

Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf (Haldenerweiterung Hattorf) - Phase 3

Band 3.22E3 der Antragsunterlage: Fachgutachten

Gutachterliche Stellungnahme über die Emissionen und Immissionen (Staub) durch die Erweiterung der Halde am Standort Hattorf Phase 3

Vorhabenträger:

K+S Minerals and Agriculture GmbH
Werk Werra, Standort Hattorf
Hattorfer Straße
36269 Philippsthal



Verfasser:

TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG
Geschäftsstelle Hannover
Am TÜV 1
30519 Hannover

Impressum

Fassung vom 01.06.2023

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. (BA) Dirk Herzig

Telefon: + 49 511/998 - 61523

e-Mail: dherzig@tuev-nord.de

Web: www.tuev-nord.de

Ergebnisse im Überblick:

- Die Untersuchung zeigt, dass die Immissions(grenz)werte zum Schutz der menschlichen Gesundheit für Feinstaub PM_{10} von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $PM_{2,5}$ von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und der Immissionswert zum Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Staubbiederschlag von $0,35 \text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ sowie die untersuchten Inhaltsstoffe unabhängig von der Betriebsphase der Halde eingehalten werden.
- Bei den Berechnungen werden zwei Varianten untersucht, die sich unterschiedlich auf die Immissionsorte auswirken können, nämlich der Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke und bei geringer Höhe an der südlichen Flanke.
- Der Immissionswert zum Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Staubbiederschlag von $0,35 \text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ wird unter den zugrunde gelegten Emissionsrandbedingungen (siehe Kap. 6) für das Szenario Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke für einen Bereich an der Nordseite der Halde nicht eingehalten. Dennoch steht bei den ermittelten Staubbiederschlagdepositionen auch weiterhin einer Nutzung als Wirtschaftswald und als Ackerland aus Sicht des Sachverständigen nichts entgegen.
- Aufgrund der Nähe zum besonders schützenswerten FFH-Gebiet wurde im südlichen Nahbereich der Halde vorsorglich eine Sonderfallprüfung nach Kap. 4.8, TA Luft, für Staubbiederschlag durchgeführt, die aus Sicht des Bearbeiters keine erhebliche Belästigung oder Nachteile hervorruft. Auf Basis des aktuellen Kenntnisstands kann angenommen werden, dass die Werte auch in Phase 3 im Vergleich zum Ist-Zustand ein ähnliches Niveau aufweisen werden. Diese Bewertung basiert auf der Auswertung der Immissionsmessergebnisse im Umfeld der Rückstandshalde, der betrieblichen Praxis für den Haldenbetrieb und der Nutzung der Flurstücke. Die Messergebnisse geben damit auch den Hinweis, dass die berücksichtigten Randbedingungen der Ausbreitungsberechnungen konservativ sind.

Hannover, 01.06.2023
TNUC-H / DHZ

**Gutachterliche Stellungnahme
über die Emissionen und Immissionen (Staub)
durch die Erweiterung der Halde
am Standort Hattorf
Phase 3
Version 3**

Auftraggeber: K+S Minerals and Agriculture GmbH
Postfach 1163
36267 Phillipsthal, Werra

TÜV-Auftrags-Nr.: 8000675885 / 221IPG010

Umfang des Berichtes: 71 Seiten

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Dirk Herzig
Tel.: 0511/998-61523
E-Mail: dherzig@tuev-nord.de

Inhaltsverzeichnis

	Seite
0 Kurzzusammenfassung	6
1 Zusammenfassung.....	7
2 Anlass und Aufgabenstellung	9
2.1 Vorgehensweise.....	10
2.2 Verwendete Programme und Versionen.....	10
3 Anlagenbeschreibung.....	11
4 Beurteilungsgrundlage	14
4.1 Emissionsseitige Anforderungen	14
4.2 Immissionsseitige Anforderungen.....	14
4.3 Immissionswerte Mensch, Umwelt und Boden	17
5 Örtliche Verhältnisse	18
5.1 Ortsbesichtigung	18
5.2 Geländestruktur.....	18
5.3 Nutzungsstruktur	19
5.4 Immissionsorte	19
6 Immissionsprognose	22
6.1 Staubemissionen.....	22
6.2 Staubemissionen durch Umschlag	23
6.3 Staubemissionen durch Abwehung	27
6.4 Staubemissionen durch Fahrbewegungen Abdeckung.....	28
6.5 Bagatellmassenströme	31
6.6 Ausbreitungsrechnung	32
6.6.1 Beurteilungsgebiet und Rechengebiet	32
6.6.2 Quellmodellierung.....	33
6.6.3 Meteorologische Daten.....	33
6.6.4 Rauigkeitslänge	38
6.6.5 Korngrößenverteilung	38
6.6.6 Berücksichtigung von Gebäudeeinflüssen	39
6.6.7 Berücksichtigung von Geländeeinflüssen	40
6.7 Immissionszusatzbelastung.....	42
6.7.1 Auswertung an den Immissionsorten	42
6.7.2 Darstellung der räumlichen Verteilung der Jahresmittelwerte	48
6.7.3 Schutzgut Boden - Nahbereich	51
6.8 Immissionsvorbelastung.....	54
6.9 Immissionsgesamtbelastung	58
6.10 Sonderfallprüfung Staubbiederschlag.....	60
7 Quellenverzeichnis	63
8 Anhang 1: Protokolldatei	65

9	Anhang 2: Bestimmung eines repräsentativen Jahres nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft.....	69
10	Anhang 3: Auswahl der Anemometerposition für die prognostischen Windfeldbibliotheken für den Standort Hattorf	70
11	Anhang 4: Prognostischen Windfeldbibliothek für den Bereich Hattorf	71

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 4-1:	Das Haldenmaterial enthält laut Betreiberangabe die folgenden Inhaltsstoffe:	15
Tabelle 4-2:	Mittlere Gehalte von Inhaltsstoffen im Gesamtrückstand:	16
Tabelle 4-3:	Immissionswerte für die Gesamtbelastung der Konzentration (Jahresmittelwerte)	17
Tabelle 4-4:	Immissionswerte für die Gesamtbelastung der Deposition (Jahresmittelwert) 18	
Tabelle 6-1:	Parameter gemäß VDI 3790, Blatt 3, Aggregatdaten, Stoffeigenschaften.....	24
Tabelle 6-2:	Emissionsfaktoren beim Umschlag (Gesamt-Staub) – über Haldenkante	24
Tabelle 6-3:	Emissionsfaktoren beim Umschlag (Gesamt-Staub) – auf Haldentop	25
Tabelle 6-4:	Emissionsfaktoren beim Umschlag (Gesamt-Staub) – über Haldenkante Abwurfhöhe 14 m	25
Tabelle 6-5:	Emissionsfaktoren beim Umschlag (Gesamt-Staub) – auf Haldentop	27
Tabelle 6-6:	Ermittlung der verkehrsbedingten Emissionsfaktoren für den innerbetrieblichen Fahrweg zwischen Lager- und Umschlagsfläche und Einbauort Dumper, unbefestigte Wege	29
Tabelle 6-7:	Berücksichtigte Wegstrecken beim innerbetrieblichen Verkehr	31
Tabelle 6-8:	Vergleich der diffusen Emissionen Haldenbetrieb mit den Bagatellmassenströmen der TA Luft (10 % Prozent Wert der Tabelle 7)	31
Tabelle 6-9:	Gitterstruktur der Ausbreitungsrechnung	32
Tabelle 6-10:	Abraumprobe Hattorf, Staubungszahlen gemäß DIN 55992, Blatt 1	38
Tabelle 6-11:	Korngrößenverteilung der Staubemissionen	39
Tabelle 6-12:	Jahresmittelwerte der Zusatzbelastung Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der <i>südlichen Flanke</i>	43
Tabelle 6-13:	Jahresmittelwerte der Zusatzbelastung Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der <i>westlichen Flanke</i>	45
Tabelle 6-14:	Immissionskenngrößen für Feinstaub (PM ₁₀) der Vorbelastungsmessung für das Werk Werra.....	55
Tabelle 6-15:	Immissionskenngrößen für Staubniederschlag (STN) der Vorbelastungsmessung für das Werk Werra.....	55
Tabelle 6-16:	Immissionskenngrößen für Cadmium im Staubniederschlag (STN) der Vorbelastungsmessung für das Werk Werra.....	56
Tabelle 6-17:	Jahresmittelwerte der Gesamtbelastung.....	59

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 3-1:	Grundfläche des zukünftigen Haldenkörpers – Haldenerweiterung Phase 1 bis 3.....	13
Abbildung 5-1:	Immissionsorte BuP_1 bis BuP_2a	20
Abbildung 5-3:	Immissionsorte BuP_3 bis BuP_5	20
Abbildung 5-4:	Immissionsorte BuP_6 bis BuP_7	21
Abbildung 6-1:	Relative Häufigkeiten der Windrichtungen und -geschwindigkeitsklassen an der Station Frankenberg-Geismar für das Jahr 2016 36	
Abbildung 6-2:	Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeits- und Ausbreitungsklassen an der Station Frankenberg-Geismar für das Jahr 2016 37	
Abbildung 6-3:	Anemometerstandort (blau) der prognostischen Windfeldbibliothek und der Ausbreitungsrechnung.....	41
Abbildung 6-4:	Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung (Konzentration) von PM ₁₀ durch den Haldenbetrieb in µg/m ³ , Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke	48
Abbildung 6-5:	Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung von Staubbiederschlag durch den Haldenbetrieb in g/(m ² ·d), Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke.....	49
Abbildung 6-6:	Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung der Cadmium Deposition durch den Haldenbetrieb in µg/(m ² ·d), Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke.....	49
Abbildung 6-7:	Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung (Konzentration) von PM ₁₀ durch den Haldenbetrieb der Anlage in µg/m ³ , Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke	50
Abbildung 6-8:	Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung von Staubbiederschlag durch den Haldenbetrieb in g/(m ² ·d), Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke	50
Abbildung 6-9:	Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung der Cadmium Deposition durch den Haldenbetrieb in µg/(m ² ·d), Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke	51
Abbildung 6-10:	Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung von Staubbiederschlag durch den Haldenbetrieb in µg/(m ² ·d), Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke – Nahbereich BUP_7 52	
Abbildung 6-11:	Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung der Cadmium Deposition durch den Haldenbetrieb in µg/(m ² ·d), Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke – Nahbereich BUP_7	52
Abbildung 6-12:	Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung von Staubbiederschlag durch den Haldenbetrieb in g/(m ² ·d), Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke - Nahbereich.....	53

Abbildung 6-13:	Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung der Cadmium Deposition durch den Haldenbetrieb in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$, Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke – Nahbereich Nord	53
Abbildung 6-14:	Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung der Cadmium Deposition durch den Haldenbetrieb in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$, Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke – Nahbereich Süd.....	54
Abbildung 6-15 :	Lage der Messstellen.....	57

0 Kurzzusammenfassung

Im Rahmen der Stellungnahme werden die im Zuge der Haldenerweiterung Phase 3 in der Umgebung zu erwartenden Staubimmissionen und Immissionen von Staubinhaltsstoffen untersucht. Dabei werden Feinstaub (PM_{10}), der Feinstaubpartikel mit Durchmessern bis $10\text{ }\mu\text{m}$ und Feinstaub ($PM_{2,5}$) mit Feinstaubpartikel mit Durchmessern bis $2,5\text{ }\mu\text{m}$ betrachtet für die Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt sind, Cadmium (Cd) für das ein Immissionswert zum Schutz von Boden sowie Staubbiederschlag, für den ein Immissionswert zum Schutz vor erheblichen Nachteilen bzw. Belästigungen existiert.

Hinsichtlich der derzeitigen Luftbelastung liegen Immissionsmessungen aus dem Jahr 2011/2012 vor. Bezüglich zwischenzeitlich genehmigter Anlagenänderungen am Standort Hattorf konnte auf eine Prognose der zusätzlichen Staubbelastung zurückgegriffen werden.

Der zukünftige Staub-Immissionsbeitrag durch den Haldenbetrieb wird anhand von Ausbreitungsrechnungen gemäß der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) ermittelt. Dafür sind als Eingangsgrößen die durch den Haldenbetrieb zu erwartenden Staub-Emissionen erforderlich. Diese werden mit Emissionsfaktoren berechnet, die neben der Staubneigung des Umschlaggutes auch die Technik der Umschlaggeräte und die Umschlagsmengen berücksichtigen.

Aus diesen Unterlagen wird die Gesamtbelastung an Staub in der Umgebung gebildet.

Der Immissionswert zum Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Staubbiederschlag von $0,35\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ wird unabhängig von der Betriebsphase der Halde eingehalten. Unabhängig von der Einhaltung des Immissionswertes für Staubbiederschlag wurde eine Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft durchgeführt.

Die Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft für Staubbiederschlag im Nahbereich der Halde ergibt, aus Sicht des Bearbeiters, dass keine erhebliche Belästigung oder Nachteil hervorgerufen wird. Diese Bewertung basiert auf der Auswertung der Immissionsmessergebnisse im Umfeld der Rückstandshalde und der betrieblichen Praxis für den Haldenbetrieb. Die getroffene Einschätzung gilt unabhängig von der Berechnungsvariante.

Die Untersuchungen zeigen, dass die Immissions(grenz)werte zum Schutz der menschlichen Gesundheit für Feinstaub PM_{10} von $40\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ und Feinstaub $PM_{2,5}$ von $25\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem untersuchten Inhaltsstoff Cadmium von $5\text{ ng}/\text{m}^3$ sowie $2\text{ }\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ unabhängig von der Betriebsphase der Halde eingehalten werden.

1 Zusammenfassung

Die K+S Minerals and Agriculture GmbH (Vorhabenträgerin; vormals K+S KALI GmbH; nachfolgend: K+S) betreibt in ihrem Werk Werra mit den Standorten Hattorf und Wintershall in Hessen sowie Unterbreizbach in Thüringen die Gewinnung und Aufbereitung von Kalirohsalzen. Die unter Tage abgebauten Rohstoffe werden zu Kali- und Magnesiumprodukten verarbeitet, die weltweit als landwirtschaftliche Düngemittel sowie als Grundstoffe für die chemische und pharmazeutische Industrie Verwendung finden.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, das Ende 2024 die Gesamtfläche der neuen beantragten Erweiterungsfläche für Phase 2 von ca. 10,8 ha belegt sein wird. Die hier gegenständliche, im Rahmen einer 4. Planänderung, beantragte Zulassung der Phase 3 umfasst somit die Entsorgung der festen bergbaulichen Abfälle ca. ab Anfang 2025 einschließlich aller mit dieser Entsorgung zusammenhängenden vor- und nachlaufenden sowie begleitenden infrastrukturellen und betrieblichen Maßnahmen.

Die TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG wurde im Rahmen des Genehmigungsverfahrens mit einer Untersuchung der im Zuge der Haldenerweiterung Phase 3 in der Umgebung zu erwartenden Staubimmissionen und Immissionen von Staubinhaltsstoffen beauftragt. Die Immissionen von Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$), Cadmium (Cd) und Staubbiederschlag (STN) werden an den nächstliegenden relevanten Immissionsorten anhand von Ausbreitungsrechnungen gemäß der Neufassung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft /1/ ermittelt.

Hinsichtlich der derzeitigen Luftbelastung liegen Immissionsmessungen aus dem Jahr 2011/2012 vor /23/. Bezüglich zwischenzeitlich genehmigter Anlagenänderungen am Standort Hattorf konnte auf eine Prognose der zusätzlichen Staubbbelastung /24/ zurückgegriffen werden.

Der zukünftige Staub-Immissionsbeitrag durch den Haldenbetrieb wird anhand von Ausbreitungsrechnungen gemäß der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft /1/ ermittelt. Da das implementierte Windfeldmodell für die Steilheit der Halde nicht validiert ist, wurde ein sogenanntes prognostisches Windfeldmodell eingesetzt. Für die verwendeten meteorologischen Daten liegt ein Standortgutachten des Deutschen Wetterdienstes vor.

Für die Ausbreitungsrechnungen sind als Eingangsgrößen die durch den Haldenbetrieb zu erwartenden Staub-Emissionen erforderlich. Diese werden mit Emissionsfaktoren berechnet, die neben der Staubneigung des Umschlaggutes auch die Technik der Umschlaggeräte und die Umschlagsmengen berücksichtigen /9/. Bei den Berechnungen werden zwei Varianten untersucht, die sich unterschiedlich auf die Immissionsorte auswirken können, nämlich der Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke und bei geringer Höhe an der südlichen Flanke.

Aus den Ergebnissen der Immissionsmessungen Jahr 2011/2012, der Prognose /24/ und dem berechneten Immissionsbeitrag des geplanten Haldenbetriebs wird die Gesamtbelastung gebildet.

Der Immissionswert zum Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Staubbiederschlag von $0,35 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ wird unabhängig von der Betriebsphase der Halde eingehalten. Unabhängig von der Einhaltung des Immissionswertes für Staubbiederschlag wurde eine Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft durchgeführt.

Die Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft für Staubbiederschlag im Nahbereich der Halde ergibt, aus Sicht des Bearbeiters, dass keine erhebliche Belästigung oder Nachteil hervorgerufen wird. Diese Bewertung basiert auf der Auswertung der Immissionsmessergebnisse im Umfeld der Rückstandshalde und der betrieblichen Praxis für den Haldenbetrieb. Die getroffene Einschätzung gilt unabhängig von der Berechnungsvariante.

Sowohl die Immissionsmessungen zur Vorbelastung als auch die Ergebnisse aus dem laufenden Monitoring im Messnetz der Vorhabensträgerin zeigen, dass der Immissionswert für Staubbiederschlag eingehalten wird.

Die Untersuchungen zeigen, dass die Immissions(grenz)werte zum Schutz der menschlichen Gesundheit für Feinstaub PM_{10} von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und Feinstaub $PM_{2,5}$ von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem untersuchten Inhaltsstoff Cadmium von $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ sowie $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ unabhängig von der Betriebsphase der Halde eingehalten werden.

.....

Dipl.-Ing. Dirk Herzig

Sachverständiger der TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG

2 Anlass und Aufgabenstellung

Die K+S Minerals and Agriculture GmbH (Vorhabenträgerin; vormals K+S KALI GmbH; nachfolgend: K+S) betreibt in ihrem Werk Werra mit den Standorten Hattorf und Wintershall in Hessen sowie Unterbreizbach in Thüringen die Gewinnung und Aufbereitung von Kalirohsalzen. Die unter Tage abgebauten Rohstoffe werden zu Kali- und Magnesiumprodukten verarbeitet, die weltweit als landwirtschaftliche Düngemittel sowie als Grundstoffe für die chemische und pharmazeutische Industrie Verwendung finden.

Im Juni 2023 wird die gemäß dem Planfeststellungsbeschluss vom 10.10.2018 (Az.: 34/HEF-76 d 40-11-314-30/717) für die Erweiterung der ESTA-Rückstandshalde Hattorf, Phase 1, aus dem Jahr 2018 genehmigte Haldenfläche voraussichtlich erschöpft sein. Zur Sicherung der Produktion am Standort Hattorf bis voraussichtlich Ende des Jahres 2024 wurde daher am 01.07.2021 die ehemalige Phase 2 der Haldenerweiterung in zwei weitere eigenständige Abschnitte im Sinne des § 52 Abs. 2b BBergG, nämlich in die Phasen 2 und 3, aufgespalten und gleichzeitig die Zulassung des Rahmenbetriebsplans in Gestalt der 3. Planänderung für eine Erweiterung der bestehenden ESTA-Rückstandshalde in der neuen Phase 2 beantragt.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, das Ende 2024 die Gesamtfläche der neuen beantragten Phase 2 von ca. 10,8 ha belegt sein wird. Die hier gegenständliche, im Rahmen einer 4. Planänderung, beantragte Zulassung der Phase 3 umfasst somit die Entsorgung der festen bergbaulichen Abfälle ca. ab Anfang 2025 einschließlich aller mit dieser Entsorgung zusammenhängenden vor- und nachlaufenden sowie begleitenden infrastrukturellen und betrieblichen Maßnahmen. Die Entsorgung der aufgrund der Rückstandsauflösung anfallenden flüssigen Rückstände ist darüber hinaus Gegenstand gesonderter wasserrechtlicher Verfahren. Gegenstand des in Phase 3 (4. Planänderung) beantragten Vorhabens ist eine Haldenaufstandsfläche von ca. 24,5 ha sowie der angrenzende permanente Haldenrandstreifen für die Infrastruktur, der gegenüber dem planfestgestellten Endzustand der Haldenerweiterung Phase 1 mit einer Breite von ca. 65 m unverändert bleibt. Für den nördlich gelegenen Anbindungsbereich an die Erweiterungsfläche der Phase 2 erfolgte im Rahmen der 3. Planänderung für Phase 2 für den Aufbau und Betrieb der bauseitig notwendigen Infrastruktur (Befahrungswege, Baustellen-einrichtungs- und temporäre Lagerflächen) die Beantragung der Inanspruchnahme eines ca. 55 m breiten Randstreifens. Mit planmäßiger Anbindung der hier gegenständlichen Phase 3 an die in Genehmigung befindliche Phase 2, wird dieser 55 m breite Randstreifen aus Phase 2 nach vorherigem Rückbau der Infrastruktur und Errichtung des Systems Basisabdichtung überschüttet und wird zur Aufstandsfläche der Phase 3.

Ebenso ist die Umsetzung einer dauerhaften Haldenabdeckung auf den Plateauflächen der Haldenerweiterung Phase 1, 2 und 3 auf einer Fläche von ca. 30 ha Gegenstand der Zulassung der Phase 3 im Rahmen der 4. Planänderung. Diese mittel- bis langfristige Maßnahme trägt maßgeblich zur Minimierung der Auswirkungen der Haldenerweiterung Hattorf durch Reduzierung der Restinfiltration und der anfallenden Haldenwässer bei.

Die gegenständliche Erweiterungsfläche befindet sich im Bundesland Hessen nahe der Landesgrenze zu Thüringen, in der Gemarkung Hohenroda. Sie liegt südlich der Werra und südlich der Ortslage Röhrigshof in der Nähe der Einmündung der Ulster in die Werra. Westlich des Standorts verläuft von Südwesten nach Nordosten der Zellersbach der bei Röhrigshof in die Werra mündet. Die Rückstandshalde liegt auf dem nach Süden ansteigenden Gelände des Werratal.

Die TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG wurde im Rahmen des Genehmigungsverfahrens mit einer Untersuchung der im Zuge der Haldenerweiterung Phase 3 in der Umgebung zu erwartenden Staubimmissionen und Immissionen von Staubinhaltsstoffen beauftragt. Die Immissionen von Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$), Cadmium (Cd) und Staubbiederschlag (STN) werden an den nächstliegenden relevanten Immissionsorten anhand von Ausbreitungsrechnungen gemäß der Neufassung der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft /1/ ermittelt.

2.1 Vorgehensweise

Die Stellungnahme umfasst folgende Arbeitsschritte:

- Besichtigung des Anlagenstandortes, der Ausbreitungswege und der Immissionsorte,
- Berechnung der zu erwartenden Emissionen von Staub durch die geplante Erweiterung der Haldenfläche anhand von Emissionsfaktoren,
- Prognose der Immissions-Gesamtzusatzbelastung durch Ausbreitungsrechnungen mit dem Programm LASAT (Version 3.4.24) in einer AUSTAL-konformen Konfiguration. Nachfolgend werden die Begriffe Gesamtzusatzbelastung und Zusatzbelastung gleichgesetzt.

2.2 Verwendete Programme und Versionen

Die Ermittlung der Immissions-Zusatzbelastung durch die Anlage erfolgt nach Anhang 2 der TA Luft. Es wurde mit dem Programmsystem AUSTAL/LASAT mit der AUSTAL-Version 3.1 und der LASAT-Version 3.4.24 gerechnet.

In Austal/LASAT werden punktförmige Partikel, die einen Spurenstoff repräsentieren, auf ihrem Weg durch die Atmosphäre simuliert. Die Partikel bewegen sich mit der mittleren Strömung und werden dabei zusätzlich dem Einfluss der Turbulenz ausgesetzt. Die Geschwindigkeit, mit der die Partikel transportiert werden, setzt sich zusammen aus der mittleren Windgeschwindigkeit, der Turbulenzgeschwindigkeit und der Zusatzgeschwindigkeit. Mit der Zusatzgeschwindigkeit kann u. a. die Sedimentationsgeschwindigkeit berücksichtigt werden.

Austal/LASAT kann beliebig viele Emissionsquellen mit unterschiedlichen Quellgeometrien (Punkt-, Linien-, Flächen- und Volumenquellen) zeitabhängig verarbeiten. Die Ausbreitungsrechnung kann sowohl in einem ebenen Gelände als auch in gegliedertem Gelände und unter Gebäudeeinflüssen durchgeführt werden. Für komplexes Gelände und Situationen, in denen - wie im vorliegenden Fall - Gebäudeeffekte zu berücksichtigen sind, ist dem Partikelmodell ein diagnostisches Windfeldmodell vorgeschaltet.

Austal/LASAT kann darüber hinaus Deposition und Sedimentation berechnen.

Die Konzentrationsverteilung des untersuchten Stoffes wird als räumlicher und zeitlicher Mittelwert über ein Volumenelement eines dreidimensionalen Auszählgitters und eines Zeitintervalls berechnet. Da die Anzahl der für die Simulation verwendeten Partikel deutlich kleiner ist als die tatsächliche Anzahl von Spurenstoffteilchen, ist das Ergebnis der Ausbreitungsrechnung immer mit einer gewissen Unsicherheit (Stichprobenfehler) verbunden (VDI-Richtlinie 3945 Blatt 3 /2/). Dieser Stichprobenfehler hat nichts mit der Güte der Simulation zu tun, sondern ergibt sich aus dem statistischen Verfahren. Die gewählte Qualitätsstufe stellt auch sicher, dass die Überschreitungshäufigkeiten der Geruchsschwelle (Kenngröße gemäß Anhang 7 TA Luft) nicht unterschätzt werden.

Durch Wahl einer ausreichenden Partikelzahl (Qualitätsstufe $q_s = 1$) bei der Ausbreitungsrechnung wurde sichergestellt, dass die modellbedingte statistische Unsicherheit des Berechnungsverfahrens im vorliegenden Fall maximal 3 % der Jahresstunden beträgt. Die Anforderung nach Anhang 2, dass die statistische Streuung des berechneten Wertes beim Immissions-Jahreskennwert an allen relevanten Aufpunkten weniger als 3 vom Hundert des Jahres-Immissionswertes beträgt, ist damit erfüllt.

Die Protokolldatei zum Rechenlauf ist im Anhang zu diesem Bericht enthalten.

3 Anlagenbeschreibung

Eine Beschreibung der an dem Betriebsstandort Hattorf befindlichen Anlagen für den Haldenbetrieb kann dem Hauptbetriebsplan (HBP) des Standortes entnommen werden. Im Weiteren wird im Rahmen der vorliegenden Stellungnahme auf eine Anlagenbeschreibung verzichtet. Es wird lediglich das Schüttverfahren bzw. die Betriebsabläufe die in Phase 3 angewendet bzw. stattfinden werden beschrieben.

Die Entwicklung der Haldenbeschüttung in Phase 3 stellt sich wie folgt dar:

Nach erfolgter Flächenvorbereitung wird die Fläche zunächst mit einer befahrbaren Schicht aus Rückstandssalz belegt. Im Anschluss beginnt die Auffahrung der Haldenerweiterung ausgehend von der Bestandshalde auf mehreren Schütteebenen. Der Transport des Rückstands zur Erweiterungsfläche erfolgt mittels Bandanlagen von den nördlich und nordöstlich angrenzenden Haldenabschnitten der Phase 1, 2 sowie der Bestandshalde für die untere Schütteebene. Für die oberen Schütteebenen erfolgt die Beschüttung von der Bestandshalde. Diese Vorgehensweise bezieht sich sowohl auf die Erweiterungsfläche der Phase 3 als auch auf die Haldenerweiterung der Phase 2, für die mit Antrag Stand 08/2021 (3. Planänderung) zunächst nur die untere Schüttscheibe beantragt wurde und die mit im Rahmen der Phase 3 (4. Planänderung) überschüttet wird. Somit beträgt die max. Endhöhe für die gesamte Haldenerweiterung der Phasen 1, 2 und 3 520 m üNN. Die Untersuchungen und Vorgaben zum geotechnischen Nachweiskonzept/ Monitoring im Band 3.18.2E3 beziehen sich auf ein Beschüttungskonzept mit drei Schütteebenen, das auch Bestandteil des RBP und zugehörigen PFB für die Phase 1 war. Bei Vorlage entsprechender gutachterlicher Einschätzungen des geotechnischen Sachverständigen ist ggf. im Rahmen der Beschüttung der oberen Schüttscheiben eine Reduzierung auf 2 Schütteebenen möglich.

Die Beschüttung erfolgt zunächst beginnend an der Station + 1.000 entlang der Westflanke der Bestandshalde bis an die Station + 450. Mit anschließender Beschüttung in westlicher bzw. südwestlicher Richtung ist die untere Schüttscheibe nach ca. 6 Jahren bis zu einer Aufhaldungshöhe von 100 m über Grund vollständig beschüttet. Innerhalb dieses Zeitraums wird sich im Anbindungsbereich zwischen Bestandshalde und Haldenerweiterung der hydraulisch inaktive Haldenkern ausgebildet haben. Der vollständigen Beschüttung der unteren Ebene schließt sich die sukzessive Beschüttung der oberen bis zu einer Höhe von 520 m ü. NN an. Nach jetzigem Kenntnisstand ist von einer Reichweite der Erweiterung, begonnen Anfang 2025, bei Annahme einer jährlichen Aufhaldungsmenge von 7,6 Mio. t für weitere mindestens 11 Jahre, bis in das Jahr 2036 auszugehen (unter Annahme des Belassens einer 100 m breiten Berme in der Endkontur der Halde). Laufzeitänderungen können sich durch nicht absehbare, lagerstätten- bzw. produktionsbedingte Mehr- /oder Mindermengen an Rückstand ergeben. Die Laufzeit kann um ca. 2 bzw. 4 Jahre verlängert werden, wenn die Bermenbreite auf 50 m reduziert bzw. die Berme vollständig geschlossen wird. Eine Verringerung der Bermenbreite erfolgt nur dann, wenn die gutachterliche Bewertung durch einen geotechnischen Sachverständigen nachweist, dass hiermit die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit gegeben ist.

Als mittel- bis langfristige Maßnahme zur Minimierung der Auswirkungen der Haldenerweiterung Hattorf durch Reduzierung der Restinfiltration und der anfallenden Haldenwässer ist die schrittweise Errichtung einer dauerhaften Haldenabdeckung auf den Plateauflächen der Haldenerweiterung Phase 1, 2 und 3 auf einer Fläche von ca. 30 ha vorgesehen. Die Umsetzung der Plateauabdeckung für die Haldenerweiterungsfläche ist Antragsgegenstand im Verfahren zur Zulassung der Phase 3.

Die Errichtung der dauerhaften Plateauabdeckung der Haldenerweiterung Hattorf kann voraussichtlich erst nach vollständiger Beschüttung der Phase 3 und nach Ende der Hauptsetzungsereignisse in den jeweils abzudeckenden Bereichen beginnen. Die Abdeckung der Flächen der Haldenerweiterung wird wahrscheinlich Mitte der 40er Jahre realisiert werden.

Die Plateauabdeckung der Bestandshalde wird über ein separates Genehmigungsverfahren beantragt. Die Einreichung der Antragsunterlagen ist für Dezember 2021 geplant. Mit der Umsetzung soll ab dem Jahr 2022 begonnen werden.

Für die vorliegende Aufgabenstellung werden zwei Emissionssituationen mittels Ausbreitungsrechnungen untersucht:

- Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke,
- Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke.

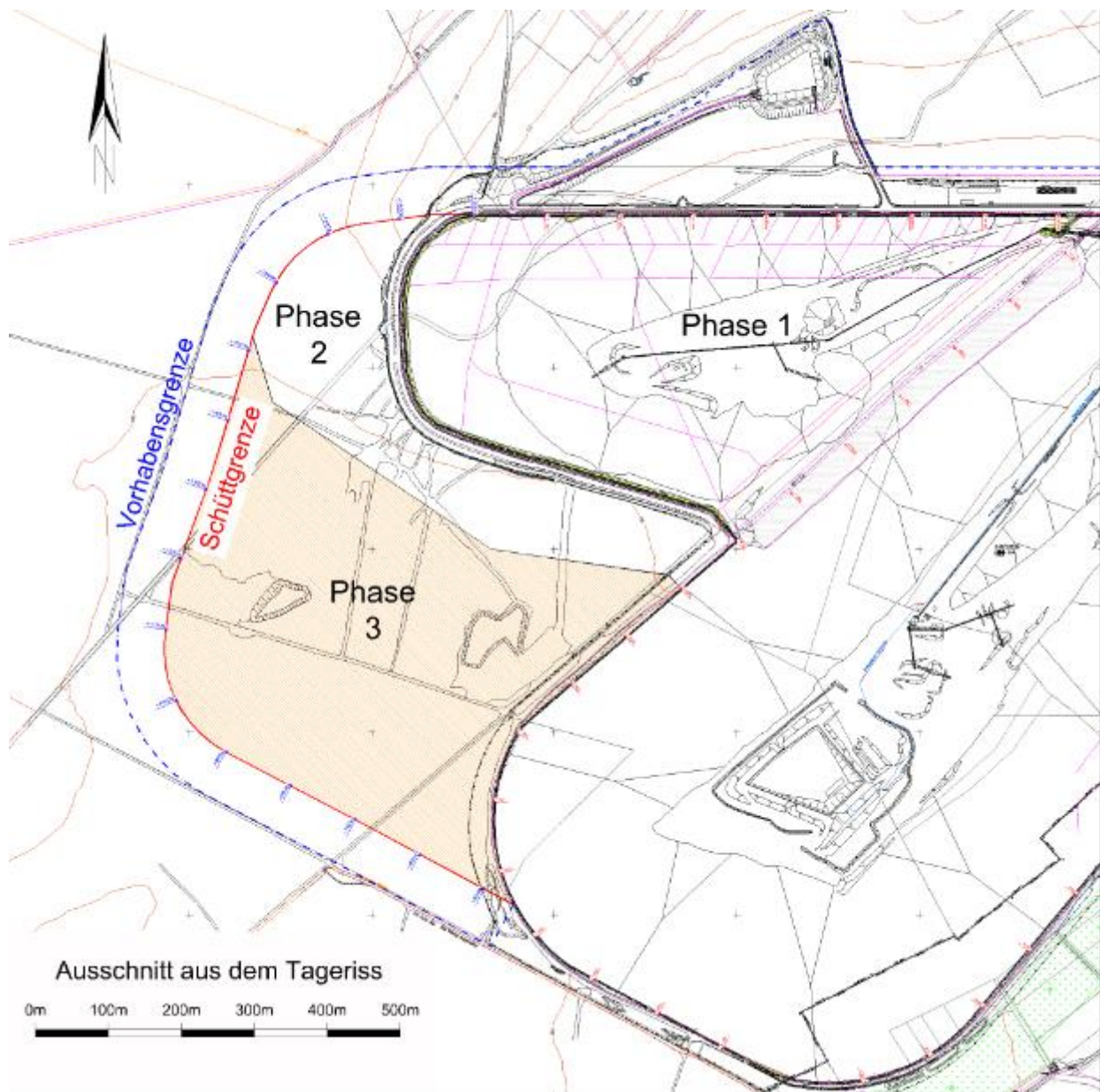


Abbildung 3-1: Grundfläche des zukünftigen Haldenkörpers – Haldenerweiterung Phase 1 bis 3

4 Beurteilungsgrundlage

Die geplante Erweiterung des Haldenbetriebs stellt nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) in Verbindung mit der 4. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz - 4. BImSchV keine genehmigungsbedürftige Anlage dar.

In den §§ 22 und 23 BImSchG sind die Pflichten und Anforderungen der Betreiber nicht genehmigungsbedürftiger Anlage benannt. In der Praxis wird daher für Fragestellungen der Luftreinhaltung u. a. die TA Luft als Erkenntnisquelle herangezogen.

In Bezug auf die eingesetzten Rohstoffe in Verbindung mit der geplanten Verfahrenstechnik muss von einer Emission von staubförmigen Stoffen ausgegangen werden.

4.1 Emissionsseitige Anforderungen

Für die diffusen Emissionen der Halde gelten grundsätzlich die allgemeinen Anforderungen zur Emissionsbegrenzung der TA Luft Nr. 5.2.3. Danach sind bei staubförmigen Emissionen bei Umschlag, Lagerung oder Bearbeitung von festen Stoffen folgende Anforderungen zu beachten:

An Anlagen, in denen feste Stoffe be- oder entladen, gefördert, transportiert, bearbeitet, aufbereitet oder gelagert werden, sollen geeignete Anforderungen zur Emissionsminderung gestellt werden, wenn diese Stoffe aufgrund ihrer Dichte, Korngrößenverteilung, Kornform, Oberflächenbeschaffenheit, Abriebfestigkeit, Scher- und Bruchfestigkeit, Zusammensetzung oder ihres geringen Feuchtegehaltes zu staubförmigen Emissionen führen können.

Bei der Festlegung dieser Anforderungen sind unter Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit insbesondere die Art und Eigenschaften und ihrer Inhaltsstoffe, z. B. mögliche Wirkungen auf Böden und Gewässer, zu beachten. Das Umschlaggerät oder das Umschlagverfahren, der Massenstrom und die Zeitdauer der Emissionen, die meteorologischen Bedingungen, die Lage des Umschlagortes (z. B. Abstand zur Wohnbebauung) sind zu berücksichtigen.

4.2 Immissionsseitige Anforderungen

Die immissionsseitige Bewertung erfolgt anhand von Immissionskenngrößen. Immissionskenngrößen kennzeichnen die Höhe der Vorbelastung, der Zusatzbelastung oder der Gesamtbelastung für den jeweiligen luftverunreinigenden Stoff. Die Kenngröße für die Vorbelastung ist die vorhandene Belastung durch einen Schadstoff. Die Kenngröße für die Zusatzbelastung ist der Immissionsbeitrag, der durch das beantragte Vorhaben hervorgerufen wird. Die Kenngröße für die Gesamtbelastung ist aus den Kenngrößen der Vorbelastung und der Zusatzbelastung zu bilden.

In der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) /1/ ist das Verwaltungshandeln im Rahmen von Genehmigungsverfahren und Überwachung von Anlagen geregelt. Insbesondere sind dort Immissionskenngrößen definiert und Immissionswerte als Bewertungsmaßstäbe festgelegt.

Die Immissionswerte der TA Luft dienen der Prüfung, ob der Schutz der menschlichen Gesundheit, der Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen und der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Deposition sichergestellt ist.

Die genannten Immissionswerte gelten für Staub ohne Berücksichtigung der Inhaltsstoffe. Der Schwebstaub, wie er auf Filtern an den Messstellen u. a. für die Vorbelastungsmessung für das Werk Werra gesammelt wurde, stellt häufig in den einzelnen Staubteilchen bereits ein Gemisch aus verschiedenen Komponenten dar. Diese Staubteilchen bestehen jeweils aus Mineralien, Verbrennungsprodukten, Salzen, z.B. Sulfaten, Schwermetallen, angelagerten Gasen. Diese sehr unterschiedlichen Zusammensetzungen aus den verschiedensten Quellen haben zur Festlegung von Immissionswerten für Staubinhaltsstoffe im Rahmen der TA Luft und der 39. BImSchV /3/ geführt. Diese Vorschriften begrenzen daher besonders toxische Bestandteile des Staubs, z.B. die Schwermetalle Blei und Cadmium.

Tabelle 4-1: Das Haldenmaterial enthält laut Betreiberangabe die folgenden Inhaltsstoffe:

Inhaltsstoff	Anteil in % (bezogen auf trockenen Rückstand)
Halit = Steinsalz (NaCl)	91
Kieserit ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	4
Anhydrit (CaSO_4), sonst. Minerale / Tone	2
Sylvin (KCl)	< 1
Carnallit ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	2
Kainit	< 1
Langbeinit	< 1

Für diese Inhaltsstoffe des Haldenmaterials sind keine Beurteilungsmaßstäbe gemäß TA Luft und anderen uns bekannten Vorschriften / Literaturquellen festgelegt, so dass im Weiteren ausschließlich Schwebstaub und Staubbiederschlag als Summenparameter beurteilt werden.

Die Betreiberin hat das Haldenmaterial auf Schwermetalle und andere Inhaltsstoffe untersucht. Die folgende Tabelle 4-2 enthält das Ergebnis der Untersuchung.

Tabelle 4-2: Mittlere Gehalte von Inhaltsstoffen im Gesamtrückstand:

Parameter	Mittelwert [g/t]
Aluminium	33,4
Arsen	0,20
Blei	0,2
Bor	3,6
Cadmium	0,20
Chrom	0,20
Cobalt	0,20
Eisen	17,0
Kupfer	0,23
Mangan	1,4
Molybdän	0,2
Nickel	0,2
Phosphor	2,0
Phosphat (berechnet)	6,01
Quecksilber	0,01
Stickstoff anorg. gesamt	6,1
Zink	0,23

Die 39. BImSchV /3/ nennt für $PM_{2,5}$ und PM_{10} im Vergleich zur TA Luft gleichlautende Immissionsgrenzwerte. In Kapitel 4 der TA Luft /1/ wird ein Immissionswert zum Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen durch Staubbiederschlag angegeben. Er ist in der folgenden Tabelle 4-4 dargestellt.

Diese Beurteilungswerte gelten für die Gesamtbelastung. Die Kenngrößen der Gesamtbelastung sind aus den Kenngrößen für die Zusatzbelastung durch die zu betrachtende Anlage und den Kenngrößen für die vorhandene Belastung zu bilden. Die Festlegung von Immissions(grenz)werten berücksichtigt einen Unsicherheitsbereich bei der Ermittlung der Kenngrößen. Die Immissionswerte gelten auch bei gleichzeitigem Auftreten sowie chemischer oder physikalischer Umwandlung der Schadstoffe.

Hinsichtlich der Stoffe, für die in den vorgenannten Vorschriften keine Festlegungen bestehen, werden Beurteilungsmaßstäbe des LAI /4/, /5/ und der World Health Organization (WHO) /6/ herangezogen.

Für Kobalt, Vanadium und Zink werden Beurteilungsmaßstäbe aus

- Eikmann et al. 2006: Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen /7/,
- Kühling und Peters 1997: Die Bewertung der Luftqualität bei Umweltverträglichkeitsprüfungen /8/,

entnommen. Für die sonstigen Stoffe (Kupfer und Phosphor), wird hilfsweise ein 1/100 des jeweiligen Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW-Wert) herangezogen.

Tabelle 4-3 und Tabelle 4-4 fasst die Beurteilungswerte (Jahresmittelwerte) zusammen, deren Beurteilungszeitraum sich auf das Jahr beziehen. Für PM₁₀ bestehen darüber hinaus zum Schutz der menschlichen Gesundheit Anforderungen an Tagesmittelwerte: Gleichlautend in TA Luft und 39. BImSchV ist ein Tagesmittelwert von 50 µg/m³ festgelegt, der bis zu 35-mal im Kalenderjahr überschritten werden darf.

Für Aluminium, Bor, Bromid, Eisen und Molybdän sind den Sachverständigen keine Immissionswerte für das Schutzgut Mensch oder Boden bekannt.

