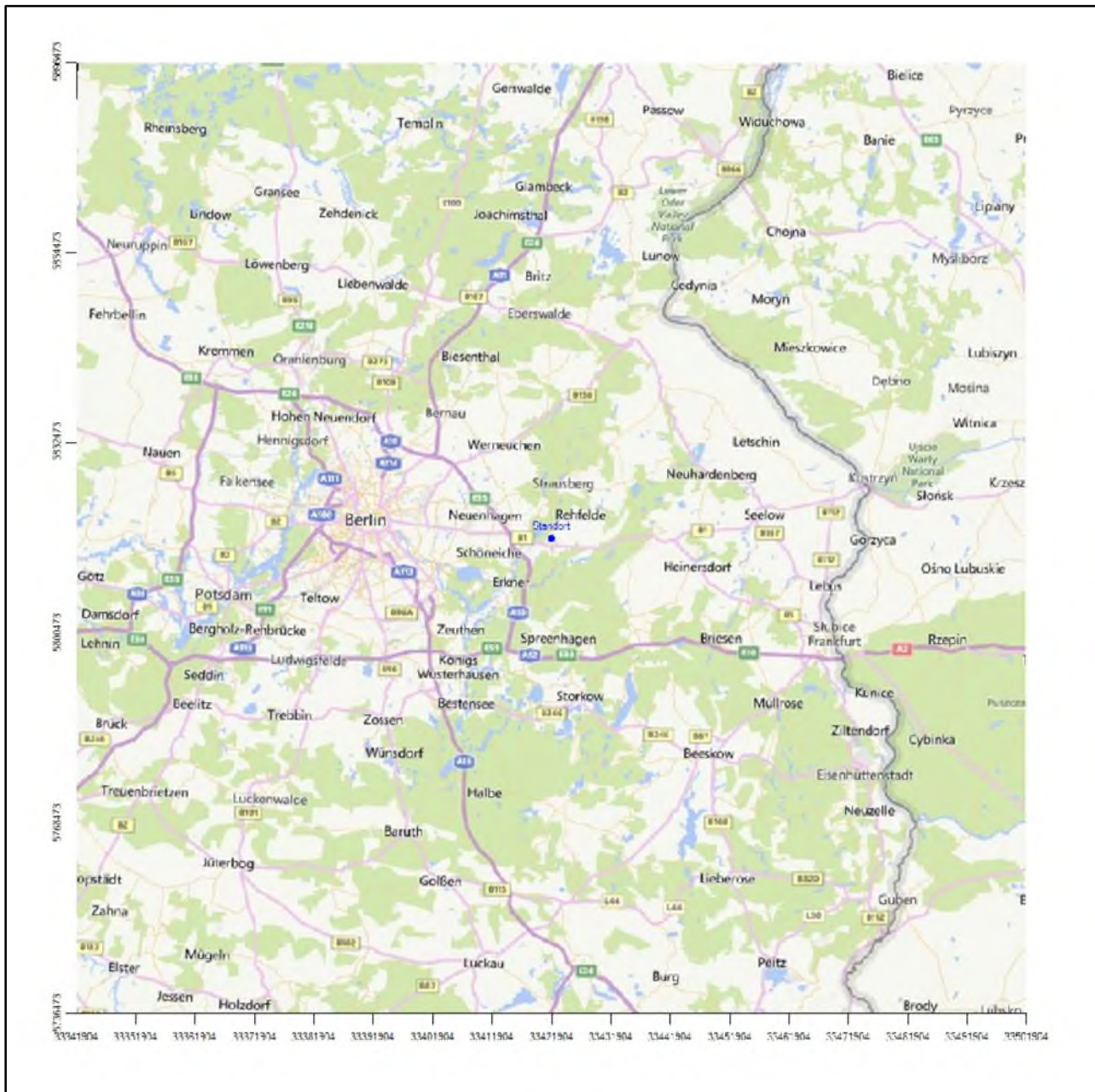


Abbildung 1: Lage der Ortschaft Herzfelde in Brandenburg

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

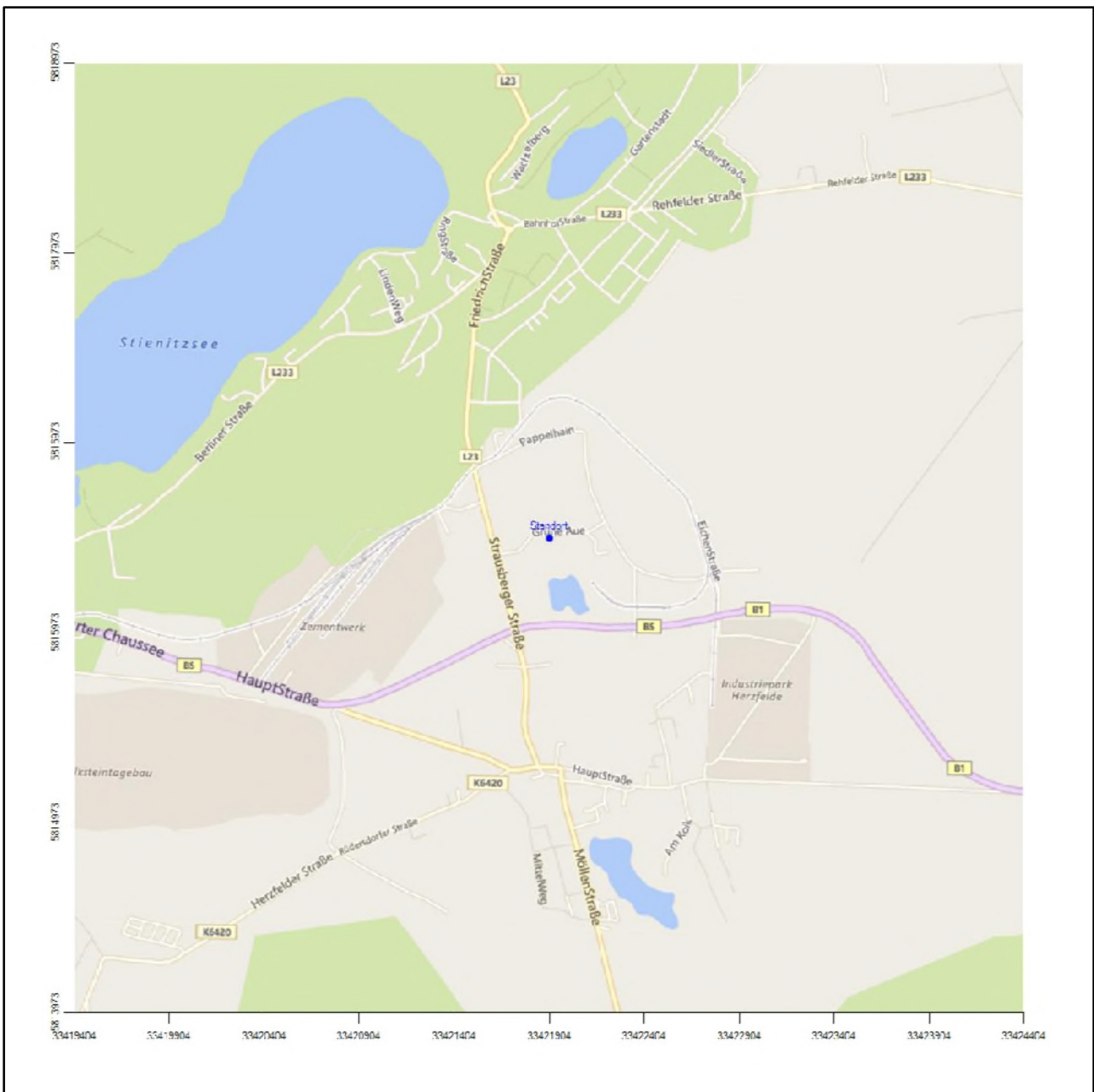


Abbildung 2: Lage des Anlagenstandortes bei Herzfelde

Der eingetragene Punkt zeigt die ungefähre Mitte der geplanten Deponie. Die Deponie selbst wird sich ca. 1 km in Nord-Süd-Richtung erstrecken und eine maximale Breite von 600 Metern haben.

In der folgenden Tabelle sind die Koordinaten des Anlagenstandortes angegeben.

Tabelle 1: UTM-Koordinaten des Standortes

RW	33421905
HW	5816473

2.2 Landnutzung

Die Umgebung des Standortes ist durch eine wechselnde Landnutzung geprägt. Die zukünftige Deponie liegt zwischen der Ortslagen Herzfelde im Süden und Hennickendorf im Norden; zu den ersten Wohnbauungen sind es von den Deponierändern nach Süden keine 200 m, nach Norden ca. 400 m. Westlich schließt sich das Zementwerk Rüdersdorf an, östlich folgen ein Solarpark und landwirtschaftliche Flächen. 1,8 km nordwestlich zudem die Wasserfläche des Stienitzsees. Ab etwa 2 km Entfernung folgen dann vor allem im Süden auch größere Waldgebiete.

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

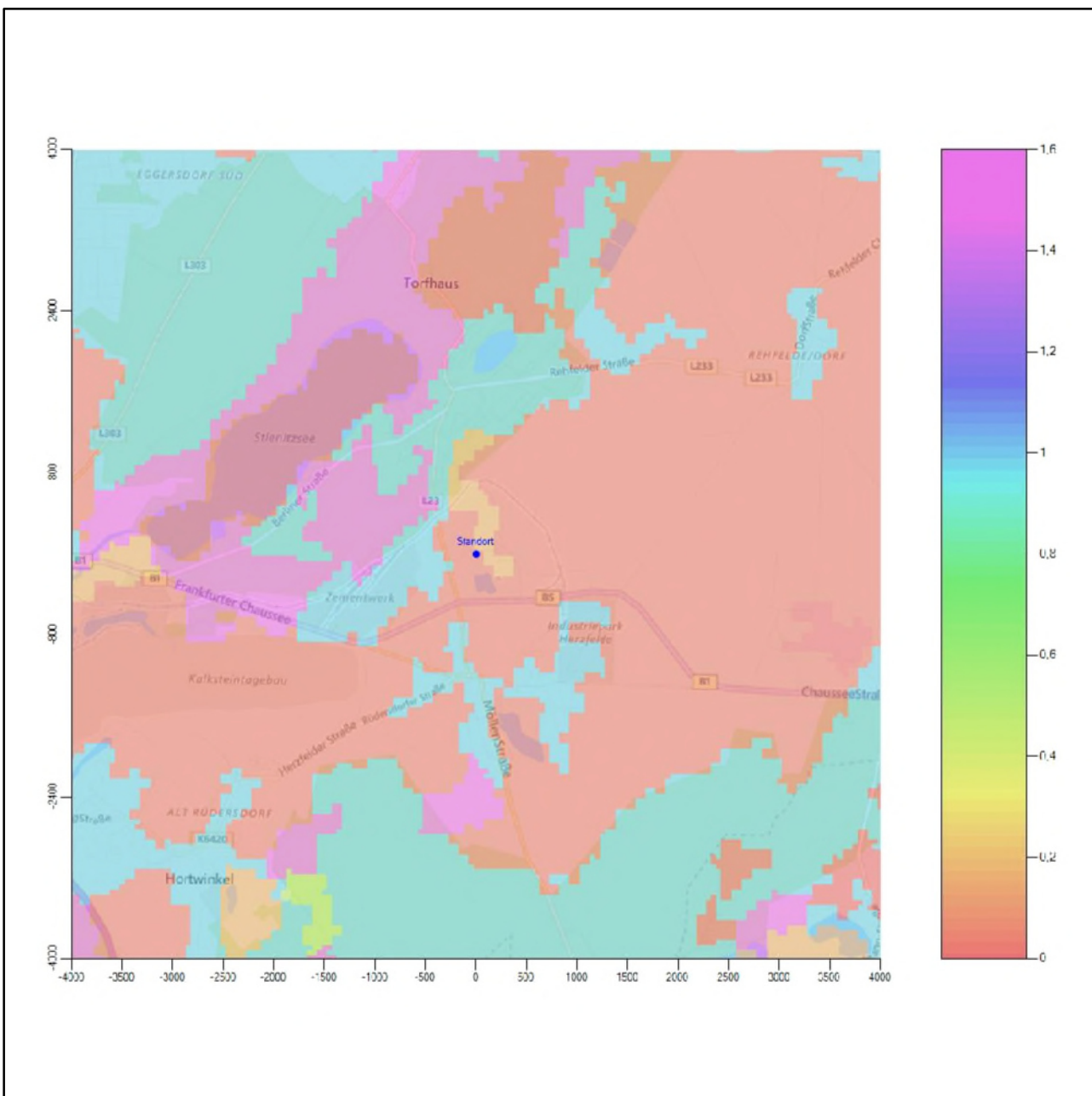


Abbildung 3: Rauigkeitslänge in Metern in der Umgebung des Standortes nach CORINE-Datenbank

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 50 m über NHN. Bis auf eine langgestreckte und bis zu 80 m eingetieftete Kiesgrube etwa 2 km südwestlich des Standortes ist die Umgebung ansonsten orographisch kaum gegliedert.

Die nachfolgende Abbildung verschafft einen Überblick über das Relief.

