Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

Immissionsschutz, Klima, Aerodynamik, Umweltsoftware

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0
Telefax: +49 (0) 721 / 6 25 10 30
E-Mail: info.ka@lohmeyer.de
URL: www.lohmeyer.de

Büroleiter: Dr.-Ing. Thomas Flassak

bekanntgegebene Stelle nach § 29b BImSchG für den Aufgabenbereich O - Gerüche

STAUBPROGNOSE

FÜR DIE GEPLANTE ERWEITERUNG DES TONTAGEBAUS SCHENKENBUSCH IN ALFTER WITTERSCHLICK DURCH DIE SIBELCO DEUTSCHLAND GMBH

Auftraggeber: Sibelco Deutschland GmbH
Sälzerstraße 20
56235 Ransbach-Baumbach

Dipl.-Geoökol. H. Lauerbach
M. Sc. A. Fischbein

Dr.-Ing. Th. Flassak

September 2019
Projekt 63915-19-03
Berichtsumfang 70 Seiten

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN 1

1 AUFGABENSTELLUNG 2

2 VORGEHENSWEISE 3

3 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN 4

4 EINGANGSDATEN 7

4.1 Örtliche Verhältnisse 7

4.1.1 Lage des Untersuchungsgebiets 7

4.1.2 Relief der Umgebung 8

4.1.3 Nutzungsstruktur in der Umgebung 9

4.1.4 Erkenntnisse aus dem Ortstermin 10

4.2 Hintergrundbelastung 11

4.3 Meteorologische Daten 14

4.3.1 Räumliche Repräsentanz 14

4.3.2 Zeitliche Repräsentanz 16

4.3.3 Thermische Windsysteme 16

4.4 Anlagenbeschreibung 19

4.4.1 Allgemein 19

4.4.2 Emissionsrelevante Eingangsdaten 20

5 QUELLEN UND EMISSIONEN 23

5.1 Kategorisierung nach Quellgeometrie 23

5.2 Quantifizierung der Emissionen für Staub 26

5.3 Zeitliche Charakteristik 29

5.4 Zusammenfassende Darstellung der Emissionen 29

6 AUSBREITUNGSMODELLIERUNG 32

6.1 Rechengebiet 32

6.1.1 Ausdehnung und räumliche Auflösung 32

6.1.2 Bodenrauigkeit des Geländes 32

6.2 Komplexes Gelände – Auswirkungen auf die Windfeldmodellierung 33
6.2.1 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten 33
6.2.2 Berücksichtigung von Bebauung 34
6.2.3 Mindestanforderungen an ein Windfeldmodell 35
6.3 Rechenparameter 35
6.3.1 Anemometerposition und Anemometerhöhe 35
6.3.2 Statistische Sicherheit 35

7 ERGEBNISSE 36
7.1 Zusammenfassende Bewertung 43

8 LITERATUR 44

A1 MATERIALIEN UND UNTERLAGEN 48

A2 LOG-DATEIEN DER RECHENLÄUFE 49

A3 BESCHREIBUNG DES MODELLS LASAT 57

A4 BESCHREIBUNG DES KALTLUFTABFLUSSMODELLS KALM 59

A5 ERGEBNISABBILDUNGEN KALTLUFT 62

A6 ZUSAMMENFASSUNG DER EMISSIONSBESTIMMUNG STAUB 64

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co. KG nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Emittenten ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Schadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist für die Immissionskonzentration µg Schadstoff pro m^3 Luft und für die Deposition g/(m^2 d) bzw. mg/(m^2 d).

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Hintergrundbelastung werden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des betrachteten Betriebs an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich durch den betrachteten Betrieb hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung.

Feinstaub / PM10 / PM2.5

Mit Feinstaub bzw. PM10 / PM2.5 werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm bzw. 2.5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Die PM10-Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die PM2.5-Fraktion gelangt bei Inhalation vollständig bis in die Alveolen der Lunge; sie umfasst auch den wesentlichen Masseanteil des anthropogen erzeugten Aerosols, wie Partikel aus Verbrennungsvorgängen und Sekundärpartikel.

Gesamtstaub

Staubpartikel aller Größenordnungen, die sich zunächst als Schwebstaub in der Luft halten und sich nicht sofort auf dem Boden niederschlagen. Teilweise auch abgekürzt als TSP (Total Suspended Particulates). PM10 ist ein Teil des Gesamtstaubs.

Staubdeposition

Der Eintrag von Staubpartikeln aus der Atmosphäre in terrestrische und aquatische Ökosysteme. Grundsätzlich können Stoffeinträge aus der Atmosphäre durch sedimentierende und nicht sedimentierende Partikel erfolgen. Die betrachteten Stäube weisen in Abhängigkeit von ihrer Korngröße Depositions- und Sedimentationsgeschwindigkeiten auf.

1 AUFGABENSTELLUNG

Die Sibelco Deutschland GmbH betreibt im Außenbereich von Alfter, Ortsteil Witterschlick, den Tontagebau „Schenkenbusch". Dieser soll in nördlicher Richtung um ca. 18 ha erweitert werden. Im Rahmen der immissionsschutzrechtlichen Genehmigung ist die Erstellung einer Staubimmissionsprognose nach TA Luft erforderlich. Es handelt sich bei dem Tontagebau „Schenkenbusch“ um eine Anlage, die nach Bundesberggesetz zu genehmigen ist.

Das Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, wurde beauftragt, im Rahmen des bergrechtlichen Planfeststellungsverfahrens ein Fachgutachten für die durch das geplante Vorhaben zu erwartenden Emissionen und Immissionen gemäß TA Luft (2002) zu erarbeiten.

2 VORGEHENSWEISE

Es wurde ein Ortstermin durchgeführt und Daten zum bestehenden und geplanten Anlagenbetrieb erhoben.

Mittels Emissionsprognose wurden die zu erwartenden Emissionen an Staub durch den geplanten Ausbau des Tontagebaus ermittelt. Auf Grundlage der bereitgestellten Eingangsdaten wurden die Betriebsvorgänge mit relevanten Emissionsfreisetzungen identifiziert. Zur Quantifizierung wurden in der Literatur veröffentlichte spezifische Emissionsfaktoren herangezogen. Die Absolutwerte der Emissionen wurden für die einzelnen Quellgebiete und Tätigkeiten entsprechend den betrieblichen Randbedingungen abgeleitet. Es wurden die Abbau-, Umschlags- und Transportvorgänge sowie die Motoremissionen berücksichtigt.

Aufgrund des Geländereliefs in der Umgebung des Standortes und der räumlichen Lage der Quellen und der Immissionsorte war eine Berücksichtigung der Kaltluft notwendig. Dazu wurden die Kaltluftströme mittels des Kaltluftabflussmodells KALM berechnet. Anhand der Ergebnisse erfolgte eine Berücksichtigung der Kaltluft in der Immissionsprognose.

Es erfolgten Immissionsprognosen für Staub für den Planzustand mittels des Ausbreitungsmodells LASAT im AUSTAL2000-Modus unter Berücksichtigung der Standortbedingungen (Windverteilung, Topographie und Kaltluft). Hierzu wurden geeignete Winddaten für den Standort recherchiert. Bei der Ausbreitungsrechnung wurde die Topografie anhand der Vorgaben des Anhangs 3 der TA Luft (2002) berücksichtigt.

Die Staubbelastungen wurden anhand der Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach Nr. 4.2.1 und den Vorgaben der Nr. 4.2.2 der TA Luft (2002) bewertet. Die Bewertung der Immissionen an den Beurteilungspunkten erfolgte nach TA Luft (2002) bzw. 39. BImSchV (2010).

3 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN

Zur Bewertung der Staubbelastung in der Umgebung emittierender Anlagen nennt die TA Luft (2002) Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit (Schwebstaub) und zum Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen (Staubniederschlag).

In Nr. 4.2.1 der TA Luft (2002) wird ausgeführt, dass der Schutz der menschlichen Gesundheit sichergestellt ist, wenn an keinem Beurteilungspunkt eine Gesamtbelastung an Schwebstaub (PM10) von 40 µg/m³ im Jahresmittel überschritten wird. Für einen Mittelungszeitraum von 24 Stunden darf die Konzentration von 50 µg/m³ maximal 35-mal im Jahr überschritten werden.

Wenn diese Werte in der Gesamtbelastung überschritten werden, darf die Genehmigung trotzdem nicht versagt werden, wenn die Zusatzbelastung der zu genehmigenden Anlage im Jahresmittel nicht mehr als 3.0 % des Immissionswertes (entspricht gerundet 1.2 µg/m³) beträgt (die sogenannte Irrelevanzschwelle).

Zur Ermittlung der in der TA Luft (2002) bzw. der 39. BImSchV (2010) definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von 50 µg/m^3 wird ein einfacher, praktikabler Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen (nicht nur straßennahe Messungen) aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m^3 und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet (BASt, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. 3.1** dargestellt.

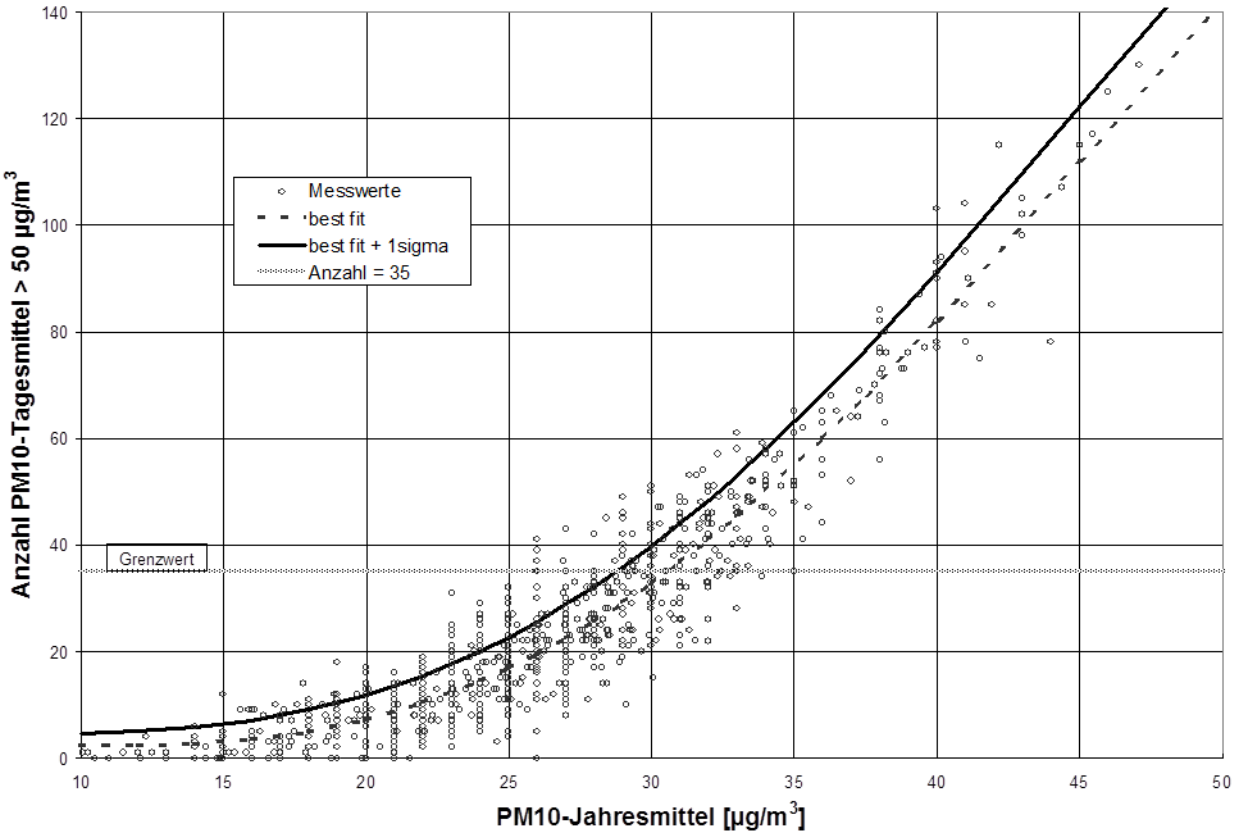

Abb. 3.1: Anzahl der Tage mit mehr als 50 µg PM10/m^3 im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BASt, 2005)

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe ,,Umwelt und Verkehr'' der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor (UMK, 2004). Diese Funktion zeigt bis zu einem Jahresmittelwert von ca. 40 µg/m^3 einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. ,,best fit'' nach BASt (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von 31 µg/m^3 erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BASt (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von 50 µg/m^3 (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab 29 µg/m^3 abgeleitet.

Der Immissionswert für Staubniederschlag zum Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen beträgt 350 mg/(m²d) im Jahresmittel. Die Irrelevanzschwelle liegt bei 10.5 mg/(m²d).

Für die Bewertung der PM2.5-Immissionen wird in der 39. BImSchV (2010) der PM2.5-Grenzwert (Jahresmittelwert) von 25 µg/m³, der seit dem Jahr 2015 einzuhalten ist, festgelegt.

Im Folgenden werden die berechneten PM2.5-Immissionen dargestellt und mit Blick auf den PM2.5-Grenzwert (Jahresmittelwert) von 25 µg/m³ diskutiert.

In Nr. 4.3.1 der TA Luft (2002) wird ausgeführt, dass der Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen durch Staubniederschlag sichergestellt ist, wenn an keinem Beurteilungspunkt eine Gesamtbelastung von 350 mg/m²d im Jahresmittel überschritten wird. Ein Kurzzeitgrenzwert existiert nicht.

Wenn dieser Wert in der Gesamtbelastung überschritten wird, darf die Genehmigung nach Nr. 4.3.2 der TA Luft (2002) trotzdem nicht versagt werden, wenn die Zusatzbelastung der zu genehmigenden Anlage im Jahresmittel nicht mehr als 10.5 mg/(m²d) beträgt (Irrelevanzschwelle).

4 EINGANGSDATEN

4.1 Örtliche Verhältnisse

Nachfolgend werden der Anlagenstandort und seine Umgebung bezüglich der topografischen Situation und bezüglich der herrschenden Landnutzung charakterisiert. Die Abstände zu den nächstgelegenen betroffenen Schutzgütern bzw. Beurteilungspunkten werden beschrieben.

4.1.1 Lage des Untersuchungsgebiets

Der Tontagebau „Schenkenbusch“ befindet sich in Alfter südwestlich des Ortsteils Witterschlick. Alfter befindet sich in Nordrhein-Westfalen unmittelbar westlich von Bonn.

In **Abb. 4.1** ist zur Übersicht ein Luftbild des Tontagebaus (blauer Kreis) im Istzustand abgebildet. Die Erweiterungsfläche im Norden ist rot markiert.

Im derzeitigen Zustand liegt der Tontagebau ca. 100 m vom nächstgelegenen Wohnhaus in Witterschlick entfernt. In ca. 500 m in südöstlicher Richtung liegt der Ortsteil Volmershoven. Im Westen liegt in einer Entfernung von ca. 1.6 km der Ort Buschhoven. Bei der direkten Umgebung der Anlage handelt es sich hauptsächlich um landwirtschaftliche Nutzflächen.

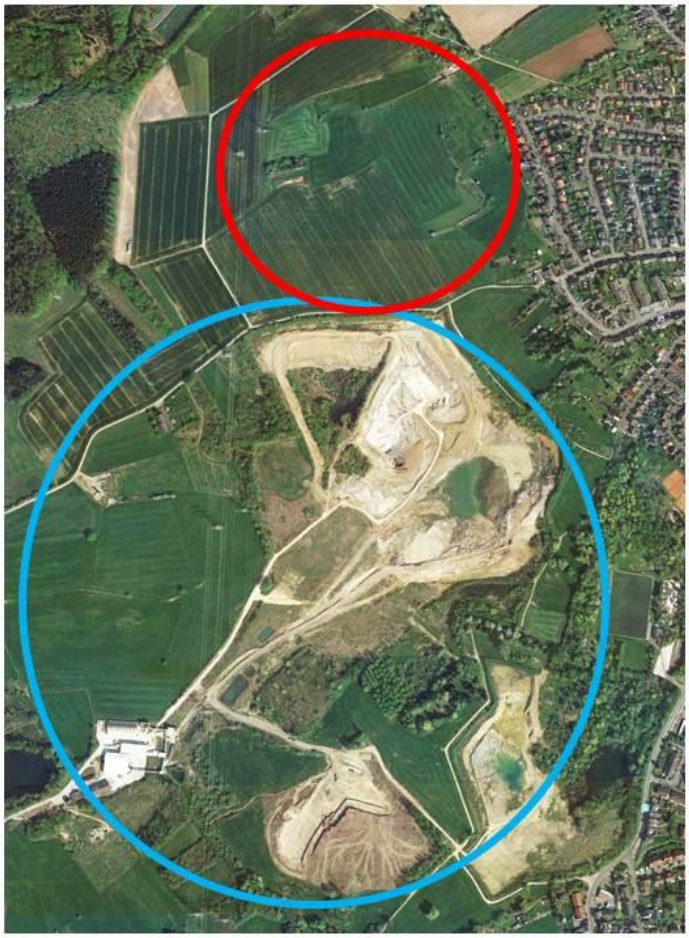

Abb. 4.1: Luftbild des Tontagebaus „Schenkenbusch“ (blauer Kreis) und seiner Umgebung. Zudem das geplante Erweiterungsgebiet (roter Kreis), Quelle: Google Earth, aufgerufen am 03.07.2019

4.1.2 Relief der Umgebung

Das Untersuchungsgebiet ist in einer Höhenlage von ca. 160 m über NHN gelegen. Der Standort befindet sich im unteren Bereich einer nach Osten hin abfallenden Fläche. Das Relief im Umkreis des Standorts ist nach Osten hin durch ein relativ breites Tal und im Westen durch einen Hang mit anschließender Hochfläche geprägt.

Abb. 4.2 zeigt das Relief in der Umgebung der Anlage. Der Anlagenstandort ist in rot eingetragen, das Ortsgebiet Witterschlick in schwarz. Das gewählte Rechengebiet und die Anemometerposition (d.h. der Referenzpunkt für das diagnostische Windfeldmodell) für die Ausbreitungsrechnung sind in blau eingezeichnet (vgl. Kap. 6).

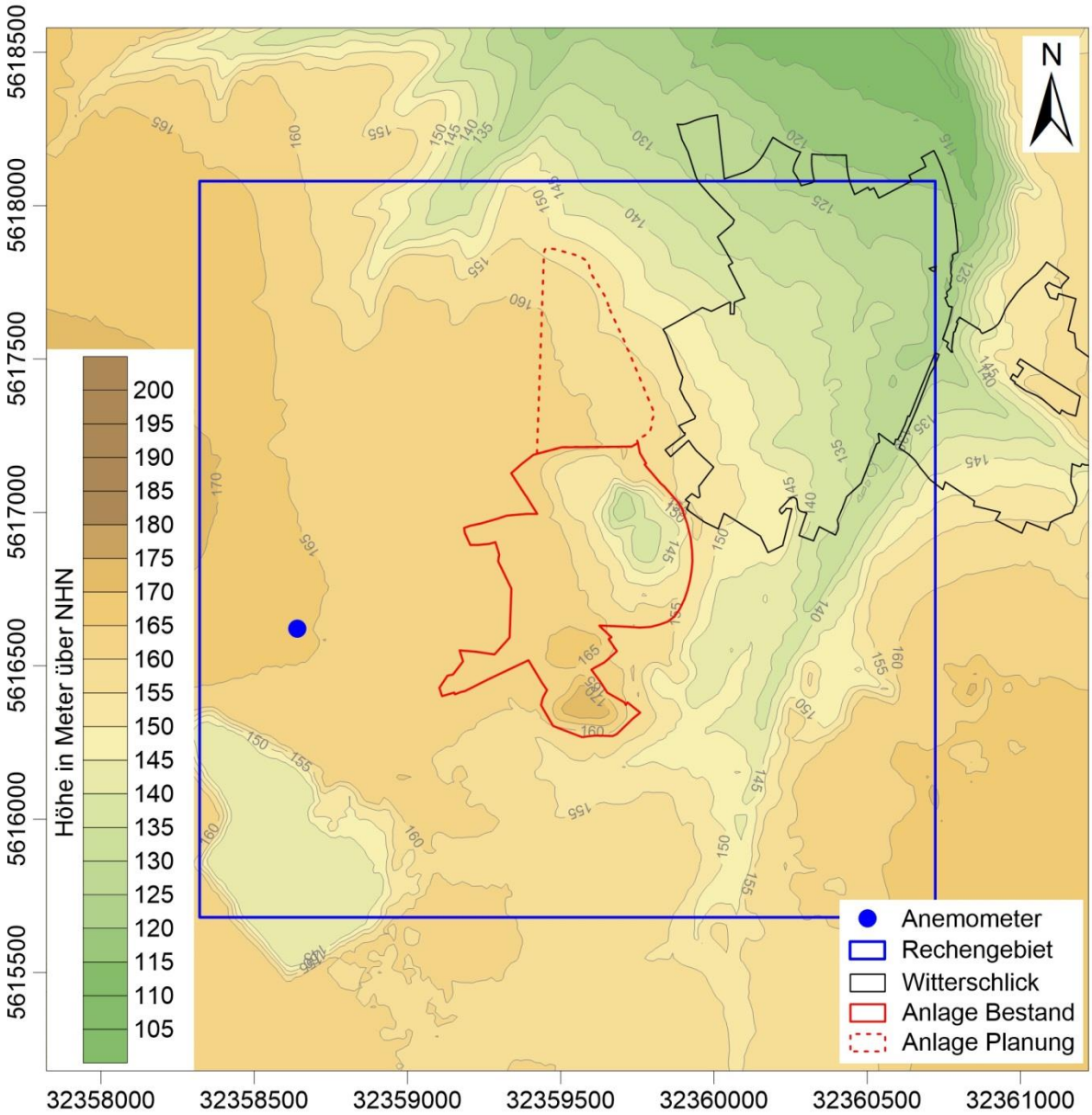

Abb. 4.2: Relief in der Umgebung der Anlage (rot dargestellt), blauer Punkt: Anemometerposition, blauer Rahmen: Rechengebiet, Geobasis NRW (2019), dl-de/by-2-0

4.1.3 Nutzungsstruktur in der Umgebung

Gemäß den Vorgaben der TA Luft (2002) sind in einem immissionsschutzrechtlichen Gutachten die Einwirkungen von Luftschadstoffen bzw. Gerüchen auf verschiedene Schutzgüter zu untersuchen. Mögliche zu betrachtende Schutzgüter sind „Mensch“, Boden, Gewässer oder eine empfindliche Vegetation. Das Schutzgut „Mensch“ wird durch Wohngebiete, Mischgebiete, Gewerbegebiete, Industriegebiete oder Bebauung im Außenbereich repräsentiert.

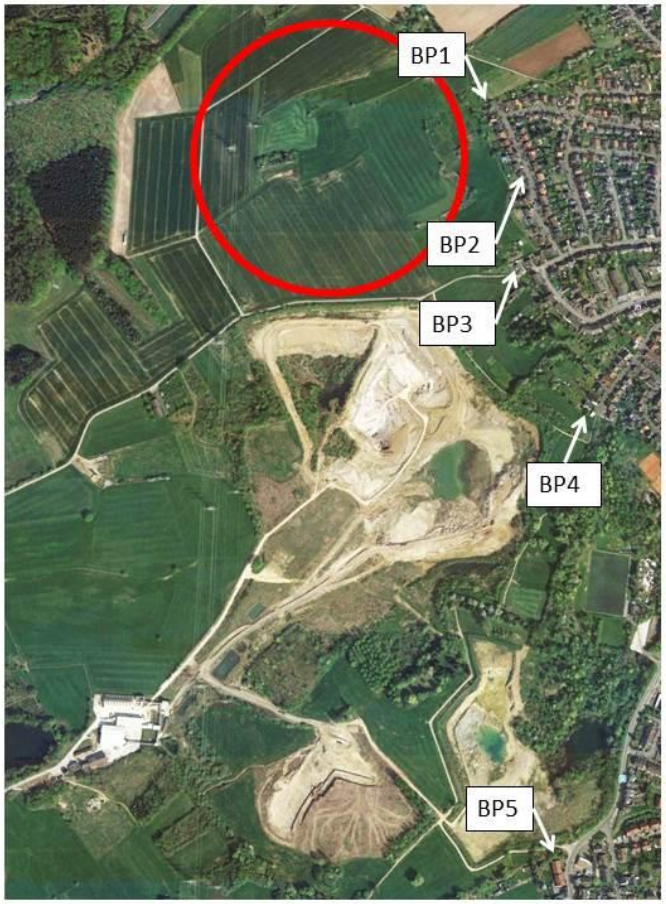

Abb. 4.3: Luftbild der Umgebung des Tontagebaus mit den Beurteilungspunkten (BP) und dem Erweiterungsgebiet (roter Kreis), Datengrundlage Google Earth, aufgerufen am 03.07.2019

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sollen die Staubimmissionen durch die geplante Erweiterung an den nächstgelegenen Wohnbebauungen (Schutzgut „Mensch“) untersucht werden. Nach TA Luft (2002) Nr. 4.6.2.6 werden die Flächen betrachtet, auf denen sich Personen nicht nur vorübergehend aufhalten. Dies sind im Allgemeinen Wohngebäude. Folglich befinden sich auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen in der direkten Umgebung der Anlage keine Beurteilungspunkte. Bei den Wohnbebauungen östlich und südöstlich des Erweiterungsgebiets handelt es sich um die nächstgelegenen zu betrachtenden Beurteilungspunkte. Die Umgebung des Tontagebaus mit den nächstgelegenen Beurteilungspunkten (BP) ist in **Abb. 4.3** dargestellt.