4.3 Immissionswerte Mensch, Umwelt und Boden

Tabelle 4-3: Immissionswerte für die Gesamtbelastung der Konzentration (Jahresmittelwerte)

Schadstoff		Einheit	Beurteilungswert		Bemerkungen
Feinstaub PM ₁₀	PM ₁₀	µg/m ³	40	IW, IGW	TA Luft, 39.BImSchV
Feinstaub PM _{2.5}	PM _{2.5}	µg/m ³	25	ZW	TA Luft, 39.BImSchV
Arsen	As	ng/m ³	6	ZW	39.BImSchV
Blei	Pb	ng/m ³	500	IW, IGW	TA Luft, 39.BImSchV
Cadmium	Cd	ng/m ³	5	ZW, OW	39.BImSchV, LAI 2004
Chrom (gesamt)	Cr	ng/m ³	17	OW	LAI 2004
Kobalt	Co	ng/m ³	100	OW	Eikmann et al. 2006
Kupfer	Cu	ng/m ³	1000	-	1/100 AGW-Wert
Mangan	Mn	ng/m ³	150	OW	WHO 2000
Nickel	Ni	ng/m ³	20	ZW, OW	39.BImSchV, LAI
Phosphor	P	ng/m ³	100	-	1/100 AGW-Wert (gelber oder weißer Phosphor)
Quecksilber	Hg	ng/m ³	50	OW	LAI 2004

IW: Immissionswert gemäß TA Luft,

IGW: Immissionsgrenzwert gemäß 39. BImSchV,

ZW: Zielwert gemäß 39. BImSchV,

OW: Orientierungswert für die Sonderfall-Prüfung nach Nr. 4.8 TA Luft (aus LAI 2004 bzw. darin als Erkenntnisquelle zitierter Veröffentlichung)

Tabelle 4-4: Immissionswerte für die Gesamtbelastung der Deposition (Jahresmittelwert)

Schadstoff		Einheit	Beurteilungswert		Bemerkungen
Staubniederschlag	PM	g/(m ² * d)	0,35	IW	TA Luft, SG Mensch
Arsen	As	µg/(m ² * d)	4	IW	TA Luft
Blei	Pb	µg/(m ² * d)	100	IW	TA Luft
Cadmium	Cd	µg/(m ² * d)	2	IW	TA Luft,
Chrom, gesamt	Cr	µg/(m ² * d)	82	-	BBodSchV
Kobalt	Co	µg/(m ² * d)	16	-	Kühling u. Peters 1997, SG Mensch
Kupfer	Cu	µg/(m ² * d)	99	-	BBodSchV
Mangan	Mn	µg/(m ² * d)	-	-	-
Nickel	Ni	µg/(m ² * d)	15	IW	TA Luft
Quecksilber	Hg	µg/(m ² * d)	1	IW	TA Luft
Thallium	Tl	µg/(m ² * d)	2	IW	TA Luft
Vanadium	V	µg/(m ² * d)	7	OW	Kühling u. Peters 1997, SG Mensch
Zink	Zn	µg/(m ² * d)	35	OW	Kühling u. Peters 1997, SG Mensch

IW: Immissionswert gemäß TA Luft,
 OW: Orientierungswert für die Sonderfall-Prüfung nach Nr. 4.8 TA Luft (aus LAI 2004 bzw. darin als Erkenntnisquelle zitiierter Veröffentlichung)
 SG Mensch: Schutzgut Mensch

5 Örtliche Verhältnisse

5.1 Ortsbesichtigung

Eine Ortsbesichtigung des Anlagenstandortes, der Ausbreitungswege und der Immissionsorte wurde am 22.09.2021 durchgeführt.

5.2 Geländestruktur

Philippsthal liegt zwischen den Ausläufern der Rhön und des Thüringer Waldes an der Werra. Die Ulster mündet zwischen den Ortsteilen Philippsthal und Röhrigshof in die Werra. Der tiefste Punkt des Gemeindegebietes liegt mit 212 m ü. NN in der Werraaue bei Harnrode. Der höchste Punkt liegt im Nordosten der Gemeindegemarkung auf etwa 445 m ü. NN Höhe.

Der Anlagenstandort Hattorf liegt zwischen den Ortsteilen Philippsthal und Röhrigshof. Die Halde befindet sich südlich des Anlagenstandortes Hattorf.

5.3 Nutzungsstruktur

Im direkten Umfeld der geplanten Erweiterung der Halde nördlich befinden sich forstwirtschaftliche Flächen sowie landwirtschaftliche Flächen (Acker und Wiesen), der Ortsteil Röhrigshof der Gemeinde Philippsthal und angrenzend die Werra. In dieser Richtung liegen auch die nächstgelegenen relevanten Wohnnutzungen an der Schulstraße und Überm Graben.

Östlich befindet sich die Bestandshalde, an die sich landwirtschaftliche Flächen anschließen.

In südlicher Richtung liegen direkt angrenzend forstwirtschaftliche Flächen, sowie das FFH-Gebiet Stöckig-Ruppershöhe, dann folgen landwirtschaftliche Flächen, an die die Wohnbebauung der Ortschaft Glaam angrenzt. In südöstlicher Richtung liegt zunächst Wald, dann folgt die Ortschaft Unterbreizbach.

Westlich grenzen direkt an die Erweiterungsfläche der Halde forstwirtschaftliche Flächen und daran die Nipper Straße (L3172). Im Anschluss befinden sich in erster Linie landwirtschaftliche Flächen. Der Standort Hera mit dem ausziehenden Schacht Heimboldshausen liegt ebenfalls westlich. Im direkten Umfeld des Standortes Hera befinden sich einzelne Wohnhäuser, die nördlich des Standortes an der Ausbacher Str. und der Nipper Str. zu finden sind.

Südwestlich liegt der Ortsteil Ransbach. In dieser Richtung liegen auch vereinzelt relevante Wohnbebauung das Forsthaus, die Grundmühle und die Schellmühle. Die Mühlen befinden sich an der Nipper Straße L3172 als naheliegende Immissionsorte.

5.4 Immissionsorte

Immissionsorte für das Schutzgut Mensch sind nach TA Luft alle Bereiche, in denen sich Menschen nicht nur vorübergehend aufhalten. Zur Beurteilung vom Schutzgut Boden stellen ausgewiesene Schutzgebiete Immissionsorte dar.

Der Standort der Halde vom Betriebsstandort Hattorf liegt außerhalb geschlossener Ortschaften. Die nächsten relevanten Wohnbebauungen liegen im Ortsteil Röhrigshof Schulstraße 20, Überm Graben 25 und Überm Graben 1 (BuP_1 bis BuP_2a). In der Breitzbacher Straße ist ebenfalls Wohnbebauung vorhanden.

Die Ausbreitungsrechnungen zeigen, dass die Wohnbebauung in der Breitzbacher Straße in Bezug auf die betrachteten Varianten günstiger liegt als die drei anderen Beurteilungspunkte in der Schulstraße und Überm Graben, so dass in der weiteren Untersuchung nicht näher darauf eingegangen wird.

Darüber hinaus befinden sich südwestlich der Haldenerweiterungsfläche weitere Wohnhäuser (Schellmühle, Grundmühle und Forsthaus), die außerhalb der Ortschaft Ransbach liegen und in Abbildung 5-2 mit BuP_3, BuP_4 und BuP_5 gekennzeichnet sind.

Für die Haldenerweiterung Phase 3 ist die Beurteilung des Parameters Staubbiederschlag und ggf. von Staubinhaltsstoffen im FFH-Gebiet 5125-303 Stöckig-Ruppershöhe von Bedeutung. In der Abbildung 5-3 sind dafür die Beurteilungspunkte BUP_6 und BUP_7 vom Bearbeiter festgelegt worden.

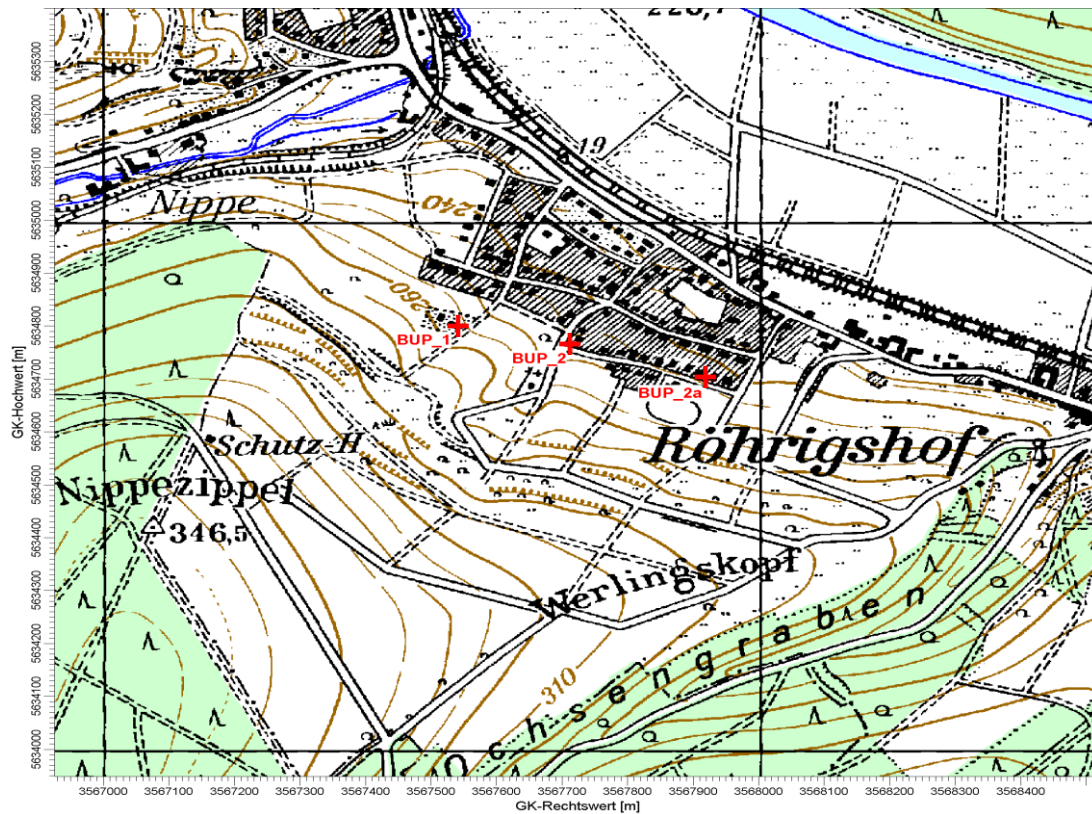


Abbildung 5-1: Immissionsorte BuP_1 bis BuP_2a

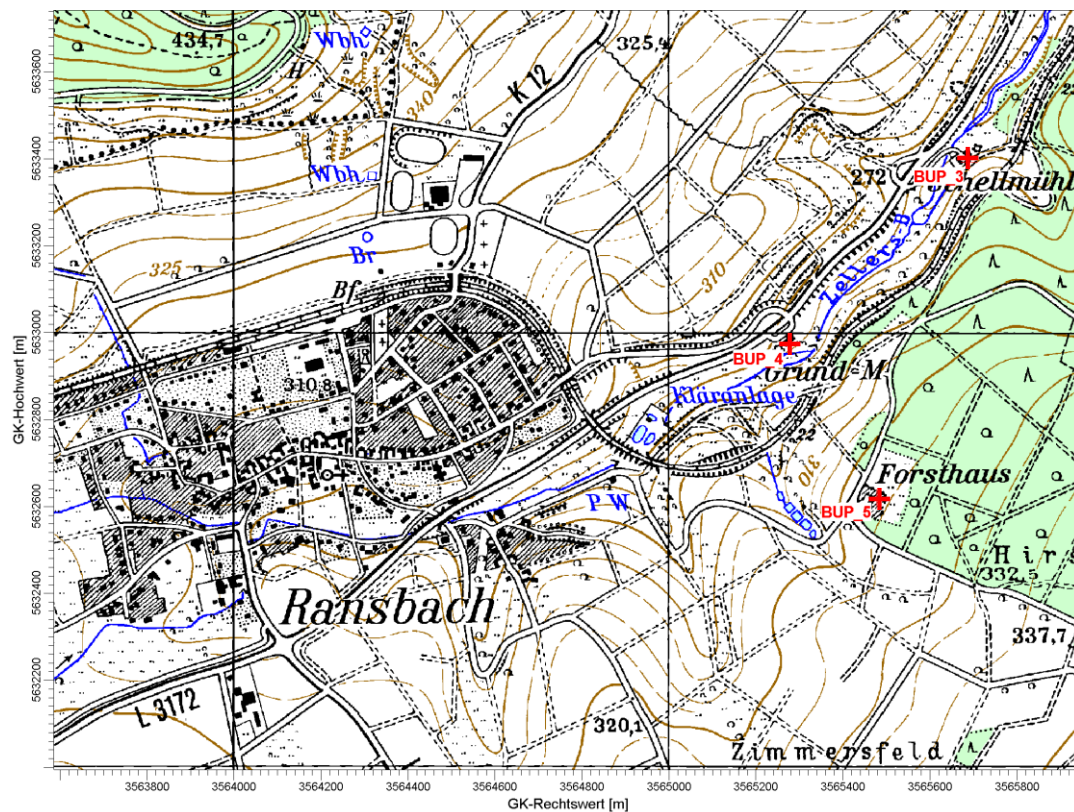


Abbildung 5-2: Immissionsorte BuP_3 bis BuP_5

6 Immissionsprognose

6.1 Staubemissionen

Stäube sind Verteilungen fester Stoffe in Gasen. Für die Aufgabenstellung von Immissionsprognosen sind Schwebstäube mit einem Durchmesser bis ca. 500 µm hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Umgebung relevant.

Staubemissionen können durch feste Stoffe aufgrund ihrer Dichte, Korngrößenverteilung, Kornform, Oberflächenbeschaffenheit, Abriebfestigkeit, Scher- und Bruchfestigkeit, Zusammensetzung oder ihres geringen Feuchtegehaltes beim Be- oder Entladen, Förderung, Transport, Bearbeitung, Aufbereitung oder Lagerung entstehen. Die Einflussgrößen zur technischen Staubentstehung lassen sich in die folgenden Gruppen unterteilen:

- Materialeigenschaften, insbesondere Korngrößenverteilung und Feuchte
- Umgebungsbedingungen und Meteorologie, z. B. Windgeschwindigkeit
- Anlageneinflüsse, z. B. Abwurfhöhe und Umschlagsleistung
- Minderungsmaßnahmen, z. B. Befeuchtung und/oder Abdeckung

Die Staubemissionen werden mit Hilfe von Emissionsfaktoren berechnet. Die Berechnung erfolgt auf der Grundlage der VDI-Richtliniereihe 3790 /9/ und auf einem Handbuch der amerikanischen Umweltbehörde EPA /10/.

Zur Berechnung der diffusen Staubemissionen ist gemäß Ziffer 7.2.2.1 der VDI 3790, Blatt 3 die „Staubneigung“ des gehandhabten Materials zu berücksichtigen. Es existieren vier Staubneigungsklassen. Für spezielle Fälle ist eine fünfte Klasse definiert. Diese ermöglicht die grob überschlägige Anwendung auf Schüttgüter, die abweichend von der ursprünglichen Klassierung als ungewöhnlich feuchtes Gut (z. B. durchnässt) oder besonders staubarme Ware (z. B. gewaschen) vorliegen können. Die Bestimmung der Staubneigung basiert grundsätzlich auf visuellen Beobachtungen. Diese Einstufung lässt sich anhand einer Messung der relativen Maßzahl nach DIN 55992, Blatt 2 /11/ (Heubachverfahren) absichern.

Das Material aus Hattorf zeigt im Labor keine sichtbare Staubentwicklung. Eine Messung nach DIN 55992, Blatt 2 ist im Aufhaltungszustand nicht möglich. Dieses Material wird daher als besonders staubarmes Gut gemäß VDI 3790, Blatt 3 klassifiziert.

In der nachfolgenden Tabelle 6-1 sind die ausbreitungsrelevanten Emissionsdaten des Haldenbetriebs für den bestimmungsgemäßen Betrieb zusammengestellt. Für das Förderband wurde der Volumenstrom bei maximaler Auslastung auf Basis der Angaben des Betreibers angesetzt. Die Emissionsmassenströme ergeben sich unter Berücksichtigung der durch den Betreiber angegebenen Restfeuchtegehalte von ca. 4 bis 6 % des aufzuhaltenden Materials.

Die Abwurfhöhen beim Schütten über die Haldenkante betragen zwischen 10 und 27,5 m vom Förderband auf den Haldenkörper, dabei ist zu beobachten, dass das besonders staubarme und warme Material auf der Haldenflanke zungenförmig mit geringer Geschwindigkeit Richtung Haldenfuß rutscht. Das Material kommt spätestens am Haldenfuß zum Stehen.

Für die Ausbreitungsrechnung wird als konservative Abschätzung ein kontinuierlicher Betrieb (7.800 Betriebsstunden/a) bei maximaler Auslastung der Förderbandleistung angesetzt.

6.2 Staubemissionen durch Umschlag

In der folgenden Tabelle sind die eingesetzten Schüttgüter und die Eingangsparameter für die Ermittlung der Staubemissionen zusammengefasst. Gemäß Betriebsbeschreibung gehen wir davon aus, dass die zukünftig geplante Auslegung theoretisch eine maximale Aufhaldungsmenge von 10.920.000 t/a ermöglichen würde. Dem liegt ein maximal möglicher Durchsatz von 1.400 t/h und eine Betriebszeit von 7.800 h/a zugrunde.

Für die Ausbreitungsberechnungen wird eine Aufhaldungsmenge von 7.600.000 t/a berücksichtigt, dabei ist eine durchschnittliche Durchsatzmenge von 1.000 t/h zugrunde gelegt. Es wird die maximale Betriebszeit von 7.800 h/a bei der Berechnung der Emissionen einbezogen. Für die Berechnung der Staubimmissionen stellt das eine ausreichend konservative Annahme dar. Grundsätzlich gilt: Eine geringere jährliche Aufhaldungsmenge führt zu geringeren Staubimmissionen. Die künftig real zu erwartende Aufhaldungsmenge wird bei etwa 7.600.000 t/a liegen.

Bei der Lagerung kommt es in Abhängigkeit von der Witterung zu Abtrocknungsprozessen und zu Befeuchtungen. Im Mittel wird das Staubverhalten der o. g. Materialien bei der Umlagerung auf der Halde als konstant bewertet. Das Material härtet bei den o. g. Restfeuchten innerhalb von ein bis drei Tagen nach dem Abwurf auf den Haldenkörper aus, so dass die Oberfläche stark verkrustet /12/.

Die unterschiedlichen Fahrweisen des Pylongurtförderers werden im Vergleich der bisherigen Stellungnahme explizit berücksichtigt. Die Abwurfhöhe bei Betrieb „Haldenkante mit Reversierband“ beträgt maximal 27,5 m. Die Abwurfhöhe bei Betrieb „Haldenkante ohne Reversierband“ beträgt weniger als 27,5 m. Dieser Betrieb bleibt für das Szenario Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke hinsichtlich einer konservativen Vorgehensweise unberücksichtigt. Für das Szenario Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke wird bei einer Annäherung der Erweiterung an die südliche Beschüttungsgrenze gegenüber dem FFH-Gebiet in einem Abstand von geringer als 50 m von der Böschungskante der unteren Schüttebene die Schütthöhe auf max. 14 m berücksichtigt.

Im Betrieb mit Reversierband beträgt die Abwurfhöhe auf das Haldentop 5 m, bei der Betriebsweise „Abwurf ohne Reversierband“ auf das Haldentop 11 m. Für die Betriebsweisen „Abwurf über das Reversierband mit gegenläufiger Fahrweise“ und „Abwurf über das Pylonband ohne Einsatz des Reversierbandes“ auf das Haldentop nehmen wir eine durchschnittliche freie Fallhöhe von 8 m an.

Für die Ermittlung werden folgende Annahmen getroffen:

Tabelle 6-1: Parameter gemäß VDI 3790, Blatt 3, Aggregatdaten, Stoffeigenschaften

Parameter	Annahmen	Bemerkung
Staubneigung	besonders staubarmes Gut	gemäß Ziffer 7.2.2.1 VDI 3790, Blatt 3
Aufhaldungsmenge	7.600.000 t/a	maximale Aufhaldungsmenge liegt bei 10.920.000 t/a, wird im Betrieb nicht erreicht
Förderband	durchschnittlich 1.000 t/h	Betrieb 900 bis 1.200 t/h 1.400 t/h (Auslegung)
Schüttdichte	1,30 t/m ³	gemäß Bestimmung
Umfeldfaktor	Umschlagvorgänge Halde = 0,9	gemäß Ziffer 7.2.3, Tabelle 6 VDI 3790, Blatt 3
empirischer Korrekturfaktor (k _{Gerät})	kontinuierliche Vorgänge = 1,0	gemäß Ziffer 7.2.3, Tabelle 4 VDI 3790, Blatt 3
freie Fallhöhe	ca. 1,5 m für Abwurf auf Unterzugband max. 27,5 m für Abwurf Haldenkante 8,0 m für Abwurf auf Haldenplateau	Vertikaler Fallweg des Schüttguts nach dem Verlassen des Förderbandes Abwurf auf Haldentop 5 bis 11 m

Die Aggregate (Förderbänder) sind auf Durchsatzleistungen von 1.200 t/h und mehr ausgelegt. Der berechnete spezifische Staubmassenstrom je durchgesetzter Tonne nach VDI 3790, Blatt 3 fällt höher aus, je geringer die Durchsatzleistung ist. Beim gehandhabten Stoff wurde der Anteil des Feinstaubes (PM₁₀-Anteil) mit 4 % an der Gesamtstaubemission angesetzt (siehe Kap.6.6.5).

Tabelle 6-2: Emissionsfaktoren beim Umschlag (Gesamt-Staub) – über Haldenkante

Tätigkeit	Gerät	Faktor Umschlag	Umschlag pro Vorgang	Umschlag pro Stunde	Fallhöhe	Emissionsfaktor
		Anm. 1	[t]	[t/h]	[m]	[g/tGut]
Abgabe	Band	83,3	--	1.000	27,5	40,80
Aufnahme	Bagger	2,7	5	--		0,35
Abgabe	Bagger	2,7	5	--	2	1,06
Aufnahme	Raupe	2,7	22	--		0,35
Abgabe	Raupe	83,3	--	528	10	15,86
Abgabe	Band	83,3	--	1.000	1,5	1,08

Anm. 1: Faktor gemäß Gleich 7a bzw. 7 b in Richtlinie VDI 3790, Blatt 3 /9/

Tabelle 6-3: Emissionsfaktoren beim Umschlag (Gesamt-Staub) – auf Haldentop

Tätigkeit	Gerät	Faktor Umschlag	Umschlag pro Vorgang	Umschlag pro Stunde	Fallhöhe	Emissionsfaktor
		Anm. 1	[t]	[t/h]	[m]	[g/tGut]
Abgabe	Band	83,3	--	1.000	8	8,72
Aufnahme	Bagger	2,7	5	--		0,35
Abgabe	Bagger	2,7	5	--	2	1,06
Aufnahme	Raupe	2,7	22	--		0,35
Abgabe	Raupe	83,3	--	528	10	15,86
Abgabe	Band	83,3	--	1.000	1,5	1,08

Anm. 1: Faktor gemäß Gleich 7a bzw. 7 b in Richtlinie VDI 3790, Blatt 3 /9/

Bei Annäherung der Erweiterung an die südliche Beschüttungsgrenze wird in einem Abstand von geringer als 50 m von der Böschungskante der unteren Schütteebene die Fallhöhe auf maximal 8 m beschränkt. Daher ist für das Szenario Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke die Emissionsfaktoren der Tabelle 6-4 berücksichtigt.

Tabelle 6-4: Emissionsfaktoren beim Umschlag (Gesamt-Staub) – über Haldenkante Abwurfhöhe 8 m

Tätigkeit	Gerät	Faktor Umschlag	Umschlag pro Vorgang	Umschlag pro Stunde	Fallhöhe	Emissionsfaktor
		Anm. 1	[t]	[t/h]	[m]	[g/tGut]
Abgabe	Band	83,3	--	1.000	8	8,72
Aufnahme	Bagger	2,7	5	--		0,35
Abgabe	Bagger	2,7	5	--	2	1,06
Aufnahme	Raupe	2,7	22	--		0,35
Abgabe	Raupe	83,3	--	528	8	12,00
Abgabe	Band	83,3	--	1.000	1,5	1,08

Anm. 1: Faktor gemäß Gleich 7a bzw. 7 b in Richtlinie VDI 3790, Blatt 3 /9/

Eine Emissionsminderung beim Umschlag wird insbesondere durch die Restfeuchte von 4 bis 6 % des Haldenmaterials erreicht. Weitere emissionsmindernde Maßnahmen finden an den Übergabestellen der einzelnen Förderbandabschnitte und am Anfang der Förderbandstrecke statt. Diese bestehen zum einen am Anfang der Förderbandstrecke zwischen ESTA-Keller und Haldenfuß aus einem halboffenen (zweiseitig geschlossen) Förderband und zum anderen an den Übergabestellen aus Schürzen.

Abdeckung Haldentop Bestandshalde

Es sollen ca. 72.000 t/a an nicht gefährlichen Boden auf der Lagerfläche im Bereich der HVH- und/oder Kieseritaufstandsfläche angeliefert und umgeschlagen werden. Bei dem Boden handelt es sich hauptsächlich um Oberboden und Erdaushub. Frischer Oberboden bzw. Erdaushub besitzt einen höheren Feuchtegehalt und auf Grund der organischen Anteile nur eine geringe Staubneigung. Der Umschlag erfolgt zeitnah nach der Anlieferung, daher ist nicht davon auszugehen, dass eine relevante Austrocknung erfolgt, welche eine erhöhte Staubneigung zur Folge hätte. Die Staubneigung wird im Sinne der VDI 3790 Blatt 3 somit als „schwach staubend“ eingestuft.

Der LKW-Transport zur Anlieferung des Bodens erfolgt von der Hattorfer Straße aus zum Lager und Umschlagsplatz auf dem Betriebsgelände. Für diese Transporte werden zu einem großen Anteil befestigte Fahrwege genutzt. Die betriebsinternen Fahrwege grenzen direkt an Eigentumsflächen der K+S an, so dass aus den bodennahen Emissionen keine relevante Immission für Dritte resultieren. Zudem sind Fahrwegsemissionen auf befestigten Fahrwegen geringer als auf unbefestigten Fahrwegen. Dagegen wird der Fahrweg (Haldenauffahrt) zum Einbauort auf dem unbefestigten Fahrweg berücksichtigt.

Der Transport des Bodens vom Lager- und Umschlagsplatz erfolgt mit Dumpfern. Sie besitzen eine Ladekapazität von 24 t. Zum Verladen werden Radlader eingesetzt. Die Vorhabensträgerin plant den Einsatz eines Radladers mit einem Schaufelvolumen von 3 bis 5 m³. Es wird von einem Leergewicht von ca. 11,8 t und einem Schaufelvolumen von 3 m³ ausgegangen. Die jeweiligen Transport- bzw. Kippmassen berechnen sich aus den Schüttdichten. Für den Einbau auf dem Haldentop werden Raupen und Bagger eingesetzt. Die Raupe hat ein Einsatzgewicht von etwa 17,3 t und der Bagger von etwa 27,5 t. Das Schaufelvolumen vom Bagger beträgt etwa 1,1 m³. Die Raupe hat ein geschätztes Verdrängungsschildvolumen von 3,5 m³.

Die emissionsverursachenden Arbeitsvorgänge im Bereich der Anlage finden über den Tag verteilt an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeitpunkten statt. Vereinfachend wird in der Emissionsprognose bei allen anzusetzenden Emissionsquellen von einer kontinuierlichen Emission über die jeweilige Betriebszeit ausgegangen.

Alle Umschlagvorgänge finden im Freien statt, abschirmend wirkende, bauliche Einrichtungen sind nicht vorhanden. Aus diesem Grund wird grundsätzlich von einem *Umfeldfaktor* k_u von 0,9 ausgegangen. Als *Gerädefaktor* k_G wird beim Einsatz des Radladers und der Bagger ein Wert von 1,5 angesetzt.

In der Tabelle 6-5 sind die zu erwartenden Staubemissionen bei Umschlagvorgängen aufgeführt. Ausführliche Erklärungen zur der Bedeutung der aufgeführten Berechnungsgrößen wie „Umfeldfaktor“ und „Gerädefaktor“ sind in der VDI 3790 Bl. 3 /9/ enthalten.

Tabelle 6-5: Emissionsfaktoren beim Umschlag (Gesamt-Staub) – auf Haldentop

Tätigkeit	Gerät	Faktor Umschlag	Umschlag pro Vorgang	Umschlag pro Stunde	Fallhöhe	Emissionsfaktor
		Anm. 1	[t]	[t/h]	[m]	[g/tGut]
Abgabe	Lkw	2,7	24	--	1	7,91
Aufnahme	Radlader	2,7	4,5	--		12,96
Abgabe	Radlader	2,7	4,5	--	1	18,28
Abwurf	Dumper	2,7	24	--	1	7,91
Aufnahme	Raupe	2,7	5,6	--		12,96
Abgabe	Raupe	83,3	--	130	0,5	44,11
Aufnahme	Bagger	2,7	1,7	--		12,96
Abgabe	Bagger	2,7	1,7	--	1,0	19,82

Anm. 1: Faktor gemäß Gleich 7a bzw. 7 b in Richtlinie VDI 3790, Blatt 3 /9/

6.3 Staubemissionen durch Abwehug

Die Staubemissionen durch Abwehungen werden durch Materialeigenschaften und meteorologische Einflüsse bestimmt. Wesentlich sind dabei:

- die Größe der Oberfläche,
- die Windgeschwindigkeit,
- die Haldenform,
- der Feuchtegehalt der obersten Materialschicht,
- das Staub-“Angebot” an der Haldenoberfläche, das bei einer hohen Umschlagsrate und durch Befahren ständig “erneuert” wird.

Bei geringen Windgeschwindigkeiten ist die Haftung des Staubkorns größer als die Windkraft, es kommt nicht zur Abwehug. Unterhalb einer Windgeschwindigkeit von 4 – 5 m/s (gemessen in 10 m Höhe) kommt es nach der VDI 3790, Blatt 2 /13/ praktisch zu vernachlässigbaren Abwehungen.

Das Haldenmaterial neigt zur Verklebung, dadurch entsteht ein großer Anteil von größeren Partikeln, die einen Durchmesser von mehreren Millimetern besitzen. Der Anteil beträgt etwa 65 %, das zeigt das Ergebnis der durchgeführten Siebung. Zudem kommt es beim Haldenmaterial in den ersten Tagen nach Aufbringung zur Bildung einer Verkrustungshaut, die durch Agglomeration entsteht.

Nach dem Einbau des Abdeckmaterials auf dem Haldentop erfolgt danach optional der Einbau von Erosionsschutzmatten / -gewebe. Anschließend wird die Ansaat der Rekultivierungsschicht ausgebracht. Zur Förderung des Wuchsverhaltens der Vegetationsdecke wird die Vegetation mit Wasser und Nährstoffen versorgt. Die Maßnahmen dienen aus Sicht der Luftreinhaltung zur Reduzierung der Staubemissionen durch Abwehug.

Im vorliegenden Fall der dargestellten Stoffeigenschaften ist eine Vernachlässigung der Staubemissionen durch Abwehug vertretbar.

6.4 Staubemissionen durch Fahrbewegungen Abdeckung

Fahrzeugbewegungen stellen grundsätzlich eine Emissionsquelle für Staub dar. Die Fahrwege der Dumper und Radlader sind als Quellen zu sehen, da die Fahrbewegungen auf dem Boden liegende Staubpartikel aufwirbeln. Die Bewegungen der Raupe und des Baggers können aufgrund des Kettenantriebe, der geringen Bewegungsfrequenz und der geringen Geschwindigkeit vernachlässigt werden.

Für die Festlegung eines Emissionsfaktors bezüglich der Aufwirbelung werden die empirischen Formeln der VDI Richtlinie 3790, Blatt 4 /14/ verwendet. Die Richtlinie ist für Industriebereiche in denen üblicherweise größere Fahrwege auf verunreinigten Wegen vorkommen, wie Eisen- und Stahlproduktion, Sand- und Kiesverarbeitung, Steinbrüche, Großbaustellen, Siedlungsabfalldeponien, etc. entwickelt. In Abhängigkeit der Beschaffenheit des Fahrbahnuntergrundes kommen zwei verschiedene Berechnungsansätze zum Tragen. Es wird hierbei in „unbefestigte“ oder „befestigte“ Fahrwege unterschieden.

Die in der VDI 3790 Blatt 4 angegebenen Formeln geben in Abhängigkeit der Staubbeladung des Fahrweges bzw. des Feinkornanteils auf dem Fahrbahnbelag und des mittleren Gewichts der Fahrzeugflotte die Emissions-Faktoren für die Klassen PM_{2,5}, PM₁₀ und PM₃₀ aus. Außerdem geht die Anzahl der Regentage ein, da Niederschlag eine Reduzierung der Staubemission bedeutet. Die Fahrzeuggeschwindigkeit als emissionsbestimmender Faktor wird nicht direkt berücksichtigt. Die Wirksamkeit von Emissionsminderungsmaßnahmen kann über eine Erweiterung der Formel berücksichtigt werden.

Berechnungsansatz für „unbefestigte Fahrwege“ /14/:

$$q_{bF} = k_{Kgv} * (s/12)^a * (W/2,7)^b * (1 - p/(365)) * (1 - k_m)$$

mit:

q_{bF}	=	Emissionsfaktor in g/(km*Fahrzeug)
k_{Kgv}	=	korngrößenabhängiger Faktor auf Grund von Fahrbewegungen
a, b	=	Exponenten zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung
s	=	Feinkornanteil des Straßenmaterials in %
W	=	mittlere Masse der Fahrzeugflotte in t
p	=	Anzahl der Tage pro Jahr mit mindestens 1 mm natürlichem Niederschlag
k_m	=	Kennzahl für Wirksamkeit von Emissionsminderungsmaßnahmen

In Deutschland ist über die drei o.g. Staubklassen hinaus für den Staubbiederschlag auch der Schwebstaub bis 500 µm zu betrachten. Ausgehend von eigenen Korngrößenanalysen an Staubbilag und mineralischen Schüttgütern setzen wir ein Verhältnis PM₁₀ zu PM₅₀₀ von 10 % an. Dem entsprechend setzen wir die TA-Luft-Korngrößenklassen 1, 2 und 3 gemäß EPA-Ergebnis an und kalkulieren für die die TA-Luft-Korngrößenklasse -4 die Differenz zwischen PM₃₀ und PM₅₀₀.

Im Bereich zwischen Lager- und Umschlagsplatz und Einbauort liegen unbefestigte Fahrwege vor. Bei Schüttgutumschlägen liegt der Feinkornanteil in Fahrbahnbelag üblicherweise in einem Bereich zwischen etwa 5% (Sand-/Kiesverarbeitung) und 10% (Steinbrüche) /15/. Die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg empfiehlt einen Wert von 7,0% /16/. Angesetzt wird ein *Feinkornanteil s* von 8,5%.

Als sehr effektive Emissions-Minderungsmaßnahme gilt die Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit. Dies kann durch die Wahl eines entsprechenden Wertes für die *Maßnahmenwirksamkeit* k_m rechnerisch berücksichtigt werden. Im Bereich des Haldenkörpers werden keine höheren Fahrgeschwindigkeiten erwartet. Die Berechnungsansätze gehen von einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von etwa 30 km/h aus. Die VDI 3790, Blatt 4 stellt hierbei fest, dass eine Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit von 30 km/h auf 20 km/h mit einer *Maßnahmenwirksamkeit* k_m von 0,2 (also 20%) zu berücksichtigen ist. Eine weitere Reduzierung auf 10 km/h bedingt den Ansatz eines Wertes der *Maßnahmenwirksamkeit* k_m von 0,4. Dieser Wert wird auch von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg empfohlen /16/. Eine Berücksichtigung der Empfehlung erfolgt im Sinne einer konservativen Vorgehensweise in diesem Fall nicht.

Bei der Staubaufwirbelung spielt es eine erhebliche Rolle, ob die überfahrene Strecke trocken oder durch Niederschlagsereignisse feucht ist. Dies geht in die Betrachtungen über die Regentage ein, für die es in der VDI 3790, Blatt 4 /14/ regionsbezogene Angaben gibt. Die *Anzahl der Regentage* p (Tage pro Jahr mit mindestens 1 mm Niederschlag) beträgt im Bereich Philippsthal nach der Kartendarstellung zwischen 131 und 140 /14/. Angesetzt werden 131 Regentage im Jahr.

Es berechnen sich die in der nachfolgenden Tabelle 6-6 angegebenen verkehrsbedingten Emissionsfaktoren. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Wegstrecke und der Betriebszeit können für die einzelnen Korngrößenklassen die Fahrwegemissionen berechnet werden.

Tabelle 6-6: Ermittlung der verkehrsbedingten Emissionsfaktoren für den innerbetrieblichen Fahrweg zwischen Lager- und Umschlagsfläche und Einbauort Dumper, unbefestigte Wege

	Staubfraktion	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM ₃₀	TNU-Gesamtstaub	Einheit
k_{Kgv}	Faktor für Korngrößenverteilung	0,042	0,042	1,38	-	-
sL	PM75 – Fraktion im Belag	8,5	8,5	8,5	-	g/m ²
W	Gewicht des Fahrzeugs	35	35	35	-	t
p	Anzahl der Regentage > 0,1 mm	131	131	131	-	-
	Korngrößenverteilung (gerundet)	1	9	25	65	%
EF	Emissionsfaktor	0,063	0,563	1,576	4,052	g/m ³ Fz

Die Fahrstrecken der Dumper und Schaufelradlader umfassen den kompletten Fahrweg für einen Vorgang (Hin- und Rückfahrt). Die Fahrwege sind in der Abbildung 6-1 räumlich dargestellt, in der Tabelle 6-7 ist der abgeschätzte Verkehr angegeben, der in die Berechnung eingeflossen ist.

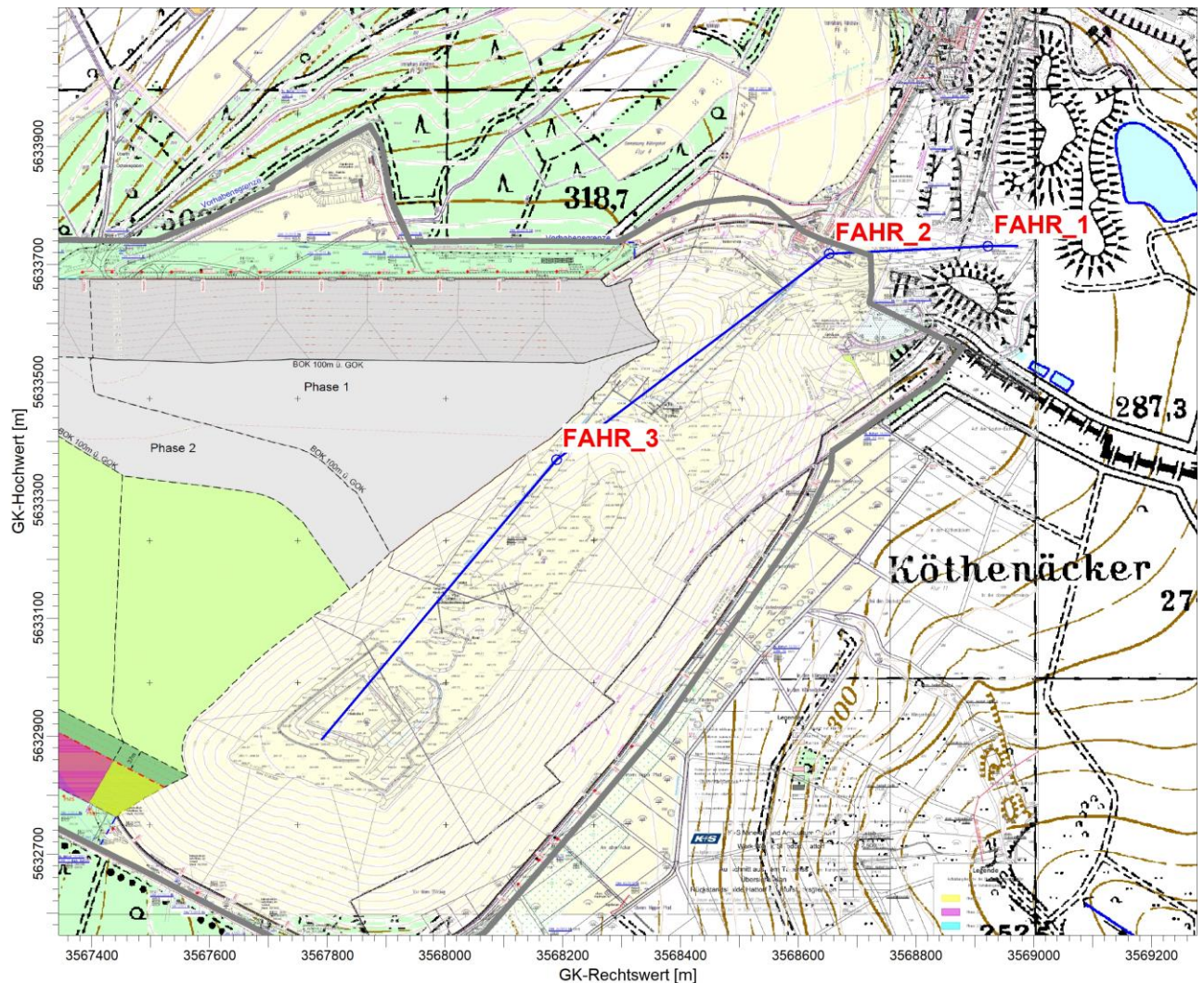


Abbildung 6: Berücksichtigte Fahrwege (blau)

Für den geplanten Schaufelradlader wird eine Transportmasse 4,8 t abgeschätzt (entspricht einem Schaufelvolumen von 3 m³). Die Anzahl der Fahrbewegungen erfolgt unter Berücksichtigung der Transportmasse je Fahrt und der jährlichen Umschlagsmenge von 72.000 t.

Die Ladekapazität der Dumper beträgt 24 t. Bei der genannten jährlichen Umschlagsmenge ergeben sich die in der Tabelle 6-7 genannten 3.000 Fahrten.

Tabelle 6-7: Berücksichtigte Wegstrecken beim innerbetrieblichen Verkehr

Beschreibung	Typ	Länge Vorgang (Hin- und Rückfahrt)	Fahrten	Betriebs- stunden
		[m]	[Fz/a]	[h/a]
Verladevorgang auf Dumper	Schaufelradlader, unbefestigte Str.	50	15.000	1.800
Interne Transport zwischen Lager- und Umschlagplatz und Einbauort	Dumper, unbefestigte Str.	2.940	3.000	1.800

6.5 Bagatellmassenströme

Nach Nr. 4.6.1.1 der TA Luft ist die Bestimmung der Immissionskenngrößen für Vor-, Zusatz- und Gesamtbelastung nicht erforderlich, wenn die über Schornsteine abgeleiteten Emissionen bestimmte Massenströme (im Folgenden „Bagatellmassenströme“ genannt) nicht überschreiten und die nicht über Schornsteine abgeleiteten Emissionen gering sind (in der Regel weniger als ein Zehntel der Bagatellmassenströme).

In der folgenden Tabelle 6-8 werden die vorhabensbedingten Emissionen des Haldenbetriebs im Vergleich mit den Bagatellmassenströmen dargestellt. Dabei werden aus den gesamten Staubemissionen die zu erwartenden Schwermetallemissionsmassenströme auf Grundlage der mittleren Schwermetallgehalte berechnet. Der Berechnung liegt die für die Luftreinhaltung ungünstigsten Betriebsbedingungen (Förderbandleistung 1.000 t/h) zugrunde. Für nicht aufgeführte Stoffe existieren keine Bagatellmassenströme.

Tabelle 6-8: Vergleich der diffusen Emissionen Haldenbetrieb mit den Bagatellmassenströmen der TA Luft (10 % Prozent Wert der Tabelle 7)

Stoff	Emissionsmassenstrom [kg/h]	Bagatellmassenstrom nach 4.6.1.1 TA Luft [kg/h]
Arsen	0,00002	0,00016
Blei	0,00002	0,0025
Cadmium	0,00002	0,00013
Nickel	0,00002	0,00052
Quecksilber	1,0E-06	0,00013

Für die Staubinhaltsstoffe in Tabelle 6-8 ist keine Ermittlung von Immissionskenngrößen erforderlich. Für Staub und Staubbiederschlag im Allgemeinen ist eine Ermittlung notwendig.

6.6 Ausbreitungsrechnung

6.6.1 Beurteilungsgebiet und Rechengebiet

Nach Nr. 4.6.2.5 TA Luft /1/ sind die maximalen Immissionen in einem Berechnungsgebiet zu bestimmen, das einen Kreis mit dem Radius der 50-fachen Schornsteinhöhe um die Anlage beinhaltet. Das Berechnungsgebiet muss jedoch mindestens einen Kreis mit einem Radius von 1 km beinhalten.

Im Bereich der Halden werden keine Emissionen abgeleitet, die Emissionen entstehen „bodennah“. Daraus folgt ein Beurteilungsgebiet mit einem Radius von 1.000 m. Das Beurteilungsgebiet nach TA Luft soll zusätzlich die Flächen umfassen, auf denen die Zusatzbelastung im Aufpunkt mehr als 3 % des Immissions-Jahresgrenzwertes beträgt.

Die Ausbreitungsrechnungen zeigen, dass die relevanten Zusatzbelastungen im Nahbereich der Quellen auftreten.