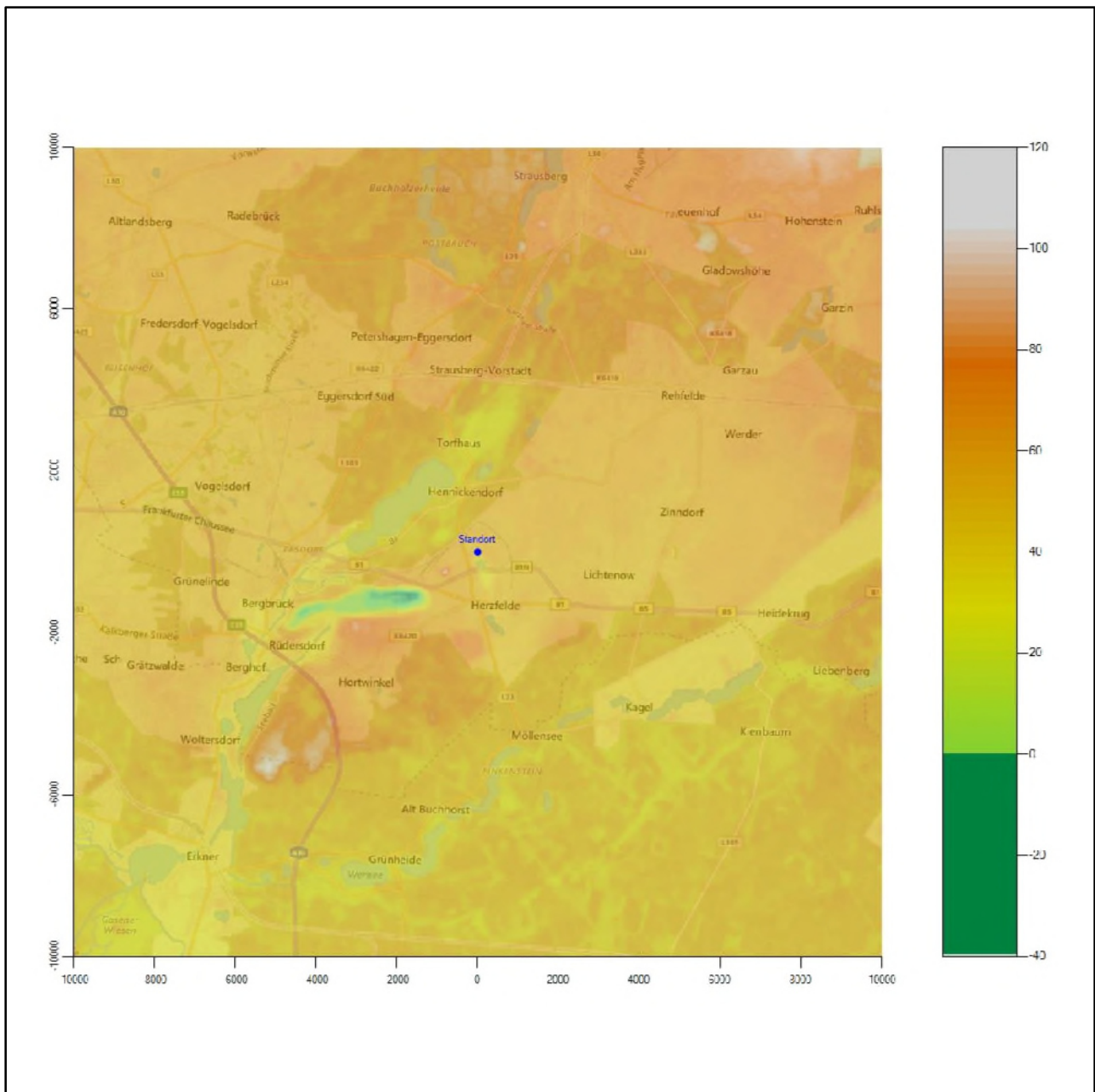


Abbildung 5: Orographie um den Standort

3 Bestimmung der Ersatzanemometerposition

3.1 Hintergrund

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

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

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

3.2 Verfahren zur Bestimmung der Ersatzanemometerposition

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

1. Es werden nur Gitterpunkte im Inneren des Rechengebiets ohne die drei äußeren Randpunkte betrachtet. Gitterpunkte in unmittelbarer Nähe (etwa 100 m) von Bebauung, die als umströmtes Hindernis berücksichtigt wurde, werden nicht betrachtet.
2. Es werden alle Gitterpunkte aussortiert, an denen sich der Wind nicht mit jeder Drehung der Anströmrichtung gleichsinnig dreht oder an denen die Windgeschwindigkeit kleiner als 0,5 m/s ist. Die weiteren Schritte werden nur für die verbleibenden Gitterpunkte durchgeführt.
3. An jedem Gitterpunkt werden die Gütemaße g_d (für die Windrichtung) und g_f (für die Windgeschwindigkeit) über alle Anströmrichtungen und Ausbreitungsclassen berechnet, siehe dazu VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 (Entwurf) [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 diagnostischen Windfeldmodell [3] LPRWND, das zum Programmpaket LASAT des Ingenieurbüros Janicke [4] gehört, 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 0,5 absinkt. Maximal wird ein Gütemaß von nahe 1 erreicht. Diese Position ist in Abbildung 6 mit EAP gekennzeichnet. Sie liegt etwa 1,4 km östlich des Standortes. Die genauen Koordinaten sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Tabelle 2: UTM-Koordinaten der ermittelten Ersatzanemometerposition

RW	33423264
HW	5816864

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

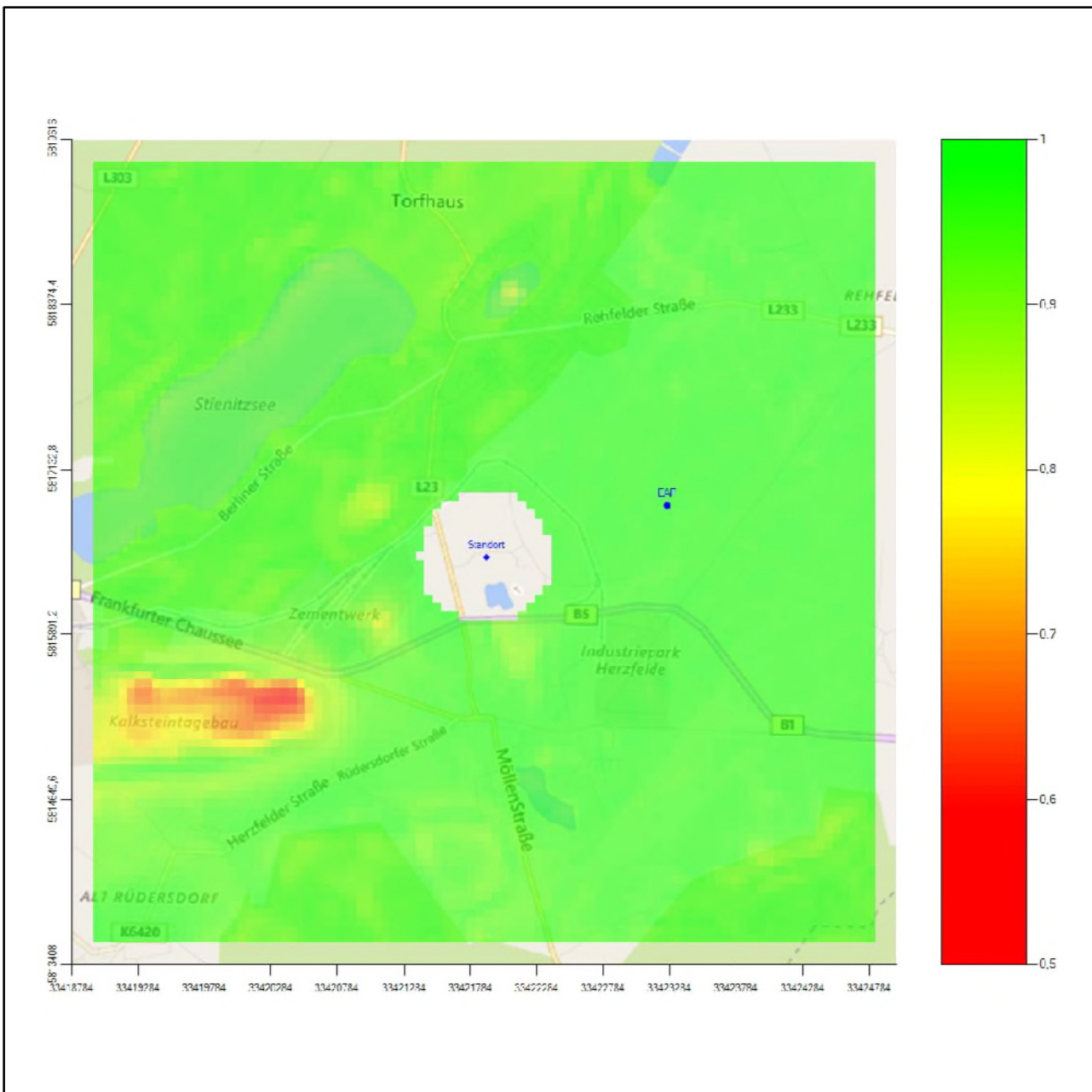


Abbildung 6: Flächenhafte Darstellung des Gütemaßes zur Bestimmung der Ersatzanemometerposition

Die zweidimensionale Darstellung bezieht sich lediglich auf die ausgewertete Modellebene im Bereich von 14,7 m. Auf diese Höhe wurden im folgenden Abschnitt 4 die Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten bezogen, um vergleichbare Werte zu bekommen. Sie ergibt sich aus der Bodenrauigkeit um die Ersatzanemometerposition (0,39 m).

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 Brandenburg 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 fünf Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (Abbildung 7), die den Qualitätsanforderungen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 21 [5] genügen.

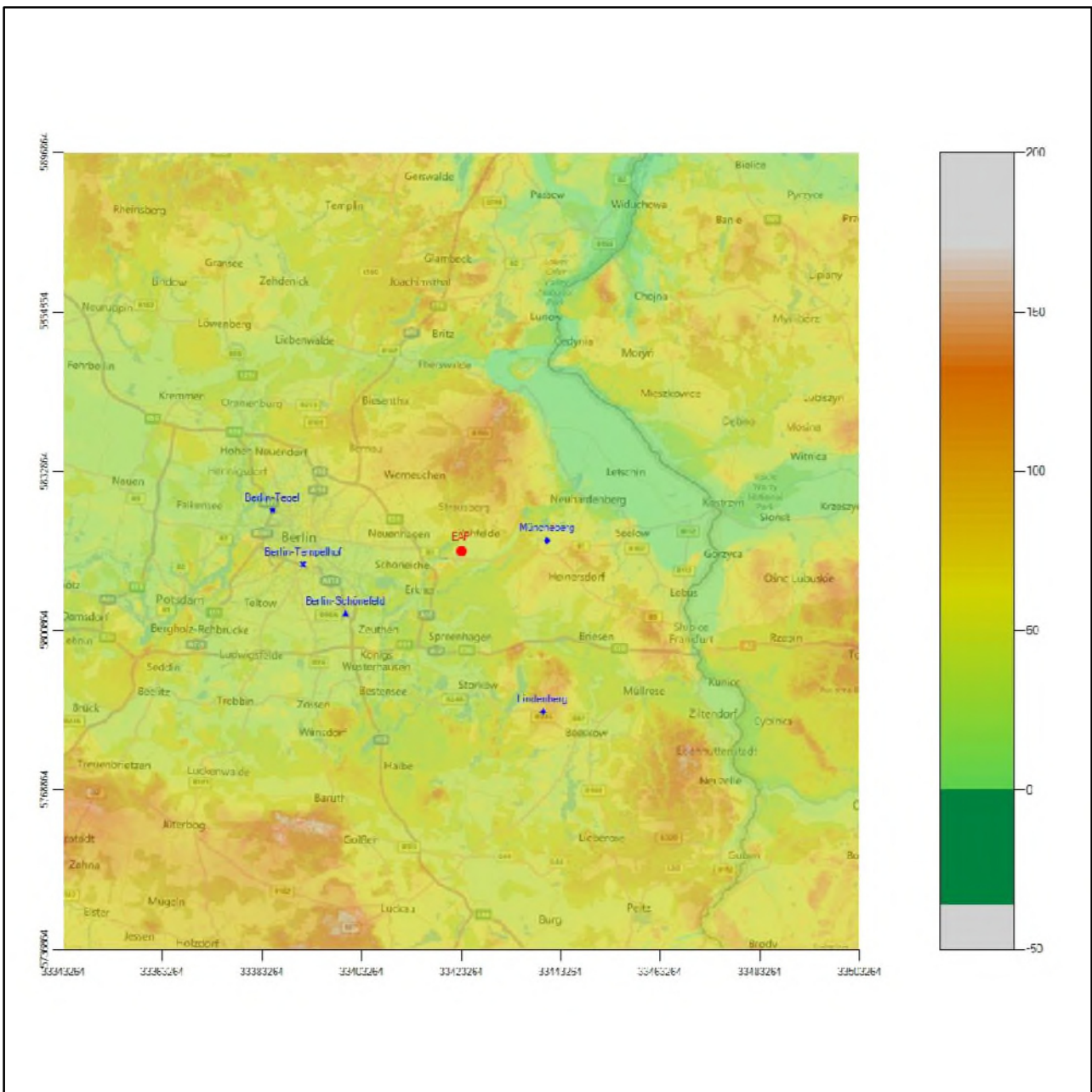


Abbildung 7: Stationen in der Nähe des untersuchten Anlagenstandortes

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 [5] 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 [m]	Geberhöhe [m]	geogr. Länge [°]	geogr. Breite [°]	Höhe über NHN [m]	Beginn der Datenbasis	Ende der Datenbasis
Müncheberg	3376	17361	10.0	14.1230	52.5180	63	25.11.1999	22.10.2014
Berlin-Schönefeld	427	26412	10.0	13.5306	52.3806	46	25.11.1999	22.10.2014
Berlin-Tempelhof	433	31936	10.0	13.4019	52.4672	48	25.11.1999	01.11.2008
Lindenberg	3015	36242	10.4	14.1178	52.2083	98	25.11.1999	22.10.2014
Berlin-Tegel	430	38802	10.0	13.3086	52.5642	36	01.06.2006	22.10.2014

Die folgenden Abbildungen stellen die Windrichtungsverteilung und die Windgeschwindigkeitsverteilung jeweils über den gesamten verwendeten Messzeitraum der Stationen dar.