4.1.4 Erkenntnisse aus dem Ortstermin

Am 21.03.2019 wurde ein Ortstermin durchgeführt. Bei diesem wurden der Standort und die einzelnen Bestandteile des Tontagebaus besichtigt. Es wurden die Aufbereitungsanlage, die Fahrwege, das Zwischenlager und die Fahrwege begutachtet.

In **Abb. 4.4** ist das derzeitige Abbaugebiet des Tontagebaus aus südlicher Richtung zu sehen.

Abb. 4.4: Abbaugebiet des Tontagebaus. Blick aus südlicher Richtung

4.2 Hintergrundbelastung

Am Standort der Anlage sind keine Messungen für PM10, PM2.5 oder Staubniederschlag bekannt. Zur Abschätzung der Hintergrundbelastungswerte werden Messwerte aus den Luftmessnetzen des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) herangezogen.

Zur Ermittlung der Hintergrundbelastung durch PM10 wurden die Daten aus drei der am nächsten gelegenen Messstationen herangezogen. Es handelt sich dabei um die Station in Bonn-Auerberg (BONN) in einer Entfernung von ca. 8.5 km vom Untersuchungsgebiet, um die Messstation Köln-Rodenkirchen (RODE) in einer Entfernung von ca. 22.5 km und um die Messstation in Köln-Chorweiler (CHOR) in einer Entfernung von ca. 38 km. Alle Stationen sind als Messstationen für die Hintergrundbelastung in einem vorstädtischen Gebiet charak-

terisiert, was auf die Lage der Beurteilungspunkte der vorliegenden Untersuchung zutrifft. Zwischen 2014 und 2018 wurde an der Messstation BONN im Durchschnitt eine Konzentration an PM10 von 18.6 µg/m³ als Jahresmittelwert gemessen, in RODE eine Konzentration von 19.2 µg/m³ und in CHOR eine Konzentration von 18.2 µg/m³ (siehe **Tab. 4.1**). Für das Untersuchungsgebiet wurde daher eine Hintergrundbelastung für PM10 von 19 µg/m³ angesetzt.

Für PM2.5 liegen an den Messstationen BONN und RODE keine Werte vor, daher wurden nur die Daten aus der Messstation CHOR verwendet. Diese beträgt dort im Jahresmittel zwischen 2014 und 2018 13.2 µg/m³ und wurde für das Untersuchungsgebiet auf 13 µg/m³ festgelegt.

Die Hintergrundbelastung der Staubdeposition wird in Nordrhein-Westfalen für höher belastete Regionen gemessen. Diese befinden sich hauptsächlich zwischen Duisburg und Oberhausen. Als Referenz für die Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet wurde der Messort in Kamp-Lintfort ausgewählt, weil er ähnliche geographische Verhältnisse aufweist, wie sie im Untersuchungsgebiet vorzufinden sind. An den 5 Messstationen in Kamp-Lintfort liegt der Durchschnitt für die Hintergrundbelastung der Staubdeposition zwischen 2014 und 2017 bei ca. 0.078 g/(m²d). Diese Belastung wird für das Untersuchungsgebiet angesetzt.

In **Tab. 4.1** sind die Messwerte der Messstationen für die Jahre 2014 bis 2018 angegeben. **Tab. 4.2** zeigt die verwendeten Hintergrundbelastungswerte der vorliegenden Untersuchung.

Jahr	Bonn-Auerberg (BONN)	Köln-Rodenkirchen (RODE)	Köln-Chorweiler (CHOR)	Kamp-Lintfort
	vorstädtischer Hintergrund	Vorstädtischer Hintergrund	städtischer Hintergrund	
	PM10 JMW in µg/m³			
2014	20	20	18	-
2015	20	20	20	-
2016	17	18	18	-
2017	17	19	17	-
2018	19	19	18	-
Mittelwert	18.6	19.2	18.2	-
	PM2.5 JMW in µg/m³			
2014	-	-	14	-
2015	-	-	14	-
2016	-	-	13	-
2017	-	-	12	-
2018	-	-	13	-
Mittelwert	-	-	13.2	-
	Staubdeposition in g/(m²d)			
2014	-	-	-	0.083
2015	-	-	-	0.073
2016	-	-	-	0.082
2017	-	-	-	0.075
Mittelwert	-	-	-	0.078

Tab. 4.1: Jahresmittelwerte (JMW) der Immissionen von PM10 und PM2.5 in µg/m³ und der Staubdeposition in g/(m²d). Entnommen aus den Jahresdaten der Luftmessnetze des LANUV (2015-2019).

	Hintergrundbelastung
PM10 JMW in µg/m³	19
PM2.5 JMW in µg/m³	13
Staubdeposition in g/(m²d)	0.078

Tab. 4.2: Hintergrundbelastungswerte für das Untersuchungsgebiet

4.3 Meteorologische Daten

Zur Durchführung einer Ausbreitungsrechnung werden Angaben zu den meteorologischen Verhältnissen am Standort benötigt. Diese sind in einer für den Standort repräsentativen Ausbreitungsklassenstatistik bzw. Ausbreitungsklassenzeitreihe enthalten. Dabei handelt es sich um Angaben über die Häufigkeit bestimmter Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind.

Die Windrichtungsverteilung an einem Standort wird primär durch die großräumige Druckverteilung geprägt. Die Strömung in der vom Boden unbeeinflussten Atmosphäre (ab ca. 1 500 m über Grund) hat daher in Mitteleuropa ein Maximum bei südwestlichen bis westlichen Richtungen. In Bodennähe, wo sich der Hauptteil der lokalen Ausbreitung von Schadstoffen abspielt, wird die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung jedoch durch die topografischen Strukturen modifiziert. Außerdem kann es zur Ausbildung von lokalen, thermisch induzierten Windsystemen kommen (vgl. Abschnitt 4.3.3).

4.3.1 Räumliche Repräsentanz

Es wurden Recherchen nach geeigneten Winddaten, d.h. sowohl nach Messdaten als auch nach synthetisch (d.h. durch Modellrechnungen) erstellten Daten durchgeführt. Für das Untersuchungsgebiet in Alfter-Witterschlick liegen keine aktuellen langjährigen Windmessdaten vor.

Die nächstgelegene DWD-Messstation liegt in Bonn-Hardthöhe, allerdings wird diese seit Ende 2001 nicht mehr betrieben. Für Deutschland liegen regional repräsentative Winddaten der Jahre 2006 bis 2015 flächenhaft abgeleitet aus Reanalysedaten des DWD vor (Bollmeyer et al., Borsche et al., Kaiser-Weiss et al., 2015; Borsche et al., 2016). Diese sind als Flächenmittelwerte für ca. 6 km x 6 km verfügbar. Zudem berücksichtigen sie die entsprechende räumliche Auflösung des Reliefs und die mittlere Landnutzung. Aus diesen Daten wurden für die vorliegende Untersuchung die Winddaten für den Bereich von Alfter-Witterschlick ausgelesen.

Die entsprechende Windrose für das Untersuchungsgebiet für den Zeitraum 2006 bis 2015 ist in **Abb. 4.5** aufgezeigt. Die Hauptwindrichtungen werden durch Winde aus den südwestlichen und westlichen Sektoren geprägt; Winde aus dem nordöstlichen Sektor kommen selten vor. Die mittlere Windgeschwindigkeit wurde mit ca. 3.2 m/s in 10 m über der Landnutzung erfasst. Diese Winddaten wurden als geeignet angesehen und verwendet.

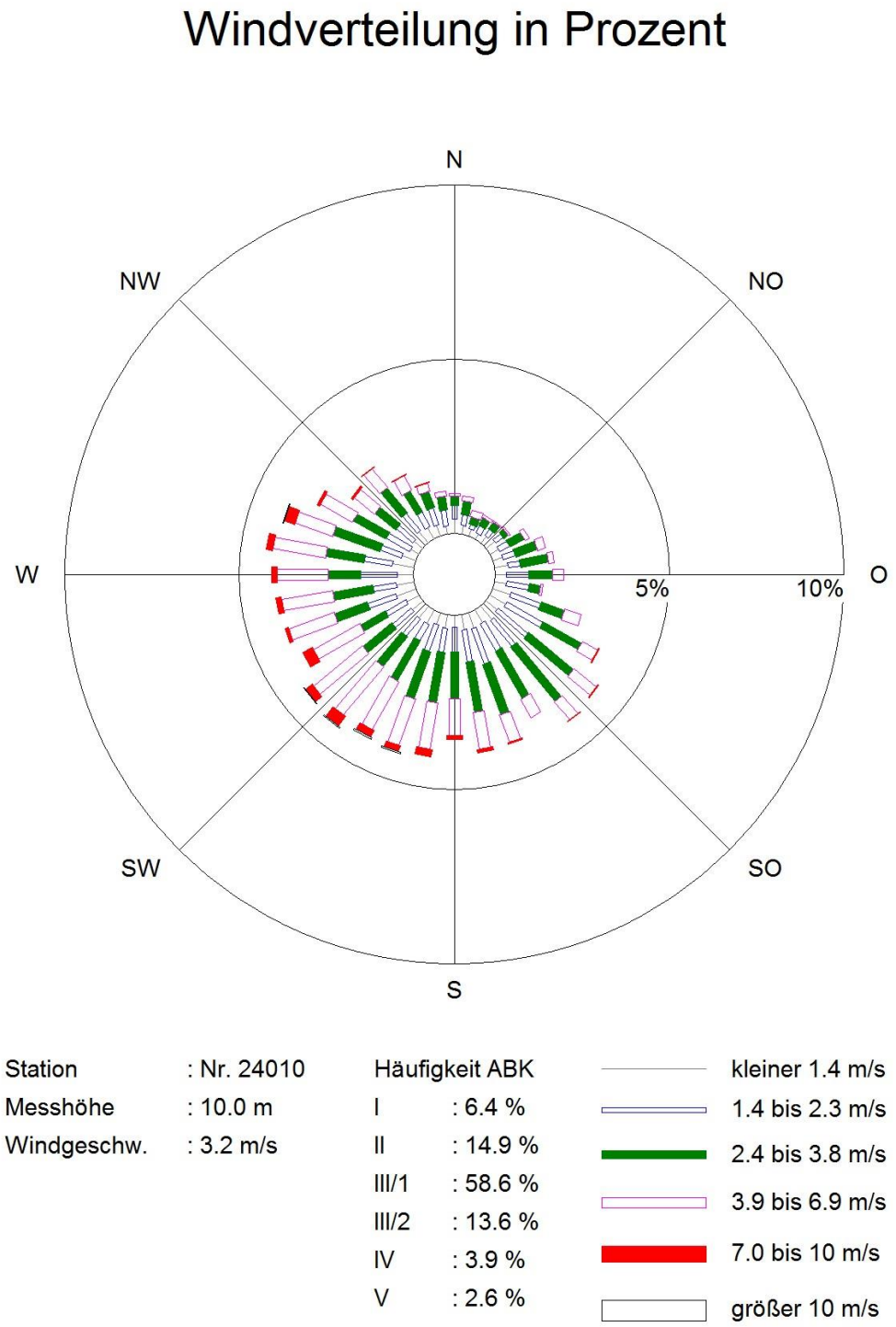

Abb. 4.5: Aus Reanalysedaten ermittelte Ausbreitungsklassen-Zeitreihe für Alfter-Witterschlick für den Zeitraum 2006-2015

4.3.2 Zeitliche Repräsentanz

Aus dem verfügbaren Zeitraum der Reanalysedaten (2006-2015) wurde das Jahr 2006 als am Standort zeitlich repräsentativ ausgewählt.

4.3.3 Thermische Windsysteme

Von den an einem Standort auftretenden thermischen Windsystemen sind vor allem die Kaltluftabflüsse von Bedeutung, da bei bodennaher Freisetzung die Schadstoffe oder Gerüche im Kaltluftabfluss relativ wenig verdünnt werden und immer entlang den vorgegebenen Geländestrukturen (Täler, Klingen etc.) transportiert werden.

Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf einer nach Osten und Norden hin abfallenden Fläche. Das anschließende Tal des Rheins fällt nach Nordosten ab. Es sind dem Relief folgende Kaltluftabflüsse wahrscheinlich, bei nächtlicher Kaltluft sind Abflüsse in Richtung Nordosten zu erwarten. Folglich ist aufgrund des Reliefs mit Kaltluftabflüssen zu rechnen, die die entstehenden Staubemissionen des Tontagebaus transportieren.

Es werden mit dem Kaltluftmodell KALM (Schädler, Lohmeyer, 1994) Kaltluftsimulationen durchgeführten. Eine Beschreibung des Kaltluftabflussmodells KALM befindet sich im Anhang A4. Die Ergebnisse liefern flächendeckend Kaltluftströmungsrichtungen, -geschwindigkeiten und Kaltluftmächtigkeiten für verschiedene Entwicklungsphasen.

Das Ergebnis für die Kaltluftfließgeschwindigkeit zu Beginn der Kaltluftbildung ist in **Abb. 4.6** dargestellt und das Ergebnis der späteren Kaltluftbildung ist in **Abb. 4.7** dargestellt. Die Strömung der Kaltluft verläuft in der Umgebung des geplanten Erweiterungsgebiets zu Beginn der Kaltluftbildung von Westen nach Osten. Später bei voll ausgebildeter Kaltluft verläuft die Strömung von Südwesten nach Nordosten. Die Strömungsgeschwindigkeiten der Kaltluft in der Umgebung des geplanten Erweiterungsgebiets liegen bei ca. 1 – 2 m/s zu Beginn der Kaltluftbildung und bei 0.5 – 2 m/s im späteren Verlauf. Die Mächtigkeit der Kaltluftschichtdicke beträgt in der Umgebung des geplanten Erweiterungsgebiets zu Beginn der Kaltluftbildung ca. 15 m und bei voll ausgebildeter Kaltluft ca. 45 m (siehe **Abb. A5.1** und **Abb. A5.2**). Damit ist ein Transport von Staubstoffen durch Kaltluftabflüsse vom Tontagebau in Richtung Wohnbebauung möglich. Im Untersuchungsgebiet ist aufgrund der Lage im Hangbereich von Kaltlufthäufigkeiten von ca. 10 % der Jahresstunden auszugehen. Die Kaltluftabflüsse wurden bei der Immissionsprognose explizit durch Einbindung von Kaltluftwindfeldern berücksichtigt.

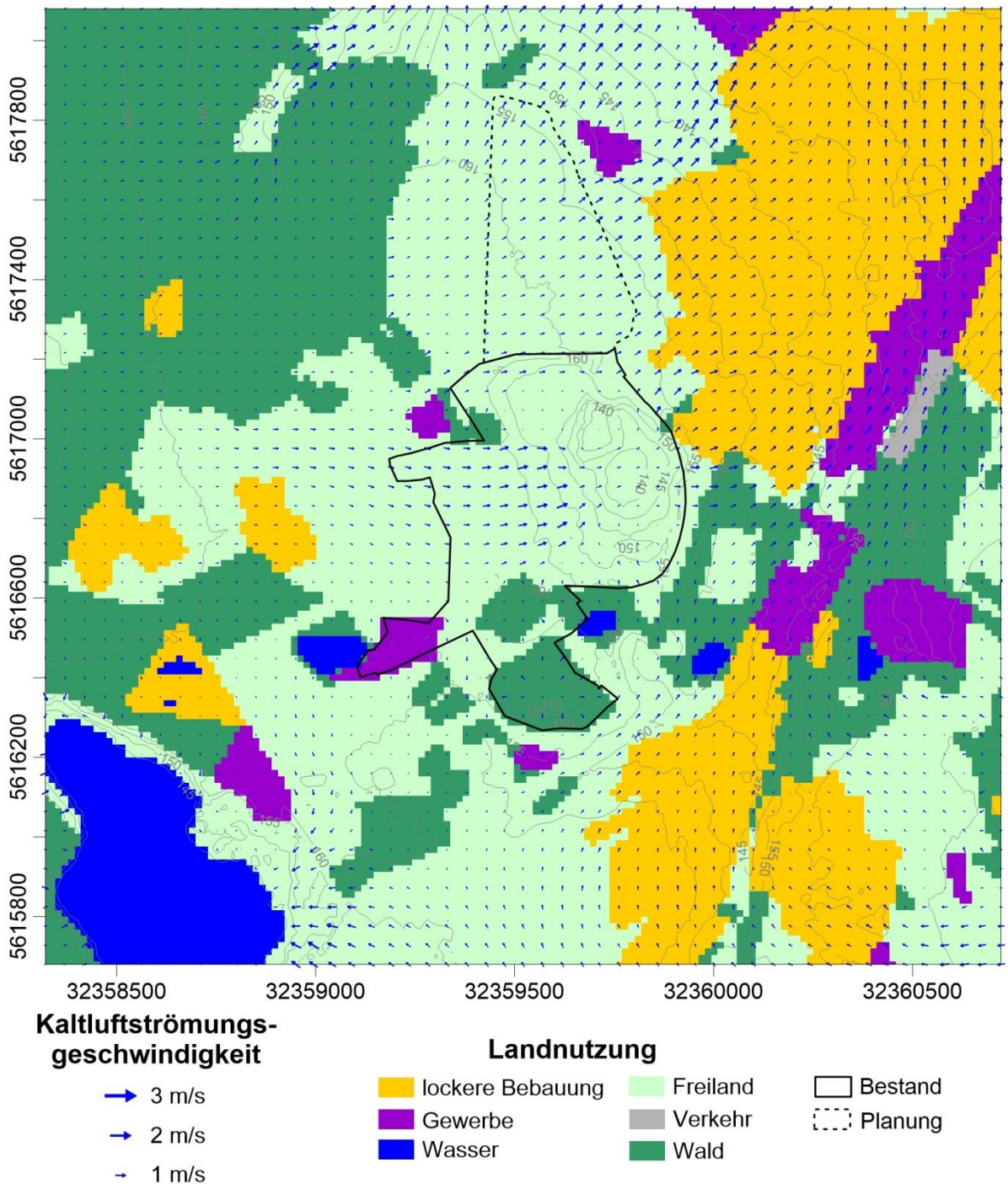

Abb. 4.6: Strömungsgeschwindigkeit zu Beginn der Kaltluftbildung in der Umgebung des Tontagebaus (schwarzer Umriss)

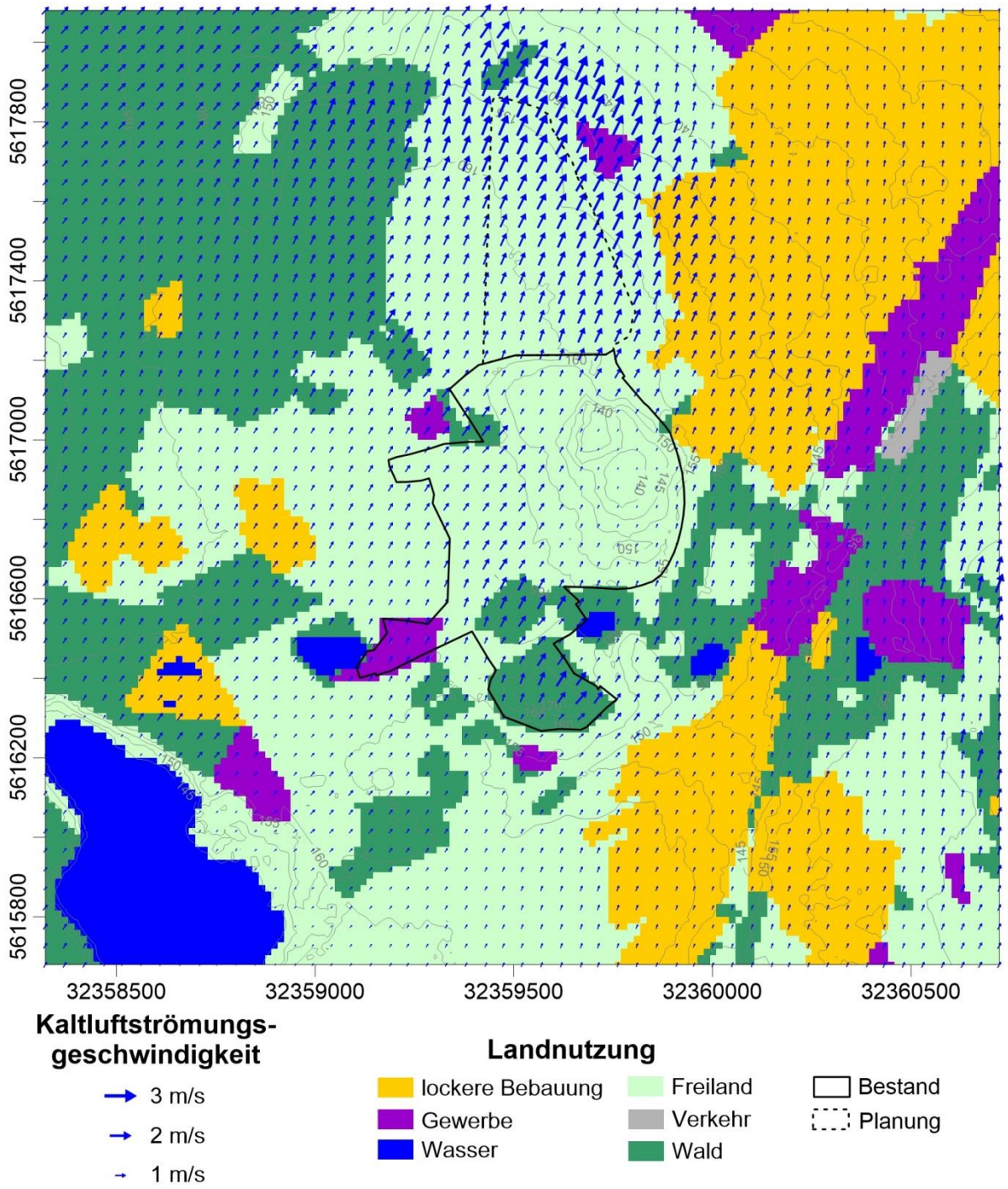

Abb. 4.7: Strömungsgeschwindigkeit im späten Verlauf der Kaltluftbildung in der Umgebung des Tontagebaus (schwarzer Umriss)

4.4 Anlagenbeschreibung

Nachfolgend erfolgt zunächst eine allgemeine Beschreibung des Tontagebaus im Planzustand, anschließend der emissionsrelevanten Betriebsdaten.

4.4.1 Allgemein

Die Firma Sibelco Deutschland GmbH betreibt in der Gemeinde Alfter, Ortsteil Witterschlick, des Rhein-Sieg-Landkreises den Tontagebau Schenkenbuch mit ca. 43 ha genehmigter Betriebsfläche. Vor Ort wird Ton in unterschiedlichen Qualitäten abgebaut und z.T. mittels Schnitzler, teils unter Hinzunahme angelieferter Fremdmaterialien, gemischt und z.T. unverarbeitet abtransportiert. Zur Lagerung stehen eine neue und eine alte Lagerhalle zur Verfügung. Der Schnitzler steht überdacht zwischen den beiden Lagerhallen, die Verteilung des gemischten Materials erfolgt mittels Bandförderanlage.

Im Istzustand wurden im Jahr 2018 ca. 72 000 t Ton gefördert und 54 000 t werden zusätzlich angeliefert.

Es ist eine Erweiterung der Tagebaufläche um 18 ha Richtung Norden geplant, die Fördermenge soll im Planzustand wieder 120 000 t/a Ton erreichen, die Menge der angelieferten Materialien auf 10 000 t jährlich reduziert werden.

Abb. 4.8 zeigt ein Luftbild des Standorts mit den bestehenden Anlagenteilen, dem geplanten Erweiterungsbereich des Tagebaus und den südwestlichen Ortsrand von Witterschlick im Überblick.

Der Betrieb des Tontagebaus gliedert sich in einen Abbaubereich, eine Aufbereitungsanlage, in der das Material gelagert und durchmischt wird, ein Zwischenlager, einen Verfüllungsbereich und in der Rekultivierung befindliche Flächen. Zurzeit findet der Abbau in den markierten Bereichen statt (Nr. 1 und 5 in **Abb. 4.8**). Der Abbau wird in nördliche Richtung vorangetrieben, zunächst im direkt an die Abbaufläche anschließenden Bereich, dann Richtung Nordosten und im letzten Abbauabschnitt Richtung Nordwesten. Die anschließende Verfüllung und Rekultivierung folgt dem Abbaubereich. Damit rücken mit dem Fortschreiten des Abbaus die Emissionen des Abbaus und der Verfüllung nach Norden.

Die maximal geplante Betriebszeit ist von Montag bis Samstag von 06 h bis 22 h und beträgt insgesamt 250 Tage im Jahr.