Das Rechengebiet muss die topografischen Strukturen umfassen, welche sich auf die Strömung im Beurteilungsgebiet maßgeblich auswirken können. Dazu zählen insbesondere markante Höhenzüge und Talsysteme. Derartige Geländeinformationen modifizieren die Strömung z. B. in Form von Kanalisierungen und damit verbundener Beschleunigung des Windes. Der Haldenstandort Hattorf wird lokal von der Strömungswirkung des Haldenkörpers selbst dominiert. Die Wirkung dieser topographischen Gegebenheiten wurde durch die Wahl der Modellgebietsgröße erfasst. Das Rechengebiet für die Strömungssimulation umfasst daher einen wesentlich größeren Bereich als das eigentliche Beurteilungsgebiet.

Aus rechentechnischen Gründen setzt das Ausbreitungsmodell ein rechteckiges Gebiet an. Im vorliegenden Fall wird ein sechsfach geschachteltes Rechengebiet mit einer maximalen Ausdehnung von ca. 13,056 km x 22,784 km gewählt. Bezüglich der Höhenschichtung des dreidimensionalen Rechengitters wurden auf Basis der berücksichtigten Gebäude bis zur doppelte Gebäudehöhe (99 m) 3 m-Schichten, darüber die Standardhöhen von AUSTAL verwendet. Die genauen Abmessungen der Gitter sind in Tabelle 6-9 zusammengefasst.

Tabelle 6-9: Gitterstruktur der Ausbreitungsrechnung

Stufe Nr.	Anzahl Zellen	Anzahl Zellen	Anzahl Zellen	Zellgrößen
	x	y	z	dd in m
1	180	160	39	4
2	98	86	49	8
3	58	52	49	16
4	50	48	49	32
5	180	160	49	64
6	102	178	49	128

6.6.2 Quellmodellierung

Der Abwurf vom Förderband wurde als vertikale Flächenquelle modelliert. Der Umschlag durch die Raupen und der Bagger auf dem Plateau / Haldentop der Halde ist als horizontale Flächenquelle berücksichtigt. Der Fahrverkehr als Linienquelle.

6.6.3 Meteorologische Daten

Die meteorologischen Gegebenheiten, insbesondere die Windrichtungsverteilung und Windgeschwindigkeit sowie die atmosphärische Turbulenz üben einen wesentlichen Einfluss auf die Verlagerung und Verdünnung der Luftschadstoffe aus.

Die Windrichtungsverteilung bestimmt die hauptsächliche Verlagerungsrichtung der emittierten Luftschadstoffe. Die Windgeschwindigkeit und atmosphärische Turbulenz bilden ein Maß dafür, wie stark die emittierten Luftschadstoffe mit der Umgebungsluft vermischt werden. Je höher die Windgeschwindigkeit und je turbulenter die Atmosphäre ist, desto stärker werden die emittierten Luftschadstoffe mit der Umgebungsluft vermischt.

Entsprechend Anhang 3 der TA Luft sind die Kenngrößen für die Zusatzbelastung durch eine Immissionsprognose auf der Basis einer mittleren jährlichen Häufigkeitsverteilung oder einer repräsentativen Jahreszeitreihe von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklasse zu ermitteln.

Die verwendeten Werte sollen für den Standort der Anlage charakteristisch sein. Sofern keine Messungen am Standort vorliegen, sind Daten einer geeigneten Station des Deutschen Wetterdienstes oder einer anderen entsprechend ausgerüsteten Station zu verwenden.

Im Rahmen vorhergehender Immissionsprognosen für die Planung von Vorbelastungsmessungen für das Werk Werra sowie für die Projekte „Modernisierung Kraftwerk Hattorf“ und „Erweiterung ESTA Hattorf“ hat der Deutsche Wetterdienst zu dieser Fragestellung bereits zwei Qualifizierte Prüfungen (QPR) durchgeführt. Dabei wurden folgende Beurteilungskriterien herangezogen:

- Empirische Abschätzung der markanten Windrichtungen im Übertragungsbereich,
- Vergleich der markanten Windrichtungen an den verfügbaren, ausgewählten Bezugswindstationen und Abschätzung ihrer räumlichen Repräsentanz,
- Vergleich des mittleren Jahresmittels der Windgeschwindigkeit (\bar{v}) und der Häufigkeiten der Windgeschwindigkeit kleiner als 1 m/s an den verfügbaren, ausgewählten Bezugswindstationen (in der entsprechenden Messhöhe) und der Sollwerte am Übertragungsort einschl. Schwachwindhäufigkeiten in 10 m über Störniveau (TA Luft, Anhang 3, Kap. 12),
- Abschätzung der lokalen topografischen Einflüsse (in Abhängigkeit von der Quellhöhe) auf das Windfeld am Übertragungsort auf der Grundlage der Ergebnisse einer Abschätzung durch Auswertung von top. Karten.

In den Qualifizierten Prüfungen hat der DWD die Wetterstation Frankenberg-Geismar als charakteristisch für die freiliegende Kuppe „Sommerliede“ und die Wetterstation Lautertal-Hörgenau als charakteristisch für eine Plateaulage zwischen den Philippsthaler Ortsteilen Gethsemane und Heimboldshausen bewertet /17/.

Im Zuge der Haldenerweiterung am Standort Hattorf wurde im Jahr 2019 die Auswahl der Anemometerposition überprüft. Die Anemometerposition gilt weiterhin als Ersatzanemometerstandort für geeignet /18/

Im UBA-Zeitraum 2006 – 2015 hat bei der Station Frankenberg-Geismar ein Windgeberwechsel stattgefunden. Der noch verbleibende Zeitraum war nicht mehr lang genug, um VDI-konform daraus noch ein repräsentatives Jahr auswählen zu können. Auf Vorschlag vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) wurde das Auswahlverfahren so abgewandelt, dass der Gesamtzeitraum, anhand dessen die Zielgröße ermittelt wird, bis zum aktuellen Datum ausgedehnt wurde. Lediglich die Auswahl des repräsentativen Jahres wurde dann auf den UBA-Zeitraum beschränkt.

Für die Station Frankenberg-Geismar wurde aus einer langjährigen Reihe ein „für Ausbreitungszwecke repräsentatives Jahr“ ermittelt (gem. TA Luft Kap. 4.6.4.1). Für die Haldenkapazitätserweiterung ist die Bestimmung eines repräsentativen Jahres für die Station Frankenberg-Geismar im Jahr 2023 wiederholt durchgeführt worden. Es wurde aus dem Zeitraum vom 24.10.2012 bis zum 06.02.2023 das Jahr vom 01.01.2013 bis 31.12.2013 als repräsentativ bewertet /19/.

Vor diesem Hintergrund haben wir im vorliegenden Fall die Ausbreitungsrechnungen zweifach mit den meteorologischen Daten beider Stationen durchgeführt. Dabei wurde ein (in Bezug auf das Gutachten des Deutschen Wetterdienstes) orografisch vergleichbarer sogenannter Anemometerstandort ausgewählt, der sich südwestlich vom Betriebsstandort auf einer frei anströmenden Fläche befindet. Die höheren Immissionen ergeben sich mit den Daten der Wetterstation Lautertal-Hörgenau. Daher werden im Folgenden diese meteorologischen Daten und Berechnungsergebnisse dargestellt.

Für die Station Frankenberg-Geismar wurde aus einer langjährigen Reihe ein „für Ausbreitungszwecke repräsentatives Jahr“ ermittelt (gem. TA Luft Kap. 4.6.4.1). Dies wird in einem standardisierten Verfahren durchgeführt. Die Hauptkriterien zur Auswahl in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit sind:

1. Häufigkeiten der Windrichtungsverteilung und ihre Abweichungen,
2. Monatliche und jährliche mittlere Windgeschwindigkeit,
3. Berücksichtigung von Nacht- und Schwachwindauswahl,
4. Häufigkeiten der Großwetterlagen nach Hess/Brezowski.

Zur Wiedergabe der Niederschläge wird auf die regionalisierten Niederschlagsmengen für die Standorte

- Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke, (Koordinaten 3567143.00 5633286.00) und
- Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke (Koordinaten 3567299.00 5632972.00)

im RESTNI-Datensatz, der durch das Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt wird, zurückgegriffen. Für die im Jahreszeitraum anzusetzenden Niederschläge erfolgt eine Skalierung auf einen mittleren Jahresniederschlag 2006-2015 von

- Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke von 787,9mm und
- Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke, von 785,7mm.

Damit wird erreicht, dass die bereitgestellte Jahreszeitreihe in Summe die gleiche Niederschlagsmenge wie der langjährige Durchschnitt aufweist, die Niederschlagsereignisse aber dennoch stundengenau angesetzt werden können.

Als Auszug aus diesen Daten zeigen Abbildung 6-1 und Abbildung 6-2 die Verteilung der Windrichtung und -geschwindigkeit sowie die relativen Häufigkeiten der Windgeschwindigkeits- und Ausbreitungsklassen.

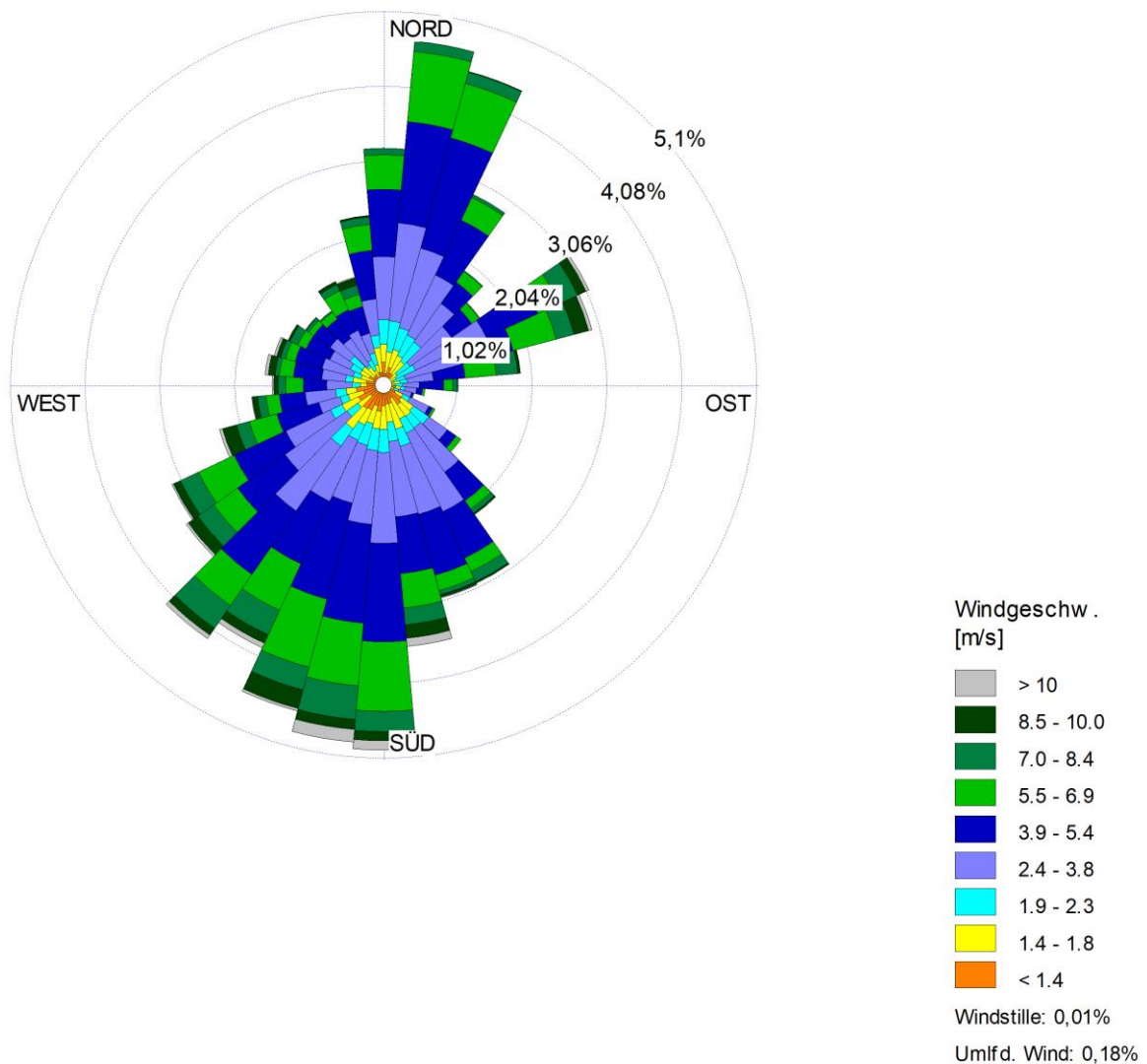


Abbildung 6-1: Relative Häufigkeiten der Windrichtungen und -geschwindigkeitsklassen an der Station Frankenberg-Geismar für das Jahr 2013

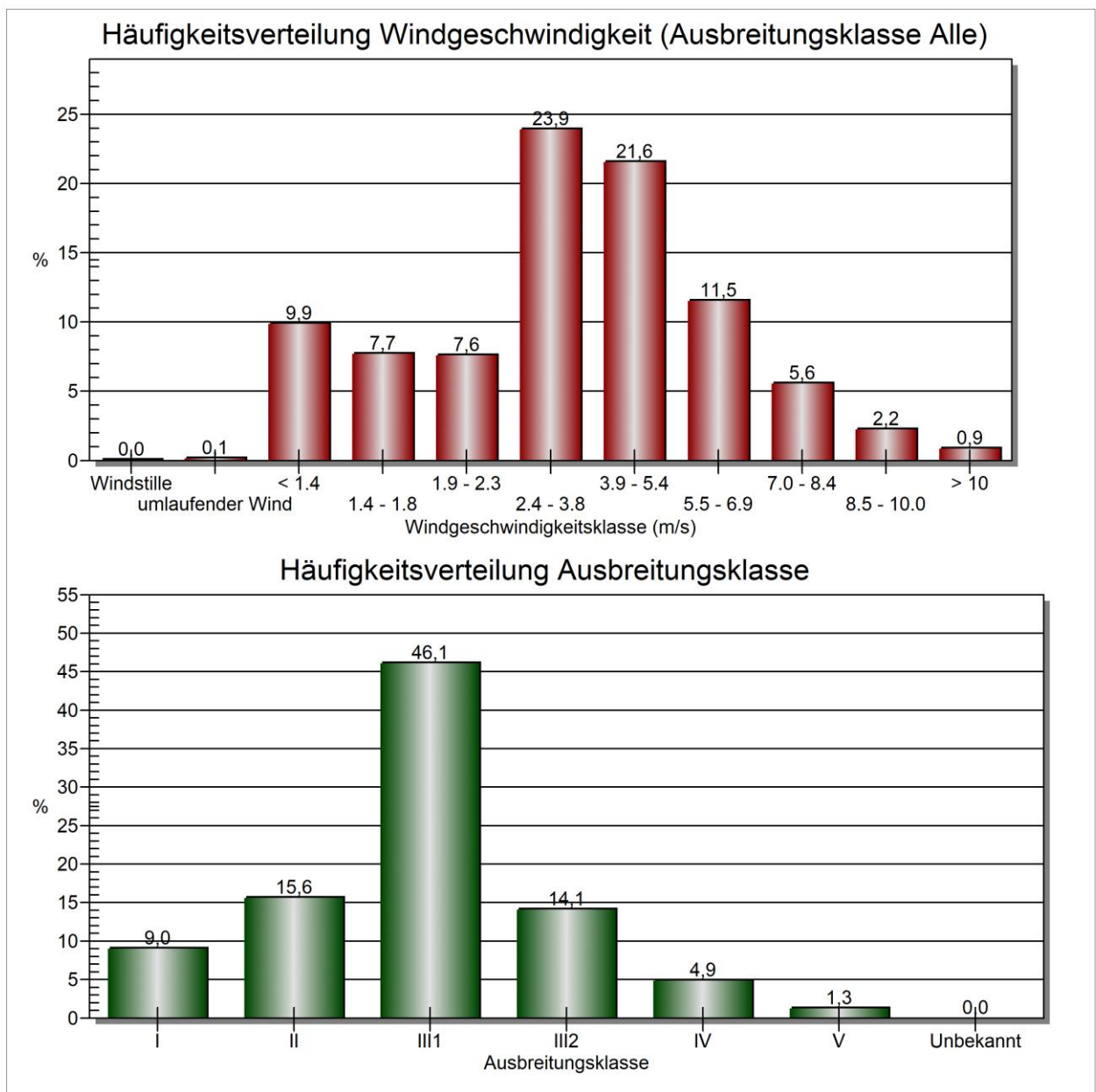


Abbildung 6-2: Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeits- und Ausbreitungsklassen an der Station Frankenberg-Geismar für das Jahr 2013

6.6.4 Rauigkeitslänge

Die Rauigkeitslänge ist ein Maß für die Bodenrauigkeit. Sie definiert die Höhe, bei der bei neutraler Schichtung ein über der rauen Oberfläche logarithmisch approximiertes, vertikales Windprofil die Windgeschwindigkeit Null hätte. Für die Immissionen ist die Rauigkeitslänge in Luv und Lee der Quellen in Bezug auf den jeweiligen Immissionsort entscheidend. In den Ausbreitungsmodellen LASAT und AUSTAL2000 wird für das gesamte Berechnungsgebiet eine mittlere Rauigkeitslänge zugrunde gelegt. Bei heterogenen Verteilungen der Rauigkeitslängen kann es daher erforderlich sein, für die Immissionsorte Ausbreitungsrechnungen mit unterschiedlichen Rauigkeitslängen durchzuführen.

Die Prüfung der aktuellen Flächennutzung mit der Rauigkeitslängenangabe aus den Landnutzungsklassen des Landbedeckungsmodells Deutschland (LBM-DE) (vgl. TA Luft, Anhang 2) in einem Radius von 250 m um die Quellen ergab, dass die aktuellen Flächennutzungen der angegebenen Flächennutzung des Landbedeckungsmodells Deutschland entspricht. Der Haldenbetriebsstandort Hattorf ist im Wesentlichen umgeben von Waldfläche. Die Berechnung ist mit einer mittleren Rauigkeitslänge von 1,0 m durchgeführt worden.

6.6.5 Korngrößenverteilung

Für eine Absicherung des Ansatzes zur Korngrößenverteilung vom Haldenmaterial wurde am 17.06.2013 eine Probe des aufzuhaltenden Materials im Bereich des Förderwegs entnommen und die Staubneigung mittels Heubach Apparatur gemäß DIN 55992, Blatt 1 /11/ bestimmt. Bei diesem Verfahren wird das Material in einer bestimmten Fallhöhe mit einstellbarem Massenstrom über eine vorher festgelegte Zeit aufgegeben. Während des Fallvorgangs wird das Material mit Luft von unten nach oben durchströmt. Der durch Auftreffen und Aussichten entstehende Staub wird oberhalb des Austragungspunktes selektiv nach alveolengängigen und einatembaren Staub gravimetrisch bestimmt.

Die eingelieferte Probe war sehr stark verklebt, so dass eine Bestimmung der Staubneigung nicht ohne weiteres möglich war. Die Materialfeuchte betrug bei Anlieferung 4,60 %. Um für den Ansatz der Korngrößenverteilung das Verhältnis der Staubungszahlen bestimmen zu können, wurde das Probenmaterial der Halde Hattorf 24 Stunden bei 50°C getrocknet. Die Ergebnisse drücken damit nicht die Staubneigung des Materials aus, wie es im Haldenbetrieb umgeschlagen und aufgehaldet wird. Ihre Verwendung stellt eine Annahme zur sicheren Seite dar. Folgende Staubungszahlen wurden für die getrocknete Probe bestimmt.

Tabelle 6-10: Abraumprobe Hattorf, Staubungszahlen gemäß DIN 55992, Blatt 1

Staubungszahl Gesamtfraktion [mg/g]	0.75
Staubungszahl einatembare Fraktion [mg/g]	0.43
Staubungszahl alveolengängige Fraktion [mg/g]	0.03

Die Messergebnisse zeigen einen Anteil der alveolengängigen Staubfraktion an der Gesamtfraktion von 0,03 zu 0,75. Der Anteil der alveolengängigen Fraktion an der Staub-Gesamtfraktion beträgt damit etwa 4 %.

Die angegebenen Fraktionen korrespondieren nicht 1:1 mit den Klassen der TA Luft Tabelle 14, Anhang 2. Dennoch kann ein jeweiliger Anteil für die Klassen 1 bis 4 sowie der unbekannten Klasse angenommen werden. Es ist folgende Festlegung gewählt worden:

Tabelle 6-11: Korngrößenverteilung der Staubemissionen

	1	2	3	4	unbekannt
Korngröße in µm	< 2,5	2,5 - 10	10 - 50	> 50	-
Depositionsgeschwindigkeit in m/s	0,001	0,01	0,05	0,2	0,07
Quelle\Einheit	%	%	%	%	%
Haldenbetrieb	2	2	11	57	28
Lager- Und Umschlagsplatz	10	10	25	55	--
Verkehr	1	9	25	65	--

Die Depositions- und Sedimentationsgeschwindigkeiten der Kornklassen werden entsprechend den Vorgaben zur Ausbreitungsrechnung der TA Luft (Tabelle 13, Anhang 3) in die Ausbreitungsrechnungen eingestellt.

6.6.6 Berücksichtigung von Gebäudeeinflüssen

Gebäude können die Luftströmung beeinflussen. Beim Anströmen eines Hindernisses wird die Luft nach oben und zur Seite abgedrängt. Bei der Umströmung bildet sich vor dem Hindernis ein Stauwirbel und hinter dem Hindernis ein Rezirkulationsgebiet. Wenn Abgase in diesen Bereichen emittiert werden oder auf dem Ausbreitungsweg in diesen Bereich gelangen, werden sie in Richtung Erdboden transportiert, was zu einer Erhöhung der Konzentration von Luftbeimengungen in Bodennähe führen kann.

Laut TA Luft Anhang 3 ist bei einer Schornsteinhöhe über das 1,7-fache der Gebäudehöhe die Berücksichtigung der Bebauung durch den Parameter der Rauigkeitslänge ausreichend. Bei Ableithöhen unter der 1,7-fachen Höhe der Gebäude sind die Strömungseinflüsse der Gebäude mittels Windfeldmodell in der Berechnung zu berücksichtigen. Das im Modell implementierte diagnostische Windfeldmodell kann angewandt werden, wenn die Ableithöhe mindestens oberhalb der 1,2-fachen Höhe der Gebäude liegt, die sich innerhalb eines 6-fachen Abstandes der Gebäudehöhen von der Quelle befinden.

Für die vorliegende Aufgabenstellung zur Haldenerweiterung hätten die Gebäudeeinflüsse über die Rauigkeitslänge in der Ausbreitungsrechnung berücksichtigt werden können. Um jedoch zukünftige Fragestellungen am Betriebsstandort Hattorf mit den hier erzeugten Windfeldrechnungen bearbeiten zu können, ist darin die aktuelle Gebäudekonstellation enthalten.

Für die vorliegenden Berechnungen haben wir daher die Gebäudeangaben, die der Auftraggeber zur Verfügung gestellt hat, für den Betriebsstandort Hattorf berücksichtigt.

6.6.7 Berücksichtigung von Geländeeinflüssen

Geländeunebenheiten können in der Regel mit Hilfe eines mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodells berücksichtigt werden, wenn die Steigung des Geländes den Wert 1:5 bezogen auf eine Strecke, die dem doppelten der Quellhöhe entspricht nicht überschreitet und wesentliche Einflüsse von lokalen Windsystemen oder anderen meteorologischen Besonderheiten ausgeschlossen werden können.

Das Steigungskriterium wird im vorliegenden Fall insbesondere im Bereich der Halde nicht eingehalten. Zur fachgerechten Berücksichtigung des stark gegliederten Geländes wurde eine prognostische Windfeldbibliothek erstellt. Sie ersetzt die diagnostischen durch prognostische Windfelder, lässt die eigentliche Ausbreitungsrechnung aber unverändert.

In prognostischen Modellen können Strömungssysteme ohne Einschränkungen der Geländeform und –steigung bestimmt werden. Das Modellgebiet muss die topografischen Strukturen umfassen, welche sich auf die Strömung im Beurteilungsgebiet maßgeblich auswirken können. Dazu zählen insbesondere markante Höhenzüge und Talsysteme. Derartige Geländeinformationen modifizieren die Strömung z. B. in Form von Kanalisierungen und damit verbundener Beschleunigung des Windes.

Der Standort Hattorf wird lokal von der Strömungswirkung der das Tal der Werra umgebenden Höhenzüge dominiert. Die Wirkung dieser topographischen Gegebenheiten wurde durch die Wahl der Modellgebietsgröße erfasst. In der vorliegenden Untersuchung sollte besonders der Einfluss der unteren Schüttscheibe von der Haldenerweiterung der Phase 3 auf die Strömung berücksichtigt werden.

Das Simulationsgebiet für die prognostische Strömungssimulation umfasst daher einen wesentlich größeren Bereich als das eigentliche Beurteilungsgebiet. Es hat eine Ausdehnung von 41,5 km in Ost-West-Richtung und 51,3 km in Nord-Süd-Richtung. Die Lage des Simulationsgebiets für die prognostische Windfeldbibliothek ist dem dazugehörigen Bericht /20/ zu entnehmen.

Für die Aktualisierung wurde die Firma iMA Richter & Röckle mit der Erstellung einer prognostischen Windfeldbibliothek beauftragt, die dafür das Modell METRAS-PCL einsetzt. Die erstellte prognostischen Windfeldbibliothek genügt der VDI 3783, Blatt 16 /21/.

Der in /18/ überprüfte Anemometerstandort gemäß der VDI Richtlinie 3783 Blatt 20 kann weiterhin in Verbindung mit der aktualisierten prognostischen Windfeldbibliothek und der damit verbundenen Bestimmung der Ersatzanemometerposition (EAP) auf Basis der Richtlinie VDI 3783 Blatt 16 verwendet werden.

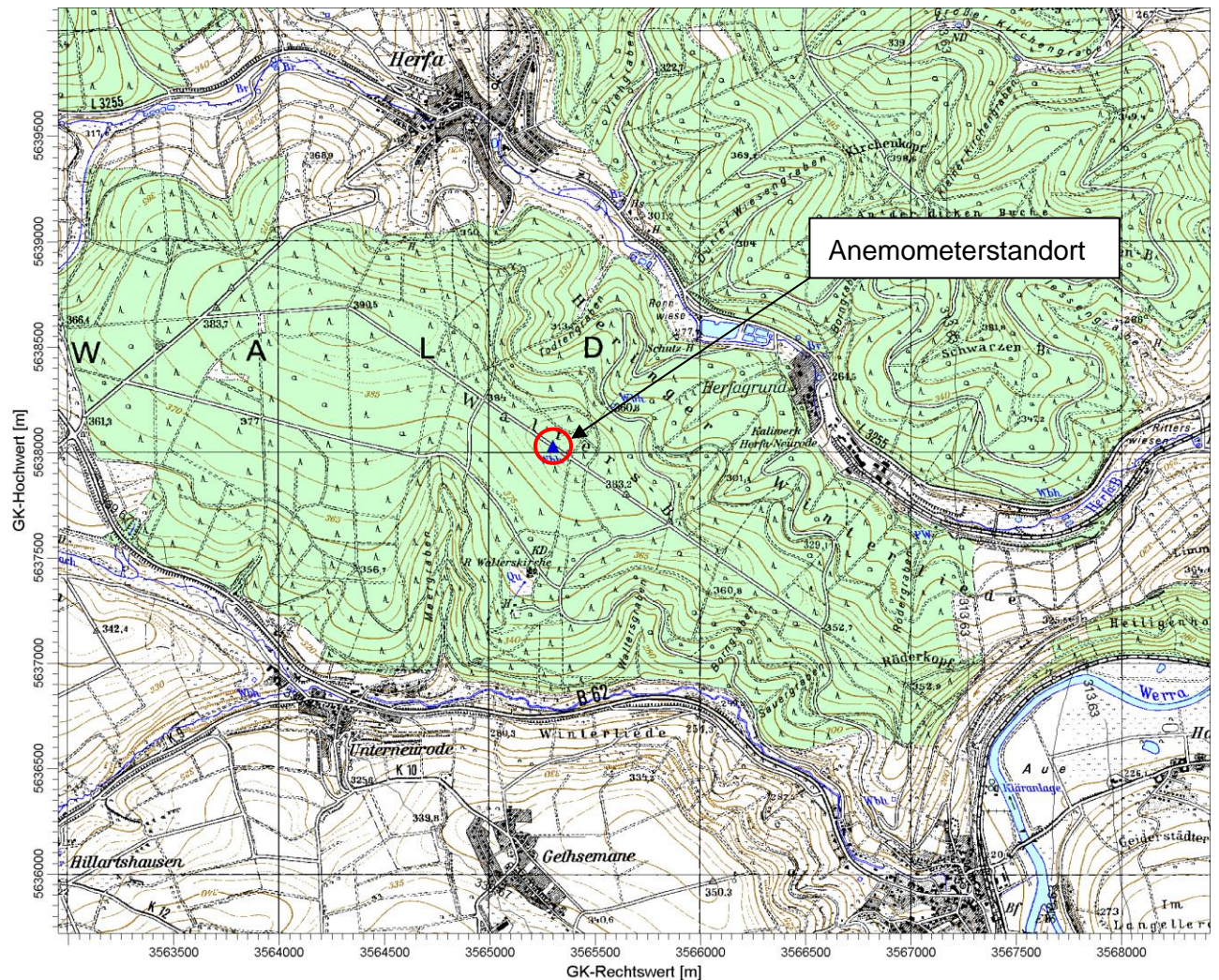


Abbildung 6-3: Anemometerstandort (blau) der prognostischen Windfeldbibliothek und der Ausbreitungsrechnung

6.7 Immissionszusatzbelastung

Für das Berechnungsgebiet wurde die Immissionszusatzbelastung durch den Betrieb der Halde auf Basis der in Kapitel 6 genannten Emissionen berechnet.

Aufgrund der unterschiedlichen räumlichen Verteilung von Schwebstaub und Staubniederschlag werden zwei Berechnungsvarianten untersucht

- Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke,
- Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke

Die räumliche Verteilung der Immissionszusatzbelastung ist im Abschnitt 6.7.2 dokumentiert. Das Maximum der Immissionen tritt im Nahbereich der Quellen auf, wo sich jedoch für das Schutzgut Mensch keine beurteilungsrelevanten Nutzungen befinden. Für das Schutzgut Ökosysteme / Schutzgebiete dagegen befindet sich südlich der Haldenerweiterung das FFH Gebiet 5125-303 Stöckig-Ruppershöhe, welches zwei Teilgebiete umfasst. Die Zusatzbelastungen an sieben relevanten beaufschlagten Immissionsorten für das Schutzgut Mensch und Ökosysteme sind in den tabellarischen Darstellungen der nachfolgenden Bewertung aufgeführt.

Eine Berechnung der in Abschnitt 4 genannten Inhaltsstoffe unter der Annahme der Gleichverteilung der mittleren Gehalte gemäß Tabelle 4-2 hat die sehr sichere Einhaltung der Immissionswerte für das Schutzgut Mensch und Boden ergeben. Gleichwohl wird exemplarisch auf Basis des Ergebnisses für Cadmium eine explizite Auswertung im Beurteilungsgebiet vorgenommen. Cadmium wurde ausgewählt, weil das Verhältnis an mittleren Gehalt im Gesamtrückstand zu den Immissionsgrenzwerten für den Menschen und Boden den ungünstigsten Fall darstellt.

6.7.1 Auswertung an den Immissionsorten

Zur Beurteilung der höchsten Zusatzbelastungen erfolgt eine Gegenüberstellung der Immissionen an der nächstgelegenen Wohnbebauung und im FFH-Gebiet 5125-3030 mit den Immissionswerten aus Kapitel 4.2.

Grundlage der Bewertung der Zusatzbelastungen ist der Anteil an den jeweiligen Immissionswerten. Für die Gesamtstaub-Deposition und die Konzentrations-Zusatzbelastung von $PM_{2,5}$ und PM_{10} sind in der TA Luft ein Irrelevanzkriterien festgelegt. Es beträgt 3 % des Immissionsjahreswertes. Dies entspricht einer PM_{10} -Konzentration von $1,2 \mu g/m^3$, $PM_{2,5}$ -Konzentration von $0,75 \mu g/m^3$ und einer Staub-Deposition von $0,0105 g/(m^2 \cdot d)$. Für die Cadmium-Deposition ist in der TA Luft ein Irrelevanzkriterium festgelegt. Es beträgt 5 % des Immissionsjahreswertes. Dies entspricht einer Cadmium-Deposition, Cd von $0,1 \mu g/(m^2 d)$.

Hinsichtlich PM_{10} wird das Irrelevanzkriterium an allen Immissionsorten bei beiden Berechnungsvarianten unterschritten. Gleiches gilt für $PM_{2,5}$. Mit den Berechnungsvarianten wird der Haldenaufbau sowohl in geringer als auch in maximaler Höhe (siehe u. a. /22/) über Umgebung untersucht. Damit kann davon ausgegangen werden, dass während der gesamten Betriebszeit das Irrelevanzkriterium an allen Immissionsorten unterschritten sein wird.

Ebenfalls wird das Irrelevanzkriterium von Cadmium im Schwebstaub (Konzentration) bei sinngemäßer Anwendung des Irrelevanzkriteriums der TA Luft auf den Immissionsgrenzwert der 39. BImSchV sicher eingehalten.

Hinsichtlich Staubniederschlag wird das Irrelevanzkriterium an relevanten Immissionsorten überschritten insbesondere im Nahbereich des Haldenkörpers (Schutzgut Boden). Hier gilt, dass eine Überprüfung des Immissionswertes für die Gesamtbelastung durchgeführt wird, um die Einhaltung vom Immissionsgrenzwert von 0,35 g/(m²·d) zu überprüfen.

Für die Cadmium-Deposition im direkten Umfeld wird das Irrelevanzkriterium überschritten. Hier gilt, dass eine Überprüfung des Immissionswertes für die Gesamtbelastung durchgeführt wird, um die Einhaltung des Immissionswertes zu überprüfen.

Tabelle 6-12: Jahresmittelwerte der Zusatzbelastung Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke

Schwebstaub PM _{2,5}	Beurteilungswert	Zusatzbelastung	Anteil am Immissionswert
BuP_1, Schulstraße 20, OT Röhrigshof	25 µg/m ³	0,2 µg/m ³	0,5 %
BuP_2, Überm Graben 25, OT Röhrigshof		0,3 µg/m ³	1,2 %
BuP_2a, Überm Graben 1, OT Röhrigshof		0,3 µg/m ³	1,2 %
BuP_3, Schellmühle		< 0,1 µg/m ³	< 0,4 %
BuP_4, Grundmühle		< 0,1 µg/m ³	< 0,4 %
BuP_5, Forsthaus		0,1 µg/m ³	0,4 %
Schwebstaub PM ₁₀	Beurteilungswert	Zusatzbelastung	Anteil am Immissionswert
BuP_1, Schulstraße 20, OT Röhrigshof	40 µg/m ³	0,2 µg/m ³	0,5 %
BuP_2, Überm Graben 25, OT Röhrigshof		0,3 µg/m ³	0,8 %
BuP_2a, Überm Graben 1, OT Röhrigshof		0,3 µg/m ³	0,8 %
BuP_3, Schellmühle		< 0,1 µg/m ³	< 0,3 %
BuP_4, Grundmühle		< 0,1 µg/m ³	< 0,3 %
BuP_5, Forsthaus		0,1 µg/m ³	0,3 %

Staubniederschlag	Beurteilungswert	Zusatzbelastung	Anteil am Immissionswert
BuP_1, Schulstraße 20, OT Röhrigshof	0,35 g/(m²·d)	0,011 g/(m²·d)	3,1 %
BuP_2, Überm Graben 25, OT Röhrigshof		0,021 g/(m²·d)	6,0 %
BuP_2a, Überm Graben 1, OT Röhrigshof		0,021 g/(m²·d)	6,0 %
BuP_3, Schellmühle		0,001 g/(m²·d)	0,3 %
BuP_4, Grundmühle		0,001 g/(m²·d)	0,3 %
BuP_5, Forsthaus		0,003 g/(m²·d)	0,9 %
BUP_6*, FFH-Gebiet 5125-303, westl. Teil		0,046 g/(m²·d)	13,1 %
BUP_7*, FFH-Gebiet 5125-303, östl. Teil		0,287 g/(m²·d)	82,0 %
Cadmium im Schwebstaub	Beurteilungswert	Zusatzbelastung	Anteil am Immissionswert
BuP_1, Schulstraße 20, OT Röhrigshof	5 ng/m³	9,46E-05 ng/m³	< 0,1 %
BuP_2, Überm Graben 25, OT Röhrigshof		1,53E-04 ng/m³	< 0,1 %
BuP_2a, Überm Graben 1, OT Röhrigshof		1,88E-04 ng/m³	< 0,1 %
BuP_3, Schellmühle		1,86E-05 ng/m³	< 0,1 %
BuP_4, Grundmühle		1,31E-05 ng/m³	< 0,1 %
BuP_5, Forsthaus		3,25E-05 ng/m³	< 0,1 %
Cadmium im Staubniederschlag	Beurteilungswert	Zusatzbelastung	Anteil am Immissionswert
BuP_1, Schulstraße 20, OT Röhrigshof	2 µg/(m²·d)	< 0,01 µg/(m²·d)	< 0,5 %
BuP_2, Überm Graben 25, OT Röhrigshof		0,01 µg/(m²·d)	0,5 %
BuP_2a, Überm Graben 1, OT Röhrigshof		0,02 µg/(m²·d)	1,0 %
BuP_3, Schellmühle		< 0,01 µg/(m²·d)	< 0,5 %
BuP_4, Grundmühle		< 0,01 µg/(m²·d)	< 0,5 %
BuP_5, Forsthaus		< 0,01 µg/(m²·d)	< 0,5 %
BUP_6*, FFH-Gebiet 5125-303, westl. Teil		0,05 µg/(m²·d)	1,5 %
BUP_7*, FFH-Gebiet 5125-303, östl. Teil		0,32 µg/(m²·d)	16,0 %

* BUP_6 und BUP_7 liegen im Nahbereich der Halde und somit im unmittelbaren Einflussbereich der Emissionsquellen.

Tabelle 6-13: Jahresmittelwerte der Zusatzbelastung Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke

Schwebstaub PM _{2,5}	Beurteilungswert	Zusatzbelastung	Anteil am Immissionswert
BuP_1, Schulstraße 20, OT Röhrigshof	25 µg/m ³	0,2 µg/m ³	0,8 %
BuP_2, Überm Graben 25, OT Röhrigshof		0,3 µg/m ³	1,2 %
BuP_2a, Überm Graben 1, OT Röhrigshof		0,2 µg/m ³	0,8 %
BuP_3, Schellmühle		< 0,1 µg/m ³	< 0,4 %
BuP_4, Grundmühle		< 0,1 µg/m ³	< 0,4 %
BuP_5, Forsthaus		< 0,1 µg/m ³	< 0,4 %
Schwebstaub PM ₁₀	Beurteilungswert	Zusatzbelastung	Anteil am Immissionswert
BuP_1, Schulstraße 20, OT Röhrigshof	40 µg/m ³	0,4 µg/m ³	1,0 %
BuP_2, Überm Graben 25, OT Röhrigshof		0,5 µg/m ³	1,3 %
BuP_2a, Überm Graben 1, OT Röhrigshof		0,4 µg/m ³	1,0 %
BuP_3, Schellmühle		< 0,1 µg/m ³	< 0,1 %
BuP_4, Grundmühle		< 0,1 µg/m ³	< 0,1 %
BuP_5, Forsthaus		< 0,1 µg/m ³	< 0,1 %
Staubniederschlag	Beurteilungswert	Zusatzbelastung	Anteil am Immissionswert
BuP_1, Schulstraße 20, OT Röhrigshof	0,35 g/(m ² ·d)	0,034g/(m ² ·d)	9,7 %
BuP_2, Überm Graben 25, OT Röhrigshof		0,047 g/(m ² ·d)	13,4 %
BuP_2a, Überm Graben 1, OT Röhrigshof		0,028 g/(m ² ·d)	8,0 %
BuP_3, Schellmühle		0,003 g/(m ² ·d)	0,9 %
BuP_4, Grundmühle		0,004 g/(m ² ·d)	1,1 %
BuP_5, Forsthaus		0,006 g/(m ² ·d)	1,7 %
BUP_6, FFH-Gebiet 5125-303, westl. Teil		0,142 g/(m ² ·d)	40,6 %
BUP_7, FFH-Gebiet 5125-303, östl. Teil		0,120 g/(m ² ·d)	34,3 %
Flurstücke 10/35, 10/7, 81/6, 83/7, 37/2, 32, 36 (alle anderen betroffenen Flurstücke sind Wege)		0,199 – 0,248 g/(m ² ·d)	57 – 71 %

Cadmium im Schwebstaub	Beurteilungswert	Zusatzbelastung	Anteil am Immissionswert
BuP_1, Schulstraße 20, OT Röhrigshof	5 ng/m ³	1,60E-04 ng/m ³	< 0,1 %
BuP_2, Überm Graben 25, OT Röhrigshof		2,00E-04 ng/m ³	< 0,1 %
BuP_2a, Überm Graben 1, OT Röhrigshof		1,00E-04 ng/m ³	< 0,1 %
BuP_3, Schellmühle		2,60E-05 ng/m ³	< 0,1 %
BuP_4, Grundmühle		2,60E-05 ng/m ³	< 0,1 %
BuP_5, Forsthaus		3,40E-05 ng/m ³	< 0,1 %
Cadmium im Staubniederschlag	Beurteilungswert	Zusatzbelastung	Anteil am Immissionswert
BuP_1, Schulstraße 20, OT Röhrigshof	2 µg/(m ² ·d)	0,02 µg/(m ² ·d)	1,0 %
BuP_2, Überm Graben 25, OT Röhrigshof		0,03 µg/(m ² ·d)	1,5 %
BuP_2a, Überm Graben 1, OT Röhrigshof		0,02 µg/(m ² ·d)	1,0 %
BuP_3, Schellmühle		< 0,01 µg/(m ² ·d)	< 0,5 %
BuP_4, Grundmühle		< 0,01 µg/(m ² ·d)	< 0,5 %
BuP_5, Forsthaus		< 0,01 µg/(m ² ·d)	< 0,5 %
BUP_6, FFH-Gebiet 5125-303, westl. Teil		0,12 µg/(m ² ·d)	6,0 %
BUP_7, FFH-Gebiet 5125-303, östl. Teil		0,03 µg/(m ² ·d)	1,5 %

Im Norden der Rückstandshalde (siehe Abbildung 6-13) liegt die maximale Zusatzbelastung bei 0,22 µg/(m²·d) und damit über der Irrelevanz. Die Gesamtbelastung wird für die höchsten relevanten Zusatzbelastungen in Kap. 6.9 durchgeführt.

Statistische Unsicherheit

Die TA Luft stellt Forderungen zur statistischen Unsicherheit (TA Luft, Anhang 3, Abschnitt 9). Es ist darauf zu achten, dass die modellbedingte statistische Unsicherheit, berechnet als statistische Streuung des berechneten Wertes, beim Jahres-Immissionskennwert 3 vom Hundert des Jahres-Immissionswertes und beim Tages-Immissionskennwert 30 vom Hundert des Tages-Immissionswertes nicht überschreitet.

Liegen die Beurteilungspunkte an den Orten der maximalen Zusatzbelastung, braucht die statistische Unsicherheit nicht gesondert berücksichtigt zu werden. Andernfalls sind die berechneten Jahres-, Tages- und Stunden-Immissionskennwerte um die jeweilige statistische Unsicherheit zu erhöhen. Die relative statistische Unsicherheit des Stunden-Immissionskennwertes ist dabei der relativen statistischen Unsicherheit des Tages-Immissionskennwertes gleichzusetzen.

In den vorangegangenen Stellungnahmen wurde die relative und die absolute statistische Unsicherheit für jeden Beurteilungspunkt und Stoff ausgewiesen. Es wurde nachgewiesen, dass die Unsicherheiten die Anforderung für den jeweiligen Jahres-Immissionskennwert erfüllen. In der aktuell vorliegenden Berechnung wurden keine Randparameter die eine Auswirkung auf die Höhe der statischen Unsicherheit haben kann geändert. Das Niveau der aktuellen statischen Unsicherheit liegt in einer vergleichbaren nominalen Höhe. Die Anforderungen an die statistische Unsicherheit gemäß der TA Luft wird eingehalten. Bei Bedarf kann dieser Sachverhalt anhand grafischer Darstellungen für das Beurteilungsgebiet zur Verfügung gestellt werden.

