

Antragssteller: RDN Tiefbau- und Fuhrunternehmen GmbH
Menzenbach 10
85276 Pfaffenhofen a.d. Ilm

Gutachtliche Stellungnahme

zur Luftreinhaltung im Rahmen des Genehmigungsantrags auf befristete Genehmigung nach § 12 Abs. 2 Satz 1 BlmSchG für den Betrieb einer mobilen Bauschuttrecyclinganlage am Standort Unterweilenbach in der Gemeinde Aresing.

Datum: 22.07.2025
Projekt- Nr.: 25-05-03-FR
Berichtsumfang: 72 Seiten
Berichtsnummer: 1.0
Bearbeiter: **Hans-Christian Höfl, Diplom-Meteorologe**
Sachverständiger, Projektleiter
Dr. Frank J. Braun, Diplom-Meteorologe
Stellvertretender fachlich Verantwortlicher für Immissionsprognosen
Claus-Jürgen Richter, Diplom-Meteorologe
Geschäftsführer, Sachverständiger

iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG

Belfortstraße 2	Eisenbahnstraße 43
81667 München	79098 Freiburg
Tel. 089/ 85 63 1656	0761/ 202 1661
Fax. 089/ 85 63 1657	0761/ 202 1671
E-Mail: info.muenchen@ima-umwelt.de	

INHALT

1	Situation und Aufgabenstellung	4
2	Beurteilungsgrundlagen.....	5
2.1	Prüfung der Schutzpflicht.....	5
2.2	Immissionswerte der TA Luft	5
2.3	Irrelevanzschwellen	6
3	Örtliche Verhältnisse	7
4	Betriebsbeschreibung	11
4.1	Allgemeines	11
4.2	Einteilung des Betriebsgeländes:	11
4.3	Betriebsablauf.....	13
4.4	Betriebszeit	13
5	Vorsorgeanforderungen	15
6	Staubemissionen	17
6.1	Allgemeines	17
6.2	Staubemissionen durch Umschlag und Behandlung der Abfälle	17
6.3	Staubemissionen durch Fahrbewegungen	18
6.4	Dieselmotoremissionen	19
6.5	Windabwehungen	20
6.6	Gesamtemission	22
6.7	Vergleich mit den Bagatellmassenströmen der TA Luft	22
7	Meteorologische Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung.....	23
7.1	Allgemeines	23
7.2	Meteorologische Daten.....	23
7.3	Ermittlung des repräsentativen Jahres und der Ausbreitungsklassen	24
7.4	Niederschlagsdaten	24
7.5	Darstellung der Messdaten.....	24
7.6	Lokale Windsysteme.....	26

8	Immissionen	27
8.1	Ausbreitungsrechnungen.....	27
8.2	Beurteilungspunkte.....	27
8.3	Staub-Immissionen.....	30
8.3.1	Immissionsbeitrag der Gesamtanlage (PM ₁₀ , PM _{2,5} , Staubbiederschlag)	30
9	Vorschläge für Nebenbestimmungen des Genehmigungsbescheids	31
10	Zusammenfassung	33
	Literatur	35
	Anhang 1: Ergebnisabbildungen	39
	Anhang 2: Grundlagen zur Ermittlung der Emissionen	42
A2.1	Umschlagvorgänge.....	42
A2.2	Fahrbewegungen auf befestigtem Untergrund.....	45
A2.3	Fahrbewegungen auf unbefestigten Fahrwegen.....	51
	Anhang 3: Emissionsmassenströme	54
	Anhang 4: Ausbreitungsrechnungen	57
A4.1	Allgemeines	57
A4.2	Verwendetes Ausbreitungsmodell.....	58
A4.3	Rechengebiet.....	58
A4.4	Rauigkeitslänge	58
A4.5	Berücksichtigung von Geländeunebenheiten	59
A4.6	Berücksichtigung von Gebäuden.....	60
A4.7	Windfeldmodell	60
A4.8	Quellen	61
A4.9	Statistische Unsicherheit des Ausbreitungsmodells.....	63
A4.10	Abgasfahnenüberhöhung	63
	Anhang 5: Übertragbarkeitsprüfung Meteorologie (Auszug	64
	Anhang 6: Protokolldateien	66

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Fa. RDN Tiefbau- und Fuhrunternehmen GmbH (im Folgenden Fa. RDN GmbH), Menzenbach 10, 85276 Pfaffenhofen a.d. Ilm, betreibt in der Gemeinde Aresing auf den Grundstücken mit den Flur-Nrn. 839/4 und 839/7 der Gemarkung Unterweilenbach einen Abbau von Sand. Darüber hinaus wurde auf der Flur-Nr. 839/4 eine mobile Bauschuttrecyclinganlage mit einem Bereich zum Lagern, Sortieren und Brechen von Bauschutt und Straßenaufbruch betrieben. Die Genehmigung für die Recyclinganlage war bis zum 31.12.2024 befristet.

Um die planungsrechtlichen Voraussetzungen für einen dauerhaften Betrieb der Bauschuttrecyclinganlage herzustellen, wird derzeit ein Bebauungsplanverfahren zur Aufstellung eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans "Sondergebiet Baustoffrecycling Oberweilenbach" durchgeführt.

Um bis zum Abschluss des Bebauungsplanverfahrens einen Weiterbetrieb der Bauschuttrecyclinganlage zu ermöglichen, wird eine befristete Genehmigung gemäß § 12, Abs. 2 Satz 1 BImSchG (2025) bis Ende 2026 beantragt.

Die Anlage wird aufgrund der geplanten abfallwirtschaftlichen Tätigkeiten, Abfallschlüsselnummern und Tonnagen folgenden Ziffern des Anhangs 1 der 4. BImSchV (2024) zugeordnet:

- **Nr. 8.11.2.4 (V):** Anlage zur sonstigen Behandlung [...] mit einer Durchsatzkapazität von nicht gefährlichen Abfällen [...] von 10 Tonnen oder mehr je Tag.
- **Nr. 8.12.2 (V):** Anlage zur zeitweiligen Lagerung von [...] nicht gefährlichen Abfällen mit einer Gesamtlagerkapazität von 100 Tonnen oder mehr.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach § 12, Abs. 2, Satz 2 BImSchG (2025) ist ein Gutachten zur Luftreinhaltung zu erstellen. Hierzu werden die Staubemissionen und -immissionen ermittelt.

Das Gutachten gliedert sich in folgende Kapitel:

1. Darstellung der Beurteilungsgrundlagen (Kapitel 2)
2. Darstellung der örtlichen Verhältnisse (Kapitel 3)
3. Beschreibung der Anlage (Kapitel 4)
4. Darstellung der emissions- und immissionsmindernden Maßnahmen (Vorsorgeanforderungen, siehe Kapitel 5)
5. Ermittlung der von der Anlage ausgehenden Staubemissionen (Kapitel 6)
6. Vergleich der Emissionsmassenströme mit den Bagatellmassenströmen (Kapitel 6.7)
7. Darstellung der meteorologischen Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnungen (Kapitel 7)
8. Darstellung und Beurteilung der Immissionen (Kapitel 8)
9. Zusammenfassung der Ergebnisse (Kapitel 10)

Die iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG, Messstelle nach §29b BImSchG und akkreditiert nach DIN 17025 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft, wurde mit der Ausarbeitung des Gutachtens beauftragt. Das Gutachten wurde entsprechend der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13 (2010) erstellt.

2 Beurteilungsgrundlagen

2.1 Prüfung der Schutzpflicht

Nach Nr. 4.1 der TA Luft (2021) ist zu prüfen, ob der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen beim Betrieb der Anlage sichergestellt ist.

Danach kann bei Schadstoffen, für die Immissionswerte in den Nummern 4.2 bis 4.5 TA Luft festgelegt sind, auf die Bestimmung von Immissionskenngrößen verzichtet werden, wenn

- a) die Emissionsmassenströme gering sind (siehe Kapitel 6.7),
- b) die Vorbelastung gering ist oder
- c) die Gesamtzusatzbelastung irrelevant ist.

Bei einer irrelevanten Gesamtzusatzbelastung nach Buchstabe c) ist immer davon auszugehen, dass von der Anlage keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen verursacht werden.

Eine irrelevante Gesamtzusatzbelastung liegt vor, wenn

- die Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit und zum Schutz vor erheblichen Belästigungen oder Nachteilen durch Staubniederschlag um nicht mehr als drei Prozent ausgeschöpft werden.
- die Gesamtzusatzbelastung in Bezug auf Immissionswerte für Schadstoffdepositionen 5 Prozent des jeweiligen Immissionswertes nicht überschreitet.

Bei Stoffen, für die in der TA Luft keine Immissionswerte angegeben sind, kann gemäß einer Vorgabe des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) ebenfalls die oben aufgeführte Ausschöpfung der Immissionswerte als irrelevante Zusatzbelastung angesetzt werden.

2.2 Immissionswerte der TA Luft

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

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

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

- Jahresmittelwert des Staubbiederschlags: 0,35 g/(m²·d)

Tabelle 2-1 enthält eine Zusammenstellung der Immissionsbeurteilungswerte.

Tabelle 2-1: Immissionswerte nach TA Luft (2021)

Stoff	Immissionswert	Mittelungszeitraum	Zulässige Überschreitungshäufigkeit im Jahr	Schutzziel
Partikel PM ₁₀	40 µg/m ³	Jahr	–	Schutz der menschlichen Gesundheit
	50 µg/m ³	Tag	35	
Partikel PM _{2,5}	25 µg/m ³	Jahr	–	
Staubbiederschlag	0,35 g/(m ² ·d)	Jahr	–	Schutz vor erheblichen Belästigungen oder Nachteilen

Wenn die in Tabelle 2-1 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.

2.3 Irrelevanzschwellen

Der Immissionsbeitrag einer Anlage wird als irrelevant bezeichnet, wenn am Beurteilungspunkt maximaler Zusatzbelastung die Irrelevanzschwelle nicht überschritten wird. Tabelle 2-2 enthält die Irrelevanzschwellen gemäß den Nummern 4.2.2 und 4.3.1.2 der TA Luft.

Tabelle 2-2: Irrelevanzschwellen (Jahresmittelwerte)

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

Wenn der Immissionsbeitrag der Gesamtanlage (dieser wird als Gesamtzusatzbelastung bezeichnet) an den Beurteilungspunkten die Irrelevanzschwelle einhält, kann gemäß Nr. 4.1 der TA Luft – unabhängig von der Vorbelastung – davon ausgegangen werden, dass von der Anlage keinen schädlichen Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden. In der Praxis bedeutet dies, dass die Vorbelastung und Gesamtbelastung für diejenigen Schadstoffe, deren Gesamtzusatzbelastung die Irrelevanzschwelle einhält, nicht ermittelt werden muss.

Überschreitet die Gesamtzusatzbelastung die Irrelevanzschwelle, so ist zu prüfen, ob die Gesamtbelastung die Immissionswerte einhält. Die Gesamtbelastung ergibt sich aus der Überlagerung der Vorbelastung und der Gesamtzusatzbelastung.

3 Örtliche Verhältnisse

Die Bauschuttrecyclinganlage der Fa. RDN GmbH befindet sich auf der Flur-Nr. 839/4 der Gemarkung Unterweilenbach. Die Lage des Betriebsgeländes und dessen weitere Umgebung können der Topographischen Karte in Abbildung 3-1 entnommen werden. Abbildung 3-2 zeigt das Betriebsgelände sowie die nähere Umgebung in einem Luftbild. Die Koordinaten des Betriebsgeländes betragen im UTM-32-Netz in etwa:

Ostwert:	670825
Nordwert:	5374325
Höhe über NHN:	ca. 486 m

Das Betriebsgelände der Bauschuttrecyclinganlage befindet sich im Südwesten eines Abbaugebiets für Sand, das auch von der Fa. RDN GmbH genutzt und betrieben wird. Das Abbaugebiet liegt südwestlich des Ortsteils Oberweilenbach der Gemeinde Aresing und ist von Wald umgeben.