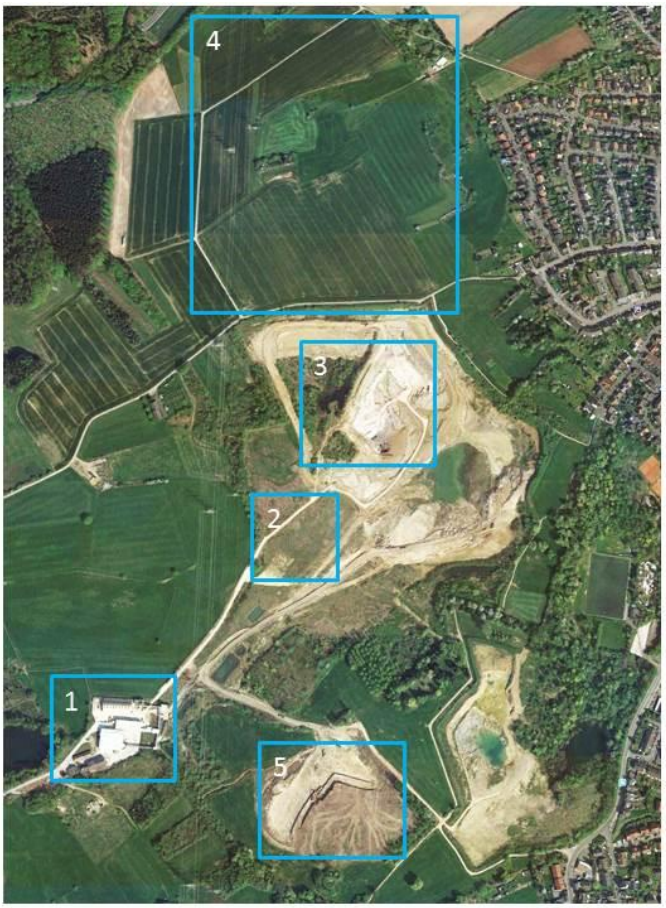

Abb. 4.8: Luftbild des Tontagebaus. Die blauen Vierecke zeigen die Positionen der Anlagenbereiche. 1 = Aufbereitungsanlage; 2 = Zwischenlager; 3 = aktuelles Abbaugebiet und Rekultivierungsgebiet in Abbauszenario 1; 4 = geplantes Abbaugebiet; 5 = ehemalige Hochhalde und Teil des Abbaugebiets in Abbauszenario 1

4.4.2 Emissionsrelevante Eingangsdaten

Die Erweiterungsfläche des Tontagebaus von 18 ha wird über einen Zeitraum von ca. 40 Jahren nach und nach erschlossen. Vom Auftraggeber wurden vier Abbauszenarien erarbeitet. In der vorliegenden Staubimmissionsprognose werden das erste und das dritte Abbauszenario betrachtet, weil in ihnen die Abbaubereiche am nächsten zu den Beurteilungspunkten liegen. Somit sind auch die räumlich weiter entfernten Abbauszenarien abgedeckt. Südlich des aktuellen Abbaugebietes befindet sich eine ehemalige Hochhalde, auf der Ton in der Vergangenheit abgeladen wurde (Nr. 5 in **Abb. 4.8**). Dieser Ton soll im ersten Abbauszenario ebenfalls abgebaut werden, ist jedoch Teil der jährlich abgebauten Menge. Die abgebaute Menge im ersten Abbauszenario setzt sich zu 50 000 t Ton aus der ehemaligen Hochhalde und 70 000 t Ton aus dem ersten Abbauabschnitt der Norderweiterung zusammen. Im dritten Abbauszenario wird im Bereich der ehemaligen Hochhalde nicht mehr abgebaut.

Abraum

Der zu fördernde Ton befindet sich im zukünftigen Abbaugebiet unter einer ca. 3 – 7 m dicken Bodenschicht. Auf dem gesamten Gebiet wird eine Menge von insgesamt ca. 1 023 000 m³ Abraum erwartet. Diese wird mit einem Hydraulikbagger abgetragen, in Dumper geladen und anschließend abtransportiert. Der gesamte Abraum verbleibt im Tagebau und wird zur Rekultivierung bereits abgebauter Gebiete verwendet. Der Abraum wird über einen Zeitraum von insgesamt zwei bis drei Monaten abgetragen.

Tonabbau und Zwischenlager

Der Ton wird ebenfalls mit Hydraulikbaggern abgetragen und in Dumper verladen. Die Dumper transportieren das Material in die Lagerboxen der Aufbereitungsanlage. Sind diese ausgelastet, wird das überschüssige Material im Zwischenlager abgelegt, was jährlich ca. 20 000 t Ton entspricht. Dieses wird bei ausreichend Platz in den Lagerboxen zur Aufbereitungsanlage transportiert. Dafür wird der Ton mit Hydraulikbaggern erneut in Dumper geladen und zur Aufbereitungsanlage befördert.

Aufbereitungsanlage

Der abgebaute Ton, der zwischengelagerte Ton des Zwischenlagers sowie der extern angelieferte Ton werden von den Dumpern bzw. LKWs in die dafür vorgesehenen Lagerboxen abgekippt. Da die Qualität des geförderten Materials sich unterscheiden kann, wird Zwecks Homogenisierung der gesamte Ton mit Radladern in einen Schnitzler gegeben und durchgemischt. Die Gesamtmenge des verarbeiteten Tons beträgt im Planzustand ca. 130 000 t jährlich.

Das Material wird über zwei Transportbandlinien mit jeweils zwei Bandübergaben vom Schnitzler zurück in die Lagerhallen geführt. Es wird in Boxen abgeworfen, die nicht mit unverarbeitetem Material belegt sind. Die Transportbandlinien samt Bandübergaben sind überdacht. Ca. 70 % (91 000 t) des Tons werden in die neue Halle geführt, ca. 30 % (39 000 t) in die alte Halle. Die Abwurfhöhe vom Band in die Box beträgt in der neuen Halle maximal 4 m, in der alten Halle maximal 8 m. Das homogenisierte Material wird mit Radladern zum Abtransport in LKWs geladen und vom Betriebsgelände abtransportiert.

Fahrwege

Die Fahrwege der Dumper im Abbaubereich des Tons sind unbefestigt. Die restlichen Fahrwege zwischen dem Tagebau, dem Zwischenlager und der Aufbereitungsanlage sind mit

Betonplatten ausgelegt. Diese werden mehrmals täglich mit Gummilippe und Besen gereinigt. Ebenso sind die Fahrwege auf dem Gelände der Aufbereitungsanlage und dem Bereich zwischen Aufbereitungsanlage und Geländeausgang befestigt. Fahrwege auf dem Gelände der Rekultivierungsbereiche sind unbefestigt. Alle Fahrwege sind in **Abb. 5.1** und **Abb. 5.2** dargestellt.

5 QUELLEN UND EMISSIONEN

Nachfolgend werden die Emissionsparameter der einzelnen Quellen ermittelt. Dies sind die Emissionsmassenströme für Staub.

5.1 Kategorisierung nach Quellgeometrie

Generell wird bei Quellen zwischen gefassten und diffusen Quellen unterschieden. Die weitere Unterteilung erfolgt anhand der Quellgeometrie. Man differenziert die bei einer Ausbreitungsrechnung möglichen Quellgeometrien in Punktquellen PQ (wie beispielsweise Schornsteine und Abgasrohre), Flächenquellen FQ (Quellen mit Erstreckung in 2 Raumrichtungen, z.B. Lagerflächen), Volumenquellen VQ (Quellen mit Erstreckung in 3 Raumrichtungen, z.B. offene Hallen) sowie vertikal ausgedehnte Ersatzquellen EQ.

In **Abb. 5.1** ist der Quellenplan für den Tontagebau im Planzustand des ersten Abbauszenarios dargestellt. **Abb. 5.2** zeigt den Quellenplan für den Tontagebau im Planzustand des dritten Abbauszenarios. Die Staubemissionen eines Abbauszenarios werden über den gesamten Zeitraum des Abbauszenarios (ca. 10 Jahre) nicht gleichmäßig auf der gesamten Fläche freigesetzt. Daher wurde die Quelle im Erweiterungsbereich des Tonabbaus im Modell auf die erwartete Abbaufläche eines Jahres verkleinert. Die Quelle wurde so platziert, dass ihr Abstand zum nächsten Beurteilungspunkt für das entsprechende Abbauszenario minimal ist. Auf diese Weise werden die maximalen Immissionen an den Beurteilungspunkten berechnet.

Bei den Staubquellen im Bereich des Tagebaus, des Zwischenlagers, in der Aufbereitungsanlage und den Fahrwegen handelt es sich um diffuse Quellen, die im Modell als Volumenquellen abgebildet werden.

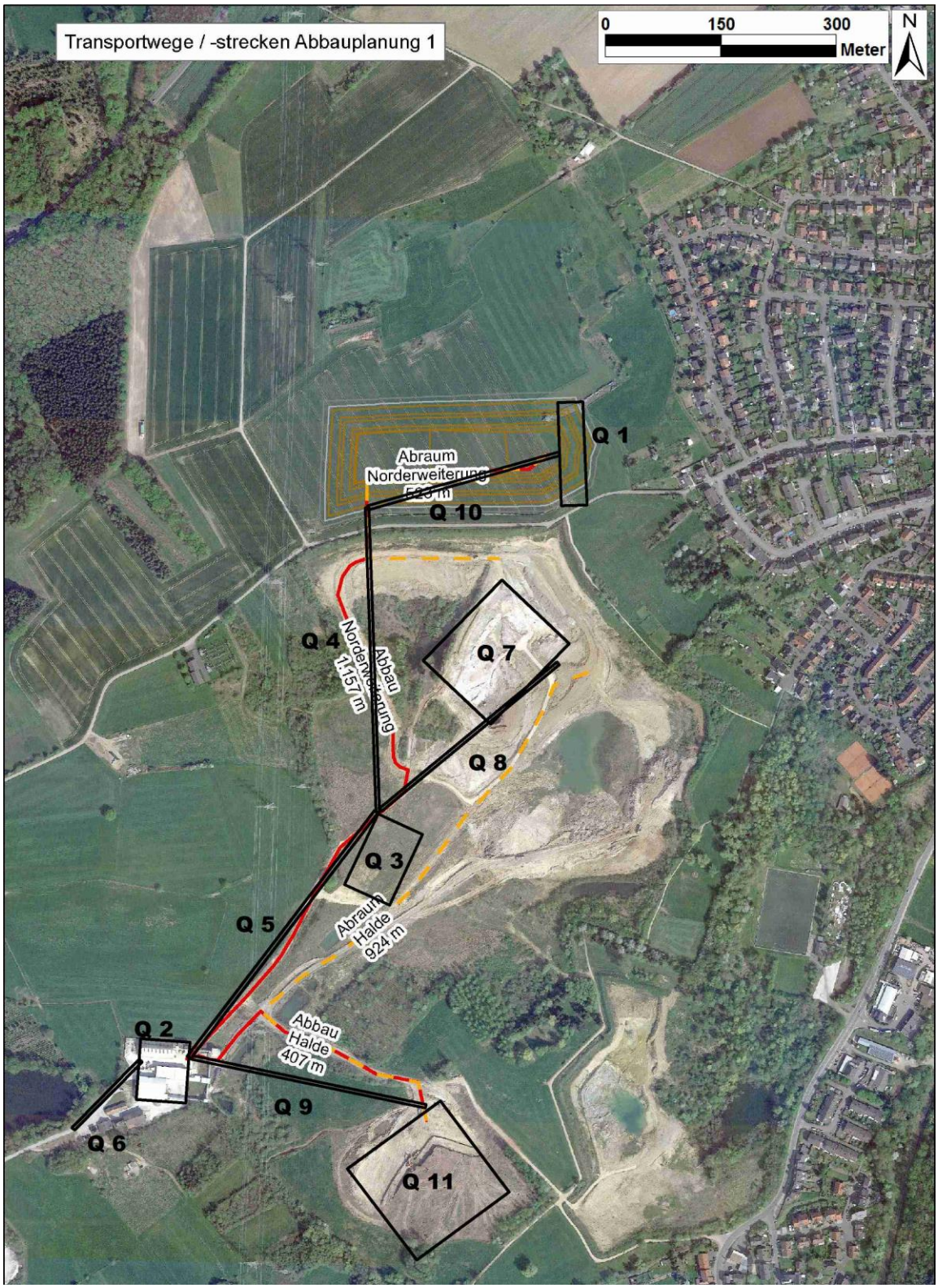

Abb. 5.1: Quellenplan Abbauszenario 1: Q1 = Abbaugebiet; Q2 = Aufbereitungsanlage; Q3 = Zwischenlager; Q7 = Rekultivierungsbereich; Q11 = ehemalige Hochhalde, Q4-Q6 und Q8-Q10 = Fahrwege, Hintergrundkarte: Luftbild mit Darstellung des Abbaustandes (Quelle: Auftraggeber).

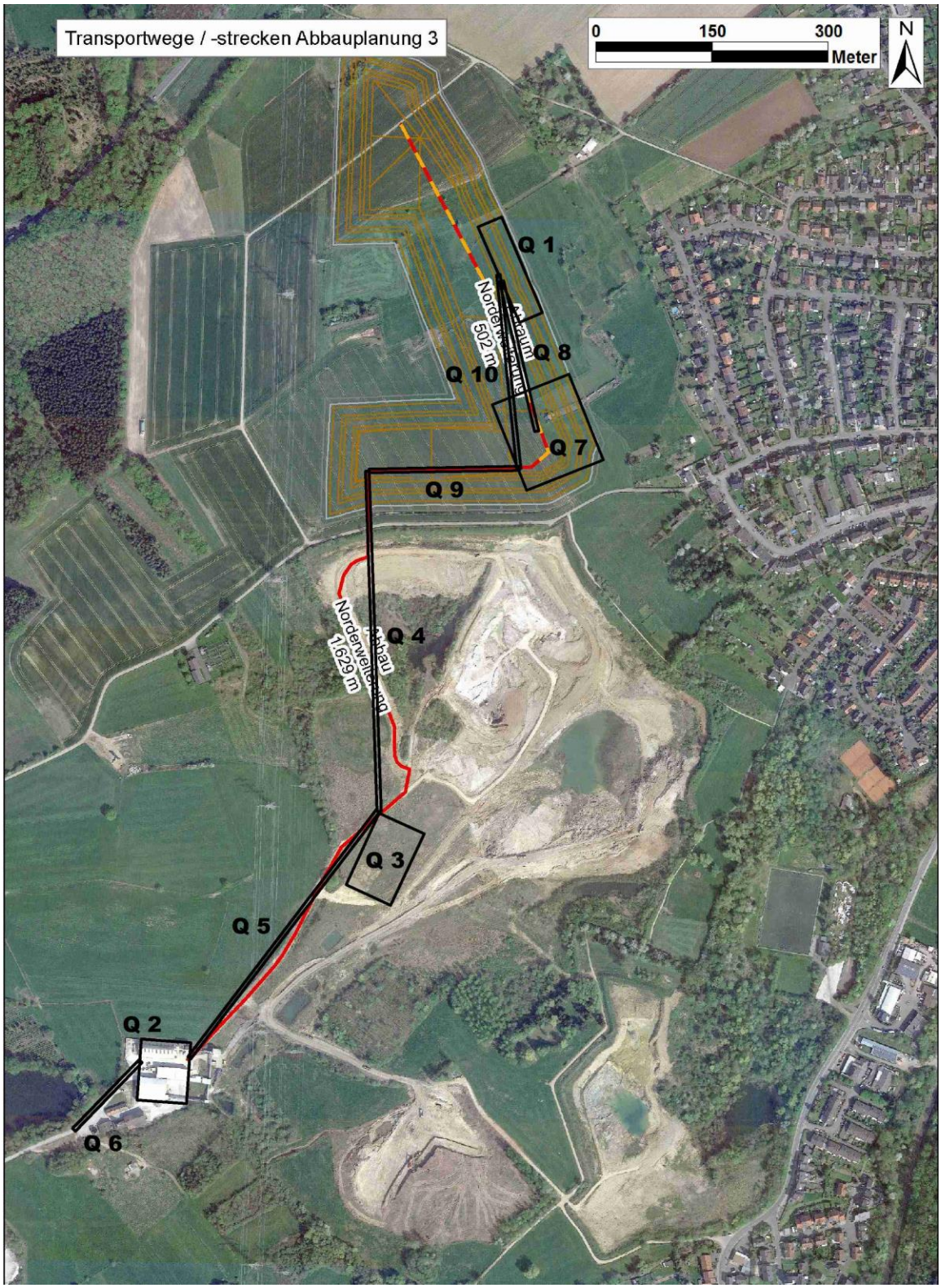

Abb. 5.2: Quellenplan Abbauszenario 3: Q1 = Abbaugebiet; Q2 = Aufbereitungsanlage; Q3 = Zwischenlager; Q7 = Rekultivierungsbereich; Q4-Q6 und Q8-Q10 = Fahrwege, Hintergrundkarte: Luftbild mit Darstellung des Abbaustandes (Quelle: Auftraggeber)

5.2 Quantifizierung der Emissionen für Staub

Im Folgenden sind die Arbeitsschritte und Prozesse zusammengestellt, bei denen mit dem Entstehen von Staubemissionen gerechnet werden muss. Eine detaillierte Aufstellung der Emissionsbestimmung befindet sich im Anhang A6. Geringe Abweichungen zu den im Text genannten Zahlen sind auf Rundungseffekte zurückzuführen.

Zur Abschätzung der Emissionen durch die diversen Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Umschlag der Materialien und der Emissionen durch die Fahrbewegungen wird auf die Ansätze nach VDI 3790 Blatt 3 (2010), VDI 3790 Blatt 4 (2018) und EPA (2004) zurückgegriffen. Der Anteil von PM10 am Gesamtstaub wird nach HLUG (2010) auf 25% festgelegt, der Anteil von PM2.5 am Gesamtstaub auf 5%.

Die Emissionen, die aus Quellen der Aufbereitungsanlage (Q2), dem Zwischenlager (Q3) und im Rekultivierungsbereich (Q7) stammen, sind für beide Abbauszenarien gleich hoch angesetzt. Bei den Fahrwegen entstehen unterschiedliche Emissionen aufgrund der unterschiedlichen Fahrweglängen. Die ehemalige Hochhalde (Q11) wird nur im ersten Abbauszenario betrachtet, weil davon ausgegangen wird, dass es danach vollständig abgebaut ist. Die Emissionen, welche durch den Abbau entstehen, sind ebenfalls in beiden Szenarien gleich, in Szenario 1 verteilen diese sich auf die Quellen Q1 und Q11, in Szenario 1 nur auf Q1.

Tontagebau (Q1), ehemalige Hochhalde (Q11), Zwischenlager (Q3) und Rekultivierungsbereich (Q7)

Das Abtragen des Materials mit dem Schaufelbagger kann als Materialaufnahme betrachtet werden. Anschließend erfolgt das Abladen des Tons in einen Dumper. Die summierten Gesamtstaubemissionen dieser Vorgänge betragen ca. 807 kg/a. In Abbauszenario 1 stammen 471 kg/a aus dem Tontagebau und 336 kg/a aus der ehemaligen Hochhalde.

Nach dem Transport des Tons zum Zwischenlager findet zunächst ein Abkippen statt. Wird dieser abtransportiert, wird er mit einem Radlader aufgenommen und in den Dumper gekippt. Die dabei entstehen Menge an Gesamtstaub beträgt ca. 203 kg/a.

Der Abraum wird zunächst mit einem Hydraulikbagger aufgenommen und in einen Dumper gekippt. Auf der Rekultivierungsfläche erfolgt das Abkippen vom Dumper. Die bei diesen Vorgängen entstehende Menge an Gesamtstaub beträgt ca. 477 kg/a.

Aufbereitungsanlage (Q2)

Auf der Aufbereitungsanlage sind zunächst die Abkippvorgänge des Tons aus dem Tontagebau, aus dem Zwischenlager und des angelieferten Tons in die Lagerboxen emissionsrelevant. Danach erfolgt die Aufnahme des Materials mit dem Radlader zum Abkippen in den Schnitzler. Bei der Rückführung des Tons mit Transportbändern in die Lagerboxen werden Emissionen bei der Bandübergabe und beim Abwurf in die Lagerboxen verursacht. Die maximale Abwurfhöhe der Boxen in der neuen Halle beträgt 4 m und wurde im Modell auf durchschnittlich 2.5 m festgelegt. Die maximale Abwurfhöhe in der alten Halle beträgt 8 m und wurde auf durchschnittlich 4 m festgelegt. Zum Schluss erfolgen die Aufnahme von Ton und das Abkippen in LKWs zum Abtransport. Insgesamt beträgt die Menge an Gesamtstaub, der während der Vorgänge auf der Aufbereitungsanlage anfällt ca. 18 563 kg/a.

Fahrbewegungen und Abgasemissionen

Staubemissionen durch Fahrbewegungen und Motoren im Sinne der VDI 3790 Blatt 4 (2018) auf dem Betriebsgelände (Emissionen auf öffentlichen Straßen werden hier nicht betrachtet, da sie nicht Teil der immissionsschutzrechtlich zu genehmigenden Anlage sind, vgl. § 3 Abs. 5 BImSchG (2015)) entstehen im Wesentlichen durch den Transport des abgebauten Tons vom Tontagebau zur Aufbereitungsanlage, zum Zwischenlager und vom Zwischenlager zur Aufbereitungsanlage. Zudem entstehen Staubemissionen beim Anliefern und dem Abtransport von Ton, beim Transport des Abraums aber auch beim Transport aus den Lagerboxen in den Schnitzler und in die LKWs zum Abtransport.

Die Höhe der Emissionen hängt stark von der Beschaffenheit des Untergrunds ab. Unbefestigte sowie stark verschmutzte befestigte Oberflächen emittieren deutlich mehr Staub als regelmäßig gereinigte Oberflächen. Durch Regen wird die Staubemission vermindert bzw. ganz unterbunden. Bei Trockenheit werden die Fahrwege im Tontagebau Schenkenbusch gewässert.

Bei den Fahrwegen zwischen dem Abbaubereich und der Aufbereitungsanlage handelt es sich größtenteils um befestigte Fahrwege. Lediglich das letzte Stück auf dem Gelände des Abbaubereichs ist unbefestigt. Ebenso verhält es sich auf der Transportstrecke zwischen dem Tagebau und dem Zwischenlager. Auch die Fahrwege zwischen dem Zwischenlager und der Aufbereitungsanlage, zwischen der Aufbereitungsanlage und dem Ausgang des Betriebsgeländes und im Bereich der Aufbereitungsanlage sind befestigt. Um unbefestigte Fahrwege handelt es sich bei den Fahrwegen auf dem Gelände des Tontagebaus und denen im Rekultivierungsbereich. Im ersten Abbauszenario sind die Fahrwege zum Rekultivie-

rungsbereich befestigt, im dritten Abbauszenario sind sie unbefestigt. **Tab. 5.1** zeigt die Staubemissionen und die zugehörigen Quellen der Fahrbewegungen in beiden Abbauszenarien.

Trotz regelmäßiger Reinigung der Fahrwege wird eine hohe Verschmutzung nach VDI 3790 Blatt 4 (2018) angesetzt, um alle Verschmutzungszustände zu berücksichtigen.

	Staub in kg/a (Szen. 1)	**Staub in kg/a (Szen. 3)**	**Quelle (Szen. 1)**	**Quelle (Szen. 3)**	**Befestigung**
Aufbereitungsanlage	3 317	3 317	Q2	Q2	Befestigt
Aufbereitung Richtung Ausgang	5 633	5 633	Q6	Q6	Befestigt
Tontagebau Richtung Aufbereitung*	30 625	50 656	Q4, Q5	Q4, Q5, Q9	Befestigt
Tontagebau Richtung Aufbereitung/Abraum*	-	5 784	-	Q10	Unbefestigt
Tontagebau Richtung Aufbereitung/Abraum*	5 764	-	Q10	-	Unbefestigt
Tontagebau Richtung Abraum	-	1 976	-	Q8	Unbefestigt
Tontagebau Richtung Abraum**	5 900	-	Q8	-	Befestigt
Ehem. Hochhalde Richtung Aufbereitung	6 557	-	Q9	-	Befestigt

Tab. 5.1: Durch Fahrbewegungen verursachte Staubemissionen. *Die Fahrwege zum Zwischenlager sind hier enthalten; **Die Emissionen dieses Fahrwegs aus denselben Quellen sind in der Strecke Tontagebau – Aufbereitungsanlage integriert

<u>Abwehungen</u>

Bei mittleren Windgeschwindigkeiten von über 3 m/s können nach VDI 3790 Blatt 2 (2017) relevante Abwehungen nicht ausgeschlossen werden. Am Anlagenstandort wird eine mittlere Windgeschwindigkeit von 3.2 m/s erwartet. Laut VDI 3790 Blatt 3 (2010) ist die Voraussetzung für Abwehungen das Vorhandensein von abwehfähigem Material. Dies ist bei einer Umschlagsfrequenz > 10/a gegeben. Betroffen von Abwehungen ist auf dem Anlagengelände das Zwischenlager (Q3), da es offen dem Wind ausgesetzt ist. Da nicht die gesamte Lagerfläche diese Bedingung erfüllt, sondern nur ein kleiner Bereich, in dem regelmäßig Mate-

rial hinzugekippt und entnommen wird, wird die relevante Fläche für Abwehungen auf 500 m² festgelegt. Gemäß VDI 3790 Blatt 2 (2017) kommt es bei Windgeschwindigkeiten unter 4 m/s zu keinen Abwehungen. In 27 % der Zeit werden am Anlagenstandort höhere Windgeschwindigkeiten erwartet. Der Emissionsfaktor wurde gemäß VDI 3790 Blatt 2 (2000) auf 1.0 g/(m²h) angesetzt. Aus diesen Daten wurden für Abwehungen Emissionen von 1 200 kg/a berechnet (**Tab. 5.2**). Um die Gesamtemissionen des Zwischenlagers (Q3) zu berechnen, werden die Gesamtstaubemissionen (203 kg/a, siehe oben) zu den Emissionen der Abwehung addiert (1 200 kg/a). Daraus ergeben sich Gesamtemissionen von ca. 1 400 kg/a.