6.7.2 Darstellung der räumlichen Verteilung der Jahresmittelwerte

Nachfolgend werden die Jahresmittelwerte für die Stoffe PM₁₀ und Staubbiederschlag für die beiden Berechnungsvarianten grafisch dargestellt. Zudem wird für die Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke exemplarisch das Schwermetall Cadmium abgebildet.

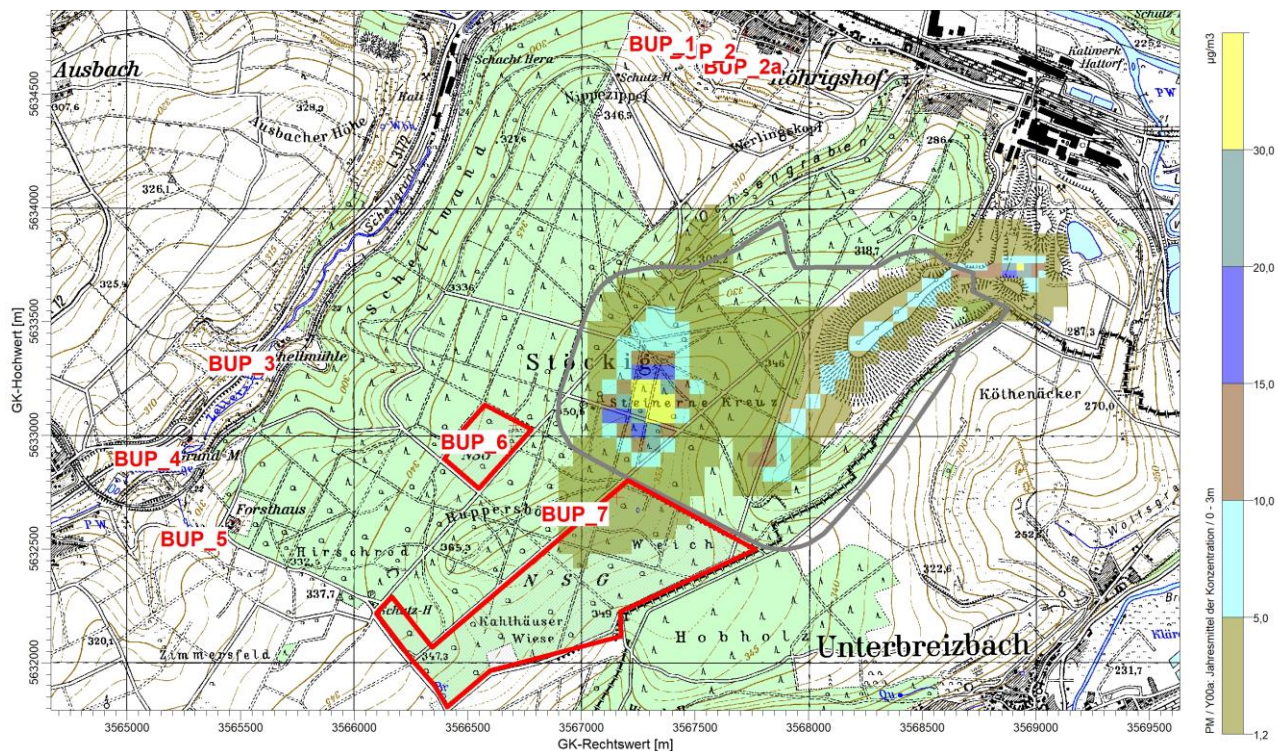


Abbildung 6-4: Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung (Konzentration) von PM₁₀ durch den Haldenbetrieb in µg/m³, Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke

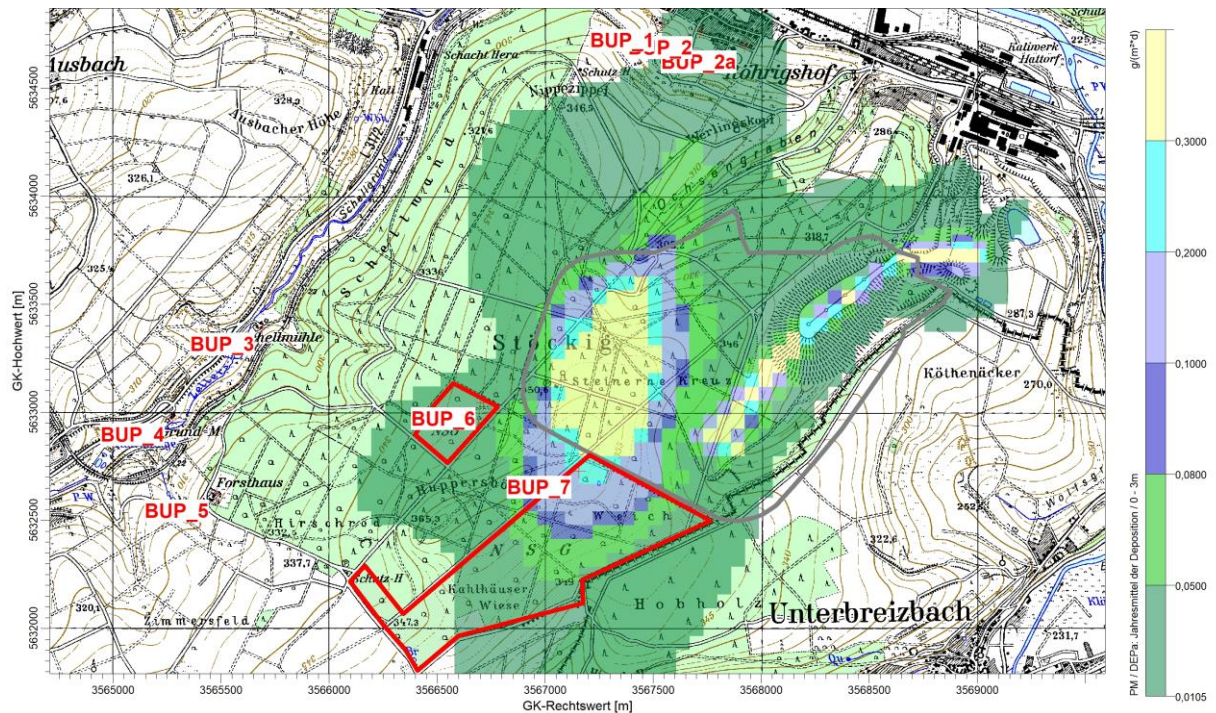


Abbildung 6-5: Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung von Staubbiederschlag durch den Haldenbetrieb in g/(m²·d), Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke

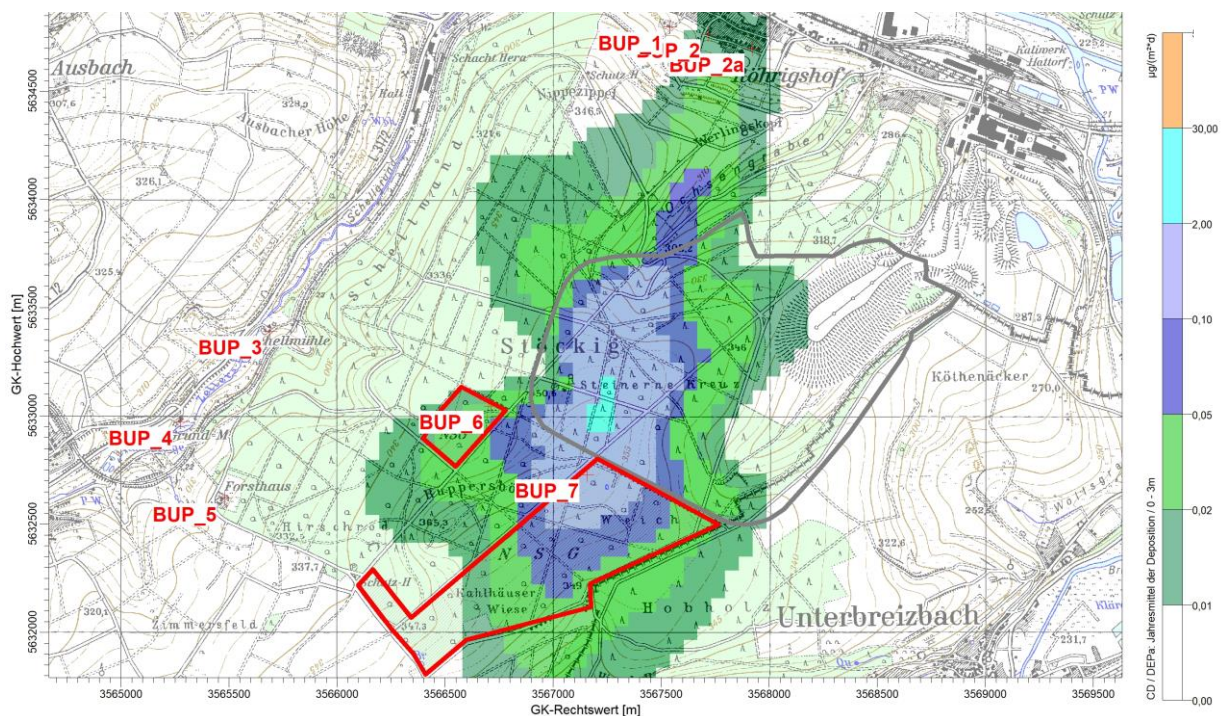


Abbildung 6-6: Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung der Cadmium Deposition durch den Haldenbetrieb in µg/(m²·d), Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke

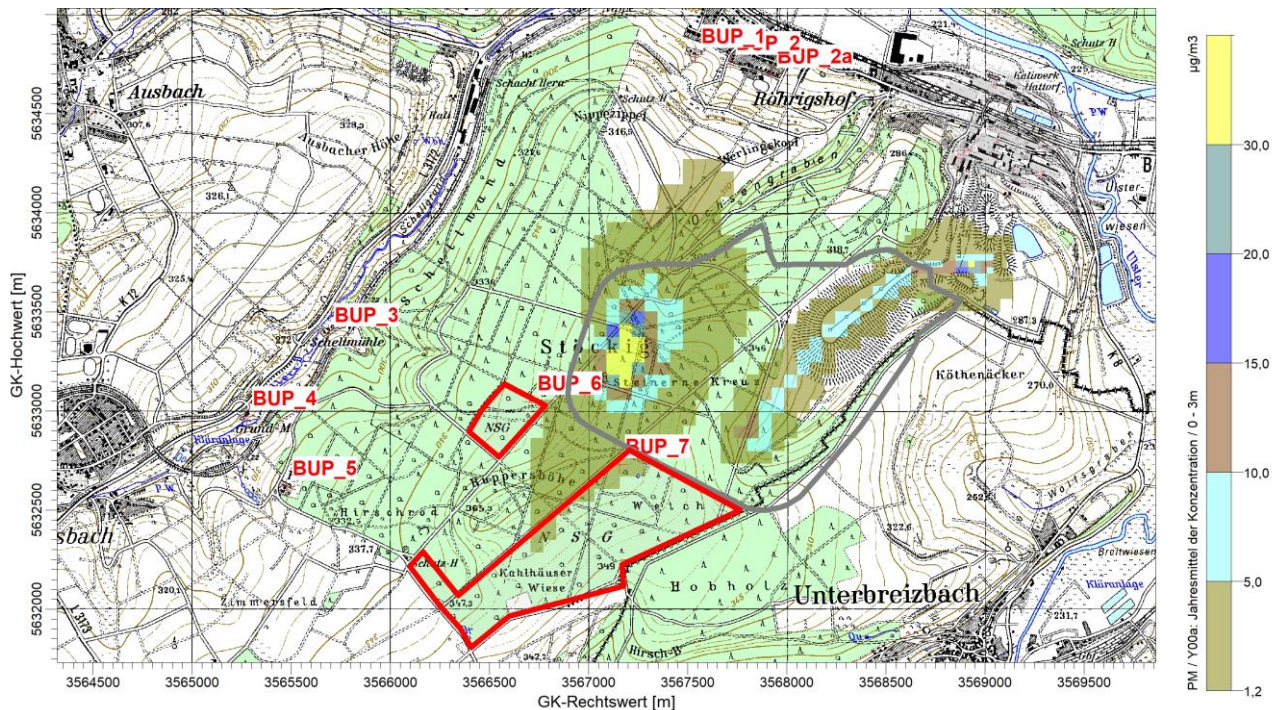


Abbildung 6-7: Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung (Konzentration) von PM₁₀ durch den Haldenbetrieb der Anlage in µg/m³, Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke

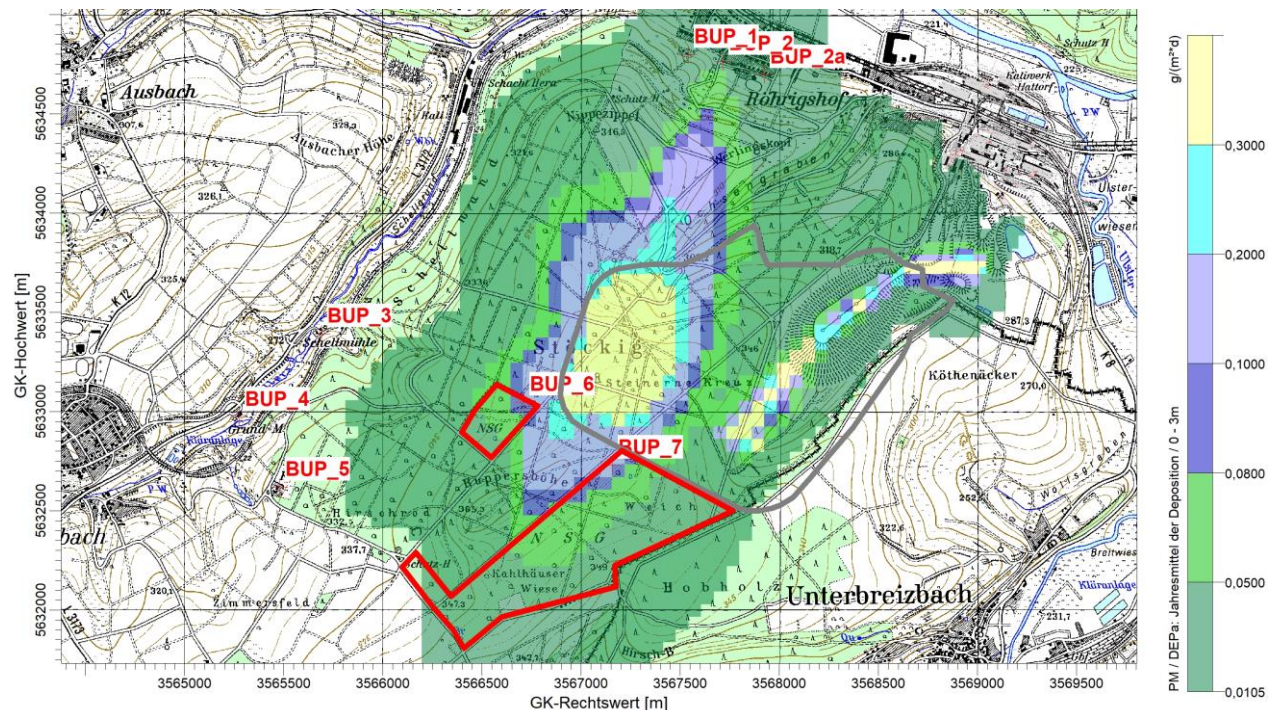


Abbildung 6-8: Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung von Staubschlag durch den Haldenbetrieb in g/(m²·d), Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke

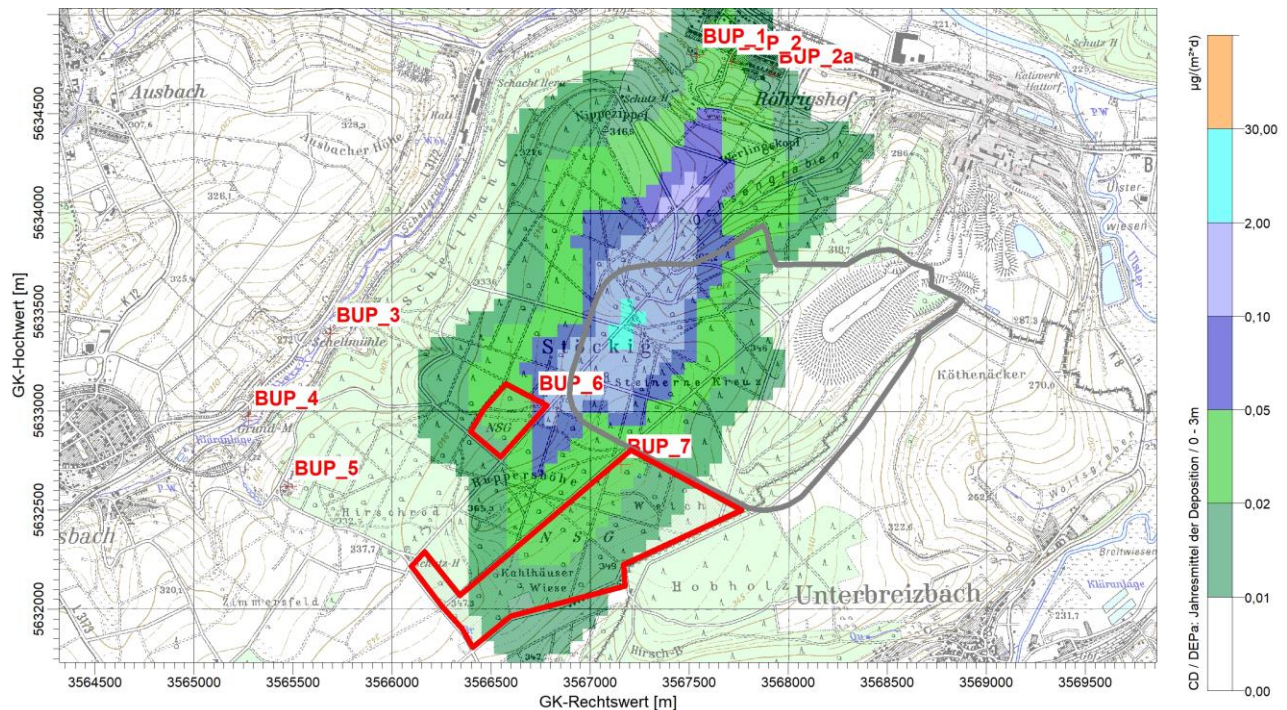


Abbildung 6-9: Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung der Cadmium Deposition durch den Haldenbetrieb in $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke

6.7.3 Schutzgut Boden - Nahbereich

Zur Beurteilung der Zusatzbelastungen erfolgt eine Gegenüberstellung mit den Immissionswerten der TA Luft für Staubbiederschlag.

Der Beurteilungswert für Staubbiederschlag liegt bei $0,35 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$. Die berechnete Zusatzbelastung jenseits der Vorhabensgrenze (siehe Abbildung 6-12, graue Linie) liegt bei der Variante Abwurf Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke bei etwa $0,41 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, so dass eine rechnerische Einhaltung des Immissionsgrenzwertes von $0,35 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ unter Berücksichtigung Vorbelastung nicht gegeben ist.

Eine Sonderfallprüfung nach Nr. 4.3.2 d) der TA Luft wird in Kapitel 6.10 durchgeführt.

Die in der Abbildung 6-12 gelb eingefärbten Flächen außerhalb der Vorhabensgrenze sind Gegenstand der Sonderfallprüfung in Kapitel 6.10.

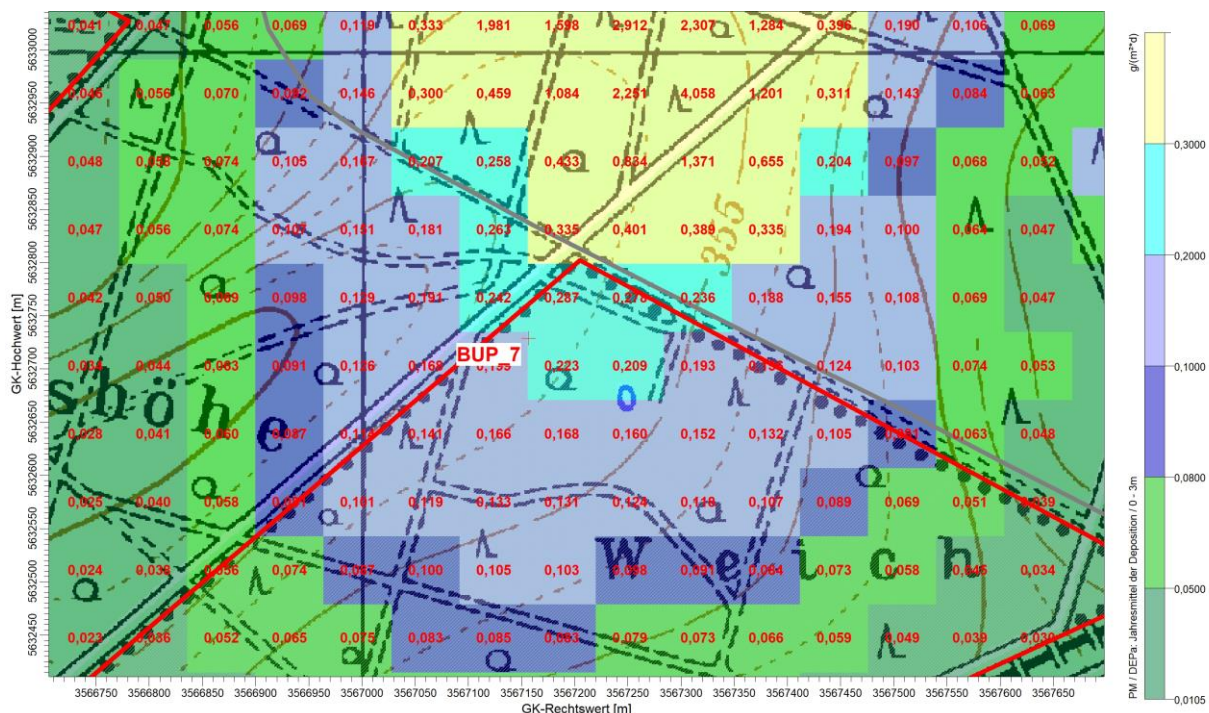


Abbildung 6-10: Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung von Staubiederschlag durch den Haldenbetrieb in $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke – Nahbereich BUP_7

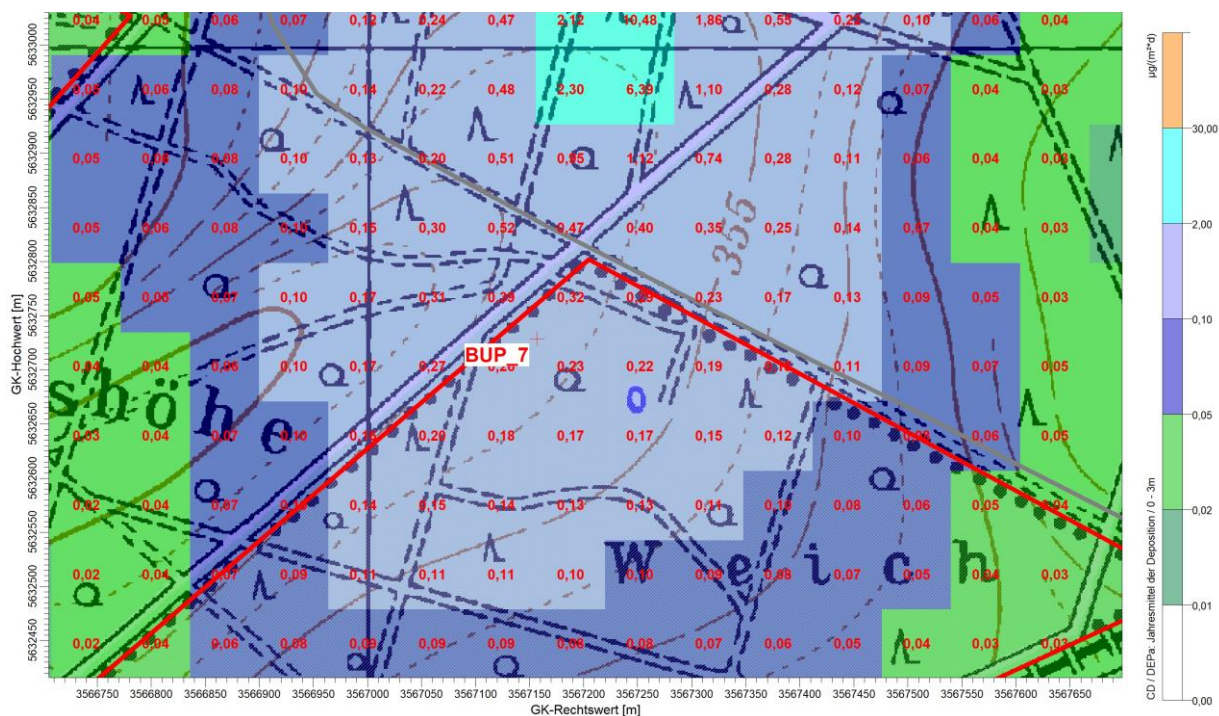


Abbildung 6-11: Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung der Cadmium Deposition durch den Haldenbetrieb in $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke – Nahbereich BUP_7

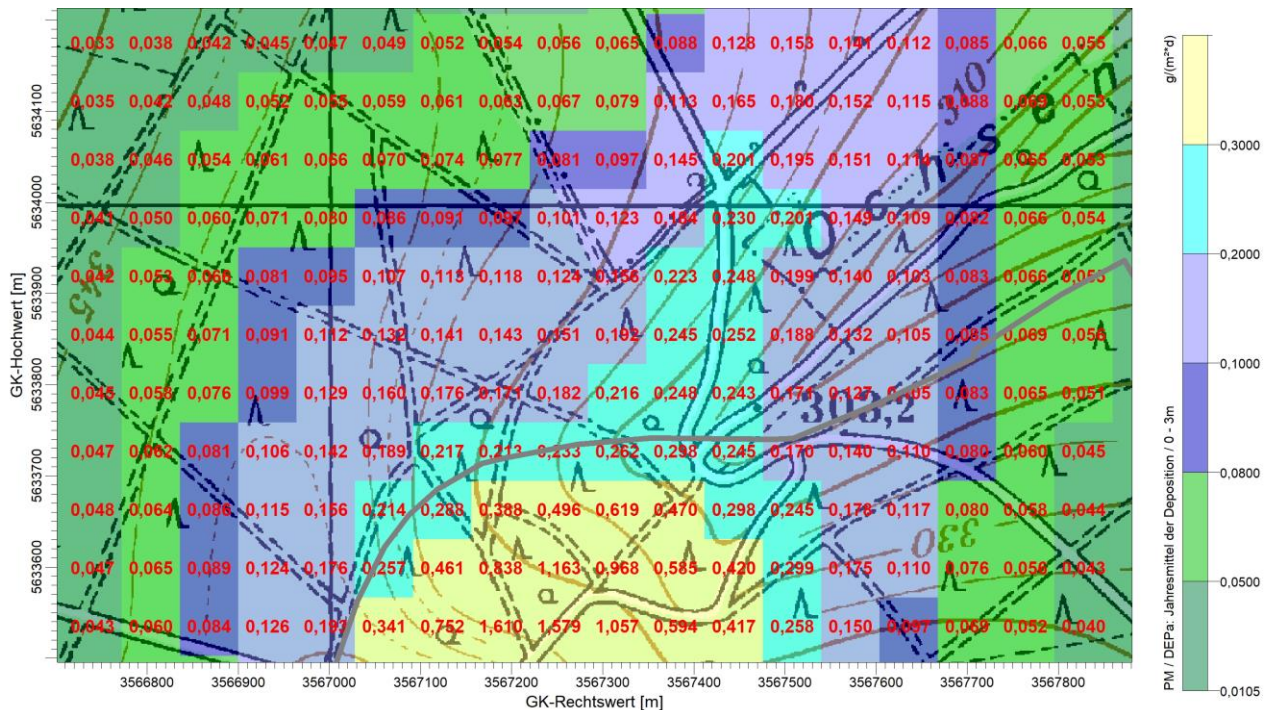


Abbildung 6-12: Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung von Staubbiederschlag durch den Haldenbetrieb in $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke – Nahbereich Nord

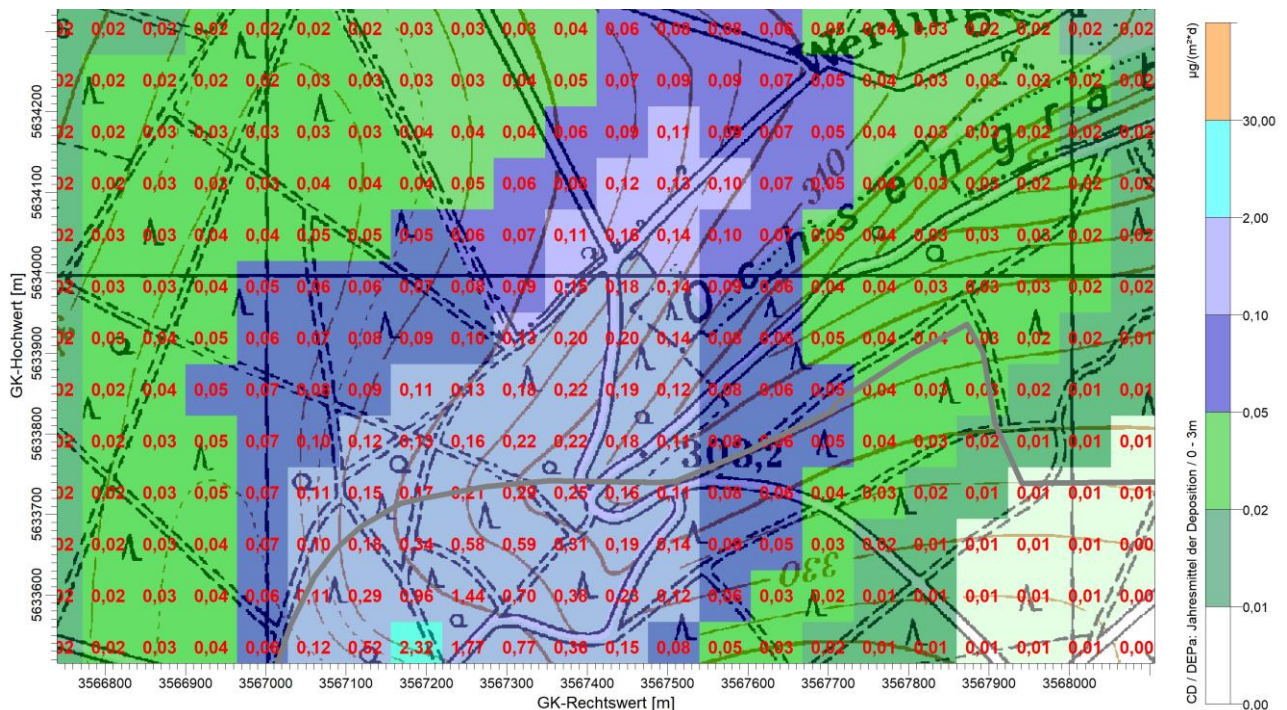


Abbildung 6-13: Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung der Cadmium Deposition durch den Haldenbetrieb in $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke – Nahbereich Nord

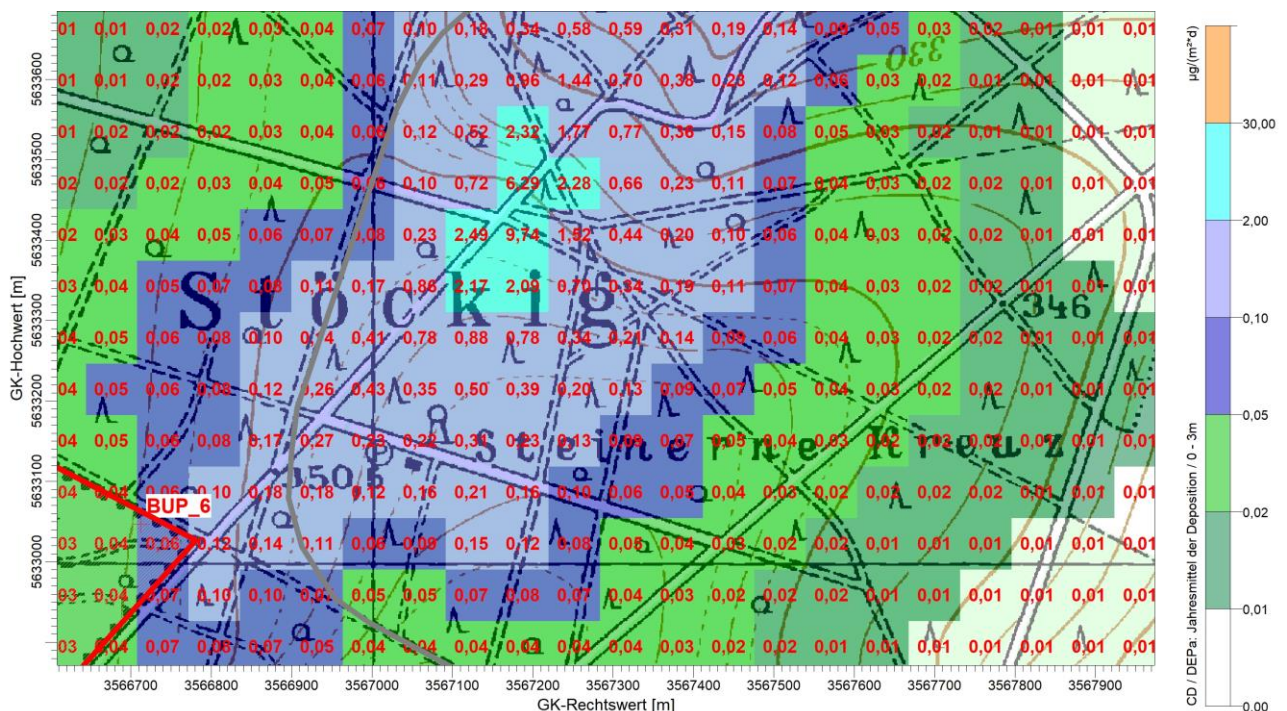


Abbildung 6-14: Jahresmittelwert der Immissionszusatzbelastung der Cadmium Deposition durch den Haldenbetrieb in $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$, Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der westlichen Flanke – Nahbereich

6.8 Immissionsvorbelastung

Für aktuelle / künftige Genehmigungsverfahren ist nicht nur der Parameter Staub relevant, daher hat sich die damalige K+S KALI GmbH dazu entschlossen, umfassende Untersuchungen über die Belastungssituation in der Umgebung der Halden und Betriebsstandorte durchzuführen. Ziel war die Erfassung des Ist-Zustandes der Immissionssituation im gesamten Umfeld der Standorte des Werkes Werra.

Seit der Immissionsmessung im Jahr 2011/2012 /23/ gab es am Standort Hattorf Anlagenänderungen z. B. Neubau der KKF-Anlage und das Eon Kraftwerk, die zur Folge hatten, dass u.a. eine effizientere Technik zum Einsatz gekommen ist bzw. die Emissionsbegrenzungen, die für die neuen Anlagen festgelegt wurden den aktuellen Anforderung zum Zeitpunkt der Genehmigung entsprechen. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass dies die Emissionssituation positiv beeinflusst.

Nachfolgend werden die Messergebnisse für PM_{10} und Staubbiederschlag für den Betriebsstandort Hattorf dargestellt. Die Lage der Messpunkte geht aus der folgenden Abbildung 6-15 hervor.

Eine messtechnische Bestimmung von $\text{PM}_{2,5}$ ist im Rahmen der umfangreichen Immissionsvorbelastungsmessungen im Werk Werra nicht erfolgt. Alle berechneten Zusatzbelastungen liegen deutlich unterhalb der Irrelevanz von $\text{PM}_{2,5}$ von $0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Auf Basis des vorhandenen Kenntnisstandes – der gemessenen Immissionskenngrößen von PM_{10} Tabelle 6-17 - ist ableitbar, dass der zukünftige Immissionswert von $\text{PM}_{2,5}$ von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sicher eingehalten wird.

Tabelle 6-14: Immissionskenngrößen für Feinstaub (PM₁₀) der Vorbelastungsmessung für das Werk Werra

Stoff	PM₁₀-Konzentration	
Messpunkt	Jahresmittelwert in µg/m³	Anzahl Tagesmittelwerte > 50 µg/m³
VB-HA 1, Hattorfer Straße	21,7	8
VB-HA 2, Am Zollhaus	20,0	3

Tabelle 6-15: Immissionskenngrößen für Staubniederschlag (STN) der Vorbelastungsmessung für das Werk Werra

Stoff	STN
Messpunkt	Jahresmittelwert in g/(m²·d)
VB-HA 1 Hattorfer Straße	0,100
VB-HA 2 Am Zollhaus	0,060
VB-HA 3 Röhrigshof	0,051
VB-HA 4 Pumpwerk Werra	0,047
VB-HA 5 Haldenflanke Nordwest	0,082
VB-HA 6 Haldenkopf Südwest	0,073
VB-HA 7 Haldenflanke Südost	0,157
VB-HA 8 Halde Ost	0,089
VB-WI 8 Wald	0,036

Tabelle 6-16: Immissionskenngrößen für Cadmium im Staubbiederschlag (STN) der Vorbelastungsmessung für das Werk Werra

Stoff	Cadmium im STN
Messpunkt	Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
VB-HA 1 Hattorfer Straße	0,13
VB-HA 2 Am Zollhaus	0,09
VB-HA 3 Röhrigshof	0,11
VB-HA 4 Pumpwerk Werra	0,10
VB-HA 5 Haldenflanke Nordwest	0,11
VB-HA 6 Haldenkopf Südwest	0,06
VB-HA 7 Haldenflanke Südost	0,09
VB-HA 8 Halde Ost	0,06
VB-WI 8 Wald	0,06



Abbildung 6-15 : Lage der Messstellen

Immissionsbeitrag zwischenzeitlich in Betrieb genommener Betriebsteile

Die durchgeführten Vorbelastungsmessungen enthalten nicht den möglichen Immissionsbeitrag der ESTA-Anlagenerweiterung, die sich aktuell in der Umsetzungsphase befindet. Gleiches gilt für die zwischenzeitlich in Betrieb genommene GuD-Anlage (Eon) am Standort Hattorf.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens hat TÜV NORD eine Immissionsprognose erstellt, die den Immissionsbeitrag der ESTA-Erweiterung auf Basis der Emissionsgrenzwerte untersuchte /24/. Der PM_{10} -Beitrag der ESTA-Erweiterung beträgt an den Beurteilungspunkten Schulstraße 20, OT Röhrigshof (BuP_1), Überm Graben 25, OT Röhrigshof (BuP_2) und Überm Graben 1, OT Röhrigshof (BuP_2a) jeweils $0,2 \mu g/m^3$ an den übrigen Beurteilungspunkt BuP_3 bis BuP_5 ist der Beitrag $< 0,05 \mu g/m^3$. Der Immissionsbeitrag hinsichtlich Staubbiederschlags ist vernachlässigbar.

Die GuD-Anlage wird ausschließlich mit Erdgas betrieben, so dass der Massenstrom der Staubemissionen in der Gesamtschau des Betriebsstandortes Hattorf gering ist. Die Ableitung der Abgase erfolgt in einer Höhe von 50 m über Grund. Außerdem ist der Betrieb der vorher existierenden Kraftwerksteile seit Inbetriebnahme der neuen GUD-Anlage reduziert. Der Immissionsbeitrag der GuD-Anlage an den hier relevanten Immissionsorten ist daher vernachlässigbar.

6.9 Immissionsgesamtbelastung

Jahresmittelwerte

Die Gesamtbelastung von Feinstaub PM₁₀ wird gebildet aus den Ergebnissen der Vorbelastungsmessung am Messpunkt „Hattorfer Straße“, den Berechnungsergebnissen für den Immissionsbeitrag der ESTA-Erweiterung und der berechneten Zusatzbelastung des Haldenbetriebs. Dabei können die einzelnen Jahresmittelwerte direkt zur Gesamtbelastung addiert werden.

In der Berechnung des Immissionsbeitrags der ESTA-Erweiterung ist eine durchgängige Ausschöpfung der Emissionsgrenzwerte und Betriebszeit berücksichtigt, um den Genehmigungsumfang abzubilden. Die tatsächlichen Emissionen und Immissionen sind geringer. Die Berücksichtigung des Immissionsbeitrags der ESTA-Erweiterung stellt eine Überschätzung dar.

Die für die Immissionsorte ermittelte Gesamtbelastung ist in den nachfolgenden Tabellen den jeweiligen Immissions(grenz)werten gegenübergestellt. Für jeden Immissionsort ist aus den drei Berechnungsvarianten die höchste Zusatzbelastungskenngröße genannt.

Die Gesamtbelastung von Staubniederschlag wird gebildet aus den Ergebnissen der Vorbelastungsmessung am Messpunkt „VB-WI 8 Wald“ und der berechneten Zusatzbelastung des Haldenbetriebs. Auch hier können die einzelnen Jahresmittelwerte direkt zur Gesamtbelastung addiert werden. Der Messpunkt „VB-WI 8 Wald“ liegt außerhalb des Einwirkungsbereichs des Haldenbetriebs bzw. des Betriebsstandortes Hattorf. Der Messpunkt liegt im Übergang im Bereich von relevanten zu irrelevanten Immissionsbeiträgen durch Staubniederschlag. An dieser Messstelle ist daher mit einer erhöhten Vorbelastung bezüglich des Staubniederschlages zu rechnen. Der Beurteilungspunkt VB-WI 8 ist in Bezug auf das Schutzgut Wald in Ansatz gebracht worden.

Tabelle 6-17: Jahresmittelwerte der Gesamtbelastung

Schwebstaub PM ₁₀ in µg/m ³	Beurteilungswert	Messung /23/	Beitrag ESTA	Zusatzbelastung	Gesamtbelastung
BuP_1, Schulstraße 20	40	21,7	0,2	0,4	22,3
BuP_2, Überm Graben 25			0,2	0,5	22,4
BuP_2a, Überm Graben 1			0,2	0,4	22,3
BuP_3, Schellmühle			*)	< 0,1	< 21,8
BuP_4, Grundmühle			*)	< 0,1	< 21,8
BuP_5, Forsthaus			*)	< 0,1	< 21,8
Staubniederschlag in g/(m ² ·d)	Beurteilungswert	Messung /23/	Beitrag ESTA	Zusatzbelastung	Gesamtbelastung
BuP_1, Schulstraße 20	0,35	0,036	*)	0,034	0,070
BuP_2, Überm Graben 25			*)	0,047	0,083
BuP_2a, Überm Graben 1			*)	0,028	0,064
BuP_3, Schellmühle			*)	0,003	0,039
BuP_4, Grundmühle			*)	0,004	0,040
BuP_5, Forsthaus			*)	0,006	0,042
BUP_6, FFH-Gebiet 5125-303, westl. Teil			*)	0,142	0,178
BUP_7, FFH-Gebiet 5125-303, östl. Teil			*)	0,287	0,323
Cd im Staubniederschlag in µg/(m ² ·d)	Beurteilungswert	Messung /23/	Beitrag ESTA	Zusatzbelastung	Gesamtbelastung
BuP_1, Schulstraße 20	2	0,06	*)	0,02	0,08
BuP_2, Überm Graben 25			*)	0,03	0,09
BuP_2a, Überm Graben 1			*)	0,02	0,08
BuP_3, Schellmühle			*)	< 0,01	0,061
BuP_4, Grundmühle			*)	< 0,01	0,061
BuP_5, Forsthaus			*)	< 0,01	0,061
BUP_6, FFH-Gebiet 5125-303, westl. Teil			*)	0,12	0,18
BUP_7, FFH-Gebiet 5125-303, östl. Teil			*)	0,32	0,38

*) Jahresmittelwert vernachlässigbar.

Tagesmittelwerte

Nach Nr. 4.2.1 TA Luft darf der Konzentrationswert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an maximal 35 Tagen im Jahr überschritten werden.

Die Kenntnis des höchsten Tagesmittelwertes allein reicht für eine Beurteilung nicht aus. Für eine exakte Überprüfung dieser Anforderung sind die 365 im Planbereich berechneten Tagesmittelwerte der Immissionsbeiträge des untersuchten Betriebes mit den 365 Tagesmittelwerten des Hintergrundes tageweise zu addieren und hinsichtlich der Anzahl der Werte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auszuwerten. Dabei müssen die berechneten und gemessenen Werte den selben meteorologischen Hintergrund haben, d.h. die den Berechnungen zugrundeliegenden stündlichen Wetterdaten müssen aus dem selben Zeitraum stammen wie die Messwerte.

