

Antragsteller: Valet u. Ott GmbH & Co. KG
Beton-, Kies- und Splittwerke
Uferweg 25
88512 Mengen

**Prognose der Staubemissionen und -immissionen
im Rahmen des Genehmigungsverfahrens zur
Erweiterung des Kiesabbaugebiets 'Stockäcker'
in Otterswang**

Datum: 01.04.2022

Projekt- Nr.: 20-03-29-FR

Berichtsumfang: 73 Seiten

Berichtsnummer: 1.1

Bearbeiter: **Dr. Frank J. Braun, Diplom-Meteorologe**
Stellvertretender fachlich Verantwortlicher für Immissionsprognosen,
Projektleiter

Claus-Jürgen Richter, Diplom-Meteorologe
Geschäftsführer

iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG
Eisenbahnstraße 43
79098 Freiburg
Tel.: 0761/ 202 3766
Fax.: 0761/ 202 1671
Email: braun@ima-umwelt.de

INHALT

1	Situation und Aufgabenstellung	5
2	Örtliche Verhältnisse	5
3	Betriebsbeschreibung	9
4	Emissions- und immissionsmindernde Maßnahmen	12
5	Staubemissionen	12
5.1	Staubemissionen durch Umschlag und Behandlung.....	13
5.2	Staubemissionen durch Fahrbewegungen.....	14
5.3	Dieselmotoremissionen.....	16
5.4	Windabwehungen.....	17
5.5	Gesamtemission.....	19
5.6	Vergleich mit dem Bagatellmassenstrom.....	20
6	Beurteilungsgrundlagen	21
6.1	Immissionswerte.....	21
6.2	Irrelevanzschwellen.....	22
7	Meteorologische Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung	22
7.1	Allgemeines.....	22
7.2	Meteorologische Daten.....	23
7.3	Niederschlagsdaten.....	23
7.4	Darstellung der Messdaten.....	23
7.5	Lokale Windsysteme.....	25
8	Immissionen	25
8.1	Ausbreitungsrechnungen.....	25
8.2	Betrachtete Beurteilungspunkte.....	25
8.3	Immissionsbeitrag der Anlage.....	29
9	Zusammenfassung	32

Literatur	33
Anhang 1: Abbildungen	36
Anhang 2: Grundlagen zur Ermittlung der Emissionen.....	48
A2.1 Umschlagvorgänge.....	48
A2.2 Fahrbewegungen auf unbefestigten Fahrwegen.....	50
Anhang 3: Emissionsmassenströme	55
Anhang 4: Ausbreitungsrechnungen.....	59
A4.1 Allgemeines	59
A4.2 Verwendetes Ausbreitungsmodell.....	59
A4.3 Rechengebiet.....	60
A4.4 Rauigkeitslänge	60
A4.5 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten	60
A4.6 Berücksichtigung von Gebäuden.....	62
A4.7 Quellen	62
A4.8 Statistische Unsicherheit des Ausbreitungsmodells.....	64
A4.9 Abgasfahnenüberhöhung	65
Anhang 5: Protokolldateien	66

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Valet u. Ott GmbH & Co. KG (nachfolgend Fa. Valet u. Ott) plant eine Erweiterung des Kiesabbaugebiets für den Bereich bzw. im Gewann 'Stockäcker' im Ortsteil Otterswang der Stadt Pfullendorf. Der Abbau soll in drei Abschnitten erfolgen und eine Gesamtfläche von ca. 14,3 ha umfassen. Die Fläche schließt sich südöstlich an die derzeitige Abbaufäche an und liegt etwa 800 m nördlich der bestehenden Kiesaufbereitungsanlage.

Im Rahmen des naturschutz- und baurechtlichen Genehmigungsverfahrens ist ein Prognosegutachten zu den Staubemissionen und -immissionen zu erstellen.

Das Gutachten gliedert sich in folgende Kapitel:

1. Darstellung der örtlichen Verhältnisse (Kapitel 2)
2. Beschreibung des geplanten Kiesabbaus (Kapitel 3)
3. Darstellung der emissions- und immissionsmindernden Maßnahmen (Kapitel 4)
4. Ermittlung der vom Vorhaben ausgehenden Staubemissionen (Kapitel 5)
5. Darstellung der Beurteilungsgrundlagen zur Bewertung der Staubimmissionen (Kapitel 6)
6. Darstellung der meteorologischen Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnungen (Kapitel 7)
7. Darstellung der Staubimmissionen (Kapitel 8)
8. Zusammenfassung der Ergebnisse (Kapitel 9)

Die iMA Richter & Röckle GmbH & Co.KG, Messstelle nach §29b BImSchG und akkreditiert nach DIN 17025 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft und Geruchsimmissions-Richtlinie, wurde mit der Ausarbeitung des Gutachtens beauftragt.

Das Gutachten wurde entsprechend der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13:2010-01 (2010) erstellt.

2 Örtliche Verhältnisse

Die Erweiterung des Kiesabbaus soll auf den Flurstücken 199, 59/2, 60/9 und 60/14, 198, 62/1, 62, 59/3 und 245 im Bereich der momentan überwiegend landwirtschaftlich genutzten Flächen im nordwestlichen Gemeindegebiet von Otterswang erfolgen. Sie schließt sich südöstlich an die derzeitigen Abbaubereiche an. Die Lage des bestehenden (genehmigten) und geplanten Kiesabbaubereichs sowie die weitere Umgebung können den Lageplänen in Abbildung 2-1 und Abbildung 2-2 entnommen werden. Die Koordinaten des geplanten Abbaubereichs betragen im UTM-32-Netz in etwa:

Ostwert:	516 300 bis 516 750
Nordwert:	5312 100 bis 5312 600
Höhe über NHN:	ca. 630 bis 645 m

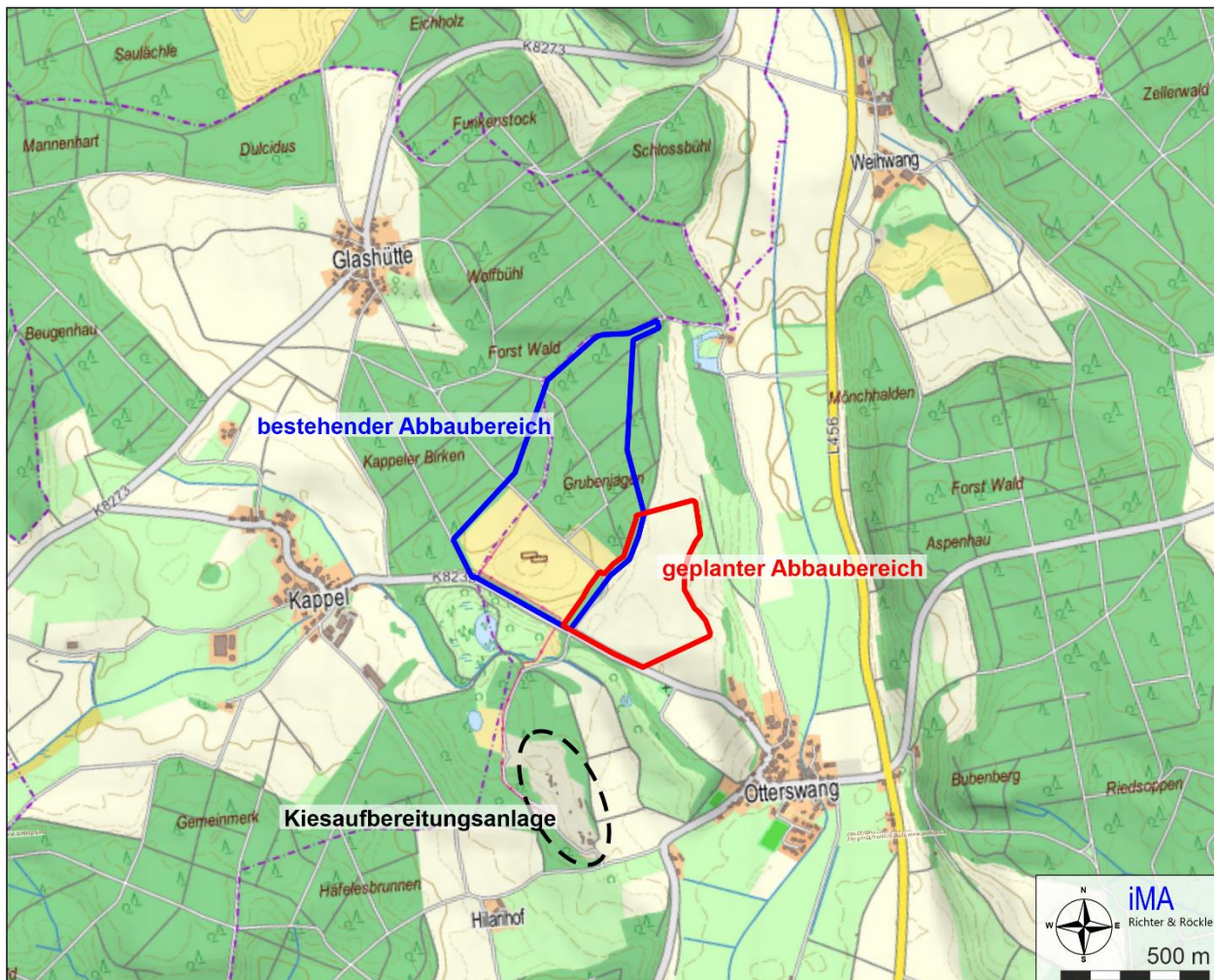


Abbildung 2-1: Lage des Abbaubereichs (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

Das geplante Abbaugebiet schließt sich überwiegend an die bestehenden Abbauflächen an. Angrenzend an das Abbaugebiet befinden sich landwirtschaftliche Nutzflächen (Ackerbau und Grünland). Die nächstgelegenen Wohnnutzungen weisen folgende Entfernungen zum geplanten Abbaugebiet auf:

- Ca. 300 m südöstlich: Wohnbebauung von Otterswang
- Ca. 600 m südlich: Wohnbebauung im Außenbereich von Otterswang (Walder Straße)
- Ca. 950 m südwestlich: Wohnbebauung auf ehemaligem landwirtschaftlichem Hofgut (Hilarihof)
- Ca. 700 m westlich: Wohnbebauung von Kappel, einem Ortsteil der Gemeinde Wald
- Ca. 1,1 km nordwestlich: Wohnbebauung von Glashütte, einem Ortsteil der Gemeinde Wald
- Ca. 1,2 km nordöstlich: Wohnbebauung im Otterswanger Ortsteil Weihwang
- Ca. 550 m nördlich: Fischzucht (Wohnhaus)

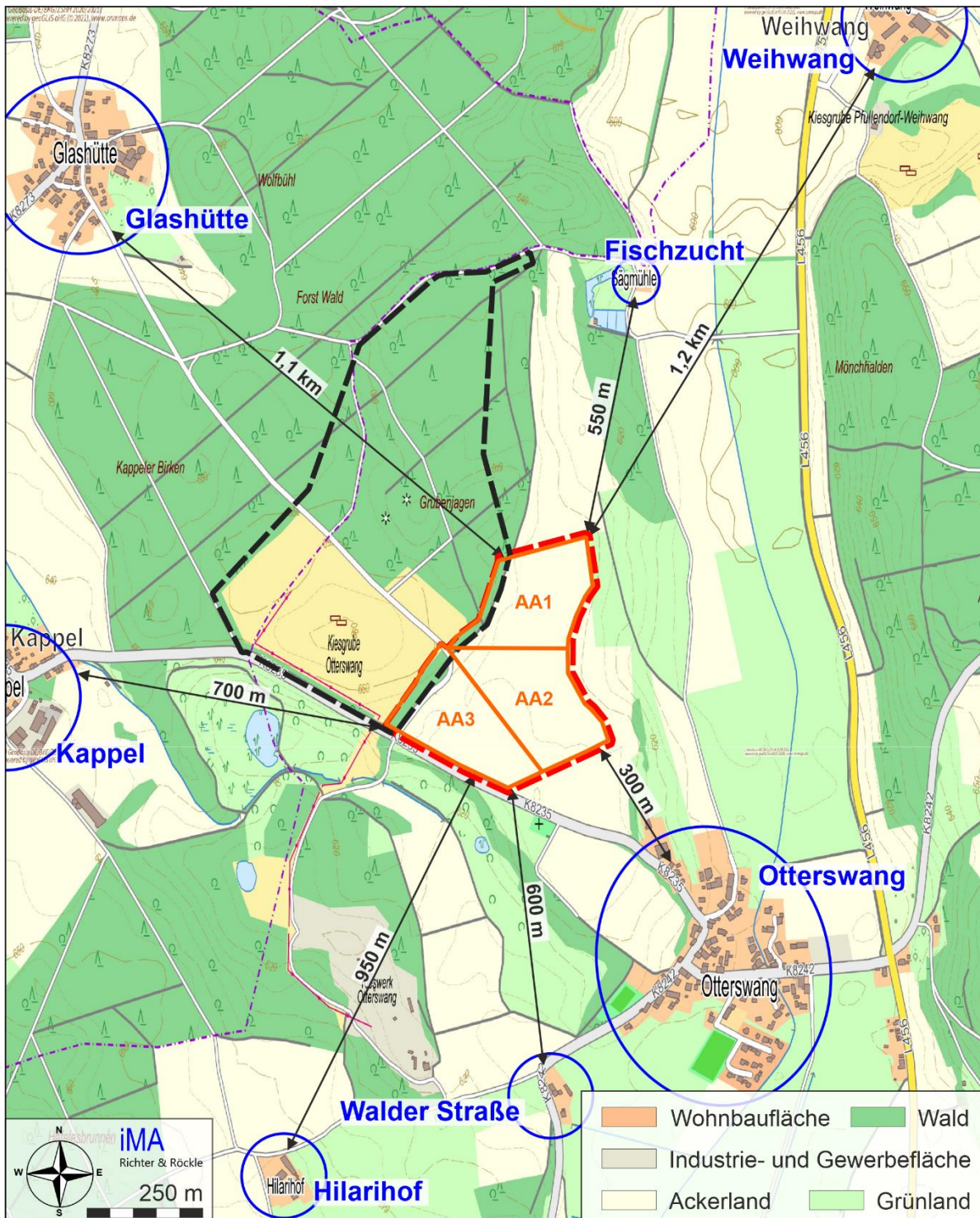


Abbildung 2-2: Bestehender Abbaubereich (schwarz),
geplanter Abbaubereich (rot),
Abbauabschnitte (orange)
nächstgelegene Wohnnutzungen (blau)
(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

Abbildung 2-3 zeigt die Abbaubereiche sowie die Lage der umgebenden Nutzungen im Luftbild.



Abbildung 2-3: Betriebsgelände sowie umgebende Nutzungen im Luftbild. (Luftbildgrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021 © Hexagon)

Das Gelände in der näheren Umgebung ist durch eine hügelige Struktur gekennzeichnet. Im östlichen Teil des Untersuchungsgebiets verläuft ein ausgeprägtes Tal von Süden nach Norden entlang des Kehlbachs und der parallel verlaufenden L 456.

Ein Ortstermin durch den Gutachter fand am 19.03.2021 statt. Dabei wurden alle für die Aufgabenstellung relevanten Anlagen- und Umgebungsbedingungen erfasst.

3 Betriebsbeschreibung

Die nachfolgende Betriebsbeschreibung beschränkt sich auf die Vorgänge, die für die Entstehung von Staubemissionen von Bedeutung sind. Eine detaillierte Beschreibung des Kiesabbaus kann dem Genehmigungsantrag der Fa. Valet u. Ott entnommen werden.

Allgemeines:

Der Kiesabbau soll nacheinander im Uhrzeigersinn in drei Abbauabschnitten AA1 bis AA3 (Gesamtfläche ca. 14,3 ha) mit einer Abbautiefe bis ca. 32 m (davon ca. 9 m Abraum; maximal ca. 36 m) unter dem heutigen Gelände erfolgen. Die mittlere Abbautiefe beträgt ca. 20 m. Pro Jahr sollen ca. 350.000 bis 400.000 Tonnen Kies gefördert werden und in der südlich benachbarten Kiesaufbereitung aufbereitet werden. Die Lage der Abbauflächen ist nachfolgend dargestellt.

Im Anschluss an den Abbau erfolgt die Verfüllung der bereits abgebauten Lagerbereiche.

Kiesabbau:

Der Kiesabbau erfolgt durch Lockern des Materials per Bagger. Der Kies rutscht an die Sohle der Abbaufläche, wo er mit einem Radlader aufgenommen und in einen Aufgabetrichter abgekippt wird. Ab einer Abbautiefe von 26 m bis maximal 36 m u. GOK (Geländeoberkante) wird der Grundwasserspiegel erreicht und der Kies wird im Nassabbau (im Mittel ca. 4 bis 4,5 m) abgebaut.

Vom Aufgabetrichter rutscht das Material auf ein Transportband, mit dem es über mehrere Bandübergaben (derzeit zwei nördlich der K8235) in Richtung Süden zur Kiesaufbereitungsanlage transportiert wird. Mit Voranschreiten des Kiesabbaus wird der Aufgabetrichter nachgeführt, indem die Transportbandanlage verlängert wird. Die maximale Entfernung vom Kiesabbau zum Aufgabetrichter beträgt damit etwa 70 m. Für die Prognose wird davon ausgegangen, dass zusätzlich zu den beiden vorhandenen Bandübergabestellen eine weitere Bandübergabestelle hinzukommt.

Bis ca. 5 bis 10 m unter Geländeoberkante (GOK) verläuft eine wackenreiche Lehmschicht. Das Material aus diesem Bereich wird aufgrund des Wackengehalts vor Ort gesiebt. Nach der Aushebung der Wacken wird das übrige lehmhaltige Eigenmaterial im bereits abgebauten Bereich zur Verfüllung eingebracht. Die oberen 0 bis 5 m werden direkt für die Rekultivierung genutzt.

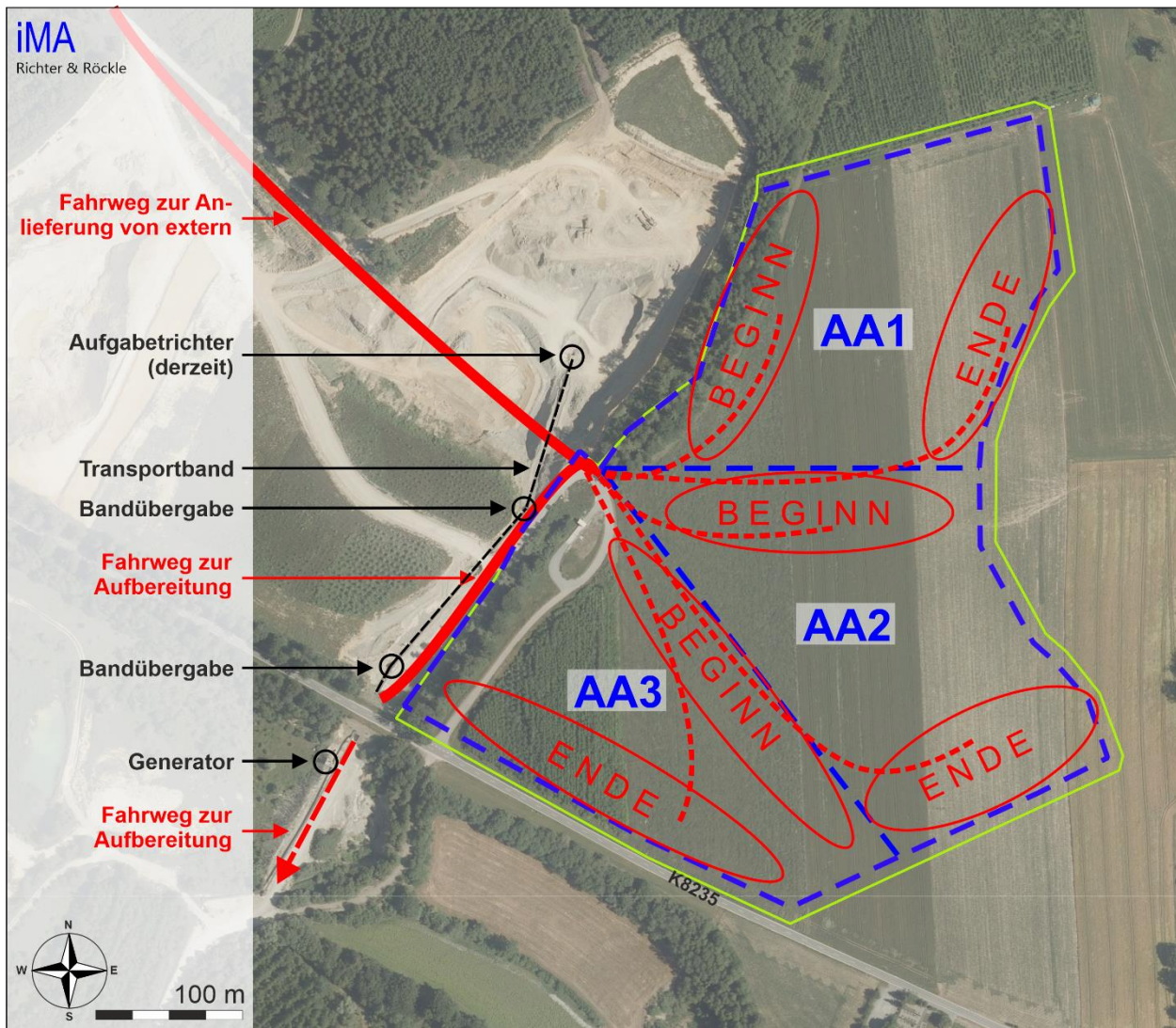


Abbildung 3-1: Lage der Abbauberschnitte.

Der Transport der Wacken zum Kieswerk südlich des Abbaubereiches erfolgt größtenteils über das Förderbandsystem. Sehr große Wacken werden per Lkw zum Kieswerk gefahren. Die Lkw nutzen hierzu den Fahrweg parallel zum Förderbandsystem.

Es werden folgende Mengen abgebaut:

- Kiesabbau (Rohkies): 400.000 t/a
- Lehmschichten einschl. Wacken: 75.000 t/a, davon:
 - 50.000 t/a Lehm Boden
 - 25.000 t/a Wacken, davon:
 - 20.000 t/a Transport per Förderbandsystem zum Kieswerk
 - 5.000 t/a Transport per Lkw zum Kieswerk

Verfüllung:

Die Abbauschnitte werden nach dem Abbau wieder mit Eigenmaterial und extern angeliefertem Fremdmaterial (Erdaushub) verfüllt. Die Lkw kippen das Einbaumaterial direkt an der Kante des ehemaligen Abbaufeldes ab. Mit einer Raupe wird das Material anschließend über die Geländekante in den Abbaubereich geschoben.

Die Lkw Zu- und Abfahrt erfolgt (wie für den bisherigen Abbau) aus Nordwesten.

Das zu verfüllende Material teilt sich folgendermaßen auf:

- Lehm Böden aus dem Abbaubereich: 50.000 t/a
- Erdfeuchter Abraum aus dem Kieswerk: 150.000 t/a
- Erdaushub von extern: 200.000 t/a

Zeitlicher Ablauf:

In einem ersten Schritt erfolgt der Kiesabbau im Abbaubereich 1. Anschließend wird die Kiesgrube im Abschnitt 1 wieder mit Erdaushub verfüllt während zeitgleich mit dem Abbau des Abschnitts 2 begonnen wird. Sobald der Abschnitt 2 vollständig abgebaut wurde, ist der Abschnitt 1 annähernd vollständig verfüllt, so dass mit der Verfüllung des Abschnitts 2 begonnen werden kann. Zeitgleich hierzu erfolgt der Abbau des Abschnitts 3, der nach vollständigem Abbau in im letzten Schritt ebenfalls verfüllt wird.