Aktive Fläche in m²	**Windhäufigkeit von Windstärke > 4m/s in % der Jahresstunden**	**Emissionsfaktor in g/(m²h)**	**Gesamtemission in kg/a (gerundet)**
500	27	1.0	1 200

Tab. 5.2: Eingangsdaten und Gesamtemission der Abwehung auf dem Zwischenlager

5.3 Zeitliche Charakteristik

Es erfolgt eine zeitliche Differenzierung der Emissionen. Da die Emissionen durch den Betriebsablauf verursacht werden, wurden die Emissionen in den Betriebszeiten freigesetzt.

5.4 Zusammenfassende Darstellung der Emissionen

In **Tab. 5.4** und **Tab. 5.3** sind die Quellen des Abbauszenarios 1 und Abbauszenarios 3 zusammengestellt. Die angegebenen Rechts- und Hochwerte für Flächen- und Volumenquellen entsprechen der linken unteren Ecke der Quellen im nicht gedrehten Zustand.

Geringe Abweichungen zu den im Text genannten Zahlen sind auf Rundungseffekte zurückzuführen.

Tab. 5.3: Zusammenstellung der emissionsseitigen Eingangsdaten für die Berechnung der Zusatzbelastung während des Abbauszenarios 1

Quelle	**Q1**	**Q2**	**Q3**	**Q4**	**Q5**	**Q6**	**Q7**	**Q8**	**Q9**	**Q10**	**Q11**
	Q1 Tagebau	**Q2 Betriebsgelände**	**Q3 Halde**	**Q4 Fahrweg1**	**Q5 Fahrweg2**	**Q6 Fahrweg3**	**Q7 Abraum**	**Q8 Fahrweg4**	**Q9 Fahrweg5**	**Q10 Fahrweg6**	**Q11 ehem. Hochhalde**
Art der Quelle	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ
Rechtswert	32359742	32359254	32359562	32359501	32359260	32359110	32359650	32359509	32359565	32359491	32359554
Hochwert	5617242	5616457	5616810	5616840	5616515	5616421	5616955	5616841	5616450	5617237	5616250
Quellhöhe in m	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ausdehnung der Quelle (Länge x Breite x Vertikalerstreckung) in m	33 x 136 x 3	80 x 64 x 3	64 x 103 x 2	5 x 400 x 3	405 x 5 x 3	125 x 5 x 3	147 x 121 x 2	300 x 5 x 3	5 x 310 x 3	259 x 5 x 3	150 x 150 x 2
Drehung der Quelle bzgl. der Nordrichtung in Grad	2	86	155	2	53	46	46	40	78	16	37
PM2.5 in kg/a	24	917	306	908	517	261	24	275	305	170	17
PM2.5-10 in kg/a	94	3 531	336	2 838	1 617	820	95	858	954	1 527	67
PM10-50 in kg/a	353	14 115	744	18 604	8 984	4 552	358	4 767	5 298	4 067	252

Tab. 5.4: Zusammenstellung der emissionsseitigen Eingangsdaten für die Berechnung der Zusatzbelastung während des Abbauszenarios 3

Quelle	**Q1**	**Q2**	**Q3**	**Q4**	**Q5**	**Q6**	**Q7**	**Q8**	**Q9**	**Q10**
	Q1 Tagebau	**Q2 Betriebsgelände**	**Q3 Halde**	**Q4 Fahr-Fahrweg1**	**Q5 Fahr-Fahrweg2**	**Q6 Fahr-Fahrweg3**	**Q7 Abraum**	**Q8 Fahr-Fahrweg4**	**Q9 Fahr-Fahrweg5**	**Q10 Fahr-Fahrweg6**
Art der Quelle	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ
Rechtswert	32359685	32359254	32359562	32359501	32359260	32359110	32359695	32359710	32359491	32359687
Hochwert	5617480	5616457	5616810	5616840	5616515	5616421	5617260	5617338	5617283	5617289
Quellhöhe in m	0.0	0.0	0,0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ausdehnung der Quelle (Länge x Breite x Vertikalerstreckung) in m	33 x 136 x 3	80 x 64 x 3	64 x 103 x 2	5 x 445 x 3	405 x 5 x 3	125 x 5 x 3	107 x 121 x 2	202 x 5 x 3	194 x 5 x 3	255 x 5 x 3
Drehung der Quelle bzgl. der Nordrichtung in Grad	23	86	155	2	53	46	22	103	1	96
PM2.5 in kg/a	40	917	306	1 071	857	261	24	58	429	171
PM2.5-10 in kg/a	161	3 531	336	3 349	2 680	820	95	524	1 340	1 533
PM10-50 in kg/a	605	14 115	743	18 420	14 884	4 552	358	1 394	7 442	4 080

6 AUSBREITUNGSMODELLIERUNG

Die Ausbreitungsrechnung erfolgte mit dem Modell LASAT im AUSTAL-Modus unter Einbindung von Kaltluftwindfeldern. Das offizielle Programmsystem AUSTAL2000 stellt eine vom Umweltbundesamt bereitgestellte Umsetzung der Ausbreitungsmodellierung nach TA Luft (2002), Anhang 3 dar. Das Modell LASAT ermöglicht, im Gegensatz zu AUSTAL2000, für bestimmte Zeiträume in der Berechnung auf externe (nicht mit LASAT erzeugte) Windfelder zuzugreifen. Daher können für die Zeiträume, in denen Kaltluft auftritt, stundengenau die mit KALM erzeugten Kaltluftwindfelder in die Berechnung eingebunden werden. Dieses Vorgehen wurde bei der vorliegenden Untersuchung angewandt. Der Zeitanteil der Kaltluftsituationen beträgt ca. 15 %. Zu dem Auftreten von Kaltluft und der Modellierung mit KALM vgl. Abschnitt 4.3.3, Anhang A4 und Anhang A5. Die im vorliegenden Gutachten verwendete Version von LASAT ist Version 3.3.48 (http://www.janicke.de). Eine allgemeine Beschreibung von LASAT erfolgt in Anhang A3.

Es erfolgten Ausbreitungsrechnungen für die Zusatzbelastung an Staub durch den geplanten Ausbau des Tontagebaus für Abbauszenario 1 und für Abbauszenario 3 des Planzustands. Die Protokolldateien beider Ausbreitungsrechnungen (LOG-Dateien) sind in Anhang A2 aufgeführt.

6.1 Rechengebiet

6.1.1 Ausdehnung und räumliche Auflösung

Das Rechengebiet wurde entsprechend den Vorgaben der TA Luft (2002) automatisch von AUSTAL2000 generiert. Das Gitter besitzt eine Auflösung von 16 m x 16 m und überdeckt insgesamt eine Fläche von 2 400 m x 2 400 m. Für die vertikale Auflösung des Rechengitters wurde die Standardauflösung von AUSTAL2000 verwendet.

6.1.2 Bodenrauigkeit des Geländes

Bei Ausbreitungsrechnungen wird eine mittlere Rauigkeitslänge z_0 zur Abbildung der Oberflächenstruktur durch Bebauung und Bewuchs des Geländes verwendet. Die Rauigkeitslänge stellt ein Maß für den Strömungswiderstand der Erdoberfläche dar. Bei der Modellierung geht die Rauigkeitslänge sowohl in die meteorologischen Grenzschichtprofile als auch in die Festlegung der Monin-Obukov-Länge (vgl. Tabelle 17, Anhang 3, TA Luft, 2002) ein.

Die mittlere Rauigkeitslänge wird in Tabelle 14, Anhang 3, der TA Luft (2002) in Abhängigkeit von Landnutzungsklassen neun Klassenwerten für z_0 von 0.01 m (für beispielsweise Wasser-

flächen) bis 2 m (durchgängig städtische Prägung) zugeordnet. Diese Landnutzungsklassen können flächenhaft dem CORINE-Kataster entnommen werden.

Bei inhomogenen Landnutzungsverhältnissen am Standort ist der Einfluss des verwendeten Wertes der Rauigkeitslänge auf die berechneten Immissionsbeiträge nach TA Luft (2002) zu prüfen.

Die Rauigkeitslänge am vorliegenden Standort wurde anhand des CORINE-Katasters auf 0.5 m bestimmt. Diese wurde als geeignet zur Abbildung der Landnutzungsverhältnisse vor Ort bewertet.

6.2 Komplexes Gelände – Auswirkungen auf die Windfeldmodellierung

6.2.1 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten

Geländeunebenheiten zeigen bei der Ausbreitungsmodellierung ggf. Auswirkungen sowohl auf die mittlere Strömung als auch auf die Turbulenz- und Ausbreitungseigenschaften. Im Fall von geringen Geländesteigungen sind im Allgemeinen nur die Auswirkungen auf das mittlere Windfeld relevant. Dieses ist dann nicht mehr horizontal homogen, sondern es folgt bodennah den Geländeunebenheiten und weist damit ortsabhängige Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen auf.

Es liegt ein reliefiertes Gelände mit teilweise tieferen Taleinschnitten vor (vgl. **Abb. 4.2**). Nach TA Luft (2002) sollen Geländeunebenheiten in der Ausbreitungsrechnung berücksichtigt werden, wenn über eine Strecke, die der doppelten Schornsteinhöhe entspricht, Steigungen von mehr als 1:20 (entspricht 0.05 m/m) und innerhalb des Rechengebiets Höhendifferenzen zum Emissionsort von mehr als dem 0.7fachen der Schornsteinhöhe auftreten. Für bodennahe Quellen wird die Schornsteinmindesthöhe von 10 m über Grund zur Überprüfung verwendet. Die Auflösung des Rechengitters mit 16 m x 16 m liegt in der Größenordnung der doppelten Schornsteinhöhe.

In diesem Rechengitter liegen mit maximalen Steigungen von 0.24 m/m (siehe log-Datei der Windfeldberechnung in Anhang A2) Werte über 0.05 m/m vor, daher wird bei der Ausbreitungsrechnung das Relief in Form eines digitalen Geländemodells berücksichtigt. **Abb. 6.1** zeigt die Geländesteigungen im Rechengitter. Die Strecken zwischen den relevanten Quellen des Betriebs und den Beurteilungsflächen der Plangebiete weisen nur Steigungen auf, die das Kriterium einhalten. Steigungen über dem Steigungskriterium treten nur vereinzelt auf. Weiterhin nehmen die Flächen mit Steigungen über 1:5 einen untergeordneten Anteil

ein, daher wurden die Windfelder für die Ausbreitungsrechnung in Anlehnung an VDI 3783, Blatt 13 (2010) mit dem diagnostischen Windfeldmodell von AUSTAL2000 erstellt.

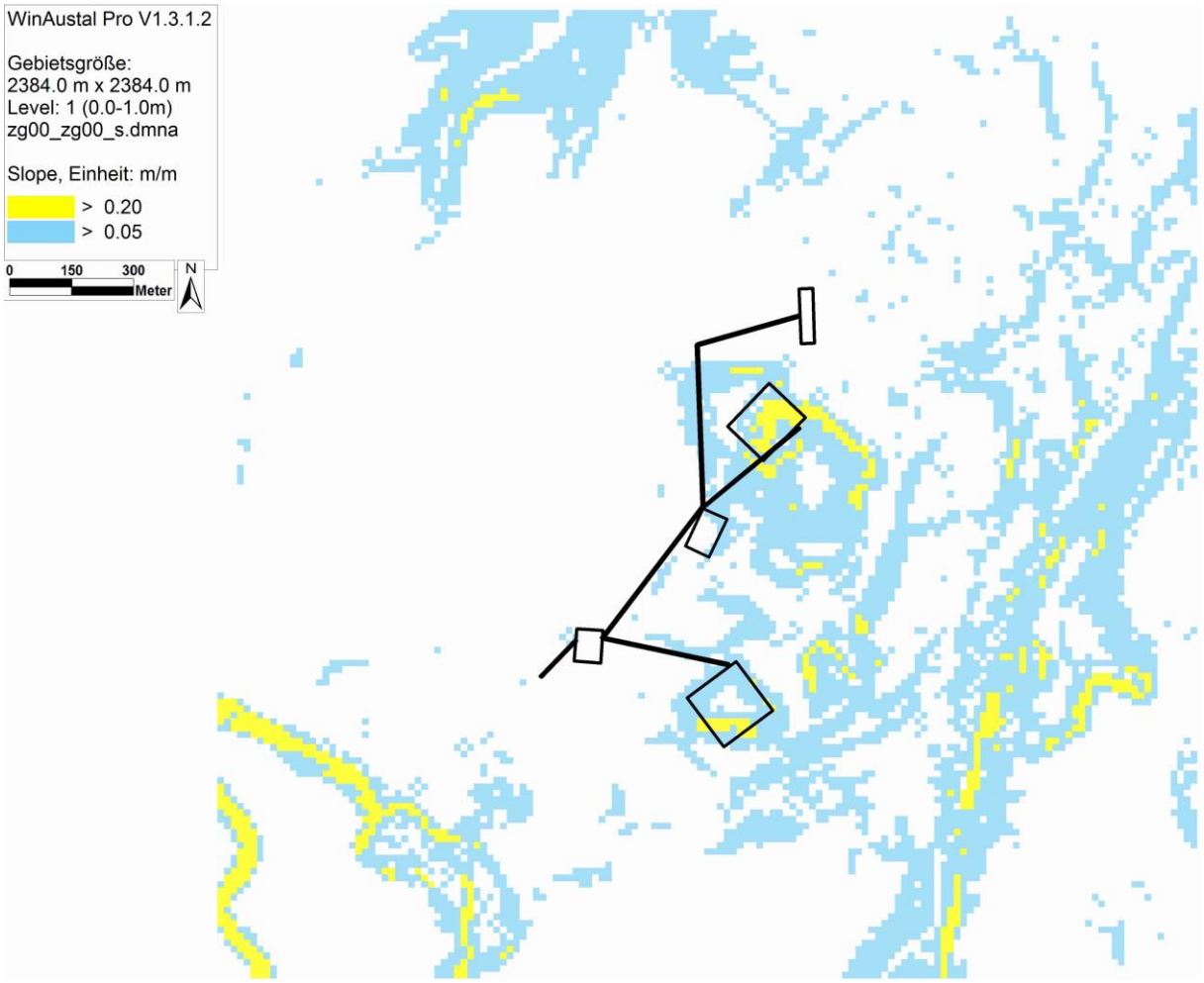

Abb. 6.1: Geländesteigungen im Modellgebiet. In schwarz sind beispielhaft die Quellen aus Abbauszenario 1 abgebildet

6.2.2 Berücksichtigung von Bebauung

Das Wind- und Turbulenzfeld wird durch Bebauungsstrukturen (wie einzelne Gebäude oder Gebäudeblöcke) beeinflusst. Die Auswirkungen zeigen sich auch im Ausbreitungsverhalten einer Konzentrationsfahne, insbesondere, wenn sich die Bebauungsstrukturen in der Nähe des Freisetzungsortes befinden.

Da es sich bei der vorliegenden Fragestellung um eine Betrachtung des weiteren Umfelds handelt und als einzige Gebäude die Gebäude der Aufbereitungsanlage vorhanden sind, wurde auf eine Berücksichtigung der Gebäudeumströmung bei der Ausbreitungsmodellierung verzichtet.

6.2.3 Mindestanforderungen an ein Windfeldmodell

Die Windfeld- und Ausbreitungsmodellierung erfolgte mit dem Programmsystem LASAT, das dort angewandte Windfeldmodell lprwnd erfüllt die in VDI 3783, Blatt 13 (2010) aufgestellten Mindestanforderungen an ein Windfeldmodell im Rahmen des Einsatzbereichs der TA Luft (2002).

Der Zahlenwert des Divergenzfehlers (Maximum 0.013) liegt unter dem im Handbuch zu AUSTAL2000 nicht zur Überschreitung empfohlenen maximalen Wert von 0.05.

6.3 Rechenparameter

6.3.1 Anemometerposition und Anemometerhöhe

Bei der Ausbreitungsrechnung werden die meteorologischen Daten (siehe Kap. 4.3) im Modellgebiet einer räumlichen Anemometerposition und einer dazugehörigen Anemometerhöhe (in m über Grund) zugeordnet.

Bei Rechnungen für homogenes Gelände und ohne die Berücksichtigung des Einflusses der Bebauung ist eine freie Wahl des Anemometerstandorts möglich, da die meteorologischen Profile in diesem Fall standortunabhängig sind. Erfolgt die Ausbreitungsrechnung dagegen unter Berücksichtigung komplexer Strömungsverhältnisse, (Einfluss von Bebauung und bzw. oder Geländeunebenheiten), ist die Anemometerposition sorgfältig auszuwählen.

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Anemometerposition westlich des Anlagenstandorts gelegt (vgl. **Abb. 4.2**). Die Anemometerhöhe wurde mit 10 m angesetzt in Übereinstimmung mit der Höhe, für welche die synthetische Windstatistik berechnet wurde.

6.3.2 Statistische Sicherheit

Die statistische Sicherheit der Ausbreitungsrechnung ist in den Protokollen der Berechnungen (LOG-Dateien) in Anhang A2 ausgewiesen und erfüllt die Anforderungen der TA Luft Anhang 3. Die Anzahl der in LASAT pro Sekunde freigesetzten Partikel wurde entsprechend der Qualitätsstufe +2 in AUSTAL2000 gewählt und geht damit über die Anforderungen aus VDI 3783, Blatt 13 (2010) hinaus.

7 ERGEBNISSE

Abb. 7.1 bis **Abb. 7.6** zeigen die Ergebnisse der berechneten Zusatzbelastung an Staub und Staubdeposition. Die Zuordnung zwischen Farbe und Wert ist der Legende zu entnehmen. Die unterste Klasse der Legende (hellblaue Farbe) bezeichnet Werte mit einer Zusatzbelastung oberhalb der Irrelevanzschwelle der TA Luft (2002). Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung werden auf Flächen von 16 m x 16 m entsprechend des Rechengitters dargestellt.

In beiden Abbauszenarien liegen die berechneten Werte für PM10 an BP5 unterhalb der Irrelevanzschwelle der TA Luft (2002). In Abbauszenario 1 wird mit 2.6 µg/m³ der höchste Wert für PM10 bei BP3 berechnet, die Werte bei BP1, BP2 und BP4 liegen zwischen 1.3 µg/m³ und 1.8 µg/m³ (siehe **Abb. 7.1**). In Abbauszenario 3 haben die drei nördlichen BPs ähnliche Werte bei maximal 3.2 µg/m³. Bei BP4 wurden 1.6 µg/m³ berechnet (siehe **Abb. 7.2**). Die berechnete Zusatzbelastung für PM10 überschreitet an den meisten Beurteilungspunkten die Irrelevanzschwelle der TA Luft (2002) von 1.2 µg/m³. Daher ist eine Betrachtung der Gesamtbelastung notwendig.

Bezüglich der Staubdeposition überschreitet in Abbauszenario 1 lediglich der berechnete Wert an BP3 mit 14.8 mg/(m²d) die Irrelevanzschwelle der TA Luft (2002). In Abbauszenario 3 überschreiten die drei nördlichen Beurteilungspunkte diese Schwelle. Für BP1 wird dort der Wert 17.0 mg/(m²d), für BP2 der Wert 16.7 mg/(m²d) und für BP3 der höchste Wert mit 20.0 mg/(m²d) berechnet. Die Bestimmung der Gesamtbelastung erfolgte für alle Beurteilungspunkte. **Abb. 7.3** zeigt die Ausbreitung der Staubdeposition in Abbauszenario 1 und **Abb. 7.4** zeigt selbiges für Abbauszenario 3.

Da die 39. BImSchV keinen Irrelevanzwert für PM2.5 angibt, erfolgt die Bestimmung der Gesamtbelastung. Für die Beurteilungspunkte in Abbauszenario 1 berechnet sich eine Zusatzbelastung zwischen 0.2 µg/m³ und 0.8 µg/m³ für alle Beurteilungspunkte und in Abbauszenario 3 zwischen 0.2 µg/m³ und 0.9 µg/m³ (siehe **Abb. 7.5** und **Abb. 7.6**).

In **Tab. 7.1** sind die Berechnungen der Gesamtbelastung mit Hintergrundbelastungen (siehe Kap. **4.2**) und Zusatzbelastung dargestellt. Beispielsweise ergibt sich für BP1 in Abbauszenario 1 für PM10 eine Gesamtbelastung von ca. 20 µg/m³ als Summe aus der Hintergrundbelastung (19 µg/m³) und der Zusatzbelastung (1.3 µg/m³). Die berechneten Gesamtbelastungen liegen unter den Immissionsjahreswerten der TA Luft und der 39. BImSchV.

Im statistischen Mittel wird eine Überschreitung des PM10-Tagesmittelwerts bei einem PM-Jahresmittelwert von ca. 29 µg/m³ erwartet. In der vorliegenden Untersuchung beträgt die

berechnete Gesamtbelastung für PM10 maximal 22 µg/m³ (siehe **Tab. 7.1**). Somit ist eine Überschreitung des PM-Tagesmittelwerts nicht zu erwarten.

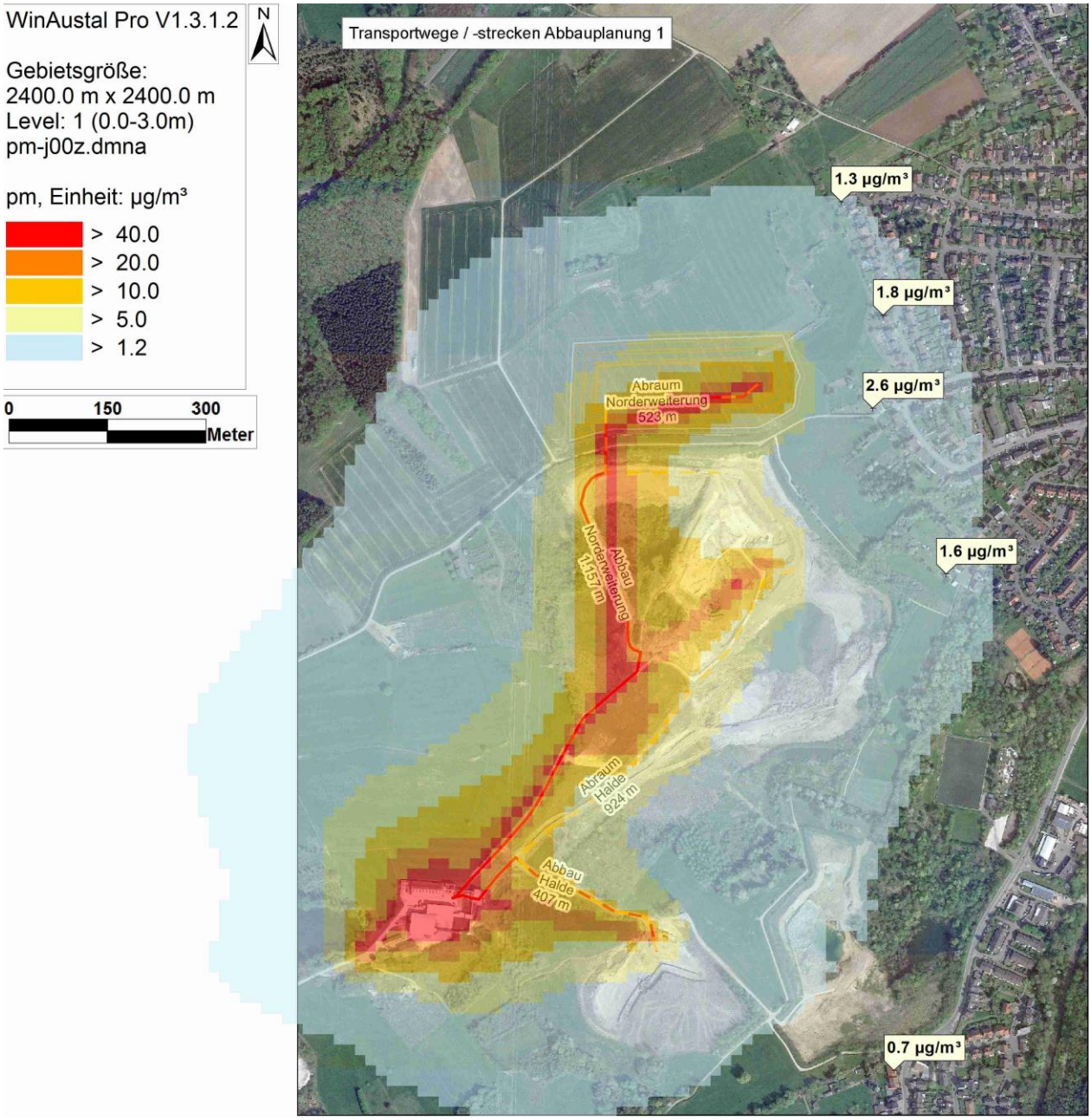

Abb. 7.1: Berechnete Zusatzbelastung des Jahresmittelwerts für PM10-Konzentration in Abbauszenario 1 in µg/m³, Hintergrundkarte: Luftbild mit Darstellung des Abbaustandes (Quelle: Auftraggeber).