Aus den langjährigen Messreihen der Bundesländer lässt sich jedoch eine gute gesicherte statistische Abhängigkeit der Überschreitung des PM_{10} -Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Verhältnis zum gemessenen Jahresmittelwert ableiten /25/. Diese Erfahrung ist Grundlage für die Festlegung in der verabschiedeten neuen TA Luft 2021 /1/. Danach ist bei Jahresmittelwerten unter $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die zulässige Anzahl von Überschreitungen des Tagesmittelwertes in der Regel eingehalten.

Die Berechnungen im Abschnitt „Jahresmittelwerte“ ergeben den höchsten PM_{10} -Jahresmittelwert mit $22,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Ergebnis kann von der sicheren Einhaltung der zulässigen Anzahl von 35 Überschreitungen des Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgegangen werden.

6.10 Sonderfallprüfung Staubbiederschlag

Die ermittelte Zusatzbelastung und daraus resultierende rechnerische Gesamtbelastung wird als Anhaltspunkt für eine Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft gesehen. Die Prüfung dient der Beurteilung, ob die ermittelten Einwirkungen durch Staubbiederschlag als erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft anzusehen sind. Nachteile oder Belästigungen sind für die Allgemeinheit dann erheblich, wenn sie nach *Art, Ausmaß oder Dauer* das Gemeinwohl beeinträchtigen. Zum Ausmaß der Einwirkung werden im Folgenden die bisherigen Erkenntnisse der Vorbelastungsmessungen angeführt:

Die Vorhabensträgerin betreibt schon seit 2011 ein Messnetz im Umfeld der Rückstandshalde am Standort Hattorf zur Ermittlung von Staubbiederschlag. Im Rahmen der Messplanung für die Vorbelastungsmessung 2011/12 wurde u.a. auch die Lage der Messpunkte für Staubbiederschlag auf Repräsentativität hin überprüft. Es kann davon ausgegangen werden, dass in Abhängigkeit des jeweilig zu beurteilenden Schutzgutes – Staubbiederschlag Boden - die gewonnenen Messwerte repräsentativ sind.

Im Rahmen der Vorbelastungsmessungen aus dem Jahr 2011/2012 und dem Messnetz im Umfeld der Rückstandshalden des Werkes Werra kann die Messstation VB-WI 8 Wald für die Vorbelastung ohne Haldenbetrieb herangezogen werden, da diese weitestgehend nicht dem Einfluss der Staubbemission durch den Haldenbetrieb unterliegt und somit eine doppelte Berücksichtigung der Emissionen vermieden wird.

Die Station VB-WI 8 Wald, die in einem Waldgebiet ca. 2 km nordwestlich der Rückstandshalde am Standort Wintershall auf einer Lichtung, am Ende der Talmulde „Eitzeroder Grund“, nahe der L3306 liegt, eignet sich aus dem o. g Grund am ehesten für eine Einschätzung der Hintergrundbelastung im Bereich des Werkes Werra.

Der Wert für den Staubbiederschlag an dieser Station beträgt $0,036 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$. Daraus folgt eine maximale Gesamtbelastung für die Flurstücke 10/35, 10/7, 81/6, 83/7, 37/2, 32 und 36

$$\text{von} \quad 0,036 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{ d}) + 0,248 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{ d}) = 0,284 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{ d})$$

und für das südlich gelegene FFH-Gebiet 5125-303, östl. Teil (BUP_7) von

$$0,036 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{ d}) + 0,287 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{ d}) = 0,323 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{ d}).$$

Im Bereich der berechneten Zusatzbelastung in den direkt an die Haldenerweiterung Hattorf angrenzenden südlichen FFH-Gebiet 5125-303, östl. Teil (BUP_7) betreibt die K + S im Abstand von ca. 80 m südlich der Vorhabensgrenze die Messstelle WE 12. Diese Messstelle liegt direkt im dem betroffenen FFH-Gebiet, in dem die berechnete Zusatzbelastung $0,323 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{ d})$ beträgt. Die Jahresmittelwerte der Messstelle WE 12 in den Jahren 2018 bis 2020 betragen 0,192 bis $0,337 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$. In den Jahren 2019/20 wurde bereits die Erweiterungsfläche im Rahmen von Phase 1 mit Rückstandmaterial auf der unteren Schütteebe aufgeföhren. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die ermittelten Staubbiederschlagswerte in diesem Zeitraum den stattgefundenen Haldenbetrieb mit abbilden. Auf Basis des aktuellen Kenntnisstands kann angenommen werden, dass die Werte auch in Phase 3 im Vergleich ein ähnliches Niveau aufweisen werden. Die Messergebnisse geben damit auch den Hinweis, dass die berücksichtigten Randbedingungen der Ausbreitungsberechnungen konservativ sind.

Zum Ausmaß der Einwirkung ist außerdem auf die langjährige Koexistenz von Waldnutzung und Haldenbetrieb hinzuweisen. Im Rahmen des Monitorings der Schutzgüter Boden und Pflanzen auf den Dauerbeobachtungsflächen D5, D8neu und D9, die sich im nahen Umfeld der Rückstandshalde Hattorf befinden, konnten keine schädliche Beeinflussungen durch atmogene Salzeinträge (durch Salztäube und Verwehungen) festgestellt werden /26/.

Für das direkte Umfeld der Halde existiert kein Bebauungsplan. In der aktuell gültigen Fassung des Flächennutzungsplanes von 1980 /27/ der Gemeinde Philippsthal sind die direkt angrenzenden Flächen als Wald und Ackerland ausgewiesen. Diese Nutzung korrespondiert auch mit dem Regionalplan Nordhessen von 2009 /28/.

Für das Gemeindegebiet Philippsthal und Umgebung besteht unserer Kenntnis nach kein Luftreinhalteplan, so dass keine Vorgaben daraus abgeleitet werden können.

Aus der jahrzehntelangen Nachbarschaft zwischen dem Betrieb am Standort Hattorf und dem Standort umgebende Flächennutzung kann eine gegenseitige Pflicht zur Rücksichtnahme abgeleitet werden.

Für die Zukunft ist von einer vergleichbaren Immission auszugehen, insbesondere weil das Verfahren der Aufhaltung – (eingesetzte Technik z.B. Absetzer, Raupe; Eigenschaften des Abraum-Materials) – sich nicht ändert. Lediglich die Örtlichkeit, an dem sie stattfindet, ändert sich.

Der Rahmenbetriebsplan bzw. Sonderbetriebsplan für die Halde sieht betriebliche Maßnahmen vor, um die Staubemission zu mindern. Die Minderung wird in erster Linie durch eine Restfeuchte von 4 bis 6 % im Haldenrückstand erreicht. Diese Maßnahme findet im täglichen Betrieb Anwendung, Laborversuche zur Staubneigung die im Zusammenhang mit der Beurteilung der Staubimmissionen durchgeführt worden sind, bestätigen den Sachverhalt. Auf dieser Basis kann der Haldenrückstand als besonders staubarmes Gut eingestuft werden.

Den Berechnungen der Zusatzbelastung liegt mit 10,92 Mio. t/a eine für den realen Betrieb unangemessen hohe Aufhaltungsmenge zugrunde. Dem liegt ein maximal möglicher Durchsatz von 1.400 t/h und eine Betriebszeit von 7.800 h/a zugrunde. Die Berücksichtigung dieser maximalen Durchsatzmenge und maximalen Betriebszeit für die Berechnung der Staub-Immissionen stellt das Worst-Case-Szenario dar. Die real zu erwartende Aufhaltungsmenge wird bei etwa 7,6 Mio. t/a liegen. Für die Phase 3 wurden die Eingangsparameter der Berechnungen der Realität angenähert, so dass damit auch der Nachweis geführt werden konnte dass die berechneten Zusatzbelastungen sinken.

In Phase 3 der Haldenerweiterung ist mit dem aktuellen Auffahrungskonzept aus Sicht des Bearbeiters keine Überschreitung des Immissionswertes für Staubbiederschlag zu erwarten, die Aufhaltungsmenge bleibt im Vergleich zum genehmigten Ist-Betrieb weitgehend konstant und die eingesetzte Aufhaltungstechnik bleibt unverändert. Beide Randbedingungen stellen wesentliche Größen zur Ermittlung der Staubimmission dar.

Zusammenfassende Bewertung

Die Untersuchungen zeigen, dass die Immissions(grenz)werte zum Schutz der menschlichen Gesundheit für Feinstaub PM₁₀ von 40 µg/m³ und Feinstaub PM_{2,5} von 25 µg/m³ und dem untersuchten Inhaltsstoff Cadmium von 5 ng/m³ sowie 2 µg/(m²·d) unabhängig von der Betriebsphase der Halde eingehalten werden.

Der Immissionswert zum Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Staubbiederschlag von 0,35 g/(m²·d) wird unabhängig von der Betriebsphase der Halde eingehalten. Unabhängig von der Einhaltung des Immissionswertes für Staubbiederschlag wurde eine Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft durchgeführt.

Die Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft für Staubbiederschlag im Nahbereich der Halde ergibt, aus Sicht des Bearbeiters, dass keine erhebliche Belästigung oder Nachteil hervorgerufen wird. Diese Bewertung basiert auf der Auswertung der Immissionsmessergebnisse im Umfeld der Rückstandshalde und der betrieblichen Praxis für den Haldenbetrieb. Die getroffene Einschätzung gilt unabhängig von der Berechnungsvariante.

Sowohl die Immissionsmessungen zur Vorbelastung als auch die Ergebnisse aus dem laufenden Monitoring im Messnetz der Vorhabensträgerin zeigen, dass der Immissionswert für Staubbiederschlag eingehalten wird.

7 Quellenverzeichnis

- /1/ Neufassung der Ersten Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 18. August 2021
- /2/ Richtlinie VDI 3945, Blatt 3: Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle – Partikelmodell, September 2000
- /3/ Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV – Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen) Vom 2. August 2010 (BGBl. I Nr. 40 vom 05.08.2010 S. 1065) Gl.-Nr.: 2129-8-39
- /4/ Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) 2004: Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind. Bericht des Länderausschusses für Immissionsschutz.
- /5/ Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) 1997: Bewertung von Vanadium-Immissionen. LAI-Schriftenreihe Band 19.
- /6/ World Health Organization (WHO) 2000: Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition. WHO Regional Publications, European Series, No. 91.
- /7/ Eikmann, Heinrich, Heinzow und Konietzka [Hrsg.]: Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen. Erich Schmidt Verlag, Berlin 1999
- /8/ Kühling und Peters: Die Bewertung der Luftqualität bei Umweltverträglichkeitsprüfungen, Bewertungsmaßstäbe und Standards zur Konkretisierung einer wirksamen Umweltvorsorge. 2. Korr. Aufl. Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur. Dortmund 1995
- /9/ VDI 3790, Blatt 3: Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen. Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern, Januar 2010
- /10/ U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Compilation of air pollution emission factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, 5th Edition, 1995
- /11/ DIN 55992, Blatt 2, Bestimmung einer Maßzahl für die Staubentwicklung von Pigmenten und Füllstoffen – Teil 1: Rotationsverfahren
- /12/ SCHWEDES + SCHULZE SCHÜTTGUTTECHNIK, Ermittlung von Fließeigenschaften und Zeitverfestigung von Rückstandssalzen, Bestellung 6750007221 / 0009 / EXX, Wolfenbüttel, den 23. Juli 2021
- /13/ VDI 3790, Blatt 2: Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen. Deponien. Dezember 2000
- /14/ VDI-Richtlinie 3790 Blatt 4: Umweltmeteorologie, Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen, Staubemissionen durch Fahrzeugbewegungen auf gewerblichem/industriellem Betriebsgelände. Düsseldorf, September 2018.
- /15/ US-EPA, Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42, 1995, 1997, 1998, 2006
- /16/ Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW): „Ermittlung von Emissionsfaktoren diffuser Stäube - Bereitstellung einer Arbeitshilfe für die Immissionsschutzbehörden in Baden-Württemberg“, 03.04.2020

-
- /17/ Deutscher Wetterdienst (2010): Amtliches Gutachten – Qualifizierte Prüfung (QPR) der Übertragbarkeit einer Zeitreihe von Ausbreitungsklassen (AK-Term) nach TA Luft 2002 auf eine Zielort im Raum Philippsthal (Werra). Az.: KU 1 EM / 0568-0569-2010
- /18/ iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG, Auswahl der Anemometerposition für die prognostischen Windfeldbibliotheken für den Standort Hattorf, Bericht-Nr. 19-02-11-S, 15. März 2019
- /19/ IfU GmbH, Privates Institut für Analytik, Bestimmung eines repräsentativen Jahres nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft, Aktenzeichen AKJ.20230423-01, Stand 30. Mai 2023
- /20/ iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG, Prognostischen Windfeldbibliothek für den Bereich Hattorf, Bericht-Nr. 21-10-14-S, Datum 17.12.2021
- /21/ VDI 3783, Blatt 16 Umweltmeteorologie Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle Verfahren zur Anwendung in Genehmigungsverfahren nach TA Luft, Ausgabe Oktober 2020
- /22/ TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co KG, Gutachterlichen Stellungnahme über die Emissionen und Immissionen (Staub) durch die Erweiterung der Halde am Standort Hattorf Anpassung an das neue technische Konzept, TÜV-Auftrags-Nr.: 8000643884 / 213UBP07, 18.04.2018
- /23/ Abschlussbericht, GfA-Bericht 65283-001 B05 E3 Vorbelastungsmessungen für die K+S KALI GmbH, Werk Werra mit den 3 Betriebsstandorten Wintershall in 36266 Heringen, Hattorf in 36269 Philippsthal und Unterbreizbach in 36414 Unterbreizbach und den drei Schachtstandorten Hera, Herfa und Zentralwerkstatt
- /24/ TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co KG, Gutachtliche Stellungnahme zu den Emissionen und Immissionen durch den Betriebsstandort Hattorf mit der geplanten Erweiterung der ESTA der K + S KALI GmbH in Philippsthal, 8000630228 / 110PGU105 vom 08.11.2010 mit Nachtrag zur Gutachtlichen Stellungnahme (8000630228 / 110PGU105) im Zusammenhang mit der Erweiterung der ESTA der K + S KALI GmbH in Philippsthal, 8000635302 / 110PGU105 vom 23.11.2011
- /25/ Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST), PM10-Emissionen an Außerortsstraßen“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- /26/ Regioplus Ingenieurgesellschaft (2021) Fachgutachten Monitoring der Schutzgüter Boden und Pflanzen auf Dauerbeobachtungsflächen im Umfeld der Standorte Hattorf und Unterbreizbach des Werkes Werra. Band 3.27E2 der Antragsunterlage Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf (Haldenerweiterung Hattorf) - Phase 2. Mainz
- /27/ Flächennutzungsplan Gemeinde Philippsthal, 1980 / Stand: 17. November 1980
- /28/ Regionalplan Nordhessen 2009, Südblatt;
<https://landesplanung.hessen.de/regionalpl%C3%A4ne/nordhessen/plankarte>

8 Anhang 1: Protokolldatei

Die dargestellte Protokolldatei gibt die Variante Abwurf und Einbau bei geringer Höhe an der südlichen Flanke wieder. Die Protokolldatei der anderen Variante kann bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden.

```
- Input file created by AUSTAL 3.1.2-WI-x
===== param.def

Ident = "2309_HA"
Seed = 11111
Interval = 01:00:00
RefDate = 2013-01-01:00:00:00
Start = 00:00:00
End = 365.00:00:00
Average = 24
Flags = +MAXIMA+PLURIS+MNT
===== grid.def

RefX = 3569202.0
RefY = 5634275.0
Ggcs = GK
Sk = { 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 48.0 51.0 54.0 57.0 60.0 63.0 66.0 69.0 72.0 75.0 78.0 81.0 84.0 87.0
90.0 93.0 96.0 99.0 102.0 105.0 108.0 111.0 114.0 117.0 150.0 200.0 300.0 400.0 500.0 600.0 700.0 800.0 1000.0 1500.0 }
Nzd = 1
FLAGS=+NESTED+BODIES

! Nm | NI Ni Nt Pt   Dd   Xmin   Ymin  Nx  Ny  Nz  Im  le
-----+-----
N N1 | 1 1 3 3   128.0 -6782.0 -9156.0 102 178 49 200 1e-4
N N2 | 2 1 3 3    64.0 -5886.0 -5060.0 180 160 49 200 5e-4
N N3 | 3 1 3 3    32.0 -894.0 -644.0  50  48 49 200 5e-4
N N4 | 4 1 3 3    16.0 -542.0 -292.0  58  52 49 200 5e-4
N N5 | 5 1 3 3     8.0 -478.0 -212.0  98  86 49 200 5e-4
N N6 | 6 1 3 3     4.0 -462.0 -188.0 180 160 39 200 5e-4
===== bodies.def

DMKp = { 6.000 1.000 0.300 0.050 0.700 1.200 15.0 0.500 0.300 }
TrbExt = 1

- Rectangles
Btype = BOX
! Name |   Xb   Yb   Hb   Ab   Bb   Cb   Wb
-----+-----
B 01 | -93.19 388.14 0.00 64.90 29.47 30.00 -21.81
B 02 | -270.84 375.69 0.00 89.76 39.78 27.00 -22.29
B 03 | -161.59 330.90 0.00 88.30 40.52 27.00 -21.88
B 04 | -187.50 341.50 0.00 27.80 40.38 22.00 -21.79
B 05 | -194.25 152.50 0.00 16.92 21.82 22.50 -22.59
B 06 | -180.00 142.50 0.00 49.43 25.30 22.00 -21.69
B 07 |  60.75 52.00 0.00 17.08 16.81 21.50 -22.36
B 08 | -196.15 94.20 0.00 52.61 21.86 29.00 -21.80
B 09 | -221.87 105.10 0.00 26.64 31.52 20.00 -23.32
B 10 | -243.28 82.40 0.00 18.95 29.93 23.00 -20.18
B 11 | -245.78 68.15 0.00 73.97 21.13 23.50 -22.03
B 12 | -192.46 14.22 0.00 67.79 41.90 21.50 -21.99
B 13 | -204.12 -19.30 0.00 44.21 38.45 29.50 -22.75
B 14 | -275.66 22.46 0.00 82.55 25.44 23.50 -22.31
B 15 | -306.75 35.00 0.00 33.64 25.15 41.00 -21.55
B 16 | -365.50 -52.00 0.00 23.19 82.54 45.00 -21.80
B 17 |  21.23 -48.60 0.00 152.42 33.53 21.50 -21.93
```


B 18	-70.75	-67.87	0.00	49.20	29.37	29.00	-21.74
B 20	-2.87	-84.38	0.00	10.05	12.77	29.00	-20.55
B 21	-58.50	-111.50	0.00	17.84	14.36	22.50	-21.82
B 22	-22.25	-124.50	0.00	10.26	14.78	31.00	-22.77
B 23	-241.25	67.24	0.00	28.54	72.17	30.00	247.83
B 24	-217.44	104.20	0.00	22.86	64.16	16.00	249.15
B 25	-76.43	-27.18	0.00	20.54	36.25	26.00	159.03
B 26	-129.62	-11.61	0.00	48.03	34.64	25.00	338.84
B 27	-147.40	75.28	0.00	14.53	22.63	29.00	-23.24
B 28	-133.82	70.70	0.00	42.31	20.79	13.00	336.75
B 29	-96.45	49.45	0.00	52.30	25.57	19.00	337.67
B 30	-64.61	-7.15	0.00	24.39	65.88	24.00	337.07
B 31	-175.77	35.32	0.00	120.15	49.40	3.00	338.68
B 32	-139.43	112.71	0.00	207.49	37.33	16.00	337.52
B 33	-171.07	52.97	0.00	4.18	8.00	3.00	0.00
B 34	49.68	-3.44	0.00	5.08	16.00	14.40	337.83
B 35	54.78	-5.59	0.00	9.47	15.90	30.70	338.79
B 36	63.32	-9.25	0.00	24.83	16.10	11.20	338.17
B 37	-334.10	24.56	0.00	11.36	82.68	51.00	157.67
B 38	-375.92	-47.98	0.00	20.56	27.22	48.00	-111.71
B 39	-413.92	36.86	0.00	21.40	74.63	56.00	338.84

- Cooling towers

Btype = TOWER

! Name	Xb	Yb	Hb	Cb	Db
--------	----	----	----	----	----

B 19	-10.73	-73.54	0.00	29.00	28.44
------	--------	--------	------	-------	-------

===== sources.def

! Nr	Xq	Yq	Hq	Aq	Bq	Cq	Wq	Fq	Fr	Dq	Vq	Sh	Sv	Tt	Wl	Rh	Vw	Lw	Ts	Rt	Iq
Q 01	-1983.8	-1266.8	1.0	0.0	50.0	25.0	-115.8	0.0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.00000	0.0	0.00000	0.00000	-1.000	0.100	0
Q 02	-2000.8	-1113.6	1.0	200.0	70.0	0.0	-25.1	0.0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.00000	0.0	0.00000	0.00000	-1.000	0.100	0
Q 03	-347.9	-511.4	1.0	60.0	190.0	0.0	-90.2	0.0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.00000	0.0	0.00000	0.00000	-1.000	0.100	0
Q 04	-279.9	-544.1	1.0	270.0	0.0	0.0	182.6	0.0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.00000	0.0	0.00000	0.00000	-1.000	0.100	0
Q 05	-549.6	-556.5	1.0	580.0	0.0	0.0	217.1	0.0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.00000	0.0	0.00000	0.00000	-1.000	0.100	0
Q 06	-1012.2	-906.4	1.0	620.0	0.0	0.0	229.9	0.0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.00000	0.0	0.00000	0.00000	-1.000	0.100	0
Q 07	-1487.5	-1378.5	1.0	200.0	40.0	0.0	-24.8	0.0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.00000	0.0	0.00000	0.00000	-1.000	0.100	0
Q 08	-1899.9	-1307.4	0.0	0.0	50.0	25.0	-116.0	0.0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.00000	0.0	0.00000	0.00000	-1.000	0.100	0
Q 09	-2089.0	-1211.3	0.0	0.0	50.0	25.0	-115.7	0.0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.00000	0.0	0.00000	0.00000	-1.000	0.100	0
Q 10	-1865.7	-1070.7	0.0	0.0	50.0	25.0	-115.0	0.0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.00000	0.0	0.00000	0.00000	-1.000	0.100	0
Q 11	-279.9	-544.1	1.0	50.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.00000	0.0	0.00000	0.00000	-1.000	0.100	0

===== substances.def

Name = gas

Unit = g

Rate = 4.00000

Vsed = 0.0000

! Substance	Vdep	Refc	Refd	Rfak	Rexp
-------------	------	------	------	------	------

K pm-1	1.000e-03	4.000e-05	4.051e-06	3.000e-05	0.80
K pm-2	1.000e-02	4.000e-05	4.051e-06	1.500e-04	0.80
K as-1	1.000e-03	0.000e+00	4.630e-11	3.000e-05	0.80
K as-2	1.000e-02	0.000e+00	4.630e-11	1.500e-04	0.80
K cd-1	1.000e-03	2.000e-08	2.315e-11	3.000e-05	0.80
K cd-2	1.000e-02	2.000e-08	2.315e-11	1.500e-04	0.80
K ni-1	1.000e-03	0.000e+00	1.736e-10	3.000e-05	0.80
K ni-2	1.000e-02	0.000e+00	1.736e-10	1.500e-04	0.80
K xx-1	1.000e-03	1.000e+00	1.157e-05	3.000e-05	0.80
K xx-2	1.000e-02	1.000e+00	1.157e-05	1.500e-04	0.80

Name = pm3

Unit = g

Rate = 4.00000
Vsed = 0.0400

! Substance	Vdep	Refc	Refd	Rfak	Rexp
K pm-3	5.000e-02	4.000e-05	4.051e-06	4.400e-04	0.80
K as-3	5.000e-02	0.000e+00	4.630e-11	4.400e-04	0.80
K cd-3	5.000e-02	2.000e-08	2.315e-11	4.400e-04	0.80
K ni-3	5.000e-02	0.000e+00	1.736e-10	4.400e-04	0.80
K xx-3	5.000e-02	1.000e+00	1.157e-05	4.400e-04	0.80

Name = pm4
Unit = g
Rate = 4.00000
Vsed = 0.1500

! Substance	Vdep	Refc	Refd	Rfak	Rexp
K pm-4	2.000e-01	4.000e-05	4.051e-06	4.400e-04	0.80
K as-4	2.000e-01	0.000e+00	4.630e-11	4.400e-04	0.80
K cd-4	2.000e-01	2.000e-08	2.315e-11	4.400e-04	0.80
K ni-4	2.000e-01	0.000e+00	1.736e-10	4.400e-04	0.80
K xx-4	2.000e-01	1.000e+00	1.157e-05	4.400e-04	0.80

Name = pmu
Unit = g
Rate = 4.00000
Vsed = 0.0600

! Substance	Vdep	Refc	Refd	Rfak	Rexp
K pm-u	7.000e-02	4.000e-05	4.051e-06	4.400e-04	0.80
K as-u	7.000e-02	0.000e+00	4.630e-11	4.400e-04	0.80
K cd-u	7.000e-02	2.000e-08	2.315e-11	4.400e-04	0.80
K ni-u	7.000e-02	0.000e+00	1.736e-10	4.400e-04	0.80
K xx-u	7.000e-02	1.000e+00	1.157e-05	4.400e-04	0.80

===== emissions.def

! SOURCE | gas.pm-1 gas.pm-2 pm3.pm-3 pm4.pm-4 pmu.pm-u gas.as-1 gas.as-2 pm3.as-3 pm4.as-4 pmu.as-u gas.cd-1
gas.cd-2 pm3.cd-3 pm4.cd-4 pmu.cd-u gas.ni-1 gas.ni-2 pm3.ni-3 pm4.ni-4 pmu.ni-u gas.xx-1 gas.xx-2 pm3.xx-3 pm4.xx-4
pmu.xx-u

E 01	?	?	?	?	?	1.484e-07	1.484e-07	8.161e-07	4.229e-06	2.077e-06	1.484e-07	1.484e-07	8.161e-07
4.229e-06	2.077e-06	1.484e-07	1.484e-07	8.161e-07	4.229e-06	2.077e-06	1.484e-07	1.484e-07	8.161e-07	4.229e-06	2.077e-06	1.484e-07	8.161e-07
E 02	9.319e-02	9.319e-02	5.125e-01	2.656e+00	1.305e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
E 03	?	?	?	?	?	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
E 04	?	?	?	?	?	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
E 05	?	?	?	?	?	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
E 06	?	?	?	?	?	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
E 07	?	?	?	?	?	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
E 08	?	?	?	?	?	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00

E 09	?	?	?	?	?	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
E 10	?	?	?	?	?	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
E 11	?	?	?	?	?	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00	0.000e+00
0.000e+00														

-----+-----

===== monitor.def

.
!Nr. | Xp Yp Hp

M 01	-1662.1	522.4	1.5
M 02	-1486.4	487.5	1.5
M 03	-3512.2	-883.0	1.5
M 04	-3926.8	-1302.4	1.5
M 05	-3724.3	-1655.3	1.5
M 06	-1279.3	421.5	1.5
M 07	-2490.3	-1228.4	1.5
M 08	-2045.3	-1546.1	1.5

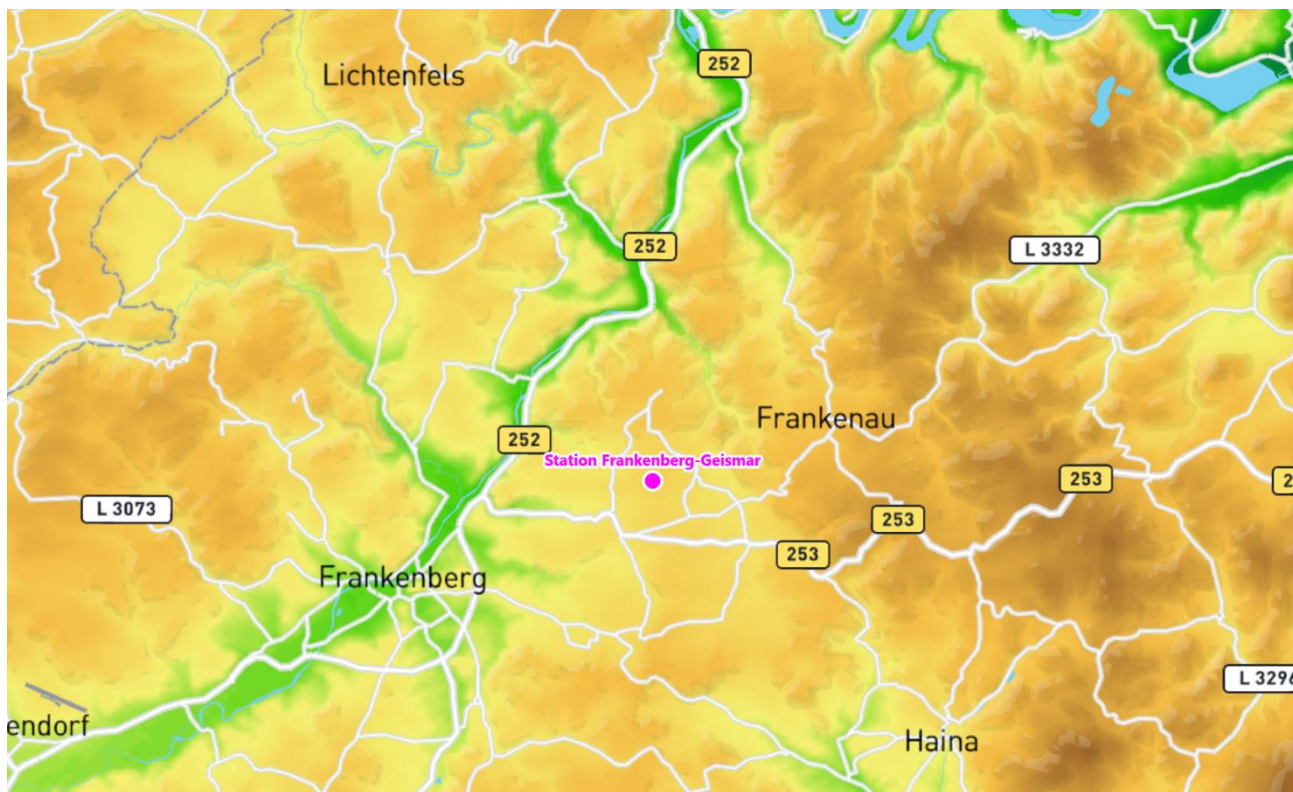
-----+-----

=====

9 Anhang 2: Bestimmung eines repräsentativen Jahres nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft

Bestimmung eines repräsentativen Jahres nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft

für die DWD-Station Frankenberg-Geismar



Auftraggeber:	TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG Am TÜV 1 D-30519 Hannover	Tel.: +49 (0)511 998-61523
Bearbeiter:	Dipl. Phys. Thomas Köhler Tel.: 037206 8929-44 Email: Thomas.Koehler@ifu-analytik.de	Dr. Hartmut Sbosny Tel.: 037206 8929-43 Email: Hartmut.Sbosny@ifu-analytik.de
Aktenzeichen:	AKJ.20210117	
Ort, Datum:	Frankenberg, 17. Februar 2021	
Anzahl der Seiten:	29	
Anlagen:	-	



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

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

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
1 Aufgabenstellung	5
2 Beschreibung der Wetterstation	6
3 Bestimmung eines repräsentativen Jahres	9
3.1 Bewertung der vorliegenden Datenbasis und Auswahl eines geeigneten Zeitraums	9
3.2 Analyse der Verteilungen von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Ausbreitungsklasse sowie der Nacht- und Schwachwinde	13
3.3 Prüfung auf Plausibilität	17
4 Beschreibung der Datensätze	21
4.1 Effektive aerodynamische Rauigkeitslänge	21
4.1.1 Theoretische Grundlagen	21
4.1.2 Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit im konkreten Fall	24
4.2 Rechnerische Anemometerhöhen in Abhängigkeit von der Rauigkeitsklasse	25
4.3 Ausbreitungsklassenzeitreihe	26
5 Zusammenfassung	27
6 Prüfliste für die Übertragbarkeitsprüfung	28
7 Schrifttum	29

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der ausgewählten Station.....	6
Abbildung 2: Luftbild mit der Umgebung der Messstation.....	7
Abbildung 3: Orographie um den Standort der Wetterstation.....	8
Abbildung 4: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Windrichtungsverteilung	10
Abbildung 5: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Windgeschwindigkeitsverteilung.....	11
Abbildung 6: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Verteilung der Ausbreitungsklasse	12
Abbildung 7: Gewichtete χ^2 -Summe und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum	15
Abbildung 8: Gewichtete σ -Umgebung-Treffersumme und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum.....	16
Abbildung 9: Vergleich der Windrichtungsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum.....	17
Abbildung 10: Vergleich der Windgeschwindigkeitsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum.....	18
Abbildung 11: Vergleich der Verteilung der Ausbreitungsklasse für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum.....	19
Abbildung 12: Vergleich der Richtungsverteilung von Nacht- und Schwachwinden für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum.....	20
Abbildung 13: Schematischer Ablauf zur Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit.....	23
Abbildung 14: Verteilung der effektiven aerodynamischen Rauigkeiten auf die Windrichtungssektoren für die Station Frankenberg-Geismar	25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Koordinaten der Wetterstation	7
Tabelle 2: Anzahl der Einzelmessungen und Sektorenrauigkeiten für die Station Frankenberg-Geismar	24
Tabelle 3: Rechnerische Anemometerhöhen in Abhängigkeit von der Rauigkeitsklasse für die Station Frankenberg-Geismar	26

1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft unter Verwendung der meteorologischen Daten der Station Frankenberg-Geismar in Hessen.

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.

Dabei ist zu ermitteln, welches Jahr für die Messdaten der ausgewählten Bezugswindstation repräsentativ für einen größeren Zeitraum ist. Dies geschieht im Rahmen des vorliegenden Dokuments unter Beachtung der Regelungen in VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [1].

2 Beschreibung der Wetterstation

Die Station Frankenberg-Geismar befindet sich zwischen den Ortschaften Geismar und Ellershausen, etwa 900 m nordöstlich vom Ortsrand Geismars entfernt und ca. 700 m westlich vom Ortsrand Ellershausens.

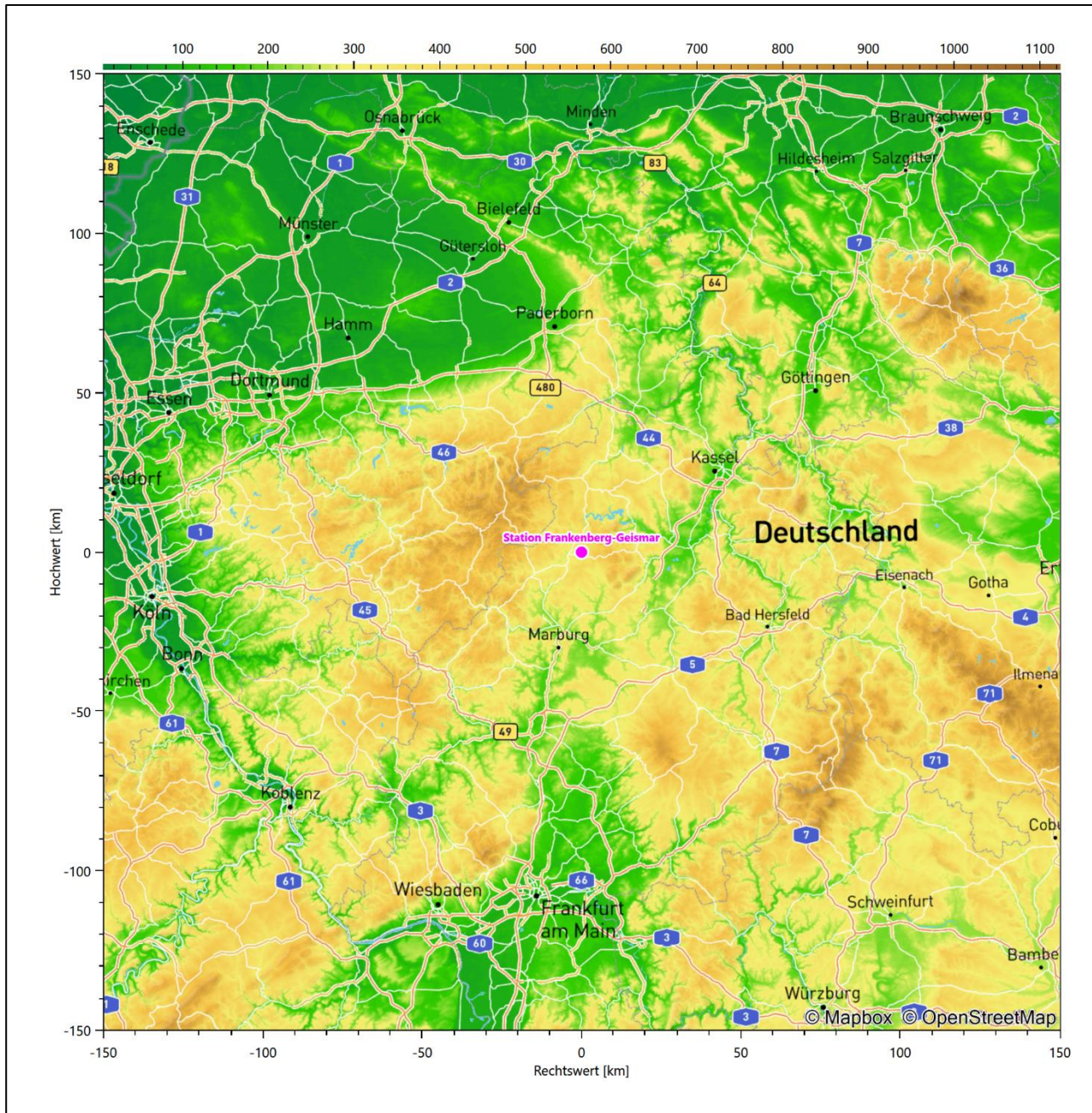


Abbildung 1: Lage der ausgewählten Station

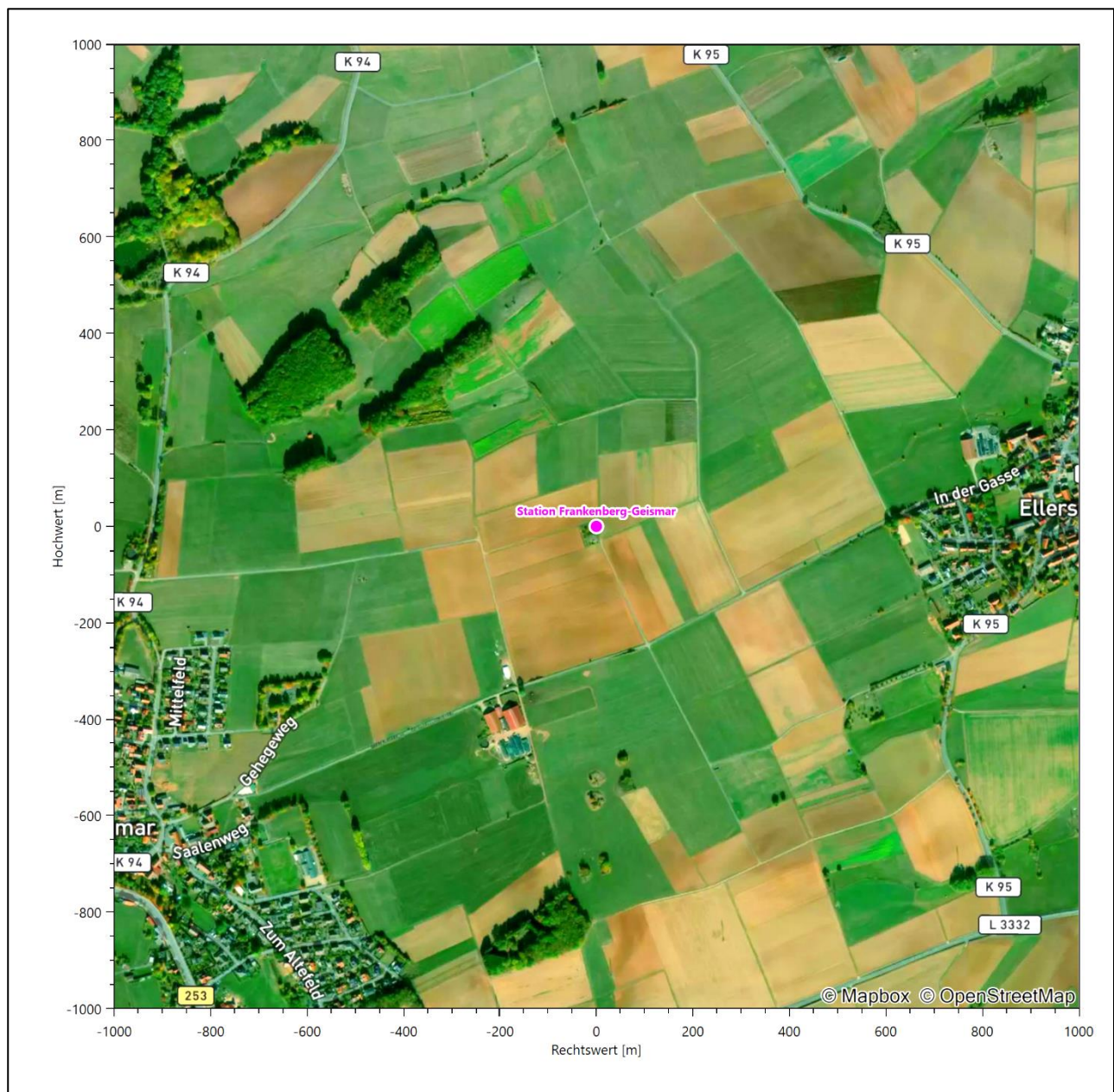
In der folgenden Tabelle sind die Koordinaten der Wetterstation angegeben. Sie liegt 392 m über NHN. Der Windgeber war während des hier untersuchten Zeitraumes in einer Höhe von 12 m angebracht.

Tabelle 1: Koordinaten der Wetterstation

Geographische Länge:	8,8769°
Geographische Breite:	51,0806°

Die Umgebung der Station ist durch landwirtschaftliche Nutzung geprägt. Nordwestlich finden sich auch einige Bauminiseln.

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

**Abbildung 2: Luftbild mit der Umgebung der Messstation**

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

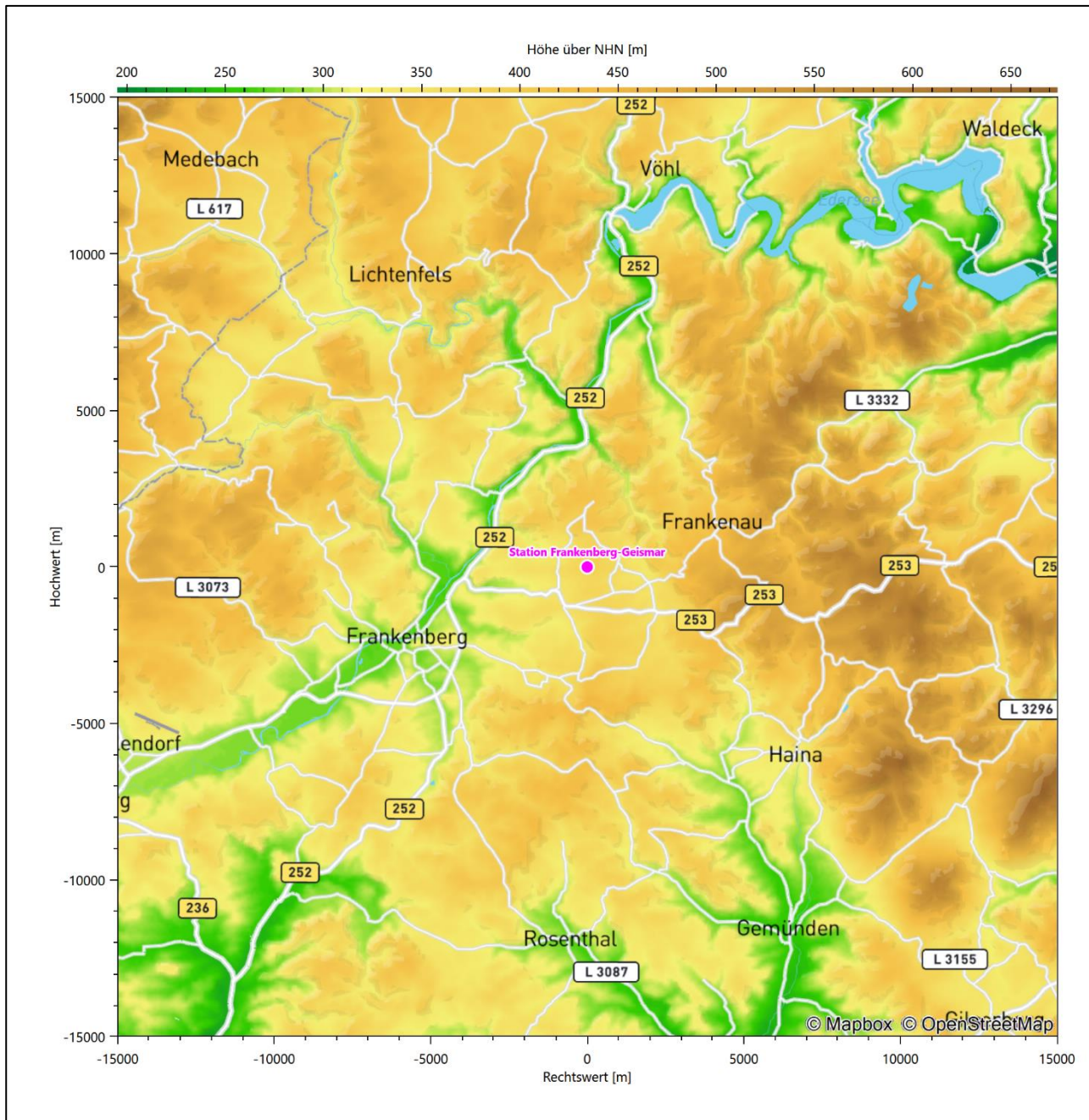


Abbildung 3: Orographie um den Standort der Wetterstation

3 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 VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [1] 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 3.1 bis 3.3 beschrieben.