Die Erschließung des Geländes erfolgt von Südwesten über die Staatsstraße 2084. Von der Staatsstraße zweigt eine öffentliche Straße nach Osten ab. Die Zufahrt zum Betriebsgelände befindet sich im Südwesten des Abbaugebiets.

Die nächstgelegenen baulichen Nutzungen befinden sich an den Hofstellen in Ankertshausen und NeuhoF östlich bis nordöstlich der Bauschuttrecyclinganlage ab einer Entfernung von 440 m (Ankertshausen 1) und mehr. Im Ortsteil Oberweilenbach südwestlich bis nordwestlich weisen die nächstgelegenen baulichen Nutzungen einen Abstand von ca. 500 m (Klenauer Str. 31) bis 800 m (Klenauer Str. 21) und mehr auf.

Der Anlagenstandort und die Umgebung sind naturräumlich dem Donau-Isar-Hügelland zugeordnet und durch eine hügelige Geländestruktur geprägt. In Abbildung 3-3 auf Seite 10 ist das Geländere relief mit überlagerter topographischer Karte dargestellt. Die Höhenachse ist um den Faktor 3 überhöht, um das Relief zu verdeutlichen.

Das Gelände fällt großräumig von Osten nach Westen zum Weilenbach ab. Das Abbaugebiet befindet sich an der östlichen Flanke eines Hügels, der eine Höhe von maximal 503 m über NHN erreicht. Östlich des Abbaugebiets weist das Gelände eine vergleichbare Höhe von etwa 500 m über NHN auf. Nach Süden fällt das Gelände zu einem Quellbach des Weilenbachs ab, nach Norden steigt es geringfügig an.

Die Örtlichkeiten wurden von uns am 03.06.2025 besichtigt. Dabei wurden die für die Aufgabenstellung relevanten Anlagen- und Umgebungsbedingungen erfasst.

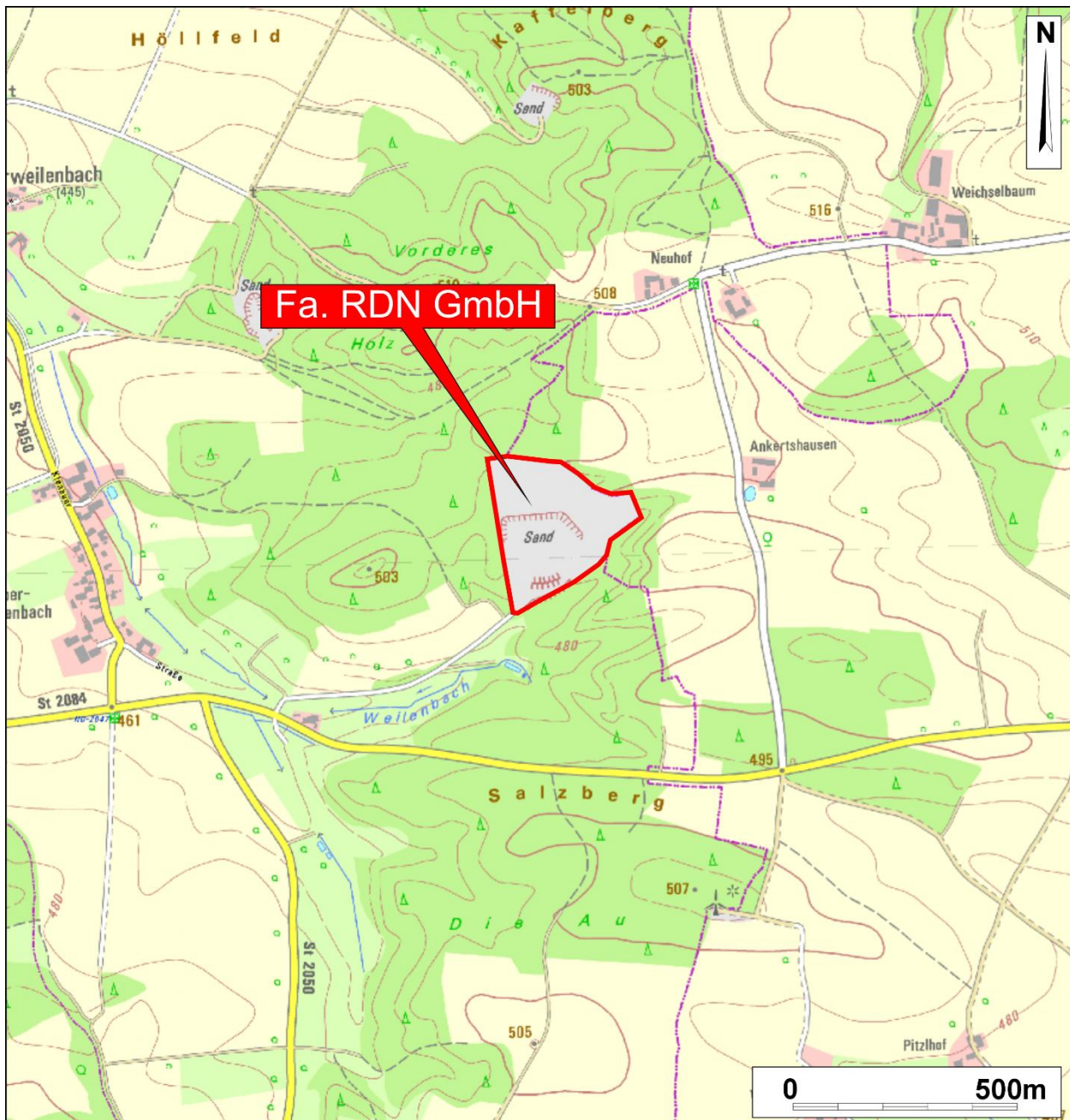


Abbildung 3-1: Lage des Betriebsgeländes (Topographische Karte: Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de).

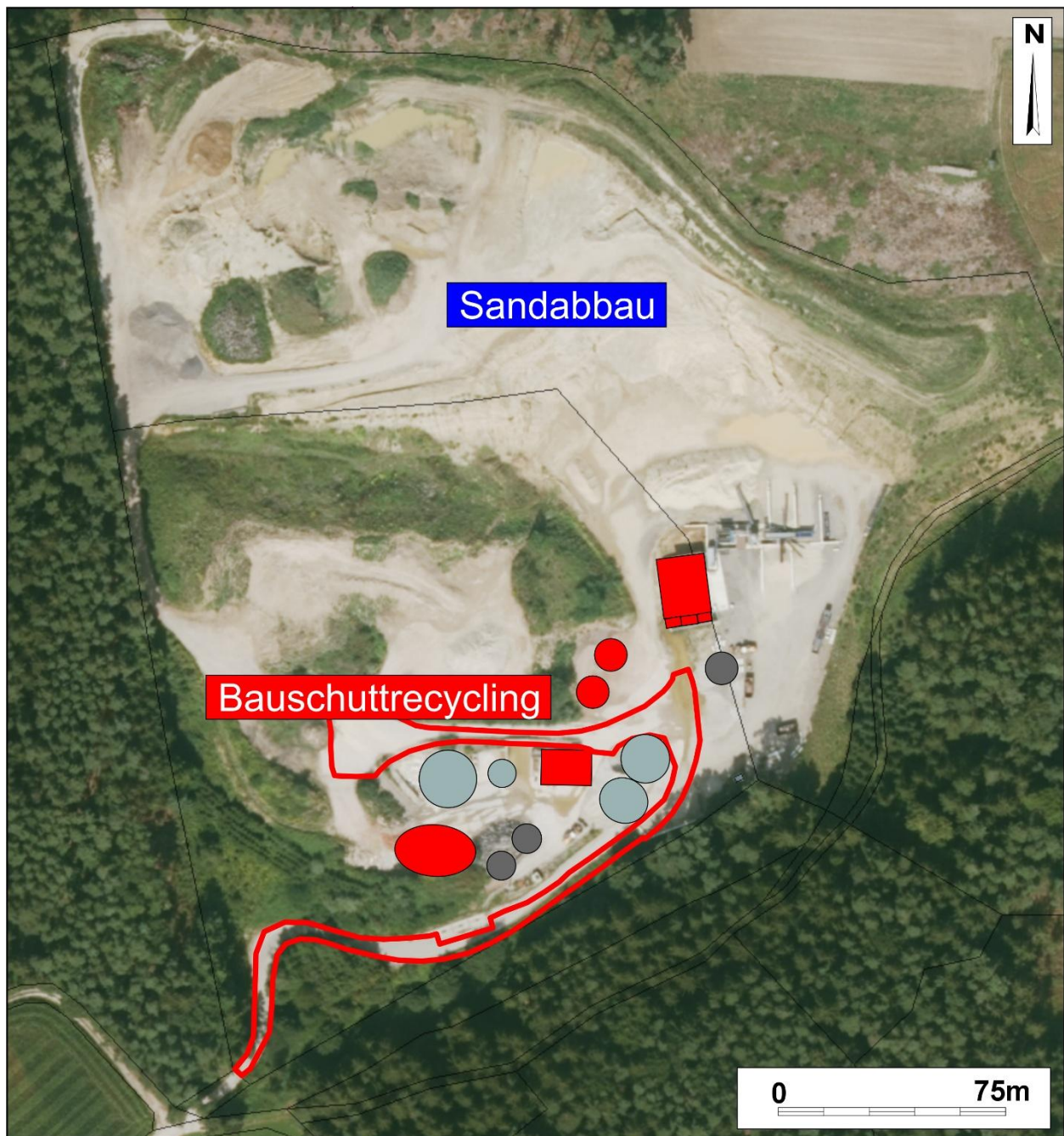


Abbildung 3-2: Betriebsgelände der Fa. RDN GmbH. Die beantragte Bauschuttrecyclinganlage im Südwesten des Geländes ist rot eingezeichnet. Der Bereich, im derzeit Sand abgebaut wird, ist gekennzeichnet. (Luftbildgrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de)