Untersuchte Situationen

In der vorliegenden Prognose werden vier repräsentative Prognosevarianten, die sich am Maximalfall der zu erwartenden Emissionen und Immissionen orientieren, untersucht:

- **Variante 1:** Beginn des Abbaus im Abschnitt 2 und zeitgleich Beginn der Verfüllung im Abschnitt 1
- **Variante 2:** Ende des Abbaus im Abschnitt 2 und zeitgleich Ende der Verfüllung im Abschnitt 1
- **Variante 3:** Beginn des Abbaus im Abschnitt 3 und zeitgleich Beginn der Verfüllung im Abschnitt 2
- **Variante 4:** Ende des Abbaus im Abschnitt 3 und zeitgleich Ende der Verfüllung im Abschnitt 2

Die Varianten unterscheiden sich durch die Lage der Abbau- bzw. Einbaubereiche in Bezug zur Wohnbebauung sowie die Länge der Fahrwege. Die Emissionen durch Abbau- und Einbautätigkeiten sind vergleichbar.

Die Größe der Abbau- bzw. Verfüllbereiche kann anhand des jährlichen Durchsatzes von ca. 400.000 t/a mit etwa 10.000 m² abgeschätzt werden.

Für die Prognose wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass keine Geländevertiefung durch den Abbau vorliegt. Die Emissionsfreisetzung erfolgt also auf Höhe der Geländeoberkante, was zu einer Überschätzung der Staubimmissionen an den Immissionsorten führt.

Betriebszeit:

Die Betriebszeit ist montags bis freitags zwischen 06:00 Uhr und 20:00 Uhr. An Sonn und Feiertagen sowie nachts findet kein Betrieb statt.

4 Emissions- und immissionsmindernde Maßnahmen

In Nr. 5.2.3 TA Luft (2021) sind Maßnahmen aufgeführt, mit denen die Entstehung und die Ausbreitung von Stäuben verringert werden kann. Damit werden die in den BVT-Schlussfolgerungen (BVT (2018)) aufgeführten Maßnahmen umgesetzt.

Die Maßnahmen, die sich aus den o.g. Regelwerken ergeben, sind im Folgenden aufgeführt.

1. **Fahrgeschwindigkeit:** Die Fahrgeschwindigkeit der Lkw und Radlader ist auf dem gesamten Betriebsgelände auf 30 km/h zu beschränken. Hierzu sind gut sichtbare Schilder anzubringen.
2. **Abwurfhöhen:** Sämtliche Material-Abwurfhöhen aus den Radladern und Baggern sind so gering wie möglich zu halten. Das Personal ist entsprechend zu schulen.
3. **Förderbandanlage:** Der Materialtransport zum Kieswerk sollte soweit wie möglich über eine Förderbandanlage erfolgen, um LKW-Fahrbewegungen zu vermeiden. Die Bandübergabestellen sind weitgehend zu kapseln.
4. **Buschstreifen:** Wir empfehlen, an der Nord- Ost- und Südostgrenze der geplanten Abbaubereiche frühzeitig einen 3 m bis 5 m breiten Streifen aus einheimischen Büschen zu pflanzen. Es sollten ausreichend immergrüne Büsche eingestreut werden.

Die technischen Einrichtungen sind regelmäßig zu prüfen und ihre Funktionstüchtigkeit in einem Betriebstagebuch zu protokollieren.

Die organisatorischen Maßnahmen sind in einer Betriebsanweisung festzulegen. Das Personal ist wiederkehrend zu schulen.

5 Staubemissionen

Staubemissionen werden durch folgende Vorgänge freigesetzt:

- Umschlag und Behandlung (Abbau, Sieben, Verfüllung) der Materialien (siehe Kapitel 5.1)
- Fahrbewegungen der Lkw, Radlader und Raupe (siehe Kapitel 5.2)
- Dieselmotoremissionen der Lkw, Radlader und Raupe (siehe Kapitel 5.3)

- Windabwehungen vom abgebauten lehmigen Material und den Einbauflächen (siehe Kapitel 5.4)

5.1 Staubemissionen durch Umschlag und Behandlung

Die beim Umschlag und der Behandlung der Materialien entstehenden diffusen Staubemissionen werden auf Basis der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3:2010-01 (2010) berechnet. In dieser Richtlinie sind Emissionsfaktoren angegeben, die für die einzelnen Prozesse die emittierte Staubmasse je Tonne Material angeben.

Die Emissionen werden für den beantragten Betrieb der Anlage berechnet. In Tabelle 5-1 sind die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt. Die Berechnungsgrundlagen und Berechnungsschritte sind aus Übersichtlichkeitsgründen in

- Anhang 2, Abschnitt A2.1 (Seite 48 ff): Berechnungsgrundlagen und
- Anhang 3 (Seite 54 ff): Emissionsmassenströme

dieses Gutachtens dargestellt.

Tabelle 5-1: Staubemissionen durch **Umschlag und Behandlung** in kg/a

Pos.	Emissionsquelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt (kg/a)
		< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
1	Verfüllung im vorhergehenden Abbaubereich	1.178	4.380	16.674	22.232
2	Abbau von Kies und Lehmschichten einschl. Siebung	1.197	4.450	16.943	22.590
3	Bandübergabestelle 1	30	113	428	571
4	Bandübergabestelle 2	30	113	428	571
5	Bandübergabestelle 3	30	113	428	571
	Summe:	2.466	9.168	34.902	46.536

Die in dieser und den folgenden Tabellen dargestellte Genauigkeit ergibt sich rechnerisch und spiegelt nicht die tatsächliche Genauigkeit wider. Die Ergebnisse sind jedoch konservativ. So konnten Düring & Sörgel (2014) zeigen, dass die Berechnungsansätze der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3:2010-01 (2010) die Staubemissionen um den Faktor 2 bis 3 überschätzen. Dies zeigen auch Untersuchungen von Strobl & Kuntner (2014).

In den Tabellen sind ferner gerundete Zahlenwerte angegeben, die rechnerisch mit größerer Genauigkeit ermittelt wurden, so dass sich geringe Abweichungen bei der Summenbildung ergeben können.

5.2 Staubemissionen durch Fahrbewegungen

Die Lkw-Fahrwege sind unbefestigt. Die Berechnung der Staubemissionen durch Fahrbewegungen erfolgt gemäß VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4:2018-09 (2018).

Die Anzahl der Fahrbewegungen wird entsprechend dieser Richtlinie anhand der durchschnittlichen Zuladungen der Lkw entsprechend Tabelle 5-2 berechnet.

Tabelle 5-2: Berechnung der Anzahl der Fahrbewegungen

Material	Umschlagmenge (t/a)	Zuladung (t)	Anzahl Fahrten/a
Interner Transport von Wacken per Lkw	5.000	26	192
Transport von Lehm vom Abbau- zum Einbaubereich	50.000	30	1.667
Anlieferung von externem Erdaushub	200.000	26	7.692
Anlieferung von Material aus dem Kieswerk	150.000	30	5.000
Durchschnitt /Summe		27,8	14.551

Um zusätzliche innerbetriebliche Fahrten zu berücksichtigen werden die Fahrstrecken der Lkw pauschal um 10 % erhöht. Für Wendemanöver wird zusätzlich ein Zuschlag von 20 m für jede Fahrt berücksichtigt. Die mittleren Fahrstrecken der LKW können den Tabellen in Anhang 3 entnommen werden.

Für Radlader-/Raupenfahrten werden folgende mittleren Fahrstrecken angesetzt:

- Radladerfahrt zum Sieb und zurück: 50 m
- Radladerfahrt zur Verladung in Lkw: 20 m
- Radladerfahrt zum Aufgabetrichter und zurück: 100 m
- Raupenfahrt bei der Verfüllung: 30 m

Tabelle 5-3 bis Tabelle 5-7 enthalten die Staubemissionen, die durch die Fahrbewegungen der Lkw, Radlader und der Raupe verursacht werden. Neben den Emissionen durch Aufwirbelungen sind darin die Emissionen durch Abriebe (von Bremsen, Reifen und vom Fahrbahnbelag) sowie die Dieselmotoremissionen enthalten.

Die Staubemissionen durch Lkw-Fahrten unterscheiden sich für die 4 betrachteten Varianten, da die Abbau- und Verfüllbereiche an unterschiedlichen Orten liegen.

Die Berechnungsgrundlagen und Berechnungsschritte sind aus Übersichtlichkeitsgründen in

- Anhang 2, Abschnitt A2.2 (Seite 50 ff): Berechnungsgrundlagen für unbefestigte Fahrwege und
- Anhang 3 (Seite 54 ff): Berechnung der Emissionsmassenströme

dieses Gutachtens dargestellt.

Tabelle 5-3: Staubemissionen durch **Lkw-Fahrbewegungen in Variante 1** in kg/a

Pos.	Emissionsquelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt (kg/a)
		< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
1	Fahrten vom Abbaubereich zum Werk (Wackentransport)	5	42	119	165
2	Externe Anlieferfahrten zum Verfüllbereich	337	3.004	8.504	11.845
3	Transferfahrt vom Abbaubereich zum Verfüllbereich	37	331	938	1.307
4	Fahrt vom Kieswerk zum Verfüllbereich	144	1.282	3.628	5.054
Summe:		523	4.660	13.189	18.372

 Tabelle 5-4: Staubemissionen durch **Lkw-Fahrbewegungen in Variante 2** in kg/a

Pos.	Emissionsquelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt (kg/a)
		< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
1	Fahrten vom Abbaubereich zum Werk (Wackentransport)	7	65	183	254
2	Externe Anlieferfahrten zum Verfüllbereich	372	3.318	9.391	13.081
3	Transferfahrt vom Abbaubereich zum Verfüllbereich	67	595	1.684	2.346
4	Fahrt vom Kieswerk zum Verfüllbereich	167	1.486	4.205	5.857
Summe:		613	5.463	15.463	21.538

 Tabelle 5-5: Staubemissionen durch **Lkw-Fahrbewegungen in Variante 3** in kg/a

Pos.	Emissionsquelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt (kg/a)
		< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
1	Fahrten vom Abbaubereich zum Werk (Wackentransport)	5	45	128	178
2	Externe Anlieferfahrten zum Verfüllbereich	304	2.710	7.669	10.683
3	Transferfahrt vom Abbaubereich zum Verfüllbereich	33	296	836	1.165
4	Fahrt vom Kieswerk zum Verfüllbereich	122	1.090	3.086	4.298
Summe:		464	4.141	11.719	16.324

Tabelle 5-6: Staubemissionen durch **Lkw-Fahrbewegungen in Variante 4** in kg/a

Pos.	Emissionsquelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt (kg/a)
		< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
1	Fahrten vom Abbaubereich zum Werk (Wackentransport)	5	48	137	191
2	Externe Anlieferfahrten zum Verfüllbereich	403	3.594	10.173	14.171
3	Transferfahrt vom Abbaubereich zum Verfüllbereich	58	515	1.458	2.031
4	Fahrt vom Kieswerk zum Verfüllbereich	188	1.677	4.748	6.613
	Summe:	654	5.835	16.516	23.006

Tabelle 5-7: Staubemissionen durch **Radlader-/Raupenfahrten** in kg/a

Pos.	Emissionsquelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt (kg/a)
		< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
1	Verfüllbereich (Raupenfahrten)	13	117	332	463
2	Abbaubereich (Radladerfahrten)	16	136	386	537
	Summe:	29	254	717	1.000

5.3 Dieselmotoremissionen

Die Dieselmotoremissionen der Lkw, Radlader und der Raupe sind in den in Kapitel 5.2 dargestellten Staubemissionen enthalten. Hinzu kommen die Dieselmotoremissionen der mobilen Siebanlage sowie der Bagger im Abbaubereich.

Zusätzlich wird ein Dieselaggregat am Förderband betrieben (siehe Abbildung 3-1 auf S. 10), das ebenfalls als Emissionsquelle berücksichtigt wird.

Die Dieselmotoremissionen werden auf Basis der Datenbank des Schweizer Bundesamtes für Umwelt (BAFU) ermittelt¹. Aus dieser Datenbank lassen sich typische Angaben zu den Emissionen von Maschinen und Geräten des Offroad-Sektors (z.B. Baumaschinen) ermitteln. Im Folgenden werden die Emissionsfaktoren einer Maschinenflotte mit minimalem Partikelfilteranteil

¹ Offroad-Datenbank des BAFU:

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/non-road-datenbank.html>

Aufbau und Methodik sind im BAFU-Bericht Umwelt-Wissen Nr. UW 0828 dokumentiert

angesetzt. Ferner wird das Bezugsjahr 2010 verwendet. Da motorische Verbesserungsmaßnahmen inzwischen zu einem Rückgang der Emissionen geführt haben, liegt dieser Ansatz auf der sicheren Seite.

Die Durchsatzleistung der mobilen Siebanlage zum Absieben der Lehmschichten beträgt etwa 150 t/h. Damit berechnet sich bei einem Durchsatz von 75.000 t/a eine Betriebszeit von ca. 500 h/a. Diese wird konservativ auf 1.000 h/a verdoppelt, um Leerlaufzeiten zu berücksichtigen.

Zur Berechnung der Betriebszeit der Bagger und des Dieselaggregats werden Angaben des Betreibers angesetzt:

- Bagger Volvo: 1.700 h/a
- Bagger CAT: 2.000 h/a
- Dieselaggregat: 2.000 h/a

Mit diesen Voraussetzungen errechnen sich die in Tabelle 5-8 angegebenen Emissionsmassenströme.

Tabelle 5-8: Dieselmotoremissionen: Emissionsfaktor und Staubmassenstrom

Gerät	Emissionszeit (h/a)	Typ-Bezeichnung der BAFU-Datenbank	Emissionsfaktor (kg/h)	Emission (kg/a)
Siebanlage im Abbaubereich	1.000	'Holzhacker' *	0,0409	40,9
Bagger Volvo im Abbaubereich	1.700	'Raupenbagger'	0,0200	34,0
Bagger CAT im Abbaubereich	2.000	'Raupenbagger'	0,0200	40,0
Dieselaggregat	2.000	'Notstromaggregate/Generatoren'	0,0068	13,6
Summe:				128,5

* Für Siebe enthält die Datenbank keine Emissionsfaktoren. Daher wird hilfsweise auf den Emissionsfaktor für Holzhacker zurückgegriffen.

Die Dieselmotoremissionen werden vollständig in Form von Feinstaub (PM_{2,5}) freigesetzt.

5.4 Windabwehungen

Staubabwehungen vom ruhenden Material sind gering, da Abwehungen instationäre Vorgänge darstellen, bei denen die an der Oberfläche vorhandenen Feinpartikel bereits nach dem ersten Windangriff abgeweht sind. Ferner bildet sich an der Oberfläche nach einem Regen- oder Befuchtungsereignis eine Kruste aus.

Gemäß VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2:2017-06 (2017) und BMWFJ (2013) spielt eine Winderosion nur dann eine Rolle, wenn eine mittlere Windgeschwindigkeit von mindestens 3 m/s, gemessen

in 10 m Höhe, vorliegt. Da die mittlere Windgeschwindigkeit im Untersuchungsgebiet nur 2,3 m/s beträgt (siehe Kapitel 7.4), können Windabwehungen vom ruhenden Material vernachlässigt werden.

Konservativ werden dennoch Windabwehungen angesetzt. Die Emissionsabschätzung erfolgt in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2:2017-06 (2017). Danach sind für die Abwehungen folgenden Faktoren von Bedeutung:

- Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen
- Größe der erodierbaren Fläche
- Korngrößenverteilung der Partikel an der Oberfläche
- Eigenschaften des abgelagerten Materials, u.a. Feuchtegehalt.

Für die Prognose wird angesetzt, dass die pro Woche eingebaute Menge im Einbaubereich ganzjährig zur Windabwehung beiträgt. Der Grund hierfür ist, dass die Oberfläche vergleichsweise frisch ist und abwehungsfähiges Material enthalten kann. Die entsprechende Menge wird auf eine Kegelhalde mit einer Höhe von etwa 16,5 m verteilt, wodurch sich eine vergleichsweise große Oberfläche ergibt. Der Haldenwinkel wird mit 45° angesetzt.

Für den Abbaubereich wird davon ausgegangen, dass nur von den Lehmschichten Windabwehungen ausgehen. Es wird ebenfalls eine Kegelhalde angesetzt.

Damit errechnet sich die in Tabelle 5-9 angegebene Fläche, von der Abwehungen stattfinden.

Tabelle 5-9: Parameter zur Berechnung der abwehungsfähigen Fläche

Quelle	Menge			Halden	Mantelfläche	Angesetzte Fläche
	t/a	m ³ /a	m ³ /Woche	Anzahl	m ²	m ²
Verfüllbereich	400.000	250.000	4.808	1	1.236	1.300
Abbaubereich	75.000	46.875	901	1	403	450

Gemäß VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2:2000-12 (2000) wird ein Emissionsfaktor von 10 kg Staub/(ha h) angesetzt, der oberhalb einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s wirksam ist. Die für den Standort repräsentative meteorologische Zeitreihe weist während 633 h/a Windgeschwindigkeiten ≥ 5 m/s auf.

Tabelle 5-10: Diffuse Emission durch Windabwehungen

Quelle	Fläche		Staubmassenstrom
	m ²	ha	kg/a
Verfüllbereich	1.300	0,130	823
Abbaubereich	450	0,045	285

Quelle	Fläche		Staubmassenstrom
	m ²	ha	kg/a
Summe:			1.108

Der PM₁₀-Anteil der abgewehten Stäube wird gemäß Angaben in BMWFJ (2013) mit 50 % angesetzt.

5.5 Gesamtemission

In Tabelle 5-11 sind die Emissionen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 5-11: **Variante 1:** Staubemissionen für unterschiedliche Korngrößen in kg/a

Quelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Umschlag- und Aufbereitungsvorgänge	2.466	9.168	34.902	46.536
Fahrbewegungen der Radlader und der Raupe	29	254	717	1.000
Lkw-Fahrbewegungen	523	4.660	13.189	18.372
Dieselmotoremissionen	129	0	0	129
Windabwehungen	277	277	554	1.108
Gesamt	3.423	14.358	49.363	67.144

Tabelle 5-12: **Variante 2:** Staubemissionen für unterschiedliche Korngrößen in kg/a

Quelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Umschlag- und Aufbereitungsvorgänge	2.466	9.168	34.902	46.536
Fahrbewegungen der Radlader und der Raupe	29	254	717	1.000
Lkw-Fahrbewegungen	613	5.463	15.463	21.538
Dieselmotoremissionen	129	0	0	129
Windabwehungen	277	277	554	1.108
Gesamt	3.514	15.161	51.636	70.311

Tabelle 5-13: **Variante 3:** Staubemissionen für unterschiedliche Korngrößen in kg/a

Quelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Umschlag- und Aufbereitungsvorgänge	2.466	9.168	34.902	46.536
Fahrbewegungen der Radlader und der Raupe	29	254	717	1.000
Lkw-Fahrbewegungen	464	4.141	11.719	16.324
Dieselmotoremissionen	129	0	0	129
Windabwehungen	277	277	554	1.108
Gesamt	3.365	13.839	47.893	65.096

Tabelle 5-14: **Variante 4:** Staubemissionen für unterschiedliche Korngrößen in kg/a

Quelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Umschlag- und Aufbereitungsvorgänge	2.466	9.168	34.902	46.536
Fahrbewegungen der Radlader und der Raupe	29	254	717	1.000
Lkw-Fahrbewegungen	654	5.835	16.516	23.006
Dieselmotoremissionen	129	0	0	129
Windabwehungen	277	277	554	1.108
Gesamt	3.555	15.533	52.689	71.778

5.6 Vergleich mit dem Bagatellmassenstrom

Legt man eine Betriebszeit von 2.800 h/a (Mo. bis Fr. 06:00 bis 20:00 Uhr) zugrunde, so errechnen sich die in der folgenden Tabelle aufgeführten Bagatellmassenströme.

Tabelle 5-15: Staubemission und Massenströme

Schadstoff	Emission in kg/a	Emissionsmassenstrom in kg/h	Bagatellmassenstrom in kg/h
Gesamtstaub	65.096 bis 71.778	23,2 bis 25,6	0,10
Partikel PM ₁₀	17.204 bis 19.088	6,1 bis 6,8	0,08
Partikel PM _{2,5}	3.365 bis 3.555	1,2 bis 1,3	0,05

Die in der letzten Spalte der Tabelle 5-15 für diffuse Quellen aufgeführten Bagatellmassenströme nach Nr. 4.6.1.1 TA Luft (2021) werden überschritten, so dass die Staubimmissionen zu ermitteln sind.

6 Beurteilungsgrundlagen

6.1 Immissionswerte

Gemäß Nr. 4.2.1 der TA Luft (2021) sind folgende Immissionswerte einzuhalten, damit der Schutz der menschlichen Gesundheit sichergestellt ist:

- Jahresmittelwert der Partikel PM_{10} : $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Konzentration, die pro Jahr von 35 Tagesmittelwerten der Partikel (PM_{10}) überschritten wird: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Jahresmittelwert der Partikel $PM_{2,5}$: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Darüber hinaus ist in Nr. 4.3.1.1 der TA Luft ein Immissionswert zum Schutz vor erheblichen Belästigungen und Nachteilen festgelegt:

- Jahresmittelwert des Staubniederschlags: $0,35 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$

Tabelle 6-1 enthält eine Zusammenstellung der Immissionsbeurteilungswerte.

Tabelle 6-1: Immissionswerte nach TA Luft (2021)

Stoff	Immissionswert	Mittelungszeitraum	Zulässige Überschreitungshäufigkeit im Jahr	Schutzziel
Partikel PM_{10}	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Jahr	–	Schutz der menschlichen Gesundheit
	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Tag	35	
Partikel $PM_{2,5}$	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Jahr	–	Schutz vor erheblichen Belästigungen oder Nachteilen
Staubniederschlag	$0,35 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	Jahr	–	

Erläuterung zur Tabelle 6-1:

- PM_{10} ist Staub, dessen Median der Korngrößenverteilung $10 \mu\text{m}$ beträgt
- $PM_{2,5}$ ist Staub, dessen Median der Korngrößenverteilung $2,5 \mu\text{m}$ beträgt
- Staubniederschlag bezeichnet die Deposition von Staub auf eine horizontale Fläche. Er ist für sichtbare Verschmutzungen verantwortlich, ist jedoch nicht gesundheitsgefährdend.

Wenn die in Tabelle 6-1 aufgeführten Immissionswerte eingehalten werden, ist gemäß Nr. 4.2.1 und Nr. 4.3.1.1 der TA Luft der Schutz vor Gesundheitsgefahren und erheblichen Belästigungen/Nachteilen sichergestellt.

6.2 Irrelevanzschwellen

Der Immissionsbeitrag einer Anlage wird als irrelevant bezeichnet, wenn am Beurteilungspunkt maximaler Zusatzbelastung eine vorgegebene Irrelevanzschwelle nicht überschritten wird. Die Irrelevanzschwellen sind in den Nummern 4.2.2 und 4.3.1.2 der TA Luft aufgeführt (siehe Tabelle 6-2).

Tabelle 6-2: Irrelevanzschwellen (Jahresmittelwerte)

Stoff	Irrelevanzschwelle	Quelle
Partikel PM ₁₀	3,0 % des Immissionswerts	Nr. 4.2.2 TA Luft (2021)
Partikel PM _{2,5}		
Staubniederschlag	10,5 mg/(m ² ·d)	Nr. 4.3.1.2 TA Luft (2021)

Bei Einhaltung der Irrelevanzschwellen ist gemäß Nr. 4.1 der TA Luft davon auszugehen, dass von der Anlage keine schädlichen Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden. In der Praxis bedeutet dies, dass die Vorbelastung und Gesamtbelastung für diejenigen Schadstoffe, deren Zusatzbelastung die Irrelevanzschwelle einhält, nicht ermittelt werden muss.