3.1 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 [2] 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.

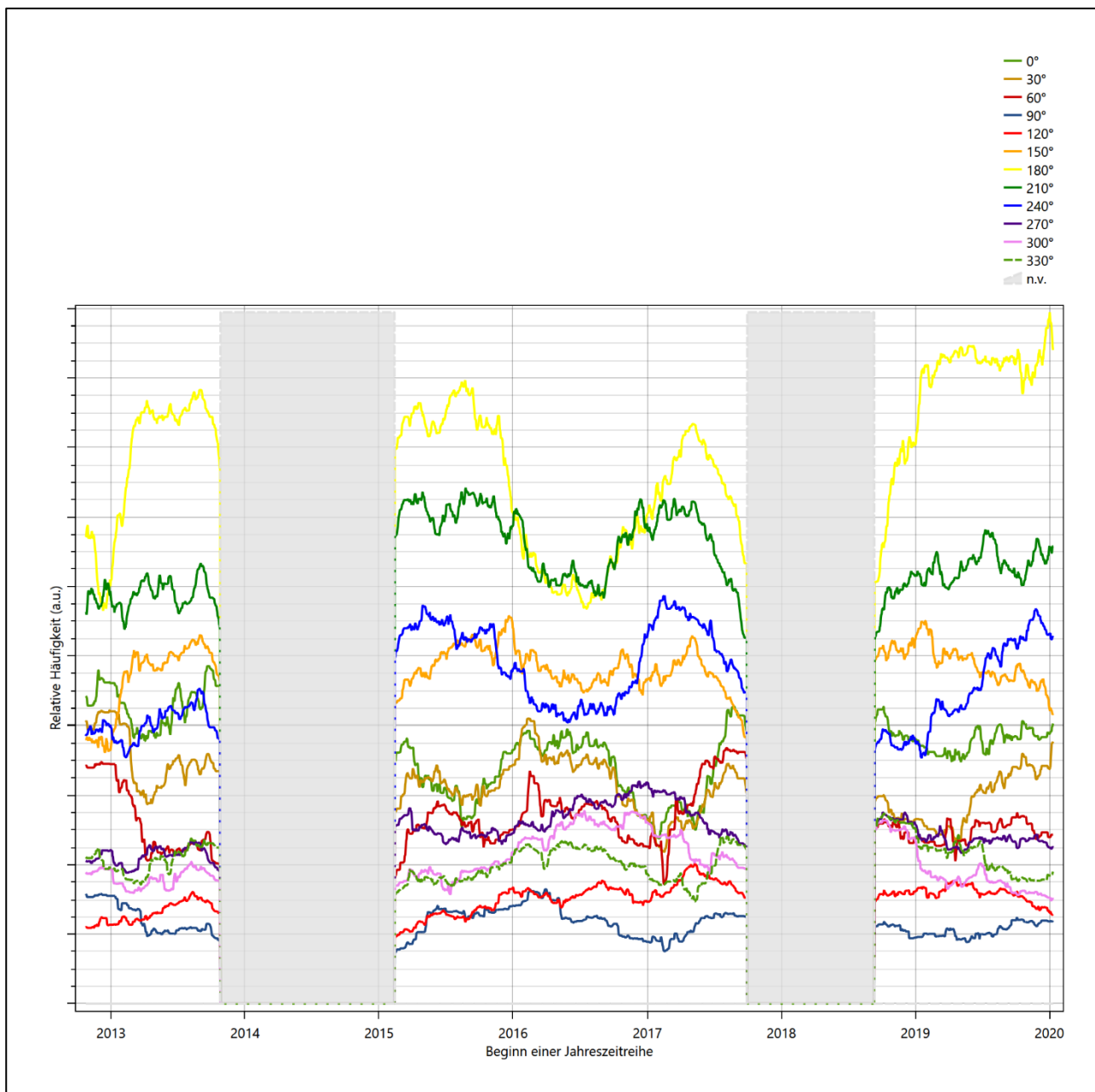


Abbildung 4: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Windrichtungsverteilung

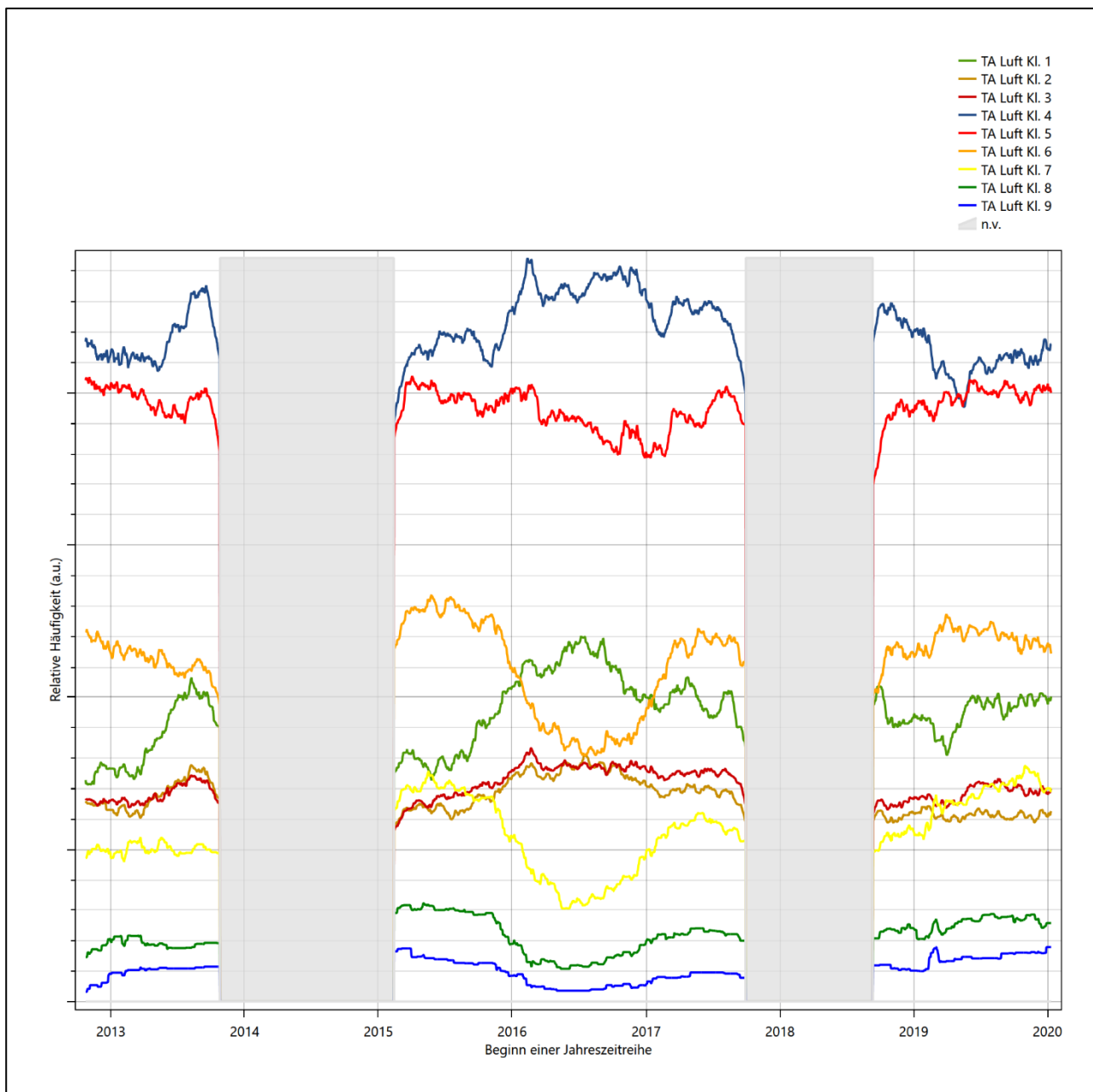


Abbildung 5: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Windschwindigkeitsverteilung

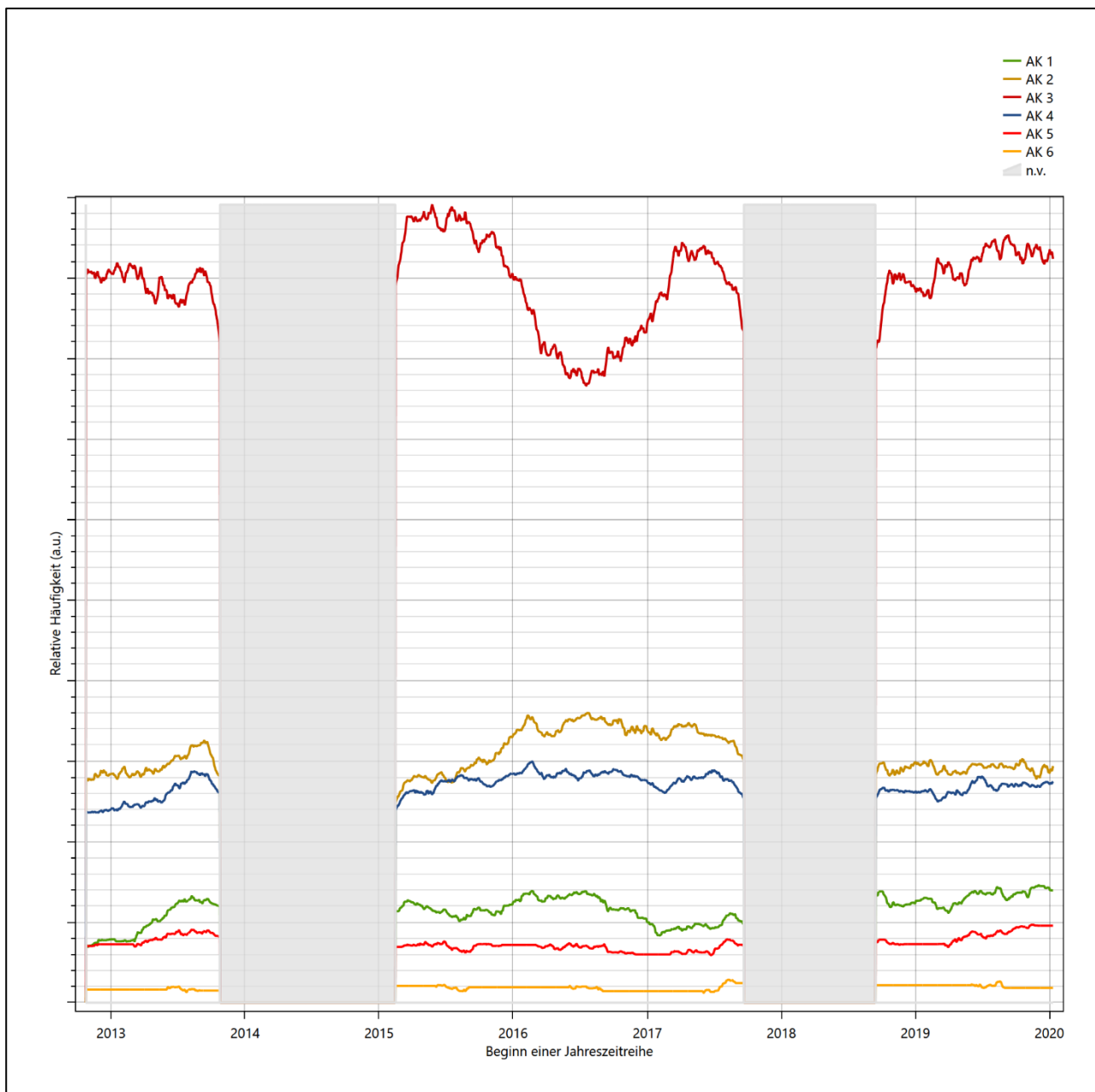


Abbildung 6: Prüfung auf vollständige und homogene Daten der Windmessstation anhand der Verteilung der Ausbreitungsklasse

Für die Bestimmung eines repräsentativen Jahres werden Daten aus einem Gesamtzeitraum mit einheitlicher Höhe des Messwertgebers vom 24.10.2012 bis zum 10.01.2021 verwendet.

Die grau dargestellten Bereiche in Abbildung 4 und Abbildung 5 markieren Messlücken schon bei der Bestimmung der Windverteilung. Die zusätzlichen grauen Bereiche in Abbildung 6 bedeuten, dass es zudem Messlücken bei der Bestimmung des Bedeckungsgrades gab (notwendig für die Ermittlung der Ausbreitungsklassen), weshalb in all diesen Zeiträumen keine Jahreszeitreihe mit der notwendigen Verfügbarkeit von 90 % gebildet werden kann. Diese Zeiträume werden auch später bei der Bestimmung des repräsentativen Jahres nicht mit einbezogen.

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

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

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

Bei der Suche nach einem repräsentativen Jahr werden dabei alle Zeiträume untersucht, die innerhalb des Gesamtzeitraumes an einem 01. Januar beginnen, am 31. Dezember desselben Jahres enden und bei denen ausreichend Messdaten verfügbar sind.

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

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

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

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

Als Ergebnis dieser Untersuchungen stehen für die einzelnen Testzeiträume jeweils vier Zahlenwerte zur Verfügung, die anhand der Verteilung von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Ausbreitungsklasse und der Richtung von Nacht- und Schwachwinden die Ähnlichkeit des Testzeitraumes mit dem Gesamtzeitraum ausdrücken. Um daran eine abschließende Bewertung vornehmen zu können, werden die vier Werte gewichtet addiert, wobei die Windrichtung mit 0,46, die Windgeschwindigkeit mit 0,24, die Ausbreitungsklasse mit 0,25 und die Richtung der Nacht- und Schwachwinde mit 0,15 gewichtet wird. Die Wichtungsfaktoren wurden aus VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [1] entnommen. Als Ergebnis erhält man einen Indikator für die Güte der Übereinstimmung eines jeden Testzeitraumes mit dem Gesamtzeitraum.

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

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

Ebenfalls zu erkennen ist der Beginn des Testzeitraumes (Jahreszeitreihe), für den die gewichtete χ^2 -Summe den kleinsten Wert annimmt (vertikale Linie). Dieser Testzeitraum ist als eine Jahreszeitreihe anzusehen, die dem gesamten Zeitraum im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen am ähnlichsten ist. Dies ist im vorliegenden Fall der 01.01.2016, was als Beginn des repräsentativen Jahres angesehen werden kann. Die repräsentative Jahreszeitreihe läuft dann bis zum 31.12.2016.

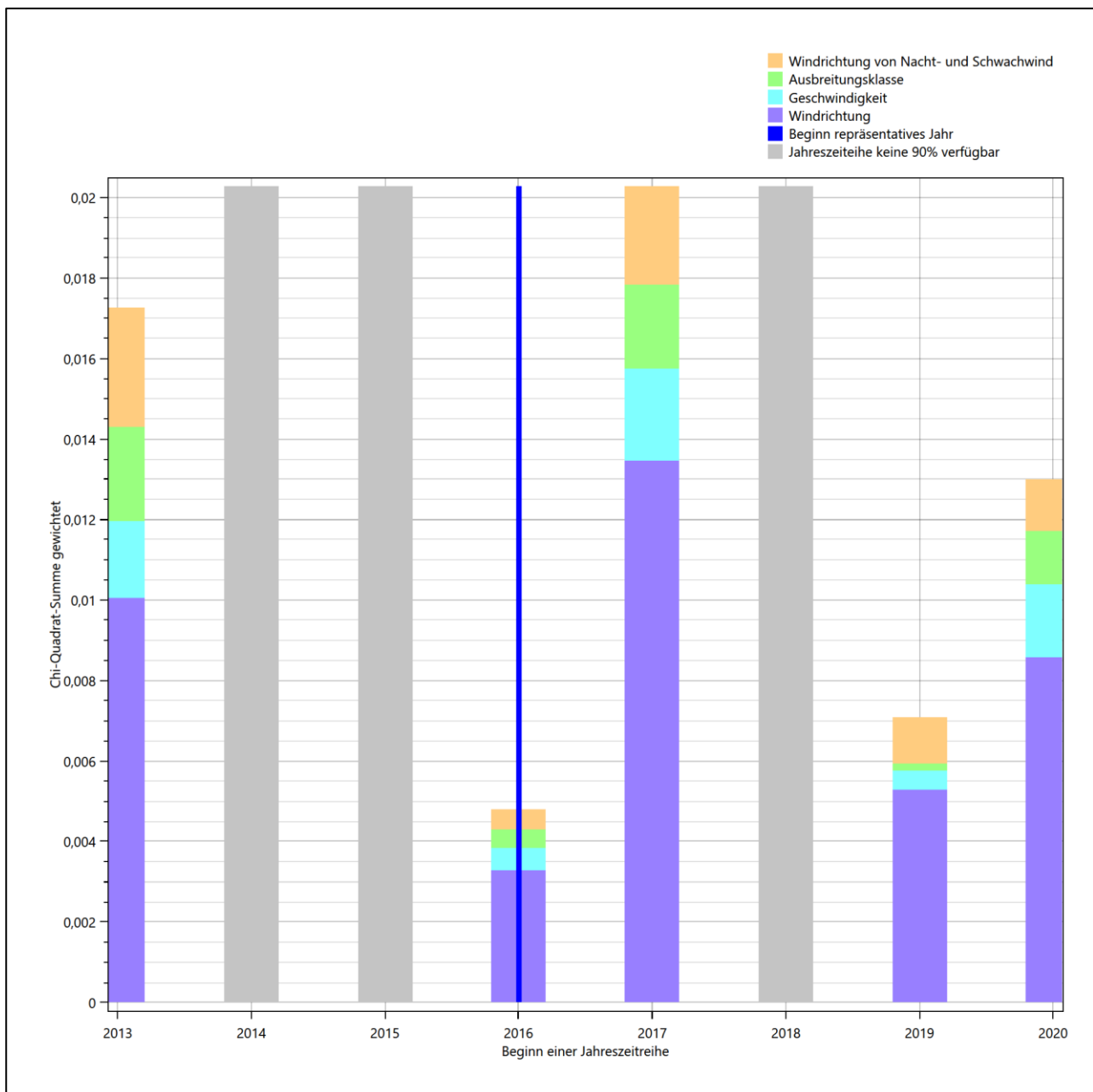


Abbildung 7: Gewichtete χ^2 -Summe und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum

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 VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [1] (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.

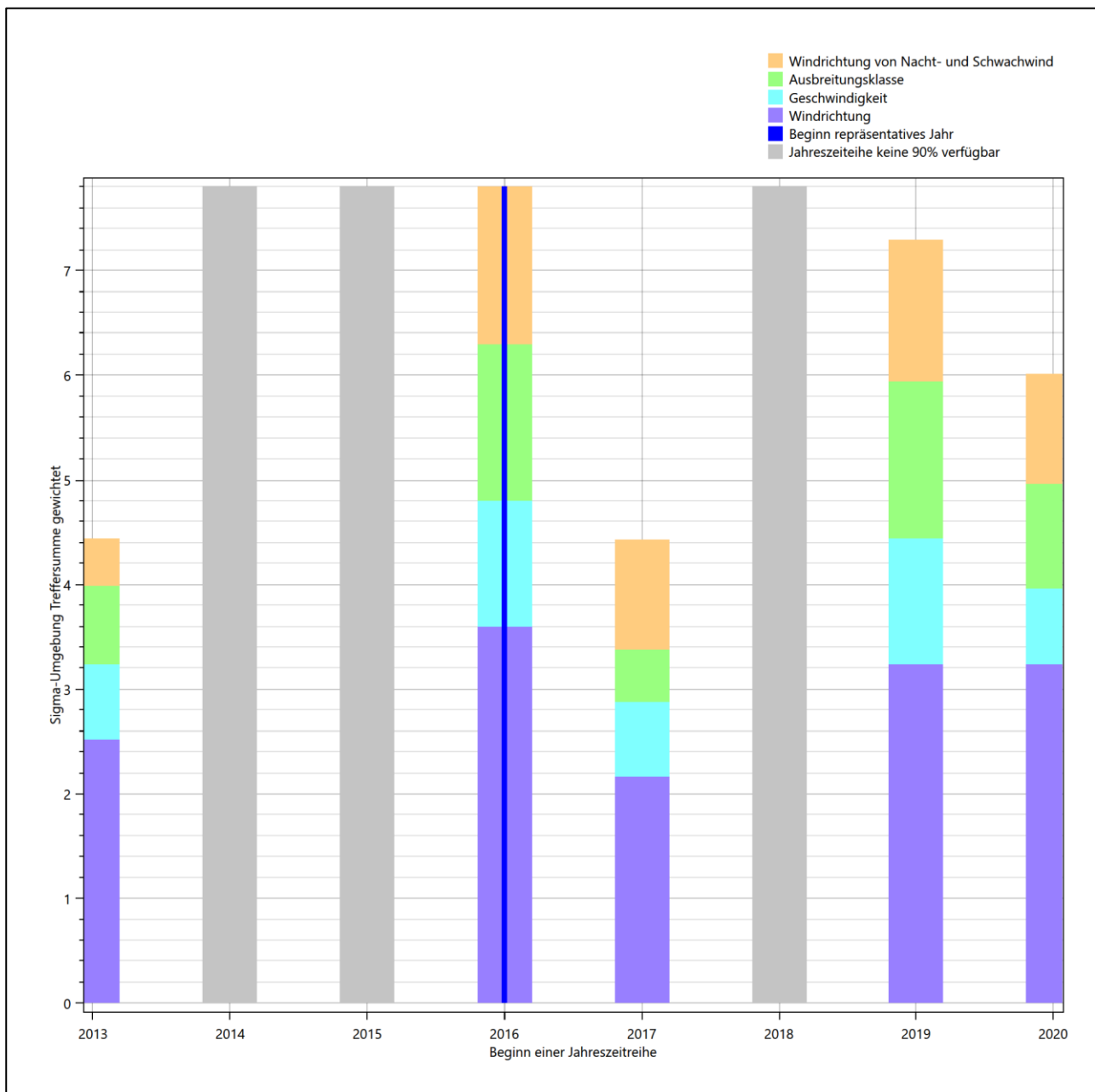


Abbildung 8: Gewichtete σ -Umgebung-Treffersumme und Einzelwerte als Maß für die Ähnlichkeit der einzelnen Testzeiträume zu je einem Jahr (Jahreszeitreihe) mit dem Gesamtzeitraum

Erfahrungsgemäß wird für das aus dem χ^2 -Test gefundene repräsentative Jahr vom 01.01.2016 bis zum 31.12.2016 nicht auch immer mit dem Maximum der gewichteten σ -Umgebung-Treffersumme

zusammenfallen. Im vorliegenden Fall lässt sich jedoch für das repräsentative Jahr feststellen, dass 100 % aller anderen untersuchten Einzelzeiträume eine schlechtere σ -Umgebung-Treffersumme aufweisen. Dies kann als Bestätigung angesehen werden, dass das aus dem χ^2 -Test gefundene repräsentative Jahr als solches verwendet werden kann.

3.3 Prüfung auf Plausibilität

Der im vorigen Schritt gefundene Testzeitraum mit der größten Ähnlichkeit zum Gesamtzeitraum erstreckt sich vom 01.01.2016 bis zum 31.12.2016. 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.

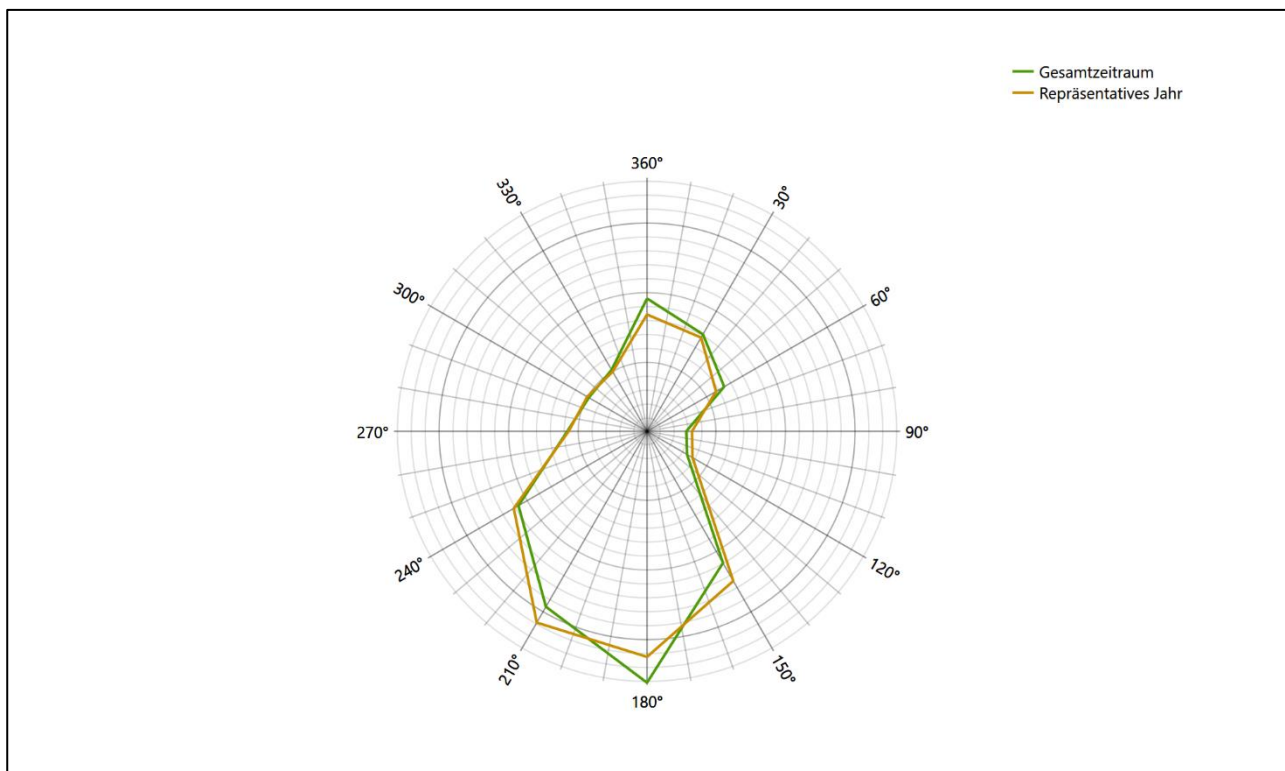


Abbildung 9: Vergleich der Windrichtungsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

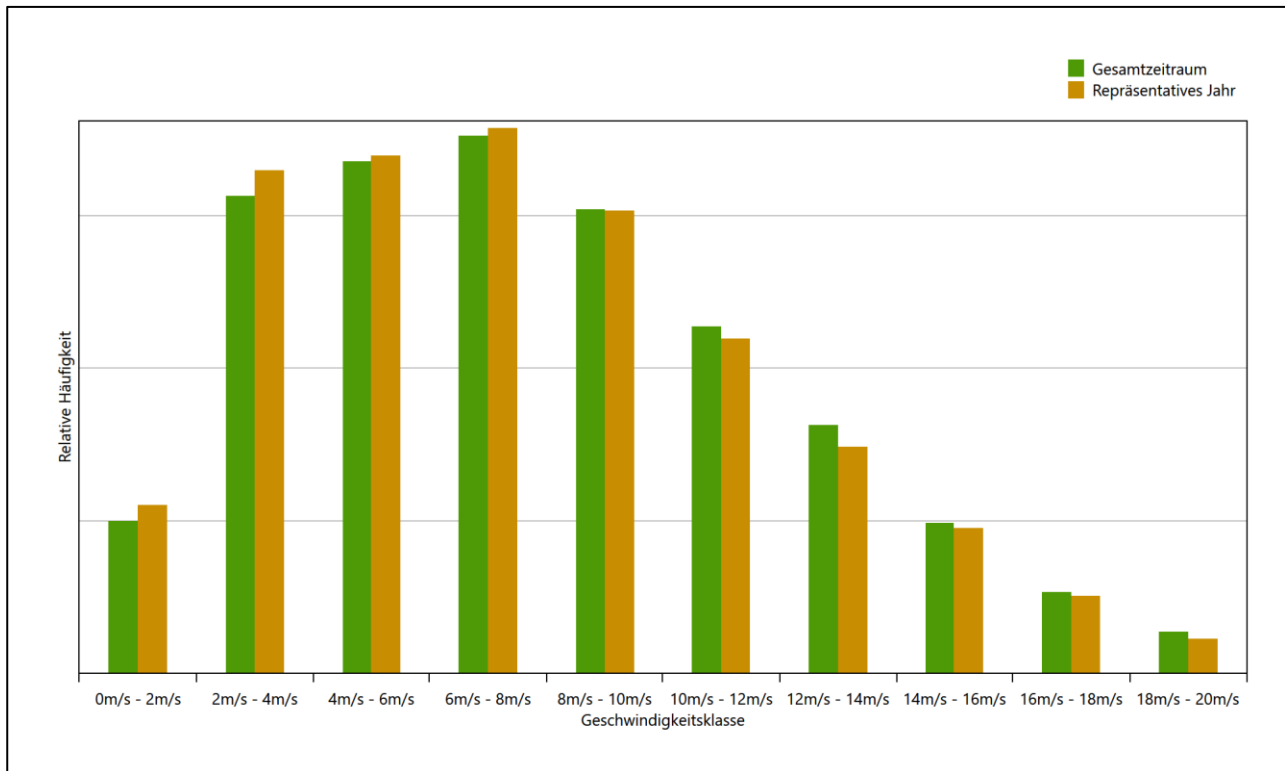


Abbildung 10: Vergleich der Windgeschwindigkeitsverteilung für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

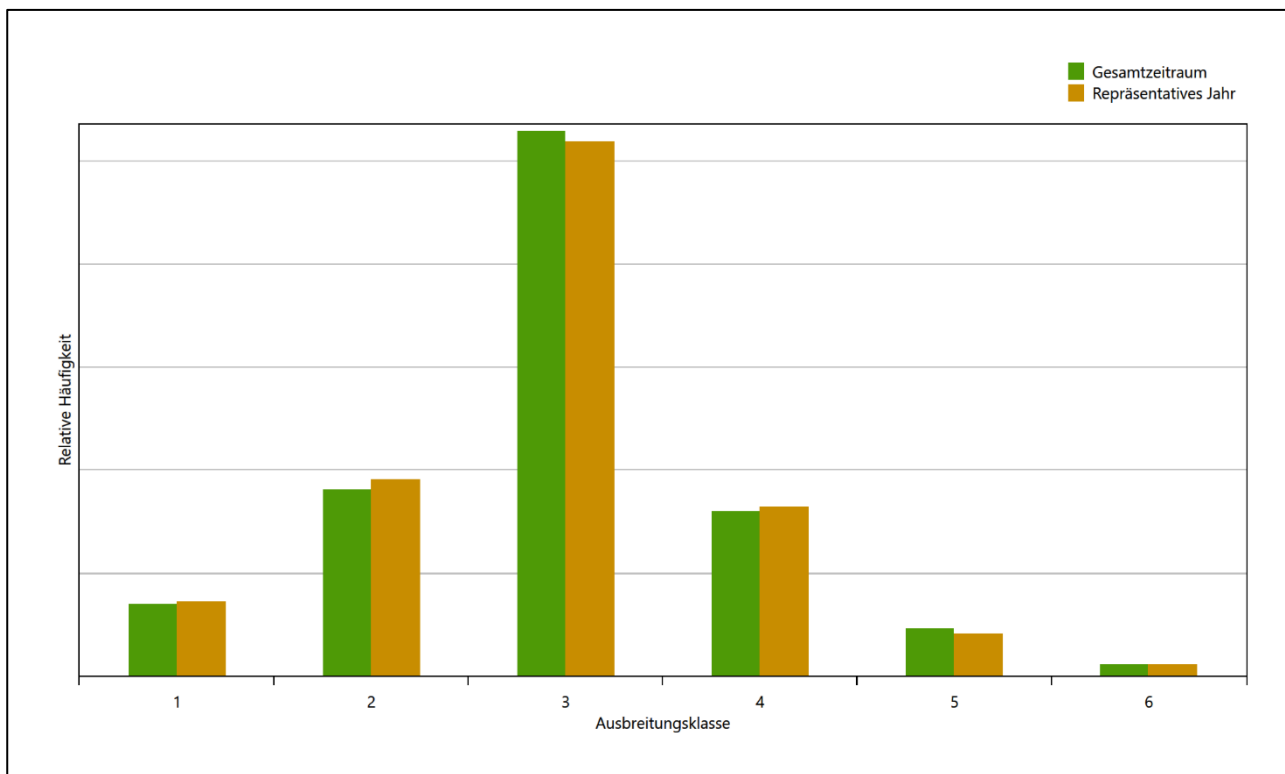


Abbildung 11: Vergleich der Verteilung der Ausbreitungsklasse für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

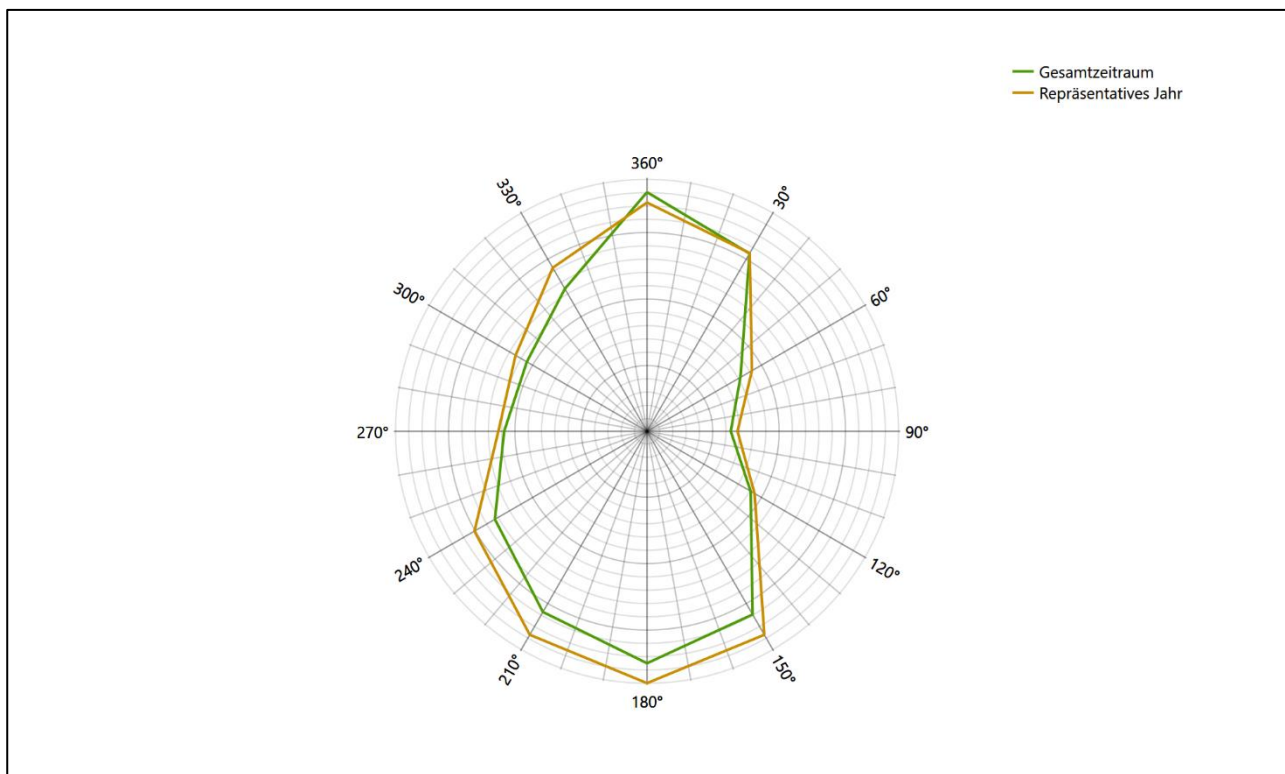


Abbildung 12: Vergleich der Richtungsverteilung von Nacht- und Schwachwinden für die ausgewählte Jahreszeitreihe mit dem Gesamtzeitraum

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

Daher kann davon ausgegangen werden, dass der Zeitraum vom 01.01.2016 bis zum 31.12.2016 ein repräsentatives Jahr für die Station Frankenberg-Geismar im betrachteten Gesamtzeitraum vom 24.10.2012 bis zum 10.01.2021 ist.

4 Beschreibung der Datensätze

4.1 Effektive aerodynamische Rauigkeitslänge

4.1.1 Theoretische Grundlagen

Die Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeitslänge wird gemäß dem DWD-Merkblatt „Effektive Rauigkeitslänge aus Windmessungen“ [3] vorgenommen. Ausgangspunkt der Betrachtungen ist, dass die Rauigkeitsinformation über luvseitig des Windmessgerätes überströmte heterogene Oberflächen aus den gemessenen Winddaten extrahiert werden kann. Insbesondere Turbulenz und Böigkeit der Luftströmung tragen diese Informationen in sich.

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

Zur Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit aus diesen Messwerten muss die Art des Messgerätes Berücksichtigung finden, da eine Trägheit der Apparatur Einfluss auf die Dynamik der Windmessdaten ausübt. In diesem Zusammenhang müssen Dämpfungsfaktoren bestimmt werden, die sich für digital, nicht trägheitslose Messverfahren nach den Verfahren von Beljaars (Dämpfungsfaktor A_B) [4], [5] und für analoge nach dem Verfahren von Wieringa (Dämpfungsfaktor A_W) [6], [7] ermitteln lassen.

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

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

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

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

und

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

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

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

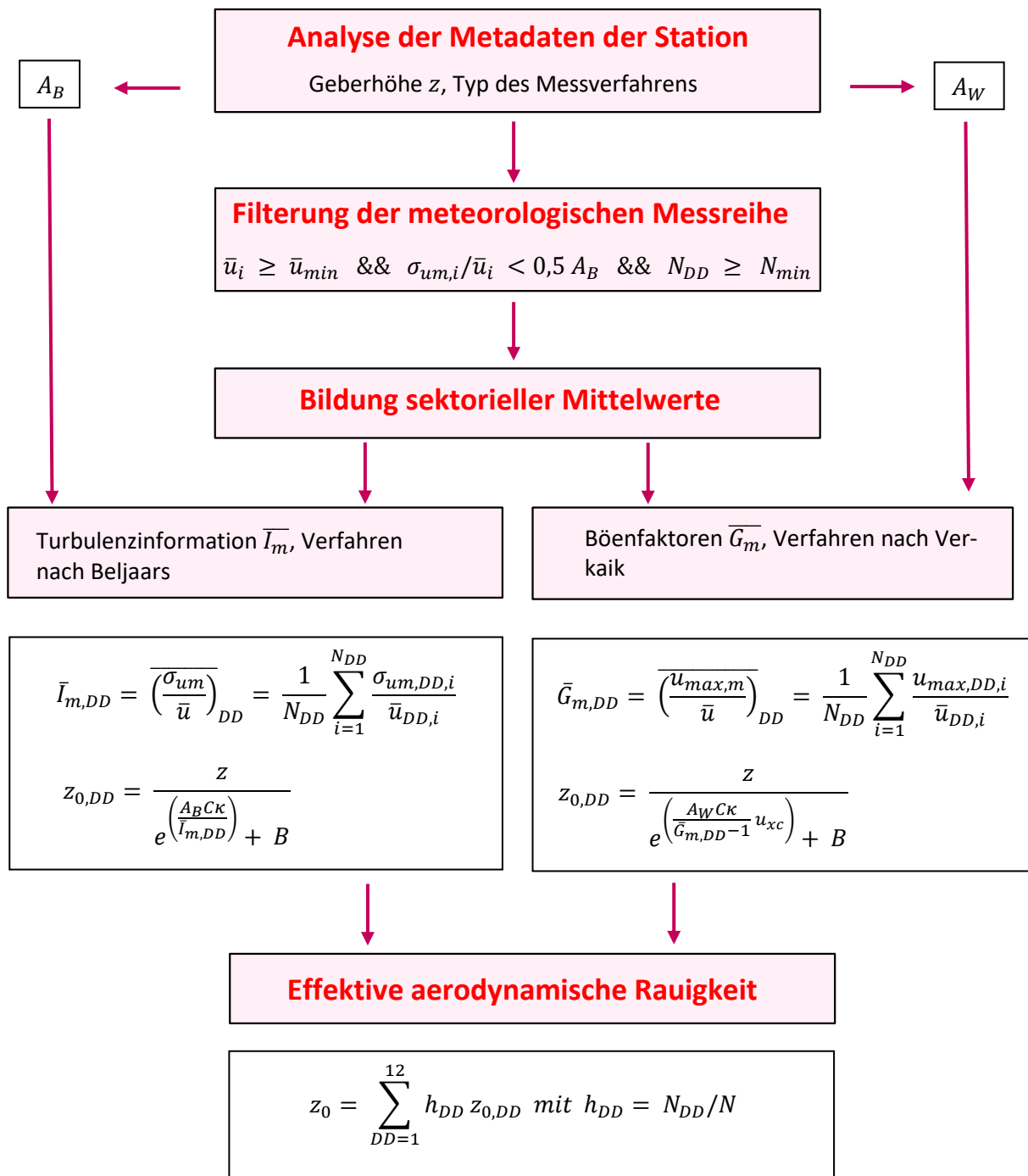


Abbildung 13: Schematischer Ablauf zur Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit

Im Merkblatt des Deutschen Wetterdienstes [3] stellt sich der Algorithmus zur Berechnung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit über die nachfolgend beschriebene Schrittfolge dar: Zunächst müssen die Metadaten der Station nach Höhe des Windgebers über Grund (Geberhöhe z) und nach Art des Messverfahrens

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

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

4.1.2 Bestimmung der effektiven aerodynamischen Rauigkeit im konkreten Fall

Die effektive aerodynamische Rauigkeit musste im vorliegenden Fall für die Station Frankenberg-Geismar und den Zeitraum vom 01.01.2016 bis zum 31.12.2016 bestimmt werden. Als Messwertgeber wurde aus den Daten des Deutschen Wetterdienstes das System „Ultrasonic Anemometer 2D“ (Windmessung, elektr.) entnommen. Damit steht zur Rauigkeitsbestimmung das Verfahren nach Beljaars zur Verfügung. Für den Parameter A_B ergibt sich dabei ein Wert von 1. Die Von-Karman-Konstante κ wird konventionsgemäß mit 0,4 angesetzt, weiterhin sind B konventionsgemäß mit 6 und C mit 2,5 angesetzt.

Um für jeden Windrichtungssektor wenigstens sechs Einzelmessungen bei neutraler Schichtung zu erreichen, genügte bei einem Schwellwert \bar{u}_{min} von $5,0 \text{ ms}^{-1}$ der ursprüngliche Zeitraum vom 01.01.2016 bis zum 31.12.2016 und musste nicht ausgedehnt werden. In der nachfolgenden Tabelle sind die Anzahl der pro Windrichtungssektor verwendeten Einzelmessungen und die daraus ermittelten Sektorenrauigkeiten angegeben.