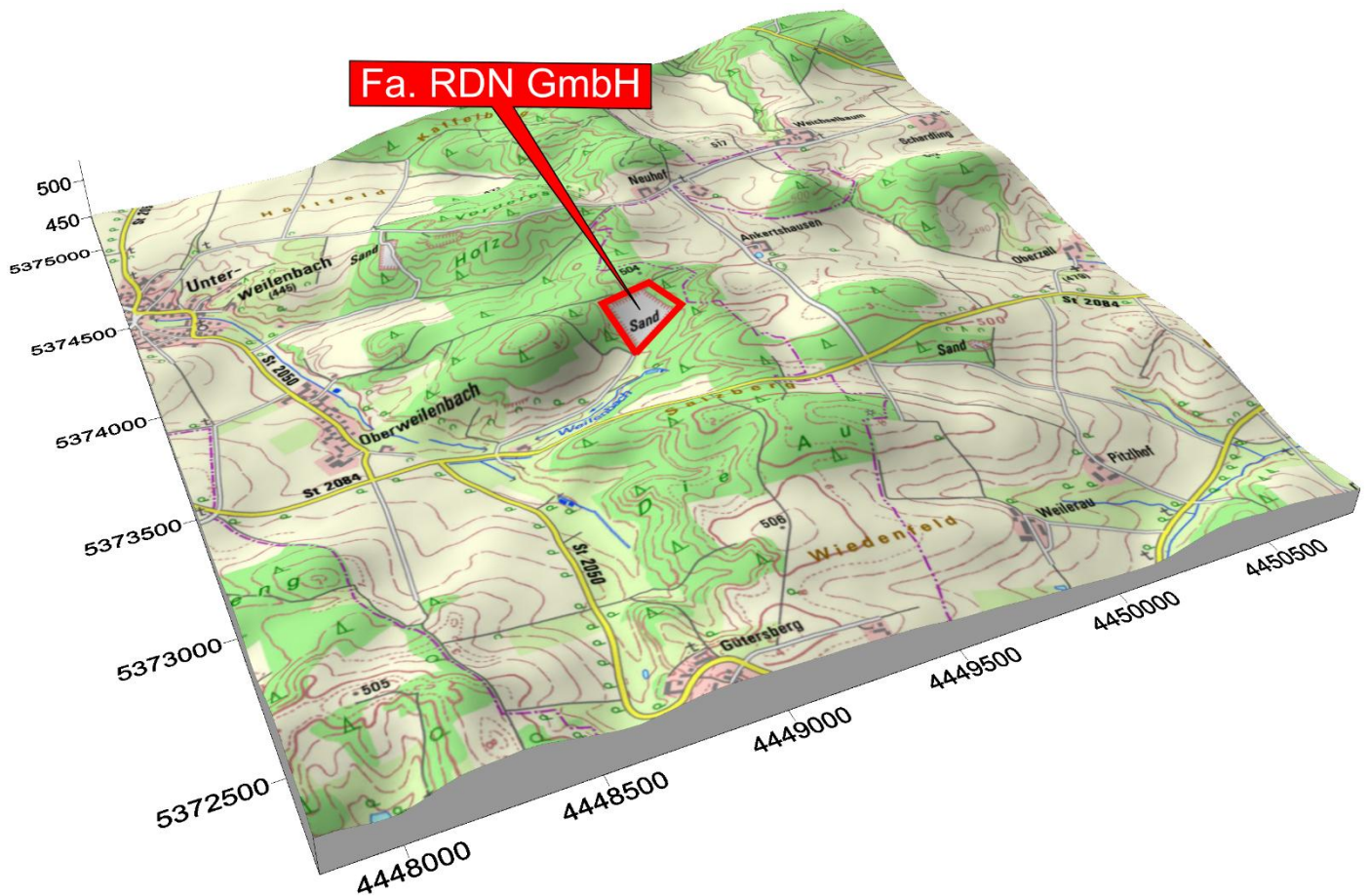


Abbildung 3-3: Höhenreliefdarstellung mit überlagerter topographischer Karte (1:25.000) mit Blick in Richtung Nordwesten). Der Anlagenstandort ist markiert. Die Höhenachse ist um den Faktor 3 überhöht. (Topographische Karte: TopMapsViewer)

4 Betriebsbeschreibung

4.1 Allgemeines

Die nachfolgende Betriebsbeschreibung beschränkt sich auf die Vorgänge, die für die Entstehung von Staubemissionen von Bedeutung sind. Eine detaillierte Beschreibung der Anlage und der geplanten Änderungen kann dem Genehmigungsantrag der Fa. RDN GmbH [1] entnommen werden.

Der Hauptzweck der Anlage besteht in der Behandlung und zeitweiligen Lagerung von nicht gefährlichen Abfällen.

Die Inputmenge der geplanten Anlage wird mit 50.000 t/a an Abfällen beantragt. Die behandelten und gelagerten Abfallarten sind in Tabelle 4-1 zusammengestellt.

Tabelle 4-1: Durchsatzmengen der Abfallarten der Recyclinganlage.

AVV-Nr.	Abfallart	Inputmenge
		t/a
17 01 01	Betonbruch	15.000
17 01 02	Ziegelbruch	10.000
17 01 07	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen	20.000
17 03 02	Teerfreie Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen	5.000
Summe		50.000

4.2 Einteilung des Betriebsgeländes:

Das Betriebsgelände ist in Abbildung 4-1 auf Seite 12 dargestellt. Das Betriebsgelände der Bauschuttrecyclinganlage liegt in einem Teilbereich im Südwesten des Abbaugebiets, der bereits abgebaut und wiederverfüllt ist.

Die Zufahrt erfolgt im Südwesten des Geländes. Die Zufahrtswege der Bauschuttrecyclinganlage sind mit Asphalt oder vergleichbarem Material in Straßenbauweise befestigt. Auf dem Zufahrtsweg ist eine Waage installiert.

Die Inputhalden befinden sich im Westen des Betriebsgeländes. Östlich davon liegt die Behandlungsfläche für den Brecher und die Siebmaschine. Der Bereich für die Behandlung sowie ein Teil des Inputbereichs ist mit einer Betonplatte befestigt.

Östlich der Behandlungsfläche wird das Recyclingmaterial (Outputhalden) vor dem Abtransport zwischengelagert. Sowohl im Input- als auch im Outputbereich werden die Materialien getrennt nach Abfallart (Betonbruch, Ziegelbruch und Bauschutt, Asphalt) gelagert.

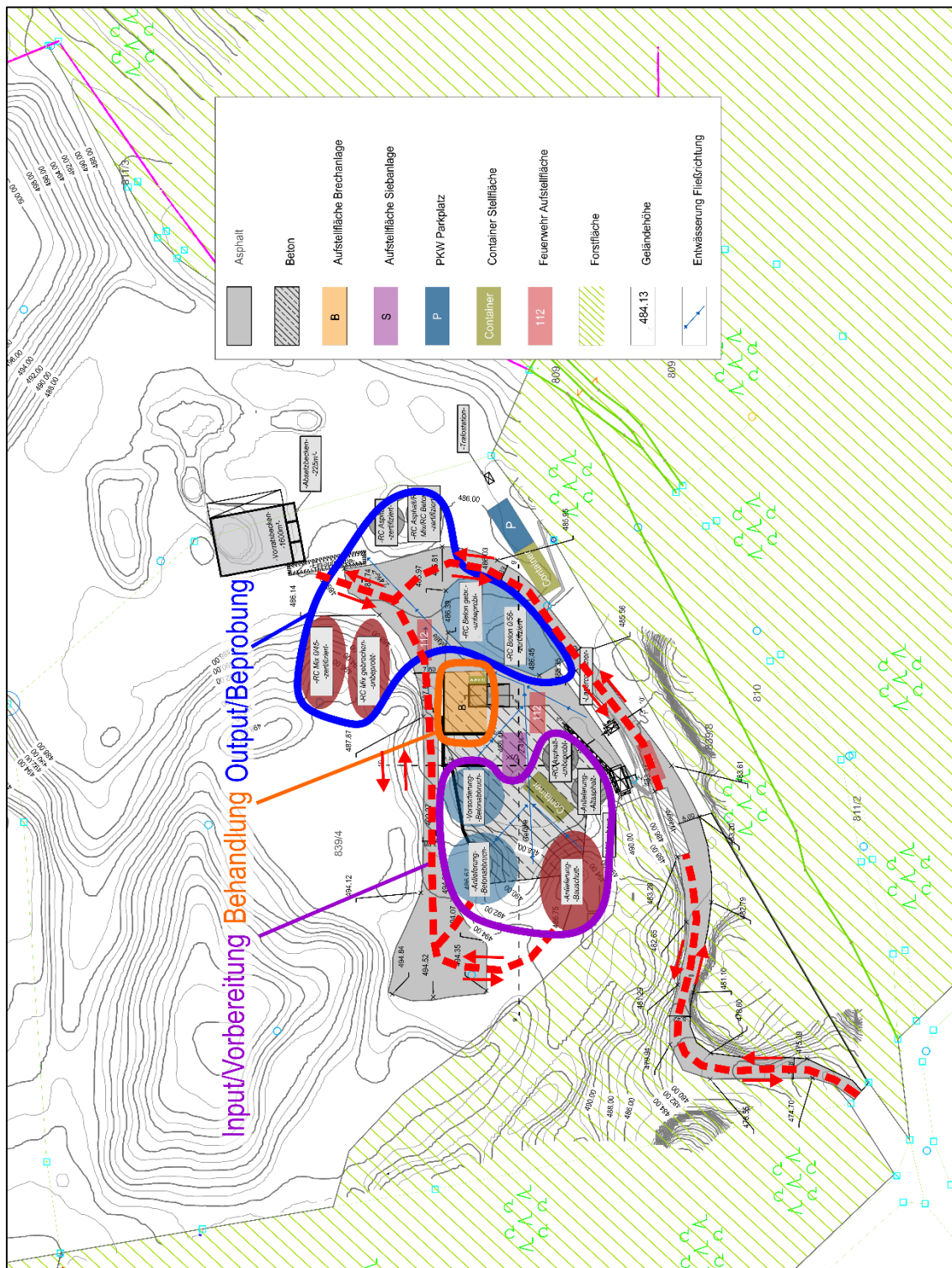


Abbildung 4-1: Einteilung des Betriebsgeländes. Der Inputbereich ist violett, der Behandlungsbereich ist orangefarben und die Outputbereich ist blau umrandet. Die Fahrwege sind mit Fahrrichtungen rot gestrichelt skizziert. (Plangrundlage: Fa. RDN GmbH, Lageplan „Bauschutt Recyclinganlage Unterweilenbach“, 21.07.2025 [1][2])

4.3 Betriebsablauf

Der Hauptzweck der Anlage besteht in der Behandlung und zeitweiligen Lagerung von nicht gefährlichen Abfällen. Der Betriebsablauf ist in Abbildung 4-2 auf Seite 14 als Fließbild skizziert.

Die anliefernden Lkw fahren im Südwesten des Geländes ein. Nach etwa 60 m knickt die Straße nach Osten ab und nach weiteren ca. 60 m befindet sich die Waage. Nach der Verwiegung fahren die Lkw weiter Richtung Nordosten, biegen nach ca. 100 m nach Westen ab und fahren zu den Inputhalden im Westen des Betriebsgeländes. Die leeren Lkw fahren über die gleiche Strecke wieder aus.

Nach der Entladung wird das Material nach Bedarf vorsortiert und mit dem Bagger mit Anbau- meißel oder Zange vorzerkleinert. Für die Prognose wird davon ausgegangen, dass die Hälfte der Durchsatzmenge den vorbereitenden Arbeitsschritten unterzogen wird.

Störstoffe, wie z.B. Holz, Metall, Kunststoffe, werden per Hand aussortiert und in Container eingeworfen.

Zur Behandlung werden die Eingangsmaterialien mit dem Radlader aufgenommen und in den Aufgabetrichter des Brechers aufgegeben. Am Austragsband werden noch im Material verbliebene Metalle mit einem Überbandmagneten abgetrennt.

Nach dem Brecher ist die Behandlung nach Mitteilung des Antragstellers in der Regel abgeschlossen. Bei Bedarf wird eine Siebmaschine zur Klassierung der gebrochenen Materialien eingesetzt. Um auf der sicheren Seite zu liegen, wird für das vorliegende Gutachten davon ausgegangen, dass die gesamte Durchsatzmenge nach dem Brechen gesiebt wird. Die Siebmaschine wird dem Brecher nachgeschaltet, wobei eine direkte Übergabe vom Austragsband des Brechers in den Aufgabetrichter der Siebmaschine erfolgt. Nach der Siebmaschine werden die Fraktionen vom Austragsband auf Halde abgegeben.

Von dort wird das Recyclingmaterial mit einem Radlader aufgenommen und zur Zwischenlagerung auf die nach Materialart getrennten Lagerflächen transportiert. Dort wird es beprobt und zertifiziert. Nach der Freigabe wird Recyclingmaterial abtransportiert. Hierzu wird das Recyclingmaterial mit einem Radlader aufgenommen und in Lkw abgekippt. Der Abtransport des Materials erfolgt über die gleiche Straße wie die Anlieferung.

4.4 Betriebszeit

Die Betriebszeit ist montags bis samstags zwischen 07:00 Uhr und 18:00 Uhr.