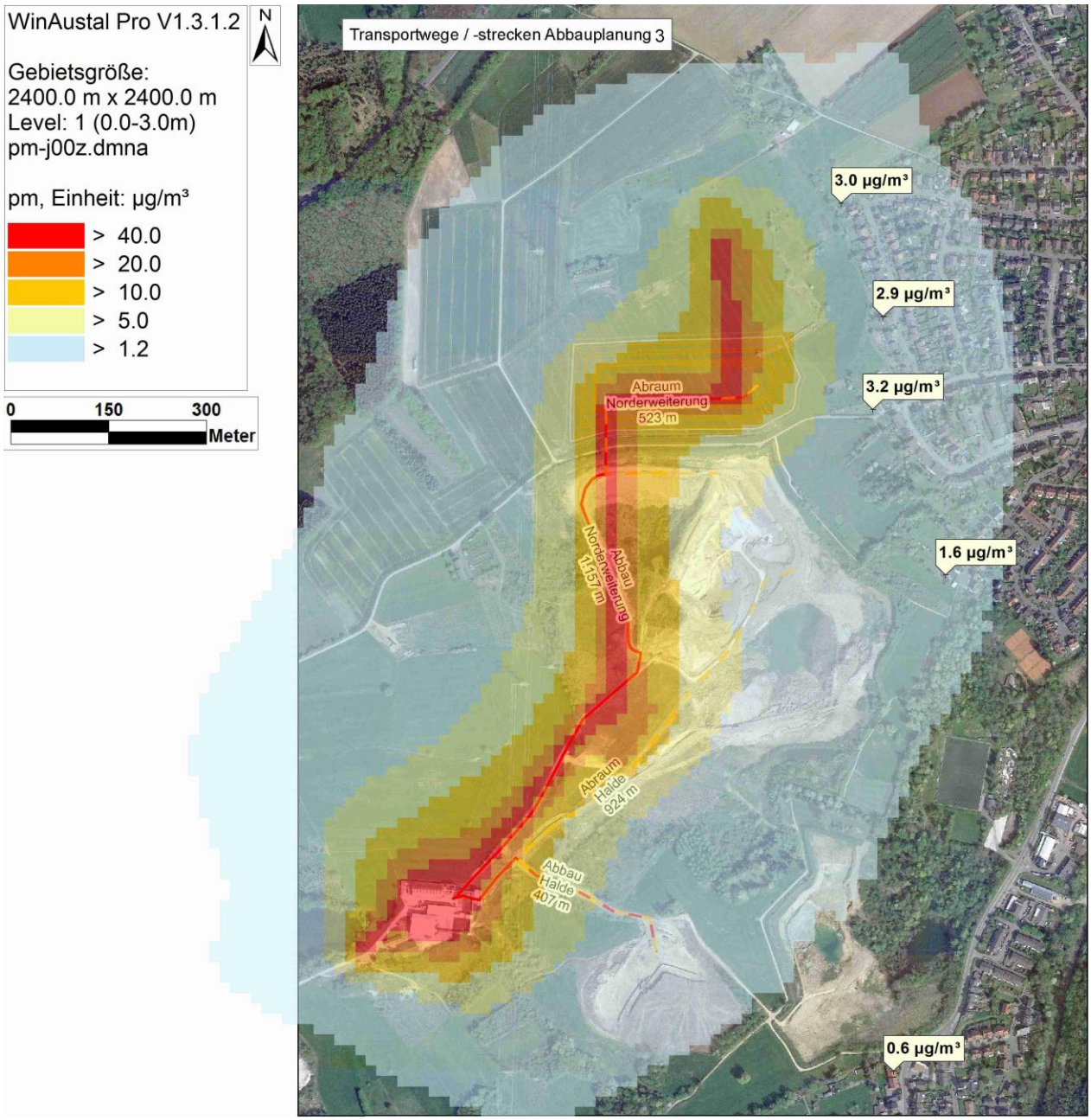

Abb. 7.2: Berechnete Zusatzbelastung des Jahresmittelwerts für PM10-Konzentration in Abbauszenario 3 in µg/m³, Hintergrundkarte: Luftbild mit Darstellung des Abbaustandes (Quelle: Auftraggeber).

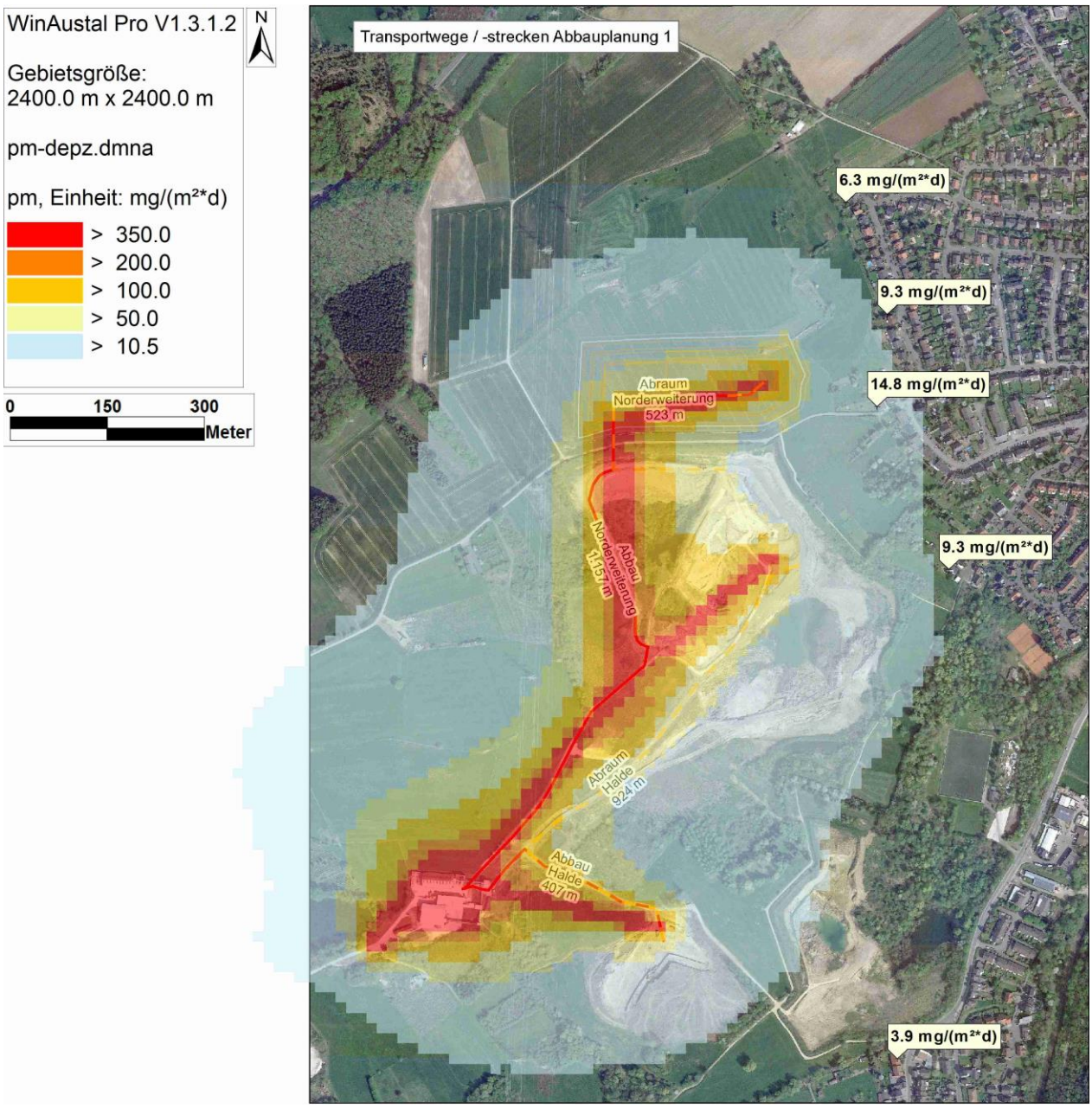

Abb. 7.3: Berechnete Zusatzbelastung des Jahresmittelwerts für Staubdeposition in Abbauszenario 1 in mg/(m²d), Hintergrundkarte: Luftbild mit Darstellung des Abbaustandes (Quelle: Auftraggeber).

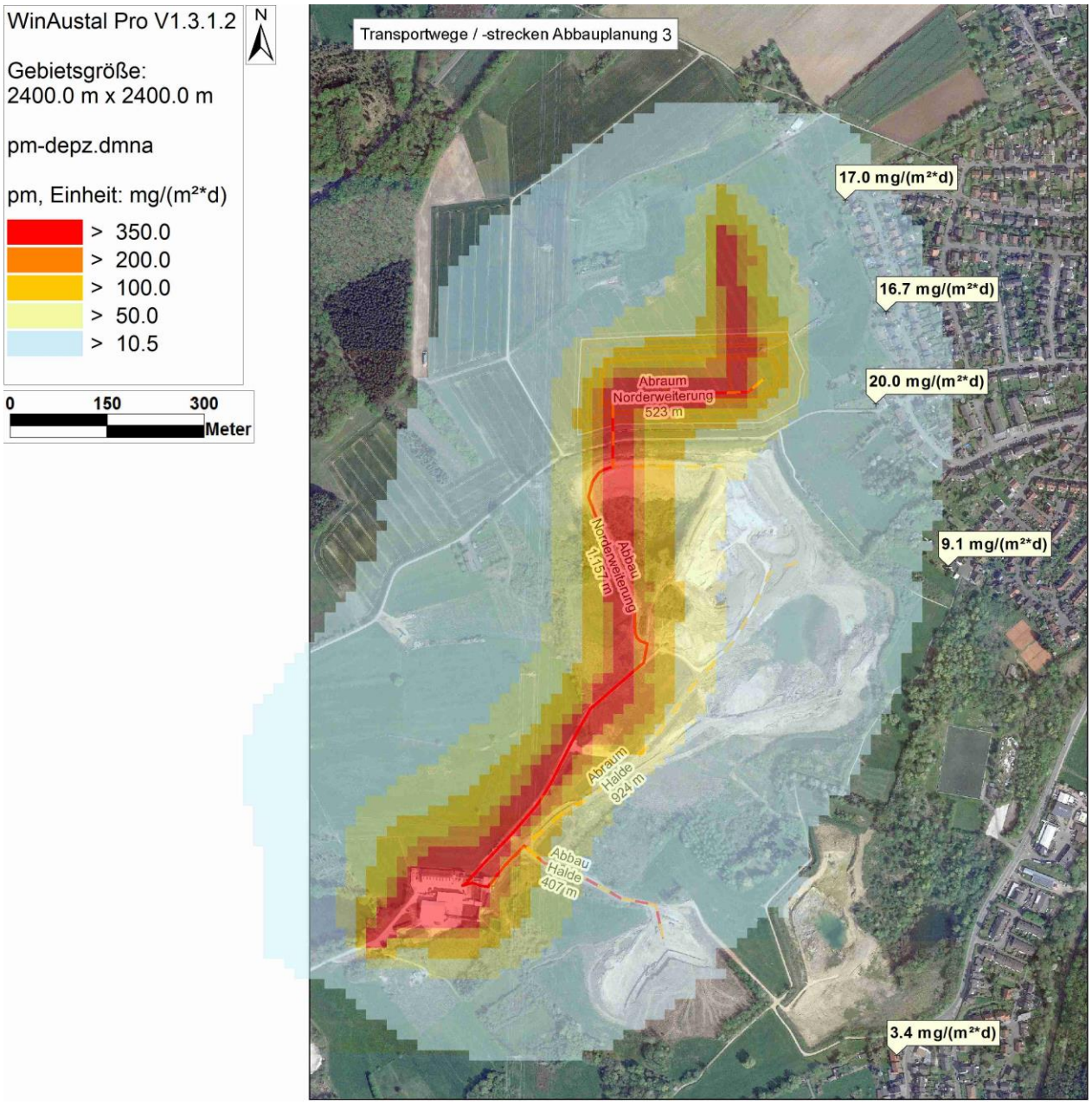

Abb. 7.4: Berechnete Zusatzbelastung des Jahresmittelwerts für Staubdeposition in Abbauszenario 3 in mg/(m²d), Hintergrundkarte: Luftbild mit Darstellung des Abbaustandes (Quelle: Auftraggeber).

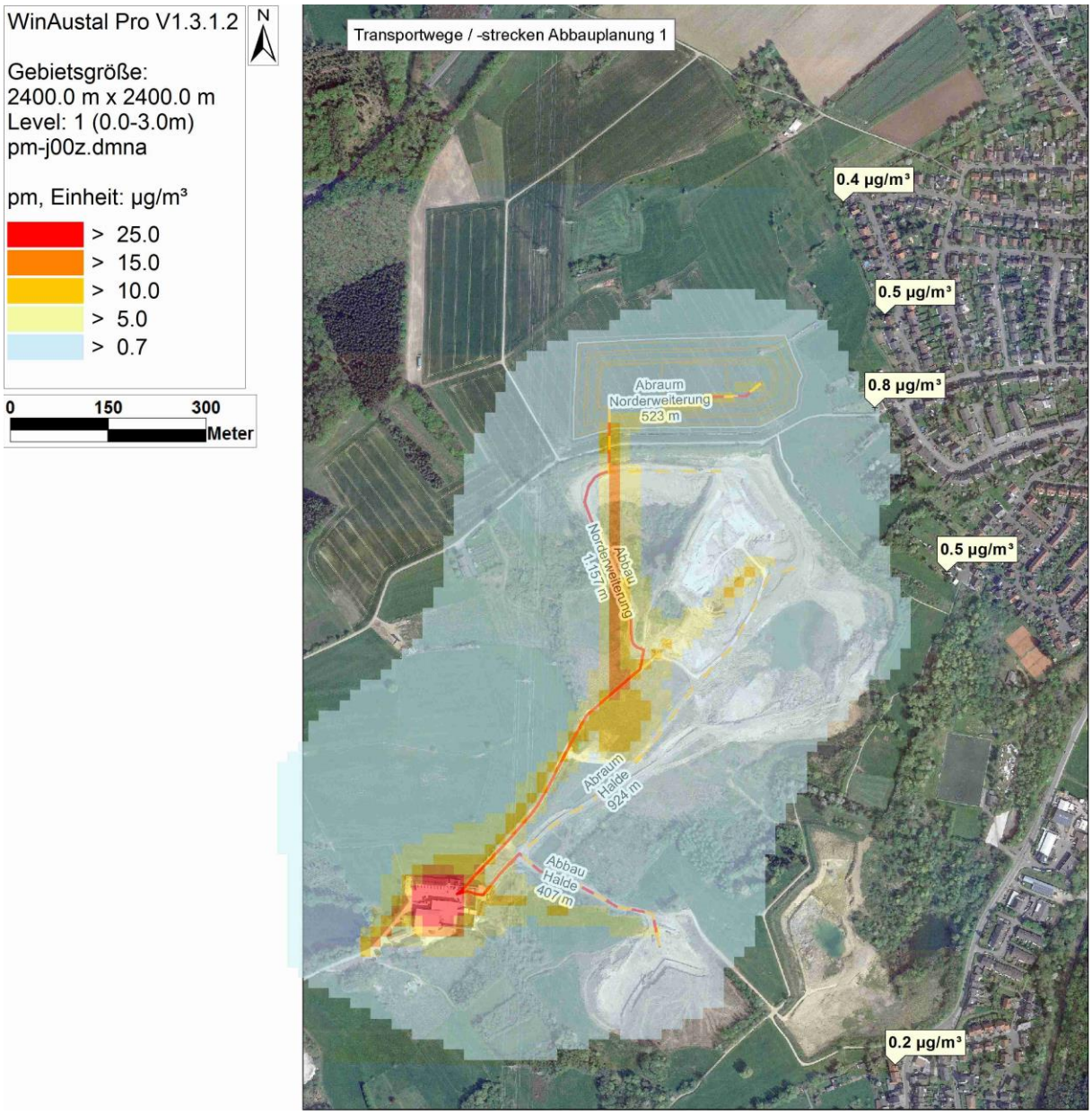

Abb. 7.5: Berechnete Zusatzbelastung des Jahresmittelwerts für PM2.5-Konzentration in Abbauszenario 1 in µg/m³, Hintergrundkarte: Luftbild mit Darstellung des Abbaustandes (Quelle: Auftraggeber).

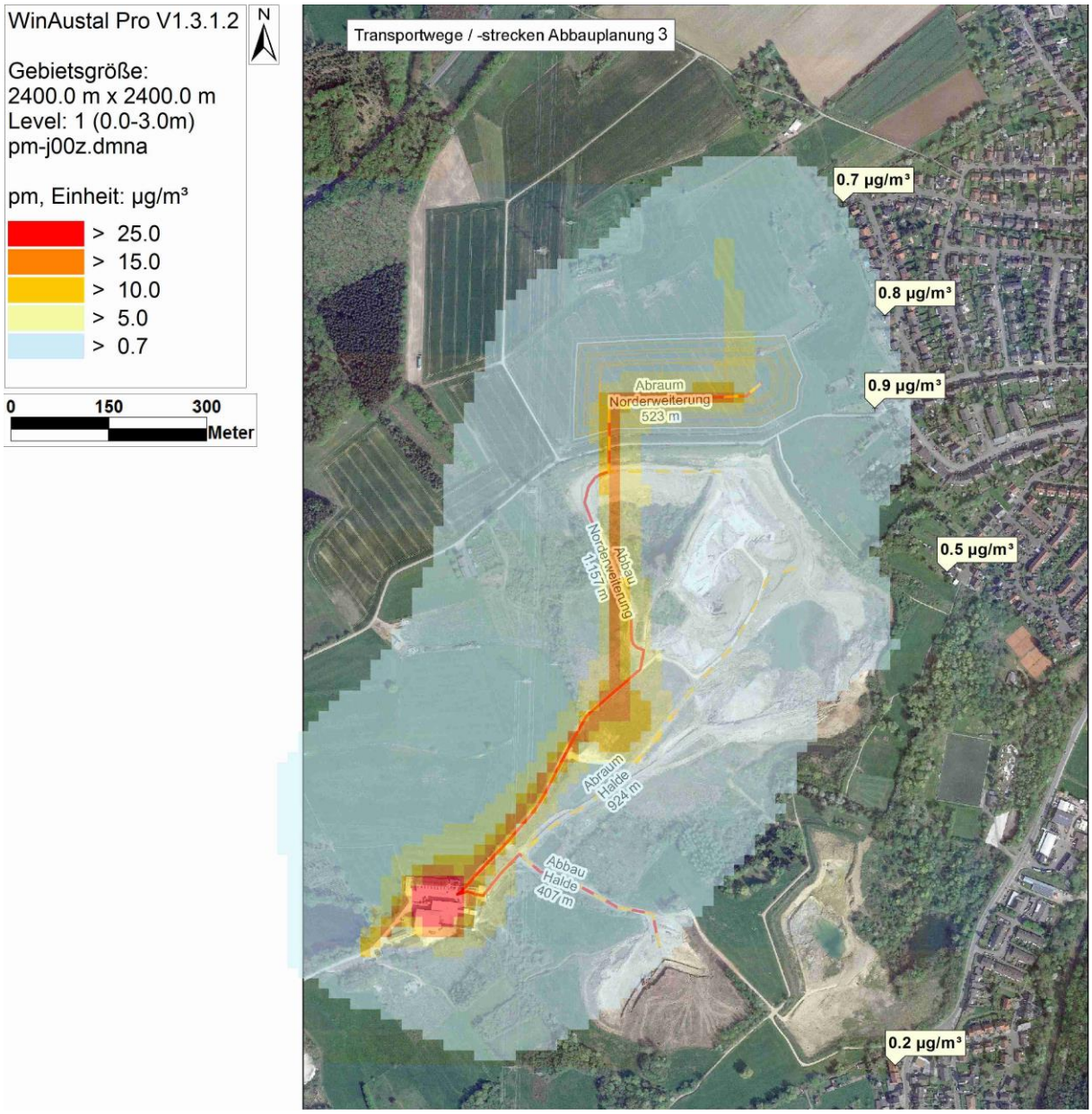

Abb. 7.6: Berechnete Zusatzbelastung des Jahresmittelwerts für PM2.5-Konzentration in Abbauszenario 3 in µg/m³, Hintergrundkarte: Luftbild mit Darstellung des Abbaustandes (Quelle: Auftraggeber).

Immissionsort	Hinter-grundbe-lastung	Zusatzbelastung Szen. 1 / Szen. 3	Gesamtbelastung Szen. 1 / Szen. 3	Immissionswert TA Luft (2002) bzw. 39. BIm-SchV
PM10 Jahresmittelwert in µg/m³				
BP1	19	1.3 / 3.0	20 / 22	40
BP2		1.8 / 2.9	21 / 22	
BP3		2.6 / 3.2	22 / 22	
BP4		1.6 / 1.6	21 / 21	
BP5		0.7 / 0.6	20 / 20	
Staubniederschlag Jahresmittelwert in mg/(m²d)				
BP1	78	6.3 / 17.0	84 / 95	350
BP2		9.3 / 16.7	87 / 95	
BP3		14.8 / 20.0	93 / 98	
BP4		9.3 / 9.1	87 / 87	
BP5		3.9 / 3.4	82 / 81	
PM2.5 Jahresmittelwert in µg/m³				
BP1	13	0.4 / 0.7	13 / 14	25
BP2		0.5 / 0.8	14 / 14	
BP3		0.8 / 0.9	14 / 14	
BP4		0.5 / 0.5	14 / 14	
BP5		0.2 / 0.2	13 / 13	

Tab. 7.1: Bestimmung der Gesamtbelastung für PM10, Staubniederschlag und PM2.5

Zusammenfassende Bewertung

Die Zusatzbelastung wird nicht als irrelevant im Sinne der TA Luft (2002) Abschnitt 4.2 errechnet. Damit muss die Bestimmung der Gesamtbelastung erfolgen.

Die berechneten Gesamtbelastungen des Jahresmittelwerts an PM10, Staubdeposition und PM2.5 halten die Immissionswerte der TA Luft und der 39. BImSchV ein. Eine Überschreitung der Tagesmittelwerte ist aufgrund des geringen PM10-Jahresmittelwertes nicht zu erwarten.

Die abschließende Bewertung der vorliegenden Ergebnisse obliegt der genehmigenden Behörde.

8 LITERATUR

39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV). vom 02.08.2010 (BGBl. I, Nr. 40, S. 1065), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Juli 2018 (BGBl. I Nr. 28, S. 1222) in Kraft getreten am 31. Juli 2018.

4. BImSchV (2017): Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV) Neufassung vom 31. Mai 2017 (BGBl. I Nr. 33, S. 1440), in Kraft getreten am 14. Januar 2017.

BASt (2005): PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch Gladbach, Juni 2005.

BImSchG (2013): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz–BImSchG) vom 17. Mai 2013 (BGBl. I, Nr. 25, S. 1274) zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I Nr. 12, S. 432), in Kraft getreten am 12. April 2019.

Bollmeyer, C., Keller, J. D., Ohlwein, C., Wahl, S., Crewell, S., Friederichs, P., Hense, A., Keune, J., Kneifel, S., Pscheidt, I., Redl, S., and Steinke, S. (2015): Towards a highresolution regional reanalysis for the European CORDEX domain, Q. J. R. Meteorol. Soc., 141, 1–15.

Borsche, M., Kaiser-Weiss, A. K., and Kaspar, F. (2016): Wind speed variability between 10 and 116 m height from the regional reanalysis COSMO-REA6 compared to wind mast measurements over Northern Germany and the Netherlands. Adv. Sci. Res., 13, 151–161.

EPA (2004): Compilation of Air Pollution Emission Factors, AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 11: Mineral Products Industry, Section 11.19.2 Crushed Stone Processing and Pulverization Mineral Processing, siehe http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/

Geobasis NRW (2019): Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0, siehe https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0

HLUG (2010): Ermittlung des PM10-Anteils an den Gesamtstaubemissionen von Bauschuttaufbereitungsanlagen. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden (Kummer, V., van der Pütten, N., Schneble, H., Wagner, R., Winkels, H.-J.). In: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft 70, Nr. 11/12, 478-482.