Überschreitet der Immissionsbeitrag die Irrelevanzschwelle, so ist zu prüfen, ob die aus der Vorbelastung und der anlagenbedingten Zusatzbelastung ermittelte Gesamtbelastung die Immissionswerte einhält.

7 Meteorologische Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung

7.1 Allgemeines

Die Ausbreitung der Stäube wird wesentlich von den meteorologischen Parametern Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Turbulenzzustand der Atmosphäre bestimmt. Der Turbulenzzustand wird durch Ausbreitungsklassen beschrieben, die ein Maß für das ‚Verdünnungsvermögen‘ der Atmosphäre sind. Die Eigenschaften der Ausbreitungsklassen sind in Tabelle 7-1 beschrieben.

Tabelle 7-1: Eigenschaften der Ausbreitungsklassen

Ausbreitungsklasse	Atmosphärischer Zustand, Turbulenz
I	sehr stabile atmosphärische Schichtung, ausgeprägte Inversion, geringes Verdünnungsvermögen der Atmosphäre
II	stabile atmosphärische Schichtung, Inversion, geringes Verdünnungsvermögen der Atmosphäre
III ₁	stabile bis neutrale atmosphärische Schichtung, zumeist windiges Wetter
III ₂	leicht labile atmosphärische Schichtung

Ausbreitungsklasse	Atmosphärischer Zustand, Turbulenz
IV	mäßig labile atmosphärische Schichtung
V	sehr labile atmosphärische Schichtung, starke vertikale Durchmischung der Atmosphäre

Für die Ausbreitungsrechnung sind die meteorologischen Randbedingungen in Form einer Zeitreihe (AKTerm) oder einer Häufigkeitsverteilung (AKS) der Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Ausbreitungsklassen erforderlich, die einen ganzjährigen Zeitraum repräsentieren.

Bei Verwendung einer Zeitreihe ist es möglich, die tageszeitliche Verteilung der Emissionen und die daran gekoppelten meteorologischen Ausbreitungssituationen zu berücksichtigen.

7.2 Meteorologische Daten

Da in der näheren Umgebung keine meteorologischen Messungen durchgeführt werden, die als Grundlage für Ausbreitungsrechnungen geeignet sind, wird auf eine AKTerm zurückgegriffen, die im Rahmen eines von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) finanzierten Projekts berechnet wurde. Der Bezugspunkt, für den die AKTerm vorliegt, befindet sich am Standort der Anlage. Die meteorologischen Daten werden für das repräsentative Jahr 2008 berechnet.

7.3 Niederschlagsdaten

Zur Berücksichtigung der nassen Deposition in der Ausbreitungsrechnung soll entsprechend Anhang 2, Nr. 9.1 TA Luft (2021) eine Zeitreihe der Niederschlagsintensität, die vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt wird, verwendet werden. Die Zeitreihe soll für das Bezugsjahr der meteorologischen Daten und den Standort gültig sein.

Derzeit liegt beim Umweltbundesamt der Zeitraum 2006 bis 2015 vor, so dass die Zeitreihe des repräsentativen Jahres 2008 verwendet werden kann. Der Gesamtniederschlag beträgt 893 mm. Regenereignisse liegen während 979 Stunden vor.

7.4 Darstellung der Messdaten

Abbildung 7-1 enthält die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen. Sie zeichnet sich durch zwei Maxima bei Windrichtungen aus Südwest und Nordost aus. Diese sind auf die im oberen Donautal vorherrschende Leitwirkung zwischen dem Südrand der Schwäbischen Alb und dem Bodensee zurückzuführen. Eine vergleichbare Verteilung der Hauptwindrichtungen zeigen auch Windmessungen, die wir über die Dauer eines Jahres zwischen Göggingen und Bittelschieß durchgeführt haben.

Ein schwach ausgeprägtes Maximum bei Windrichtungen um Nordwest ist auf Kaltluftabflüsse zurückzuführen. Diese spielen im vorliegenden Fall keine Rolle, da die Emissionen tagsüber freigesetzt werden.

Das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit beträgt ca. 2,3 m/s.

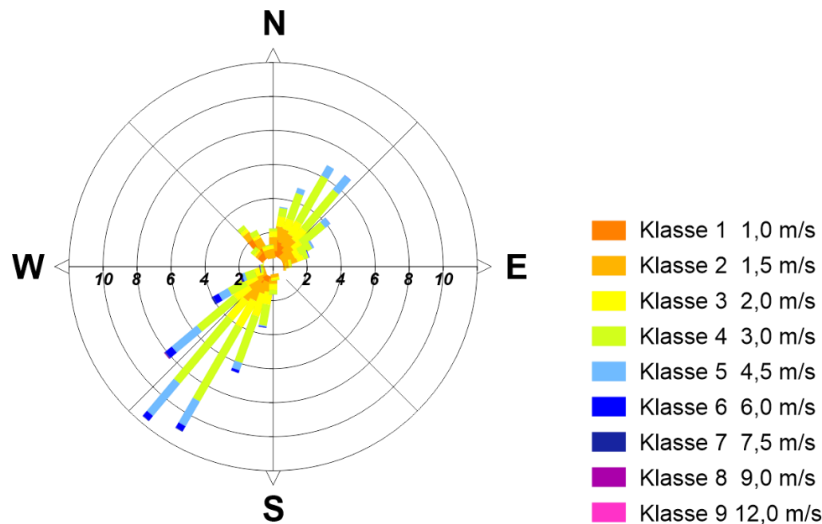


Abbildung 7-1: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen

Die Farbkodierung der Windrose zeigt, dass bei Winden aus Südwest die höchsten Windgeschwindigkeiten auftreten, die häufig mit bedecktem Himmel verbunden sind. Winde aus nordöstlichen Richtungen weisen dagegen eher Schwachwindcharakter auf, der bei typischen Hochdruckwetterlagen vorliegt.

Die Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen ist in Abbildung 7-2 dargestellt.

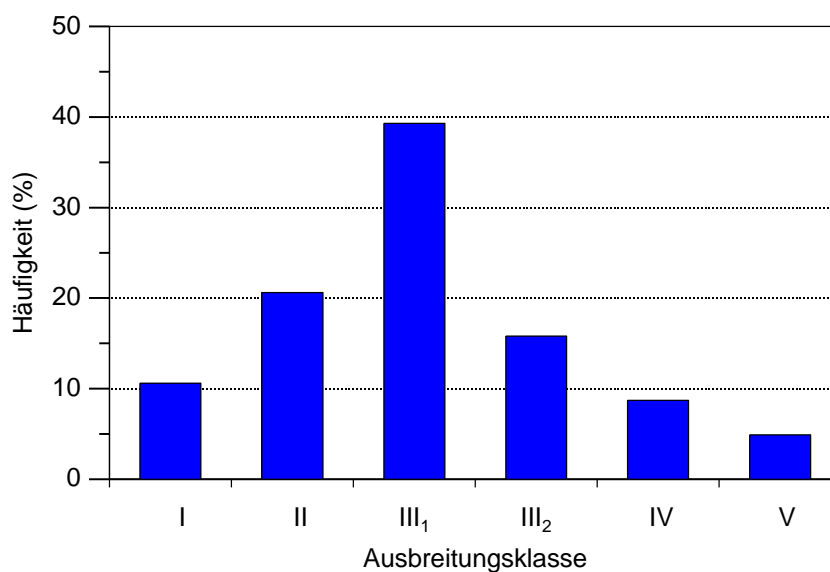


Abbildung 7-2: Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen

Die neutralen Ausbreitungsklassen (III₁ + III₂) sind mit ca. 55 % am stärksten vertreten. Die stabilen Klassen (I + II) treten in etwa 31 % der Fälle auf während die labilen Ausbreitungsklassen (IV + V) eine Häufigkeit von 14 % aufweisen.

7.5 Lokale Windsysteme

Aufgrund der Höhenlage des Vorhabensstandorts sind Einflüsse lokaler thermischer Windsysteme von untergeordneter Bedeutung. Da die Tätigkeiten tagsüber stattfinden, spielen etwaige Kaltluftabflüsse keine Rolle.

8 Immissionen

8.1 Ausbreitungsrechnungen

Die vom Vorhaben verursachten Staubimmissionen werden mit Hilfe von Ausbreitungsrechnungen ermittelt. Detaillierte Angaben zum Ausbreitungsmodell und zur Durchführung der Ausbreitungsrechnung können Anhang 4 entnommen werden.

Eingangsdaten für das Ausbreitungsmodell sind:

- Die von den Quellen ausgehenden Emissionen (vgl. Kapitel 5)
- Die meteorologischen Eingangsdaten (vgl. Kapitel 7)
- Der Geländeeinfluss (vgl. Anhang 4, Kapitel A4.5)
- Die Lage der Quellen und die Quellhöhen (vgl. Anhang 4, Kapitel A4.7)

8.2 Betrachtete Beurteilungspunkte

Zur Beurteilung der Immissionen werden Beurteilungspunkte (Aufpunkte) im näheren Umfeld des geplanten Kiesabbaus festgelegt. Da die Emissionen in niedriger Höhe freigesetzt werden, sind die Immissionen in größeren Entfernungen geringer, so dass die gewählten Immissionsorte zur Beurteilung ausreichen. Dies geht auch aus den Abbildungen in Anhang 1 hervor, in denen die flächenhafte Verteilung der Immissionen dargestellt ist.

Entsprechend Nr. 4.6.2.6 TA Luft werden die Beurteilungspunkte an den Immissionsorten festgelegt, an denen die mutmaßlich höchste Gesamtbelastung für nicht nur vorübergehend exponierte Schutzgüter zu erwarten ist. Bezüglich des Schutzguts Mensch sind dies die am höchsten beaufschlagten Wohngebäude der umliegenden Ortschaften, Höfe und Wohnplätze.

Tabelle 8-1: Beschreibung und Lage (UTM-32) der Beurteilungspunkte (Aufpunkte)

Beurteilungspunkte	Beschreibung	Rechts-/Hochwert
1	Whs. Schmiedebühlstr. 16 in Otterswang	516877/5311916

Beurteilungspunkte	Beschreibung	Rechts-/Hochwert
2	Whs. Walder Str. 9 in Otterswang	516621/5311445
3	Whs. Hilarihof	516036/5311253
4	Whs. Lindenstr. 22 in Kappel	515577/5312338
5	Whs. Otterswanger Weg 4 in Glashütte	515653/5313301
6	Whs. Weihwang 18	517381/5313695
7	Fischzucht Strobel am Hof Sägmühle, Sägeweg 3 (derzeit unbewohnt)	516798/5313180

Die Lage der Beurteilungspunkte ist in Abbildung 8-1 und Abbildung 8-2 dargestellt.

Nach Nr. 8, Anhang 2 der TA Luft (2021) werden die Immissionen als Mittelwert über ein vertikales Intervall vom Erdboden bis 3 m Höhe berechnet und sind damit repräsentativ für eine Höhe von 1,5 m über Grund.

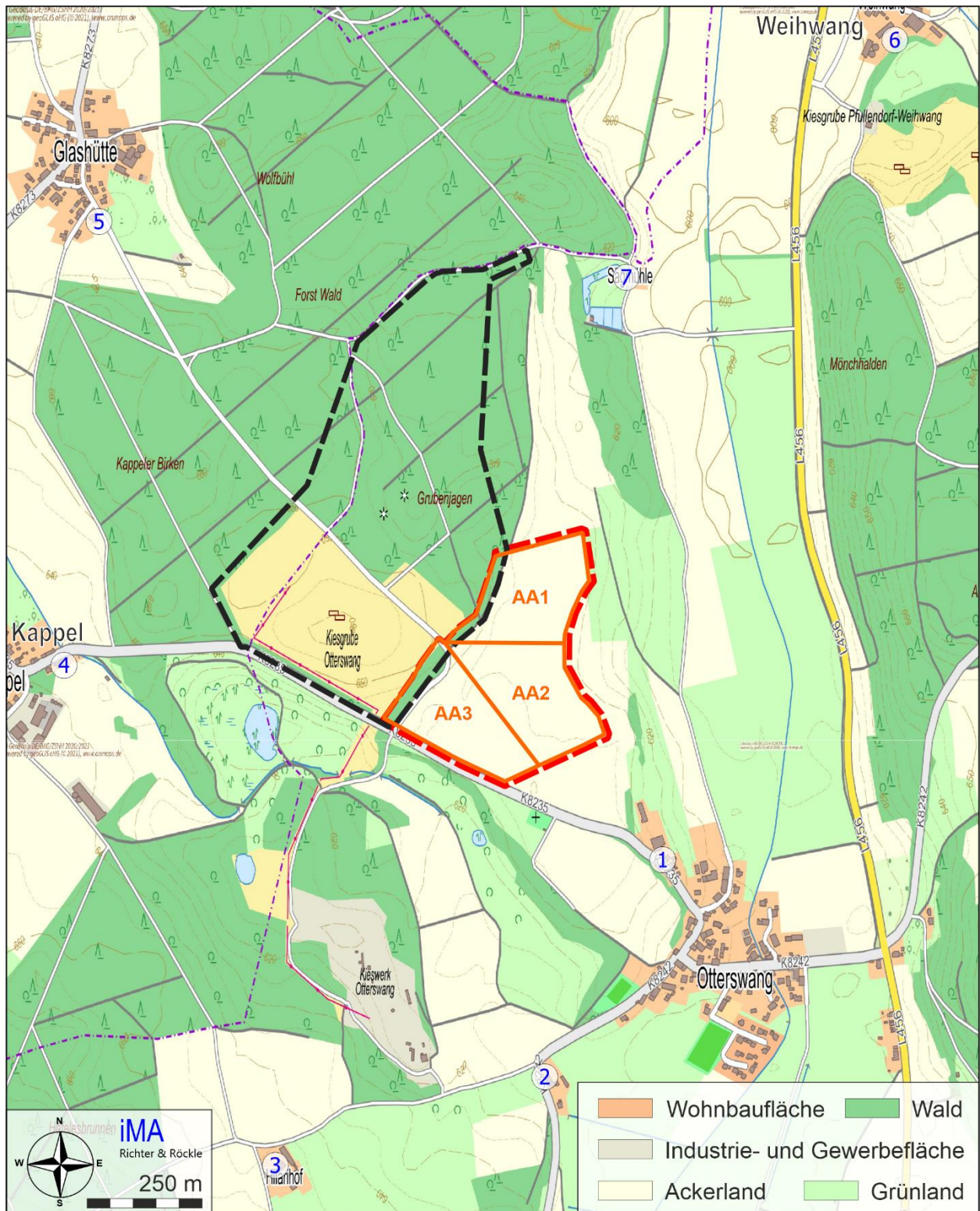


Abbildung 8-1: Lage der Beurteilungspunkte in der topografischen Karte. Das Vorhabensgebiet ist orange umrandet. (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

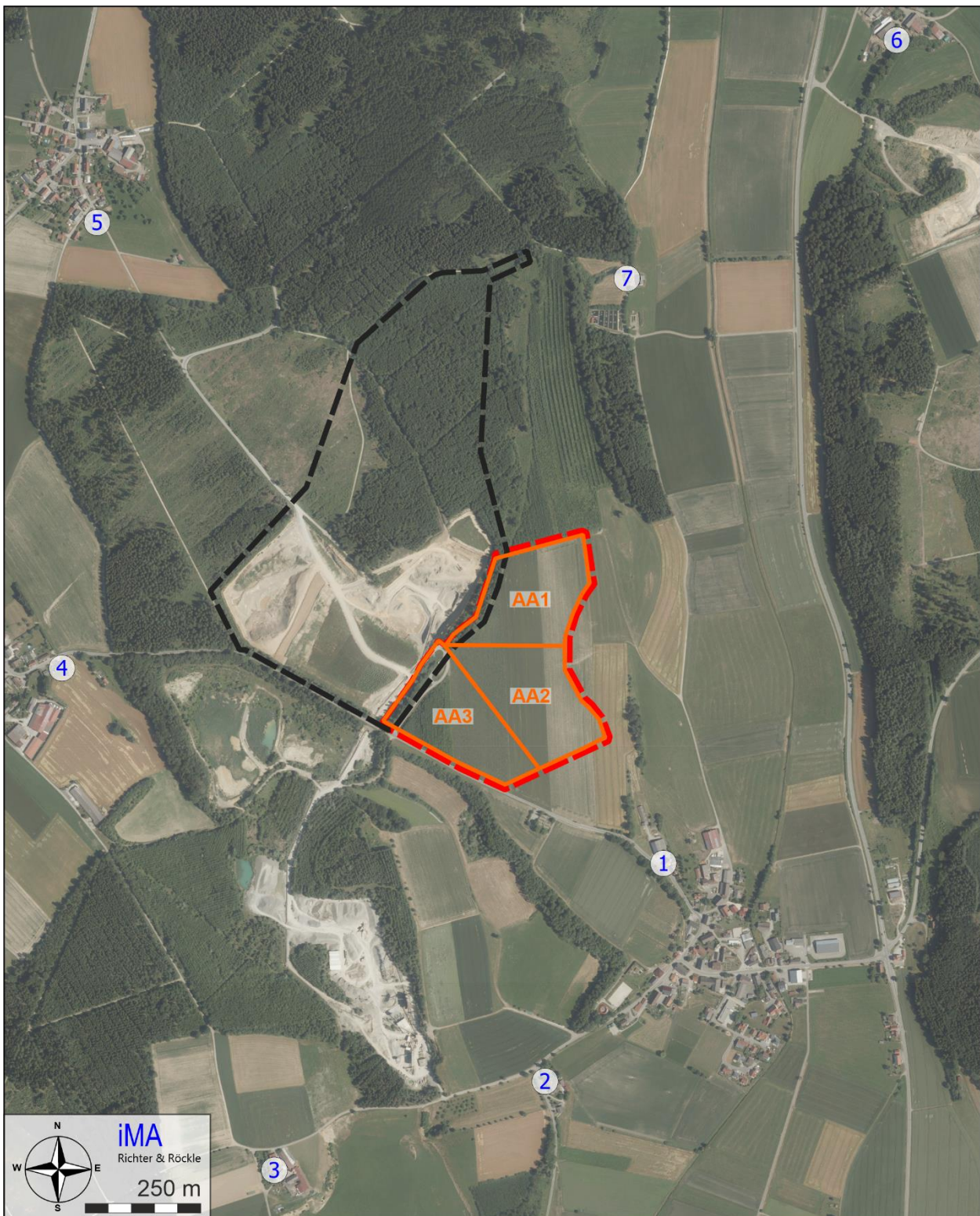


Abbildung 8-2: Lage der Beurteilungspunkte im Luftbild. Das Vorhabensgebiet ist orange umrandet.
(Luftbildgrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021 © Hexagon)

8.3 Immissionsbeitrag der Anlage

Der Immissionsbeitrag der Anlage ist in Tabelle 8-2 aufgeführt. Grafische Darstellungen, aus denen die flächenhafte Verteilung der Immissionen hervorgeht, können Abbildung A1-1 bis Abbildung A1-12 in Anhang 1 entnommen werden.

Tabelle 8-2: Immissionsbeitrag **Variante 1** (Jahresmittelwerte). In Klammern: Prozentualer Anteil am Immissionswert. Überschreitungen der Irrelevanzschwelle sind grau unterlegt.

Beurteilungspunkt	Partikel (PM ₁₀) in µg/m ³	Partikel (PM _{2,5}) in µg/m ³	Staubniederschlag in mg/(m ² ·d)
1	0,6 (1,5 %)	0,20 (0,8 %)	1,2 (0,3 %)
2	0,3 (0,6 %)	0,09 (0,3 %)	0,6 (0,2 %)
3	0,5 (1,2 %)	0,15 (0,6 %)	1,4 (0,4 %)
4	0,2 (0,4 %)	0,04 (0,2 %)	0,4 (0,1 %)
5	0,1 (0,2 %)	0,02 (0,1 %)	0,1 (0,0 %)
6	0,6 (1,4 %)	0,17 (0,7 %)	2,6 (0,7 %)
7	1,3 (3,2 %)	0,36 (1,5 %)	5,7 (1,6 %)
Irrelevanzschwelle	1,2 (3,0 %)	0,75 (3,0 %)	10,5
Immissionswert	40 (100 %)	25 (100 %)	350 (100 %)

Tabelle 8-3: Immissionsbeitrag **Variante 2** (Jahresmittelwerte). In Klammern: Prozentualer Anteil am Immissionswert. Überschreitungen der Irrelevanzschwelle sind grau unterlegt.

Beurteilungspunkt	Partikel (PM ₁₀) in µg/m ³	Partikel (PM _{2,5}) in µg/m ³	Staubniederschlag in mg/(m ² ·d)
1	1,0 (2,6 %)	0,34 (1,4 %)	2,6 (0,7 %)
2	0,4 (1,0 %)	0,14 (0,5 %)	1,0 (0,3 %)
3	0,6 (1,6 %)	0,19 (0,8 %)	2,1 (0,6 %)
4	0,1 (0,3 %)	0,04 (0,1 %)	0,3 (0,1 %)
5	0,1 (0,2 %)	0,02 (0,1 %)	0,1 (0,0 %)
6	0,6 (1,5 %)	0,18 (0,7 %)	2,5 (0,7 %)
7	1,0 (2,4 %)	0,26 (1,0 %)	4,1 (1,2 %)
Irrelevanzschwelle	1,2 (3,0 %)	0,75 (3,0 %)	10,5
Immissionswert	40 (100 %)	25 (100 %)	350 (100 %)

Tabelle 8-4: Immissionsbeitrag **Variante 3** (Jahresmittelwerte). In Klammern: Prozentualer Anteil am Immissionswert. Überschreitungen der Irrelevanzschwelle sind grau unterlegt.

Beurteilungspunkt	Partikel (PM ₁₀) in µg/m ³	Partikel (PM _{2,5}) in µg/m ³	Staubniederschlag in mg/(m ² -d)
1	0,5 (1,3 %)	0,17 (0,7 %)	1,3 (0,4 %)
2	0,3 (0,8 %)	0,11 (0,4 %)	0,7 (0,2 %)
3	0,6 (1,4 %)	0,18 (0,7 %)	1,8 (0,5 %)
4	0,1 (0,4 %)	0,04 (0,2 %)	0,3 (0,1 %)
5	0,1 (0,1 %)	0,02 (0,1 %)	0,1 (0,0 %)
6	0,5 (1,2 %)	0,15 (0,6 %)	2,1 (0,6 %)
7	0,9 (2,3 %)	0,26 (1,0 %)	3,9 (1,1 %)
Irrelevanzschwelle	1,2 (3,0 %)	0,75 (3,0 %)	10,5
Immissionswert	40 (100 %)	25 (100 %)	350 (100 %)

Tabelle 8-5: Immissionsbeitrag **Variante 4** (Jahresmittelwerte). In Klammern: Prozentualer Anteil am Immissionswert. Überschreitungen der Irrelevanzschwelle sind grau unterlegt.