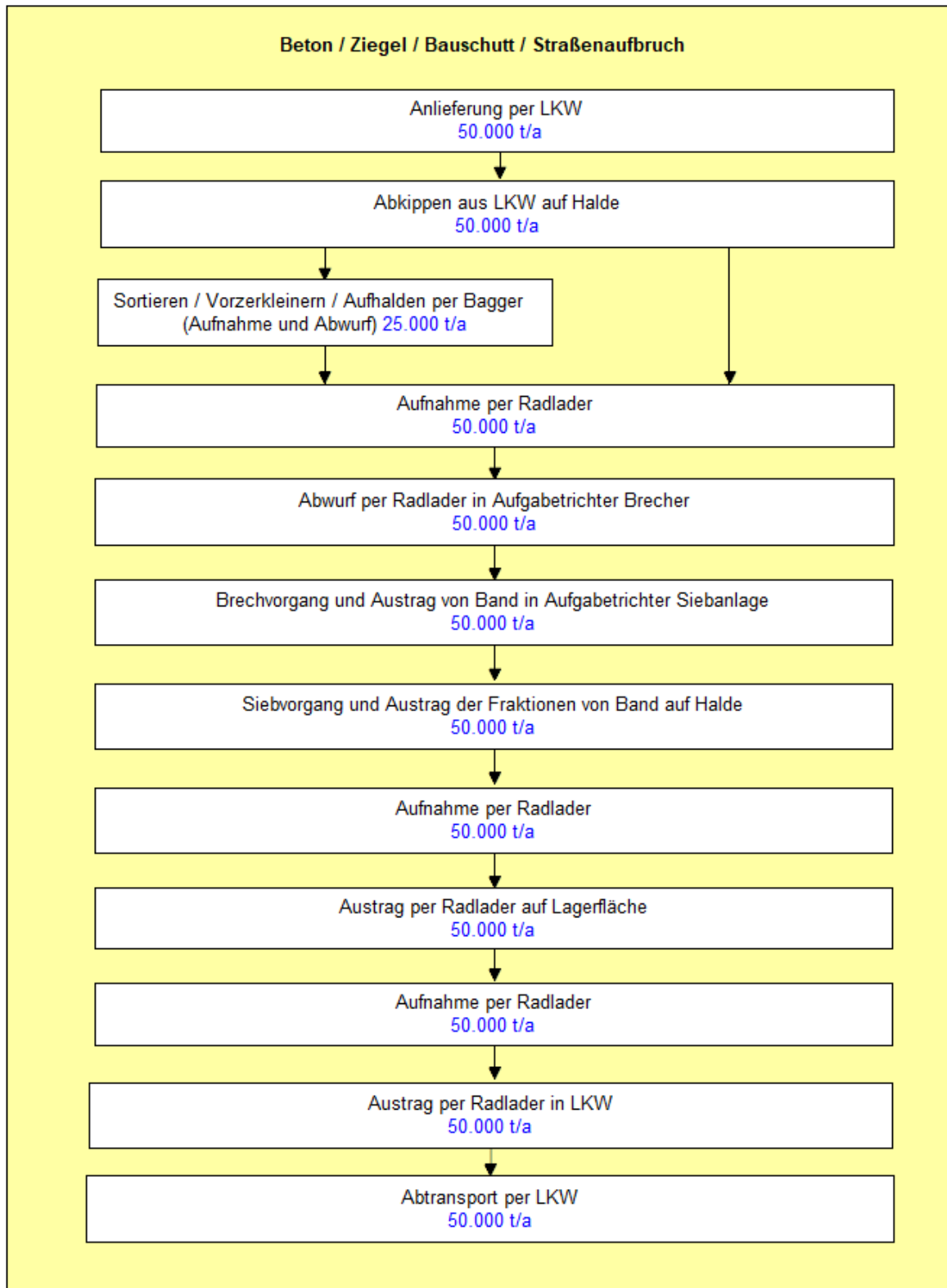


Abbildung 4-2: Fließbild der Betriebsabläufe

5 Vorsorgeanforderungen

In Nr. 5 der TA Luft (2021) sind die Anforderungen zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen aufgeführt. In vorliegendem Fall werden für die zu betrachtende Anlage zur zeitweiligen Lagerung und Behandlung von Abfällen die Anforderungen in Nr. 5.2.3 (*staubförmige Emissionen bei Umschlag, Lagerung oder Bearbeitung von festen Stoffen*) geprüft.

Weitere emissionsmindernde Maßnahmen sind in folgenden VDI-Richtlinien aufgeführt:

- VDI-Richtlinie 2095, Blatt 1 (2011): Emissionsminderung – Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen – Stationäre und mobile Bauschuttzubereitungsanlagen.
- VDI-Richtlinie 2095, Blatt 2 (2014): Emissionsminderung – Lagerung, Umschlag und Behandlung von gemischten Bau- und Abbruchabfällen (auch gemeinsam mit Sperrmüll, sowie Gewerbeabfällen).
- VDI-Richtlinie 2095, Blatt 3 (2019): Emissionsminderung – Abfallbehandlung – Anlagen zur Behandlung von Abfallgemischen aus der haushaltsnahen Wertstoffeffassung und von gemischten Gewerbeabfällen.
- VDI-Richtlinie 2584 (2022): Emissionsminderung – Aufbereitungsanlagen zur Herstellung von Gesteinskörnungen und ungebundenen Baustoffgemischen
- VDI-Richtlinie 4087 (2016): Planung, Errichtung und Betrieb von Altholzanlagen passt die
- VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4 (2018): Umweltmeteorologie – Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen. Staubemissionen durch Fahrzeugbewegungen auf gewerblich/industriellem Betriebsgelände.

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

1. Die Fahrwege und Betriebsflächen sind entsprechend der Eingabeplanung im Bereich der Zu- und Ausfahrt sowie der Waage mit einer Decke aus Asphalt, Beton, Verbundsteinen oder gleichwertigem Material in Straßenbauweise zu befestigen und in ordnungsgemäßem Zustand zu halten. Schäden in den versiegelten Betriebsoberflächen sind zeitnah auszubessern.
2. Die befestigten Fahrwege sind regelmäßig zu reinigen und bedarfsweise mittels Befeuchtungswagen, Nasskehrmaschine oder ggf. fest installierten automatischen Berieselungsanlagen oder vergleichbaren Einrichtungen zu befeuchten.
3. Die unbefestigten Fahrwege, Betriebs-, Lager- und Behandlungsflächen sind bei Trockenheit bzw. relevanter Staubentwicklung mittels Befeuchtungswagen oder ggf. fest installierten automatischen Berieselungsanlagen oder vergleichbaren Einrichtungen zu befeuchten.
4. Es ist sicherzustellen, dass Verschmutzungen durch Fahrzeuge nach Verlassen des Anlagenbereichs vermieden oder beseitigt werden. Dazu können Reifenwaschanlagen, Kehrmaschinen, Überfahrroste oder sonstige geeignete Einrichtungen eingesetzt werden.

5. Die Fahrgeschwindigkeit der Lkw ist auf dem gesamten Betriebsgelände auf 10 km/h zu beschränken. Hierzu sind gut sichtbare Schilder anzubringen.
6. Sämtliche Material-Abwurfhöhen aus den Radladern und Baggern sind so gering wie möglich zu halten. Das Personal ist wiederkehrend zu schulen.
7. Die Austragshalden der Aufbereitungsaggregate sind erst dann abzutragen, wenn die Höhe des Austragskegels knapp unterhalb der Höhe des Bandaustrags steht.
8. Am Aufgabetrichter des Brechers die Stäube mittels Bedüsungseinrichtungen niederzuschlagen. Durch die Befeuchtung des Materials bleiben die Partikel, die beim Aufprall oder durch Windangriff freigesetzt werden können, am Material haften. Eine Freisetzung der Partikel wird damit weitgehend verhindert. Der Effekt von Befeuchtungsmaßnahmen ist beispielhaft in Abbildung 5-1 dargestellt.
9. Am Vortag des Brechens sollten mineralische Abfälle befeuchtet werden, sofern diese trocken sind. Je Tonne Material sollten etwa 20 Liter Wasser aufgebracht werden. Durch diese Maßnahme dringt Wasser in das Material ein, wodurch sich die Staubemissionen beim Brechen und Sieben deutlich verringern. Sofern regnerisches Wetter vorherrscht, kann auf die Befeuchtung verzichtet werden.

Die organisatorischen Maßnahmen sind in einer Betriebsanweisung festzulegen. Das Personal ist wiederkehrend im Abstand von mindestens einem Jahr zu unterweisen. Neu eingestellte Mitarbeiter sind vor ihrem ersten Einsatz zu unterweisen.

Die Funktionsfähigkeit der technischen Einrichtungen ist einmal pro Woche zu prüfen und in einem Betriebstagebuch zu protokollieren.

Die vorgenannten Anforderungen werden in Kapitel 9 als Auflagenvorschläge formuliert.



Abbildung 5-1: Einfluss von Befeuchtungsmaßnahmen an einer Aufbereitungsanlage.
Links: Ohne Befeuchtung. Rechts: Mit Befeuchtung. Fotos: Klenk et al. (2016).

6 Staubemissionen

6.1 Allgemeines

Staubemissionen werden durch folgende Vorgänge freigesetzt:

- Umschlag und Behandlung der Abfälle (Entladen, Beladen, Aufhalten, Aufbereitung und Bandausträge, siehe Kapitel 6.2)
- Fahrbewegungen der Lkw und Radlader (siehe Kapitel 6.3)
- Dieselmotoremissionen der Lkw, Radlader und Behandlungsaggregate (siehe Kapitel 6.4)
- Windabwehungen von den ruhenden Halden (siehe Kapitel 6.5)

6.2 Staubemissionen durch Umschlag und Behandlung der Abfälle

Die beim Umschlag und der Behandlung der Abfälle entstehenden diffusen Staubemissionen werden auf Basis der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 (2010) berechnet. In dieser Richtlinie sind Emissionsfaktoren angegeben, die für die einzelnen Prozesse die emittierte Staubmasse je Tonne Material angeben. Zusätzlich wird der Leitfaden ‚Ermittlung diffuser Staubemissionen‘, den wir im Auftrag der LUBW erstellt haben, herangezogen (LUBW (2021)).

Die Emissionen werden für den beantragten Betrieb der Anlage berechnet. In Tabelle 6-1 sind die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt. Die Berechnungsgrundlagen und Berechnungsschritte sind aus Übersichtlichkeitsgründen in

- Anhang 2, Abschnitt A2.1 (Seite 42 ff): Berechnungsgrundlagen
und
- Anhang 3 (Seite 54 ff): Emissionsmassenströme

dieses Gutachtens dargestellt.

Tabelle 6-1: Diffuse Staubemissionen durch **Umschlag- und Behandlungsvorgänge** in kg/a, aufgeteilt auf die Korngrößenklassen der TA Luft

Pos.	Emissionsquelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt (kg/a)
		< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
1	Behandlung	910	3.383	12.880	17.173
2	Umschlag (Anlieferung)	123	457	1.738	2.318
2	Umschlag (Abtransport)	131	488	1.858	2.477
	Summe:	1.164	4.328	16.476	21.968

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) die Staubemissionen um den Faktor 2 bis 3 überschätzen. Dies zeigen auch Untersuchungen von Strobl & Kuntner (2014).

Insbesondere für die als Stückgut vorliegenden Abfälle als grobe Brocken, Blöcke und Steine vorliegenden Materialien werden die Staubemissionen deutlich überschätzt (vgl. Rühling et al. (2022)).

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.

6.3 Staubemissionen durch Fahrbewegungen

Die Lkw-Fahrwege sind von der Einfahrt bis zur Abgabe auf die Inputhalden asphaltiert oder mit gleichwertigem Material in Straßenbauweise befestigt. Die Lager- und Behandlungsflächen, auf welchen sich die Radlader bewegen, sind teilweise nicht befestigt. Um auf der sicheren Seite zu liegen wird angesetzt, dass die Radladerfahrten auf unbefestigten Wegen stattfinden.