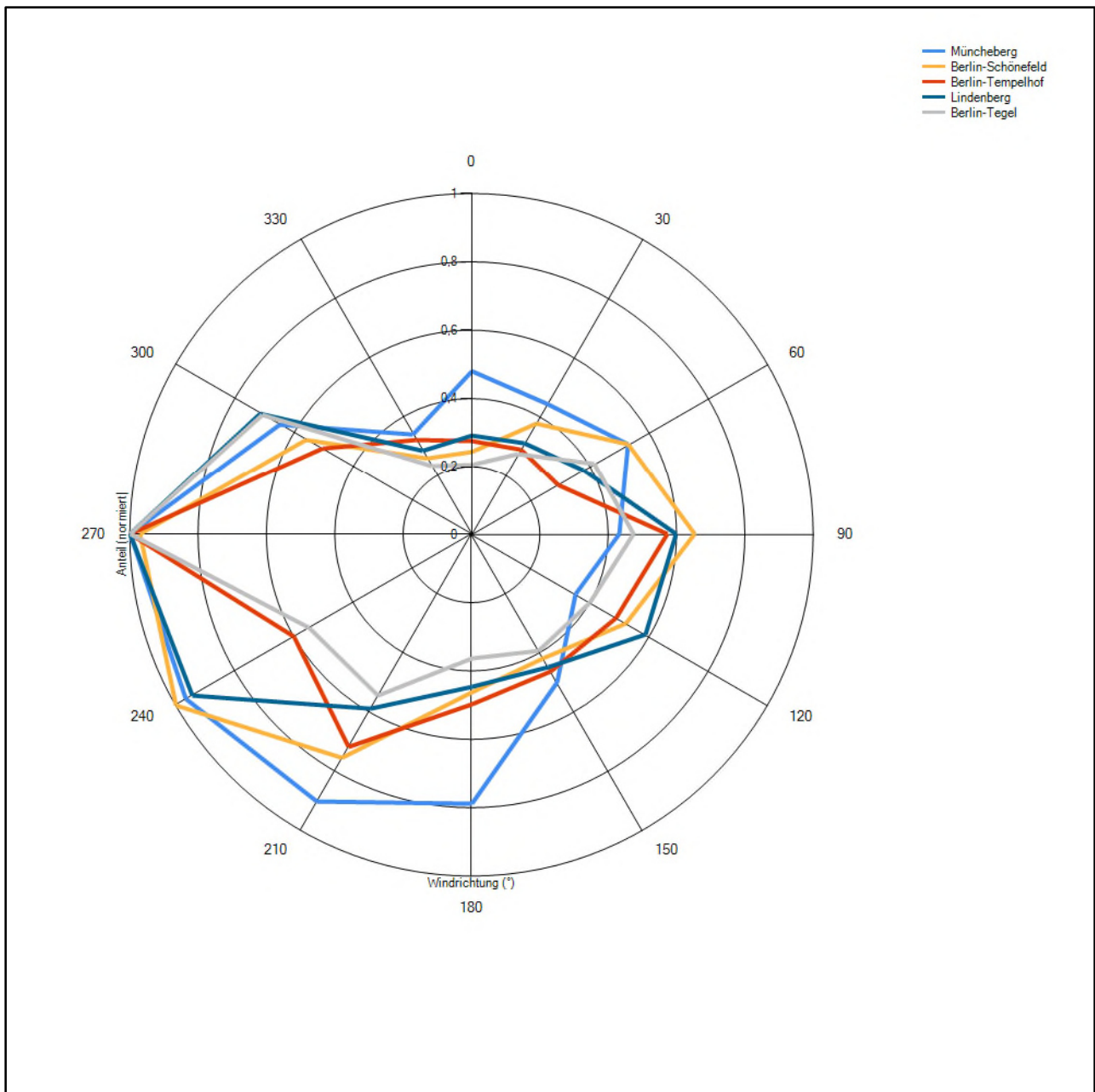


Abbildung 8: Windrichtungsverteilung der betrachteten Messstationen

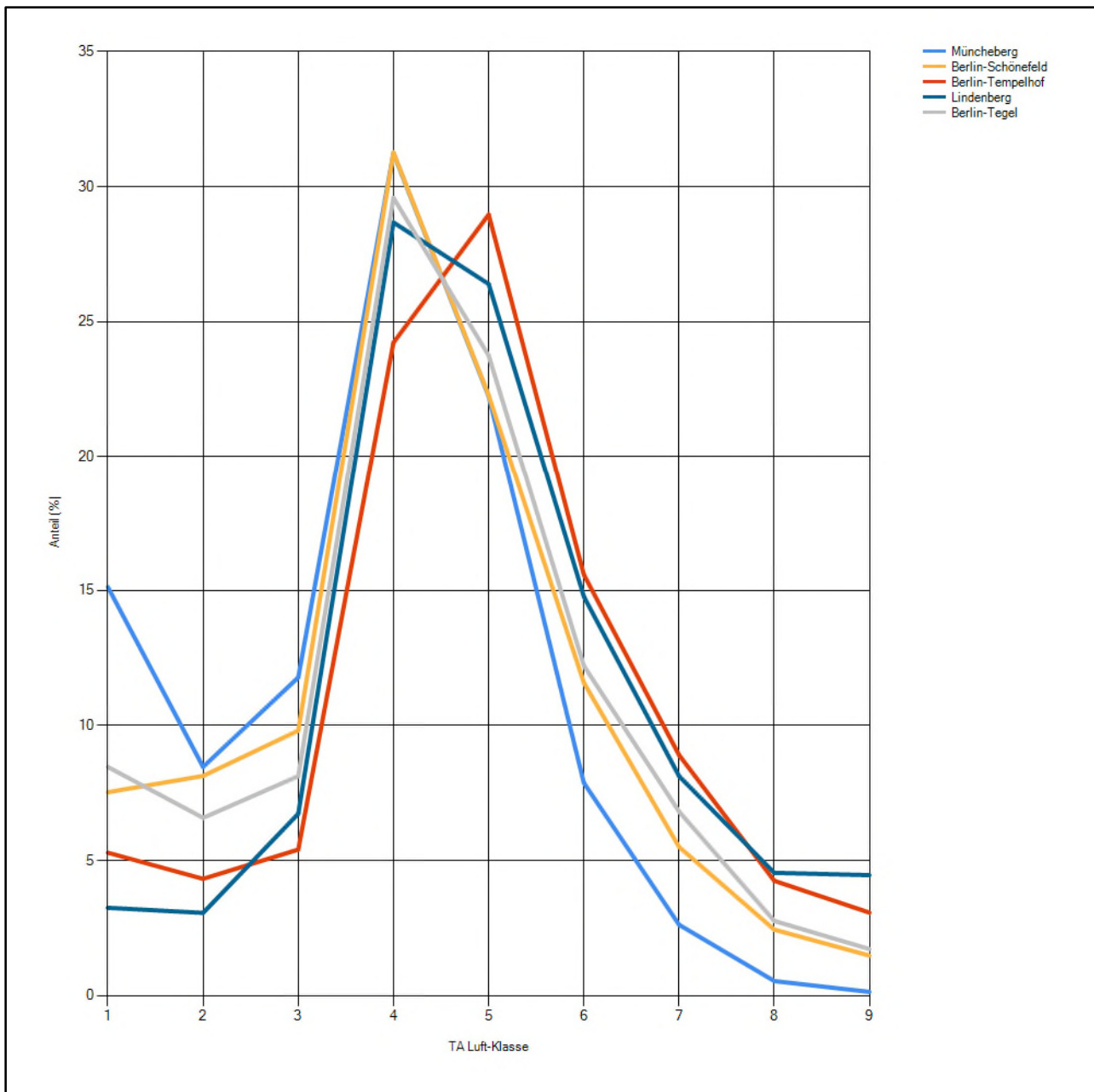


Abbildung 9: Windgeschwindigkeitsverteilung der betrachteten Messstationen

Die Hauptmaxima aller fünf Windrichtungsverteilungen kommen aus West bis Westsüdwest, wie das im betrachteten Großraum, wenn keine Störungen durch Gebirge vorliegen, zu erwarten ist. Vier der fünf Stationen zeigen zudem das ebenfalls typische Nebenmaximum aus Osten.

Bei den beiden Flughafenstationen Berlin-Tempelhof (rot) und Berlin-Tegel (grau) ist das Hauptmaximum recht scharf ausgeprägt und es findet sich ein weiteres Nebenmaximum aus südwestlicher Richtung bei 210°, das das östliche Nebenmaximum jeweils an Intensität noch überragt.

Etwas aus dem Rahmen fällt die Station Müncheberg (hellblau). Das formale Hauptmaximum liegt auch hier im Westen, die Hauptwindrichtung erstreckt sich aber breit mit nur langsam abnehmender Intensität fast über den gesamten südwestlichen Quadranten. Nebenmaxima kommen hier aus Norden (0°) und Nordosten (60°).

4.3 Erwartungswerte für Windrichtungsverteilung und Windgeschwindigkeitsverteilung am untersuchten Standort

Über die allgemeine Betrachtung in Abschnitt 4.1 hinausgehend wurde mit einer großräumigen Windfeldmodellierung abgeschätzt, wie sich Windrichtungsverteilung und Windgeschwindigkeitsverteilung am untersuchten Standort gestalten. Dazu wurde ein Modellgebiet gewählt, das den untersuchten Standort und die aufgeführten Messstationen mit einem Rand von 8 Kilometern umschließt. Die Modellierung selbst erfolgte mit dem diagnostischen Windfeldmodell LPRWND, das zum Programmpaket LASAT des Ingenieurbüros Janicke gehört. Aufgrund der auftretenden Geländesteigungen im Modellgebiet und des abschätzenden Charakters der Ergebnisse ist ein diagnostisches Windfeldmodell für diese Aufgabe geeignet. Abweichend vom sonst üblichen Ansatz einer einheitlichen Rauigkeitslänge für das gesamte Modellgebiet (so gefordert von der TA Luft im Kontext von Ausbreitungsrechnungen nach Anhang 3) wurde hier eine örtlich variable Rauigkeitslänge angesetzt, um die veränderliche Landnutzung im großen Rechengebiet möglichst realistisch zu modellieren.

Mit den modellierten Windfeldern wurden die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilungen der Messstationen auf die oben ermittelte Ersatzanemometerposition übertragen und mittlere Erwartungsverteilungen für Windrichtung und Windgeschwindigkeit berechnet. Die Erwartungsverteilungen stützen sich damit auf Messwerte mehrerer Messstationen und berücksichtigen die Orographie im Gebiet zwischen den Messstationen und dem Standort.

Die EAP, für die die Erwartungswerte ermittelt wurden, liegt etwa 1,4 km östlich des Anlagenstandortes (siehe Abschnitt 2.3). Dieser Punkt stellt auch die Empfehlung für die Ersatzanemometerposition bei der Ausbreitungsrechnung dar. Er wird frei angeströmt und unterliegt keinen Einflüssen, die die Anströmrichtung systematisch und deutlich verändern. Dies wurde in Abschnitt 3 untersucht und geprüft.

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 sektorweise 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 0,39 m.

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

Um die Windgeschwindigkeiten für die EAP und die betrachteten Bezugswindstationen vergleichen zu können, sind diese auf eine einheitliche Höhe über Grund und eine einheitliche Bodenrauigkeit umzurechnen. Dies geschieht mit einem Algorithmus, der in der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 8 [6] veröffentlicht wurde. Als einheitliche Rauigkeitslänge bietet sich der tatsächliche Wert im Umfeld der EAP an, hier 0,39 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 14,7 m verwendet, der sich aus 10 m über Grund zuzüglich dem Zwölffachen der Bodenrauigkeit ergibt.

Die folgenden Abbildungen stellen die Windrichtungs- und die Windgeschwindigkeitsverteilung als abgeschätzte Erwartungswerte für den Standort aus einer Modellrechnung im Vergleich mit den Messwerten der betrachteten Messstationen dar.

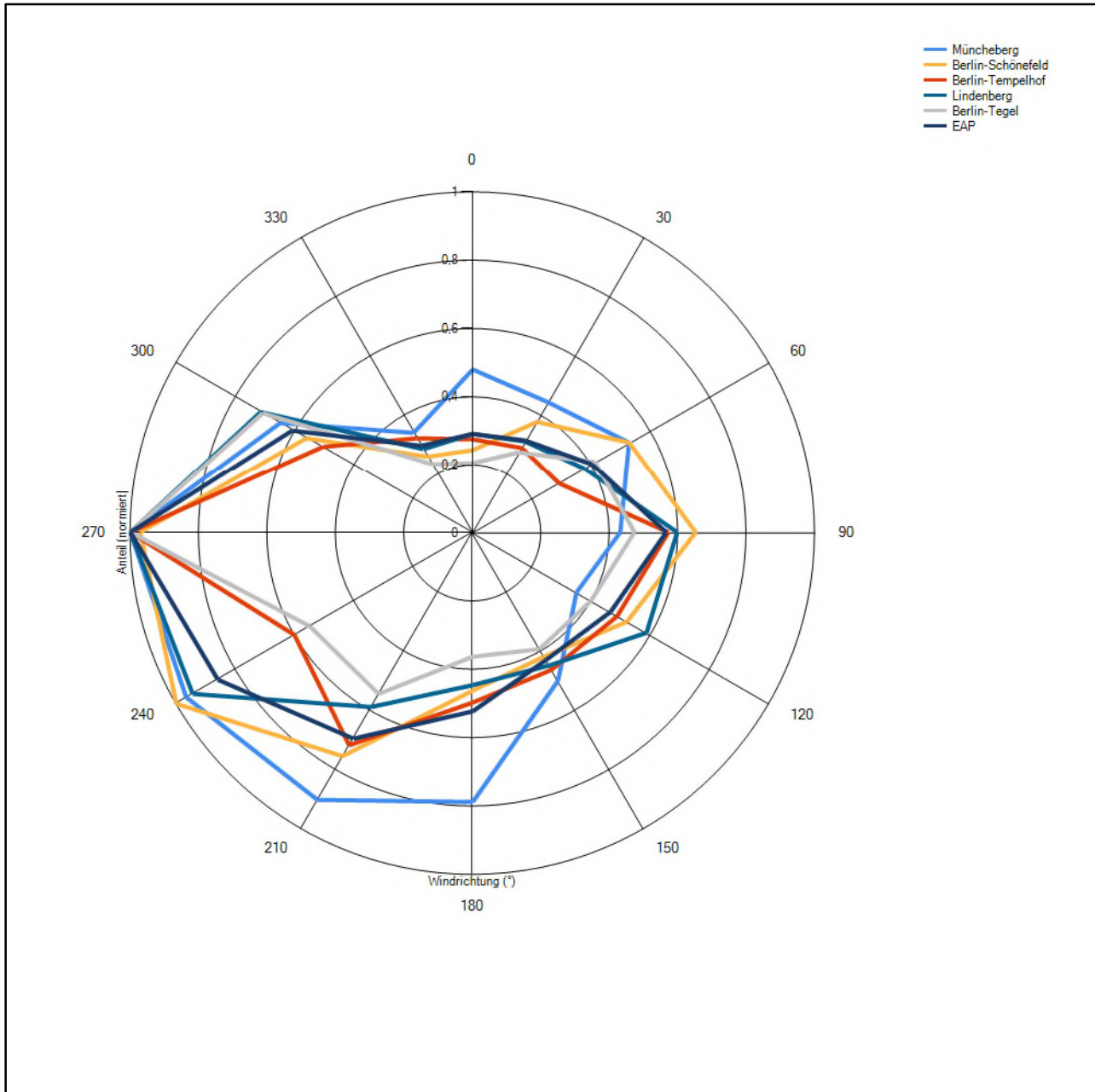


Abbildung 10: Windrichtungsverteilung als abgeschätzte Erwartungswerte für die EAP aus einer Modellrechnung im Vergleich mit den betrachteten Messstationen