Beurteilungspunkt	Partikel (PM ₁₀) in µg/m ³	Partikel (PM _{2,5}) in µg/m ³	Staubniederschlag in mg/(m ² -d)
1	0,8 (2,1 %)	0,26 (1,0 %)	2,6 (0,7 %)
2	0,5 (1,2 %)	0,15 (0,6 %)	1,2 (0,4 %)
3	0,8 (2,0 %)	0,24 (1,0 %)	2,6 (0,8 %)
4	0,2 (0,4 %)	0,05 (0,2 %)	0,4 (0,1 %)
5	0,0 (0,1 %)	0,01 (0,1 %)	0,1 (0,0 %)
6	0,5 (1,3 %)	0,15 (0,6 %)	2,0 (0,6 %)
7	0,8 (1,9 %)	0,21 (0,8 %)	3,2 (0,9 %)
Irrelevanzschwelle	1,2 (3,0 %)	0,75 (3,0 %)	10,5
Immissionswert	40 (100 %)	25 (100 %)	350 (100 %)

Die PM₁₀-, PM_{2,5}- und Staubniederschlags-Immissionen unterschreiten die Irrelevanzschwelle nach Nr. 4.2.2 und Nr. 4.3.2 der TA Luft an nahezu allen Immissionsorten, so dass nach Nr. 4.1 Buchstabe c) der TA Luft davon ausgegangen werden kann, dass schädliche Umwelteinwirkungen durch die Anlage nicht hervorgerufen werden. Die Ermittlung der Vorbelastung und Gesamtbelastung kann somit entfallen.

Für Variante 1 errechnet sich am Beurteilungspunkt 7 eine Überschreitung der Irrelevanzschwelle für PM₁₀. Es handelt sich um den Fischzuchtbetrieb Strobel mit zugehörigem Hof. Das Wohnhaus ist laut Aussage der Gemeinde Pfullendorf unbewohnt, so dass es sich derzeit um keinen

Immissionsort nach 39. BImSchV handelt. Dennoch wird für diesen Ort die Gesamtbelastung diskutiert. Hierzu ist zunächst die Vorbelastung abzuschätzen, die sich aus der großräumigen Hintergrundbelastung zzgl. dem Beitrag des weiter südlich gelegenen Kieswerks ergibt.

Der Immissionsbeitrag des Kieswerks wird konservativ durch Vergleich mit einem großen Kiesabbaugebiet in Krauchenwies (Ortsteil Göggingen) abgeschätzt. Dort werden pro Jahr mehr als 600.000 t/a Kies abgebaut und aufbereitet. Berechnungen der LUBW zur PM₁₀-Belastung für das Jahr 2020 zeigen, dass der Abbau und die Aufbereitung zu einer Erhöhung der PM₁₀-Konzentrationen in der näheren Umgebung um etwa 3 µg/m³ führen. Zieht man zur Abschätzung der großräumigen Hintergrundbelastung darüber hinaus Messwerte der LUBW-Station Biberach heran (ca. 15 µg/m³ als Mittelwert der Jahre 2017 bis 2019), so errechnet sich die PM₁₀-Gesamtbelastung an Beurteilungspunkt 7 zu ca. 20 µg/m³. Diese liegt deutlich unterhalb des Immissionswerts von 40 µg/m³. Auch der Immissionstageswert von 50 µg/m³, der von 35 Tagesmittelwerten pro Jahr überschritten werden darf (vgl. Tabelle 6-1 auf Seite 21), wird sicher eingehalten.

9 Zusammenfassung

Die Firma Valet u. Ott GmbH Co. KG plant die Erweiterung des Kiesabbaugebiets 'Stockäcker' im Stadtteil Otterswang der Stadt Pfullendorf. Der Abbau soll in drei Abschnitten erfolgen und eine Gesamtfläche von ca. 14,3 ha umfassen. Die Fläche schließt sich südöstlich an die derzeitige Abbaufäche an und liegt etwa 800 m nördlich der bestehenden Kiesaufbereitungsanlage.

Im Rahmen des naturschutz- und baurechtlichen Genehmigungsverfahrens wurden die Staube-missionen und -immissionen des geplanten Vorhabens ermittelt. Es wurden vier verschiedene Varianten mit unterschiedlichen Abbau- und Verfüllbereichen betrachtet. Hierbei wurden konser-vative Annahmen getroffen, so dass tatsächlich von geringeren Emissionen und Immissionen auszugehen ist.

Die Ausbreitungsrechnungen zeigen, dass der Immissionsbeitrag des Vorhabens an nahezu allen Immissionsorten unterhalb der Irrelevanzschwelle der TA Luft liegt. Lediglich für einen Immissi-onsort nördlich des Kiesabbaus (Wohnhaus nördlich einer Fischzucht) wird die PM₁₀-Irrelevanzschwelle überschritten, so dass für diesen Ort die Gesamtbelastung abgeschätzt wurde. Diese hält die PM₁₀-Immissionswerte sicher ein.

Auf die konservativen Ansätze, die der Emissions- und Immissionsprognose zugrunde liegen, weisen wir hin. Tatsächlich ist von geringeren Emissionen und Immissionen auszugehen.

Die verwaltungsrechtliche Beurteilung bleibt der Genehmigungsbehörde vorbehalten.

Für den Inhalt



Dr. Frank J. Braun
Diplom-Meteorologe
Projektleiter, Stellvertretender fachlich
Verantwortlicher für Ausbreitungsrechnungen



Claus-Jürgen Richter
Diplom-Meteorologe
Geschäftsführer

Dieser Bericht wurde nach den Anforderungen unseres Qualitätsmanagementsystems nach DIN 17025 erstellt. Er darf nur für projektbezogene Zwecke vervielfältigt oder weitergegeben werden.

Freiburg, den 01.04.2022

Literatur

- BMWFJ, B. für W., Familie und Jugend** (2013): Technische Grundlage zur Beurteilung diffuser Staubemissionen.
- BVT** (2018): Durchführungsbeschluss (EU) 2018/1147 der Kommission vom 10. August 2018 über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates für die Abfallbehandlung (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen C (2018) 5070).
- Düring, I. & C. Sörgel** (2014): Anwendung der Richtlinie VDI 3790 Blatt 3 in der Praxis. (Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft)1/2 2014.
- EMEP/EEA** (2016): Air pollutant emission inventory guidebook 2016. European Environment Agency.
- HBEFA** (2019): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs Version 4.1.
- Janicke, U. & L. Janicke** (2014): AUSTAL2000 – Programmbeschreibung zu Version 2.6. Stand 2014-02-24. Ingenieurbüro Janicke (Umweltbundesamt, Dessau).
- Janicke, U. & L. Janicke** (2021): AUSTAL – Programmbeschreibung zu Version 3.1. Stand 2021-08-09. Ingenieurbüro Janicke (Umweltbundesamt, Dessau).
- Kühn, G.** (2002): Experimentelle Untersuchungen zur Entstehung und Ausbreitung von Staubfahnen hinter Kraftfahrzeuge. Universität Hannover
- Kummer, V., N. van der Pütten, H. Schneble, R. Wagner & H.-J. Winkels** (2010): Ermittlung des PM10-Anteils an den Gesamtstaubemissionen von Bauschuttzubereitungsanlagen. (Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft)70 Nr. 11/12: 478–482.
- Strobl, A. & M. Kuntner** (2014): Österreichische Technische Grundlage zur Beurteilung diffuser Staubemissionen. Teil 1: Diffuse Staubemissionen beim Schüttgutumschlag mineralischer Rohstoffe und Baurestmassen. (11/12)74: 501–504.
- TA Luft** (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021.
- VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13:2010-01** (2010): Umweltmeteorologie. Qualitätssicherung in der Immissionsprognose. Anlagenbezogener Immissionsschutz. Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft.
- VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2:2000-12** (2000): Umweltmeteorologie. Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen Deponien.
- VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2:2017-06** (2017): Umweltmeteorologie. Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen Deponien.

VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3:2010-01 (2010): Umweltmeteorologie. Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen. Lagerung Umschlag und Transport von Schüttgütern.

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

VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4:2018-09 (2018): Umweltmeteorologie. Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen. Staubemissionen durch Fahrzeugbewegungen auf gewerblich/industriellem Betriebsgelände.

Anhang:

Anhang 1: Abbildungen

Anhang 2: Grundlagen zur Ermittlung der Emissionen

Anhang 3: Emissionsmassenströme

Anhang 4: Ausbreitungsrechnungen

Anhang 5: Protokolldateien

Anhang 1: Abbildungen

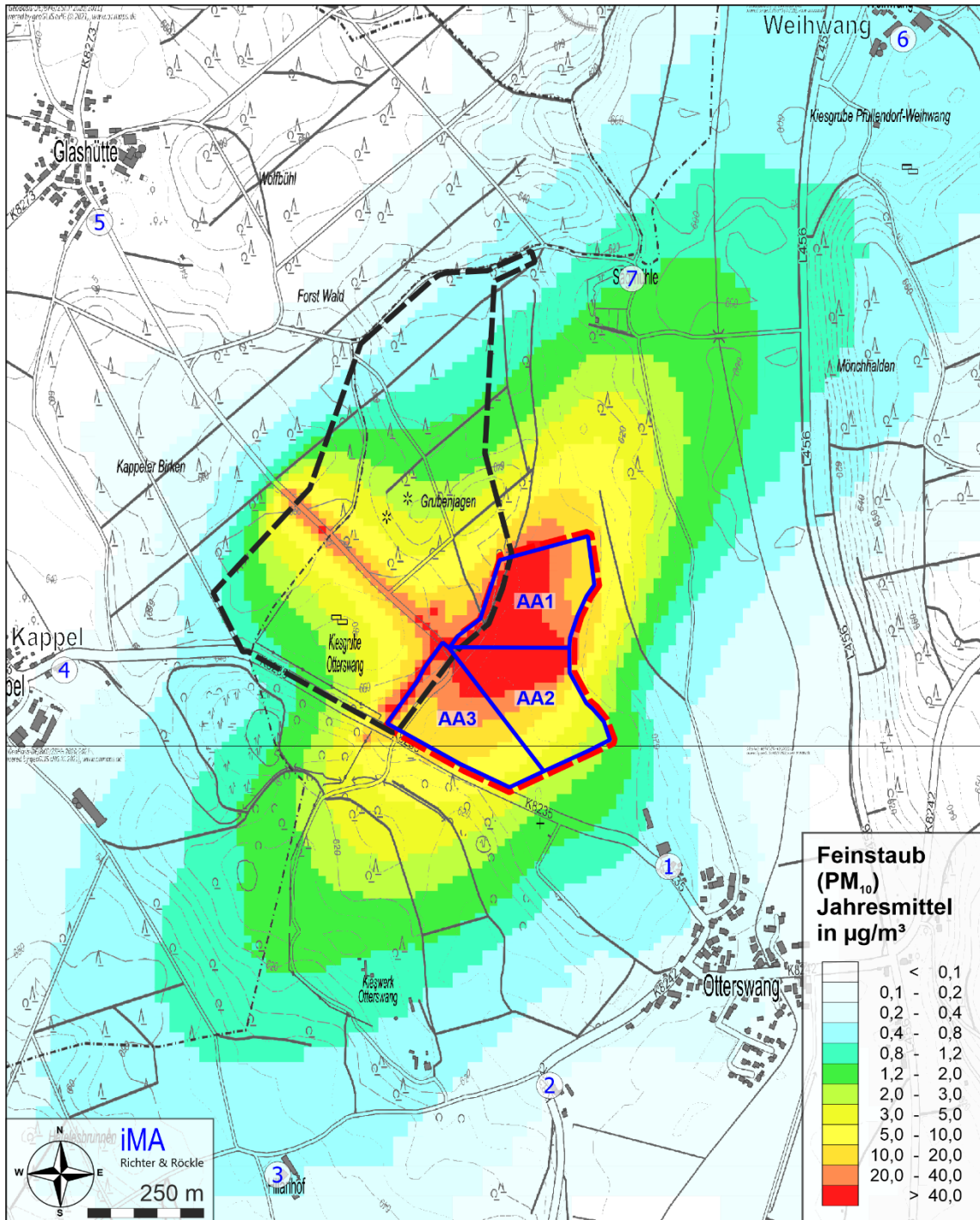


Abbildung A1-1: PM₁₀-Immissionsbeitrag der **Variante 1**.
 Jahresmittelwerte in µg/m³.
 Immissionswert: 40 µg/m³; Irrelevanzschwelle: 1,2 µg/m³
 (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

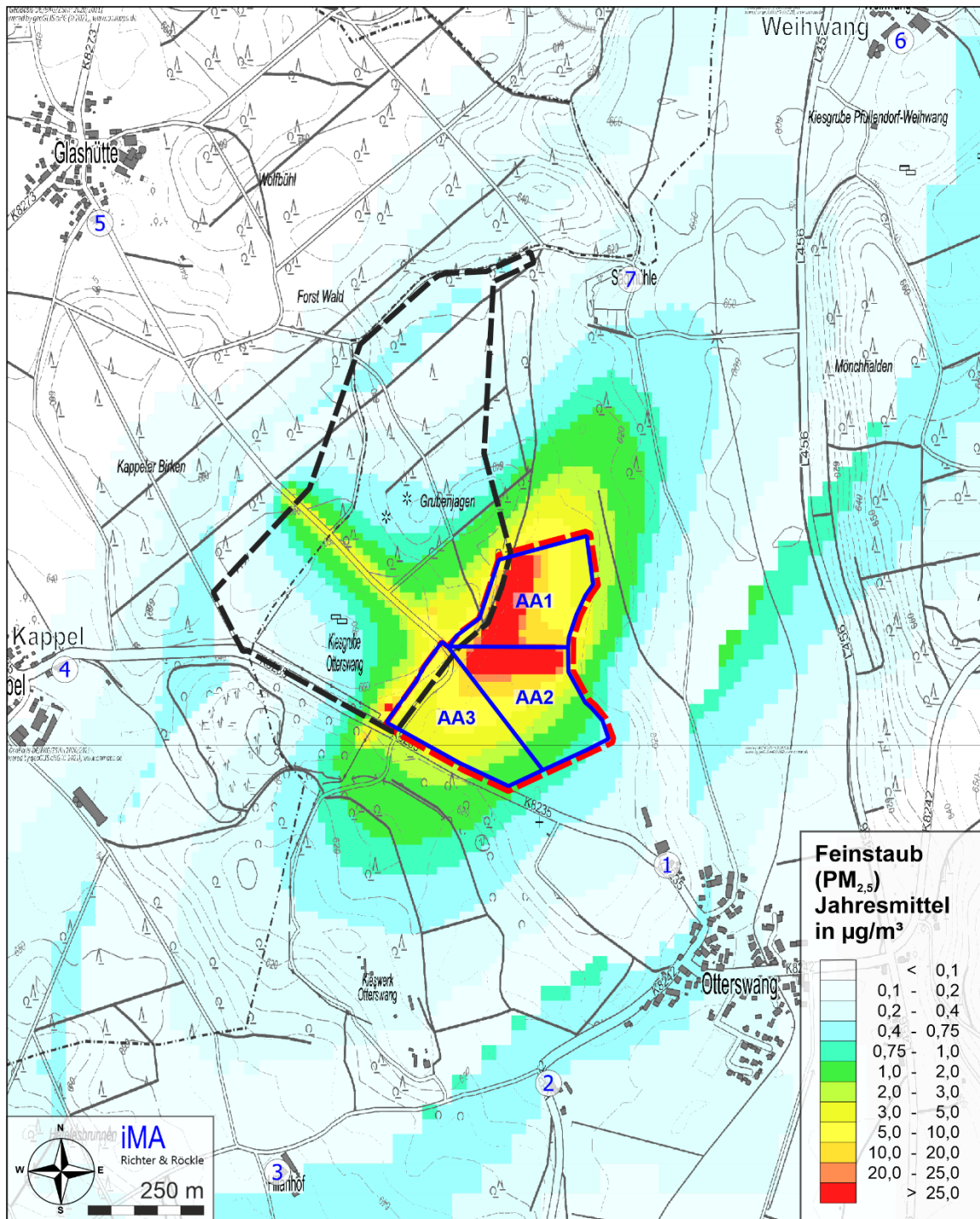


Abbildung A1-2: **PM_{2,5}-Immissionsbeitrag der Variante 1.**
 Jahresmittelwerte in µg/m³.
 Immissionswert: 25 µg/m³; Irrelevanzschwelle: 0,75 µg/m³
 (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

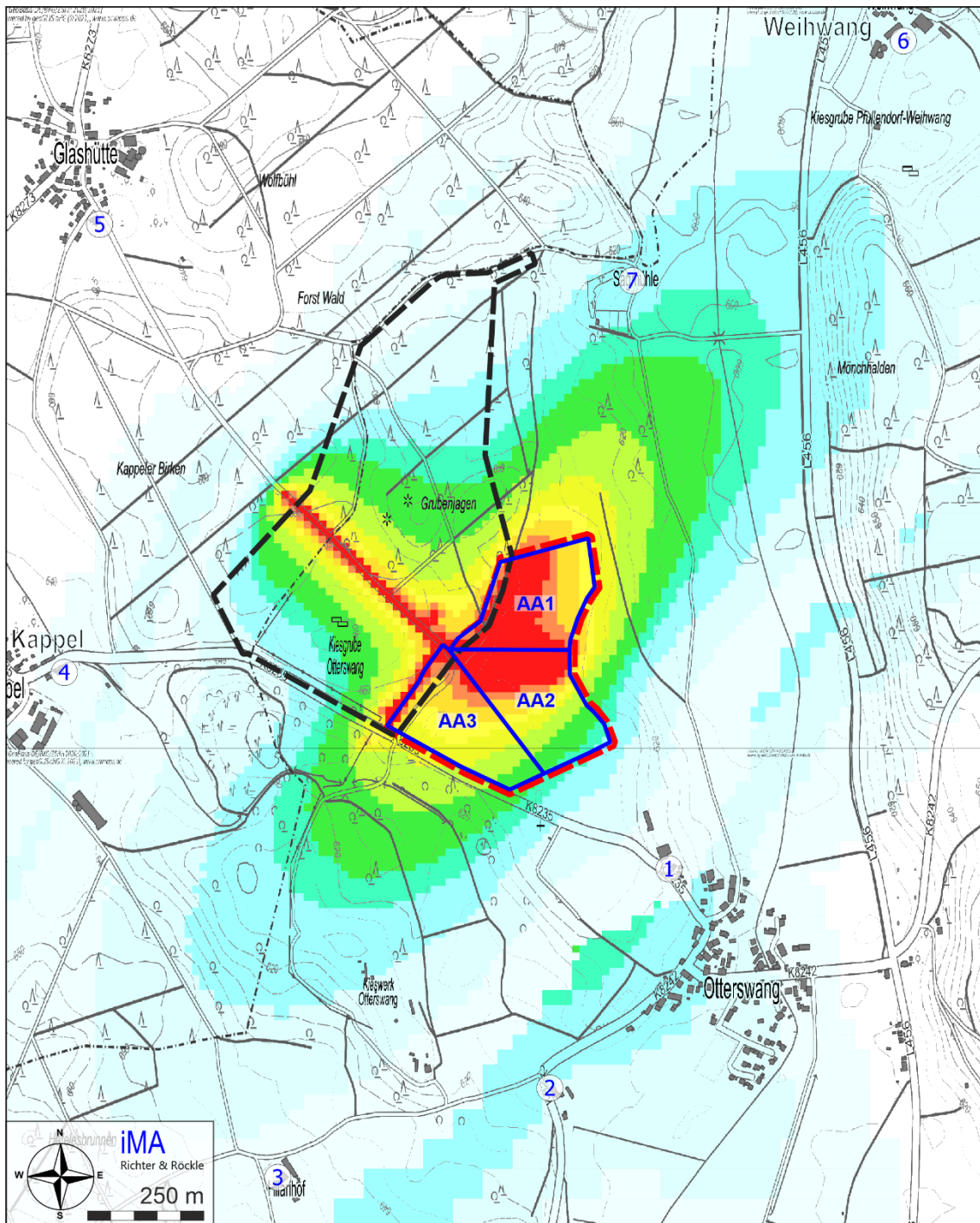


Abbildung A1-3: Staubniederschlags-Immissionsbeitrag der **Variante 1**.
Jahresmittelwerte in $g/(m^2 \cdot d)$
Immissionswert: $0,35 g/(m^2 \cdot d)$; Irrelevanzschwelle: $10,5 mg/(m^2 \cdot d)$
(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

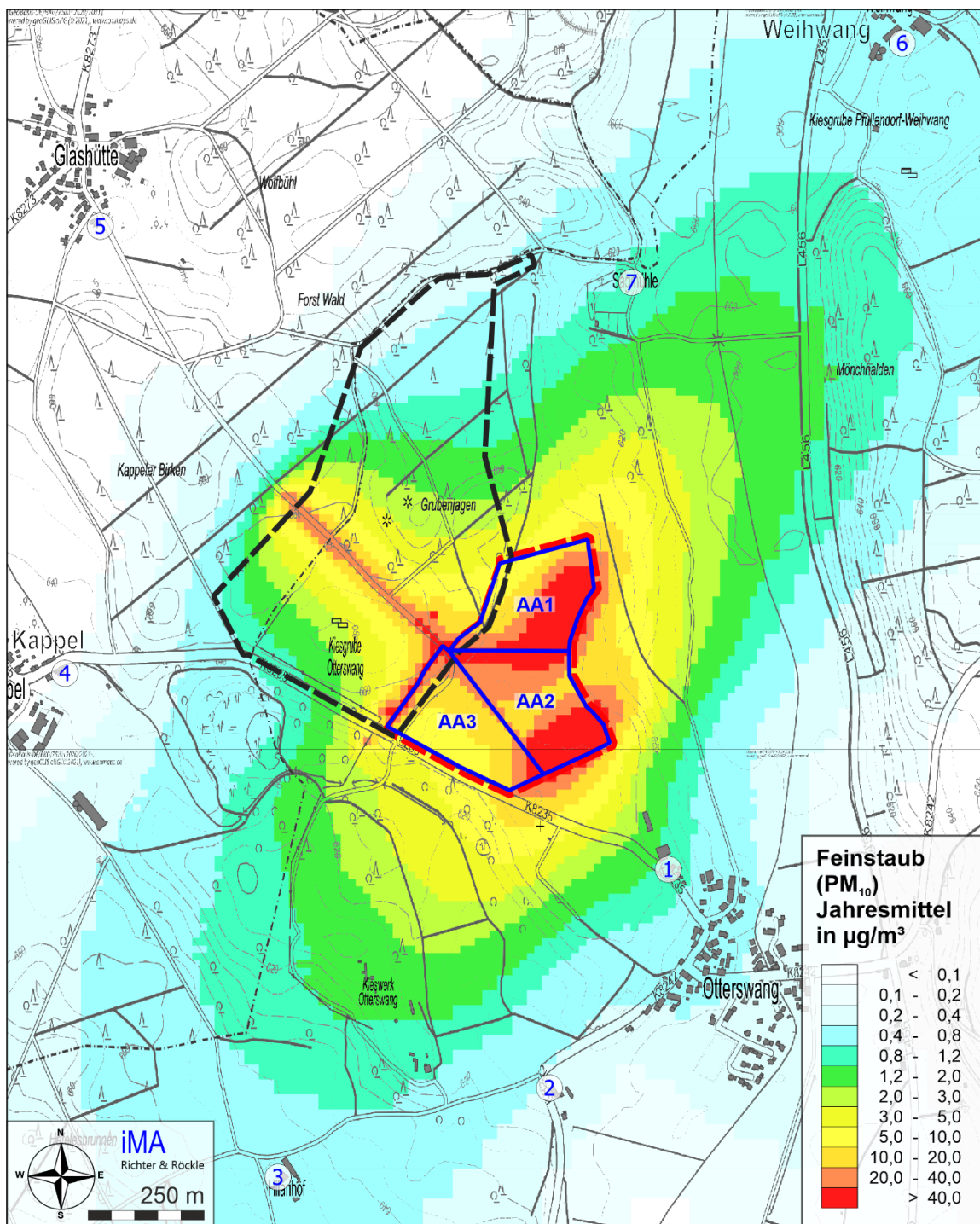


Abbildung A1-4: PM₁₀-Immissionsbeitrag der **Variante 2**.
 Jahresmittelwerte in µg/m³.
 Immissionswert: 40 µg/m³; Irrelevanzschwelle: 1,2 µg/m³
 (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