Tabelle 6-2 und Tabelle 6-3 enthalten die Staubemissionen, die durch die Fahrbewegungen verursacht werden. Zur Berechnung wurde die VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4 (2018) herangezogen. Neben den Emissionen durch Aufwirbelungen sind darin die Emissionen durch Abriebe (von Bremsen, Reifen und vom Fahrbahnbelag) sowie die Auspuffemissionen der Fahrzeuge enthalten.

Die Berechnungsgrundlagen und Berechnungsschritte sind aus Übersichtlichkeitsgründen in

- Anhang 2, Abschnitt A2.2 (Seite 45 ff): Berechnungsgrundlagen für befestigte Fahrwege,
- Anhang 2, Abschnitt A2.3 (Seite 51 ff): Berechnungsgrundlagen für unbefestigte Fahrwege und
- Anhang 3 (Seite 54 ff): Berechnung der Emissionsmassenströme

dieses Gutachtens dargestellt.

Tabelle 6-2: Diffuse Staubemissionen durch **Fahrbewegungen der Radlader** in kg/a, aufgeteilt auf die Korngrößenklassen der TA Luft

Pos.	Emissionsbereich	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt (kg/a)
		< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
1	Behandlung	18	159	450	627
2	Umschlag (Anlieferung)	3	27	75	104
2	Umschlag (Abtransport)	36	318	900	1.254
	Summe:	56	504	1.425	1.985

Tabelle 6-3: Diffuse Staubemissionen durch **Fahrbewegungen der Lkw** in kg/a, aufgeteilt auf die Korngrößenklassen der TA Luft

Pos.	Emissionsquelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt (kg/a)
		< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
1	Lkw (Anlieferung)	43	133	736	912
2	Lkw (Abtransport)	34	105	584	724
	Summe:	77	238	1.321	1.636

Laut Düring et al. (2023) führt die Emissionsermittlung auf Grundlage der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4 (2018) ebenfalls zu einer deutlichen Überschätzung der Fahrwegemissionen. Dies gilt insbesondere für gut gereinigte befestigte Fahrwege.

6.4 Dieselmotoremissionen

Die Auspuffemissionen der Lkw und Radlader sind in den in Kapitel 6.3 dargestellten Staubemissionen enthalten. Hinzu kommen die Auspuffemissionen der Aufbereitungsanlagen sowie der Bagger.

Diese 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 ohne Partikelfilter 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 Betriebszeit der Aggregate wird aus der Durchsatzkapazität und der Durchsatzmenge entsprechend Tabelle 6-4 angesetzt. Die rechnerische Betriebszeit wird konservativ um 25 % erhöht und aufgerundet, um Leerlaufzeiten einzuschließen.

Zur Berechnung der Betriebszeit der Bagger wird davon ausgegangen, dass während der Betriebszeit an 10 Stunden pro Tag über 200 Arbeitstage durchgehend ein Bagger in Betrieb ist.

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

Tabelle 6-4: Durchsatzmenge, Durchsatzkapazität und Betriebszeit der Aggregate

Gerät	Durchsatzmenge (t/a)	Durchsatzkapazität (t/h)	Emissionszeit (h/a)	
			rechnerisch	Ansatz
Brecher	50.000	100	500	700
Siebmasching	50.000	100	500	700
Bagger	-	-	2.000	2.000

Mit diesen Voraussetzungen errechnen sich die in Tabelle 6-5 auf der folgenden Seite angegebenen Emissionsmassenströme.

Tabelle 6-5: Auspuffemissionen: Emissionsfaktoren und Staubmassenströme

Gerät	Emissionszeit (h/a)	Typ-Bezeichnung der BAFU-Datenbank	Emissionsfaktor (kg/h)	Emission (kg/a)
Brecher	700	'Holzhacker'	0,0409	28,6
Siebmaschine	700	'Holzhacker'	0,0409	28,6
Bagger	2.000	'Raupebagger'	0,0136	27,2
Summe:				84,5

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

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

6.5 Windabwehungen

Staubabwehungen von den ruhenden Lagerhalden (Winderosion) sind gering, da Abwehungen instationäre Vorgänge darstellen, bei denen die an der Oberfläche vorhandenen Feinpartikel bereits nach dem ersten Windangriff abgeweht sind.

Windabwehungen können nach VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2 (2017) oberhalb von Stundenmittelwerten der Windgeschwindigkeiten von 4 bis 5 m/s auftreten. Da es einen Zusammenhang zwischen dem Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit und der Anzahl der Stundenmittel oberhalb von 4 bis 5 m/s gibt, kann gemäß der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2 bei Jahresmitteln der Windgeschwindigkeit von weniger als 2 bis 3 m/s, gemessen in 10 m Höhe, die Winderosion in der Regel vernachlässigt werden. Dies wird im Leitfaden der LUBW (LUBW (2021)), der eine Vereinheitlichung der Emissionsansätze gewährleisten soll, konkretisiert. Danach kann der Emissionsbeitrag der Winderosion bei Jahresmittelwerten der Windgeschwindigkeit von weniger als 3 m/s vernachlässigt werden (siehe Tabelle 5.27 auf Seite 39 des Leitfadens (LUBW (2021)), in der erst ab 3 m/s Emissionsfaktoren angegeben sind).

Da die mittlere Windgeschwindigkeit 2,8 m/s beträgt (siehe Kapitel 7.5), können Windabwehungen von den ruhenden Halden vernachlässigt werden. Konservativ werden dennoch

Windabwehungen in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2 (2017) angesetzt. 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 anfallende Menge an Material ganzjährig zur Windabwehung beiträgt. Der Grund hierfür ist, dass die Oberfläche vergleichsweise frisch ist und abwehungsfähiges Material enthalten kann. Die entsprechenden Mengen werden auf einzelne Kegelhalden mit einer Höhe von etwa 3 m verteilt, wodurch sich eine vergleichsweise große Oberfläche ergibt. Der Haldenwinkel wird mit 45° angesetzt. Mit diesen konservativen Ansätzen sind etwaige Abwehungen von anderen Schüttgütern abgedeckt.

Damit errechnet sich die in Tabelle 6-6 angegebene Fläche, von der Abwehungen stattfinden.

Tabelle 6-6: Parameter zur Berechnung der abwehungsfähigen Fläche

Quelle	Menge			Halden	Mantelfläche	Angesetzte Fläche
	t/a	m³/a	m³/Woche	Anzahl	m²	m²
Inputhalde	50.000	29.142	566	21	840	850
Outputhalde	50.000	29.142	566	21	840	850

Gemäß VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2 (2000) wird ein Emissionsfaktor von 10 kg Staub/(ha·h) angesetzt, der oberhalb einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s in einer Höhe von 10 m wirksam ist. Die DWD-Station München-Stadt weist eine Messhöhe von mehr als 29 m über Grund auf. Rechnet man die Windgeschwindigkeit anhand des logarithmischen Windprofils mit einer Rauiglängelänge von konservativ 0,5 m auf eine Höhe von 10 m, so wird die Windgeschwindigkeit von 5 m/s an 389 h/a erreicht.

Damit errechnet sich ein Staubmassenstrom von 661 kg/a aufgrund von Windabwehungen (siehe Tabelle 6-7).

Tabelle 6-7: Diffuse Staubemissionen durch Windabwehungen

Quelle	Fläche		Staubmassenstrom
	m²	ha	kg/a
Inputhalde	850	0,085	331
Outputhalde	850	0,085	331
Summe:			661

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

6.6 Gesamtemission

In Tabelle 6-8 sind die Emissionen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 6-8: Diffuse Staubemissionen in kg/a, aufgeteilt auf die Korngrößenklassen der TA Luft

Quelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Umschlag- und Aufbereitungsvorgänge	1.164	4.328	16.476	21.968
Fahrbewegungen der Radlader	56	504	1.425	1.985
Lkw-Fahrbewegungen	77	238	1.321	1.636
Dieselmotoremissionen	84	0	0	84
Windabwehungen	165	165	331	661
Gesamt	1.548	5.235	19.553	26.335

6.7 Vergleich mit den Bagatellmassenströmen der TA Luft

Gemäß Nr. 4.1 der TA Luft ist zunächst zu prüfen, ob die von der Anlage ausgehenden Gesamtstaubmassenströme die Bagatellmassenströme nach Nr. 4.6.1.1 der TA Luft (2021) unterschreiten. Bei Unterschreitung der Bagatellmassenströme kann davon ausgegangen werden, dass schädliche Umwelteinwirkungen durch die Anlage nicht hervorgerufen werden. Eine Bestimmung der Immissions-Kenngrößen im Genehmigungsverfahren ist für diese Stoffe üblicherweise nicht erforderlich (siehe Ausführungen in Kapitel 2).

Die Massenströme der Stäube ergeben sich durch Division der Jahressummen in kg/a durch die Betriebsstunden (h/a) der Anlage. Die Betriebszeit ist montags bis samstags zwischen 07:00 Uhr und 18:00 Uhr, woraus sich maximal 3.432 h/a ergeben.

Legt man konservativ eine Betriebszeit von nur 2.500 h/a (250 d/a à 10 h/d) zugrunde, so errechnen sich die in der folgenden Tabelle aufgeführten Massenströme.

Tabelle 6-9: Staubemission und Massenströme

Schadstoff	Emissionsmassenstrom		Bagatellmassenstrom
	kg/a	kg/h	kg/h
Gesamtstaub	26 335	10,53	0,10
Partikel PM ₁₀	6 782	2,71	0,08
Partikel PM _{2,5}	1 548	0,62	0,05

In der letzten Spalte der Tabelle 6-9 sind die für diffuse Quellen geltenden Bagatellmassenströme nach Nr. 4.6.1.1 TA Luft (2021) aufgeführt. Diese werden überschritten, so dass die Staubimmissionen zu ermitteln sind.

7 Meteorologische Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung

7.1 Allgemeines

Die Ausbreitung der Stäube wird wesentlich von den meteorologischen Parametern Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Niederschlagsintensität 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
IV	mäßig labile atmosphärische Schichtung
V	sehr labile atmosphärische Schichtung, starke vertikale Durchmischung der Atmosphäre

Für die Ausbreitungsrechnung sind die meteorologischen Parameter in Form einer Zeitreihe (AK-Term) erforderlich, die einen ganzjährigen Zeitraum repräsentieren. Bei Verwendung einer Zeitreihe ist es u. a. möglich, die tageszeitliche Verteilung der Emissionen und die daran gekoppelten meteorologischen Ausbreitungssituationen zu berücksichtigen. Dies ist im vorliegenden Fall erforderlich, da die staubemittierenden Tätigkeiten hauptsächlich tagsüber durchgeführt werden. Darüber hinaus ist für die nach TA Luft (2021) geforderte Berechnung der nassen Deposition die Ausbreitungsrechnung als Zeitreihenrechnung durchzuführen (TA Luft (2021), Anhang 2, Nr. 9.7). Deshalb wird eine Zeitreihe als meteorologische Datengrundlage herangezogen.

7.2 Meteorologische Daten

Im Untersuchungsgebiet werden keine meteorologischen Messungen durchgeführt, die als Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnungen verwendet werden können. Daher wurde das Fachbüro IFU GmbH beauftragt, eine geeignete Station zu übertragen. Die IFU GmbH ist akkreditiert für die Bereitstellung meteorologischer Daten nach VDI-Richtlinie 3783, Blatt 20 (2017) als Grundlage für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft (2021).