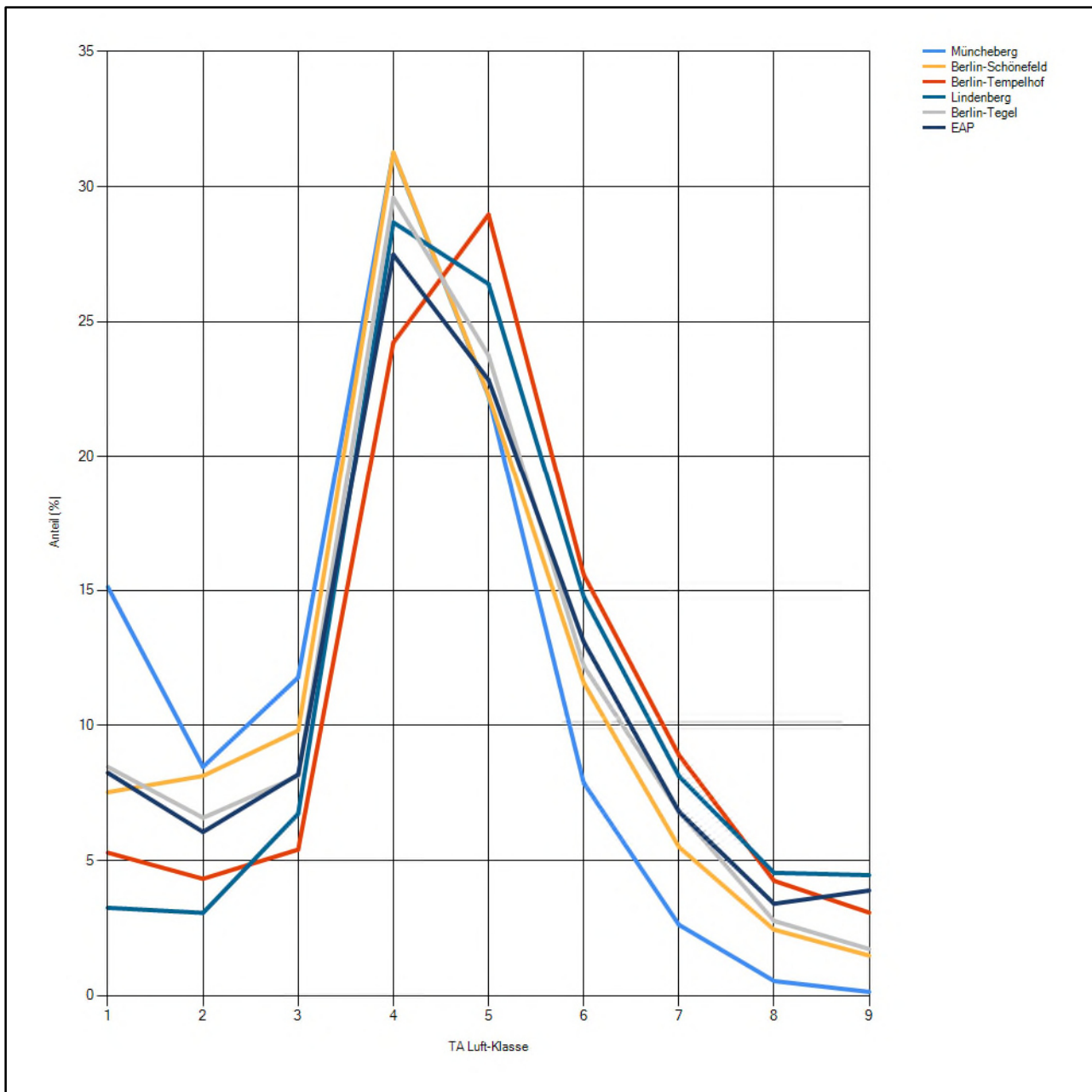


Abbildung 11: Windgeschwindigkeitsverteilung als abgeschätzte Erwartungswerte für die EAP aus einer Modellrechnung im Vergleich mit den betrachteten Messstationen

Um bezüglich der Windrichtungsverteilung sicherzugehen, dass auch mit anderen Modellen keine abweichenden Ergebnisse hinsichtlich der Erwartungswerte erlangt werden, wurde für den Bereich der EAP zudem auf Modellierungsergebnisse zurückgegriffen, die vom Deutschen Wetterdienst im Rahmen der Testreferenzjahre berechnet wurden. Testreferenzjahre des DWD (TRY) sind speziell zusammengestellte Datensätze, die für jede Stunde eines Jahres verschiedene meteorologische Daten enthalten. Sie sollen einen mittleren, aber für das Jahr typischen Witterungsverlauf repräsentieren. [8] Die neuesten Datensätze dieser Art umfassen die Jahre 2003 bis 2012 und liegen hochortsaufgelöst in einem 1 km-Raster flächendeckend für die Bundesrepublik Deutschland vor. Bei der Erstellung der Testreferenzjahre in Kooperation mit dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) kamen moderne, innovative Modelle und Inter-

polationsmethoden zum Einsatz. Dabei kamen unter anderem erstmals Satelliten- sowie Wettermodellldaten zum Einsatz [9].

Die von den Datensätzen der Testreferenzjahre beschriebenen meteorologischen Verhältnisse sollen das überregionale und regionale Wettergeschehen abbilden, im hier betrachteten Kontext insbesondere die Windverhältnisse. Lokale Besonderheiten können aufgrund des verwendeten 1 km-Rasters nicht immer aufgelöst werden, wenn ihre Skala unterhalb der genannten 1 km liegt. Auch bei der Suche nach der EAP wird der Grundsatz verfolgt, eine Stelle zu finden, an der lokale Einflüsse auf Windrichtung und Windgeschwindigkeit am geringsten sind. Demzufolge kann davon ausgegangen werden, dass die Daten zur langjährigen Windrichtungsverteilung aus den Testreferenzjahren ähnlich den Erwartungswerten an der EAP sind.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die langjährige Windrichtungsverteilung aus den Testreferenzjahren für die EAP zum Vergleich mit der hier modellierten Erwartungsverteilung in Abbildung 10.

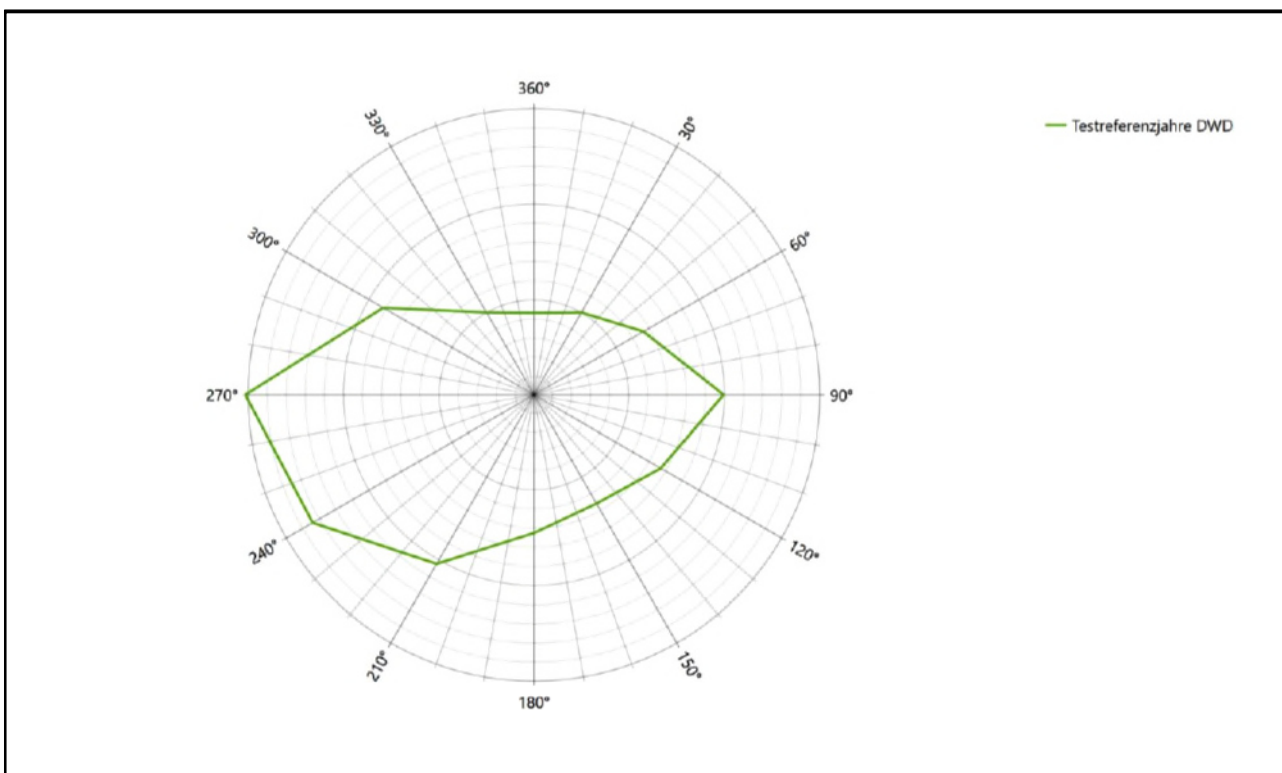


Abbildung 12: Langjährige Windrichtungsverteilung aus den Testreferenzjahren des Deutschen Wetterdienstes für die EAP

Beide Modelle liefern nahezu identische Ergebnisse.

Neben der vergleichenden Visualisierung führt die folgende Tabelle numerische Kenngrößen der Verteilungen für die Messstationen und der Erwartungsverteilung für die EAP auf.

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

Station	Richtungsmaximum [°]	mittlere Windgeschwindigkeit [m/s]	Schwachwindhäufigkeit [%]	Rauigkeitslänge [m]
EAP	270	4.38	4.1	0.39
Müncheberg	270	3.21	8.4	0.22
Berlin-Schönefeld	240	3.91	3.0	0.17
Berlin-Tempelhof	270	4.70	3.0	0.45
Lindenberg	270	4.83	1.4	0.66
Berlin-Tegel	270	4.06	4.9	0.42

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 14,7 m über Grund sowie auf eine einheitliche Bodenrauigkeit von 0,39 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. Derzeit wird vom DWD sukzessive ein Verfahren zur Bestimmung der Rauigkeit um die Messstationen eingeführt.

Bis dieser Vorgang abgeschlossen ist und vergleichbare Daten für alle Stationen flächendeckend zur Verfügung stehen, wird auf eine alternative Vorgehensweise nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 8 zurückgegriffen. Diese ist anzuwenden, wenn zur Bestimmung der Rauigkeit keine zusätzlichen Turbulenzinformationen verwendet werden. Dabei wird die Rauigkeit für die in VDI-Richtlinie 3783 Blatt 8 (Tabelle 3) tabellierten Werte anhand der Flächennutzung sektorweise 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 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.

Beide Modelle, das diagnostische gemäß Abbildung 10 und das TRY-Modell gemäß Abbildung 12, liefern dasselbe Ergebnis: An der EAP kommt das Windrichtungsmaximum aus Westen, ein deutliches Nebenmaximum aus Osten und die Verteilung folgt weitgehend symmetrisch einer entsprechenden Achse von West nach Ost. Mit dieser Windrichtungsverteilung sind die einzelnen Bezugswindstationen zu vergleichen.

Ein formales Hauptmaximum aus Westen besitzen alle fünf Bezugswindstationen. Die Verteilungen von Lindenberg (zyan) und Schönefeld (gelb) zeigen darüber hinaus auch in allen anderen Richtungen keine nennenswerten Differenzen zur EAP. Beide besitzen eine gute Übereinstimmung.

Etwas größere Abweichungen offenbaren Tempelhof (rot) und Tegel (grau) durch das spitzere Hauptmaximum, sprich, den Einknick gegenüber der EAP bei 240°, und das südwestliche Nebenmaximum, das sich bei der EAP nicht findet. Beide werden gegen die ersten beiden herabgestuft und nur noch als „ausreichend“ gewertet.

Noch größere Abweichungen zeigt Müncheberg (hellblau): Das östliche Nebenmaximum fehlt, dafür finden sich zwei Nebenmaxima aus Norden und Nordosten; dazu die starken Anteile aus Süd bis Südsüdwest. Müncheberg wird, wenn auch knapp, als nicht mehr geeignet angesehen.

Somit sind aus Sicht der Windrichtungsverteilung die Stationen Berlin-Schönefeld und Lindenberg gut für eine Übertragung geeignet. Tempelhof und Tegel stimmen noch ausreichend mit der EAP überein. Müncheberg ist für eine Übertragung nicht geeignet.

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 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
Berlin-Schöneberg	++++
Lindenberg	++++
Berlin-Tempelhof	++
Berlin-Tegel	++
Müncheberg	-

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.

Für die EAP werden in 14,7 m Höhe von den beiden hier herangezogenen Modellen folgende mittleren Windgeschwindigkeiten erwartet:

Tabelle 6: EAP-Geschwindigkeiten verschiedener Modelle

Modell	Geschwindigkeit [m/s]
diagnostisch	4,38
TRY	5,06
Mittelwert	4,72

Beiden Modellen wird an dieser Stelle gleiches Gewicht beigemessen, weshalb als beste Schätzung für die mittlere Windgeschwindigkeit an der EAP im Weiteren der Mittelwert 4,7 m/s zu Grunde gelegt wird.

Dem kommen die Werte von Berlin-Tempelhof und Lindenberg mit 4,7 m/s bzw. 4,8 m/s (auch wieder bezogen auf 14,7 m Höhe und die EAP-Rauigkeit von 0,39 m) sehr nahe. Sie zeigen eine Abweichung von nicht mehr als $\pm 0,5$ m/s, was eine gute Übereinstimmung bedeutet.

Berlin-Schönefeld und Berlin-Tegel liegen mit Werten von 3,9 m/s und 4,1 m/s noch innerhalb einer Abweichung von $\pm 1,0$ m/s, was noch eine ausreichende Übereinstimmung darstellt.

Die Station Müncheberg liegt mit 3,2 m/s deutlich darunter und außerhalb von $\pm 1,0$ m/s Abweichung und ist nicht mehr als übereinstimmend anzusehen.

Aus Sicht der Windgeschwindigkeitsverteilung sind also Berlin-Tempelhof und Lindenberg gut für eine Übertragung geeignet. Berlin-Schönefeld und Berlin-Tegel zeigen eine noch ausreichende Übereinstimmung. Müncheberg 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
Berlin-Tempelhof	++
Lindenberg	++
Berlin-Schönefeld	+
Berlin-Tegel	+
Müncheberg	-

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
Lindenberg	+++++	++++	++
Berlin-Schönefeld	++++	++++	+
Berlin-Tempelhof	++++	++	++
Berlin-Tegel	+++	++	+
Müncheberg	-	-	-

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 Lindenberg die beste Eignung für eine Übertragung befunden wurde. Es sind darüber hinaus auch keine weiteren Kriterien bekannt, die einer Eignung dieser Station entgegenstünden.

Lindenberg wird demzufolge für eine Übertragung ausgewählt.

5 Beschreibung der ausgewählten Wetterstation

Die zur Übertragung ausgewählte Station Lindenberg befindet sich am nordöstlichen Rand der Ortschaft Lindenberg, einem Ortsteil der Gemeinde Tauche im Landkreis Oder-Spree im Bundesland Brandenburg. Die Lage der Station in Brandenburg ist aus der folgenden Abbildung ersichtlich.