Kaiser-Weiss, A. K., Kaspar, F., Heene, V., Borsche, M., Tan, D. G. H., Poli, P., Obregon, A., and Gregow, H. (2015): Comparison of regional and global reanalysis near-surface winds with station observations over Germany, Adv. Sci. Res., 12, 187-198.

LANUV (2015-2019): Kurzfassung der Jahreskenngrößen 2015-2019 kontinuierlich gemessener Immissionskonzentrationen in NRW. Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz, Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen.

Schädler, G., Lohmeyer, A. (1994): Simulation of nocturnal drainage flows on personal computers. In: Meteorol. Zeitschrift, N.F. 3, S. 167-171.

TA Luft (2002): 1. Allg. Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft). GMBl. 2002, Heft 25 – 29, S. 511 – 605, vom 24.07.2002.

UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG ,,Umwelt und Verkehr''. Oktober 2004.

VDI 3783 Blatt 13 (2010): Umweltmeteorologie. Qualitätssicherung in der Immissionsprognose. Anlagenbezogener Immissionsschutz, Ausbreitungsrechnungen gemäß TA Luft. Richtlinie VDI 3783 Blatt 13. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Januar 2010.

VDI 3790 Blatt 2 (2017): Umweltmeteorologie - Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen – Deponien. Richtlinie VDI 3790 Blatt 2. Hrsg.: VDI-Kommission Reinhaltung der Luft, Juni 2017.

VDI 3790 Blatt 3 (2010): Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen - Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern. Richtlinie VDI 3790 Blatt 3. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Januar 2010.

VDI 3790 Blatt 4 (2018): Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen - Staubemissionen durch Fahrzeugbewegungen auf gewerblichem/industriellem

Betriebsgelände. Richtlinie VDI 3790 Blatt 4. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, September 2018.

A N H A N G

A1 MATERIALIEN UND UNTERLAGEN

Für das Gutachten wurden die nachfolgend aufgeführten Unterlagen neben den im Kapitel Literatur verzeichneten Schriften verwendet:

- Rahmenplan der Werksanlage, erhalten von Herrn Klemmer, Sibelco Deutschland GmbH (E-Mail am 25.04.19)
- Geräteliste Stand April 2019, erhalten von Herrn Klemmer, Sibelco Deutschland GmbH (E-Mail am 25.04.19)
- Förderzahlen des Tontagebaus Schenkenbusch, erhalten von Herrn Klemmer, Sibelco Deutschland GmbH (E-Mail am 09.05.19)
- Lageplan der Abbauszenarien des Tontagebaus Schenkenbusch, erhalten von Herrn Habisch, Sibelco Deutschland GmbH (E-Mail am 13.05.19)

Verwendete Pläne und ähnliche Unterlagen werden im Archiv des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co. KG abgelegt.

A2 LOG-DATEIEN DER RECHENLÄUFE

Eingangsdaten der LASAT-Rechnung

param.def, Abbauszenario 1

```
- Input file created by AUSTAL2000 2.6.11-WI-x
==================================================== param.def
.
  Ident = "63915 Schenkenbusch"
  Seed = 11111
  Interval = 01:00:00
  RefDate = 2006-01-01.00:00:00
  Start = 00:00:00
  End = 365.00:00:00
  Average = 24
  Flags = +MAXIMA+MNT
==================================================== grid.def
.
  RefX = 32359762
  RefY = 5616720
  GGCS = UTM
  Sk = { 0.0 3.0 6.0 10.0 16.0 25.0 40.0 65.0 100.0 150.0 200.0 300.0 400.0 500.0 600.0
700.0 800.0 1000.0 1200.0 1500.0 }
  Nzd = 1
  Xmin = -1440.0
  Ymin = -1040.0
  Delta = 16.0
  Nx = 150
  Ny = 150
  Ntype = COMPLEX
  Im = 200
  Ie = 1.00e-004
==================================================== sources.def
.
! Nr. |     Xq     Yq    Hq    Aq    Bq    Cq     Wq   Dq   Vq     Qq    Ts     Lw     Rh     Tt
------+-----------------------------------------------------------------------------------------
Q  01 |   -20.0   522.0   0.0  33.0 136.0   3.0    2.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  02 |  -508.0  -263.0   0.0  80.0  64.0   3.0   86.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  03 |  -200.0    90.0   0.0  64.0 103.0   2.0  155.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  04 |  -261.0   120.0   0.0   5.0 400.0   3.0    2.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  05 |  -502.0  -205.0   0.0 405.0   5.0   3.0   53.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  06 |  -652.0  -299.0   0.0 125.0   5.0   3.0   46.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  07 |  -112.0   235.0   0.0 147.0 121.0   2.0   46.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  08 |  -253.0   121.0   0.0 300.0   5.0   3.0   39.9  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  09 |  -197.0  -270.0   0.0   5.0 310.0   3.0   78.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  10 |  -271.0   517.0   0.0 259.0   5.0   3.0   16.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  11 |  -208.0  -470.0   0.0 150.0 150.0   2.0   36.8  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
------+-----------------------------------------------------------------------------------------
================================================= substances.def
```

```
.
  Name = gas
  Unit = g
  Rate = 8.00000
  Vsed = 0.0000
-
! Substance |      Vdep      Refc      Refd      Rfak  Rexp
------------+-----------------------------------------------
K  pm-1     | 1.000e-003 4.000e-005 4.051e-006 0.000e+000  0.80
K  pm-2     | 1.000e-002 4.000e-005 4.051e-006 0.000e+000  0.80
------------+-----------------------------------------------
.
  Name = pm3
  Unit = g
  Rate = 8.00000
  Vsed = 0.0400
-
! Substance |      Vdep      Refc      Refd      Rfak  Rexp
------------+-----------------------------------------------
K  pm-3     | 5.000e-002 4.000e-005 4.051e-006 0.000e+000  0.80
------------+-----------------------------------------------
=================================================== emissions.def
.
! SOURCE |    gas.pm-1    gas.pm-2    pm3.pm-3
---------+-------------------------------------
E    01 |        ?        ?        ?
E    02 |        ?        ?        ?
E    03 |        ?        ?        ?
E    04 |        ?        ?        ?
E    05 |        ?        ?        ?
E    06 |        ?        ?        ?
E    07 |        ?        ?        ?
E    08 |        ?        ?        ?
E    09 |        ?        ?        ?
E    10 |        ?        ?        ?
E    11 |        ?        ?        ?
---------+-------------------------------------
=================================================== monitor.def
.
! Nr. |     Xp     Yp    Hp
------+----------------------
M  01 |  140.0   554.0   1.5
M  02 |  173.0   631.0   1.5
M  03 |  151.0   725.0   1.5
M  04 |  122.0   807.0   1.5
M  05 |   91.0   879.0   1.5
M  06 |  124.0   891.0   1.5
M  07 |   58.0   915.0   1.5
M  08 |   49.0   926.0   1.5
M  09 |  126.0   506.0   1.5
------+----------------------
```

```
====================================================

param.def, Abbauszenario 3

- Input file created by AUSTAL2000 2.6.11-WI-x
==================================================== param.def
.
  Ident = "63915 Schenkenbusch"
  Seed = 11111
  Interval = 01:00:00
  RefDate = 2006-01-01.00:00:00
  Start = 00:00:00
  End = 365.00:00:00
  Average = 24
  Flags = +MAXIMA+MNT
==================================================== grid.def
.
  RefX = 32359762
  RefY = 5616720
  GGCS = UTM
  Sk = { 0.0 3.0 6.0 10.0 16.0 25.0 40.0 65.0 100.0 150.0 200.0 300.0 400.0 500.0 600.0
700.0 800.0 1000.0 1200.0 1500.0 }
  Nzd = 1
  Xmin = -1440.0
  Ymin = -1040.0
  Delta = 16.0
  Nx = 150
  Ny = 150
  Ntype = COMPLEX
  Im = 200
  Ie = 1.00e-004
==================================================== sources.def
.
! Nr. |     Xq     Yq    Hq    Aq    Bq    Cq     Wq   Dq   Vq     Qq    Ts     Lw     Rh     Tt
------+-----------------------------------------------------------------------------------------
Q  01 |   -77.0   760.0   0.0  33.0 136.0   3.0   23.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  02 |  -508.0  -263.0   0.0  80.0  64.0   3.0   86.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  03 |  -200.0    90.0   0.0  64.0 103.0   2.0  155.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  04 |  -261.0   120.0   0.0   5.0 445.0   3.0    2.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  05 |  -502.0  -205.0   0.0 405.0   5.0   3.0   53.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  06 |  -652.0  -299.0   0.0 125.0   5.0   3.0   46.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  07 |   -67.0   540.0   0.0 107.0 121.0   2.0   22.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  08 |   -52.0   618.0   0.0 202.0   5.0   3.0  103.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  09 |  -271.0   563.0   0.0 194.0   5.0   3.0    1.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
Q  10 |   -75.0   569.0   0.0 255.0   5.0   3.0   96.0  0.0  0.0   0.000  -1.0 0.0000    0.0    0.0
------+-----------------------------------------------------------------------------------------
================================================= substances.def
.
  Name = gas
  Unit = g
  Rate = 8.00000
```

```
  Vsed = 0.0000
-
! Substance |      Vdep      Refc      Refd      Rfak  Rexp
------------+-----------------------------------------------
K  pm-1     | 1.000e-003 4.000e-005 4.051e-006 0.000e+000  0.80
K  pm-2     | 1.000e-002 4.000e-005 4.051e-006 0.000e+000  0.80
------------+-----------------------------------------------
.
  Name = pm3
  Unit = g
  Rate = 8.00000
  Vsed = 0.0400
-
! Substance |      Vdep      Refc      Refd      Rfak  Rexp
------------+-----------------------------------------------
K  pm-3     | 5.000e-002 4.000e-005 4.051e-006 0.000e+000  0.80
------------+-----------------------------------------------
=================================================== emissions.def
.
! SOURCE |    gas.pm-1    gas.pm-2    pm3.pm-3
---------+-------------------------------------
E    01 |        ?        ?        ?
E    02 |        ?        ?        ?
E    03 |        ?        ?        ?
E    04 |        ?        ?        ?
E    05 |        ?        ?        ?
E    06 |        ?        ?        ?
E    07 |        ?        ?        ?
E    08 |        ?        ?        ?
E    09 |        ?        ?        ?
E    10 |        ?        ?        ?
---------+-------------------------------------
=================================================== monitor.def
.
! Nr. |     Xp     Yp    Hp
------+----------------------
M  01 |  140.0   554.0   1.5
M  02 |  173.0   631.0   1.5
M  03 |  151.0   725.0   1.5
M  04 |  122.0   807.0   1.5
M  05 |   91.0   879.0   1.5
M  06 |  124.0   891.0   1.5
M  07 |   58.0   915.0   1.5
M  08 |   49.0   926.0   1.5
M  09 |  126.0   506.0   1.5
------+----------------------
===================================================
```

meteo.def, Auszug

```
=================================================================
==== meteo.def
- LPRAKT 3.4.10: time series d:/DM/63915/LASAT/Re0/Rea6_2006.akt
-        Umin=0.70  Seed=11111
.
  Version = 2.6  ' boundary layer version
  Z0 = 0.500     ' surface roughness length (m)
  D0 = 3.000     ' displacement height (m)
  Xa = -1121     ' anemometer (measurement) x-position (m)
  Ya = -98     ' anemometer (measurement) y-position (m)
  Ha =  10.0     ' anemometer (measurement) height above ground (m)
  Ua = ?         ' wind velocity (m/s)
  Ra = ?         ' wind direction (deg)
  KM = ?         ' stability class according to Klug/Manier
  ZgMean = 158   ' average terrain height (m)
  Wind = ?       ' wind field index
  WindLib = ~lib    ' wind field library
  RefDate = 2006-01-01T00:00:00+0100
  Svf  = ?       'Proportionalitätsfaktor zur Def. der horizontalen Windgeschwindigkeitsfluktuati-
on Sv
-
!          T1            T2     Ua     Ra    KM   Wind  Svf
-(ddd.hh:mm:ss) (ddd.hh:mm:ss)  (m/s)  (deg) (K/M)    (1)
Z     00:00:00       01:00:00  4.100    206   3.1      0  1.8 ' 2006-01-01T01:00:00+0100
Z     01:00:00       02:00:00  4.700    206   3.1      0  1.8 ' 2006-01-01T02:00:00+0100
Z     02:00:00       03:00:00  2.700    205   3.1      0  1.8 ' 2006-01-01T03:00:00+0100
Z     03:00:00       04:00:00  4.200    209   3.1      0  1.8 ' 2006-01-01T04:00:00+0100
Z     04:00:00       05:00:00  4.500    205   3.1      0  1.8 ' 2006-01-01T05:00:00+0100
Z     05:00:00       06:00:00  4.100    207   3.1      0  1.8 ' 2006-01-01T06:00:00+0100
Z     06:00:00       07:00:00  4.400    203   3.1      0  1.8 ' 2006-01-01T07:00:00+0100
Z     07:00:00       08:00:00  4.000    198   3.1      0  1.8 ' 2006-01-01T08:00:00+0100
Z     08:00:00       09:00:00  4.000    183   3.1      0  1.8 ' 2006-01-01T09:00:00+0100
Z     09:00:00       10:00:00  3.200    174   3.1      0  1.8 ' 2006-01-01T10:00:00+0100
```

Auswertung der Ergebnisse

loprep.txt, Abbauszenario 1

2019-07-29 08:12:26 LOPREP_1.1.10

Auswertung der Ergebnisse für "d:\DM\63915-Tontagebau\LASAT\Re10_szen1"
===
=

DEP: Jahres-/Langzeitmittel der gesamten Deposition
DRY: Jahres-/Langzeitmittel der trockenen Deposition
WET: Jahres-/Langzeitmittel der nassen Deposition

J00: Jahres-/Langzeitmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit
Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen

Maximalwerte, Deposition

PM DEP 2,528e+00 g/(m²*d) (+/- 0,1%) bei x= -536 m, y= -216 m (57, 52)
PM DRY 2,528e+00 g/(m²*d) (+/- 0,1%) bei x= -536 m, y= -216 m (57, 52)
PM WET 0,000e+00 g/(m²*d) (+/- 0,0%)
==========
====

Maximalwerte, Konzentration bei z=1,5 m

PM J00 1,920e+02 µg/m³ (+/- 0,1%) bei x= -536 m, y= -216 m (57, 52)
PM T00 8,580e+02 µg/m³ (+/- 0,9%) bei x= -536 m, y= -216 m (57, 52)
PM T35 4,118e+02 µg/m³ (+/- 1,1%) bei x= -536 m, y= -232 m (57, 51)
==========

Auswertung für die Beurteilungspunkte: Zusatzbelastung
==========

PUNKT	01	02	03	
xp	140	173	151	
yp	554	631	725	
hp	1,5	1,5	1,5	
PM DEP	1,477e-02 0,7%	9,881e-03 0,9%	8,604e-03 0,9%	g/(m²*d)
PM DRY	1,477e-02 0,7%	9,881e-03 0,9%	8,604e-03 0,9%	g/(m²*d)
PM WET	0,000e+00 0,0%	0,000e+00 0,0%	0,000e+00 0,0%	g/(m²*d)
PM J00	2,601e+00 0,5%	1,849e+00 0,6%	1,657e+00 0,6%	µg/m³
PM T00	1,983e+01 3,4%	1,632e+01 5,6%	1,293e+01 5,1%	µg/m³
PM T35	7,176e+00 3,5%	5,347e+00 5,0%	5,161e+00 5,8%	µg/m³

==========
=

PUNKT	04	05	06	
xp	122	91	124	
yp	807	879	891	
hp	1,5	1,5	1,5	
PM DEP	7,405e-03 1,0%	6,273e-03 1,1%	5,675e-03 1,1%	g/(m²*d)
PM DRY	7,405e-03 1,0%	6,273e-03 1,1%	5,675e-03 1,1%	g/(m²*d)
PM WET	0,000e+00 0,0%	0,000e+00 0,0%	0,000e+00 0,0%	g/(m²*d)
PM J00	1,440e+00 0,6%	1,290e+00 0,7%	1,138e+00 0,7%	µg/m³
PM T00	1,197e+01 5,3%	1,237e+01 3,3%	1,103e+01 6,0%	µg/m³
PM T35	4,494e+00 6,0%	4,009e+00 10,4%	3,625e+00 5,4%	µg/m³

==========
=

PUNKT	07	08	09
xp	58	49	126
yp	915	926	506

```
hp                 1,5             1,5             1,5
------+-----------------+-----------------+-----------------
PM DEP   5,479e-03  1,2%   5,479e-03  1,2%   1,632e-02  0,7%  g/(m²*d)
PM DRY   5,479e-03  1,2%   5,479e-03  1,2%   1,632e-02  0,7%  g/(m²*d)
PM WET   0,000e+00  0,0%   0,000e+00  0,0%   0,000e+00  0,0%  g/(m²*d)
PM J00   1,147e+00  0,7%   1,147e+00  0,7%   2,831e+00  0,5%  µg/m³
PM T00   1,250e+01  3,1%   1,250e+01  3,1%   2,181e+01  3,1%  µg/m³
PM T35   3,404e+00  6,1%   3,404e+00  6,1%   7,104e+00  4,7%  µg/m³
=========================================================================
=

=========================================================================
========
```

loprep.txt, Abbauszenario 3

```
2019-07-29 08:13:46 LOPREP_1.1.10

Auswertung der Ergebnisse für "d:\DM\63915-Tontagebau\LASAT\Re11_szen3"
=========================================================================
=

    DEP: Jahres-/Langzeitmittel der gesamten Deposition
    DRY: Jahres-/Langzeitmittel der trockenen Deposition
    WET: Jahres-/Langzeitmittel der nassen Deposition
    J00: Jahres-/Langzeitmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit
    Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen
    Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen

Maximalwerte, Deposition
------------------------
PM DEP  2,523e+00 g/(m²*d)  (+/-  0,1%) bei x= -536 m, y= -216 m ( 57, 52)
PM DRY  2,523e+00 g/(m²*d)  (+/-  0,1%) bei x= -536 m, y= -216 m ( 57, 52)
PM WET  0,000e+00 g/(m²*d)  (+/-  0,0%)
=========================================================================
====

Maximalwerte, Konzentration bei z=1,5 m
---------------------------------------
PM J00  1,917e+02 µg/m³ (+/-  0,1%) bei x= -536 m, y= -216 m ( 57, 52)
PM T00  8,571e+02 µg/m³ (+/-  1,0%) bei x= -536 m, y= -216 m ( 57, 52)
PM T35  4,119e+02 µg/m³ (+/-  1,0%) bei x= -536 m, y= -232 m ( 57, 51)
=========================================================================


Auswertung für die Beurteilungspunkte: Zusatzbelastung
=======================================================
PUNKT            01            02            03
xp              140           173           151
yp              554           631           725
```

```
hp                1,5             1,5             1,5
------+-----------------+-----------------+-----------------
PM DEP   1,999e-02  0,7%   1,617e-02  0,8%   1,615e-02  0,7%  g/(m²*d)
PM DRY   1,999e-02  0,7%   1,617e-02  0,8%   1,615e-02  0,7%  g/(m²*d)
PM WET   0,000e+00  0,0%   0,000e+00  0,0%   0,000e+00  0,0%  g/(m²*d)
PM J00   3,192e+00  0,5%   2,722e+00  0,5%   2,794e+00  0,5%  µg/m³
PM T00   2,186e+01  3,6%   2,058e+01  4,7%   1,919e+01  4,5%  µg/m³
PM T35   8,290e+00  4,2%   7,691e+00  8,6%   8,191e+00  4,8%  µg/m³
=====================================================================
=
PUNKT              04              05              06
xp                122              91             124
yp                807             879             891
hp                1,5             1,5             1,5
------+-----------------+-----------------+-----------------
PM DEP   1,684e-02  0,7%   1,705e-02  0,7%   1,313e-02  0,8%  g/(m²*d)
PM DRY   1,684e-02  0,7%   1,705e-02  0,7%   1,313e-02  0,8%  g/(m²*d)
PM WET   0,000e+00  0,0%   0,000e+00  0,0%   0,000e+00  0,0%  g/(m²*d)
PM J00   2,886e+00  0,5%   3,040e+00  0,5%   2,386e+00  0,5%  µg/m³
PM T00   2,539e+01  3,5%   2,242e+01  4,3%   1,944e+01  4,5%  µg/m³
PM T35   8,307e+00  6,1%   8,676e+00  4,8%   7,144e+00  4,6%  µg/m³
=====================================================================
=
PUNKT              07              08              09
xp                 58              49             126
yp                915             926             506
hp                1,5             1,5             1,5
------+-----------------+-----------------+-----------------
PM DEP   1,690e-02  0,7%   1,690e-02  0,7%   2,009e-02  0,7%  g/(m²*d)
PM DRY   1,690e-02  0,7%   1,690e-02  0,7%   2,009e-02  0,7%  g/(m²*d)
PM WET   0,000e+00  0,0%   0,000e+00  0,0%   0,000e+00  0,0%  g/(m²*d)
PM J00   3,052e+00  0,5%   3,052e+00  0,5%   3,185e+00  0,5%  µg/m³
PM T00   2,855e+01  3,4%   2,855e+01  3,4%   2,130e+01  4,0%  µg/m³
PM T35   8,679e+00  3,7%   8,679e+00  3,7%   7,833e+00  4,6%  µg/m³
=====================================================================
=

=====================================================================
========
```

A3 BESCHREIBUNG DES MODELLS LASAT

LASAT (Lagrange Simulation von Aerosol-Transport) ist ein Modell zur Berechnung der Ausbreitung von Spurenstoffen in der Atmosphäre, das in einem Computerprogramm realisiert ist. LASAT ist ein Episodenmodell, d.h. es berechnet den zeitlichen Verlauf der Stoffkonzentration in einem vorgegebenen Rechengebiet.

LASAT ist konform mit der VDI-Richtlinie 3945 Blatt 3 „Partikelmodelle“ (VDI, 2000) und ist Grundlage des Ausbreitungsmodells AUSTAL2000, des Referenzmodells der TA Luft (2002), das vom Ingenieurbüro Janicke im Auftrag des Umweltbundesamtes erstellt wurde.

Das Ausbreitungsmodell LASAT berechnet die Ausbreitung passiver Spurenstoffe in der unteren Atmosphäre (bis ca. 2 000 m Höhe) im lokalen und regionalen Bereich (bis ca. 150 km Entfernung). Es basiert auf einem Lagrange-Modell (Teilchensimulation), bei dem die Dispersion der Stoffteilchen in der Atmosphäre durch einen Zufallsprozess auf dem Computer simuliert wird. Dies ist — seit der Version 2.00 — ein Markov-Prozess für die Orts- und Geschwindigkeitskomponenten eines Simulationsteilchens, der Zeitschritte bis zum Doppelten der Lagrange-Korrelationszeit zulässt.

Es werden folgende physikalische Vorgänge zeitabhängig simuliert:

- Transport durch den mittleren Wind,
- Dispersion in der Atmosphäre,
- Sedimentation schwerer Aerosole,
- Deposition am Erdboden (trockene Deposition),
- Auswaschen der Spurenstoffe durch Regen und nasse Deposition,
- Chemische Umwandlungen erster Ordnung,

Eine Abgasfahnenüberhöhung wird parametrisch erfasst. Das Gelände kann eben oder gegliedert sein und Gebäude enthalten, deren Umströmung berücksichtigt wird. In ebenem Gelände werden die zeitabhängigen meteorologischen Größen durch ein ebenes Grenzschichtmodell beschrieben. Dieses greift auf einfache Parameter zur Charakterisierung der Wettersituation zurück, wie z.B. eine Klassierung nach TA Luft, oder es wird direkt über die Monin-Obukhov-Länge und die Mischungsschichthöhe parametrisiert. Darüber hinaus können aber auch Vertikalprofile, wie sie von SODAR-Geräten zur Verfügung gestellt werden, oder Meßreihen eines Ultraschall-Anemometers verarbeitet werden.

Für komplexes Gelände ist im meteorologischen Präprozessor ein diagnostisches Windfeldmodell integriert, das für indifferente und stabile Schichtung einsetzbar ist. Das diagnostische Windfeldmodell kann auch die Umströmung von Gebäuden berechnen und dabei die im Lee auftretende Rezirkulation und die erhöhte Turbulenz modellieren. Gebäude dürfen auch in gegliedertem Gelände stehen. Dreidimensionale Wind- und Turbulenzfelder können auch explizit vorgegeben werden. Die Struktur der hierfür benötigten Datendateien ist voll dokumentiert.

Es können beliebig viele Emissionsquellen als Punkt-, Linien-, Flächen-, Raster– oder Volumenquellen definiert werden. Die meisten Parameter der Ausbreitungsrechnung - insbesondere die Quellstärken bzgl. der einzelnen Stoffkomponenten, Quellorte, Umwandlungsraten, Depositionsgeschwindigkeiten - können als Zeitreihe vorgegeben werden.

Es wird die über fortlaufende Zeitintervalle gemittelte dreidimensionale Konzentrationsverteilung der emittierten Spurenstoffe und die Stoffstromdichte ihrer Deposition am Erdboden berechnet. Die Größe des Mittelungsintervalles ist vorgebbar.