Aufgrund der zu erwartenden Verteilung der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten wird von der Fa. IFU GmbH die Messstelle „München“ des Deutschen Wetterdienstes empfohlen

(siehe Anhang 5, Auszug aus dem Gutachten der Fa. IFU GmbH). Diese Station spiegelt die Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten, die im Untersuchungsgebiet zu erwarten sind, am besten wider. Zur Berechnung des Windfeldes im Rechengebiet wird von der IFU GmbH empfohlen, den Anemometerstandort auf einen etwa 1,6 km südwestlich des Anlagenstandorts gelegenen Bezugspunkt zu übertragen.

Die Koordinaten des Bezugspunktes der meteorologischen Daten betragen im UTM-32-Netz:

Ostwert: 32669550
Nordwert: 5373450

Seine Lage ist in Abbildung A4-1 auf Seite 59 gekennzeichnet. Das Simulationsgebiet des Ausbreitungsmodells wird so groß gewählt, dass die Station darin enthalten ist (vgl. Kapitel A4.3 in Anhang 4). Die Einflüsse der Orographie und die Geländerauigkeit aufgrund der Bebauung werden vom diagnostischen Windfeldmodell und dem Grenzschichtmodell, das im Ausbreitungsmodell AUSTAL enthalten ist, berücksichtigt.

7.3 Ermittlung des repräsentativen Jahres und der Ausbreitungsklassen

Das repräsentative Jahr soll aus dem vom Umweltbundesamt zur Verfügung stehenden Zeitraum ermittelt werden (siehe Kapitel 9.1 in Anhang 2 der TA Luft). Da die aufbereiteten Niederschlagsdaten nur für den 10-jährigen Zeitraum 2006 bis 2015 zur Verfügung stehen, wurde aus diesem Zeitraum das Jahr 2012 als repräsentativ für mehrjährige Verhältnisse ermittelt. Die Bestimmung des repräsentativen Jahres und der Ausbreitungsklassen erfolgte ebenfalls durch die Fa. IFU GmbH (siehe Anhang 5).

7.4 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 stellt das Umweltbundesamt nur für den Zeitraum 2006 bis 2015 Daten zur Verfügung, so dass für das Jahr 2012 eine Niederschlagszeitreihe vorhanden ist. Der mittlere Gesamtniederschlag des verfügbaren Zeitraumes beträgt 813 mm/a. Der Niederschlag des repräsentativen Jahres wurde auf diesen Wert skaliert. Regenereignisse liegen während 1.013 Stunden vor.

7.5 Darstellung der Messdaten

Abbildung 7-1 enthält die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen für das repräsentative Jahr 2015. Sie zeichnet sich durch zwei Maxima bei Windrichtungen aus Westsüdwest und Ostnordost aus. Das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit beträgt ca. 2,8 m/s.

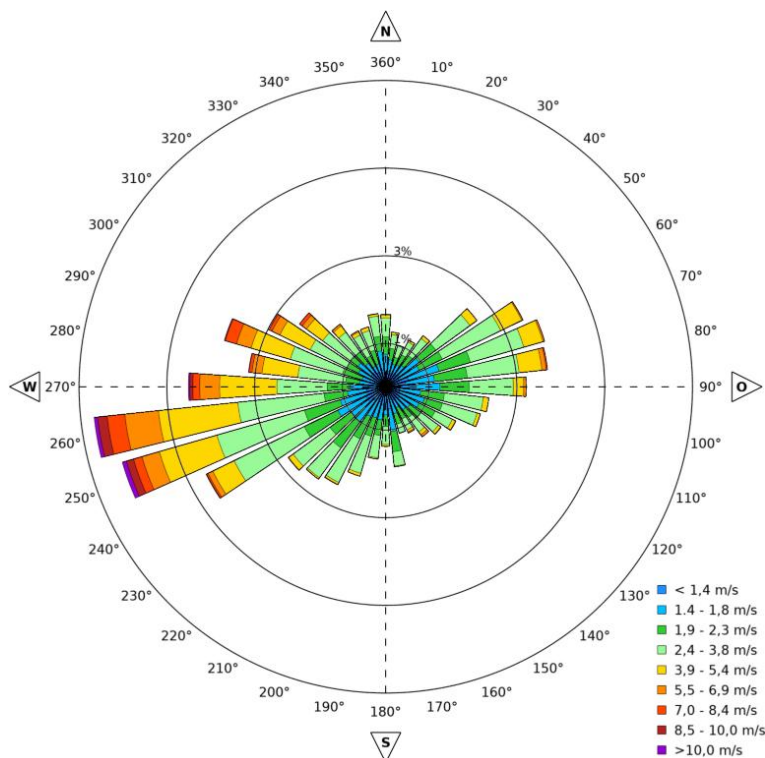


Abbildung 7-1: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen

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

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

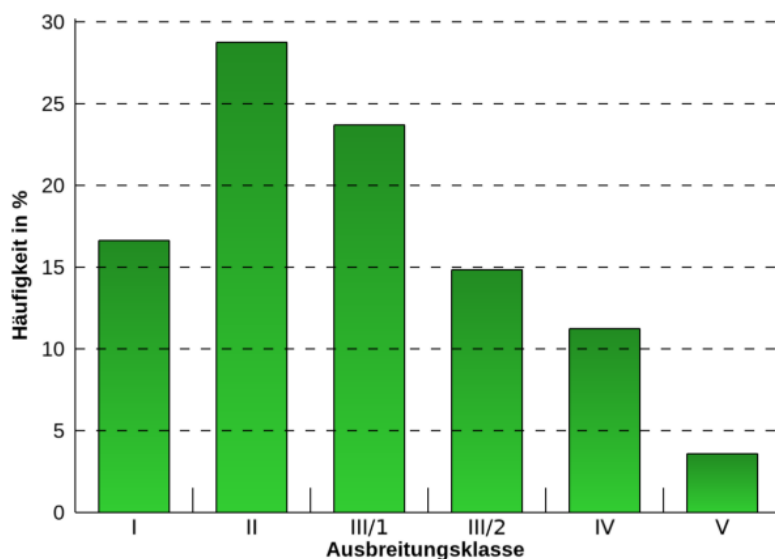


Abbildung 7-2: Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen

Die stabilen Ausbreitungsklassen (I + II) sind mit knapp 46 % am stärksten vertreten, gefolgt von den neutralen Klassen (III₁ + III₂), deren Häufigkeit etwa 39 % beträgt. Labile atmosphärische Verhältnisse (IV + V) kommen mit ca. 15 % am seltensten vor.

7.6 Lokale Windsysteme

Aufgrund der geringen orographischen Gliederung im Untersuchungsgebiet sind Einflüsse lokaler thermischer Windsysteme nicht zu erwarten. Da die Tätigkeiten tagsüber stattfinden, spielen etwaige Kaltluftabflüsse keine Rolle.

8 Immissionen

8.1 Ausbreitungsrechnungen

Die von der Anlage verursachte Gesamtzusatzbelastung wird 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 6)
- Die meteorologischen Eingangsdaten (vgl. Kapitel 7)
- Der Geländeeinfluss (vgl. Anhang 4, Kapitel A4.5)
- Die Lage der Gebäude und die Gebäudehöhen (vgl. Anhang 4, Kapitel A4.6).
- Die Lage der Quellen und die Quellhöhen (vgl. Anhang 4, Kapitel A4.8)

8.2 Beurteilungspunkte

Entsprechend Nr. 4.6.2.6 TA Luft (2021) werden Beurteilungspunkte an Orten festgelegt, an denen die mutmaßlich höchste Gesamtbelastung für nicht nur vorübergehend exponierte Schutzgüter zu erwarten ist. Zur Prüfung des Schutzes der menschlichen Gesundheit sind dies die Wohngebäude an den östlich gelegenen Hofstellen sowie die Wohngebäude westlich in Unterweilenbach.

Da die Emissionen in geringer Höhe freigesetzt werden, sind die Immissionen in größeren Entfernungen geringer, so dass die gewählten Beurteilungspunkte ausreichen. Dies geht auch aus den Abbildungen in Anhang 1 hervor, in denen die flächenhafte Verteilung der Immissionen dargestellt ist.

Tabelle 8-1: Beschreibung und Lage der Beurteilungspunkte

Beurteilungspunkt	Beschreibung	Ost-/Nordwert (UTM-32)
1	Wohnhaus, Ankertshausen 1	671260 / 5374545
2	Wohnhaus, Neuhof 1	671020 / 5374932
3	Wohnhaus, Neuhof 2	671207 / 5374939
4	Wohnhaus, Klenauer Str. 31, Unterweilenbach	670290 / 5374001
5	Wohnhaus, Klenauer Str. 21, Unterweilenbach	669920 / 5371460

Die Lage der Beurteilungspunkte ist in Abbildung 8-1 für die Beurteilungspunkte 1 bis 5 in der näheren Umgebung und in Abbildung 8-2 für alle Beurteilungspunkte 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.

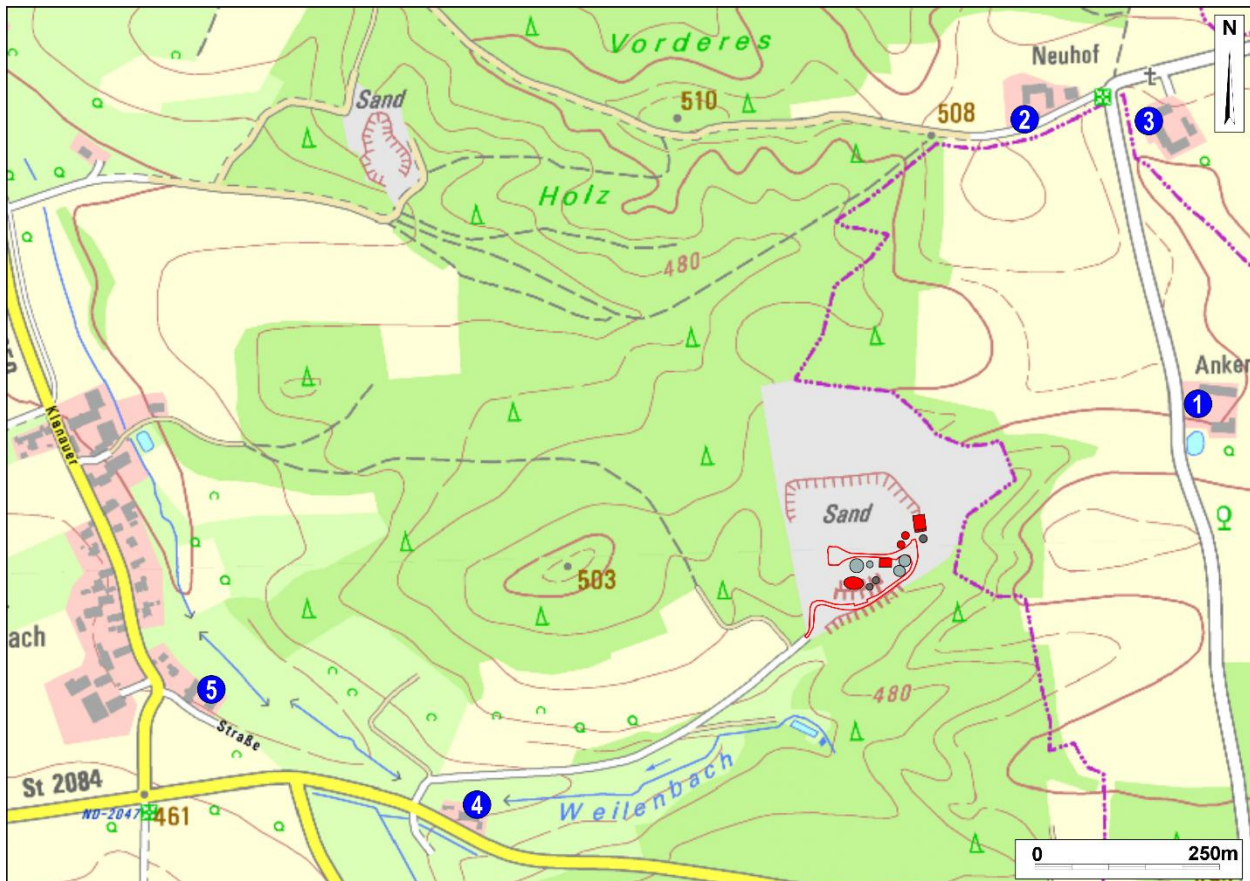


Abbildung 8-1: Lage der Beurteilungspunkte auf der Topographischen Karte. Das Betriebsgelände ist blau gestrichelt umrandet. (Kartengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de)