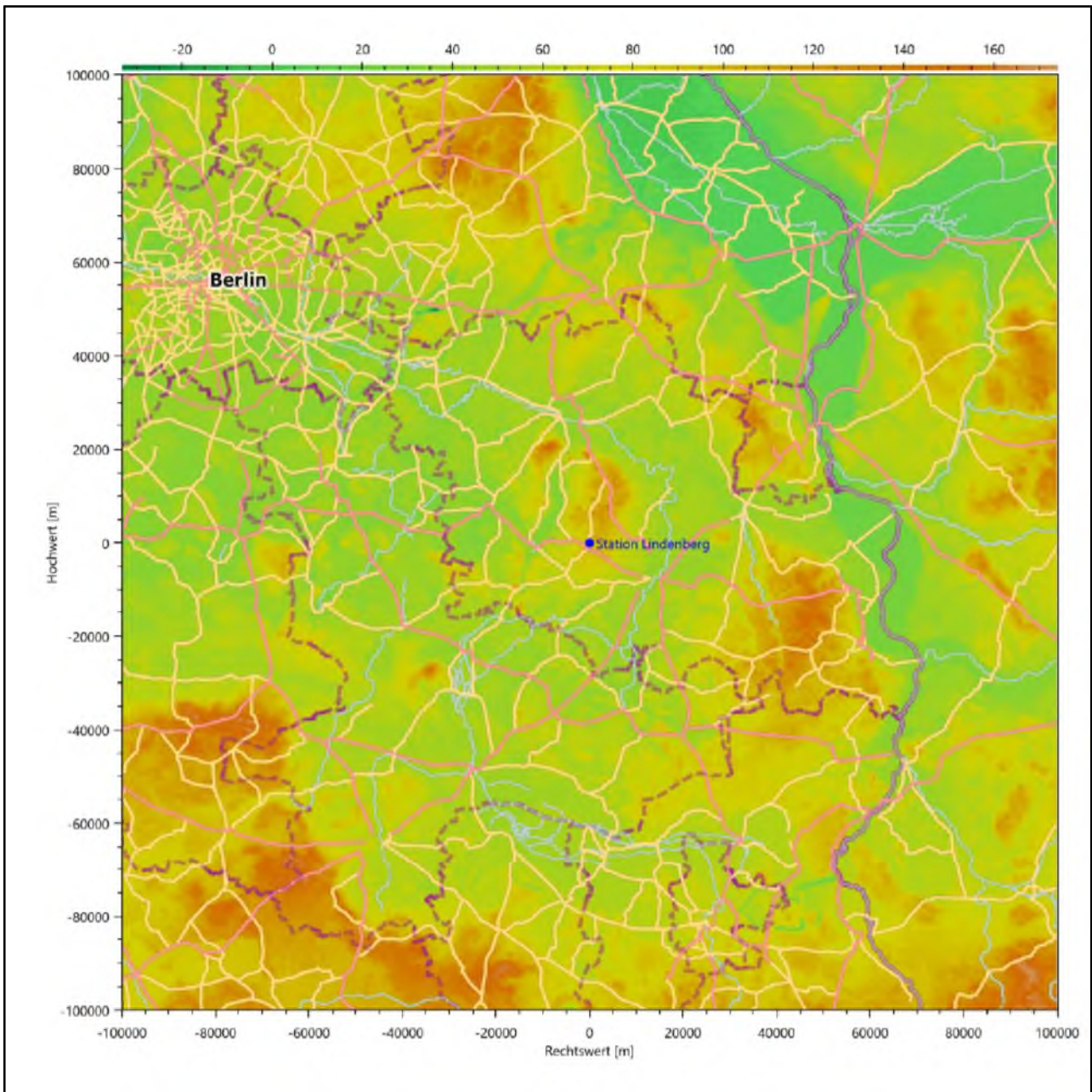


Abbildung 13: Lage der ausgewählten Station

In der folgenden Tabelle sind die Koordinaten der Wetterstation angegeben. Sie liegt 98 m über NHN. Der Windgeber war während des hier untersuchten Zeitraumes in einer Höhe von 10.4 m angebracht.

Tabelle 9: Koordinaten der Wetterstation

Geographische Länge:	14.1178°
Geographische Breite:	52.2083°

Die Umgebung der Station ist durch eine wechselnde Landnutzung geprägt. Lockere Siedlungsbebauung wechselt sich mit landwirtschaftlichen Flächen, Gewerbeflächen, Waldgebieten und kleineren Seen ab.

Eine Verteilung der Bodenrauigkeit um die Station ist aus der folgenden Abbildung ersichtlich.

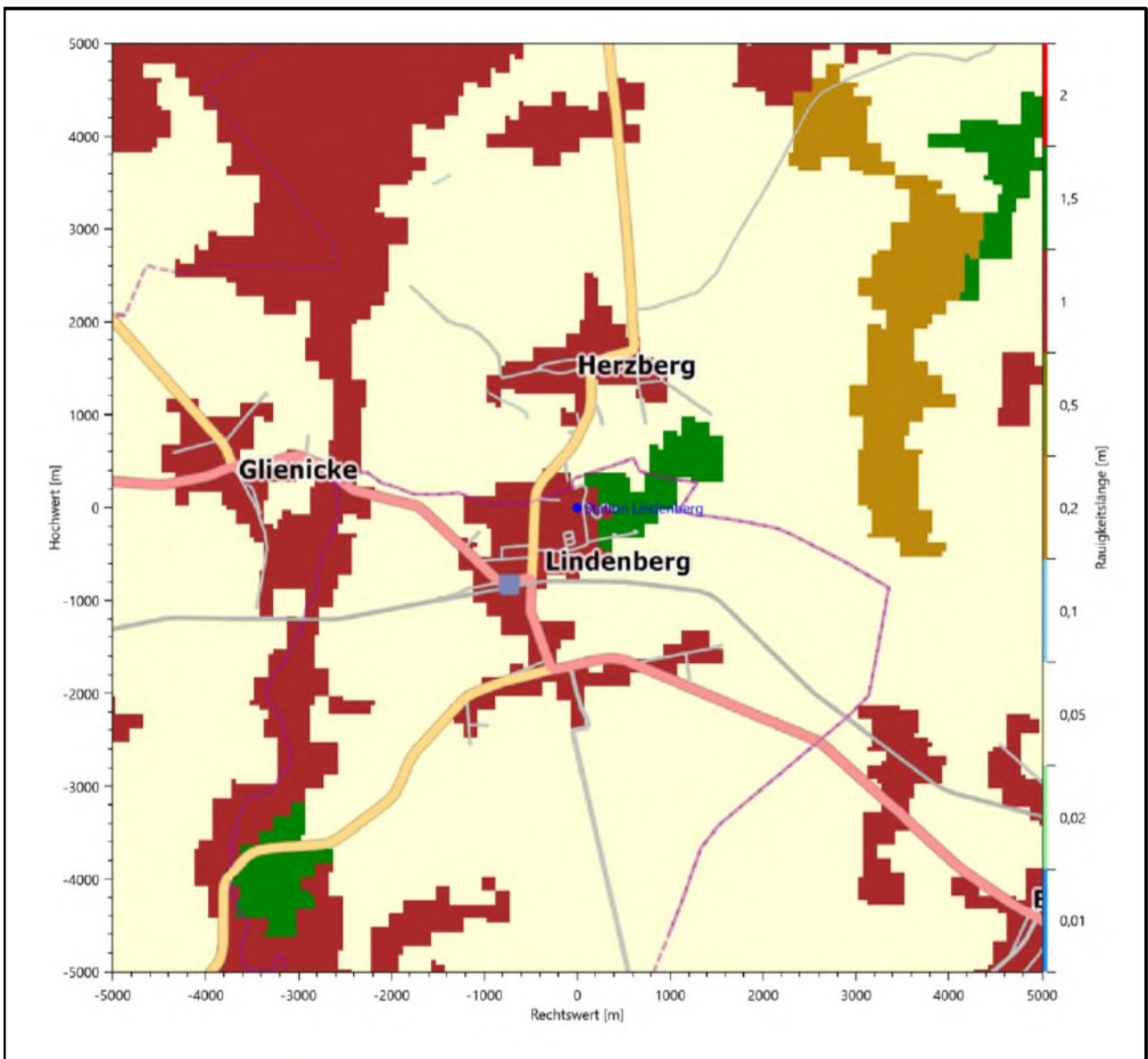


Abbildung 14: Rauigkeitslänge in Metern in der Umgebung der Station nach CORINE-Datenbank

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

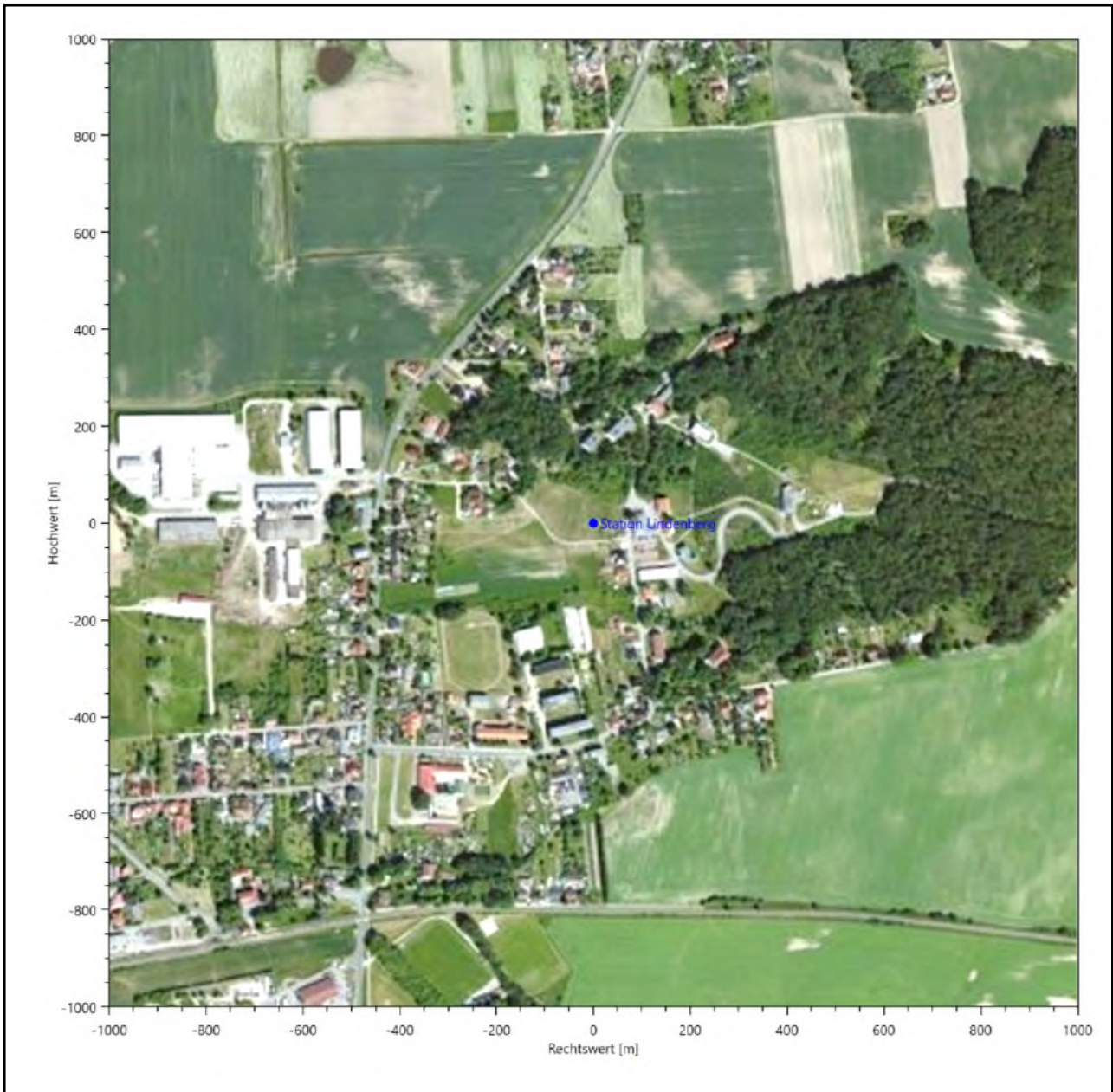


Abbildung 15: Luftbild mit der Umgebung der Messstation

Orographisch ist das Gelände geprägt durch die Lage der Station auf der Beeskower Platte, einer weitgehend geschlossenen Hochfläche. Es ist von allen Richtungen eine ungestörte Anströmung möglich. Die nachfolgende Abbildung verschafft einen Überblick über das Relief.

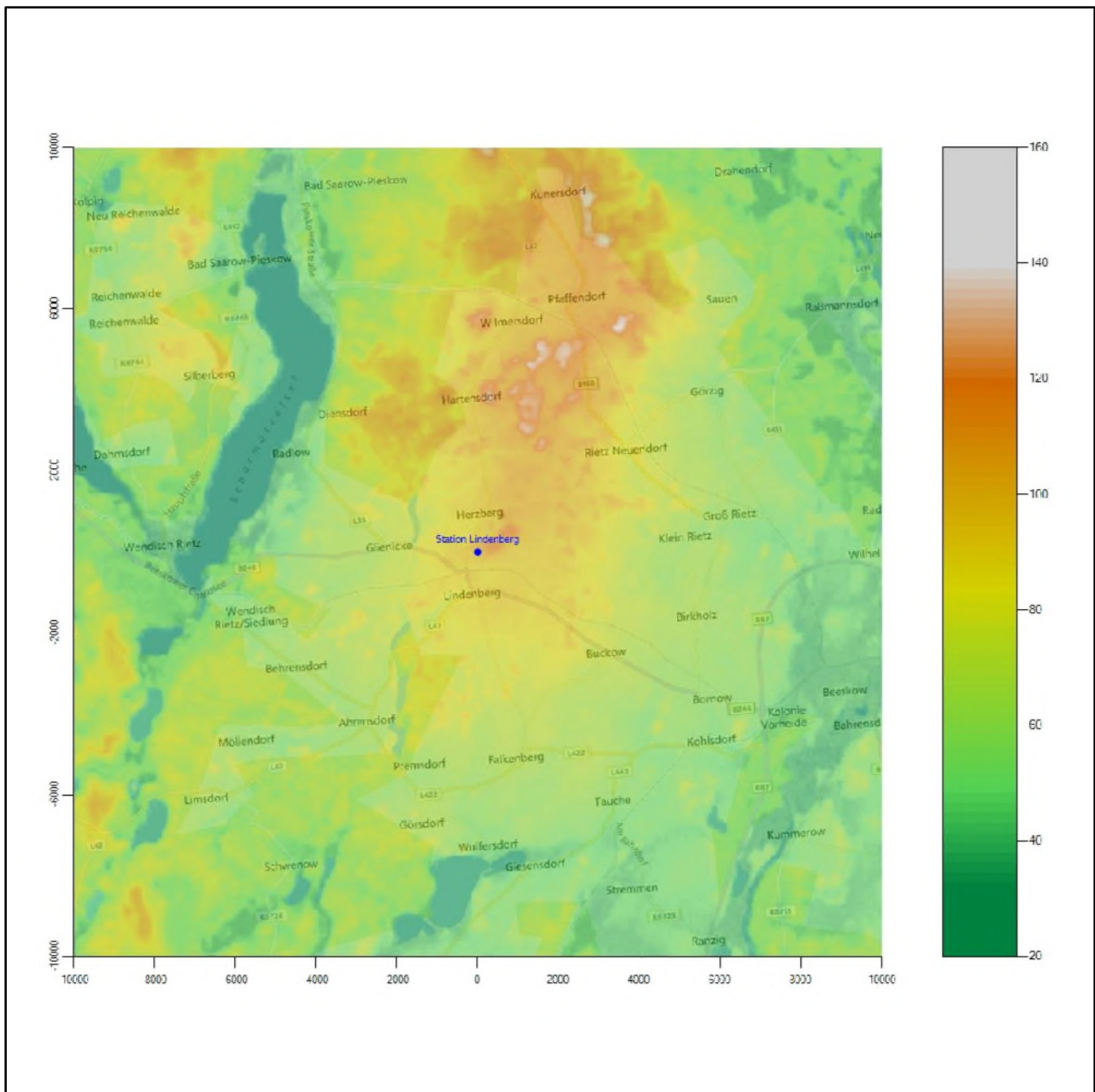


Abbildung 16: Orographie um den Standort der Wetterstation

6 Bestimmung eines repräsentativen Jahres

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

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

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

6.1 Bewertung der vorliegenden Datenbasis und Auswahl eines geeigneten Zeitraums

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

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

Eine analoge Prüfung wird anhand der Windgeschwindigkeitsverteilung durchgeführt, wobei eine Aufteilung auf die Geschwindigkeitsklassen der TA Luft, Anhang 3, Tabelle 18 [10] erfolgt. Schließlich wird auch die Verteilung der Ausbreitungsklassen im zeitlichen Verlauf über den Gesamtzeitraum untersucht.