Die horizontale räumliche Auflösung beträgt typischerweise 1 bis 3 % des gesamten Rechengebietes. Für den bei Teilchensimulationen immer auftretenden Stichprobenfehler (er kann durch Erhöhung der Teilchenzahl beliebig verringert werden) wird während der Ausbreitungsrechnung ein Schätzwert berechnet. Diese Schätzung ermöglicht es dem Programm, die Fluktuationen in der berechneten Konzentrationsverteilung ohne systematische Verfälschung zu glätten. Neben der vollen dreidimensionalen Verteilung wird für vorgebbare Monitorpunkte die Zeitreihe von Konzentration und Deposition ausgerechnet.

A4 BESCHREIBUNG DES KALTLUFTABFLUSSMODELLS KALM

A4.1 Allgemeines

Unter bestimmten meteorologischen Bedingungen können sich nachts über geneigtem Gelände sogenannte Kaltluftabflüsse bilden; dabei fließt in Bodennähe gebildete kalte Luft hangabwärts. Die Dicke solcher Kaltluftschichten liegt meist zwischen 1 m und 50 m, in Kaltluftsammelgebieten, in denen sich die Kaltluft staut, kann die Schicht auf über 100 m anwachsen. Die typische Fließgeschwindigkeit der Kaltluft liegt in der Größenordnung von 1 m/s bis 3 m/s. Die folgenden beiden meteorologischen Bedingungen müssen für die Ausbildung von Kaltluftabflüssen erfüllt sein:

i) wolkenarme Nächte: durch die aufgrund fehlender Wolken reduzierte Gegenstrahlung der Atmosphäre kann die Erdoberfläche kräftig auskühlen

ii) großräumig windschwache Situation: dadurch kann sich die Tendenz der Kaltluft, an geneigten Flächen abzufließen, gegenüber dem Umgebungswind durchsetzen.

Die Produktionsrate von Kaltluft hängt stark vom Untergrund ab: Freilandflächen weisen beispielsweise hohe Kaltluftproduktion auf, während sich bebaute Gebiete bezüglich der Kaltluftproduktion neutral bis kontraproduktiv (städtische Wärmeinsel) verhalten.

Unter Umweltgesichtspunkten hat Kaltluft eine doppelte Bedeutung: zum einen kann Kaltluft nachts für Belüftung und damit Abkühlung thermisch belasteter Siedlungsgebiete sorgen. Zum anderen sorgt Kaltluft, die aus Reinluftgebieten kommt, für die nächtliche Belüftung schadstoffbelasteter Siedlungsräume. Kaltluft kann aber auch auf ihrem Weg Luftbeimengungen (Autoabgase, Geruchsstoffe etc.) aufnehmen und transportieren. Nimmt sie zu viele Schadstoffe auf, kann ihr Zufluss von Schaden sein. Vom Standpunkt der Regional- und Stadtplanung als auch für Fragen des anlagenbezogenen Immissionsschutzes ist es daher von großer Bedeutung, eventuelle Kaltluftabflüsse in einem Gebiet qualitativ und auch quantitativ bestimmen zu können. Als Hilfsmittel dazu ist das im folgenden beschriebene Modell erstellt worden.

A4.2 Modellbeschreibung

Das Modell verwendet die sogenannten Flachwassergleichungen, eine vereinfachte (vertikal integrierte) Form der Grundgleichungen der Strömungsmechanik. Die Bezeichnung "Flachwassergleichungen" hat sich eingebürgert, denn die Gleichungen eignen sich zur Beschreibung der Strömung jedes relativ zur Umgebung schweren Fluids, z.B. von Wasser oder von kalter Luft. Eine solche Strömung hat folgende Charakteristika:

- Abfluß über geneigtem Gelände entsprechend der Hangneigung
- Weiterbewegen der "Kaltluftfront" auch über ebenem Gelände
- Auffüllen von Becken (Kaltluftseen)
- Einfluß der Schichtdicke auf Strömungsrichtung und -geschwindigkeit (Druckgradienten).

Angetrieben wird die Strömung durch die auftriebskorrigierte Erdbeschleunigung. Innerhalb der Flachwassergleichungen werden folgende Einflüsse auf die Strömung berücksichtigt:

- Advektion (Transport der Kaltluft mit der Strömung)
- Reibung zwischen Erdoberfläche und Luft: diese Reibung variiert mit der Landnutzung (Freiland: niedrige Reibung, Siedlung: hohe Reibung)
- Beschleunigung oder Abbremsen der Strömung durch Änderung der Geländehöhe und / oder der Kaltluftschichtdicke
- von der Landnutzung abhängige Nullpunktsverschiebung des Geländeniveaus zusätzlich zur topografischen Geländehöhe
- von der Landnutzung abhängige Kaltluftproduktion.

Das Lösungsverfahren ist ein Differenzenverfahren mit variabler Gitterpunktzahl und Gitterweite, d.h. Topografie und Landnutzung müssen an den einzelnen Gitterpunkten digitalisiert vorliegen; es wird ein versetztes Gitter verwendet. Um großskalige Einflüsse (z.B. Flusstäler) bei gleichzeitiger hoher Auflösung im interessierenden Gebiet zu berücksichtigen, kann das Modell auf einem geschachtelten Gitter ("Nesting") betrieben werden.

Falls keine Kaltluftseebildung auftritt, wird die Rechnung nach ca. 1 h simulierter Zeit stationär, d.h. die berechneten Werte ändern sich dann nicht mehr signifikant. Im allgemeinen Fall ist es sinnvoll, ca. 3 h bis 6 h zu simulieren; dies entspricht den Verhältnissen in der Natur.

A4.3 Eingabedaten und Rechengrößen des Modells

Vorausgesetzt wird die für Kaltluftabflüsse optimale Situation, d.h. eine klare und windstille Nacht. Das Modell berechnet die zeitliche Entwicklung der Kaltluftströmung, ausgehend vom Ruhezustand (keine Strömung) bei gegebener zeitlich konstanter Kaltluftproduktionsrate. Diese, ebenso wie die Reibungskoeffizienten, werden über die Art der Landnutzung gesteuert. Es werden 8 Landnutzungsklassen berücksichtigt: dichte Bebauung, lockere Bebauung, gewerbliche Nutzungen, Wald, Freiland, Wasser, Gleisanlagen und Verkehrsflächen (Straßen, Parkplätze). Für die Kaltluftproduktionsraten, Reibungskoeffizienten und Nullpunktsverschiebungen sind Standardwerte vorgesehen. Die Kaltluftproduktionsrate von Wald wird in Abhängigkeit von der lokalen Hangneigung variiert. Weiterhin benötigt das Modell die Topografie in digitalisierter Form. Die Skala des Modells ist beliebig (i.a. ca. 10 km x 10 km), die Auflösung liegt zwischen ca. 15 m und 200 m.

Berechnet wird die Dicke der Kaltluftschicht sowie die beiden horizontalen Geschwindigkeitskomponenten (West-Ost und Süd-Nord), gemittelt über die Dicke der Kaltluftschicht. Aus diesen Größen kann dann auch der Kaltluftvolumenstrom berechnet werden.

Zur Weiterverarbeitung der Modellergebnisse stehen Postprozessoren u.a. zur graphischen Darstellung der berechneten Felder (Vektor- und Rasterdarstellung), zur Berechnung und Darstellung von Kaltluftvolumenströmen durch wählbare Schichten, zur Visualisierung der Strömung durch Vorwärts- und Rückwärtstrajektorien und zur Darstellung von Zeitreihen an ausgewählten Punkten zur Verfügung.

Durch Kopplung der von KALM berechneten Windfelder mit Ausbreitungsmodellen, wie z.B. LASAT, kann die Schadstoffausbreitung in Kaltluftabflüssen berechnet und z.B. in Immissionsprognosen eingearbeitet werden.

Im vorliegenden Projekt wurde auf der Grundlage von digitalen Daten der Geländehöhen und dem CORINE-Landnutzungskataster ein digitales Geländemodell mit Landnutzung erstellt. Damit wurden Kaltluftsimulationsrechnungen mit dem Kaltluftabflussmodell KALM durchgeführt. Das Untersuchungsgebiet bzw. Rechengebiet umfasst ein Rechteck, in dem das Plangebiet enthalten ist (vgl. **Abb. 4.2**). Damit die Modellierung der Kaltluftströmungen die örtlichen Verhältnisse zufriedenstellend berücksichtigen kann, wird die Modellierung für ein Gebiet von ca. 6 244.5 km² durchgeführt. Das Gebiet erstreckt sich in westöstlicher Richtung ca. 90.5 km und in nordsüdlicher Richtung ca. 69 km. Dieses Gebiet wurde mit einem Raster der Maschenweite von 16 m x 16 m berücksichtigt. Zur Verwendung der so berechneten Kaltluftwindfelder als explizite Kaltluftwindfelder in der Ausbreitungsrechnung wurden diese auf das Rechengitter von LASAT (vgl. Abschnitt 6.2) interpoliert.

A5 ERGEBNISABBILDUNGEN KALTLUFT

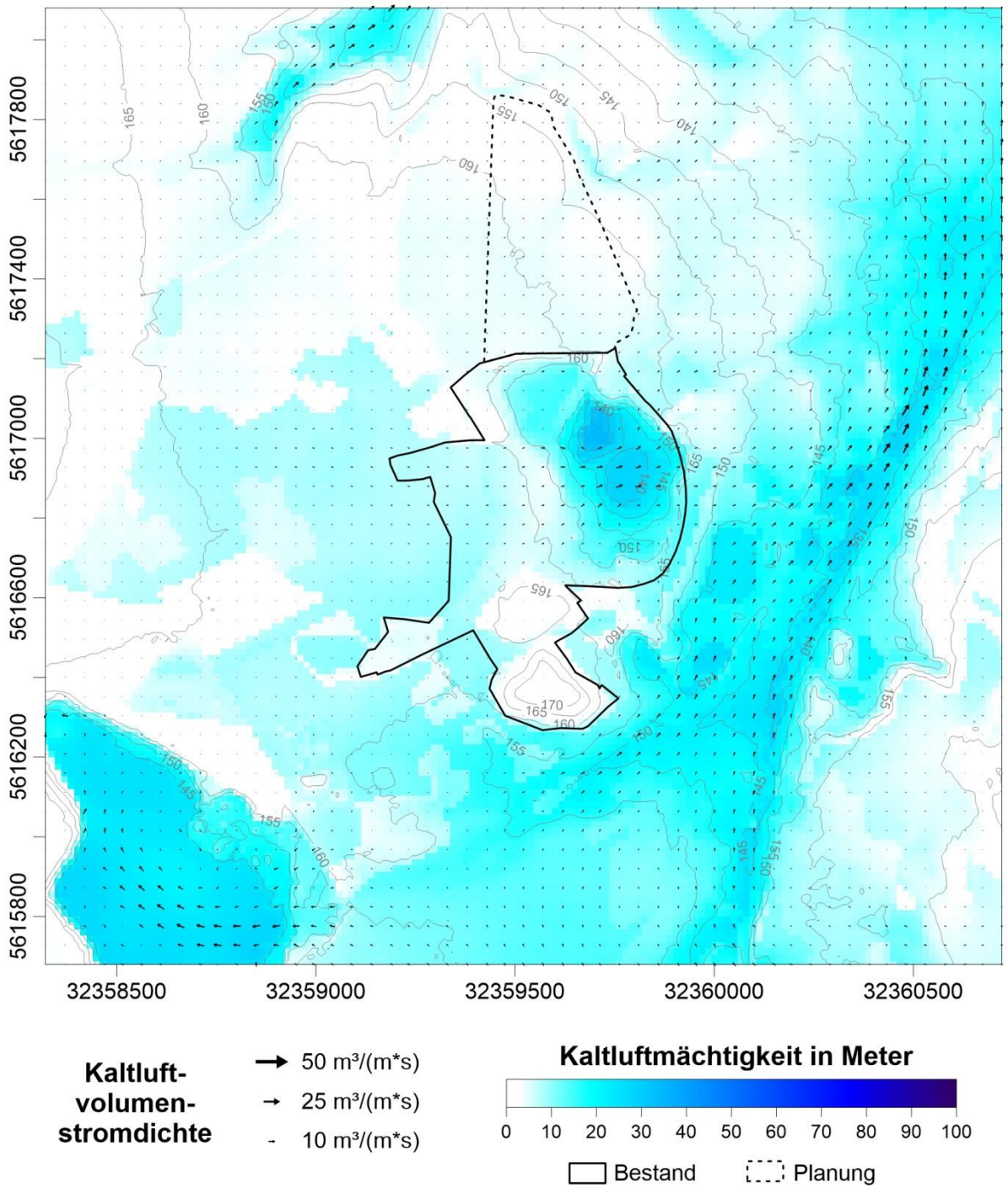

Abb. A5.1: Volumenstromdichte und Schichtdicke in der Anfangsphase der Kaltluftbildung

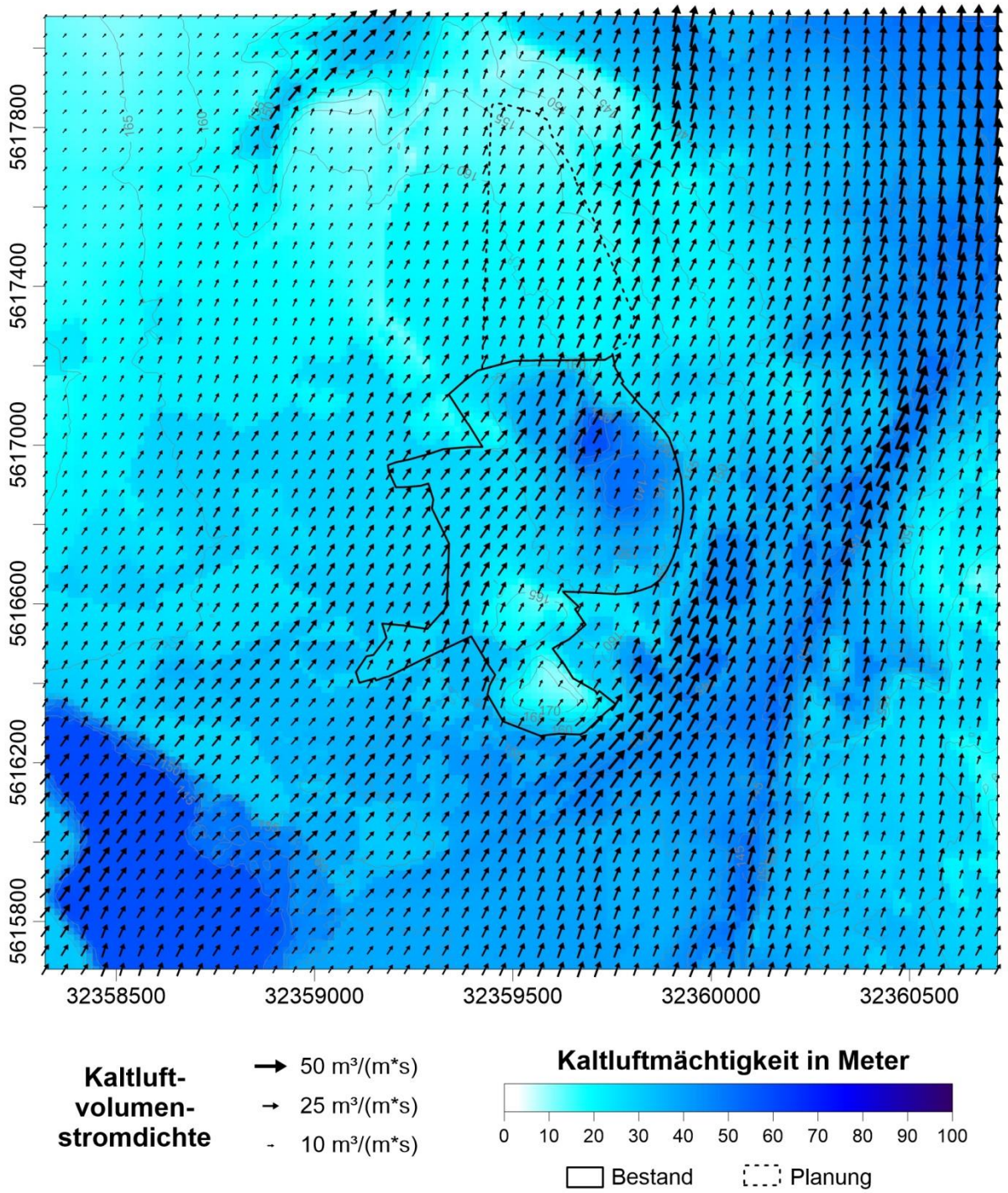

Abb. A5.2: Volumenstromdichte und Schichtdicke bei ausgeprägter Kaltluftbildung

A6 ZUSAMMENFASSUNG DER EMISSIONSBESTIMMUNG STAUB

Abbauszenario 1:

Stoffstrom Ton — Parameterbezeichnung entsprechend VDI 3790, Blatt 3

Nr.	Material	Gewichtungsfaktor	Abwurfmasse in t/Hub bzw. t/h	Abwurfhöhe in m	Auswirkungsfaktor k_H	Korrekturfaktor kGerät	Umfeldfaktor kU	Schüttdichte in g/cm³	q_{norm}	$q_{norm, korr}$	Emissionsfaktor q_{Ub} in g/t	Menge in t/a	Emission TSP in kg/a	Anteil PM10 in %	Emission PM10 in kg/a	Anteil PM2.5 in %	Emission PM2.5 in kg/a	Quelle
1	Ton	10	700	-	-	-	0.9	1.8	1.0	-	1.7	100000	165.3	25	41.3	5	8.2661	Q1+
2	Ton	10	3.6	0.75	0.29	1.5	0.9	1.80	14.2	3.1	5.1	100000	507.4	25	126.8	5	25.369	Q11
3	Ton	10	25	0.75	0.29	1.5	0.9	1.8	5.4	1.2	1.9	110000	211.8	25	52.9	5	10.589	
4	Ton	10	700	-	-	-	0.9	1.8	1.0	-	1.7	130000	214.9	25	53.7	5	10.746	
5	Ton	10	5.94	0.50	0.18	1.5	0.8	1.8	11.1	1.5	2.1	130000	275.0	25	68.7	5	13.748	
6	Ton	10	160	0.50	0.18	1	0.9	1.80	65.9	5.8	9.4	91000	858.1	25	214.5	5	42.905	
7	Ton	10	160	0.50	0.18	1	0.9	1.80	65.9	5.8	9.4	91000	858.1	25	214.5	5	42.905	
8	Ton	10	160	2.50	1.32	1	0.9	1.80	65.9	43.5	70.5	91000	6415.8	25	1603.9	5	320.79	
9	Ton	10	160	0.50	0.18	1	0.9	1.80	65.9	5.8	9.4	39000	367.8	25	91.9	5	18.388	
10	Ton	10	160	0.50	0.18	1	0.9	1.80	65.9	5.8	9.4	39000	367.8	25	91.9	5	18.388	
11	Ton	10	160	4.00	2.38	1	0.9	1.80	65.9	78.3	126.9	39000	4947.9	25	1237.0	5	247.4	
12	Ton	10	700	-	-	-	0.9	1.8	1.0	-	1.7	130000	214.9	25	53.7	5	10.746	
13	Ton	10	5.94	0.75	0.29	1.5	0.9	1.80	11.1	2.4	3.9	130000	513.5	25	128.4	5	25.674	Q2
											Summe:		**15918**		**3980**		**796**	
											Summe Q1:		**673**		**168**		**34**	
											Summe Q2:		**15245**		**3811**		**762**	

Nr.	Beschreibung Betriebsablauf
1	Aufnahme mit Bagger
2	Abwurf vom Bagger
3	Abkippen vom LKW/Dumper
4	Aufnahme mit Radlader
5	Abwurf von Radlader
6	Abwurf vom Förderband zur neuen Halle 1/3
7	Abwurf vom Förderband zur neuen Halle 2/3
8	Abwurf vom Förderband zur neuen Halle 3/3
9	Abwurf vom Förderband zur alten Halle 1/3
10	Abwurf vom Förderband zur alten Halle 2/3
11	Abwurf vom Förderband zur alten Halle 3/3
12	Aufnahme mit Radlader
13	Abwurf vom Radlader

Vorgänge auf Zwischenlager

Nr.	Material	Gewichtungsfaktor	Abwurfmasse in t/Hub bzw. t/h	Abwurfhöhe in m	Auswirkungsfaktor k_H	Korrekturfaktor kGerät	Umfeldfaktor kU	Schüttdichte in g/cm³	q_{norm}	$q_{norm, korr}$	Emissionsfaktor q_{Ub} in g/t	Menge in t/a	Emission TSP in kg/a	Anteil PM10 in %	Emission PM10 in kg/a	Anteil PM2.5 in %	Emission PM2.5 in kg/a	Quelle
1	Ton	10	700	-	-	-	0.9	1.8	1.0	-	1.7	20000	33.1	25	8.3	5	1.6532	Q1+
2	Ton	10	3.6	0.75	0.29	1.5	0.9	1.80	14.2	3.1	5.1	20000	101.5	25	25.4	5	5.0737	Q11
3	Ton	10	25	0.75	0.29	1.5	0.9	1.8	5.4	1.2	1.9	20000	38.5	25	9.6	5	1.9253	
4	Ton	10	700	-	-	-	0.9	1.8	1.0	-	1.7	20000	33.1	25	8.3	6	1.9839	
5	Ton	10	3.6	0.75	0.29	1.5	0.9	1.80	14.2	3.1	5.1	20000	101.5	25	25.4	5	5.0737	
6	Ton	10	25	0.75	0.29	1.5	0.7	1.8	5.4	1.2	1.5	20000	29.9	25	7.5	5	1.4975	Q3
											Summe:		**338**		**84**		**17**	
											Summe Q1:		**135**		**34**		**7**	
											Summe Q3:		**203**		**51**		**10**	

Nr.	Beschreibung Betriebsablauf
1	Aufnahme mit Bagger
2	Abwurf vom Bagger
3	Abkippen vom Dumper
4	Aufnahme mit Bagger
5	Abwurf vom Bagger
6	Abkippen vom Dumper

Stoffstrom Abraum — Parameterbezeichnung entsprechend VDI 3790, Blatt 3

Nr.	Material	Gewichtungsfaktor	Abwurfmasse in t/Hub bzw. t/h	Abwurfhöhe in m	Auswirkungsfaktor k_H	Korrekturfaktor kGerät	Umfeldfaktor kU	Schüttdichte in g/cm³	q_{norm}	$q_{norm, korr}$	Emissionsfaktor q_b in g/t	Menge in t/a	Emission TSP in kg/a	Anteil PM10 in %	Emission PM10 in kg/a	Anteil PM2.5 in %	Emission PM2.5 in kg/a	Quelle
1	Erde	10	700	-	-	-	0.9	2.00	1.0	-	1.8	51150	94.0	25	23.5	5	4.6979	
2	Erde	10	4	0.75	0.29	1.5	0.9	2.00	13.5	3.0	5.3	51150	273.6	25	68.4	5	13.678	
3	Erde	10	25	0.75	0.29	1.5	0.9	2.00	5.4	1.2	2.1	51150	109.4	25	27.4	5	5.4712	Q7
											Summe Q7:		477		119		24	

Nr.	Beschreibung Betriebsablauf
1	Aufnahme mit Bagger
2	Abwurf vom Bagger in Dumper
3	Abwurf vom Dumper in Grube/Wall

Fahrbewegungen (befestigte Fahrwege) Tonabbau

Fahrweg Dumper	[m]		Vorgänge/a		[km/a]	Gewicht [t]	[t x km/a]	motorbedingte Emissionen LKWs:		
Anfahrt Aufbereitung zu Tongrube (leer)	880	x	2332	=	2052.16	22	45148	Fahrleistung	Emissionsfaktor	Emission
Von Tongrube nach Aufbereitung (voll)	880	x	2332	=	2052.16	47	96452	(VKT) in km/a	in g PM10/km	in g/a
			Summe:		4104	Summe:	141599	4104	0.20	821
			Durchschnittliches Fahrzeuggewicht [t]:				34.5			

Parameterbezeichnungen entsprechend VDI 3790 Blatt 4

	Faktor k_{Kgv} zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung	Silt Loading sL in g/m²	average weight W in t	-	"wet" days P in Tage/a	kM Kennzahl für die Wirksamkeit von Emissionsminderungs-maßnahmen	E.-Fak. q_{bF} in g/km Fahrzeug	Fahrweg in km/a	Emission in kg/a	Quelle
PM2.5	0.15	60	34.5	-	135	0	223	4104	916	Q4+Q5
PM10	0.62	60	34.5	-	135	0	921	4104	3780	
PM30	3.23	60	34.5	-	135	0	4797	4104	19688	

PM10 beinhaltet hier auch PM2.5 und PM30 beinhaltet hier auch PM10.