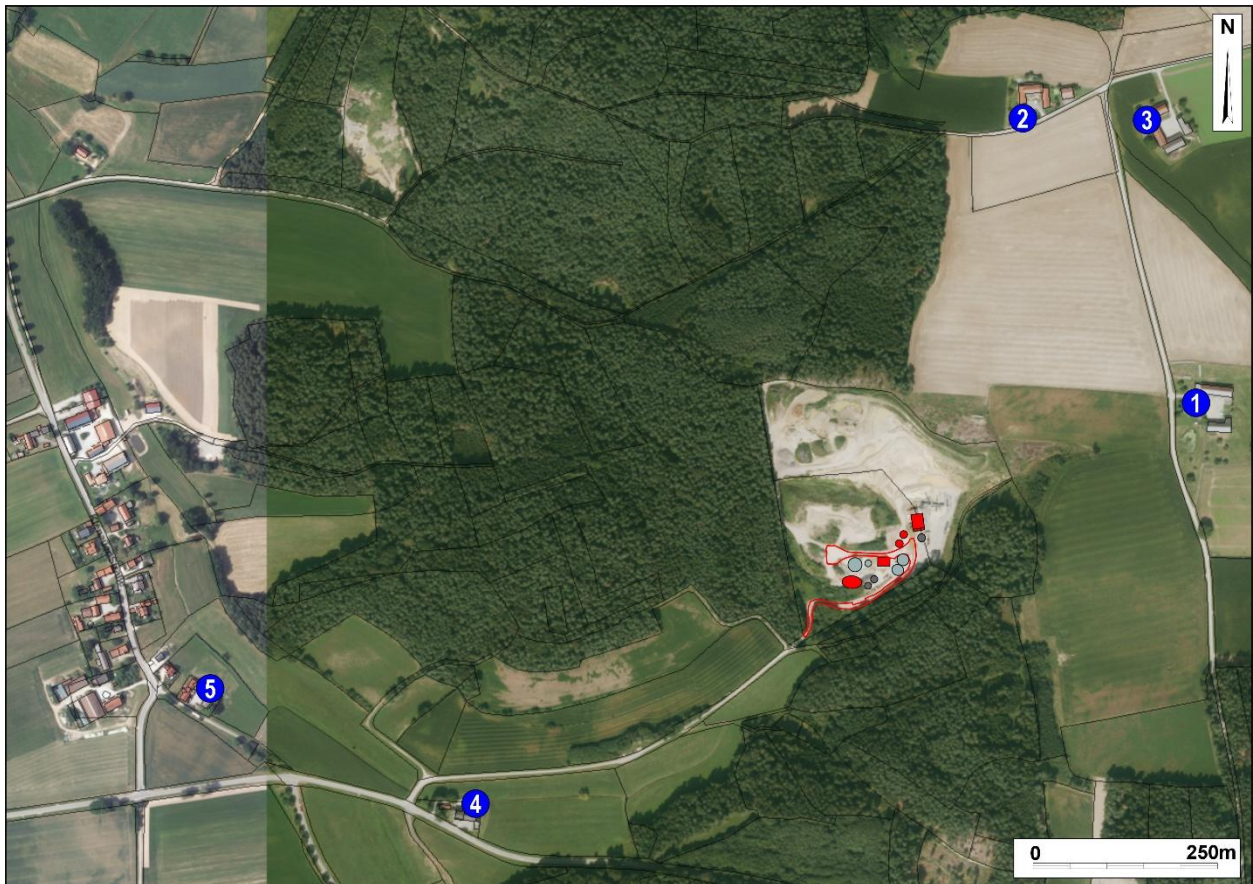


Abbildung 8-2: Lage der Beurteilungspunkte im Luftbild. Das Betriebsgelände ist blau gestrichelt umrandet. (Luftbildgrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de)

8.3 Staub-Immissionen

8.3.1 Immissionsbeitrag der Gesamtanlage (PM₁₀, PM_{2,5}, Staubniederschlag)

Der Immissionsbeitrag der Gesamtanlage (Gesamtzusatzbelastung) ist in Tabelle 8-2 aufgeführt. Grafische Darstellungen, aus denen die flächenhafte Verteilung der Immissionen und die Lage der Beurteilungspunkte hervorgeht, können Abbildung A1-1 bis Abbildung A1-3 in Anhang 1 entnommen werden.

Tabelle 8-2: Immissionsbeitrag der Fa. RDN Tiefbau- und Fuhrunternehmen GmbH (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 (2,4 %)	0,31 (1,3 %)	5,1 (1,5 %)
2	0,3 (0,7 %)	0,09 (0,4 %)	0,8 (0,2 %)
3	0,2 (0,5 %)	0,08 (0,3 %)	0,7 (0,2 %)
4	0,8 (1,9 %)	0,28 (1,1 %)	2,8 (0,8 %)
5	0,2 (0,5 %)	0,07 (0,3 %)	0,8 (0,2 %)
Irrelevanzschwelle	3 %	3 %	3 %
Immissionswert	40 µg/m³	25 µg/m³	0,35 g/(m²·d)

Hinweis: Die Irrelevanzschwelle von 3 % ist wegen der Rundungsregel (TA Luft Nr. 2.9) auch bei einer Ausschöpfung von 3,4 % noch eingehalten (Mitteilung des Umweltministeriums Baden-Württemberg).

Die Gesamtzusatzbelastungen an Partikel und Staubniederschlag der Fa. RDN GmbH unterschreiten an allen Beurteilungspunkten die Irrelevanzschwellen nach Nr. 4.1 der TA Luft (2021), so dass davon ausgegangen werden kann, dass von diesen Stoffen an diesen Orten keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Anlage hervorgerufen werden können. Die Ermittlung der Vorbelastung und Gesamtbelastung kann an diesen Beurteilungspunkten somit entfallen.

9 Vorschläge für Nebenbestimmungen des Genehmigungsbescheids

Im Folgenden sind Vorschläge für Nebenbestimmungen im Genehmigungsbescheid für den Bereich „Luftreinhaltung“ aufgeführt.

1. Die Fahrwege und Betriebsflächen sind entsprechend der Eingabeplanung mit einer Decke aus Asphalt, Beton, Verbundsteinen oder gleichwertigem Material in Straßenbauweise zu befestigen und in ordnungsgemäßigem Zustand zu halten. Schäden in den versiegelten Betriebsoberflächen sind zeitnah auszubessern.
2. Die befestigten Fahrwege sind regelmäßig zu reinigen und bedarfsweise mittels Befeuchtungswagen, Nasskehrmaschine oder ggf. fest installierten automatischen Berieselungsanlagen oder vergleichbaren Einrichtungen zu befeuchten.
3. Die unbefestigten Fahrwege, Betriebs-, Lager- und Behandlungsflächen sind bei Trockenheit bzw. relevanter Staubentwicklung mittels Befeuchtungswagen oder ggf. fest installierten automatischen Berieselungsanlagen oder vergleichbaren Einrichtungen zu befeuchten.
4. Es ist sicherzustellen, dass Verschmutzungen durch Fahrzeuge nach Verlassen des Anlagenbereichs vermieden oder beseitigt werden.
5. Die Fahrgeschwindigkeit der Lkw ist auf dem gesamten Betriebsgelände auf 10 km/h zu beschränken. Hierzu sind gut sichtbare Schilder anzubringen.
6. Sämtliche Material-Abwurfhöhen aus den Radladern und Baggern sind so gering wie möglich zu halten. Das Personal ist wiederkehrend zu schulen.
7. Die Austragshalden der Aufbereitungsaggregate sind erst dann abzutragen, wenn die Höhe des Austragskegels knapp unterhalb der Höhe des Bandaustrags steht.
8. Am Aufgabetrichter des Brechers sind die Stäube mittels Bedüsungseinrichtungen niederzuschlagen.
9. Am Vortag des Brechens sollten mineralische Abfälle befeuchtet werden, sofern diese trocken sind. Je Tonne Material sollten etwa 20 Liter Wasser aufgebracht werden. Durch diese Maßnahme dringt Wasser in das Material ein, wodurch sich die Staubemissionen beim Brechen und Sieben deutlich verringern. Sofern regnerisches Wetter vorherrscht, kann auf die Befeuchtung verzichtet werden.
10. Den Dieselmotoren der Behandlungsanlagen darf nur Dieselkraftstoff (Dieselöl) zugeführt werden, das den Anforderungen der 10. BImSchV sowie der DIN 51603 Teil 1 bzw. der Norm DIN EN 590 entspricht.
11. Die zum Einsatz kommenden Fahrzeuge, Maschinen und Geräte mit Dieselmotoren müssen dem Stand der Technik bezüglich der Abgasemissionen entsprechen.
12. Das Laufenlassen von Verbrennungsmotoren ist ohne unmittelbare betriebliche Notwendigkeit nicht zulässig.

Die organisatorischen Maßnahmen sind in einer Betriebsanweisung festzulegen. Das Personal ist wiederkehrend im Abstand von mindestens einem Jahr zu unterweisen. Neu eingestellte Mitarbeiter sind vor ihrem ersten Einsatz zu unterweisen.

Die Funktionsfähigkeit der technischen Einrichtungen ist einmal pro Woche zu prüfen und in einem Betriebstagebuch zu protokollieren.

10 Zusammenfassung

Die Fa. RDN GmbH betreibt in der Gemeinde Aresing auf den Grundstücken mit den Flur-Nrn. 839/4 und 839/7 der Gemarkung Unterweilenbach einen Abbau von Sand. Darüber hinaus wurde auf der Flur-Nr. 839/4 eine mobile Bauschuttrecyclinganlage mit einem Bereich zum Lagern, Sortieren und Brechen von Bauschutt und Straßenaufbruch betrieben. Die Genehmigung für die Recyclinganlage war bis zum 31.12.2024 befristet.

Um die planungsrechtlichen Voraussetzungen für einen dauerhaften Betrieb der Bauschuttrecyclinganlage herzustellen, wird derzeit ein Bebauungsplanverfahren zur Aufstellung eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans "Sondergebiet Baustoffrecycling Oberweilenbach" durchgeführt.

Um bis zum Abschluss des Bebauungsplanverfahrens einen Weiterbetrieb der Bauschuttrecyclinganlage zu ermöglichen, wird eine befristete Genehmigung gemäß § 12, Abs. 2 Satz 1 BImSchG (2025) bis Ende 2026 beantragt.

Die Anlage wird aufgrund der geplanten abfallwirtschaftlichen Tätigkeiten, Abfallschlüsselnummern und Tonnagen folgenden Ziffern des Anhangs 1 der 4. BImSchV (2024) zugeordnet:

- **Nr. 8.11.2.4 (V):** Anlage zur sonstigen Behandlung [...] mit einer Durchsatzkapazität von nicht gefährlichen Abfällen [...] von 10 Tonnen oder mehr je Tag.
- **Nr. 8.12.2 (V):** Anlage zur zeitweiligen Lagerung von [...] nicht gefährlichen Abfällen mit einer Gesamtlagerkapazität von 100 Tonnen oder mehr.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach § 12, Abs. 2, Satz 2 BImSchG (2025) ist ein Gutachten zur Luftreinhaltung zu erstellen. Hierzu wurden die Staubemissionen und -immissionen der beantragten Anlage ermittelt. Bei der Prognose der Emissionen wurden konservative Annahmen getroffen, so dass tatsächlich von geringeren Emissionen und Immissionen auszugehen ist.