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

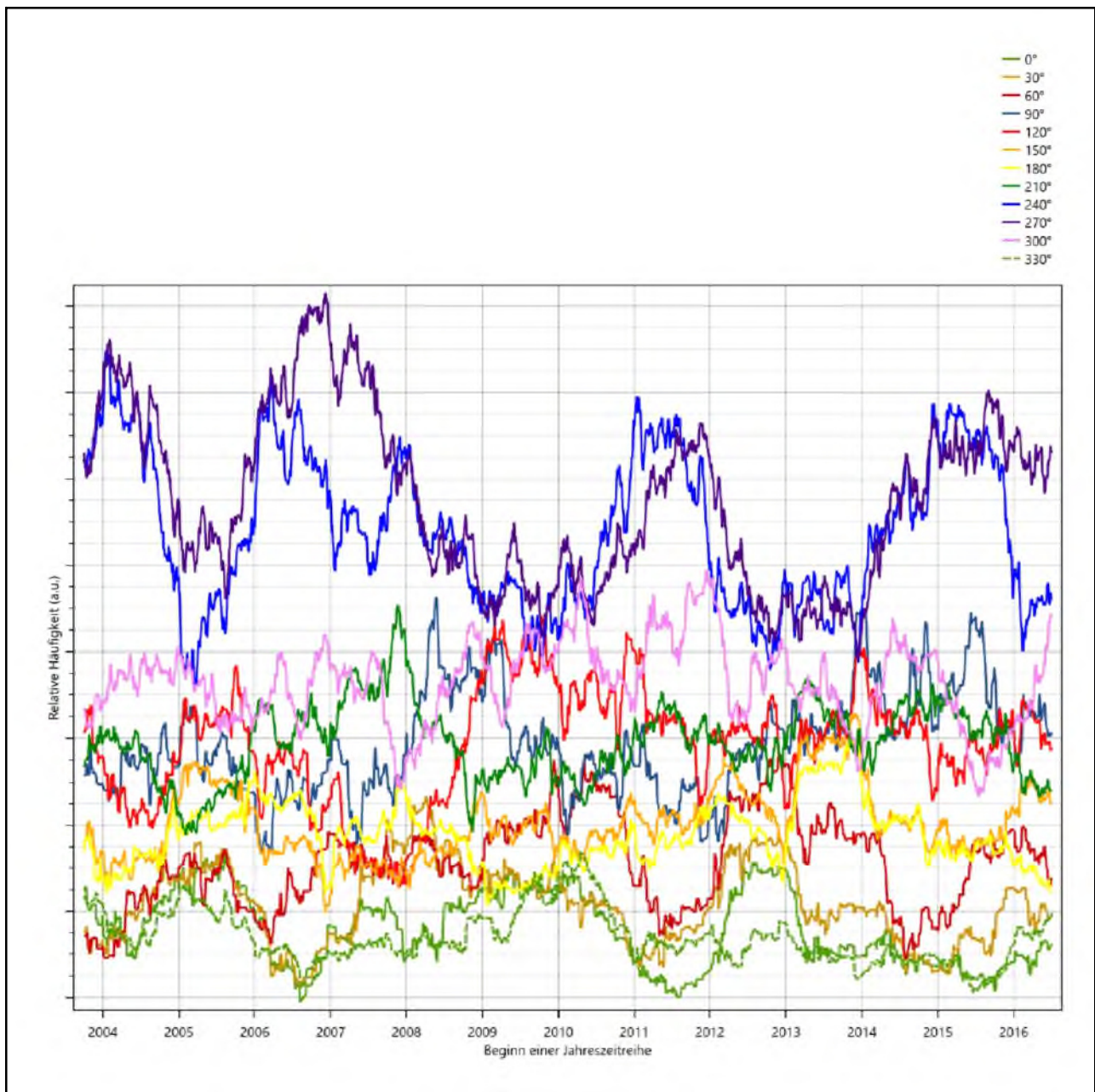


Abbildung 17: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmesstation anhand der Windrichtungverteilung

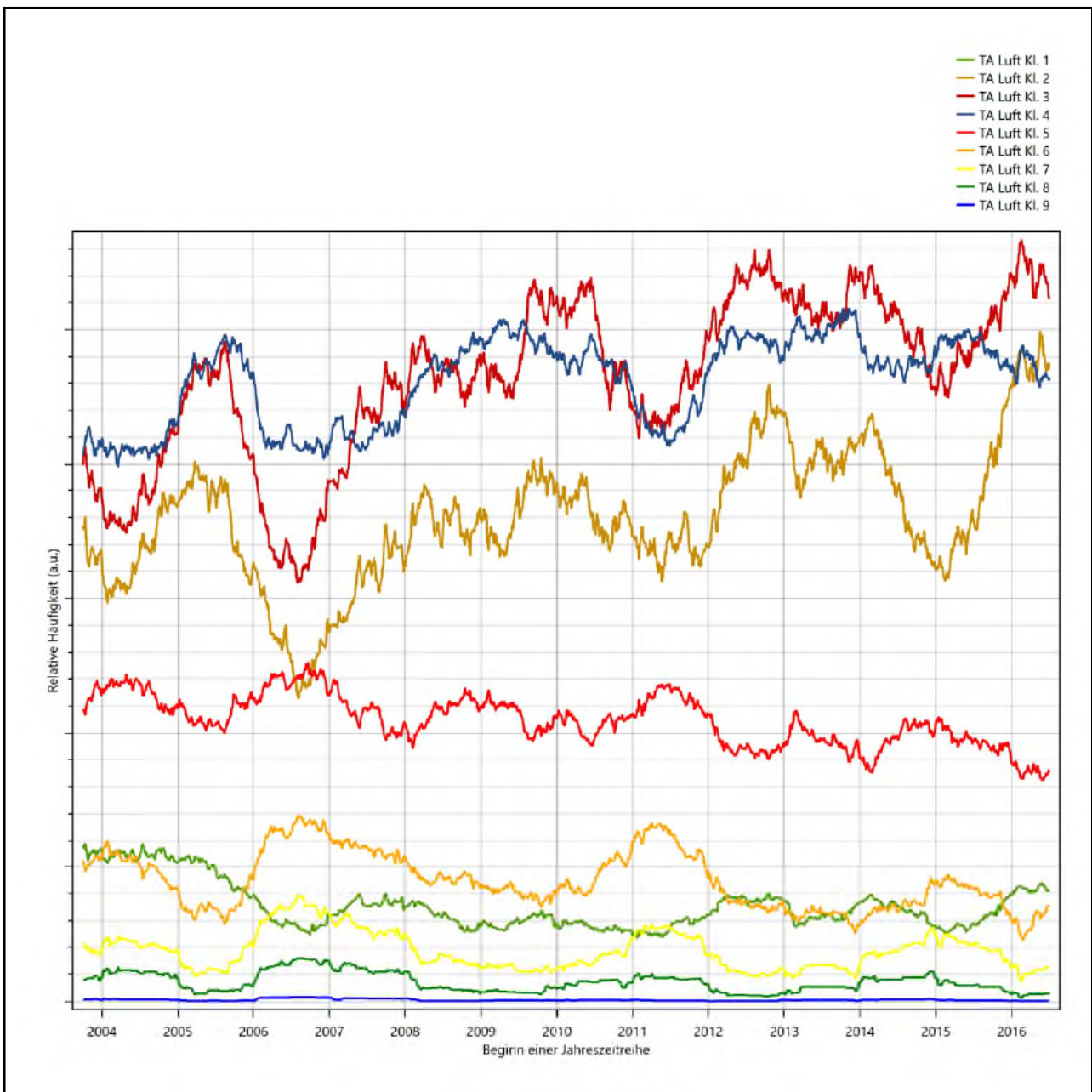


Abbildung 18: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmesstation anhand der Windgeschwindigkeitsverteilung

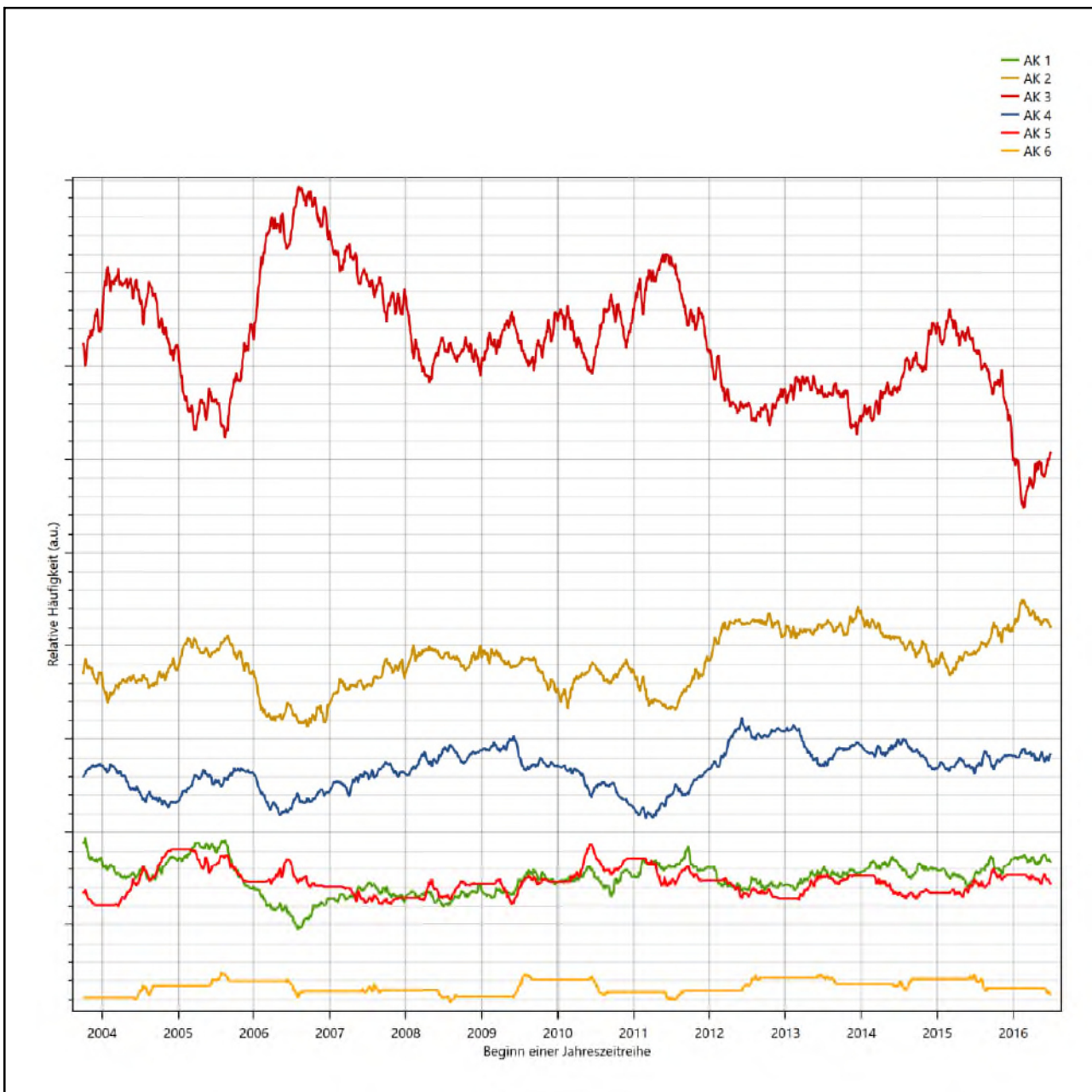


Abbildung 19: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmesstation anhand der Verteilung der Ausbreitungsklasse

Für die Bestimmung eines repräsentativen Jahres werden Daten aus einem Gesamtzeitraum mit einheitlicher Höhe des Messwertgebers vom 03.10.2003 bis zum 30.06.2017 verwendet.

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

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

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

Bei der Suche nach einem repräsentativen Jahr werden dabei alle Zeiträume untersucht, die an den einzelnen Tagen des Gesamtzeitraumes beginnen, jeweils 365 Tage lang sind und bei denen ausreichend Messdaten verfügbar sind. Die Einzelzeiträume müssen dabei nicht unbedingt einem Kalenderjahr entsprechen. Eine Veröffentlichung dazu [11] hat gezeigt, dass bei tageweise gleitender Auswahl des Testdatensatzes die Ergebnisse hinsichtlich der zeitlichen Repräsentativität besser zu bewerten sind als mit der Suche nur nach Kalenderjahren.

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

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

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

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

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

Als Ergebnis dieser Untersuchungen stehen für die einzelnen Testzeiträume jeweils vier Zahlenwerte zur Verfügung, die anhand der Verteilung von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Ausbreitungsklasse und der Richtung von Nacht- und Schwachwinden die Ähnlichkeit des Testzeitraumes mit dem Gesamtzeitraum ausdrücken. Um daran eine abschließende Bewertung vornehmen zu können, werden die vier Werte ge-

wichtet addiert, wobei die Windrichtung mit 0,46, die Windgeschwindigkeit mit 0,24, die Ausbreitungsklasse mit 0,25 und die Richtung der Nacht- und Schwachwinde mit 0,15 gewichtet wird. Die Wichtefaktoren wurden aus der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [7] entnommen. Als Ergebnis erhält man einen Indikator für die Güte der Übereinstimmung eines jeden Testzeitraumes mit dem Gesamtzeitraum.

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

Dabei werden nur die Zeitpunkte graphisch dargestellt, für die sich in Kombination mit Messungen der Bedeckung eine Jahreszeitreihe bilden lässt, die mindestens eine Verfügbarkeit von 90 % hat. Zeiträume mit unvollständiger Bedeckungsinformation würden grau dargestellt, im vorliegenden Fall gab es solche jedoch nicht.

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 11.11.2005, was als Beginn des repräsentativen Jahres angesehen werden kann. Die repräsentative Jahreszeitreihe läuft dann bis zum 11.11.2006.