Tabelle 2: Anzahl der Einzelmessungen und Sektorenrauigkeiten für die Station Frankenberg-Geismar

Sektor um	Anzahl der Einzelmessungen	Rauigkeit im Sektor [m]
0°	903	0,611 m
30°	694	0,571 m
60°	440	0,563 m
90°	194	0,733 m
120°	210	0,438 m
150°	1095	0,400 m
180°	2064	0,648 m
210°	2480	0,639 m
240°	1526	0,641 m
270°	340	0,691 m
300°	134	0,741 m
330°	160	0,717 m



Abbildung 14: Verteilung der effektiven aerodynamischen Rauigkeiten auf die Windrichtungssektoren für die Station Frankenberg-Geismar

Aus der mit den Anströmhäufigkeiten gewichteten Mittelung ergibt sich schließlich für die Station Frankenberg-Geismar eine effektive aerodynamische Rauigkeit von 0,607 m.

4.2 Rechnerische Anemometerhöhen in Abhängigkeit von der Rauigkeitsklasse

Die für Ausbreitungsrechnungen notwendigen Informationen zur Anpassung der Windgeschwindigkeiten an die unterschiedlichen mittleren aerodynamischen Rauigkeiten zwischen der Windmessung (Station Frankenberg-Geismar) 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 Frankenberg-Geismar wurde nach dem im Abschnitt 4.1.2 beschriebenen Verfahren berechnet. Für Frankenberg-Geismar ergibt das im betrachteten Zeitraum vom 01.01.2016 bis zum 31.12.2016 einen Wert von etwa 0,607 m. Daraus ergeben sich die folgenden, den Rauigkeitsklassen der TA Luft zugeordneten Anemometerhöhen. Das Berechnungsverfahren dazu wurde VDI-Richtlinie 3783 Blatt 8 [8] entnommen.

Tabelle 3: Rechnerische Anemometerhöhen in Abhängigkeit von der Rauigkeitsklasse für die Station Frankenberg-Geismar

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	4,2	6,2	10,6	16,5	21,6	26,2

Um für die Station Frankenberg-Geismar vollständige Stabilitätsinformationen ableiten zu können, wurde auf die Station Fritzlar (Flugplatz) als Lieferant der Bedeckungsinformationen zurückgegriffen. Diese Station liegt in der Nähe und zusammen mit Frankenberg-Geismar einem meteorologisch homogenen Gebiet, um nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [1] Abschnitt 7.1 die Bedeckungsinformationen verwenden zu können.

4.3 Ausbreitungsklassenzeitreihe

Aus den Messwerten der Station Frankenberg-Geismar für Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Bedeckung wurde eine Ausbreitungsklassenzeitreihe gemäß den Vorgaben der TA Luft in Anhang 3 Ziffer 8 [2] erstellt. Die gemessenen meteorologischen Daten werden als Stundenmittel angegeben, wobei die Windgeschwindigkeit vektoriell gemittelt wird. Die Verfügbarkeit der Daten soll nach TA Luft mindestens 90 % der Jahresstunden betragen. Im vorliegenden Fall wurde eine Verfügbarkeit von 91 % bezogen auf das repräsentative Jahr vom 01.01.2016 bis zum 31.12.2016 erreicht.

Die rechnerischen Anemometerhöhen gemäß Tabelle 3 wurden im Dateikopf hinterlegt.

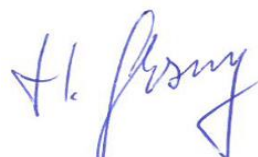
5 Zusammenfassung

Als repräsentatives Jahr für die Station Frankenberg-Geismar wurde aus einem Gesamtzeitraum vom 24.10.2012 bis zum 10.01.2021 das Jahr vom 01.01.2016 bis zum 31.12.2016 ermittelt.

Frankenberg, am 17. Februar 2021



Dipl.-Phys. Thomas Köhler
- erstellt -



Dr. Hartmut Sbosny
- freigegeben -

6 Prüfliste für die Übertragbarkeitsprüfung

Die folgende Prüfliste orientiert sich an Anhang B von VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [1] und soll bei der Prüfung des vorliegenden Dokuments Hilfestellung leisten.

Abschnitt in VDI 3783 Blatt 20	Prüfpunkt	Entfällt	Vorhanden	Abschnitt/ Seite im Dokument
6.4	Repräsentatives Jahr			
	Bei Auswahl eines repräsentativen Jahres: Auswahlverfahren dokumentiert und dessen Eignung begründet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3.2 / 13
	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"/>	3.2 / 13
	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"/>	3.1 / 9
7.1	Erstellung des Zieldatensatzes			
	Anemometerhöhen in Abhängigkeit von den Rauigkeitsklassen nach TA Luft in Zieldatensatz integriert		<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 25
	Bei Verwendung von Stabilitätsinformationen, die nicht an der Bezugswindstation gewonnen wurden: Herkunft der Stabilitätsinformationen dokumentiert und deren Eignung begründet	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4.2 / 25

7 Schrifttum

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] M. Koßmann und J. Namyslo, „Merkblatt Effektive Rauigkeitslänge aus Windmessungen,“ Deutscher Wetterdienst, Offenbach, 2019.
- [4] A. C. M. Beljaars, „The influence of sampling and filtering on measured wind gusts,“ *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Nr. 4, pp. 613-626, 1987.
- [5] A. C. M. Beljaars, „The measurement of gustiness at routine wind stations – a review,“ *Instruments and Observing Methods*, Nr. Reports No. 31, 1987.
- [6] J. Wieringa, „Gust factors over open water and built-up country,“ *Boundary-Layer Meteorology*, Nr. 3, pp. 424-441, 1973.
- [7] J. Wieringa, „An objective exposure correction method for average wind speeds measured at sheltered location,“ *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Nr. 102, pp. 241-253, 1976.
- [8] VDI 3783 Blatt 8 - Verein Deutscher Ingenieure e.V., *Umweltmeteorologie - Messwertgestützte Turbulenzparametrisierung für Ausbreitungsmodelle (Entwurf)*, Berlin: Beuth-Verlag, vom April 2017; in aktueller Fassung.
- [9] 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.
- [10] Statistisches Bundesamt, *Daten zur Bodenbedeckung für die Bundesrepublik Deutschland*, Wiesbaden.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Deutscher Wetterdienst, „Climate Data Center, CDC-Newsletter 6,“ Offenbach, 2017.

10 Anhang 3: Auswahl der Anemometerposition für die prognostischen Windfeldbibliotheken für den Standort Hattorf

Auftraggeber: TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG
Große Bahnstr. 31
22525 Hamburg

Auswahl der Anemometerposition für die prognostischen Windfeldbibliothek für den Standort Hattorf

Bericht-Nr.: 19-02-11-S
Datum: 15. März 2019
Umfang: 15 Seiten

Bearbeiter: Dipl.-Met. Dr. Markus Hasel
Dipl.-Met. Dr. Jost Nielinger
(Anerkannter beratender Meteorologe der DMG, e.V.)

IMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG
Immissionen Meteorologie Akustik
Niederlassung Stuttgart
Hauptstraße 54
D-70839 Gerlingen

Tel.: 07156 / 4389-16
Fax: 07156 / 5026-18
E-Mail: hasel@ima-umwelt.de
Internet: <http://www.ima-umwelt.de>

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung.....	4
2	Verfahrensbeschreibung „Prognostische Windfeldbibliothek“	4
3	Anemometerposition	4
3.1	Prüfung des Zielorts der QPR.....	4
3.2	Objektive Bestimmung der EAP für prognostische Windfelder.....	7
	Literatur.....	11
	Anhang 1 – Protokolle der Bestimmung der EAP	12
A1.1	Protokoll.....	12
A1.2	Erweitertes Protokoll	15

Hinweis:

Die in den Abbildungen verwendeten Kartengrundlagen basieren auf Daten von OpenStreetMap (www.openstreetmap.org/copyright) - Veröffentlicht unter [ODbL](https://opendatacommons.org/licenses/odbl/).

1 Situation und Aufgabenstellung

Im Jahr 2013 wurde im Auftrag des TÜV Nord für das Werk Werra der K+S AG mehrere prognostische Windfeldbibliotheken erstellt. Damit wurde den besonderen Anforderungen durch die stark gegliederte Orografie mit großen Geländesteigungen Rechnung getragen.

Im Rahmen der Erstellung einer prognostischen Windfeldbibliothek muss ein für das Verfahren geeigneter Anemometerstandort ausgewählt werden. Die Vorgehensweise zur Bestimmung des Anemometerstandorts für die nachfolgende Ausbreitungsrechnung ist mittlerweile in der VDI 3783 Blatt 16 (/1/) definiert. Diese Richtlinie lag zum Zeitpunkt der Erstellung der Windfeldbibliothek 2013 noch nicht vor. Das damals angewandte Verfahren (/2/, /3/) entsprach jedoch bereits größtenteils der heute in der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 (/1/) festgelegten Vorgehensweise.

Im Folgenden wird die Bestimmung der Ersatzanemometerposition (EAP) zur Verwendung in einer Ausbreitungsrechnung mit prognostischer Windfeldbibliothek detailliert erläutert.

2 Verfahrensbeschreibung „Prognostische Windfeldbibliothek“

Das Konzept der „Prognostischen Windfeldbibliothek“ gemäß VDI 3783 Blatt 16 (/1/) erlaubt die Verwendung der Informationen des prognostischen Modells in einer klassischen Ausbreitungsrechnung. Es basiert auf einer Bibliothek, deren Windfelder mit einem prognostischen mesoskaligen Strömungsmodell berechnet wurden. Dabei werden statt der diagnostisch berechneten Windfelder, die z.B. von AUSTAL2000 ermittelt werden, universell anwendbare prognostische Windfelder in eine Bibliothek eingestellt. Im Gegensatz zu diagnostischen Windfeldmodellen unterliegt das prognostische Windfeldmodell keinen Einschränkungen durch die Geländesteilheit.

3 Anemometerposition

3.1 Prüfung des Zielorts der QPR

Als meteorologische Datenbasis für die Ermittlung jahresbezogener Kenngrößen werden in der Regel Zeitreihen der Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Ausbreitungsklasse in stündlicher Auflösung verwendet (AKTerm).

Da im Modellgebiet keine Windmessungen vorliegen, mussten Messdaten auf das Untersuchungsgebiet übertragen werden. Die übertragenen Daten werden im Berechnungsgebiet an einer so genannten Ersatz-Anemometerposition (abgekürzt EAP) angesetzt.

Da das Strömungsmodell die 3-dimensionale Struktur der Strömung auflöst, ist für den Antrieb ein von Geländeformationen möglichst unbeeinflusster Standort erforderlich. Dieser soll die übergeordneten Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet repräsentieren.

Gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (/1/) ist die Voraussetzung für einen geeigneten Anemometerstandort, dass die Windrichtung der Bibliotheks-Windfelder an der EAP gleichsinnig mit der übergeordneten Anströmung dreht. Damit wird gewährleistet, dass eine eindeutige Zuordnung von gemessenem Anemometerwind und den Windfeldern der Bibliothek gegeben ist. Das Anemometer bzw. die EAP muss sich folglich an einer Stelle befinden, an der die Orografie der Standortumgebung keinen oder nur einen geringen Einfluss auf die Windverhältnisse ausübt.

Im vorliegenden Fall wurde die Übertragung einer Windmessung in den Untersuchungsraum durch den Deutschen Wetterdienst durchgeführt (/4/). Die Übertragung erfolgte dabei auf den Zielort Hohenroda-Oberbreitzbach. Da die Übertragungsprüfung vor Erscheinen der VDI-Richtlinie 3783 Bl. 16 (/1/) stattfand, konnte darin auch keine Prüfung des Zielorts im Hinblick auf die Eignung als EAP einer prognostischen Windfeldbibliothek durchgeführt werden.

Der DWD-Zielort befindet sich auf einer leichten Anhöhe 360 m ü. NN oberhalb des Werratal. Südwestlich und nordwestlich davon befinden sich allerdings Höhenzüge, die teilweise bis über 600 m ü. NN reichen, nordöstlich liegt die Abraumhalde des K+S-Standorts Hattorf (Abb. 3-1, dargestellt ist der Planzustand). Diese Erhebungen bestimmen und kanalisieren die bodennahe Windströmungen maßgeblich, vermutlich auch am DWD-EAP.

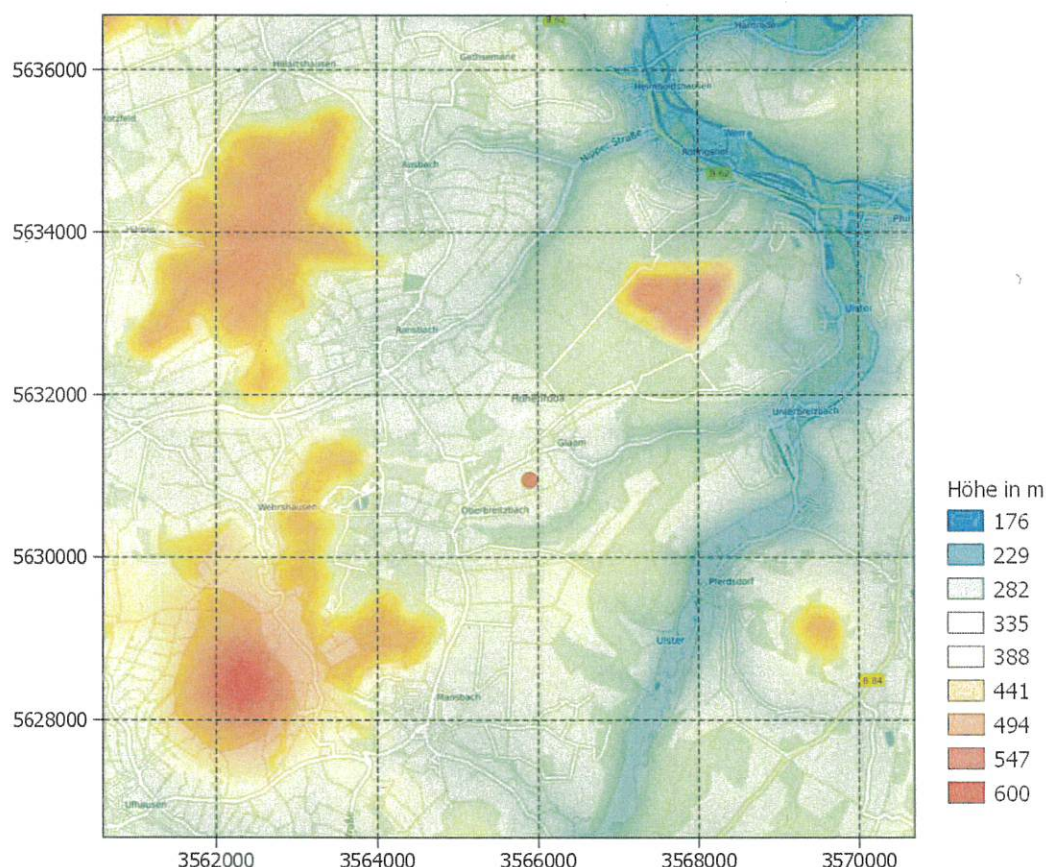


Abb. 3-1: Orografie im Umfeld des DWD-Zielorts aus der Übertragungsprüfung (orange Markierung). Koordinaten im Gauß-Krüger-System (Kartengrundlage © OpenStreetMap-Mitwirkende).

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die berechneten Windfelder (Höhe ca. 10 m über Grund) für zwei verschiedene übergeordnete, nordöstliche Anströmrichtungen (Abb. 3-2). Markant ist zum einen der Einfluss des Haldenkörpers, der zu Umströmungseffekten (Markierung 1 in der Abbildung), einem Overspeeding (Erhöhung der Windgeschwindigkeit in der Kuppenlage, Markierung 2) und zu einer deutlichen Verringerung der Windgeschwindigkeit im Nachlaufbereich (Markierung 3) führt.

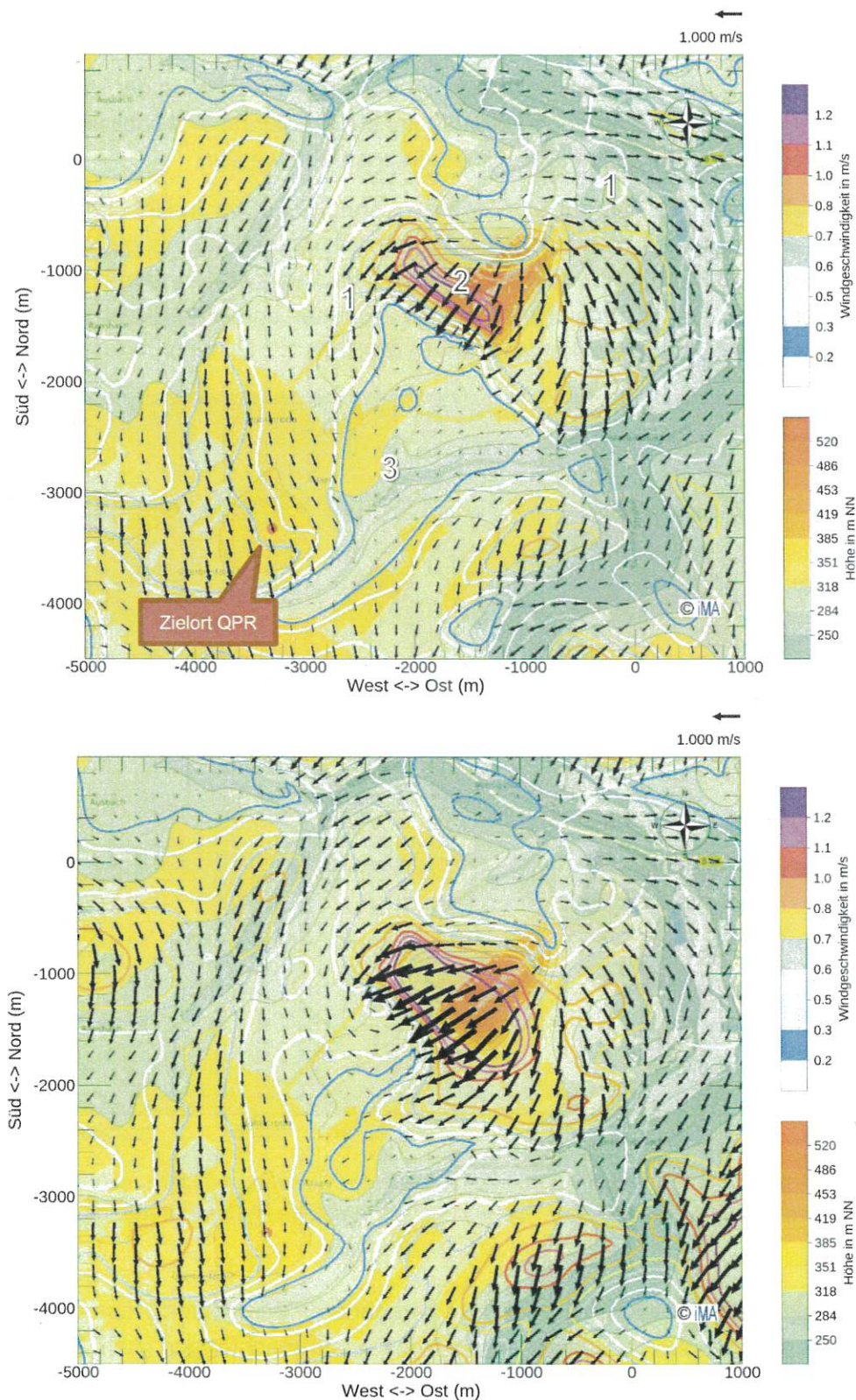


Abb. 3-2: Windverteilung (Vektorpfeile) in ca. 10 m über Grund bei stabiler Schichtung und übergeordneter Strömung aus Nordost (links) bzw. Ostnordost (rechts). Zu den Markierungen siehe Erläuterungen im Text (Kartengrundlage © OpenStreetMap-Mitwirkende).

Der Haldenkörper und die anderen Erhebungen im näheren Umfeld des DWD-Zielorts der Übertragung führen dazu, dass eine eindeutige Zuordnung der übergeordneten Strömung zur bodennahen Strömung an diesem Standort nicht gegeben ist. Im Beispiel der beiden Abbildungen 3-2 ändert sich die übergeordnete Strömung um $+40^\circ$, der bodennahe Wind am DWD-Zielort ist dagegen sogar rückläufig um -3° .

Dieser in der Übertragung des DWD als Zielort ausgewählte Punkt ist somit als Ersatzanemometerposition im Rahmen der Verwendung einer prognostischen Windfeldbibliothek nach VDI 3783 Bl. 16 (/1/) nicht geeignet.

3.2 Objektive Bestimmung der EAP für prognostische Windfelder

In der VDI 3783 Bl. 16 (/1/) ist ein Verfahren zur objektiven Bestimmung der Anemometerposition bei Nutzung von prognostischen Windfeldern beschrieben. Da die Erstellung der Windfeldbibliothek für den Standort Hattorf 2013 und die Festlegung der EAP damals vor Erscheinen dieser Richtlinie stattfand, konnte zum damaligen Zeitpunkt erst eine an die spätere Richtlinie angelehnte, aber bereits in weiten Teilen identische Vorgehensweise eingesetzt werden.

Zur Vergleichbarkeit mit den heutigen Anforderungen wurde die Bestimmung der EAP mit dem nun gültigen Verfahren der VDI 3783 Bl. 16 (/1/) erneut durchgeführt und im Folgenden dokumentiert.

Das Verfahren prüft zunächst verschiedene Kriterien ab, wie z.B. die gleichsinnige Drehung des Windes mit der Anströmrichtung und eine ausreichend hohe Windgeschwindigkeit. Anschließend werden zwei Gütemaße für die Windgeschwindigkeit und Windrichtung bestimmt. Innerhalb jedes gefundenen zusammenhängenden Gebiets mit gleichsinnig drehender Windrichtung wird abschließend das Gesamtmaß gebildet. Der folgende Auszug aus dem Protokoll des im Rahmen der Richtlinie zur Verfügung gestellten Programms zeigt das Ergebnis dieser Berechnung (das vollständige Protokoll findet sich in Anhang 1).

```
=====
=====  Objektiv bestimmte Ersatz-Anemometerorte im Gitter 1 je Modellebene:  =====
=====

Auswertebereich Gitter 1 West - Ost :    -6495. bis    6561.
                          Sued - Nord:    -8059. bis   11653.

*****
*****      Modelllevel:          1  -  Levelhoehe ueber Grund:          1.5  m
*****

..... Level enthaelt keinen Gitterpunkt mit stetiger Winddrehung!
..... Ersatz-Anemometerposition kann fuer dieses Level nicht bestimmt werden!
[... ]
*****
*****      Modelllevel:          4  -  Levelhoehe ueber Grund:          10.5  m
*****

.....
..... Liste aller zusammenhaengenden Gebiete mit stetiger Winddrehung und deren integrale Guetemasse:
..... (Absteigende Sortierung nach Groesse)
..... Gebiet: 0001 G =          0.3 Anzahl Punkte: 00001
.....
..... Empfohlener Ersatzanemometerort: Gebiets-ID =          1
.....                                     Gesamt-G =          0.3
.....                                     EAP-Punkt:
.....                                     i-Index =          53
.....                                     j-Index =          119
.....                                     x (m) =          225.
.....                                     y (m) =          7109.
```


gd = 0.69
gf = 0.51
g = 0.35

[...]

***** Modelllevel: 10 - Levelhoehe ueber Grund: 28.5 m *****

.....
Liste aller zusammenhaengenden Gebiete mit stetiger Winddrehung und deren integrale Guetemasse:
(Absteigende Sortierung nach Groesse)

Gebiet: 0001 G = 1.2 Anzahl Punkte: 00005
Gebiet: 0002 G = 1.6 Anzahl Punkte: 00004

.....
Empfohlener Ersatzanemometerort: Gebiets-ID = 2
Gesamt-G = 1.6
EAP-Punkt:
i-Index = 53
j-Index = 119
x (m) = 225.
y (m) = 7109.
gd = 0.64
gf = 0.69
g = 0.44
.....

Dieser Prüfschritt wird wie oben gezeigt für jede Höhenschicht der Modellergebnisse durchgeführt. Dies ist notwendig, da auch die Anemometerhöhe am EAP bestimmt werden muss. Nach Abschnitt 6.2 der VDI 3783 Bl. 16 (/1/) soll am EAP eine Ersatzanemometerhöhe entsprechend der lokalen Rauigkeit verwendet werden. Die lokale Rauigkeit ist als mittlere Rauigkeit in einem Umkreis von 200 m definiert.

Gemäß VDI 3783 Bl. 16 (/1/) wird anschließend für jeden möglichen EAP die mittlere Rauigkeit bestimmt und die entsprechende Modellebene den Anemometerhöhen aus dem Datenkopf der meteorologischen Zeitreihe gegenübergestellt.

Tab. 3-1: Koordinaten der möglichen EAP für die einzelnen Modellebenen, mittlere Rauigkeit im Umfeld der EAP und Vergleich mit der Anemometerhöhe h_a aus dem Datenkopf der AKTerm. Die Modellebenen oberhalb Schicht 11 liegen oberhalb der maximalen Anemometerhöhe.

Modell- ebene	Höhe über Grund	EAP		RW	HW	Rauigkeit	h_a	h_a innerhalb Modellebene?
	m	x in m	y in m			z_0 in m	m	
1	0 - 3	-	-	-	-	-	-	NEIN
2	3 - 6	-	-	-	-	-	-	NEIN
3	6 - 9	-	-	-	-	-	-	NEIN
4	9 - 12	225	7 109	3 569 427	5 641 384	0,02	6,7	NEIN
5	12 - 15	225	7 109	3 569 427	5 641 384	0,02	6,7	NEIN
6	15 - 18	225	7 109	3 569 427	5 641 384	0,02	6,7	NEIN
7	18 - 21	225	7 109	3 569 427	5 641 384	0,02	6,7	NEIN
8	21 - 24	225	7 109	3 569 427	5 641 384	0,02	6,7	NEIN
9	24 - 27	225	7 109	3 569 427	5 641 384	0,02	6,7	NEIN
10	27 - 30	225	7 109	3 569 427	5 641 384	0,02	6,7	NEIN
11	30 - 33	-3 871	3 781	3 565 331	5 638 056	1,5	28,3	NEIN

Wie aus Tab. 3-1 ersichtlich, ist keine Modellebene bzw. der zugehörige Höhenbereich deckungsgleich mit dem korrespondierenden h_a . Nach VDI 3783 Bl. 16 (/1/) ist daher zu prüfen, ob alternativ ein anderer Gitterpunkt mit etwas geringerem Gütemaß als EAP geeignet ist.

Unterhalb Modellebene 10 ist dies nicht der Fall (siehe Anhang 1, erweitertes Protokoll).

Innerhalb der Modellebene 10 werden zwei Gebiete mit gleichsinniger Winddrehung identifiziert. In Gebiet 2 liegt der in Tab. 3-1 aufgeführte EAP, dessen Rauigkeit nicht mit h_a korrespondiert. Dies gilt auch für die anderen Punkte innerhalb dieses Gebiets. Innerhalb des Gebietes 1 wurde einer der beiden Punkte mit dem höchsten Gütemaß ausgewählt (Tab. 3-2).

Tab. 3-2: Koordinaten des zweiten möglichen EAP für Modellebene 10 aus Gebiet 1, mittlere Rauigkeit im Umfeld der EAP und Vergleich mit der Anemometerhöhe h_a aus dem Datenkopf der AKTerm.

Modell- ebene	Höhe über Grund	EAP		RW	HW	Rauigkeit	h_a	h_a innerhalb Modellebene?
		x in m	y in m			z_0 in m	m	
10	27 - 30	-3 871	3 781	3 565 331	5 638 056	1,5	28,3	JA

Am gewählten Aufpunkt korrespondiert die mittlere Rauigkeit mit der Anemometerhöhe, er ist daher als Ersatzanemometerposition geeignet.

Wie oben bereits erwähnt, fand die Ermittlung des EAP in der Untersuchung 2013 vor Erscheinen der VDI-Richtlinie statt, das angewandte Verfahren war damals aber bereits nahezu gleich. Allerdings wurde damals als zusätzlicher Arbeitsschritt noch eine zufällige Positionierung der EAP innerhalb des Gültigkeitsbereichs durchgeführt. Diese geschah in der Masche des Rechenmodells, in der der in Tab. 3-2 aufgeführte EAP liegt. Bei einer Maschenweite von 128 m im vorliegenden Fall entspricht der Bereich, in dem die zufällige Positionierung statt fand, einem Areal von ± 64 m um dem EAP. Als EAP wurde daher damals in 2013 der in Tab. 3-3 aufgeführte Standort ausgewiesen.

Tab. 3-3: Anemometerstandort (in Gauß-Krüger-Koordinaten) und -höhe.

x	y	RW	HW	Höhe über Grund
-3 872	3 755	3 565 330	5 638 030	28,3 m

Im heutigen in der Richtlinie festgelegten Verfahren entfällt die zufällige Positionierung innerhalb der Gittermasche. Der heute richtlinienkonforme EAP unterscheidet sich aber nur geringfügig von dem damals im Jahr 2013 ermittelten. Wir erwarten bei dem dargestellten äußerst geringen Unterschied in der EAP keine Auswirkungen auf das Ergebnis einer Ausbreitungsrechnung.

Die heutige wie die damals 2013 verwendete EAP gewährleisten eine gleichsinnige Winddrehung und damit die sichere Zuordnung der Windfelder zum gemessenen Wind und sind somit für den Antrieb einer Ausbreitungsrechnung auf Basis einer prognostischen Windfeldbibliothek geeignet.

Gerlingen, den 15. März 2019



Dr. Jost Nielinger
(Diplom-Meteorologe)
iMA Richter & Röckle

Anerkannter Beratender Meteorologe
der Deutschen Meteorologischen Ges. e.V.
Ausbreitung von Luftbeimengungen und
Stadt- und Siedlungsklimatologie



Dr. Markus Hasel
(Diplom-Meteorologe)
iMA Richter & Röckle

Dieser Bericht darf nur für projektbezogene Zwecke vervielfältigt oder weitergegeben werden.

Literatur

- /1/ **VDI-Richtlinie 3783 Bl. 16:** Umweltmeteorologie – Prognostische mesoskalige nichthydrostatische Windfeldmodelle; Verfahren zur Anwendung in Genehmigungsverfahren nach TA Luft. VDI Düsseldorf, Juni 2015, Beuth Verlag, Berlin.
- /2/ **Bigalke K., Rau M. (2007):** Immissionsprognosen nach TA Luft in komplexem Gelände mit prognostisch berechneten Windfeldern, *Immissionsschutz 1/2007*
- /3/ **Hasel M., Kost W.-J., Nielinger J. (2009):** Ausbreitungsrechnungen in steilem Gelände – Prognostische Windfeldbibliotheken. *METTOOLS, 01.-03. September 2009, Hamburg.*
- /4/ **Deutscher Wetterdienst DWD (2010):** Qualifizierte Prüfung (QPR) der Übertragbarkeit einer Zeitreihe von Ausbreitungsklassen (AK-Term) nach der TA Luft (Stand 2002) auf einen Zielort in 36284 Hohenroda-Oberbreitzbach.

Anhang 1 – Protokolle der Bestimmung der EAP

Die Bestimmung wurde aus Anlass der vorliegenden Erläuterung mit der im Rahmen von VDI 3783 Bl. 16 bereitgestellten Anwendung *tal-anemo* in der aktuellen Programmversion erneut durchgeführt. Im Folgenden sind die Rechenprotokolle zur Bestimmung der EAP dokumentiert.

A1.1 Protokoll

Im Folgenden ist das Protokoll wiedergegeben. Aus Platzgründen wurden die Ausgaben für die Auflistung der Modellgitter 2 bis 5 und der Bestimmung der EAP für die Modellebenen oberhalb der maximalen Anemometerhöhe (32 m) gekürzt.

TAL-Anemo-VDI-01.32 Build: Jul 19 2014 13:51:34 gestartet um 2019-02-25 13:11:34
Bibliotheksverzeichnis ist "lib"

Mindestanforderungen fuer Eignung von Modellgitterpunkten als Ersatz-Anemometerstandort:
Anzahl nicht ausgewerteter Randpunkte im aeusseren Gitter: 3
Windgeschwindigkeit immer groesser oder gleich: 0.5 m/s

Im Verzeichnis "lib" wurden Dateien von 6 (genesteten) Gitter(n)
und von (bis zu) 36 Windrichtungssektoren gefunden:

Gitter 1:

AK1	AK2	AK3-1	AK3-2	AK4	AK5
w1001a11 (10°)	w2001a11 (10°)	w3001a11 (10°)	w4001a11 (10°)	w5001a11 (10°)	w6001a11 (10°)
w1002a11 (20°)	w2002a11 (20°)	w3002a11 (20°)	w4002a11 (20°)	w5002a11 (20°)	w6002a11 (20°)
w1003a11 (30°)	w2003a11 (30°)	w3003a11 (30°)	w4003a11 (30°)	w5003a11 (30°)	w6003a11 (30°)
w1004a11 (40°)	w2004a11 (40°)	w3004a11 (40°)	w4004a11 (40°)	w5004a11 (40°)	w6004a11 (40°)
w1005a11 (50°)	w2005a11 (50°)	w3005a11 (50°)	w4005a11 (50°)	w5005a11 (50°)	w6005a11 (50°)
w1006a11 (60°)	w2006a11 (60°)	w3006a11 (60°)	w4006a11 (60°)	w5006a11 (60°)	w6006a11 (60°)
w1007a11 (70°)	w2007a11 (70°)	w3007a11 (70°)	w4007a11 (70°)	w5007a11 (70°)	w6007a11 (70°)
w1008a11 (80°)	w2008a11 (80°)	w3008a11 (80°)	w4008a11 (80°)	w5008a11 (80°)	w6008a11 (80°)
w1009a11 (90°)	w2009a11 (90°)	w3009a11 (90°)	w4009a11 (90°)	w5009a11 (90°)	w6009a11 (90°)
w1010a11 (100°)	w2010a11 (100°)	w3010a11 (100°)	w4010a11 (100°)	w5010a11 (100°)	w6010a11 (100°)
w1011a11 (110°)	w2011a11 (110°)	w3011a11 (110°)	w4011a11 (110°)	w5011a11 (110°)	w6011a11 (110°)
w1012a11 (120°)	w2012a11 (120°)	w3012a11 (120°)	w4012a11 (120°)	w5012a11 (120°)	w6012a11 (120°)
w1013a11 (130°)	w2013a11 (130°)	w3013a11 (130°)	w4013a11 (130°)	w5013a11 (130°)	w6013a11 (130°)
w1014a11 (140°)	w2014a11 (140°)	w3014a11 (140°)	w4014a11 (140°)	w5014a11 (140°)	w6014a11 (140°)
w1015a11 (150°)	w2015a11 (150°)	w3015a11 (150°)	w4015a11 (150°)	w5015a11 (150°)	w6015a11 (150°)
w1016a11 (160°)	w2016a11 (160°)	w3016a11 (160°)	w4016a11 (160°)	w5016a11 (160°)	w6016a11 (160°)
w1017a11 (170°)	w2017a11 (170°)	w3017a11 (170°)	w4017a11 (170°)	w5017a11 (170°)	w6017a11 (170°)
w1018a11 (180°)	w2018a11 (180°)	w3018a11 (180°)	w4018a11 (180°)	w5018a11 (180°)	w6018a11 (180°)
w1019a11 (190°)	w2019a11 (190°)	w3019a11 (190°)	w4019a11 (190°)	w5019a11 (190°)	w6019a11 (190°)
w1020a11 (200°)	w2020a11 (200°)	w3020a11 (200°)	w4020a11 (200°)	w5020a11 (200°)	w6020a11 (200°)
w1021a11 (210°)	w2021a11 (210°)	w3021a11 (210°)	w4021a11 (210°)	w5021a11 (210°)	w6021a11 (210°)
w1022a11 (220°)	w2022a11 (220°)	w3022a11 (220°)	w4022a11 (220°)	w5022a11 (220°)	w6022a11 (220°)
w1023a11 (230°)	w2023a11 (230°)	w3023a11 (230°)	w4023a11 (230°)	w5023a11 (230°)	w6023a11 (230°)
w1024a11 (240°)	w2024a11 (240°)	w3024a11 (240°)	w4024a11 (240°)	w5024a11 (240°)	w6024a11 (240°)
w1025a11 (250°)	w2025a11 (250°)	w3025a11 (250°)	w4025a11 (250°)	w5025a11 (250°)	w6025a11 (250°)
w1026a11 (260°)	w2026a11 (260°)	w3026a11 (260°)	w4026a11 (260°)	w5026a11 (260°)	w6026a11 (260°)
w1027a11 (270°)	w2027a11 (270°)	w3027a11 (270°)	w4027a11 (270°)	w5027a11 (270°)	w6027a11 (270°)
w1028a11 (280°)	w2028a11 (280°)	w3028a11 (280°)	w4028a11 (280°)	w5028a11 (280°)	w6028a11 (280°)
w1029a11 (290°)	w2029a11 (290°)	w3029a11 (290°)	w4029a11 (290°)	w5029a11 (290°)	w6029a11 (290°)
w1030a11 (300°)	w2030a11 (300°)	w3030a11 (300°)	w4030a11 (300°)	w5030a11 (300°)	w6030a11 (300°)
w1031a11 (310°)	w2031a11 (310°)	w3031a11 (310°)	w4031a11 (310°)	w5031a11 (310°)	w6031a11 (310°)
w1032a11 (320°)	w2032a11 (320°)	w3032a11 (320°)	w4032a11 (320°)	w5032a11 (320°)	w6032a11 (320°)
w1033a11 (330°)	w2033a11 (330°)	w3033a11 (330°)	w4033a11 (330°)	w5033a11 (330°)	w6033a11 (330°)
w1034a11 (340°)	w2034a11 (340°)	w3034a11 (340°)	w4034a11 (340°)	w5034a11 (340°)	w6034a11 (340°)
w1035a11 (350°)	w2035a11 (350°)	w3035a11 (350°)	w4035a11 (350°)	w5035a11 (350°)	w6035a11 (350°)
w1036a11 (360°)	w2036a11 (360°)	w3036a11 (360°)	w4036a11 (360°)	w5036a11 (360°)	w6036a11 (360°)

[...]

WICHTIGER HINWEIS:

Es wird ungeprüft davon ausgegangen, dass alle Bibliotheksdateien (Windfelddateien)
in einem Speicherformat der Form
form "Zp%N.Nf" "Vx%N.Nf" "Vy%N.Nf" "Vs%N.Nf"
und der Speicherreihenfolge
sequ "i,j,k"
vorliegen!

Bei abweichenden Formaten erfolgt moeglicherweise kein Programmabbruch.
Der berechnete Anemometerstandort ist dann aber fehlerhaft!

=====

Objektiv bestimmte Ersatz-Anemometerorte im Gitter 1 je Modellebene: =====

=====

Auswertebereich Gitter 1 West - Ost : -6495. bis 6561.
Süd - Nord: -8059. bis 11653.

***** Modelllevel: 1 - Levelhoehe ueber Grund: 1.5 m *****

..... Level enthaelt keinen Gitterpunkt mit stetiger Windddrehung!
..... Ersatz-Anemometerposition kann fuer dieses Level nicht bestimmt werden!

***** Modelllevel: 2 - Levelhoehe ueber Grund: 4.5 m *****

..... Level enthaelt keinen Gitterpunkt mit stetiger Windddrehung!
..... Ersatz-Anemometerposition kann fuer dieses Level nicht bestimmt werden!

***** Modelllevel: 3 - Levelhoehe ueber Grund: 7.5 m *****

..... Level enthaelt keinen Gitterpunkt mit stetiger Windddrehung!
..... Ersatz-Anemometerposition kann fuer dieses Level nicht bestimmt werden!

***** Modelllevel: 4 - Levelhoehe ueber Grund: 10.5 m *****

..... Liste aller zusammenhaengenden Gebiete mit stetiger Windddrehung und deren integrale Guetemasse:
(Absteigende Sortierung nach Groesse)

Gebiet: 0001 G = 0.3 Anzahl Punkte: 00001

.....
Empfohlener Ersatzanemometerort: Gebiets-ID = 1
Gesamt-G = 0.3
EAP-Punkt:
i-Index = 53
j-Index = 119
x (m) = 225.
y (m) = 7109.
gd = 0.69
gf = 0.51
g = 0.35
.....

***** Modelllevel: 5 - Levelhoehe ueber Grund: 13.5 m *****

..... Liste aller zusammenhaengenden Gebiete mit stetiger Windddrehung und deren integrale Guetemasse:
(Absteigende Sortierung nach Groesse)

Gebiet: 0001 G = 0.4 Anzahl Punkte: 00001

.....
Empfohlener Ersatzanemometerort: Gebiets-ID = 1
Gesamt-G = 0.4
EAP-Punkt:
i-Index = 53
j-Index = 119
x (m) = 225.
y (m) = 7109.
gd = 0.68
gf = 0.55
g = 0.38
.....

***** Modelllevel: 6 - Levelhoehe ueber Grund: 16.5 m *****

..... Liste aller zusammenhaengenden Gebiete mit stetiger Windddrehung und deren integrale Guetemasse:
(Absteigende Sortierung nach Groesse)

Gebiet: 0001 G = 0.4 Anzahl Punkte: 00001

.....
Empfohlener Ersatzanemometerort: Gebiets-ID = 1
Gesamt-G = 0.4
EAP-Punkt:
i-Index = 53
j-Index = 119
x (m) = 225.
y (m) = 7109.
gd = 0.67
gf = 0.59
g = 0.39
.....

***** Modelllevel: 7 - Levelhoehe ueber Grund: 19.5 m *****

..... Liste aller zusammenhaengenden Gebiete mit stetiger Windddrehung und deren integrale Guetemasse:
(Absteigende Sortierung nach Groesse)

Gebiet: 0001 G = 0.4 Anzahl Punkte: 00001

.....
Empfohlener Ersatzanemometerort: Gebiets-ID = 1
Gesamt-G = 0.4
EAP-Punkt:
i-Index = 53
j-Index = 119
x (m) = 225.
y (m) = 7109.
gd = 0.66
gf = 0.62
.....

g = 0.41

***** Modelllevel: 8 - Levelhoehe ueber Grund: 22.5 m *****

.....
Liste aller zusammenhaengenden Gebiete mit stetiger Winddrehung und deren integrale Guetemasse:
(Absteigende Sortierung nach Groesse)

Gebiet: 0001 G = 1.1 Anzahl Punkte: 00003

.....
Empfohlener Ersatzanemometerort: Gebiets-ID = 1
Gesamt-G = 1.1
EAP-Punkt:
i-Index = 53
j-Index = 119
x (m) = 225.
y (m) = 7109.
gd = 0.65
gf = 0.64
g = 0.42
.....

***** Modelllevel: 9 - Levelhoehe ueber Grund: 25.5 m *****

.....
Liste aller zusammenhaengenden Gebiete mit stetiger Winddrehung und deren integrale Guetemasse:
(Absteigende Sortierung nach Groesse)

Gebiet: 0001 G = 1.1 Anzahl Punkte: 00003

.....
Empfohlener Ersatzanemometerort: Gebiets-ID = 1
Gesamt-G = 1.1
EAP-Punkt:
i-Index = 53
j-Index = 119
x (m) = 225.
y (m) = 7109.
gd = 0.65
gf = 0.66
g = 0.43
.....

***** Modelllevel: 10 - Levelhoehe ueber Grund: 28.5 m *****

.....
Liste aller zusammenhaengenden Gebiete mit stetiger Winddrehung und deren integrale Guetemasse:
(Absteigende Sortierung nach Groesse)

Gebiet: 0001 G = 1.2 Anzahl Punkte: 00005
Gebiet: 0002 G = 1.6 Anzahl Punkte: 00004

.....
Empfohlener Ersatzanemometerort: Gebiets-ID = 2
Gesamt-G = 1.6
EAP-Punkt:
i-Index = 53
j-Index = 119
x (m) = 225.
y (m) = 7109.
gd = 0.64
gf = 0.69
g = 0.44
.....

***** Modelllevel: 11 - Levelhoehe ueber Grund: 31.5 m *****

.....
Liste aller zusammenhaengenden Gebiete mit stetiger Winddrehung und deren integrale Guetemasse:
(Absteigende Sortierung nach Groesse)

Gebiet: 0001 G = 2.1 Anzahl Punkte: 00009
Gebiet: 0002 G = 1.6 Anzahl Punkte: 00004

.....
Empfohlener Ersatzanemometerort: Gebiets-ID = 1
Gesamt-G = 2.1
EAP-Punkt:
i-Index = 21
j-Index = 93
x (m) = -3871.
y (m) = 3781.
gd = 0.50
gf = 0.49
g = 0.24
.....