Fahrweg befestigt Abhaldung

Fahrweg Dumper	[m]		Vorgänge/a		[km/a]	Gewicht [t]	[t x km/a]	motorbedingte Emissionen LKWs:		
Anfahrt Aufbereitung zu Tongrube (leer)	350	x	1668	=	583.8	22	12844	Fahrleistung	Emissionsfaktor	Emission
Von Tongrube nach Rekultivierung (voll)	350	x	1668	=	583.8	47	27439	(VKT) in km/a	in g PM10/km	in g/a
			Summe:		1168	Summe:	40282	1168	0.20	234
			Durchschnittliches Fahrzeuggewicht [t]:				34.5			

Parameterbezeichnungen entsprechend VDI 3790 Blatt 4

	Faktor k_{Kgv} zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung	Silt Loading sL in g/m²	average weight W in t	-	"wet" days P in Tage/a	kM Kennzahl für die Wirksamkeit von Emissionsminderungs-maßnahmen	E.-Fak. q_{bF} in g/km Fahrzeug	Fahrweg in km/a	Emission in kg/a	Quelle
PM2.5	0.15	60	34.5	-	135	0	223	1168	261	Q9
PM10	0.62	60	34.5	-	135	0	921	1168	1075	
PM30	3.23	60	34.5	-	135	0	4797	1168	5601	

PM10 beinhaltet hier auch PM2.5 und PM30 beinhaltet hier auch PM10.

Fahrweg befestigt Abraum

Fahrweg Dumper	[m]		Vorgänge/a		[km/a]	Gewicht [t]	[t x km/a]	motorbedingte Emissionen LKWs:		
Anfahrt Aufbereitung zu Tongrube (leer)	700	x	2050	=	1435	22	31570	Fahrleistung	Emissionsfaktor	Emission
Von Tongrube nach Rekultivierung (voll)	700	x	2050	=	1435	47	67445	(VKT) in km/a	in g PM10/km	in g/a
			Summe:		2870	Summe:	99015	2870	0.20	574
			Durchschnittliches Fahrzeuggewicht [t]:				34.5			

Parameterbezeichnungen entsprechend VDI 3790 Blatt 4

	Faktor k_{Kgv} zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung	Silt Loading sL in g/m²	average weight W in t	-	"wet" days P in Tage/a	kM Kennzahl für die Wirksamkeit von Emissionsminderungs-maßnahmen	E.-Fak. q_{bF} in g/km Fahrzeug	Fahrweg in km/a	Emission in kg/a	Quelle
PM2.5	0.15	60	34.5	-	135	0	223	2870	641	Q4+Q8
PM10	0.62	60	34.5	-	135	0	921	2870	2643	
PM30	3.23	60	34.5	-	135	0	4797	2870	13767	

PM10 beinhaltet hier auch PM2.5 und PM30 beinhaltet hier auch PM10.

Fahrweg befestigt Zwischenlager von Tagebau

Fahrweg Dumper	[m]		Vorgänge/a		[km/a]	Gewicht [t]	[t x km/a]	motorbedingte Emissionen LKWs:		
Anfahrt Halde zu Hauptweg (leer)	400	x	468	=	187.2	22	4118	Fahrleistung	Emissionsfaktor	Emission
Hauptweg zu Halde (voll)	400	x	468	=	187.2	47	8798	(VKT) in km/a	in g PM10/km	in g/a
			Summe:		374	Summe:	12917	374	0.20	75
			Durchschnittliches Fahrzeuggewicht [t]:				34.5			

Parameterbezeichnungen entsprechend VDI 3790 Blatt 4

	Faktor k_{Kgv} zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung	Silt Loading sL in g/m²	average weight W in t	-	"wet" days P in Tage/a	kM Kennzahl für die Wirksamkeit von Emissionsminderungs-maßnahmen	E.-Fak. q_{bF} in g/km Fahrzeug	Fahrweg in km/a	Emission in kg/a	Quelle
PM2.5	0.15	60	34.5	-	135	0	223	374	**84**	Q4
PM10	0.62	60	34.5	-	135	0	921	374	**345**	
PM30	3.23	60	34.5	-	135	0	4797	374	**1796**	

PM10 beinhaltet hier auch PM2.5 und PM30 beinhaltet hier auch PM10.

Fahrweg befestigt Zwischenlager von Abhaldung

Fahrweg Dumper	[m]		Vorgänge/a		[km/a]	Gewicht [t]	[t x km/a]	motorbedingte Emissionen LKWs:		
Anfahrt Halde zu Hauptweg (leer)	700	x	332	=	232.4	22	5113	Fahrleistung	Emissionsfaktor	Emission
Hauptweg zu Halde (voll)	700	x	332	=	232.4	47	10923	(VKT) in km/a	in g PM10/km	in g/a
			Summe:		465	Summe:	16036	465	0.20	93
			Durchschnittliches Fahrzeuggewicht [t]:				34.5			

Parameterbezeichnungen entsprechend VDI 3790 Blatt 4

	Faktor k_{Kgv} zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung	Silt Loading sL in g/m²	average weight W in t	-	"wet" days P in Tage/a	kM Kennzahl für die Wirksamkeit von Emissionsminderungs-maßnahmen	E.-Fak. q_{bF} in g/km Fahrzeug	Fahrweg in km/a	Emission in kg/a	Quelle
PM2.5	0.15	60	34.5	-	135	0	223	465	**104**	Q5+Q9
PM10	0.62	60	34.5	-	135	0	921	465	**428**	
PM30	3.23	60	34.5	-	135	0	4797	465	**2230**	

PM10 beinhaltet hier auch PM2.5 und PM30 beinhaltet hier auch PM10.

Fahrweg befestigt Betriebsanlage

Fahrweg Radlader	[m]		Vorgänge/a		[km/a]	Gewicht [t]	[t x km/a]	motorbedingte Emissionen LKWs:		
Radladerfahrten auf Betriebsgelände (voll)	25	x	21885	=	547.125	25	13678	Fahrleistung	Emissionsfaktor	Emission
Radladerfahrten auf Betriebsgelände (leer)	25	x	21885	=	547.125	19	10395	(VKT) in km/a	in g PM10/km	in g/a
			Summe:		1094	Summe:	24074	1094	0.20	219
			Durchschnittliches Fahrzeuggewicht [t]:				22.0			

Parameterbezeichnungen entsprechend VDI 3790 Blatt 4

	Faktor k_{Kgv} zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung	Silt Loading sL in g/m²	average weight W in t	-	"wet" days P in Tage/a	kM Kennzahl für die Wirksamkeit von Emissionsminderungs-maßnahmen	E.-Fak. q_{bF} in g/km Fahrzeug	Fahrweg in km/a	Emission in kg/a	Quelle
PM2.5	0.15	60	22.0	-	135	0	141	1094	**155**	Q2
PM10	0.62	60	22.0	-	135	0	582	1094	**637**	
PM30	3.23	60	22.0	-	135	0	3032	1094	**3318**	

PM10 beinhaltet hier auch PM2.5 und PM30 beinhaltet hier auch PM10.

Fahrweg befestigt Betrieb - Ausfahrt

Fahrweg Radlader	[m]		Vorgänge/a		[km/a]	Gewicht [t]	[t x km/a]	motorbedingte Emissionen LKWs:		
LKW Anlieferung (voll)	140	x	385	=	53.9	40	2156	Fahrleistung	Emissionsfaktor	Emission
LKW Anlieferung (leer)	140	x	385	=	53.9	14	755	(VKT) in km/a	in g PM10/km	in g/a
LKW Abtransport (voll)	140	x	5000	=	700	40	28000	1508	0.20	302
LKW Abtransport (leer)	140	x	5000	=	700	14	9800			
			Summe:		1508	Summe:	40711			
			Durchschnittliches Fahrzeuggewicht [t]:				27.0			

Parameterbezeichnungen entsprechend VDI 3790 Blatt 4

	Faktor k_{Kgv} zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung	Silt Loading sL in g/m²	average weight W in t	-	"wet" days P in Tage/a	kM Kennzahl für die Wirksamkeit von Emissionsminderungs-maßnahmen	E.-Fak. q_{bF} in g/km Fahrzeug	Fahrweg in km/a	Emission in kg/a	Quelle
PM2.5	0.15	60	27.0	-	135	0	173	1508	**261**	Q6
PM10	0.62	60	27.0	-	135	0	717	1508	**1081**	
PM30	3.23	60	27.0	-	135	0	3736	1508	**5633**	

PM10 beinhaltet hier auch PM2.5 und PM30 beinhaltet hier auch PM10.

Fahrbewegung unbefestigt Tontagebau

Fahrweg Dumper		[m]		Vorgänge/a		[km/a]	Gewicht [t]	[t x km/a]	**motorbedingte Emissionen Radlader:**		
Anfahrt Aufbereitung zu Tongrube (leer)		250	x	2332	=	583	22	12826	Fahrleistung	Emissionsfaktor	Emission
Von Tongrube nach Aufbereitung (voll)		250	x	2332	=	583	47	27401	(VKT) in km/a	in g PM10/km	in g/a
Abraum Dumper	Abraum	250	x	2050	=	512.5	22	11275	2425	0.20	485
Anfahrt zu Tongr	Abraum	250	x	2050	=	512.5	47	24088			
Tontagebau nach	Zwischenlager (leer)	250	x	468	=	117	22				
Tontagebau nach	Zwischenlager (voll)	250	x	468	=	117	47	5499			
				Summe:		**2425**	**Summe:**	**81089**			
				Durchschnittliches Fahrzeuggewicht [t]:				**33.4**			

Parameterbezeichnungen entsprechend VDI 3790 Blatt 4

	korngrößenabhängiger Faktor zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung k_{Kgv}	**silt content S in %**	**average weight W in t**	**empirical constant a**	**empirical constant b**	**"wet" days P in Tage/a**	**kM Kennzahl für die Wirksamkeit von Emissionsminderungs-maßnahmen**	**E.-Fak. VDI in g/km Fzg**	**Fahrweg in km/a**	**Emission in kg/a**	**Quelle**
PM2.5	42	10	33.4	0.9	0.45	135	0	70	2425	**170**	
PM10	422	10	33.4	0.9	0.45	135	0	700	2425	**1698**	Q10
PM30	1381	10	33.4	0.7	0.45	135	0	2377	2425	**5764**	

PM10 beinhaltet hier auch PM2.5 und PM30 beinhaltet hier auch PM10.

Diffuse Gesamtstaubemissionen durch Abwehung

Aktive Fläche in m²	**Starkwindhäufigkeiten > 4 m/s**	**Emissionsfaktor in g/(m²*h)**	**Emission in kg/a**	**PM2.5 in kg/a**	**PM10 in kg/a**	**TSP-PM10-PM2.5 in kg/a**
500	27%	1	1182.6	295.65	295.65	591.3

Abbauszenario 3:

Stoffstrom Ton — Parameterbezeichnung entsprechend VDI 3790, Blatt 3

Nr.	Material	Gewichtungsfaktor	Abwurfmasse in t/Hub bzw. t/h	Abwurfhöhe in m	Auswirkungsfaktor k_H	Korrekturfaktor kGerät	Umfeldfaktor kU	Schüttdichte in g/cm³	q_{norm}	$q_{norm, korr}$	Emissionsfaktor q_{Ab} in g/t	Menge in t/a	Emission TSP in kg/a	Anteil PM10 in %	Emission PM10 in kg/a	Anteil PM2.5 in %	Emission PM2.5 in kg/a	Quelle
1	Ton	10	700	-	-	-	0.9	1.8	1.0	-	1.7	100000	165.3	25	41.3	5	8.2661	Q1
2	Ton	10	3.6	0.75	0.29	1.5	0.9	1.80	14.2	3.1	5.1	100000	507.4	25	126.8	5	25.369	
3	Ton	10	25	0.75	0.29	1.5	0.9	1.8	5.4	1.2	1.9	110000	211.8	25	52.9	5	10.589	Q2
4	Ton	10	700	-	-	-	0.9	1.8	1.0	-	1.7	130000	214.9	25	53.7	5	10.746	
5	Ton	10	5.94	0.50	0.18	1.5	0.8	1.8	11.1	1.5	2.1	130000	275.0	25	68.7	5	13.748	
6	Ton	10	160	0.50	0.18	1	0.9	1.80	65.9	5.8	9.4	91000	858.1	25	214.5	5	42.905	
7	Ton	10	160	0.50	0.18	1	0.9	1.80	65.9	5.8	9.4	91000	858.1	25	214.5	5	42.905	
8	Ton	10	160	2.50	1.32	1	0.9	1.80	65.9	43.5	70.5	91000	6415.8	25	1603.9	5	320.79	
9	Ton	10	160	0.50	0.18	1	0.9	1.80	65.9	5.8	9.4	39000	367.8	25	91.9	5	18.388	
10	Ton	10	160	0.50	0.18	1	0.9	1.80	65.9	5.8	9.4	39000	367.8	25	91.9	5	18.388	
11	Ton	10	160	4.00	2.38	1	0.9	1.80	65.9	78.3	126.9	39000	4947.9	25	1237.0	5	247.4	
12	Ton	10	700	-	-	-	0.9	1.8	1.0	-	1.7	130000	214.9	25	53.7	5	10.746	
13	Ton	10	5.94	0.75	0.29	1.5	0.9	1.80	11.1	2.4	3.9	130000	513.5	25	128.4	5	25.674	
											Summe:		**15918**		**3980**		**796**	
											Summe Q1:		**673**		**168**		**34**	
											Summe Q2:		**15245**		**3811**		**762**	

Nr.	Beschreibung Betriebsablauf
1	Aufnahme mit Bagger
2	Abwurf vom Bagger
3	Abkippen vom LKW/Dumper
4	Aufnahme mit Radlader
5	Abwurf von Radlader
6	Abwurf vom Förderband zur neuen Halle 1/3
7	Abwurf vom Förderband zur neuen Halle 2/3
8	Abwurf vom Förderband zur neuen Halle 3/3
9	Abwurf vom Förderband zur alten Halle 1/3
10	Abwurf vom Förderband zur alten Halle 2/3
11	Abwurf vom Förderband zur alten Halle 3/3
12	Aufnahme mit Radlader
13	Abwurf vom Radlader

Vorgänge auf Zwischenlager

Nr.	Material	Gewichtungsfaktor	Abwurfmasse in t/Hub bzw. t/h	Abwurfhöhe in m	Auswirkungsfaktor k_H	Korrekturfaktor kGerät	Umfeldfaktor kU	Schüttdichte in g/cm³	q_{norm}	$q_{norm, korr}$	Emissionsfaktor q_{Ab} in g/t	Menge in t/a	Emission TSP in kg/a	Anteil PM10 in %	Emission PM10 in kg/a	Anteil PM2.5 in %	Emission PM2.5 in kg/a	Quelle
1	Ton	10	700	-	-	-	0.9	1.8	1.0	-	1.7	20000	33.1	25	8.3	5	1.6532	
2	Ton	10	3.6	0.75	0.29	1.5	0.9	1.80	14.2	3.1	5.1	20000	101.5	25	25.4	5	5.0737	Q1
3	Ton	10	25	0.75	0.29	1.5	0.9	1.8	5.4	1.2	1.9	20000	38.5	25	9.6	5	1.9253	
4	Ton	10	700	-	-	-	0.9	1.8	1.0	-	1.7	20000	33.1	25	8.3	5	1.6532	
5	Ton	10	3.6	0.75	0.29	1.5	0.9	1.80	14.2	3.1	5.1	20000	101.5	25	25.4	5	5.0737	
6	Ton	10	25	0.75	0.29	1.5	0.7	1.8	5.4	1.2	1.5	20000	29.9	25	7.5	5	1.4975	Q3
											Summe:		**338**		**84**		**17**	
											Summe Q1:		**135**		**34**		**7**	
											Summe Q3:		**203**		**51**		**10**	

Nr.	Beschreibung Betriebsablauf
1	Aufnahme mit Bagger
2	Abwurf vom Bagger
3	Abkippen vom Dumper
4	Aufnahme mit Bagger
5	Abwurf vom Bagger
6	Abkippen vom Dumper

Stoffstrom Abraum — Parameterbezeichnung entsprechend VDI 3790, Blatt 3

Nr.	Material	Gewichtungsfaktor	Abwurfmasse in t/Hub bzw. t/h	Abwurfhöhe in m	Auswirkungsfaktor k_H	Korrekturfaktor kGerät	Umfeldfaktor kU	Schüttdichte in g/cm³	q_{norm}	$q_{norm, korr}$	Emissionsfaktor q_{bu} in g/t	Menge in t/a	Emission TSP in kg/a	Anteil PM10 in %	Emission PM10 in kg/a	Anteil PM2.5 in %	Emission PM2.5 in kg/a	Quelle
1	Erde	10	700	-	-	-	0.9	2.00	1.0	-	1.8	51150	94.0	25	23.5	5	4.6979	
2	Erde	10	4	0.75	0.29	1.5	0.9	2.00	13.5	3.0	5.3	51150	273.6	25	68.4	5	13.678	
3	Erde	10	25	0.75	0.29	1.5	0.9	2.00	5.4	1.2	2.1	51150	109.4	25	27.4	5	5.4712	Q7
											Summe Q7:		**477**		**119**		**24**	

Nr.	Beschreibung Betriebsablauf
1	Aufnahme mit Bagger
2	Abwurf vom Bagger in Dumper
3	Abwurf vom Dumper in Grube/Wall

Fahrbewegungen (befestigte Fahrwege) Tonabbau

Fahrweg Dumper	[m]		Vorgänge/a		[km/a]	Gewicht [t]	[t x km/a]	motorbedingte Emissionen LKWs:		
Anfahrt Aufbereitung zu Tongrube (leer)	1100	x	4800	=	5280	22	116160	Fahrleistung	Emissionsfakto	Emission
Von Tongrube nach Aufbereitung (voll)	1100	x	4800	=	5280	47	248160	(VKT) in km/a	in g PM10/km	in g/a
			Summe:		**10560**	**Summe:**	**364320**	10560	0.20	2112
			Durchschnittliches Fahrzeuggewicht [t]:				**34.5**			

Parameterbezeichnungen entsprechend VDI 3790 Blatt 4

	Faktor k_{Kgv} zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung	Silt Loading sL in g/m²	average weight W in t	-	"wet" days P in Tage/a	kM Kennzahl für die Wirksamkeit von Emissionsminderungs-maßnahmen	E.-Fak. q_{bF} in g/km Fahrzeug	Fahrweg in km/a	Emission in kg/a	Quelle
PM2.5	0.15	60	34.5	-	135	0	223	10560	**2357**	Q4+Q5+Q9
PM10	0.62	60	34.5	-	135	0	921	10560	**9726**	
PM30	3.23	60	34.5	-	135	0	4797	10560	**50656**	

PM10 beinhaltet hier auch PM2.5 und PM30 beinhaltet hier auch PM10.

Fahrweg befestigt Betriebsanlage

Fahrweg Radlader	[m]		Vorgänge/a		[km/a]	Gewicht [t]	[t x km/a]	motorbedingte Emissionen LKWs:		
Radladerfahrten auf Betriebsgelände (voll)	25	x	21885		547.125	25	13678	Fahrleistung	Emissionsfakto	Emission
Radladerfahrten auf Betriebsgelände (leer)	25	x	21885		547.125	19	10395	(VKT) in km/a	in g PM10/km	in g/a
			Summe:		**1094**	**Summe:**	**24074**	1094	0.20	219
			Durchschnittliches Fahrzeuggewicht [t]:				**22.0**			

Parameterbezeichnungen entsprechend VDI 3790 Blatt 4

	Faktor k_{Kgv} zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung	Silt Loading sL in g/m²	average weight W in t	-	"wet" days P in Tage/a	kM Kennzahl für die Wirksamkeit von Emissionsminderungs-maßnahmen	E.-Fak. q_{bF} in g/km Fahrzeug	Fahrweg in km/a	Emission in kg/a	Quelle
PM2.5	0.15	60	22.0	-	135	0	141	1094	**155**	Q2
PM10	0.62	60	22.0	-	135	0	582	1094	**637**	
PM30	3.23	60	22.0	-	135	0	3032	1094	**3318**	

PM10 beinhaltet hier auch PM2.5 und PM30 beinhaltet hier auch PM10.

Fahrweg befestigt Betrieb - Ausfahrt

Fahrweg Radlader	[m]		Vorgänge/a		[km/a]	Gewicht [t]	[t x km/a]	motorbedingte Emissionen LKWs:		
LKW Anlieferung (voll)	140	x	385		53.9	40	2156	Fahrleistung	Emissionsfakto	Emission
LKW Anlieferung (leer)	140	x	385		53.9	14	755	(VKT) in km/a	in g PM10/km	in g/a
LKW Abtransport (voll)	140	x	5000		700	40	28000	1508	0.20	302
LKW Abtransport (leer)	140	x	5000		700	14	9800			
			Summe:		**1508**	**Summe:**	**40711**			
			Durchschnittliches Fahrzeuggewicht [t]:				**27.0**			

Parameterbezeichnungen entsprechend VDI 3790 Blatt 4

	Faktor k_{Kgv} zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung	Silt Loading sL in g/m²	average weight W in t	-	"wet" days P in Tage/a	kM Kennzahl für die Wirksamkeit von Emissionsminderungs-maßnahmen	E.-Fak. q_{bF} in g/km Fahrzeug	Fahrweg in km/a	Emission in kg/a	Quelle
PM2.5	0.15	60	27.0	-	135	0	173	1508	**261**	Q6
PM10	0.62	60	27.0	-	135	0	717	1508	**1081**	
PM30	3.23	60	27.0	-	135	0	3736	1508	**5633**	

PM10 beinhaltet hier auch PM2.5 und PM30 beinhaltet hier auch PM10.

Fahrbewegungen (unbefestigte Fahrwege) VDI 3790 Blatt 4, Radlader inkl. motorbedingte Emissionen

Achtung Änderung zu VDI (2010), Motoremissionen sind in VDI-Formel offiziell nicht enthalten

Fahrbewegung unbefestigt Tontagebau

Fahrweg Dumper	[m]		Vorgänge/a		[km/a]	Gewicht [t]	[t x km/a]	**motorbedingte Emissionen Radlader:**		
Anfahrt Aufbereitung zu Tongrube (leer)	250	x	4800	=	1200	22	26400	Fahrleistung	Emissionsfakto	Emission
Von Tongrube nach Aufbereitung (voll)	250	x	4800	=	1200	47	56400	(VKT) in km/a	in g PM10/km	in g/a
			Summe:		**2400**	**Summe:**	**82800**	2400	0.20	480
			Durchschnittliches Fahrzeuggewicht [t]:				**34.5**			

Parameterbezeichnungen entsprechend VDI 3790 Blatt 4

	korngrößenabhängiger Faktor zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung k_{Kgv}	**silt content S in %**	**average weight W in t**	**empirical constant a**	**empirical constant b**	**"wet" days P in Tage/a**	**kM Kennzahl für die Wirksamkeit von Emissionsminderungs-maßnahmen**	**E.-Fak. VDI in g/km Fzg**	**Fahrweg in km/a**	**Emission in kg/a**	**Quelle**
PM2.5	42	10	34.5	0.9	0.45	135	0	71	2400	**171**	
PM10	422	10	34.5	0.9	0.45	135	0	710	2400	**1704**	Q10
PM30	1381	10	34.5	0.7	0.45	135	0	2410	2400	**5784**	

PM10 beinhaltet hier auch PM2.5 und PM30 beinhaltet hier auch PM10.

Fahrbewegung unbefestigt Abraum

Fahrweg Dumper	[m]		Vorgänge/a		[km/a]	Gewicht [t]	[t x km/a]	**motorbedingte Emissionen Radlader:**		
Anfahrt Aufbereitung zu Tongrube (leer)	200	x	2050	=	410	22	9020	Fahrleistung	Emissionsfakto	Emission
Von Tongrube nach Rekultivierung (voll)	200	x	2050	=	410	47	19270	(VKT) in km/a	in g PM10/km	in g/a
			Summe:		**820**	**Summe:**	**28290**	820	0.20	164
			Durchschnittliches Fahrzeuggewicht [t]:				**34.5**			

Parameterbezeichnungen entsprechend VDI 3790 Blatt 4

	korngrößenabhängiger Faktor zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung k_{Kgv}	**silt content S in %**	**average weight W in t**	**empirical constant a**	**empirical constant b**	**"wet" days P in Tage/a**	**kM Kennzahl für die Wirksamkeit von Emissionsminderungs-maßnahmen**	**E.-Fak. VDI in g/km Fzg**	**Fahrweg in km/a**	**Emission in kg/a**	**Quelle**
PM2.5	42	10	34.5	0.9	0.45	135	0	71	820	**58**	
PM10	422	10	34.5	0.9	0.45	135	0	710	820	**582**	Q8
PM30	1381	10	34.5	0.7	0.45	135	0	2410	820	**1976**	

PM10 beinhaltet hier auch PM2.5 und PM30 beinhaltet hier auch PM10.

Diffuse Gesamtstaubemissionen durch Abwehung

Aktive Fläche in m²	**Starkwindhäufigkeiten > 4 m/s**	**Emissionsfaktor in g/(m²*h)**	**Emission in kg/a**	**PM2.5 in kg/a**	**PM10 in kg/a**	**TSP-PM10-PM2.5 in kg/a**
500	27%	1	1182.6	295.65	295.65	591.3