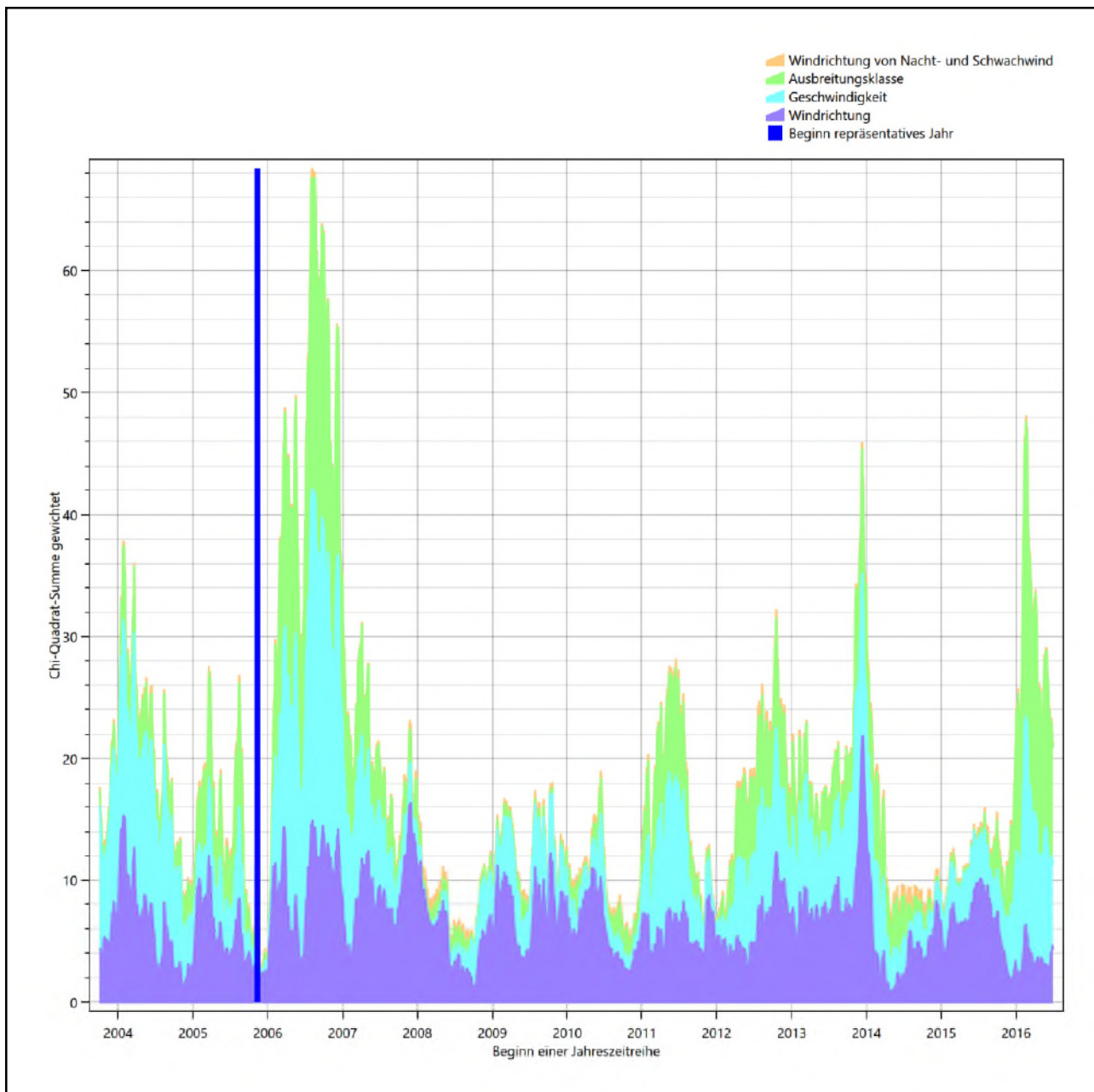


Abbildung 20: Gewichtete χ^2 -Summe und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum

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

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

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

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

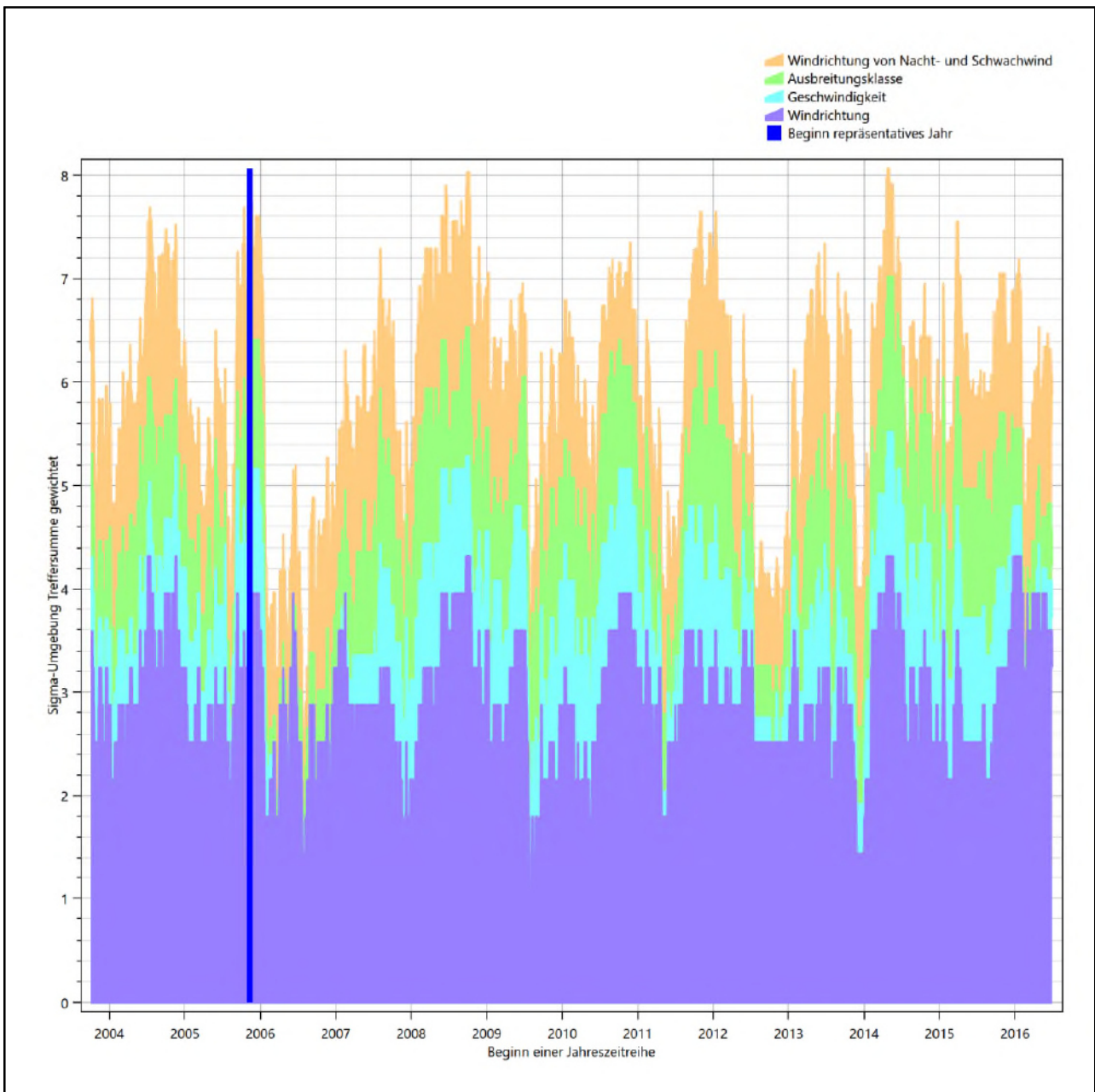


Abbildung 21: Gewichtete σ -Umgebung-Treffersumme und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum

Erfahrungsgemäß wird für das aus dem χ^2 -Test gefundene repräsentative Jahr vom 11.11.2005 bis zum 11.11.2006 nicht auch immer mit dem Maximum der gewichteten σ -Umgebung-Treffersumme zusammen-

fallen. Im vorliegenden Fall lässt sich jedoch für das repräsentative Jahr feststellen, dass 98 % aller untersuchten Einzelzeiträume eine schlechtere σ -Umgebung-Treffersumme aufweisen. Dies kann als Bestätigung angesehen werden, dass das aus dem χ^2 -Test gefundene repräsentative Jahr als solches verwendet werden kann.

6.3 Prüfung auf Plausibilität

Der im vorigen Schritt gefundene Testzeitraum mit der größten Ähnlichkeit zum Gesamtzeitraum erstreckt sich vom 11.11.2005 bis zum 11.11.2006. 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.

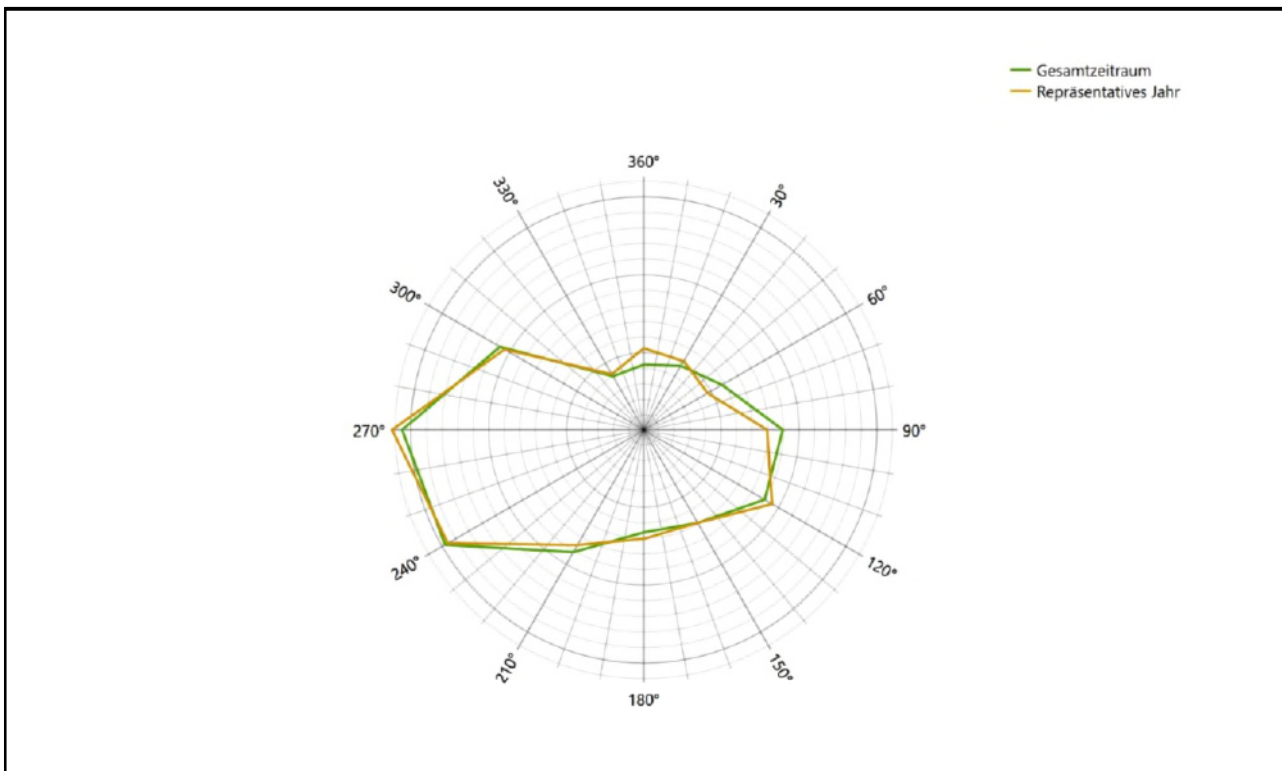


Abbildung 22: Vergleich der Windrichtungsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

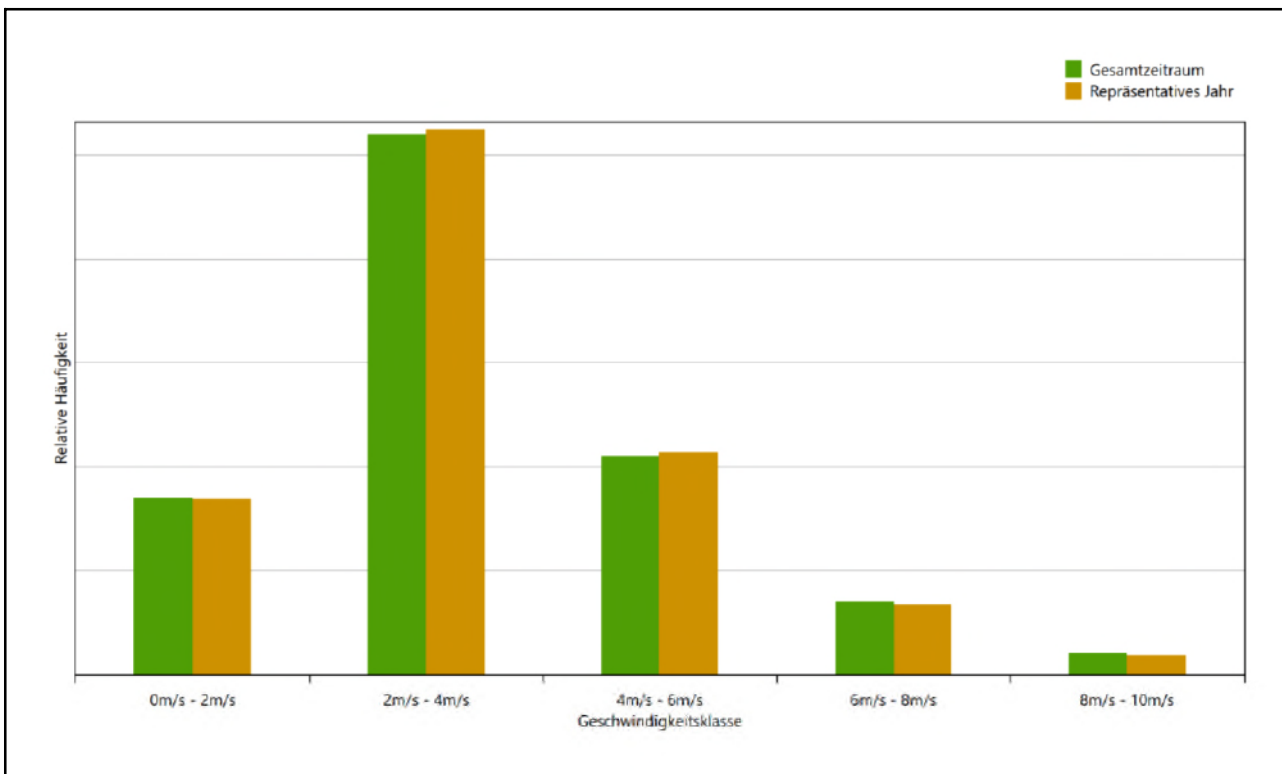


Abbildung 23: Vergleich der Windgeschwindigkeitsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