[...]

TAL-Anemo-VDI-01.32 beendet um 2019-02-25 13:15:34

A1.2 Erweitertes Protokoll

Zusätzlich wird ein erweitertes Protokoll ausgegeben, in dem nicht nur der optimale, sondern alle möglichen Punkte auch mit geringerem Gütemaß aufgeführt sind. Der bei der Bestimmung der EAP verwendete Position (Kap. 3.2) ist grün markiert.

***** Modelllevel: 1 - Levelhoehe ueber Grund: 1.5 m *****								
Gebiet-ID	G	i-Index	j-Index	x(m)	y(m)	gd	gf	g
.....
.....
.....
***** Modelllevel: 2 - Levelhoehe ueber Grund: 4.5 m *****								
Gebiet-ID	G	i-Index	j-Index	x(m)	y(m)	gd	gf	g
.....
.....
.....
***** Modelllevel: 3 - Levelhoehe ueber Grund: 7.5 m *****								
Gebiet-ID	G	i-Index	j-Index	x(m)	y(m)	gd	gf	g
.....
.....
.....
***** Modelllevel: 4 - Levelhoehe ueber Grund: 10.5 m *****								
Gebiet-ID	G	i-Index	j-Index	x(m)	y(m)	gd	gf	g
1	0.35	53	119	225.	7109.	0.69	0.51	0.35
***** Modelllevel: 5 - Levelhoehe ueber Grund: 13.5 m *****								
Gebiet-ID	G	i-Index	j-Index	x(m)	y(m)	gd	gf	g
1	0.38	53	119	225.	7109.	0.68	0.55	0.38
***** Modelllevel: 6 - Levelhoehe ueber Grund: 16.5 m *****								
Gebiet-ID	G	i-Index	j-Index	x(m)	y(m)	gd	gf	g
1	0.39	53	119	225.	7109.	0.67	0.59	0.39
***** Modelllevel: 7 - Levelhoehe ueber Grund: 19.5 m *****								
Gebiet-ID	G	i-Index	j-Index	x(m)	y(m)	gd	gf	g
1	0.41	53	119	225.	7109.	0.66	0.62	0.41
***** Modelllevel: 8 - Levelhoehe ueber Grund: 22.5 m *****								
Gebiet-ID	G	i-Index	j-Index	x(m)	y(m)	gd	gf	g
1	1.07	52	119	97.	7109.	0.59	0.57	0.32
1	1.07	53	119	225.	7109.	0.65	0.64	0.32
1	1.07	53	120	225.	7237.	0.63	0.51	0.32
***** Modelllevel: 9 - Levelhoehe ueber Grund: 25.5 m *****								
Gebiet-ID	G	i-Index	j-Index	x(m)	y(m)	gd	gf	g
1	1.10	52	119	97.	7109.	0.59	0.59	0.33
1	1.10	53	119	225.	7109.	0.65	0.66	0.33
1	1.10	53	120	225.	7237.	0.62	0.53	0.33
***** Modelllevel: 10 - Levelhoehe ueber Grund: 28.5 m *****								
Gebiet-ID	G	i-Index	j-Index	x(m)	y(m)	gd	gf	g
1	1.16	21	92	-3871.	3653.	0.50	0.46	0.23
1	1.16	22	92	-3743.	3653.	0.51	0.47	0.23
1	1.16	20	93	-3999.	3781.	0.50	0.45	0.23
1	1.16	21	93	-3871.	3781.	0.51	0.47	0.23
1	1.16	20	94	-3999.	3909.	0.50	0.46	0.23
2	1.55	52	119	97.	7109.	0.58	0.61	0.42
2	1.55	53	119	225.	7109.	0.64	0.69	0.42
2	1.55	53	120	225.	7237.	0.62	0.55	0.42
2	1.55	54	120	353.	7237.	0.66	0.63	0.42

11 Anhang 4: Prognostischen Windfeldbibliothek für den Bereich Hattorf

Auftraggeber**TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG**
Postfach 81 05 51
30505 Hannover

Prognostische Windfeldbibliothek für den Bereich Hattorf

Bericht-Nr.: 21-10-14-S
Umfang: 17 Seiten
Datum: 17. Dezember 2021
Bearbeiter: Dr. Markus Hasel, Dipl.-Met.
Dr. Jost Nielinger, Dipl.-Met.
(Anerkannter beratender Meteorologe der DMG. e.V.)

IMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG
Immissionen Meteorologie Akustik
Niederlassung Stuttgart
Hauptstraße 54
D-70839 Gerlingen

Tel.: 07156 / 4389-16
Fax: 07156 / 5026-18
Email: hasel@ima-umwelt.de
Internet: <http://www.ima-umwelt.de/>

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung.....	3
2	Hintergrund	3
3	Grundlagen.....	4
4	Modellgebiet und Rechengitter.....	4
5	Verfahrensablauf.....	8
5.1	Prognostische Modellrechnungen	8
5.2	Ost-Anströmung bei Ausbreitungsklasse I.....	9
5.3	Östliche Anströmung bei Ausbreitungsklasse III/1	11
5.4	Interpolation im Parameterraum	13
5.5	Interpolation auf das Gitter der Ausbreitungsrechnung	13
5.6	Objektive Bestimmung der EAP für prognostische Windfelder.....	14
6	Zusammenfassung	15
	Literatur	17

1 Aufgabenstellung

Die TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG erstellt im Bereich Hattorf eine Immissionsprognose.

Das Gelände rund um den Standort, insbesondere im Bereich der dortigen Abraumhalde, weist stellenweise steile Flanken auf, die das Steigungskriterium der TA Luft, Anhang 3, Abschnitt 11 von 1:5 übersteigen.

Die iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG wurde daher mit der Erstellung einer prognostischen Windfeldbibliothek gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) für die Ausbreitungsrechnungen für den Standort Hattorf beauftragt. Für den Standort wurde bereits 2013 eine Windfeldbibliothek erstellt. Die Aktualisierung beinhaltet neue Daten zur Orographie der Abraumhalde südwestlich des Betriebsstandorts (siehe Abbildung 4-2).

2 Hintergrund

Die TA Luft schränkt in Anhang 3 Abschnitt 11 die Anwendbarkeit eines diagnostischen Windfeldmodells in der Ausbreitungsrechnung folgendermaßen ein: *„Geländeunebenheiten können in der Regel mit Hilfe eines mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodells berücksichtigt werden, wenn die Steigung des Geländes den Wert 1:5 nicht überschreitet und wesentliche Einflüsse von lokalen Windsystemen oder anderen meteorologischen Besonderheiten ausgeschlossen werden können.“*

Prognostische Windfeldmodelle unterliegen keinen physikalischen Einschränkungen in der Berücksichtigung der Orographie. Im Vergleich zu diagnostischen Windfeldmodellen können sie die Strömung auch in sehr steilem Gelände realistisch nachbilden.

Aufgrund der stark gegliederten Topografie im Untersuchungsgebiet mit großen Geländesteigungen sollten gemäß den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle – Verfahren zu Anwendung in Genehmigungsverfahren nach TA Luft“ prognostisch berechnete Windfelder als Basis für die Ausbreitungsrechnung dienen.

Die Windfelder wurden dabei mit dem prognostischen Modell METRAS-PCL berechnet und in einer Windfeldbibliothek so aufbereitet, dass sie als Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnungen mit AUSTAL bzw. LASAT dienen. Das hierfür entwickelte Verfahren (Bigalke & Rau (2007), Hasel, Kost & Nielinger (2009)) ist in der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) ausführlich dokumentiert.

Das Konzept der „Prognostischen Windfeldbibliothek“ gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) erlaubt die Verwendung der Informationen des prognostischen Modells in einer klassischen Ausbreitungsrechnung. Es basiert auf einer Bibliothek, deren Windfelder mit einem prognostischen mesoskaligen Strömungsmodell berechnet wurden. Dabei werden statt der diagnostisch berechneten Windfelder, die z.B. von AUSTAL ermittelt werden, universell anwendbare prognostische Windfelder in eine Bibliothek eingestellt. Die eigentliche Ausbreitungsrechnung bleibt unverändert. Damit sind die Vorgaben der TA Luft erfüllt und eine Ausbreitungsrechnung ist auch in steilem, topographisch stark gegliedertem Gelände möglich.

3 Grundlagen

Im diagnostischen Ansatz der TA Luft besteht eine Windfeldbibliothek aus Basiswindfeldern, aus deren Linearkombination die in der Immissionsprognose verwendeten Windfelder in stündlicher Auflösung bestimmt werden.

In prognostischen Strömungsmodellen werden die vollständigen dreidimensionalen Bewegungsgleichungen für die Berechnung der Strömung gelöst. Zum Einsatz kommt das prognostische Modell METRAS-PCL (Version 5.0), das an der Universität Hamburg entwickelt und validiert wurde (Schlünzen et al. (1996), Schlünzen et al. (2018)). Das Windfeldmodell erfüllt die Anforderungen der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 7 (2017).

Der Aufbau der prognostischen Windfeldbibliothek erfolgt in 10°-Schritten der Windrichtung analog zum Standardverfahren. Die resultierende prognostische Windfeldbibliothek besteht unter den genannten Voraussetzungen aus 36 dreidimensionalen Windfeldern in 10°-Schritten je Ausbreitungs-klasse, also insgesamt 216 Windfeldern je Gitter. Diese wurden wie in der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) vorgesehen aus insgesamt 72 prognostischen Modellrechnungen gemäß den Anforderungen der VDI-Richtlinie bezüglich der Modellparameter ermittelt. Die Ergebnisse der Simulationen wurden einzeln auf Plausibilität sowie die Konsistenz im Parameterraum überprüft.

Die Übertragung vom Modellgebiet des prognostischen Modells auf das TA Luft Modell erfolgte richtlinienkonform durch ein aufwändiges Interpolationsverfahren (VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020)).

Weitere Details des Verfahrens werden im Folgenden dargestellt und sind ausführlich in der Literatur geschildert (VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020)).

4 Modellgebiet und Rechengitter

Das Modellgebiet für die prognostischen Berechnungen muss die topographischen Strukturen umfassen, welche sich auf die Strömung im Beurteilungsgebiet maßgeblich auswirken können. Dazu zählen insbesondere markante Höhenzüge und Talsysteme. Derartige Geländeformationen modifizieren die Strömung z.B. in Form von Kanalisierungen, Beschleunigungen auf Geländerücken und Verzögerungen in Tallagen.

Das Simulationsgebiet für die prognostische Strömungssimulation umfasst einen wesentlich größeren Bereich als das eigentliche Beurteilungsgebiet nach TA Luft. Im inneren Teilgebiet des Modells wurde die horizontale Maschenweite mit 100 m gewählt, um auch Strukturen der Halde sachgerecht aufzulösen. Darüber hinaus wird ein gestrecktes Gitter verwendet, bei dem die Maschenweiten bis auf 300 m zu den Rändern hin anwachsen.

In der Vertikalen beginnt das Gitter mit einer Maschenweite von 20 m und nimmt ab einer Höhe von 100 m sukzessive zu. Insgesamt erstreckt es sich bis auf rund 7 500 m Höhe.

Mittels Testrechnungen wurde überprüft, ob die gewählte Modellgebietsgröße die erwarteten Strömungsstrukturen im AUSTAL-Rechengebiet hinreichend erfasst. Auf Basis der Ergebnisse wurde eine hinsichtlich der numerischen Stabilität und der Repräsentanz der meteorologischen Daten optimierte Gebietsgröße ausgewählt.

Tabelle 4-1 Eigenschaften des prognostischen Modellgitters (LUE: linke untere, ROE rechte obere Ecke in UTM32-Koordinaten).

	LUE RW/HW	ROE RW/HW	Ausdehnung m	Maschen- weiten m
Prognostisches Gesamt-Modellgebiet	3 548 128 5 610 849	3 589 712 5 662 233	41 584 x 51 384	100-300
Inneres Teilgebiet	3 562 220 5 624 941	3 575 620 5 648 141	13 400 x 23 200	100

Der innere, äquidistante Bereich des METRAS-Modellgebiets umfasst das LASAT-Rechengebiet für die Ausbreitungsrechnungen vollständig (Abbildung 4-1).

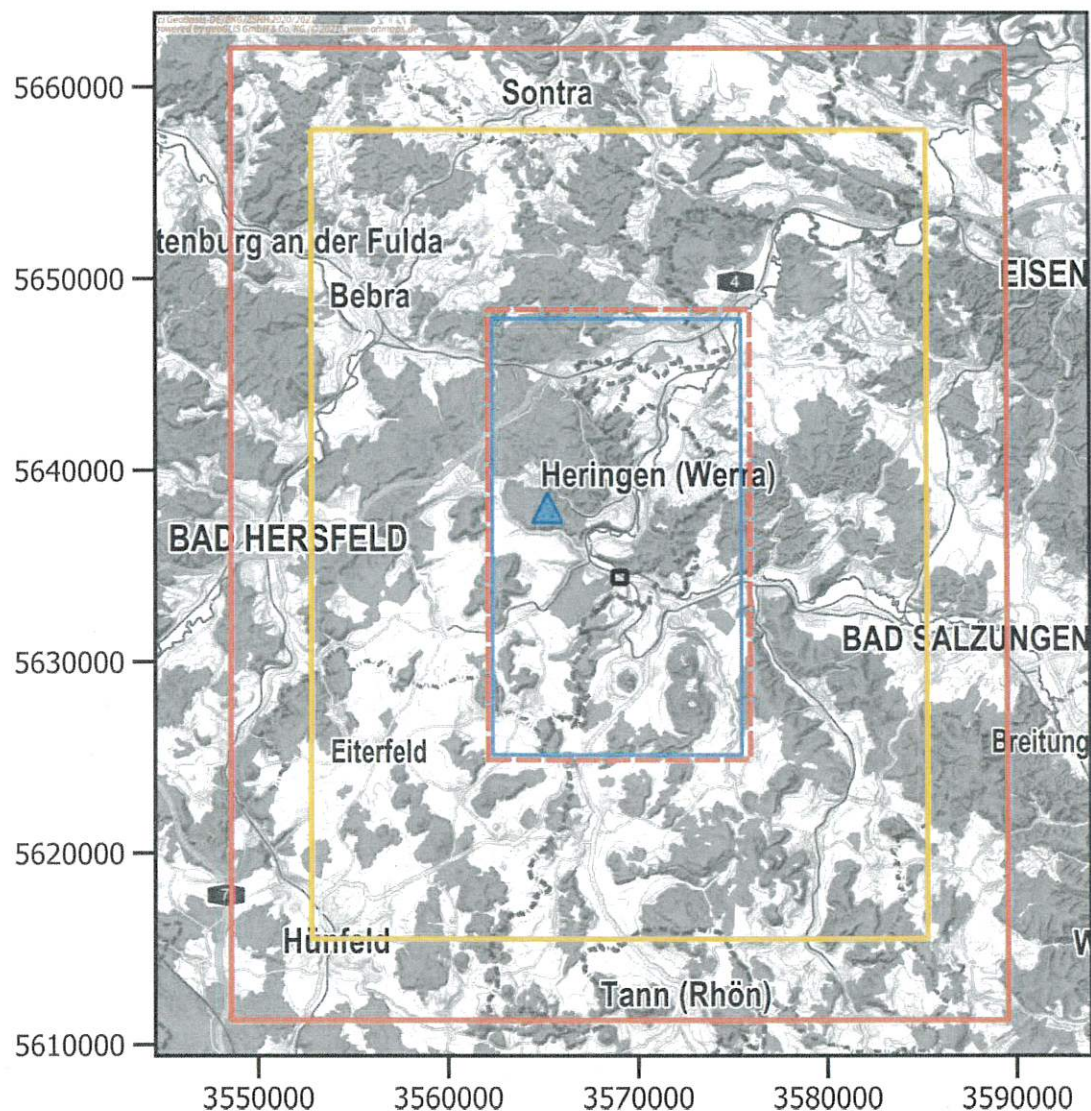
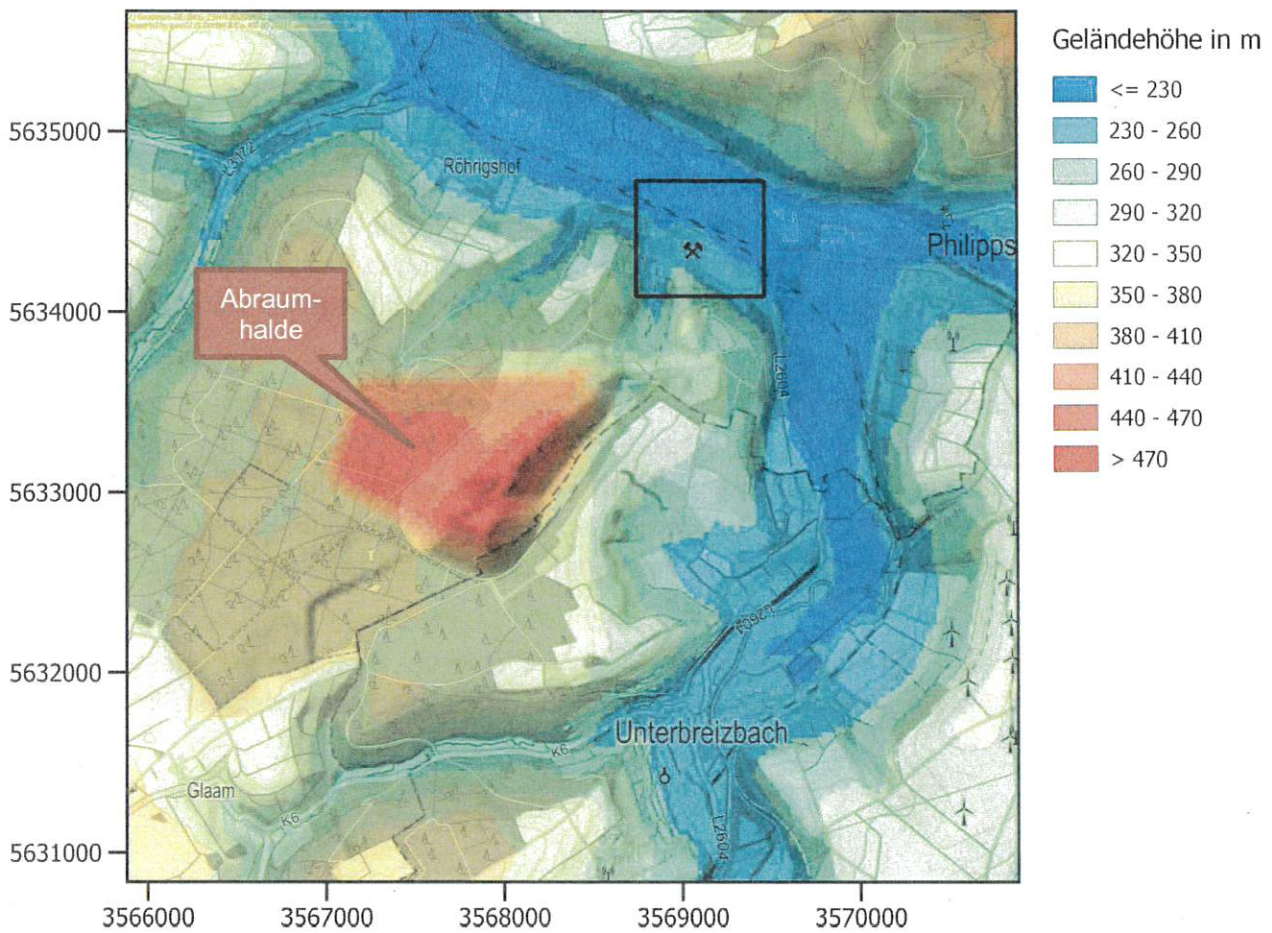


Abbildung 4-1 Modellgebiet der prognostischen Windfeldberechnung (rot), innerer äquidistanter Bereich (rot gestrichelt), der Bereich der Glättung (gelb) und Modellgebiet der Ausbreitungsrechnung (blau). Mit einem blauen Dreieck markiert ist der Anemometerstandort. Der Bereich des Anlagenstandorts ist schwarz markiert. (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021).

Für die Modellrechnungen wurde ein digitales Höhenmodell auf Basis von EU-DEM-Daten und Landnutzungs- und Rauigkeitsdaten auf Basis von LBM-DE2012-Daten erstellt (Grawe & H. Schlünzen (2018), Abbildung 4-2). Zusätzlich wurden Orographiedaten der Halde vom Auftraggeber bereitgestellt und in das Höhenmodell integriert.

Entsprechend den Angaben der Nr. 5.2 der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) wurde der Randbereich der Geländedaten mittels des in Richtlinie genannten Filters geglättet. Die Vorgabe von mindestens zehn randparallelen Reihen des Modellgitters auf der halben Strecke zwischen TA-Luft-Rechengebiet und dem äußeren Modellrand ist erfüllt (Abbildung 4-1, gelbe Markierung).



5 Verfahrensablauf

5.1 Prognostische Modellrechnungen

Die prognostischen Modellrechnungen werden richtlinienkonform für 18 Windrichtungen in 20°-Schritten, beginnend mit einer geostrophischen Anströmung aus Nord (360°), jeweils für die Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier I, II, III/1 und V durchgeführt. Die Ausbreitungsklasse wurde gemäß Tabelle 1 der VDI Richtlinie 3783 Blatt 16 mit dem bodennahen Temperaturgradienten parametrisiert, darüber die ICAO-Standard-Atmosphäre angesetzt. Somit ergeben sich 72 prognostische Windfelder.

Für jede der 72 Kombinationen aus Windrichtung und Ausbreitungsklasse erfolgte die Rechnung über einen simulierten Modellzeitraum von bis zu 6 Stunden. Die Windfelder wurden ausgegeben, visualisiert und - nach einer Einzelprüfung jeder Modellrechnung auf Plausibilität und Störeinflüsse - die für die Erstellung der Windfeldbibliothek geeigneten Windfelder nach VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) ermittelt. Eine Konsistenzprüfung der Windfelder im Parameterraum wurde durchgeführt.

Exemplarisch werden im Folgenden die berechneten Windfelder für verschiedene übergeordnete Anströmungen innerhalb der Ausbreitungsklassen I (stabil) und III/1 (neutral) dargestellt.

5.2 Ost-Anströmung bei Ausbreitungsklasse I

Die Abbildung 5-1 zeigt das METRAS-Windfeld in ca. 10 m über Grund bei einer östlichen Anströmung bei Ausbreitungsklasse I.

Diese Situation tritt vor allem während der Nachtstunden auf. In der Regel liegen dabei geringe Windgeschwindigkeiten vor. Das Windfeld ist bodennah deutlich strukturiert.

Die höchsten Windgeschwindigkeiten treten über höher gelegenen Gelände auf, wo auch die östliche Orientierung der Windrichtung dominiert. Im Bereich der Abraumhalde ist zudem eine Beschleunigung der Strömung im exponierten Kuppenbereich erkennbar („overspeeding“). Der Wind in den Tallagen wird sehr stark durch die umgebenden Höhenzüge bestimmt. Hinter größeren Hindernissen wie der Halde wird die Geschwindigkeit stark verringert und es bilden sich Rezirkulationszonen. Die Strömungsrichtung orientiert sich an der Talführung, sichtbar z.B. im Tal der Werra, und kann dabei sehr stark von der übergeordneten Windrichtung abweichen oder wie im Bereich Hattorf sogar entgegen strömen. Bei stabilen Wetterlagen ist die Strömungssituation in den Tallagen somit komplex strukturiert.

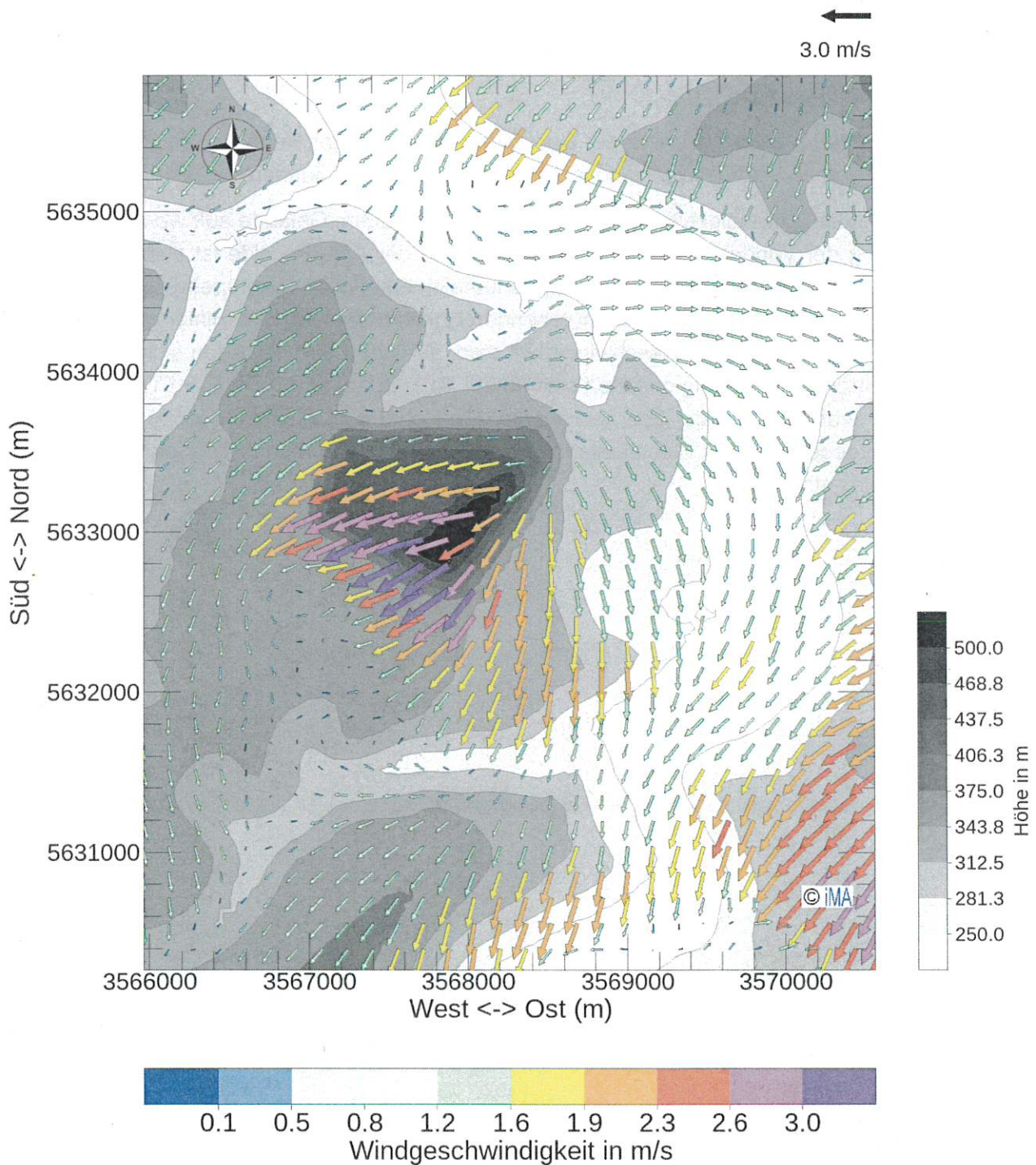


Abbildung 5-1 Ausschnitt des METRAS-Windfeld in ca. 10 m über Grund für die Ausbreitungsklasse I bei einer östlichen Anströmung. Dargestellt ist jeder zweite Windvektor. (Kartengrundlage: on-maps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021).

5.3 Östliche Anströmung bei Ausbreitungsklasse III/1

Die Abbildung 5-2 zeigt das METRAS-Windfeld bei einer Anströmung aus Südsüdwesten und Ausbreitungsklasse III/1 (neutral).

Neutrale Austauschverhältnisse treten am Anemometer-Standort am häufigsten auf. Sie weisen im Mittel höhere Windgeschwindigkeiten auf als die anderen Ausbreitungsklassen.

Das Windfeld ist im Vergleich zu den stabilen Schichtungen in tieferen Lagen weniger strukturiert. Auch sind Strömungseffekte wie Staupunkte vor Hindernissen oder lokale Rückströmungen im Lee von Erhebungen geringer ausgeprägt. Die Leitwirkung des Geländes ist aber nach wie vor deutlich erkennbar, vor allem in der Verteilung der Windgeschwindigkeiten. Beispielsweise im Umfeld der Abraumhalde wird die Umlenkung und Bremswirkung und die damit verbundenen niedrigeren Geschwindigkeiten im Luv deutlich.

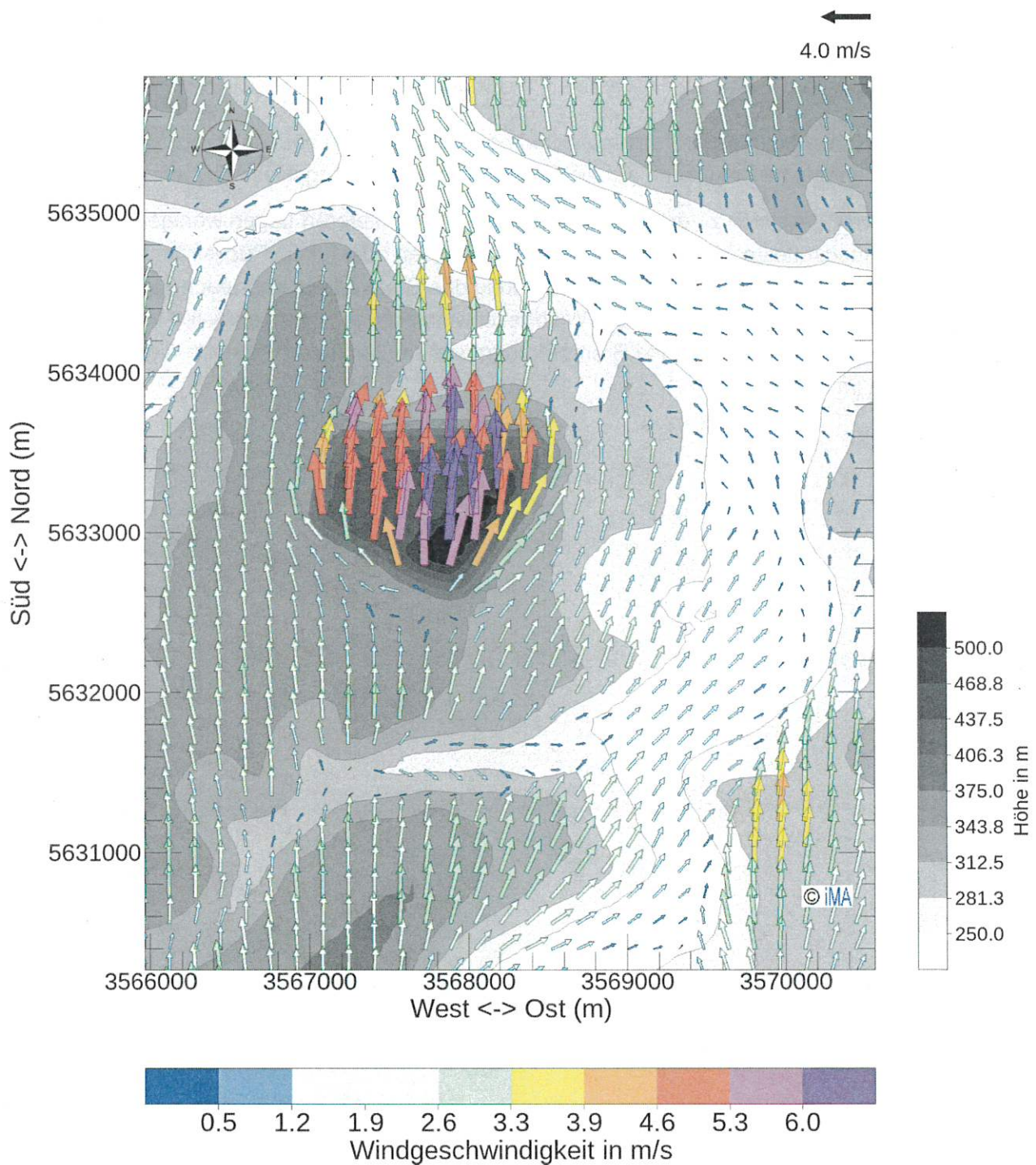


Abbildung 5-2 Ausschnitt des METRAS-Windfelds in ca. 10 m über Grund für die Ausbreitungsklasse III/1 bei einer östlichen Anströmung. Dargestellt ist jeder zweite Windvektor. (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021).

5.4 Interpolation im Parameterraum

Eine Windfeldbibliothek besteht in der Regel aus 216 Windfeldern, die sich aus Kombinationen der Windrichtungen in 10°-Schritten und den sechs Ausbreitungsklassen zusammensetzen.

Von METRAS-PCL wurden 72 Lösungsfelder berechnet. Anhand dieser Stützstellen können alle 216 Kombinationen von Ausbreitungsklasse und Windrichtung, die für eine Windfeldbibliothek in der Ausbreitungsrechnung erforderlich sind, interpoliert werden. Die Interpolation im Parameterraum erfolgt entsprechend den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020).

Nach diesem Schritt liegt eine vorläufige Windfeldbibliothek vor, deren Windvektoren aber noch auf dem METRAS-Horizontal- und Vertikalgitter definiert sind. Daher wird diese vorläufige Windfeldbibliothek anschließend richtlinienkonform auf das Gitter des TA Luft-Modells interpoliert (Abschnitt 4.5).

5.5 Interpolation auf das Gitter der Ausbreitungsrechnung

Gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 werden im ersten Schritt die METRAS-Ergebnisfelder vertikal auf das TA Luft-Gitter linear interpoliert. Danach erfolgt die Horizontalinterpolation bzw. -mittelung auf die geschachtelten Gitter der Ausbreitungsrechnung nach den Vorgaben der Richtlinie (bilinear bzw. flächengewichtet je nach Auflösung).

Für die untersten Modellschichten von LASAT ist eine Interpolation zwischen Erdboden und der ersten Rechenfläche von METRAS erforderlich. Für diese Schichten werden VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) stabilitätsabhängige logarithmische Windprofile berücksichtigt.

Die Divergenzfreiheit der interpolierten Windfelder wurde abschließend mit dem Modell Lprwnd aus dem Programmpaket LASAT, Version 3.4 (Ingenieurbüro Janicke) hergestellt. Hierbei wurden gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020), Kap. 5.6 auch die Baulichkeiten berücksichtigt, die vom Auftraggeber bereitgestellt wurden (Abbildung 5-3).

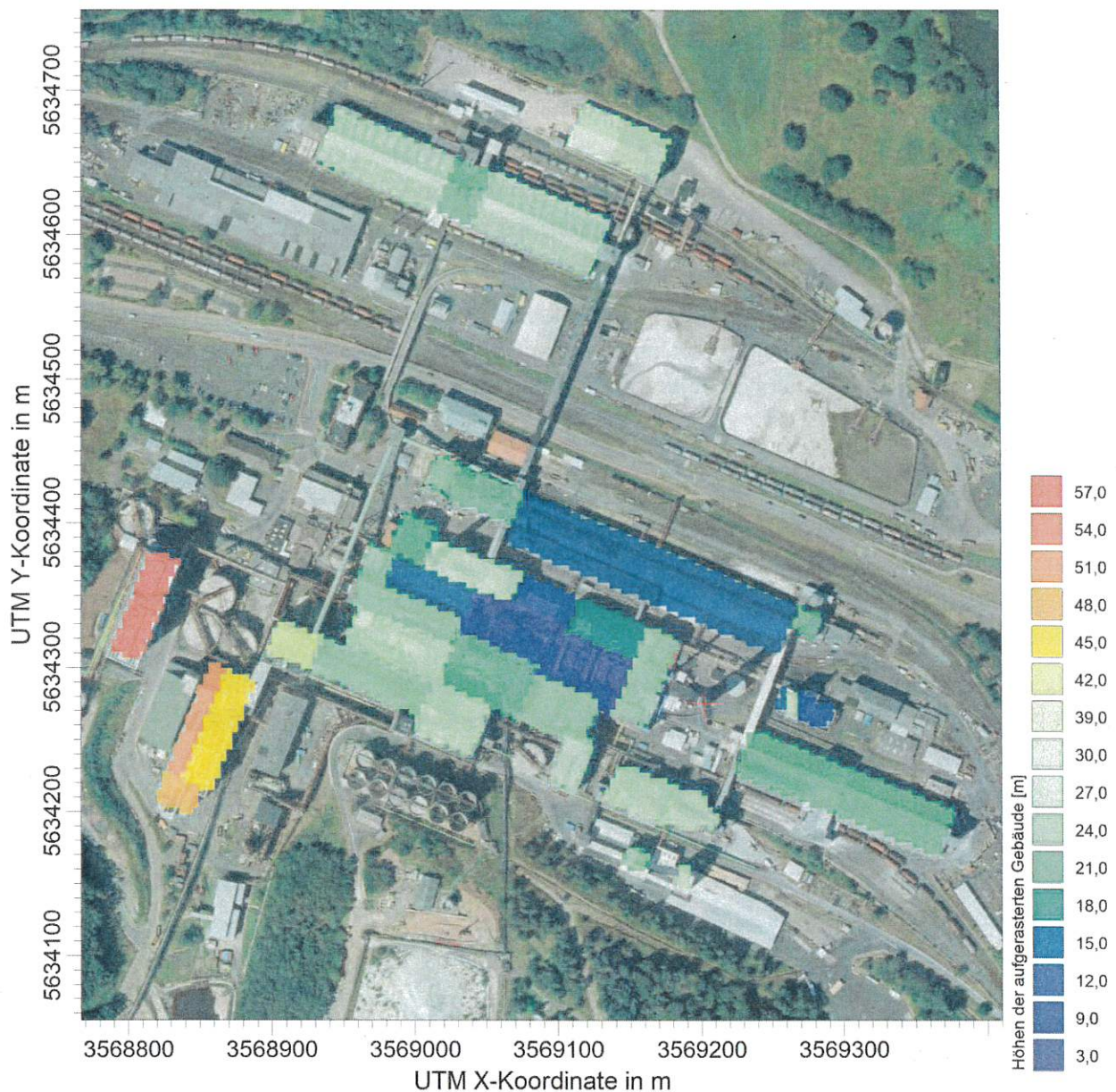


Abbildung 5-3 Aufrasterung der in der Ausbreitungsrechnung berücksichtigten Gebäude im inneren Berechnungsgitter (Luftbildgrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021 © Hexagon).

5.6 Objektive Bestimmung der EAP für prognostische Windfelder

In der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) ist ein Verfahren zur objektiven Bestimmung der Anemometerposition (Ansatzpunkt für die meteorologischen Eingangsdaten in der Ausbreitungsrechnung, auch als „Ersatz-Anemometerposition“ (EAP) bezeichnet) bei Nutzung von prognostischen Windfeldern beschrieben.

Für den Bereich Hattorf wurde bereits 2013 eine prognostische Windfeldbibliothek erstellt und eine EAP bestimmt. Im Jahr 2019 wurde der damals gewählte Standort überprüft (iMA Richter & Röckle

GmbH & Co. KG (2019)). Er gewährleistet auch in der aktualisierten Bibliothek eine gleichsinnige Winddrehung und damit die sichere Zuordnung der Windfelder zum gemessenen Wind und ist somit für den Antrieb einer Ausbreitungsrechnung auf Basis einer prognostischen Windfeldbibliothek geeignet. Die Beibehaltung des bisherigen EAP aus Gründen der Konsistenz kann somit beibehalten werden.

Der meteorologische Datensatz wurde auf das Jahr 2016 aktualisiert. Damit einher geht auch eine Anpassung der in der AKTerm definierten Anemometerhöhen je Rauigkeitsklasse. Für die nach VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) ermittelte Rauigkeit am Anemometerstandort von 1,0 m beträgt die Anemometerhöhe 16,5 m.

Die folgende Tabelle fasst die Kenndaten des EAP zusammen, die anschließende Abbildung zeigt die Windrichtungshäufigkeitsverteilung der verwendeten meteorologischen Daten.

Tabelle 5-1 Anemometerstandort EAP (in Gauß-Krüger-Koordinaten) und -höhe.

RW	HW	Höhe über Grund
3 565 330	5 638 030	16,5 m

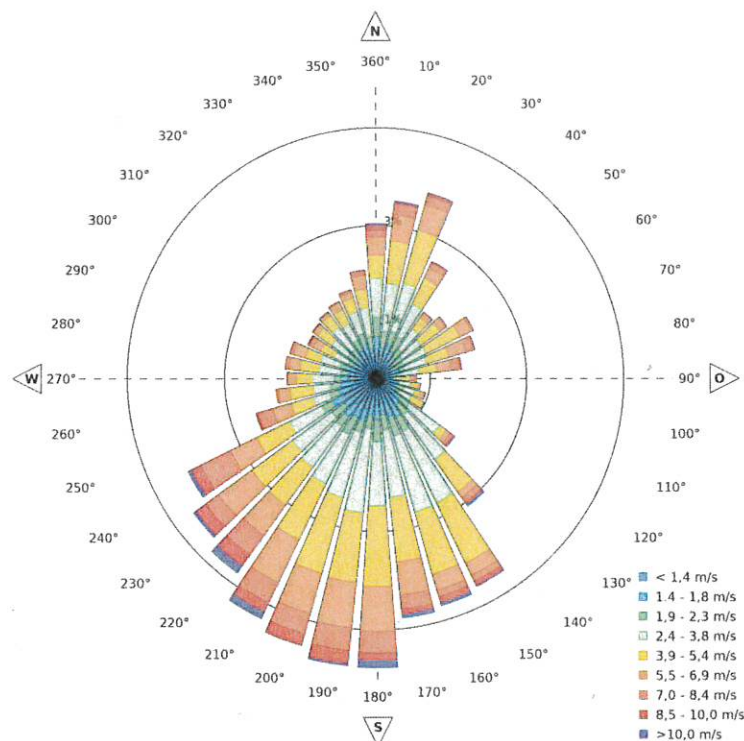


Abbildung 5-4 Windrose des Datensatzes Frankberg-Geismar, 2016.

6 Zusammenfassung

Entsprechend der Aufgabenstellung wurde eine prognostische Windfeldbibliothek gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) für die Ausbreitungsrechnungen der TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG für den Standort Hattorf berechnet und dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

Stuttgart, den 17. Dezember 2021



Dr. Jost Nielinger
(Diplom-Meteorologe)

Niederlassungsleiter Stuttgart,
Fachlich Verantwortlicher Immissionsprognose
Anerkannter beratender Meteorologe
der Deutschen Meteorologischen Ges. e.V.
(Ausbreitung von Luftbeimengungen)



Dr. Markus Hasel
(Diplom-Meteorologe)

Projektleiter

Literatur

- Bigalke, K. & M. Rau** (2007): Immissionsprognosen nach TA Luft in komplexem Gelände mit prognostisch berechneten Windfeldern. Immissionsschutz (1): 24–30.
- Grawe, D. & H. Schlünzen** (2018): Preparation of land–cover and orography data for GRITOP-L. Meteorologisches Institut, CEN, Universität Hamburg.
- Hasel, M., W.-J. Kost & J. Nielinger** (2009): Ausbreitungsrechnungen in steilem Gelände – Prognostische Windfeldbibliotheken. METTOOLS VII, 01.-03. September 2009, Hamburg
- iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG** (2019): Auswahl der Anemometerposition für die prognostischen Windfeldbibliothek für den Standort Hattorf. iMA-Bericht Nr. 19-02-11-S-Rev1. 14S.
- Schlünzen, H., K. Bigalke, C. Lüpkes, U. Niemeier & K. von Salzen** (1996): Concept and realisation of the mesoscale transport- and fluid-model ‚METRAS‘. Meteorologisches Institut, Universität Hamburg.
- Schlünzen, H., D. Grawe, R. Petrik, E. Schenk & O. Weiner** (2018): Referenzimplementierung eines prognostischen mesoskaligen Windfeldmodells für die Ausbreitungsrechnung nach Anhang 3 der TA Luft zur Berücksichtigung von Geländeunebenheiten bei Steigungen 1:5.
- VDI-Richtlinie 3783, Blatt 7** (2017): Umweltmeteorologie - Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für dynamisch und thermisch bedingte Strömungsfelder.
- VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16** (2020): Umweltmeteorologie - Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle; Verfahren zur Anwendung in Genehmigungsverfahren nach TA Luft.