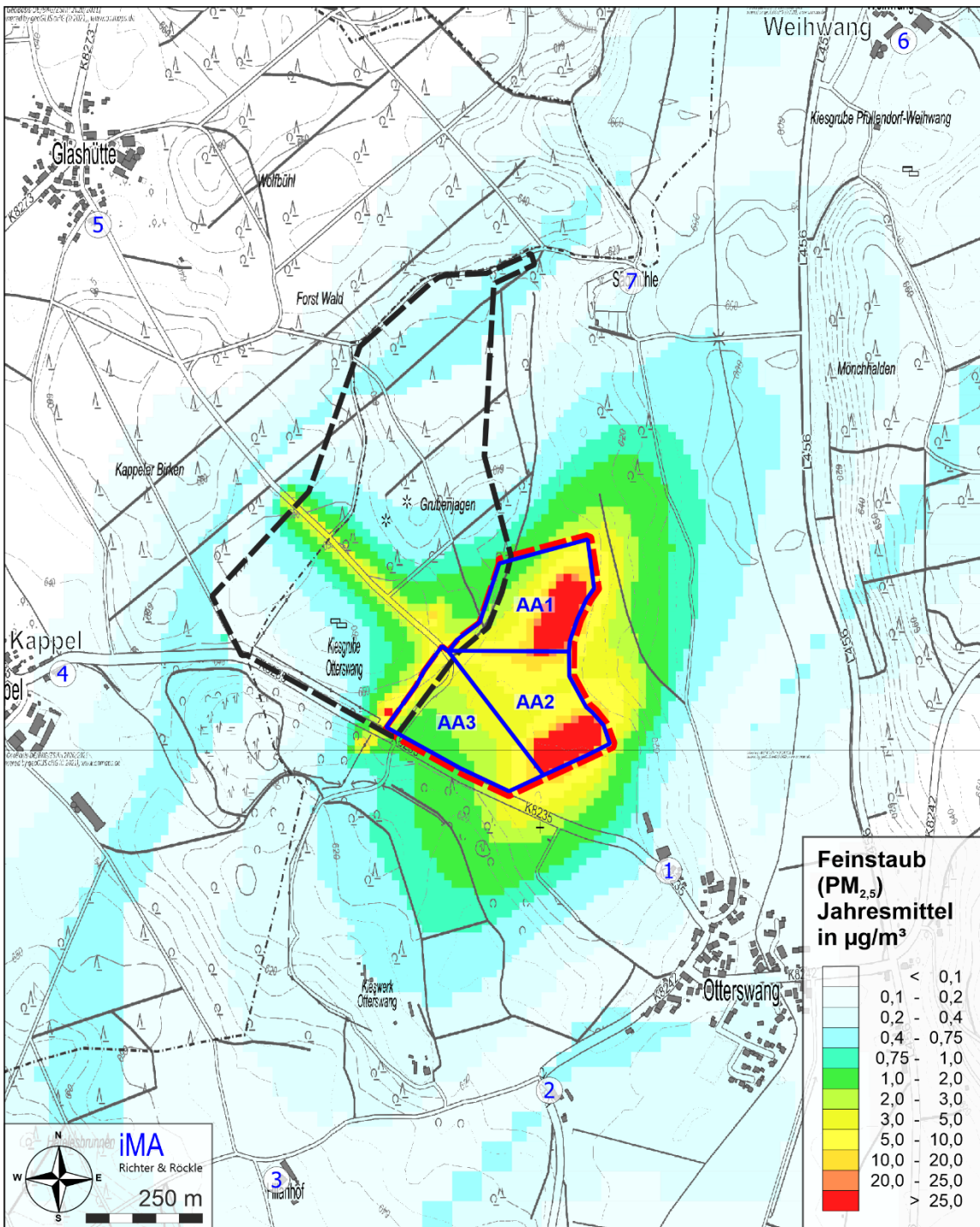


Abbildung A1-5: PM_{2,5}-Immissionsbeitrag der **Variante 2**.
 Jahresmittelwerte in µg/m³.
 Immissionswert: 25 µg/m³; Irrelevanzschwelle: 0,75 µg/m³
 (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

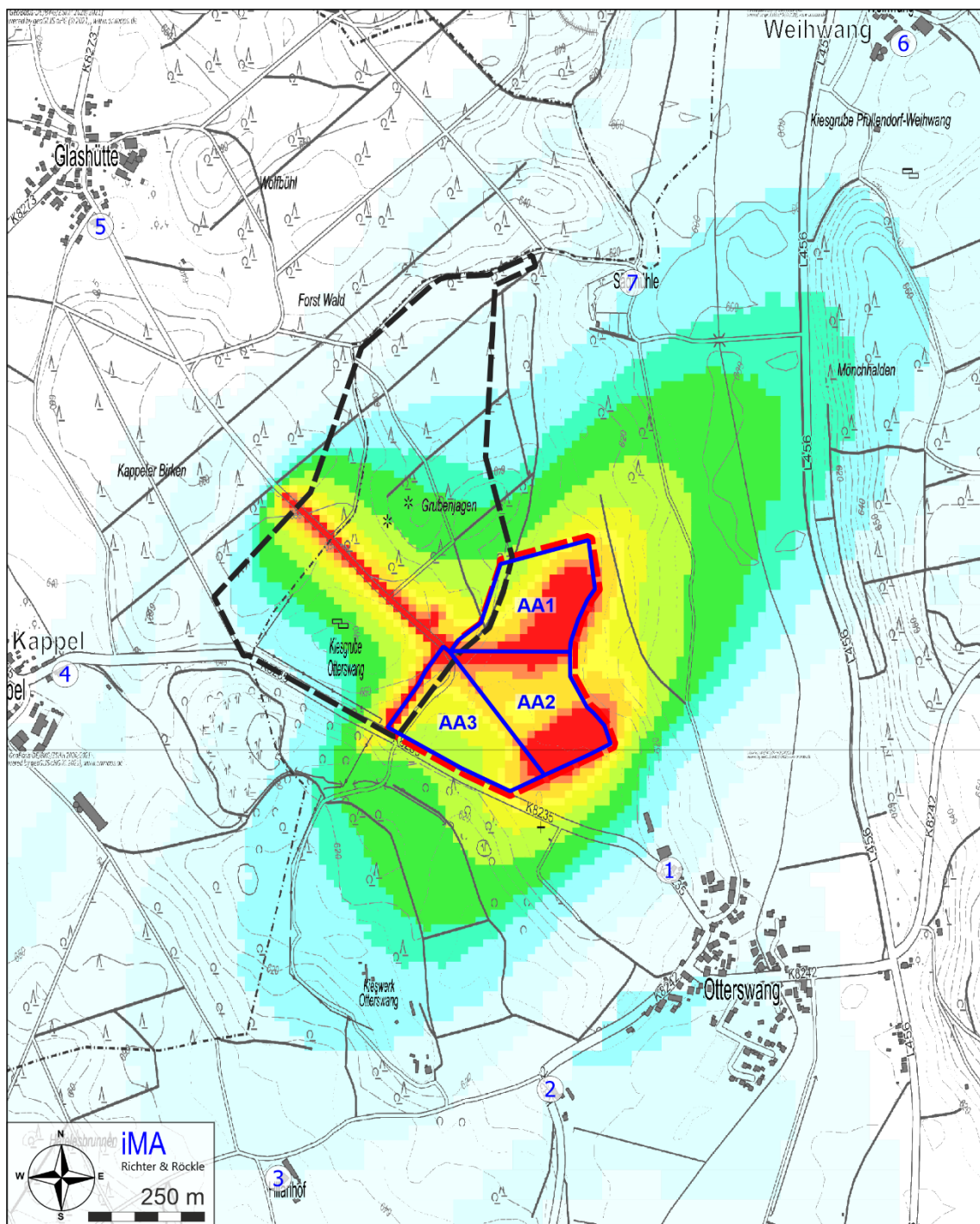


Abbildung A1-6: Staubniederschlags-Immissionsbeitrag der **Variante 2**.
 Jahresmittelwerte in $g/(m^2 \cdot d)$
 Immissionswert: $0,35 g/(m^2 \cdot d)$; Irrelevanzschwelle: $10,5 mg/(m^2 \cdot d)$
 (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

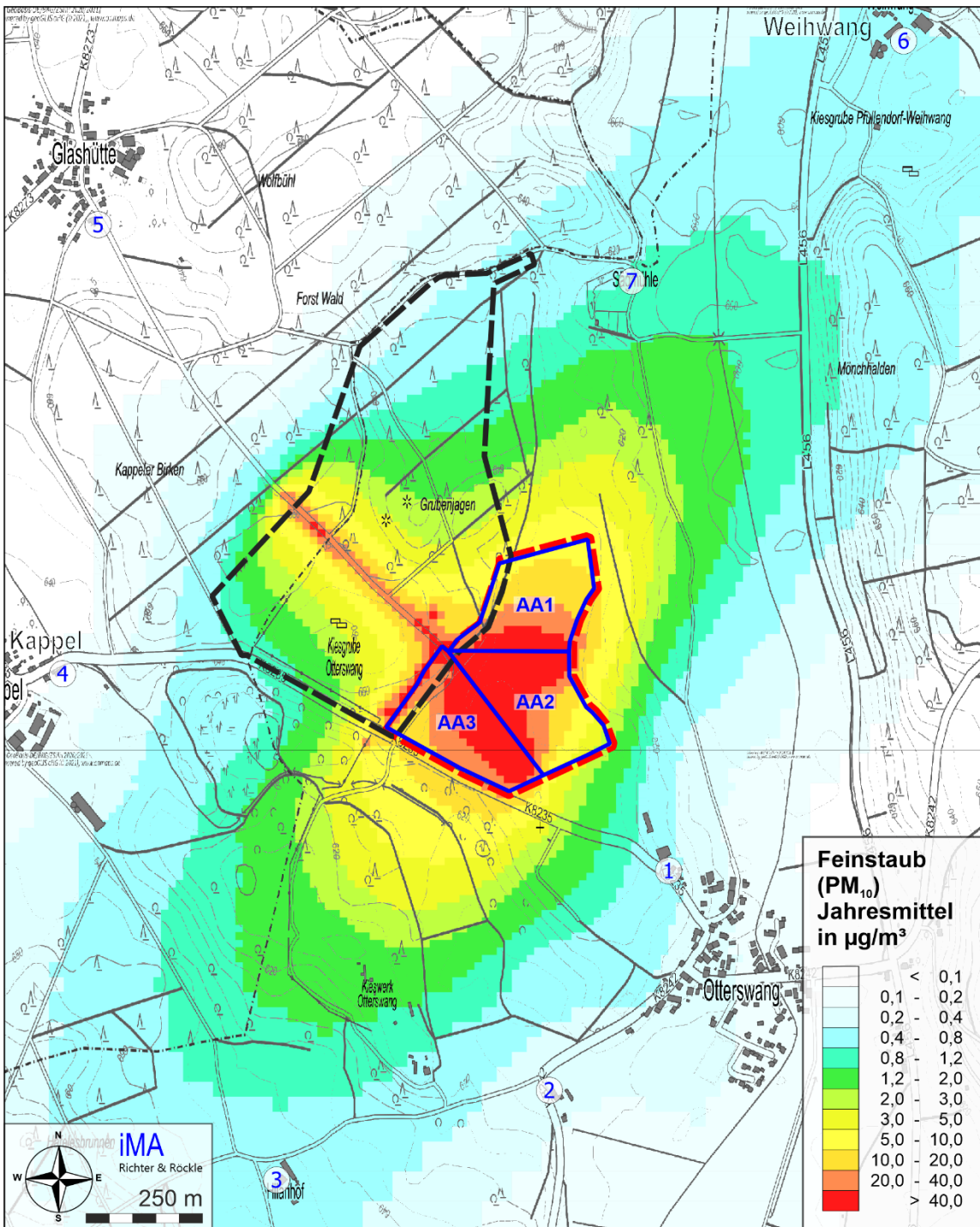


Abbildung A1-7: PM₁₀-Immissionsbeitrag der **Variante 3**.
 Jahresmittelwerte in µg/m³.
 Immissionswert: 40 µg/m³; Irrelevanzschwelle: 1,2 µg/m³
 (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

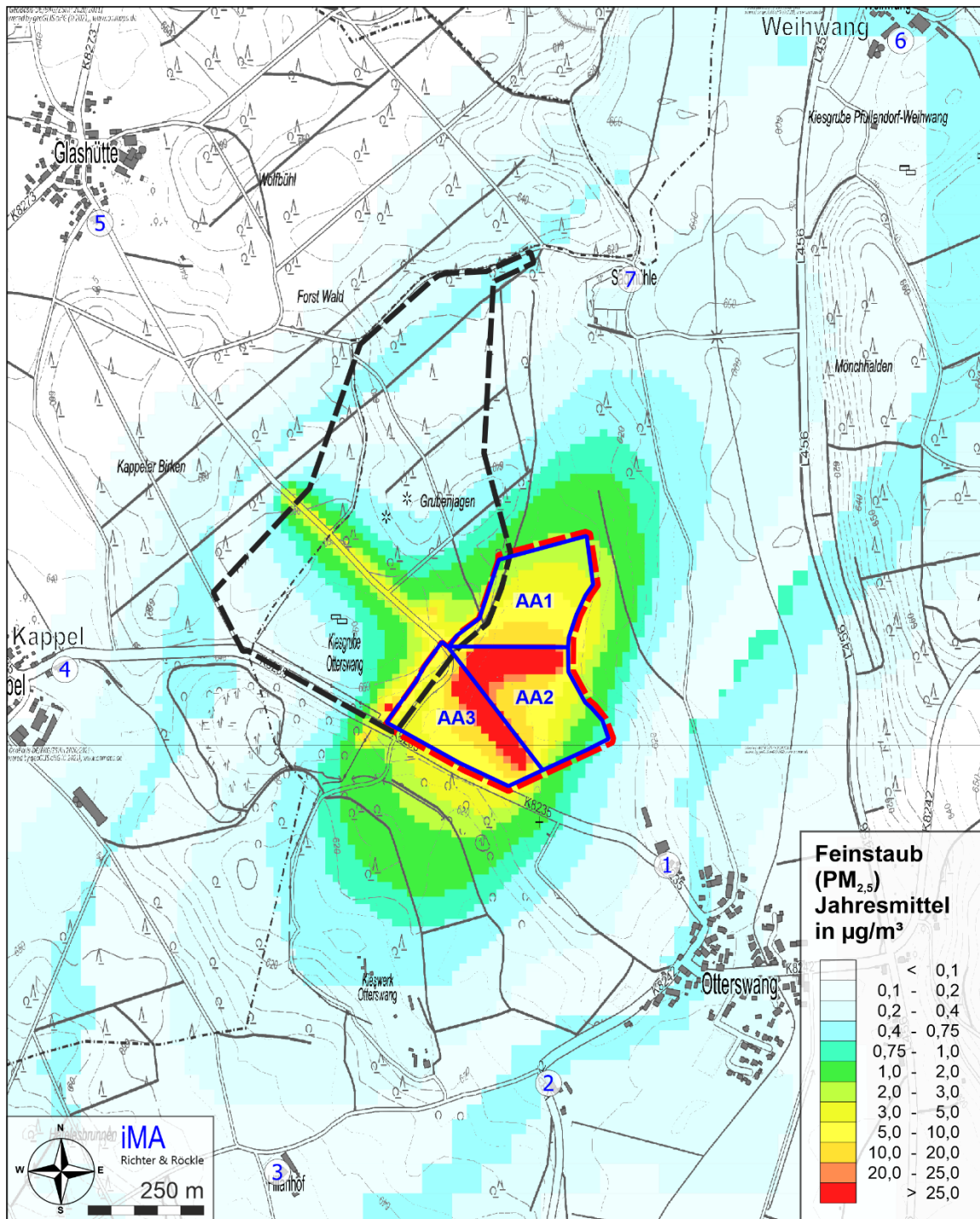


Abbildung A1-8: **PM_{2,5}-Immissionsbeitrag der Variante 3.**
 Jahresmittelwerte in µg/m³.
 Immissionswert: 25 µg/m³; Irrelevanzschwelle: 0,75 µg/m³
 (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

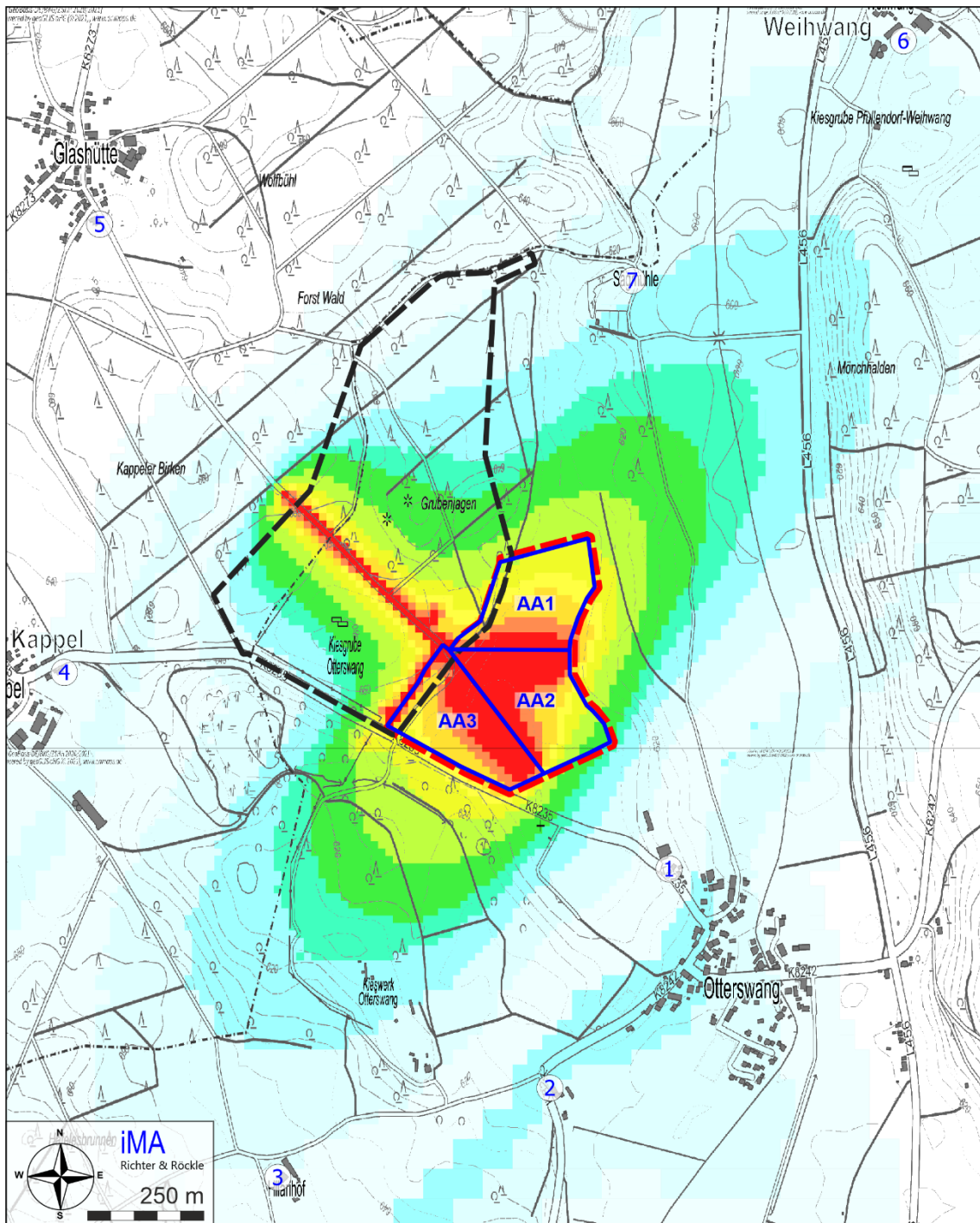


Abbildung A1-9: Staubniederschlags-Immissionsbeitrag der **Variante 3**.
Jahresmittelwerte in $g/(m^2 \cdot d)$
Immissionswert: $0,35 g/(m^2 \cdot d)$; Irrelevanzschwelle: $10,5 mg/(m^2 \cdot d)$
(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

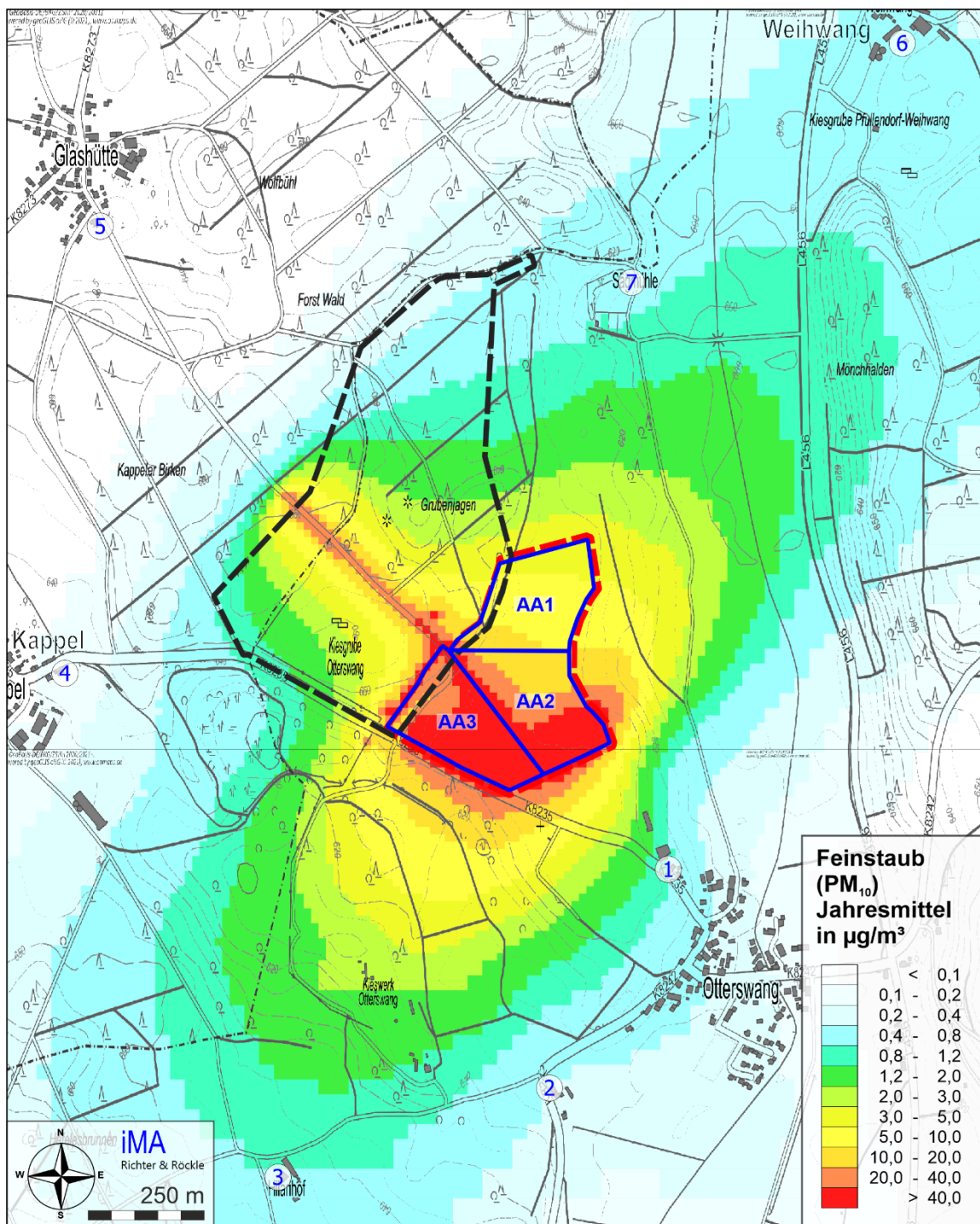


Abbildung A1-10: PM₁₀-Immissionsbeitrag der **Variante 4**.
 Jahresmittelwerte in µg/m³.
 Immissionswert: 40 µg/m³; Irrelevanzschwelle: 1,2 µg/m³
 (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