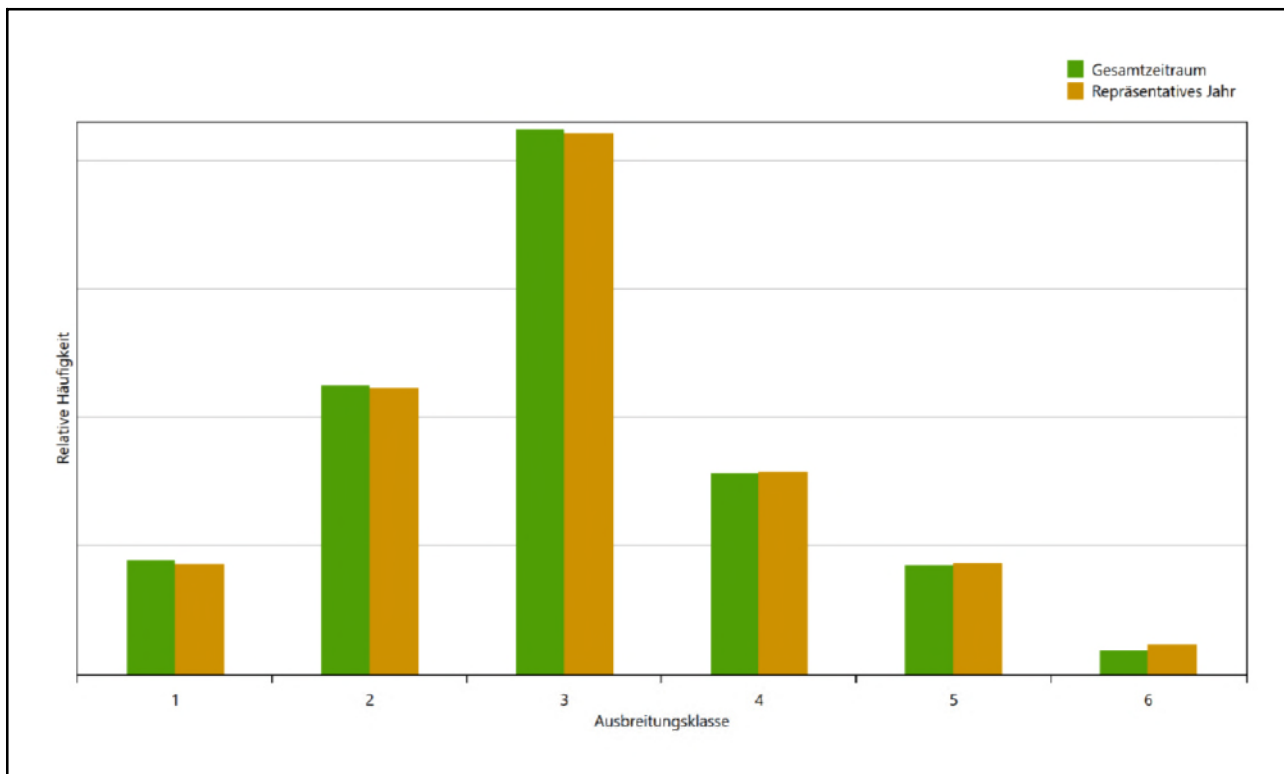


Abbildung 24: Vergleich der Verteilung der Ausbreitungsklasse für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

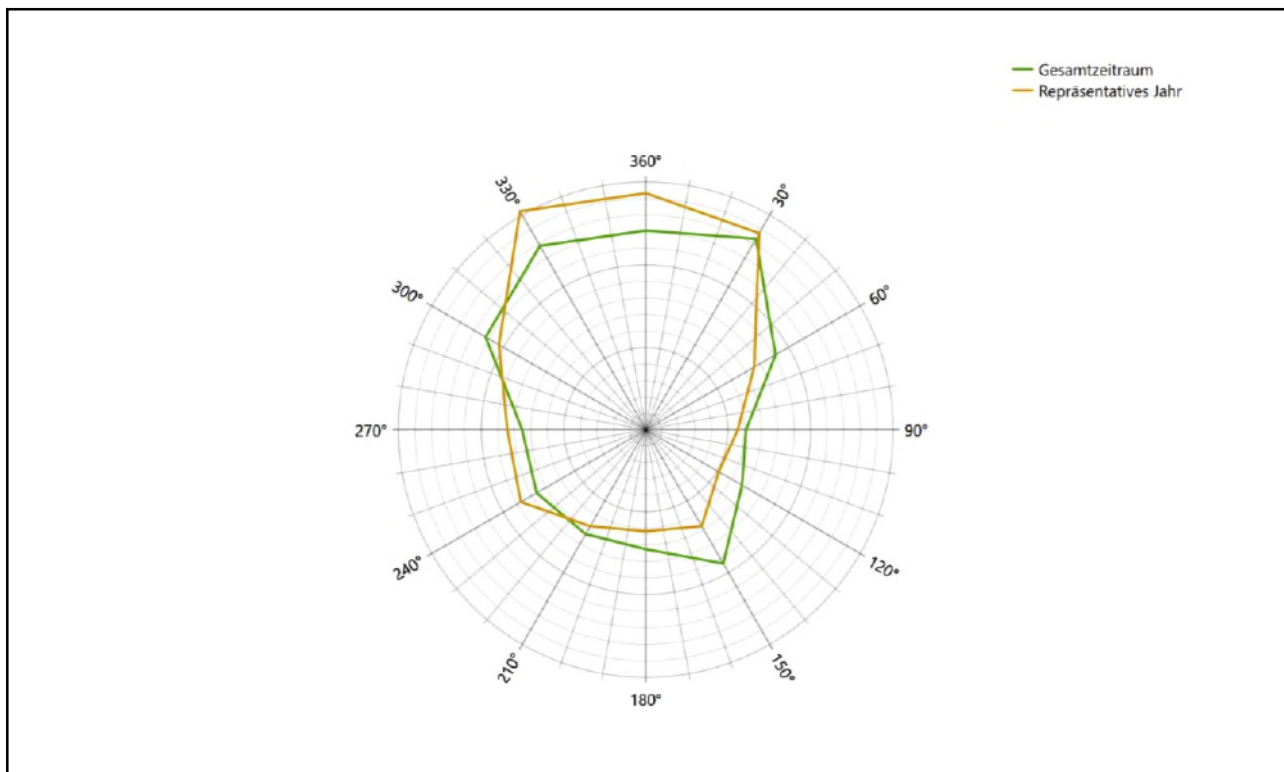


Abbildung 25: Vergleich der Richtungsverteilung von Nacht- und Schwachwinden für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

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 11.11.2005 bis zum 11.11.2006 ein repräsentatives Jahr für die Station Lindenberg im betrachteten Gesamtzeitraum vom 03.10.2003 bis zum 30.06.2017 ist.

7 Beschreibung der Datensätze

7.1 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 Lindenberg) 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 Lindenberg 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 Lindenberg ergibt das im betrachteten Zeitraum vom 03.10.2003 bis zum 30.06.2017 einen Wert von 0,66 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 Lindenberg

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	4,6	8,6	14,0	18,9	23,3

7.2 Ausbreitungsklassenzeitreihe

Aus den Messwerten der Station Lindenberg für Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Bedeckung wurde eine Ausbreitungsklassenzeitreihe gemäß den Vorgaben der TA Luft in Anhang 3 Ziffer 8 [10] 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 Jahrestunden betragen. Im vorliegenden Fall wurde eine Verfügbarkeit von 97 % bezogen auf das repräsentative Jahr vom 11.11.2005 bis zum 11.11.2006 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 1,4 km östlich des Standortes (Rechtswert: 33423264, Hochwert: 5816864) geprüft. Dieser Punkt wurde mit einem Rechenverfahren ermittelt und es empfiehlt sich, diesen Punkt auch als Ersatzanemometerposition bei der Ausbreitungsrechnung zu verwenden. Dadurch erhalten die meteorologischen Daten einen sachgerecht gewählten Ortsbezug im Rechengebiet der Ausbreitungsberechnung.

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

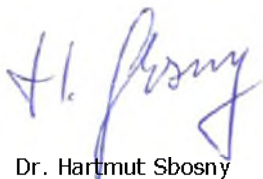
Für den zu untersuchenden Standort bei Herzfelde wurde überprüft, ob sich die meteorologischen Daten einer oder mehrerer Messstationen des Deutschen Wetterdienstes zum Zweck einer Ausbreitungsberechnung nach Anhang 3 der TA Luft übertragen lassen.

Als Ersatzanemometerposition empfiehlt sich dabei ein Punkt mit den UTM-Koordinaten 33423264, 5816864.

Von den untersuchten Stationen ergibt die Station Lindenberg 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 03.10.2003 bis zum 30.06.2017 das Jahr vom 11.11.2005 bis zum 11.11.2006 ermittelt.

Frankenberg, am 26. Oktober 2017



Dr. Hartmut Sbosny
- Bearbeiter -



Dr. Ralf Petrich
- fachlich Verantwortlicher -

10 Prüfliste für die Übertragbarkeitsprüfung

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

Abschnitt in VDI 3783 Blatt 20	Prüfpunkt	Entfällt	Vorhanden	Abschnitt/ Seite im Dokument
5	Allgemeine Angaben			
	Art der Anlage		<input checked="" type="checkbox"/>	1 / 5
	Lage der Anlage mit kartografischer Darstellung		<input checked="" type="checkbox"/>	2.1 / 6
	Höhe der Quelle(n) über Grund und NHN		<input checked="" type="checkbox"/>	1 / 5
	Angaben über Windmessstandorte verschiedener Messnetzbetreiber und über Windmessungen im Anlagenbereich		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 14
	Besonderheiten der geplanten Vorgehensweise bei der Ausbreitungsrechnung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Angaben zu Bezugswindstationen			
	Auswahl der Bezugswindstationen dokumentiert (Entfernungsangabe, gegebenenfalls Wegfall nicht geeigneter Stationen)		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 14
	Für alle Stationen Höhe über NHN		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 16
	Für alle Stationen Koordinaten		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 16
	Für alle Stationen Windgeberhöhe		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 16
	Für alle Stationen Messzeitraum und Datenverfügbarkeit		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 16
	Für alle Stationen Messzeitraum zusammenhängend mindestens 5 Jahre lang		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 16
	Für alle Stationen Beginn des Messzeitraums bei Bearbeitungsbeginn nicht mehr als 15 Jahre zurückliegend		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 16
	Für alle Stationen Rauigkeitslänge		<input checked="" type="checkbox"/>	4.3 / 23
	Für alle Stationen Angaben zur Qualitätssicherung vorhanden		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 14...19
	Lokale Besonderheiten einzelner Stationen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 14...19
6	Prüfung der Übertragbarkeit			
6.2.1	Zielbereich bestimmt und Auswahl begründet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.3 / 12
6.2.2	Erwartungswerte für Windrichtungsverteilung im Zielbereich bestimmt und nachvollziehbar begründet		<input checked="" type="checkbox"/>	4.3 / 19...23
6.2.2	Erwartungswerte für Windgeschwindigkeitsverteilung im Zielbereich bestimmt und nachvollziehbar begründet		<input checked="" type="checkbox"/>	4.3 / 19...23
6.2.3.2	Messwerte der meteorologischen Datenbasis auf einheitliche Rauigkeitslänge und Höhe über Grund umgerechnet		<input checked="" type="checkbox"/>	4.3 / 19...23
6.2.3.1	Abweichung zwischen erwartetem Richtungsmaximum und Messwert der Bezugswindstationen ermittelt und mit 30° verglichen		<input checked="" type="checkbox"/>	4.4 / 23

Abschnitt in VDI 3783 Blatt 20	Prüfpunkt	Entfällt	Vorhanden	Abschnitt/ Seite im Dokument
6.2.3.2	Abweichung zwischen Erwartungswert des vieljährigen Jahresmittelwerts der Windgeschwindigkeit und Messwert der Bezugswindstationen ermittelt und mit $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ verglichen		<input checked="" type="checkbox"/>	4.5 / 24
6.1	Als Ergebnis die Übertragbarkeit der Daten einer Bezugswindstation anhand der geprüften Kriterien begründet (Regelfall) oder keine geeignete Bezugswindstation gefunden (Sonderfall)		<input checked="" type="checkbox"/>	4.6 / 25
6.3	Sonderfall			
	Bei Anpassung gemessener meteorologischer Daten: Vorgehensweise und Modellansätze dokumentiert und deren Eignung begründet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Bei Anpassung gemessener meteorologischer Daten: Nachweis der räumlichen Repräsentativität der angepassten Daten	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.4	Repräsentatives Jahr			
	Bei Auswahl eines repräsentativen Jahres: Auswahlverfahren dokumentiert und dessen Eignung begründet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.2 / 35
	Bei Auswahl eines repräsentativen Jahres: Angabe, ob bei Auswahl auf ein Kalenderjahr abgestellt wird oder nicht (beliebiger Beginn der Jahreszeitreihe)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.2 / 35
	Bei Auswahl eines repräsentativen Jahres: Messzeitraum mindestens 5 Jahre lang und bei Bearbeitungsbeginn nicht mehr als 15 Jahre zurückliegend	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6.1 / 31
7.1	Erstellung des Zieldatensatzes			
	Anemometerhöhen in Abhängigkeit von den Rauigkeitsklassen nach TA Luft in Zieldatensatz integriert		<input checked="" type="checkbox"/>	7.1 / 43
	Bei Verwendung von Stabilitätsinformationen, die nicht an der Bezugswindstation gewonnen wurden: Herkunft der Stabilitätsinformationen dokumentiert und deren Eignung begründet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7.1 / 43
	Sonstiges			
7.2	Bei Besonderheiten im Untersuchungsgebiet: Hinweise für die Ausbreitungsrechnung und Angaben, unter welchen Voraussetzungen die Verwendung der bereitgestellten meteorologischen Daten zu sachgerechten Ergebnissen im Sinne des Anhangs zur Ausbreitungsrechnung der TA Luft führt	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8 / 44

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] 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.
- [4] Lasat 3.3, „Ing.-Büro Janicke,“ 1998-2013. [Online]. Available: <http://www.janicke.de/de/lasat.html>.
- [5] 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.
- [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] Deutscher Wetterdienst, „Handbuch Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere, extreme und zukünftige Witterungsverhältnisse,“ Offenbach, 2014.
- [9] Deutscher Wetterdienst, „TRY - Die neuen Testreferenzjahre für Deutschland,“ 2017. [Online]. Available: http://www.dwd.de/DE/leistungen/testreferenzjahre/try_zu-bbsr.html. [Zugriff am 31. Januar 2017].
- [10] TA Luft - Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, *Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz*, vom 24. Juli 2002 (GMBI. Nr. 25 - 29 vom 30.07.2002 S. 511); in aktueller Fassung.
- [11] 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.
- [12] metSoft GbR, Dr. Klaus Bigalke, Dipl.-Ing. Matthias Rau, Dr. Christoph Winkler, „Meteorologische Software,“ [Online]. Available: <http://www.metsoft.de/>. [Zugriff am 2016].
- [13] Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, „Synthetische Windstatistiken Baden-Württemberg Hinweise für Anwender,“ Februar 2007. [Online]. Available: http://www.metcon-umb.de/uploads/media/hinweise_fuer_anwender.pdf. [Zugriff am 2016].
- [14] 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.