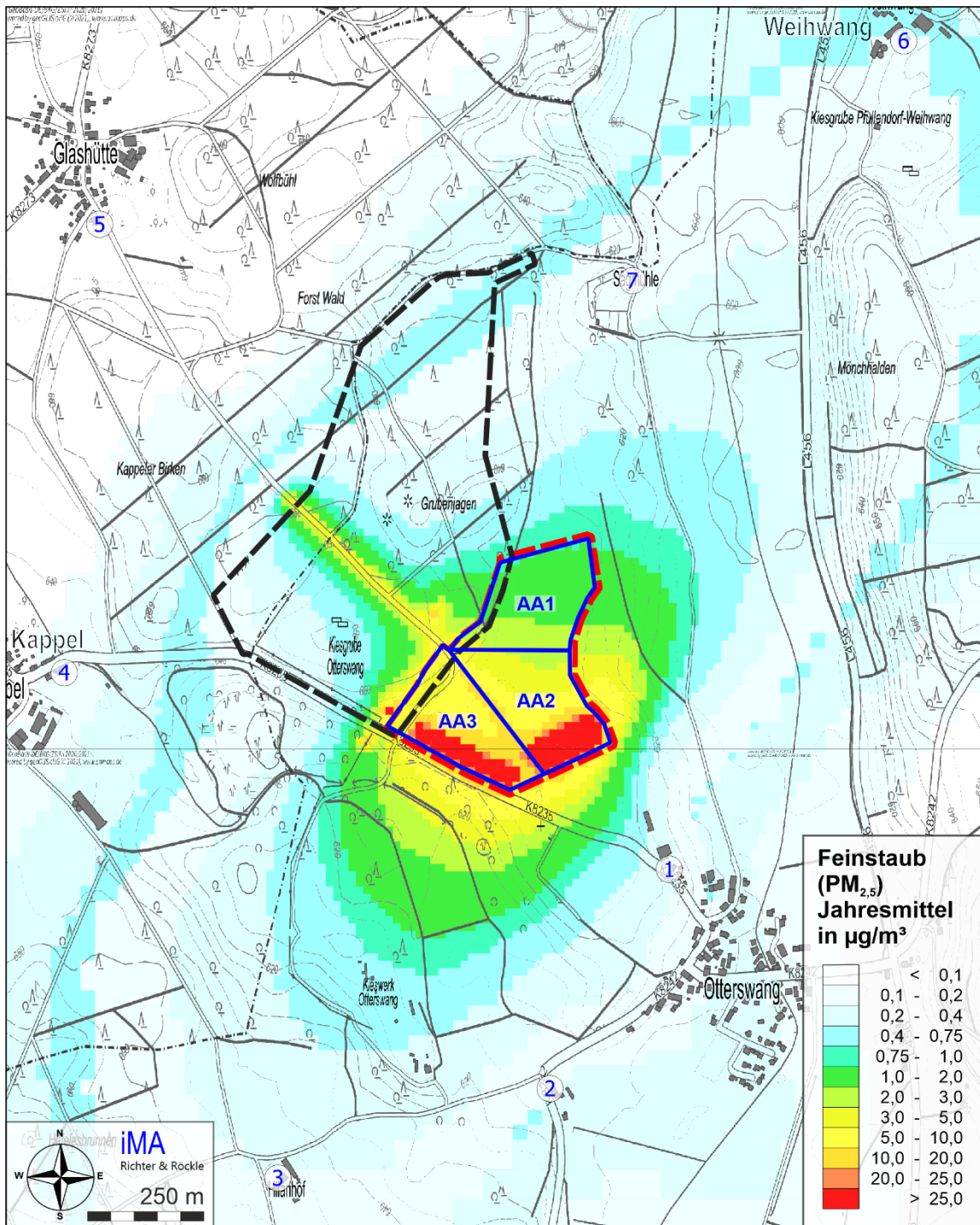


Abbildung A1-11: PM_{2,5}-Immissionsbeitrag der **Variante 4**.

Jahresmittelwerte in µg/m³.

Immissionswert: 25 µg/m³; Irrelevanzschwelle: 0,75 µg/m³

(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

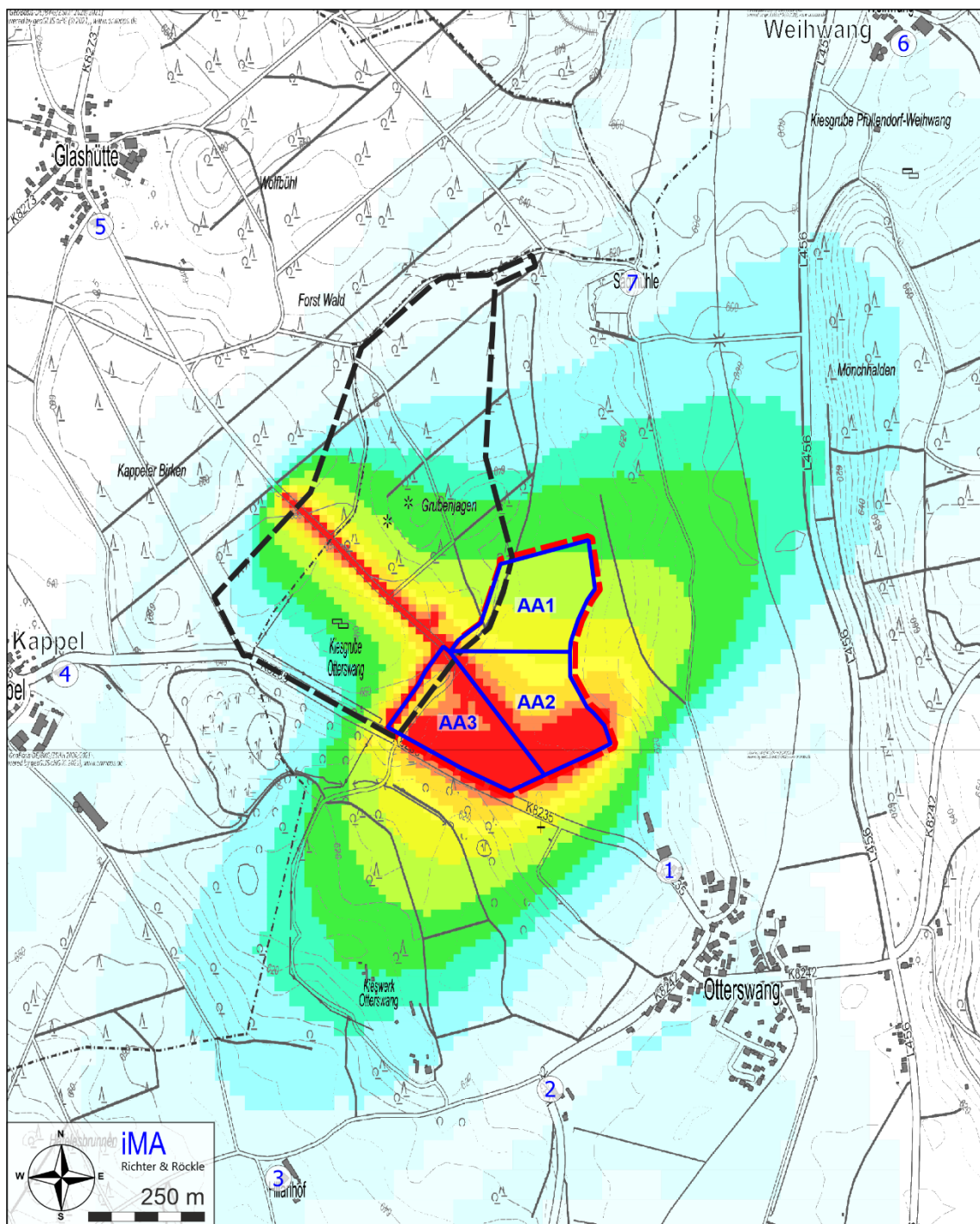


Abbildung A1-12: Staubniederschlags-Immissionsbeitrag der **Variante 4**.

Jahresmittelwerte in $g/(m^2 \cdot d)$

Immissionswert: $0,35 g/(m^2 \cdot d)$; Irrelevanzschwelle: $10,5 mg/(m^2 \cdot d)$

(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

Anhang 2: Grundlagen zur Ermittlung der Emissionen

Im Folgenden werden die Berechnungsformeln und die Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen dargestellt. Die einzelnen Berechnungsschritte sind in Anhang 3 aufgeführt.

A2.1 Umschlagvorgänge

A2.1.1 Emissionsfaktoren

Die normierten Emissionsfaktoren für kontinuierliche und diskontinuierliche Aufnahme- und Abwurfverfahren werden gemäß VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3:2010-01 (2010), Nr. 7.2.2.1 wie folgt berechnet:

$$\text{kontinuierlich: } q_{norm} = a \cdot 83,3 \cdot \dot{M}^{0,5}$$

$$\text{diskontinuierlich: } q_{norm} = a \cdot 2,7 \cdot M^{0,5}$$

mit:

a = Gewichtungsfaktor zur Berücksichtigung der Stoffe hinsichtlich ihrer Neigung zum Stauben

\dot{M} = Durchsatz in t/h

M = Abwurf-/Aufnahmemenge in t/(Abwurf bzw. Aufnahme)

Der Gewichtungsfaktor a errechnet sich aus

$$a = (10^b)^{0,5},$$

wobei b als „Staubneigung“ bezeichnet wird. Sie wird nach Nr. 7.2.3 der VDI-Richtlinie in folgende 5 Klassen eingeteilt:

Tabelle A2-1: Staubneigung

Klasse	Staubneigung (b)
0	außergewöhnlich feuchtes/staubarmes Gut
2	Staub nicht wahrnehmbar
3	schwach staubend
4	mittel staubend
5	stark staubend

Die normierten Emissionsfaktoren q_{norm} werden im Folgenden zur Berechnung von individuellen Emissionsfaktoren in g/t_{Gut} verwendet.

Aufnahme und Aufhaltung von Schüttgütern

Die Emissionen für die Aufnahme und Aufhaltung staubender Güter werden gemäß VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3, Nr. 7.2.2.3 wie folgt berechnet:

$$q_{Auf} = q_{norm} \cdot \rho_s \cdot k_U$$

mit:

q_{norm} = auf $\rho_s = 1 \text{ t}_{Gut}/\text{m}^3$ normierter Emissionsfaktor in $[\text{g}/\text{t}_{Gut} \cdot \text{m}^3/\text{t}_{Gut}]$

ρ_s = Schüttgutdichte in $[\text{t}_{Gut}/\text{m}^3]$ des Einsatzstoffes

k_U = dimensionsloser Umfeldfaktor.

Der Umfeldfaktor berücksichtigt staubmindernde Maßnahmen, z.B. Absaugung, Kapselung usw. $k_U = 1$ bedeutet, dass keine staubmindernden Einflüsse angenommen werden.

Abwurf von Schüttgütern

Zur Abschätzung der Emissionen für den Abwurf staubender Güter wird gemäß VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3, Nr. 7.2.2.5 folgender Ansatz gewählt:

$$q_{Ab} = q_{norm} \cdot k_H \cdot k_{Gerät} \cdot 0,5 \cdot \rho_s \cdot k_U$$

mit:

k_H = $(H/2)^{1,25}$. Auswirkungsfaktor zur Berücksichtigung der Abwurfhöhe.

H = Fallhöhe des Materials

q_{norm} = auf $\rho_s = 1 \text{ t}_{Gut}/\text{m}^3$ normierter Emissionsfaktor in $[\text{g}/\text{t}_{Gut} \cdot \text{m}^3/\text{t}_{Gut}]$.

Der Emissionsfaktor ergibt sich in Abhängigkeit von der Staubqualität des Einsatzstoffes und von der Abwurfmenge bei diskontinuierlichen Vorgängen bzw. dem Durchsatz bei kontinuierlichen Vorgängen.

ρ_s = Schüttgutdichte in $[\text{t}_{Gut}/\text{m}^3]$ des Einsatzstoffes

$k_{Gerät}$ = empirischer Korrekturfaktor, der das Abwurfverfahren berücksichtigt.

Diskontinuierliche Abwurfverfahren (Lkw, Radlader): $k_{Gerät} = 1,5$

Kontinuierliche Beladegeräte (Schüttrohr, Transportband): $k_{Gerät} = 1$

k_U = dimensionsloser Umfeldfaktor.

Der Umfeldfaktor berücksichtigt staubreduzierende Maßnahmen, die sich z.B. durch Einrichtungen zur Verminderung der Windangriffsfläche ergeben.

$k_U = 1$ wird z.B. in hindernisfreier Umgebung angesetzt.

Die Eingangsparameter, die zur Berechnung der Staubemissionen für die Umschlagvorgänge „Aufnahme“ und „Abwurf“ herangezogen wurden, sind den Tabellen „Emissionsmassenströme“ in Anhang 3 zu entnehmen.

A2.1.2 Berechnungsansätze

Die Staubneigung der umgeschlagenen Materialien wird in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3:2010-01 (2010) festgelegt:

- Mineralischen Materialien (bestehend aus z. B. Bauschutt, Kies, Geröll, Sande, Steine und weitere mineralische Stoffe) werden in der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 in der Regel Staubneigungen zwischen 2 ('nicht wahrnehmbar') und 3 ('schwach staubend') zugeordnet. Für erdfeuchtes Material sieht die VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 die Staubneigungs-klasse 2 vor, die entsprechend für den frisch abgebauten Kies und die Lehmschichten angesetzt wird. Da tatsächlich ein Teil des Kieses nass abgebaut wird ist dieser Ansatz konservativ.
- Beim Material zur Verfüllung handelt es sich in der Regel um Erdaushub in erdfeuchtem Zustand, der direkt von Baustellen oder feucht vom Kieswerk angeliefert wird. Für erdfeuchtes Material sieht die VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 die Staubneigungs-klasse 2 vor.

Zur Berechnung der Staubemissionen werden darüber hinaus folgende Ansätze getroffen:

- Die Staubemission durch das 'Abrutschen' des Materials beim Kiesabbau und bei der Verfüllung wird nach VDI 3790, Blatt 3 über die Berücksichtigung eines Reibungsfaktors k_{Reib} von 0,5 berechnet. Dieser Faktor ergibt sich aus dem Ansatz eines Gleitreibungskoeffizienten μ von 1,4 und einem Anstellwinkel von 20° . Er ist gleich dem laut VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 anzusetzenden Wert "*falls nicht anders bekannt*".
- Beim Verteilen des Einbaumaterials mittels Raupe werden nur in geringem Maße Staubemissionen freigesetzt. Im Sinne einer konservativen Emissionsabschätzung wird dieser Vorgang als 'Aufnahme mit Schaufellader' im Sinne der VDI-Richtlinie 3790 Blatt 3 angenähert.
- Der PM_{10} -Anteil (Staubkorngrößen kleiner als $10 \mu m$) wird für sämtliche Umschlagvorgänge mit 25 % an der Gesamtstaubemission angesetzt (vgl. Kummer et al. (2010)). Der $PM_{2,5}$ -Anteil wird nach Angaben in BMWFJ (2013) mit 5,3 % an der Gesamtstaubemission angesetzt.
- Die Schüttdichte wird über einen Mittelwert von $1,6 t/m^3$ angesetzt.

A2.2 *Fahrbewegungen auf unbefestigten Fahrwegen*

Für unbefestigte Fahrwege sind in der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4:2018-09 (2018) unter Nr. 7.1 Berechnungsformeln zur Ermittlung der Staubemissionen angegeben.

Die Staubemissionen werden durch folgende Vorgänge verursacht:

- a) Emissionen aufgrund von Staubaufwirbelungen beim Fahren,
- b) Abgas- bzw. Motoremissionen und
- c) Emissionen durch Abrieb bei Bremsvorgängen, von den Reifen und vom Straßenbelag.

a.) Emissionsfaktoren durch Aufwirbelungen

Eingangsgrößen für die Berechnung sind:

- der Feinkornanteil des Straßenmaterials,
- das mittlere Gewicht der Fahrzeugflotte,
- die Anzahl der Niederschlagstage,
- Emissionsminderungsmaßnahmen

sowie empirische korngrößenabhängige Parameter.

Ein Einflussparameter zur Berechnung der Emissionen unbefestigter Fahrwege ist der prozentuale **Feinkornanteil** des Fahrbahnbelags ('Schluffanteil' s). In der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4:2018-09 (2018) sind verschiedene Beispiele für Feinkornanteile aufgeführt. Als Konventionswert wird ein Feinkornanteil von 5,2 % genannt. Der gewichtete Mittelwert über alle Einzelwerte beträgt 7,4 %. Für die Prognose wird konservativ ein Wert von 8 % angesetzt.

Die **Fahrzeuggewichte** sind in Tabelle A2-2 aufgeführt.

Tabelle A2-2: Durchschnittliche Gewichte der eingesetzten Fahrzeuge in t

Fahrzeug	Leergewicht	Zuladung	Gesamtgewicht	mittleres Gewicht
LKW	15,9	27,8	43,7	29,8
Radlader	34,0	9,6	43,6	38,8
Raupe	17,3	–	17,3	17,3

Die Anzahl der **Niederschlagstage** (Tage mit täglichen Niederschlagsmengen über 1 mm) liegt entsprechend VDI-Richtlinie 3790 Blatt 4 Bild A1 bei 140 Niederschlagstagen pro Jahr.

Als **Emissionsminderungsmaßnahme** ist gemäß VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4 (2018) die Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit entsprechend den Ausführungen von Kühn (2002) berücksichtigt. Demnach steigt die Staubemission exponentiell mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit an, so dass eine Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit auf 30 km/h einer Maßnahmenzahl k_M von 0,5 entspricht. Im vorliegenden Fall wird eine Maßnahmenwirksamkeit von 0,5 für Lkw- und Radladerfahrten berücksichtigt. Für die deutlich langsamer fahrende Raupe wird eine Maßnahmenwirksamkeit von 0,75 angesetzt.

Die Staubemission wird nach Nr. 7.3.1 der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4 (2018) folgendermaßen berechnet werden:

$$E = k_{Kgv} \cdot \left(\frac{s}{12}\right)^a \cdot \left(\frac{W}{2,7}\right)^b \cdot \left(1 - \frac{p}{365}\right) \cdot (1 - k_M)$$

E in g/(m · Fzg) Emissionsfaktor für die Staubaufwirbelung aufgrund von Fahrbewegungen

k_{Kgv}	Faktor zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung (siehe Tabelle A2-3)
a, b	Korngrößenabhängige Exponenten (siehe Tabelle A2-3)
s in %	Feinkornanteil des Straßenmaterials < 75 μm (bezogen auf Gesamt-Staubbelastung)
W in t	Mittleres Gewicht der Fahrzeugflotte
p	Anzahl der Tage pro Jahr mit mindestens 1 mm natürlicher Niederschlag
k_M	Kennzahl für Maßnahmenwirksamkeit von Emissionsminderungsmaßnahmen

Tabelle A2-3: Korngrößenabhängige Exponenten

Bezeichnung	PM-2,5	PM-10	PM-30
k_{Kgv}	0,042	0,42	1,38
a	0,9	0,9	0,7
b	0,45	0,45	0,45

Die folgende Tabelle listet die verwendeten Parameter für die Berechnung nach VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4 (2018) und die daraus resultierenden spezifischen Staubemissionen durch die Fahrzeugbewegungen auf. Die Emissionsmassenströme können Anhang 3 entnommen werden.

Tabelle A2-4: Parameter zur Berechnung des Emissionsfaktors

Bezeichnung	LKW	Radlader	Raupe
Leergewicht (t)	15,9	34,0	17,3
Zuladung (t)	27,8	9,6	0,0
mittleres Gewicht W (t)	29,8	38,8	17,3
Anzahl der Regentage mit Regenmenge > 0,1 mm p	140	140	140
Feinkornanteil des Straßenmaterials s_L (%)	8,0	8,0	8,0
Längenbezogene Emissionsfaktoren (g/km) q_T			
PM _{2,5} :	53	60	41
PM ₁₀ :	532	599	417
PM ₃₀ :	1.888	2.127	1.479
Emissionen ohne k_M (g/km)			
pm-1:	53	60	41
pm-2:	479	540	375
pm-u:	1.356	1.527	1.062
k_M für Befeuchtung	0	0	0

Bezeichnung	LKW	Radlader	Raupe
k_M für Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit	0,5	0,5	0,75
Emissionen (g/km)			
pm-1:	26	30	10
pm-2:	240	270	94
pm-u:	678	764	265
Summe (g/km)	944	1.063	370

b.) Dieselmotoremissionen

Die Lkw-bedingten Abgasemissionen werden anhand der Emissionsfaktoren des 'HBEFA' (Handbuch Emissionsfaktoren 4.1, HBEFA (2019)) bestimmt. Eingangsgrößen sind:

- der Fahrzeugtyp (z.B. leichte und schwere Lkw)
- die Straßenkategorie
- die Fahrbahneigung
- der Fahrmodus
- das Bezugsjahr.

Für die Emissionsberechnung wird der höchste Staubemissionsfaktor aus dem 'HBEFA' gewählt. Dieser beträgt für schwere Nutzfahrzeuge bei einer Fahrbahneigung von +6 % und 'Stop-and-go-Verkehr'

0,34 g/(Lkw·km).

Diese Staubemission wird vollständig in Form von $PM_{2,5}$ freigesetzt. Da motorische Verbesserungsmaßnahmen zukünftig zu einem Rückgang der Emissionen führen werden, wird das Bezugsjahr 2010 verwendet.

c.) Emissionen durch Abrieb

Ein weiterer Teil der Emissionen entsteht durch Abriebe (Reifenabrieb, Straßenabrieb, Bremsabrieb). Um diesen Anteil zu berechnen, werden Angaben der EEA (European Environment Agency; EMEP/EEA (2016)) verwendet:

Tabelle A2-5: Emissionsfaktoren durch Abrieb nach EMEP/EEA (2016) in g/(Lkw·km).

Emissionsquelle	Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 μm	2,5 bis 10 μm	> 10 μm	
Brems- und Reifenabrieb	0,0316	0,0274	0,0187	0,078
Straßenabrieb	0,0205	0,0175	0,0380	0,076
Summe:	0,052	0,045	0,057	0,154

d.) Zusammenfassende Darstellung der Emissionsfaktoren

Aus den oben dargestellten Berechnungsansätzen berechnen sich die folgenden Emissionsfaktoren:

Tabelle A2-6: Emissionsfaktoren der Lkw in g/(LKW·km).

Emissionsquelle	Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Aufwirbelungen (VDI 3790 Blatt 4)	26,48	239,58	678,16	944,22
Motoremissionen (UBA, 2010)	0,340	-	-	0,340
Abriebe (EMEP/EEA, 2016)	0,052	0,045	0,057	0,154
Gesamt	26,9	239,6	678,2	944,7

Tabelle A2-7: Emissionsfaktoren der Radlader in g/(LKW·km).

Emissionsquelle	Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Aufwirbelungen (VDI 3790 Blatt 4)	29,82	269,79	763,68	1063,29
Motoremissionen (UBA, 2010)	0,340	-	-	0,340
Abriebe (EMEP/EEA, 2016)	0,052	0,045	0,057	0,154
Gesamt	30,2	269,8	763,7	1063,8

Tabelle A2-8: Emissionsfaktoren der Raupe in g/(LKW·km).

Emissionsquelle	Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Aufwirbelungen (VDI 3790 Blatt 4)	10,37	93,79	265,48	369,63
Motoremissionen (UBA, 2010)	0,340	-	-	0,340
Abriebe (EMEP/EEA, 2016)	0,052	0,045	0,057	0,154
Gesamt	10,8	93,8	265,5	370,1

Anhang 3: Emissionsmassenströme

Umschlag:

Abbau

Stoff	Volumen	Menge	Staubneigung	Verstaubungskoeffizient a	Abwurfhöhe	K _H	K _{Gerät}	K _{Umfeld}	Schüttdichte	Minderung	Emissionsfaktor	Umschlagmenge	Emission
	m ³	t			m				t/m ³		g/t	t/a	kg/a

Abkratzen Bagger und Abrutschen:

Rohkies	6.0	9.6	2	10	10	3.14	1.5	0.90	1.60	0%	29.6	400 000	11 834
Abraum/Lehmschichten	6.0	9.6	2	10	10	3.14	1.5	0.90	1.60	0%	29.6	75 000	2 219

Aufnahme Radlader:

Rohkies		100*	2	10	-	-	-	0.90	1.60	0%	3.9	400 000	1 555
Abraum/Lehmschichten		100*	2	10	-	-	-	0.90	1.60	0%	3.9	75 000	292

Quelle: Abbau

Summe: 15 900

Siebung Lehmschichten/Abraum

Stoff	Volumen	Menge	Staubneigung	Verstaubungskoeffizient a	Abwurfhöhe	K _H	K _{Gerät}	K _{Umfeld}	Schüttdichte	Minderung	Emissionsfaktor	Umschlagmenge	Emission
	m ³	t o. t/h			m				t/m ³		g/t	t/a	kg/a

Abwurf Radlader/Löffelbagger in Sieb:

Abraum/Lehmschichten	6.0	9.6	2	10	1	0.42	1.5	0.90	1.60	0%	4.0	75 000	297
----------------------	-----	-----	---	----	---	------	-----	------	------	----	-----	--------	-----

Siebvorgang/-austrag (wie Abwurf):

Abraum/Lehmschichten		150	2	10	0.5	0.18	1.0	0.90	1.60	0%	8.7	75 000	649
----------------------	--	-----	---	----	-----	------	-----	------	------	----	-----	--------	-----

Bandabwurf Siebfraktionen:

Abraum/Lehmschichten	33%	50	2	10	1.5	0.70	1.0	0.90	1.60	0%	59.2	25 000	1 480
Abraum/Lehmschichten	67%	100	2	10	1.5	0.70	1.0	0.90	1.60	0%	41.9	50 000	2 093

Aufnahme Radlader:

Wacken per Band		100*	2	10	-	-	-	0.90	1.60	0%	3.9	20 000	78
Wacken per Lkw		100*	2	10	-	-	-	0.90	1.60	0%	3.9	5 000	19
Lehm ohne Wacken		100*	2	10	-	-	-	0.90	1.60	0%	3.9	50 000	194

Abwurf Radlader in LKW:

Wacken per Lkw	6.0	9.6	2	10	1	0.42	1.5	0.90	1.60	0%	4.0	5 000	20
Lehm ohne Wacken	6.0	9.6	2	10	1	0.42	1.5	0.90	1.60	0%	4.0	50 000	198

Quelle: Abbau

Summe: 5 028

Aufgabetrichter

Stoff	Volumen	Menge	Staubneigung	Verstaubungskoeffizient a	Abwurfhöhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{Umfeld}	Schüttdichte	Minderung	Emissionsfaktor	Umschlagmenge	Emission
	m ³	t			m				t/m ³		g/t	t/a	kg/a

Abwurf Radlader in Trichter:

Rohkies	6.0	9.6	2	10	1	0.42	1.5	0.90	1.60	0%	4.0	400 000	1 583
Wacken per Band	6.0	9.6	2	10	1	0.42	1.5	0.90	1.60	0%	4.0	20 000	79

Quelle: Abbau Summe: 1 662

Bandübergabe 1

Stoff	Volumen	Menge	Staubneigung	Verstaubungskoeffizient a	Abwurfhöhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{Umfeld}	Schüttdichte	Minderung	Emissionsfaktor	Umschlagmenge	Emission
	m ³	t o. t/h			m				t/m ³		g/t	t/a	kg/a

Bandübergabe:

Rohkies		300	2	10	0.5	0.18	1.0	0.20	1.60	0%	1.4	400 000	544
Wacken per Band		300	2	10	0.5	0.18	1.0	0.20	1.60	0%	1.4	20 000	27

Quelle: Band 1 Summe: 571

Bandübergabe 2

Stoff	Volumen	Menge	Staubneigung	Verstaubungskoeffizient a	Abwurfhöhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{Umfeld}	Schüttdichte	Minderung	Emissionsfaktor	Umschlagmenge	Emission
	m ³	t o. t/h			m				t/m ³		g/t	t/a	kg/a

Bandübergabe:

Rohkies		300	2	10	0.5	0.18	1.0	0.20	1.60	0%	1.4	400 000	544
Wacken per Band		300	2	10	0.5	0.18	1.0	0.20	1.60	0%	1.4	20 000	27

Quelle: Band 2 Summe: 571

Bandübergabe 3

Stoff	Volumen	Menge	Staubneigung	Verstaubungskoeffizient a	Abwurfhöhe	K _H	K _{Gerät}	K _{Umfeld}	Schüttdichte	Minderung	Emissionsfaktor	Umschlagmenge	Emission
	m ³	t o. t/h			m				t/m ³		g/t	t/a	kg/a

Bandübergabe:

Rohkies		300	2	10	0.5	0.18	1.0	0.20	1.60	0%	1.4	400 000	544
Wacken per Band		300	2	10	0.5	0.18	1.0	0.20	1.60	0%	1.4	20 000	27

Quelle: **Band 3** Summe: **571**

Einbau

Stoff	Volumen	Menge	Staubneigung	Verstaubungskoeffizient a	Abwurfhöhe	K _H	K _{Gerät}	K _{Umfeld}	Schüttdichte	Minderung	Emissionsfaktor	Umschlagmenge	Emission
	m ³	t			m				t/m ³		g/t	t/a	kg/a

Abwurf aus LKW:

Lehm ohne Wacken	19	30	2	10	1	0.42	1.5	1.00	1.60	0%	2.5	50 000	124
Einbau von extern	16	26	2	10	1	0.42	1.5	1.00	1.60	0%	2.7	200 000	534
Einbau Eigenmaterial	19	30	2	10	1	0.42	1.5	1.00	1.60	0%	2.5	150 000	373

Verteilen mit Raupe:

Lehm ohne Wacken		100*	2	10	-	-	-	0.90	1.60	0%	3.9	50 000	194
Einbau von extern		100*	2	10	-	-	-	0.90	1.60	0%	3.9	200 000	778
Einbau Eigenmaterial		100*	2	10	-	-	-	0.90	1.60	0%	3.9	150 000	583

Abrutschen:

Lehm ohne Wacken	6.0	9.6	2	10	15	5.22	1.5	0.90	1.60	0%	49.1	50 000	2 456
Einbau von extern	6.0	9.6	2	10	15	5.22	1.5	0.90	1.60	0%	49.1	200 000	9 822
Einbau Eigenmaterial	6.0	9.6	2	10	15	5.22	1.5	0.90	1.60	0%	49.1	150 000	7 367

Quelle: **Einbau** Summe: **22 232**

* für den Vorgang 'Aufnahme mit Schaufellader' wird nach VDI 3790, Blatt 3, Bild 7 100 t/Abwurf angesetzt.

Fahrbewegungen Raupe/Radlader:

Siebung Lehmschichten/Abraum

Stoff	Umschlag- menge	Fzg.-Typ	Menge	Fahrten	Gesamt- strecke	Jahres- strecke	K _{umfeld}	Emissions- faktor	Emission
	t/a		t		m/Fahrt	km/a		g/(Fzg km)	kg/a

Abwurf Radlader/Löffelbagger in Sieb:

Abraum/Lehmschichten	75 000	Radlader	9.6	7 813	50	391	1	1 064	416
----------------------	--------	----------	-----	-------	----	-----	---	-------	-----

Abwurf Radlader in LKW:

Wacken per Lkw	5 000	Radlader	9.6	521	20	10	1	1 064	11
Lehm ohne Wacken	50 000	Radlader	9.6	5 208	20	104	1	1 064	111

Quelle: Abbau Summe: 537

Aufgabetrichter

Stoff	Umschlag- menge	Fzg.-Typ	Menge	Fahrten	Gesamt- strecke	Jahres- strecke	K _{umfeld}	Emissions- faktor	Emission
	t/a		t		m/Fahrt	km/a		g/(Fzg km)	kg/a

Abwurf Radlader in Trichter:

Rohkies	400 000	Radlader	9.6	41 667	100	4167	1	1 064	4 432
Wacken per Band	20 000	Radlader	9.6	2 083	100	208	1	1 064	222

Quelle: Trichter Summe: 4 654

Einbau

Stoff	Umschlag- menge	Fzg.-Typ	Menge	Fahrten	Gesamt- strecke	Jahres- strecke	K _{umfeld}	Emissions- faktor	Emission
	t/a		t		m/Fahrt	km/a		g/(Fzg km)	kg/a

Raupenfahrt:

Lehm ohne Wacken	50 000	Raupe	9.6	5 208	30	156	1	370	58
Einbau von extern	200 000	Raupe	9.6	20 833	30	625	1	370	231
Einbau Eigenmaterial	150 000	Raupe	9.6	15 625	30	469	1	370	173

Quelle: Einbau Summe: 463

Fahrbewegungen Lkw:

Siebung Lehmschichten/Abraum

Stoff	Fahrtstrecke	Rtg.	Umschlag- menge	Fzg.-Typ	Menge	Fahrten	Gesamt- strecke	Jahres- strecke	K _{umfeld}	Emissions- faktor	Emission
		i / o / t	t/a		t		m/Fahrt	km/a		g/(Fzg km)	kg/a

Abtransport:

Wacken per Lkw	Abbau->Werk	o	5 000	LKW_unbef	26	192	910	175	1	945	165
----------------	-------------	---	-------	-----------	----	-----	-----	-----	---	-----	-----

Summe: 165

Einbau

Stoff	Fahrtstrecke	Rtg.	Umschlag- menge	Fzg.-Typ	Menge	Fahrten	Gesamt- strecke	Jahres- strecke	K _{umfeld}	Emissions- faktor	Emission
		i / o / t	t/a		t		m/Fahrt	km/a		g/(Fzg km)	kg/a

Anlieferung:

Lehm ohne Wacken	Transfer	t	50 000	LKW_unbef	30	1 667	830	1383	1	945	1 307
Einbau von extern	Einbau-extern	i	200 000	LKW_unbef	26	7 692	1 630	12538	1	945	11 845
Einbau Eigenmaterial	Werk->Einbau	i	150 000	LKW_unbef	30	5 000	1 070	5350	1	945	5 054

Summe: 18 206

Rtg.: Fahrtrichtung

i - Input

o - Output

t - Transfer

Anhang 4: Ausbreitungsrechnungen

A4.1 Allgemeines

Die Immissionen werden auf Basis von Ausbreitungsrechnungen ermittelt.

Eingangsdaten für das Ausbreitungsmodell sind:

- Die von den Quellen ausgehenden Emissionen (vgl. Kapitel 5)
- Die meteorologischen Eingangsdaten (vgl. Kapitel 7)
- Der Geländeeinfluss (vgl. Kapitel A4.5)
- Die Lage der Quellen und die Quellhöhen (vgl. Kapitel A4.7)

Die Emissionen werden im Zeitraum zwischen 6:00 und 20:00 Uhr MEZ freigesetzt.

Bei der Ausbreitungsrechnung für Stäube sind gemäß Nummer 4 des Anhangs 2 der TA Luft (2021) die trockene und nasse Deposition und die Sedimentation zu berücksichtigen. Die Berechnung ist für die in Tabelle 14 des Anhangs 2 der TA Luft angegebenen Größenklassen der Korngrößenverteilung der Stäube durchzuführen, wobei jeweils die angegebenen Werte von Depositionsgeschwindigkeit, Sedimentationsgeschwindigkeit, Auswaschfaktor und Auswaschexponent zu verwenden sind. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle A4-1 zusammengefasst.

Tabelle A4-1: Korngrößenabhängige Depositions- und Sedimentationsgeschwindigkeit sowie Auswaschfaktor und Auswaschexponent

	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm
Staub-Klasse nach Anhang 2 der TA Luft	pm-1	pm-2	pm-u
Depositionsgeschwindigkeit in m/s	0,001	0,01	0,07
Sedimentationsgeschwindigkeit in m/s	0	0	0,06
Auswaschfaktor in 1/s	$0,3 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$4,4 \cdot 10^{-4}$
Auswaschexponent	0,8	0,8	0,8

Zur Berechnung des Staubniederschlags werden die für jede Korngrößenklasse berechneten Depositionen addiert. Die PM₁₀-Konzentration wird durch Summierung der Konzentrationen der Korngrößenklassen pm-1 und pm-2 ermittelt.

A4.2 Verwendetes Ausbreitungsmodell

Die Ausbreitungsrechnungen werden mit dem Ausbreitungsmodell „AUSTAL“ (Janicke & Janicke (2021)), Version 3.1.2-WI-x vom 09.08.2021, durchgeführt. Dieses Modell entspricht den Anforderungen des Anhangs 2 der TA Luft (2021).

Das Ausbreitungsmodell wird mit der Qualitätsstufe +1 betrieben.

A4.3 Rechengebiet

Die Ausbreitungsrechnung wird für ein Rechengebiet von 2,6 km x 2,7 km durchgeführt.

Um die statistische Unsicherheit des Berechnungsverfahrens in größerer Entfernung zur Quelle zu reduzieren, wird das so genannte Nesting-Verfahren angewendet. Dazu wird das Rechengebiet in mehrere ineinander verschachtelte Rechengebiete aufgeteilt.

Die Gebietsgröße der einzelnen Gitter wird automatisch von AUSTAL entsprechend den Anforderungen des Anhangs 2 der TA Luft erzeugt. Die Dimensionierung der Rechengitter ist in Tabelle A4-2 aufgeführt.

Tabelle A4-2: Dimensionierung der Modellgitter.

Gitter	Maschenweite	Gebietsgröße	Gitterpunkte
1	16 m	1504 m x 1504 m	94 x 94
2	32 m	2240 m x 2240 m	70 x 70
3	64 m	2560 m x 2688 m	40 x 42

A4.4 Rauigkeitslänge

Als Maß für die Bodenrauigkeit im Beurteilungsgebiet wird die mittlere Rauigkeitslänge z_0 verwendet. Sie wird automatisch vom Modell aus dem CORINE-Kataster des Statistischen Bundesamtes bestimmt. Je nach betrachteter Variante liegt sie im Bereich zwischen 0,3 und 0,4 m. Für die Prognose wird die gerundete Rauigkeitslänge 0,5 m angesetzt.

A4.5 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten

Nach Nr. 12, Anhang 2 der TA Luft (2021) müssen in der Ausbreitungsrechnung die Geländestrukturen berücksichtigt werden, falls innerhalb des Rechengebietes Steigungen von mehr als 1:20 auftreten. Dieses Kriterium wird im Beurteilungsgebiet erfüllt, so dass der Geländeeinfluss zu berücksichtigen ist.

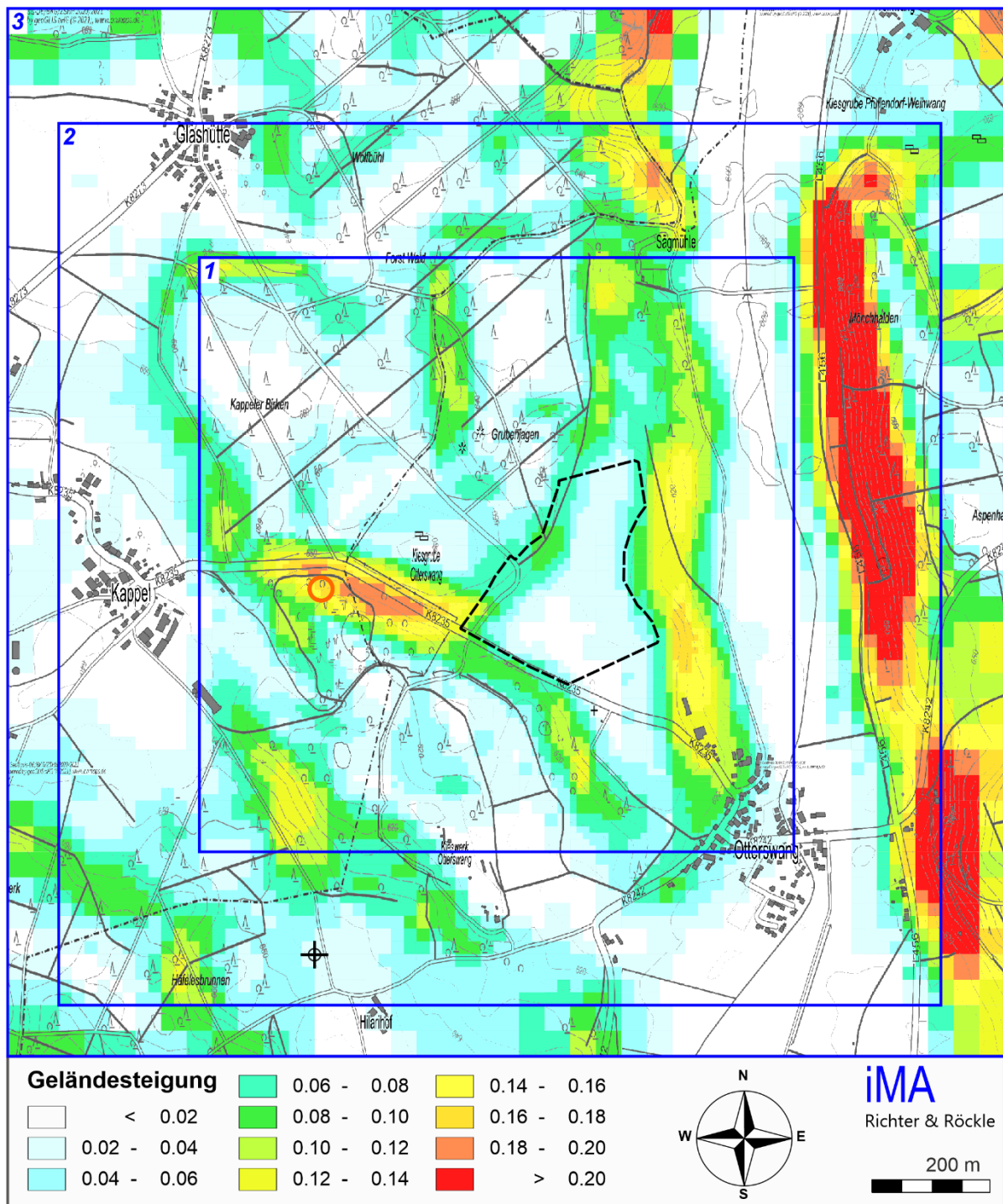


Abbildung A4-1: Geländesteigung und Lage der Rechengitter im Simulationsgebiet.

- Schwarz: Kiesabbau
- Blau: Lage und Nummer der Rechengitter
- Oranger Kreis: Anemometerposition
- Schwarzes Kreuz: Koordinatenursprung

Zur Abbildung der Geländesituation werden die Daten des Höhenmodells GlobDEM50 im 50-Meter-Raster verwendet. GlobDEM50 basiert auf Rohdaten der Shuttle Radar Topography Mission von NASA, NIMA, DLR und ASI aus dem Jahr 2000.

Gemäß Nr. 12, Anhang 2 der TA Luft (2021) können Geländeunebenheiten mit Hilfe des in AUSTAL integrierten mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodells berücksichtigt werden, wenn die Steigung des Geländes den Wert 1:5 (0,20) nicht überschreitet.

Die Geländesteigungen sind in Abbildung A4-1 dargestellt und in der Protokolldatei 'taldia.log' (siehe Anhang 5) dokumentiert. Nur im östlichen Randbereich des Rechengebiets wird das Kriterium überschritten. Diese Bereiche liegen in großer Distanz der Emissionsquellen, der Immissionsorte und der Anemometerposition, so dass die Überschreitung des Kriteriums keinen Einfluss auf das Windfeld hat. Somit kann das diagnostische Windfeldmodell verwendet werden.

Einen Hinweis zur Eignung des diagnostischen Windfeldmodells gibt darüber hinaus die vom Modell ausgewiesene 'Restdivergenz'. Zur Anwendung des Windfeldmodells sollte die maximale skalierte Restdivergenz nicht größer als 0,05 sein (Janicke & Janicke (2014)). Im vorliegenden Fall wird die maximale Restdivergenz mit 0,012 ausgewiesen. Das Kriterium zur Verwendung des diagnostischen Windfeldmodells wird damit erfüllt.

A4.6 Berücksichtigung von Gebäuden

Abhängig von der Anströmrichtung können sich an den Gebäuden Wirbel mit abwärts gerichteten Komponenten, Kanalisierungen, Düseneffekten und anderen strömungsdynamischen Effekten ergeben. Die Ausbreitung der Schadstoffe kann somit wesentlich von den umgebenden Gebäuden beeinflusst werden.

Entsprechend Nr. 11, Anhang 2 TA Luft (2021) muss dieser Gebäudeeinfluss explizit berücksichtigt werden, wenn die Quellhöhe niedriger als das 1,7-fache der Gebäudehöhen ist. Maßgeblich für die Beurteilung der Gebäudehöhen sind dabei alle massiven Erhebungen, deren Abstand von der Emissionsquelle geringer ist als das 6-fache der Gebäudehöhe. Gebäude, für die diese Kriterien zutreffen, sind nicht vorhanden.

A4.7 Quellen

Die Lage der Emissionsquellen ist in Abbildung A4-2 dargestellt. Die Quellkoordinaten sind in Tabelle A4-3 angegeben.

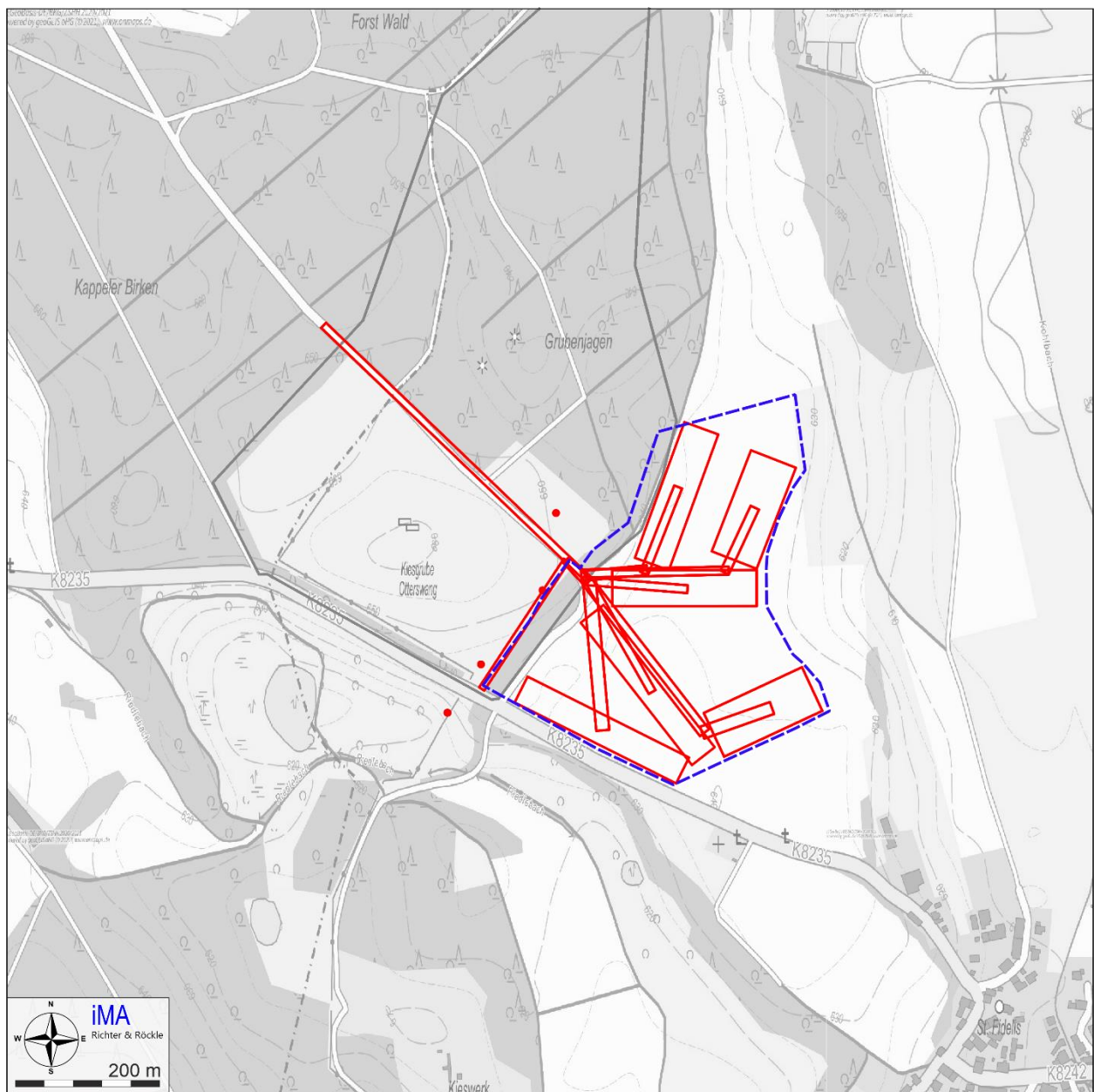


Abbildung A4-2: Lage der digitalisierten Quellen (rot).

Die diffusen Emissionsquellen werden als Volumenquellen mit einer vertikalen Ausdehnung von 0 bis 3 m angesetzt (unterste Schicht). Die Emissionsquellen werden dabei durch Rechtecke angenähert. Die Bandübergabestellen und der Dieselgenerator werden als vertikal orientierte Linienquellen angesetzt.

Die Zuordnung der einzelnen staubemittlernden Vorgänge zu den entsprechenden Quellflächen kann den Emissionstabellen in Anhang 3 entnommen werden.

Die Quellkoordinaten sind in Tabelle A4-3 zusammengefasst.

Tabelle A4-3: Quelldimensionen, relativ zum Koordinatenursprung bei Ostwert 430.750 und Nordwert 5386.700 (UTM-32)

Quelle	Ursprung [m]		Höhe Unterkante [m]	Ausdehnung [m]			Drehwinkel [°]
	x-Wert	y-Wert		horizontal		vertikal	
				a	b	c	
Umschlag, Behandlung, Radlader/Raupe und Windabwehrung:							
AA1 Beginn	650	1188	0	200	50	3	-110,04
AA1 Ende	750	985	0	150	66,67	3	68,75
AA2 Beginn	550	983	0	50	200	3	-89,91
AA2 Ende	705	725	0	150	66,67	3	24,99
AA3 Beginn	538	935	0	40	250	3	-141,99
AA3 Ende	415	800	0	250	40	3	-26,61
Bandübergabe 1	472,3	1062,16	0	0	0	3	0
Bandübergabe 2	453,6	955,3	0	0	0	3	0
Bandübergabe 3	368,35	852,75	0	0	0	3	0
Generator	321,94	785,83	0	0	0	3	0
Lkw-Fahrwege:							
Lkw-Teilstrecke intern 1	519,78	969,33	0	43,27	11,19	3	132,97
Lkw-Teilstrecke intern 2	483,09	998,84	0	212,94	8,39	3	-123,41
Lkw-Teilstrecke extern	515,47	965,02	0	9,68	510,42	3	46,19
Lkw-Teilstrecke AA1-Anf1	506,83	981,57	0	13,36	91,38	3	-84,8
Lkw-Teilstrecke AA1-Anf2	599,64	976,53	0	128,42	11,62	3	68,47
Lkw-Teilstrecke AA1-End1	512,23	984,09	0	11,16	198,96	3	-88,86
Lkw-Teilstrecke AA1-End2	711,51	977,25	0	98,83	12,71	3	65,03
Lkw-Teilstrecke AA2-Anfang	508,99	962,86	0	145,42	10,82	3	-4,54
Lkw-Teilstrecke AA2-End1	522,3	971,85	0	15,9	264,11	3	-142,2
Lkw-Teilstrecke AA2-End2	671,58	766,4	0	17,52	102,62	3	-70,54
Lkw-Teilstrecke AA3-Anfang	521,22	973,29	0	10,8	179,67	3	-150,36
Lkw-Teilstrecke AA3-Ende	509,35	968,61	0	208,81	18,08	3	-84,86

A4.8 Statistische Unsicherheit des Ausbreitungsmodells

Die statistische Streuung der Berechnungsergebnisse hält an den Beurteilungspunkten die in TA Luft Anhang 3, Nr. 9 definierte Bedingung von höchstens 3 von Hundert des Jahresimmissionswerts ein.

Die statistische Unsicherheit kann der Protokolldatei 'austal.log' in Anhang 5 entnommen werden. Sie liegt an den Immissionsorten in folgendem Bereich:

- PM₁₀: 0,6 % bis 3,9 % (maximal 0,013 µg/m³)

- $PM_{2,5}$: 0,6 % bis 4,0 % (maximal $0,004 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Staubdeposition: 0,8 % bis 5,8 % (maximal $0,07 \text{ mg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$)

Die in den Tabellen ausgewiesenen Immissionen wurden um den Beitrag der statistischen Unsicherheit erhöht.

A4.9 Abgasfahnenüberhöhung

Gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13:2010-01 (2010) kann eine Abgasfahnenüberhöhung berücksichtigt werden, wenn ein ungestörter Abtransport in der freien Luftströmung gewährleistet ist. Dies ist im Allgemeinen der Fall, wenn:

- die Quellhöhe mindestens 10 m über der Flur und 3 m über First beträgt (bzw. 5 m über Flachdach) und
- die Abluftgeschwindigkeit in jeder Betriebsstunde mindestens 7 m/s beträgt und
- keine wesentliche Beeinflussung durch andere Strömungshindernisse (Gebäude, Vegetation, usw.) im weiteren Umkreis um die Quelle zu erwarten ist.

Diese Kriterien sind für die Quellen nicht erfüllt. Es wird keine Abgasfahnenüberhöhung berücksichtigt.

Anhang 5: Protokolldateien

Ausbreitungsrechnung (Datei 'AUSTAL.log' exemplarisch für Variante 1):

2022-01-31 16:19:57 -----
TalServer:.

Ausbreitungsmodell AUSTAL, Version 3.1.2-WI-x
Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2021
Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2021

Arbeitsverzeichnis: ./.

Erstellungsdatum des Programms: 2021-08-09 08:20:41
Das Programm läuft auf dem Rechner "FRANKFURT".

===== Beginn der Eingabe =====

```
> ti "Valet & Ott"
> gh "../..//DHM/Otterswang.DHM"
> az "../..//4-Meteorologie/E3516000-N5314000_Otterswang_2008_Syn.akt"
> xa 17 'Lage des Anemometers'
> ya 914
> qs 1 'Qualitätsstufe'
> qb 0
> os NESTING+SCINOTAT
> ri ?
> z0 0.5
> ux 515900
> uy 5311400
> dd 16 32 64
> x0 -288 -640 -768
> nx 94 70 40
> y0 256 -128 -256
> ny 94 70 42
> xq 650.00 550.00 650.00 550.00 472.30 453.60 368.35
321.94 519.78 483.09 515.47 506.83 599.64 512.23 711.51
508.99 522.30 671.58 521.22 509.35
> yq 1188.00 983.00 1188.00 983.00 1062.16 955.30 852.75
785.83 969.33 998.84 965.02 981.57 976.53 984.09 977.25
962.86 971.85 766.40 973.29 968.61
> aq 200.00 50.00 200.00 50.00 0.00 0.00 0.00
0.00 43.27 212.94 9.68 13.36 128.42 11.16 98.83
145.42 15.90 17.52 10.80 208.81
> bq 50.00 200.00 50.00 200.00 0.00 0.00 0.00
0.00 11.19 8.39 510.42 91.38 11.62 198.96 12.71
10.82 264.11 102.62 179.67 18.08
> hq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
> cq 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00
3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00
3.00 3.00 3.00 3.00 3.00
> wq -110.04 -89.91 -110.04 -89.91 0.00 0.00 0.00
0.00 132.97 -123.41 46.19 -84.80 68.47 -88.86 65.03
-4.54 -142.20 -70.54 -150.36 -84.86
> pm-1 ? ? ? ? ? ? ? ?
? ? ? ? ? ? ? ?
? ? ? ? ? ? ? ?
```

```

> pm-2      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?          ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?          ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> pm-u      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?          ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?          ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> xx-1      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?          ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?          ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> xp      977      721      136      -323      -247      1481      898
> yp      516      45      -147      938      1901      2295      1780
> hp      1.5      1.5      1.5      1.5      1.5      1.5      1.5
===== Ende der Eingabe =====

```

```

Die Höhe hq der Quelle 1 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 2 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 3 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 4 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 5 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 6 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 7 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 8 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 9 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 10 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 11 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 12 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 13 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 14 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 15 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 16 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 17 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 18 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 19 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 20 beträgt weniger als 10 m.
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 1 ist 0.20 (0.20).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 2 ist 0.34 (0.33).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 3 ist 0.33 (0.30).
Existierende Geländedateien zg0*.dmna werden verwendet.
Die Zeitreihen-Datei "././zeitreihe.dmna" wird verwendet.
Es wird die Anemometerhöhe ha=10.8 m verwendet.
Die Angabe "az ../.../4-Meteorologie/E3516000-N5314000_Otterswang_2008_Syn.akt" wird ignoriert.

```

```

Prüfsumme AUSTAL      5a45c4ae
Prüfsumme TALDIA     abbd92e1
Prüfsumme SETTINGS  d0929e1c
Prüfsumme SERIES     13492570
Gesamtniederschlag 893 mm in 979 h.

```

```

=====
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "pm"
TMT: 366 Mittel (davon ungültig: 0)
TMT: Datei "././pm-j00z01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-j00s01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35z01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35s01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35i01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00z01" ausgeschrieben.

```

TMT: Datei "../pm-t00s01" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t00i01" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-depz01" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-deps01" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-wetz01" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-wets01" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-dryz01" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-drys01" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-j00z02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-j00s02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t35z02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t35s02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t35i02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t00z02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t00s02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t00i02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-depz02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-deps02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-wetz02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-wets02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-dryz02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-drys02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-j00z03" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-j00s03" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t35z03" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t35s03" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t35i03" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t00z03" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t00s03" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t00i03" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-depz03" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-deps03" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-wetz03" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-wets03" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-dryz03" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-drys03" geschrieben.
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "xx"
TMT: 366 Mittel (davon ungültig: 0)
TMT: Datei "../xx-j00z01" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-j00s01" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-depz01" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-deps01" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-wetz01" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-wets01" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-dryz01" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-drys01" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-j00z02" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-j00s02" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-depz02" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-deps02" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-wetz02" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-wets02" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-dryz02" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-drys02" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-j00z03" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-j00s03" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-depz03" geschrieben.
TMT: Datei "../xx-deps03" geschrieben.

TMT: Datei "../xx-wetz03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "../xx-wets03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "../xx-dryz03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "../xx-drys03" ausgeschrieben.
TMT: Dateien erstellt von AUSTAL_3.1.2-WI-x.
TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "pm"
TMO: Datei "../pm-zbpz" ausgeschrieben.
TMO: Datei "../pm-zbps" ausgeschrieben.
TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "xx"
TMO: Datei "../xx-zbpz" ausgeschrieben.
TMO: Datei "../xx-zbps" ausgeschrieben.

=====
Auswertung der Ergebnisse:
=====

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

WARNUNG: Eine oder mehrere Quellen sind niedriger als 10 m.
Die im folgenden ausgewiesenen Maximalwerte sind daher
möglicherweise nicht relevant für eine Beurteilung!

Maximalwerte, Deposition
=====

PM	DEP	:	4.172e+00	g/(m ² *d)	(+/- 0.1%)	bei x= 616 m, y= 1032 m	(1: 57, 49)
PM	DRY	:	4.163e+00	g/(m ² *d)	(+/- 0.1%)	bei x= 616 m, y= 1032 m	(1: 57, 49)
PM	WET	:	9.426e-03	g/(m ² *d)	(+/- 0.2%)	bei x= 632 m, y= 1064 m	(1: 58, 51)
XX	DEP	:	6.429e-03	g/(m ² *d)	(+/- 0.1%)	bei x= 616 m, y= 1032 m	(1: 57, 49)
XX	DRY	:	6.361e-03	g/(m ² *d)	(+/- 0.1%)	bei x= 616 m, y= 1032 m	(1: 57, 49)
XX	WET	:	7.076e-05	g/(m ² *d)	(+/- 0.2%)	bei x= 632 m, y= 1048 m	(1: 58, 50)

Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m
=====

PM	J00	:	3.194e+02	µg/m ³	(+/- 0.1%)	bei x= 616 m, y= 1032 m	(1: 57, 49)
PM	T35	:	5.358e+02	µg/m ³	(+/- 1.3%)	bei x= 616 m, y= 1032 m	(1: 57, 49)
PM	T00	:	8.229e+02	µg/m ³	(+/- 0.3%)	bei x= 376 m, y= 856 m	(1: 42, 38)
XX	J00	:	6.500e-05	g/m ³	(+/- 0.1%)	bei x= 632 m, y= 1064 m	(1: 58, 51)

Auswertung für die Beurteilungspunkte: Zusatzbelastung
=====

PUNKT	01	02	03	04	05
06	07				
xp	977	721	136	-323	-
247	1481	898			
yp	516	45	-147	938	1901
2295	1780				
hp	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
1.5	1.5				

PM	DEP	1.185e-03	3.2%	5.579e-04	2.6%	1.388e-03	1.2%	3.447e-04	3.4%	1.205e-04
5.8%		2.572e-03	0.9%	5.703e-03	0.8%	g/(m ² *d)				
PM	DRY	1.113e-03	3.4%	5.091e-04	2.8%	1.327e-03	1.3%	3.398e-04	3.5%	1.194e-04
5.8%		2.458e-03	0.9%	5.585e-03	0.8%	g/(m ² *d)				
PM	WET	7.211e-05	1.0%	4.881e-05	0.9%	6.129e-05	0.6%	4.917e-06	3.0%	1.085e-06
3.5%		1.137e-04	0.4%	1.173e-04	0.5%	g/(m ² *d)				
PM	J00	5.904e-01	1.8%	2.553e-01	1.6%	4.738e-01	0.9%	1.493e-01	2.1%	5.873e-02
3.5%		5.748e-01	0.8%	1.269e+00	0.6%	µg/m ³				
PM	T35	2.359e+00	17.6%	9.693e-01	10.8%	1.535e+00	11.3%	5.770e-01	18.4%	7.745e-02
60.5%		1.416e+00	11.5%	3.324e+00	5.7%	µg/m ³				
PM	T00	7.974e+00	9.0%	2.698e+00	11.1%	3.812e+00	7.6%	2.877e+00	10.3%	1.820e+00
12.9%		4.397e+00	7.4%	9.095e+00	5.1%	µg/m ³				
XX	DEP	1.987e-05	2.2%	8.952e-06	1.8%	1.454e-05	1.0%	3.670e-06	2.9%	1.737e-06
4.2%		1.677e-05	0.9%	3.369e-05	0.8%	g/(m ² *d)				
XX	DRY	1.796e-05	2.4%	7.444e-06	2.1%	1.285e-05	1.2%	3.461e-06	3.1%	1.680e-06
4.4%		1.457e-05	1.0%	3.162e-05	0.8%	g/(m ² *d)				
XX	WET	1.913e-06	1.1%	1.508e-06	0.8%	1.692e-06	0.7%	2.093e-07	2.8%	5.687e-08
3.1%		2.201e-06	0.4%	2.067e-06	0.5%	g/(m ² *d)				
XX	J00	1.993e-07	1.7%	8.605e-08	1.6%	1.491e-07	0.9%	4.046e-08	2.3%	2.047e-08
3.4%		1.692e-07	0.8%	3.605e-07	0.6%	g/m ³				

=====
=====
2022-01-31 22:20:29 AUSTAL beendet.

Windfeldberechnung (Datei 'taldia.log' exemplarisch für Variante 1):

```

2022-01-31 16:19:57 -----
TwNServer:./.
TwNServer:-B~../lib
TwNServer:-w30000

2022-01-31 16:19:57 TALdia 3.1.2-WI-x: Berechnung von Windfeldbibliotheken.
Erstellungsdatum des Programms: 2021-08-09 08:20:50
Das Programm läuft auf dem Rechner "FRANKFURT".
===== Beginn der Eingabe =====
> ti "Valet & Ott"
> gh ".../DHM/Otterswang.DHM"
> az ".../4-Meteorologie/E3516000-N5314000_Otterswang_2008_Syn.akt"
> xa 17 'Lage des Anemometers'
> ya 914
> qs 1 'Qualitätsstufe'
> qb 0
> os NESTING+SCINOTAT
> ri ?
> z0 0.5
> ux 515900
> uy 5311400
> dd 16 32 64
> x0 -288 -640 -768
> nx 94 70 40
> y0 256 -128 -256
> ny 94 70 42
> xq 650.00 550.00 650.00 550.00 472.30 453.60 368.35
321.94 519.78 483.09 515.47 506.83 599.64 512.23 711.51
508.99 522.30 671.58 521.22 509.35
> yq 1188.00 983.00 1188.00 983.00 1062.16 955.30 852.75
785.83 969.33 998.84 965.02 981.57 976.53 984.09 977.25
962.86 971.85 766.40 973.29 968.61
> aq 200.00 50.00 200.00 50.00 0.00 0.00 0.00
0.00 43.27 212.94 9.68 13.36 128.42 11.16 98.83
145.42 15.90 17.52 10.80 208.81
> bq 50.00 200.00 50.00 200.00 0.00 0.00 0.00
0.00 11.19 8.39 510.42 91.38 11.62 198.96 12.71
10.82 264.11 102.62 179.67 18.08
> hq 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
> cq 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00
3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00 3.00
3.00 3.00 3.00 3.00 3.00
> wq -110.04 -89.91 -110.04 -89.91 0.00 0.00 0.00
0.00 132.97 -123.41 46.19 -84.80 68.47 -88.86 65.03
-4.54 -142.20 -70.54 -150.36 -84.86
> pm-1 ? ? ? ? ? ? ? ?
? ? ? ? ? ? ? ?
? ? ? ? ? ? ? ?
> pm-2 ? ? ? ? ? ? ? ?
? ? ? ? ? ? ? ?
? ? ? ? ? ? ? ?
> pm-u ? ? ? ? ? ? ? ?
? ? ? ? ? ? ? ?
? ? ? ? ? ? ? ?

```

```
> xx-1      ?          ?          ?          ?          ?          ?          ?
?           ?          ?          ?          ?          ?          ?          ?
?           ?          ?          ?          ?          ?          ?          ?
> xp      977      721      136      -323      -247      1481      898
> yp      516      45       -147      938       1901      2295      1780
> hp      1.5      1.5      1.5      1.5      1.5      1.5      1.5
===== Ende der Eingabe =====
```

```
Die Höhe hq der Quelle 1 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 2 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 3 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 4 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 5 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 6 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 7 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 8 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 9 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 10 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 11 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 12 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 13 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 14 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 15 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 16 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 17 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 18 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 19 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 20 beträgt weniger als 10 m.
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 1 ist 0.20 (0.20).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 2 ist 0.34 (0.33).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 3 ist 0.33 (0.30).
Existierende Geländedateien zg0*.dmna werden verwendet.
Die Zeitreihen-Datei "../zeitreihe.dmna" wird verwendet.
Die Wertereihe für "ri" wird ignoriert (DMNA).
Es wird die Anemometerhöhe ha=10.8 m verwendet.
Die Angabe "az ../../../4-Meteorologie/E3516000-N5314000_Otterswang_2008_Syn.akt" wird ignoriert.
```

```
Prüfsumme AUSTAL      5a45c4ae
Prüfsumme TALDIA      abbd92e1
Prüfsumme SETTINGS    d0929e1c
Prüfsumme SERIES      13492570
2022-01-31 16:19:59 Restdivergenz = 0.005 (1018 11)
2022-01-31 16:20:06 Restdivergenz = 0.005 (1018 21)
2022-01-31 16:20:18 Restdivergenz = 0.012 (1018 31)
2022-01-31 16:20:20 Restdivergenz = 0.005 (1027 11)
2022-01-31 16:20:29 Restdivergenz = 0.004 (1027 21)
2022-01-31 16:20:41 Restdivergenz = 0.007 (1027 31)
2022-01-31 16:20:42 Restdivergenz = 0.004 (2018 11)
2022-01-31 16:20:49 Restdivergenz = 0.005 (2018 21)
2022-01-31 16:21:01 Restdivergenz = 0.009 (2018 31)
2022-01-31 16:21:03 Restdivergenz = 0.004 (2027 11)
2022-01-31 16:21:09 Restdivergenz = 0.005 (2027 21)
2022-01-31 16:21:22 Restdivergenz = 0.007 (2027 31)
2022-01-31 16:21:23 Restdivergenz = 0.002 (3018 11)
2022-01-31 16:21:30 Restdivergenz = 0.003 (3018 21)
2022-01-31 16:21:42 Restdivergenz = 0.005 (3018 31)
2022-01-31 16:21:44 Restdivergenz = 0.002 (3027 11)
2022-01-31 16:21:51 Restdivergenz = 0.003 (3027 21)
```

2022-01-31 16:22:03 Restdivergenz = 0.007 (3027 31)
2022-01-31 16:22:04 Restdivergenz = 0.003 (4018 11)
2022-01-31 16:22:11 Restdivergenz = 0.002 (4018 21)
2022-01-31 16:22:24 Restdivergenz = 0.004 (4018 31)
2022-01-31 16:22:25 Restdivergenz = 0.003 (4027 11)
2022-01-31 16:22:32 Restdivergenz = 0.003 (4027 21)
2022-01-31 16:22:45 Restdivergenz = 0.006 (4027 31)
2022-01-31 16:22:45 Restdivergenz = 0.004 (5018 11)
2022-01-31 16:22:51 Restdivergenz = 0.002 (5018 21)
2022-01-31 16:23:04 Restdivergenz = 0.003 (5018 31)
2022-01-31 16:23:05 Restdivergenz = 0.004 (5027 11)
2022-01-31 16:23:12 Restdivergenz = 0.003 (5027 21)
2022-01-31 16:23:25 Restdivergenz = 0.005 (5027 31)
2022-01-31 16:23:25 Restdivergenz = 0.004 (6018 11)
2022-01-31 16:23:32 Restdivergenz = 0.002 (6018 21)
2022-01-31 16:23:44 Restdivergenz = 0.003 (6018 31)
2022-01-31 16:23:45 Restdivergenz = 0.004 (6027 11)
2022-01-31 16:23:52 Restdivergenz = 0.002 (6027 21)
2022-01-31 16:24:04 Restdivergenz = 0.005 (6027 31)
Eine Windfeldbibliothek für 12 Situationen wurde erstellt.
Der maximale Divergenzfehler ist 0.012 (1018).
2022-01-31 16:24:05 TALdia ohne Fehler beendet.