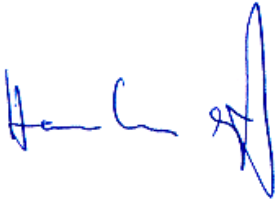
Die Berechnungen zeigen, dass die Emissionsmassenströme für $PM_{2,5}$, PM_{10} und Gesamtstaub die Bagatellmassenströme nach Nr. 4.6.1.1 TA Luft (2021) überschreiten. Somit waren die Immissionen für $PM_{2,5}$, PM_{10} und Gesamtstaub zu ermitteln.

Hierzu wurden Ausbreitungsrechnungen nach den Anforderungen der TA Luft (2021) durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass die PM_{10} -, $PM_{2,5}$ - und Staubbiederschlags-Immission die Irrelevanzschwelle nach Nr. 4.1 der TA Luft (2021) unterschreiten, so dass davon ausgegangen werden kann, dass von diesen Stoffen keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch die Anlage hervorgerufen werden können.

Auf die vom Betreiber zu ergreifenden emissionsmindernden Maßnahmen weisen wir hin.

Die verwaltungsrechtliche Beurteilung bleibt der Genehmigungsbehörde vorbehalten.

Für den Inhalt



Hans-Christian Höfl
Diplom-Meteorologe
Projektleiter, Sachverständiger



Claus-Jürgen Richter
Diplom-Meteorologe
Geschäftsführer

Dieser Bericht wurde nach den Anforderungen unseres Qualitätsmanagementsystems nach DIN 17025 erstellt. Der Bericht oder Teile daraus dürfen nur für das vorliegende Projekt vervielfältigt oder weitergegeben werden.

München, den 22.07.2025

Literatur

- 4. BImSchV (2024):** Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Mai 2017 (BGBl. I S. 1440), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. November 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 355) geändert worden ist.
- BImSchG (2025):** Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 24. Februar 2025 (BGBl. 2025 I Nr. 58) geändert worden ist.
- BMWFJ, B. für W., Familie und Jugend (2013):** Technische Grundlage zur Beurteilung diffuser Staubemissionen.
- Düring, I., D. Bretschneider, A. Spindler & A. Lohmeyer (2023):** Überprüfung der Emissionsberechnungsmodelle für diffuse Staubemissionen anhand von Messdaten für die Großbaustelle Stuttgart 21. (Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft)7/8 2023.
- 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):** EMEP/EEA Air pollutant emission inventory guidebook 2016. European Environment Agency.
- EPA (2011):** AP42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources: 13.2.1 Paved Roads. EPA's Office of Mobile Sources, Ann Arbor
- EU-DEM (2016):** EU-DEM v1.1 (European Digital Elevation Model, version 1.1), European Environment Agency (EEA) under the framework of the Copernicus programme.
- HBEFA (2019):** Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs Version 4.1.
- Janicke, U. (2024):** AUSTAL – Programmbeschreibung zu Version 3.3. Stand 2024-03-22. Ingenieurbüro Janicke (Umweltbundesamt, Dessau).
- Janicke, U. & L. Janicke (2021):** AUSTAL – Programmbeschreibung zu Version 3.1. Stand 2021-08-09. Ingenieurbüro Janicke (Umweltbundesamt, Dessau).
- Klenk, U., M. Kaul, D. Dahmann, K. Süsselbeck & J.-P. Sonnenberg (2016):** Reduzierung der Staubemissionen von mobilen Anlagen zum Brechen und Klassieren quarzhaltiger Gesteine aus Sicht der Arbeitssicherheit und des Immissionsschutzes. (Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft): 323–329.
- 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.
- Leuthold, S. (2011):** Minderung diffuser Staubemissionen bei mobilen Brechern. Ergebnisse eines Projektes im Rahmen des Umweltforschungsplans. . VDI-Bericht, 123–132S.

- LUBW** (2021): Ermittlung von Emissionsfaktoren diffuser Stäube. Bereitstellung einer Arbeitshilfe für die Immissionsschutzbehörden in Baden-Württemberg. <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/10150>.
- Rühling, A., L. Krempl, K. Henkenhaf & M. Kortner** (2022): Diffuse Staubemissionen – Vergleich der Emissionsberechnung für Umschlagvorgänge nach VDI 3790 Blatt 3 mit anderen Berechnungsmethoden. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft (82): 247–252.
- 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 2095, Blatt 1** (2011): Emissionsminderung - Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen - Stationäre und mobile Bauschuttzubereitungsanlagen. VDI-Richtlinie 2095, Blatt 1:2011-03.
- VDI-Richtlinie 2095, Blatt 2** (2014): Emissionsminderung - Lagerung, Umschlag und Behandlung von gemischten Bau- und Abbruchabfällen (auch gemeinsam mit Sperrmüll, sowie Gewerbeabfällen). VDI-Richtlinie 2095, Blatt 2:2014-07.
- VDI-Richtlinie 2095, Blatt 3** (2019): Emissionsminderung - Abfallbehandlung - Anlagen zur Behandlung von Abfallgemischen aus der haushaltsnahen Wertstoffeffassung und von gemischten Gewerbeabfällen. VDI-Richtlinie 2095, Blatt 3:2019-03.
- VDI-Richtlinie 2584** (2022): Emissionsminderung - Aufbereitungsanlagen zur Herstellung von Gesteinskörnungen und ungebundenen Baustoffgemischen. VDI-Richtlinie 2584:2022-05.
- VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13** (2010): Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsprognose - Anlagenbezogener Immissionsschutz - Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft. VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13.
- VDI-Richtlinie 3783, Blatt 20** (2017): Umweltmeteorologie - Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten zur Anwendung im Rahmen der TA Luft. VDI-Richtlinie 3783, Blatt 20:2017-03.
- VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2** (2000): Umweltmeteorologie - Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen Deponien. VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2:2000-12.
- VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2** (2017): Umweltmeteorologie - Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen Deponien. VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2:2017-06.
- VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3** (2010): Umweltmeteorologie - Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen - Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern. VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3:2010-01.

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.

VDI-Richtlinie 4087 (2016): Planung, Errichtung und Betrieb von Altholzanlagen. VDI-Richtlinie 4087:2016-12.

Bearbeitungsgrundlagen

Zur Bearbeitung wurden uns folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- [1]** Antrag auf befristete Genehmigung gemäß § 12 Abs. 2 Satz 1 BImSchG einer mobilen Bauschuttrecyclinganlage mit Lagerplatz zum Lagern, Sortieren und Brechen von Bauschutt und Straßenaufbruch sowie Mutterboden, Erläuterungsbericht (Entwurf) inkl. Anlage 1 bis 14, Gabriele Schulz, Landschaftsarchitektin ByAK, Stand: 30.06.2025
- [2]** Lageplan „Bauschutt Recyclinganlage Unterweilenbach“, Planinhalt: Bestandsplan mit Standort- Brech -und Siebanlage, Aufstellfläche für Rettungskräfte, Lagerflächen der Materialien, Containerstandorte, PKW Parkplätze, Fa. RDN Tiefbau- und Fuhrunternehmen GmbH, Plan-Nr. LP 01b, 21.07.2025

Anhang:

Anhang 1: Ergebnisabbildungen

Anhang 2: Grundlagen zur Ermittlung der Emissionen

Anhang 3: Emissionsmassenströme

Anhang 4: Ausbreitungsrechnungen

Anhang 5: Übertragbarkeitsprüfung Meteorologie (Auszug)

Anhang 6: Protokolldateien

Anhang 1: Ergebnisabbildungen

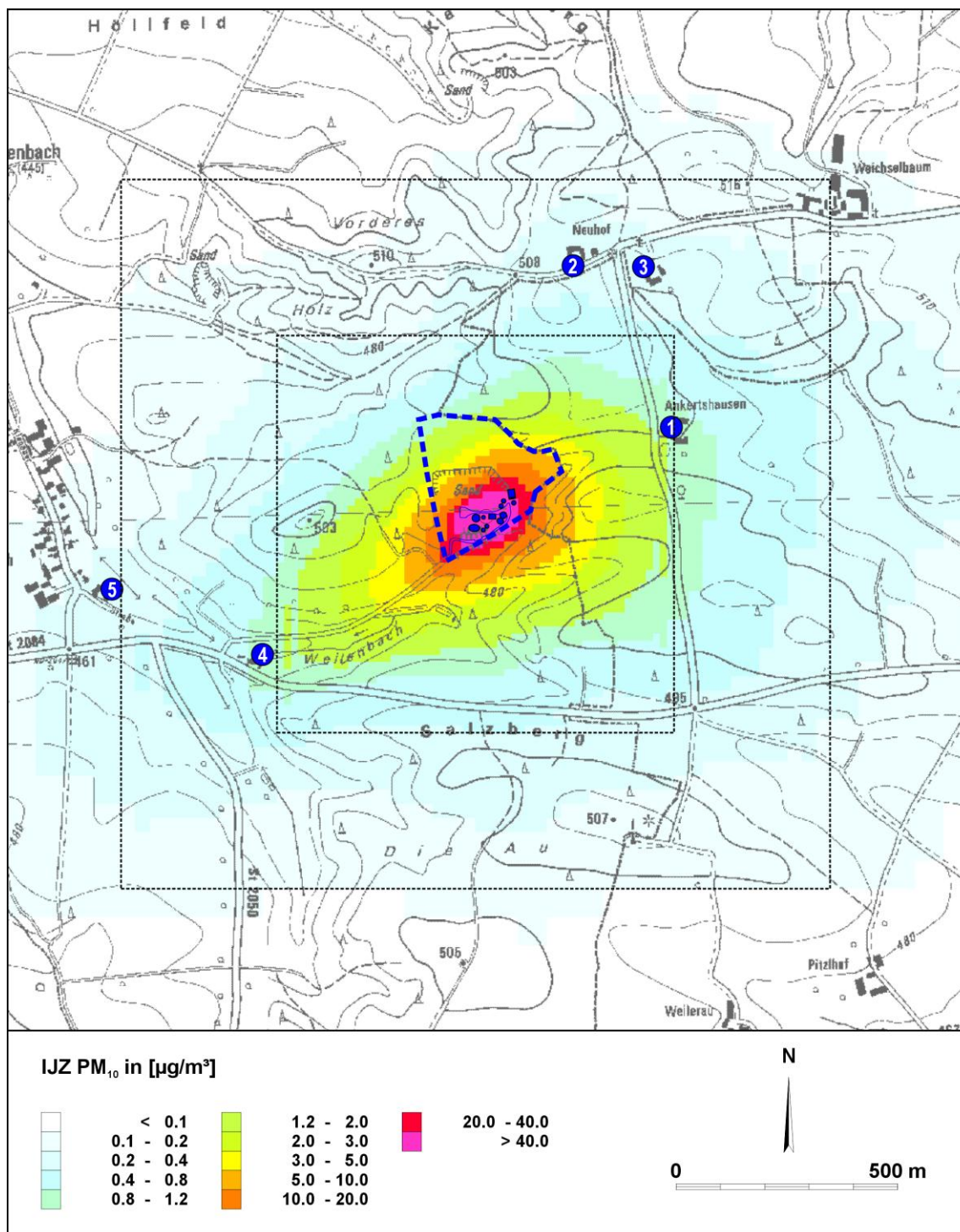


Abbildung A1-1: PM₁₀-Immissionsbeitrag der Anlage.

Jahresmittelwerte in µg/m³.

Immissionswert: 40 µg/m³; Irrelevanzschwelle: 1,2 µg/m³

(Kartengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de)

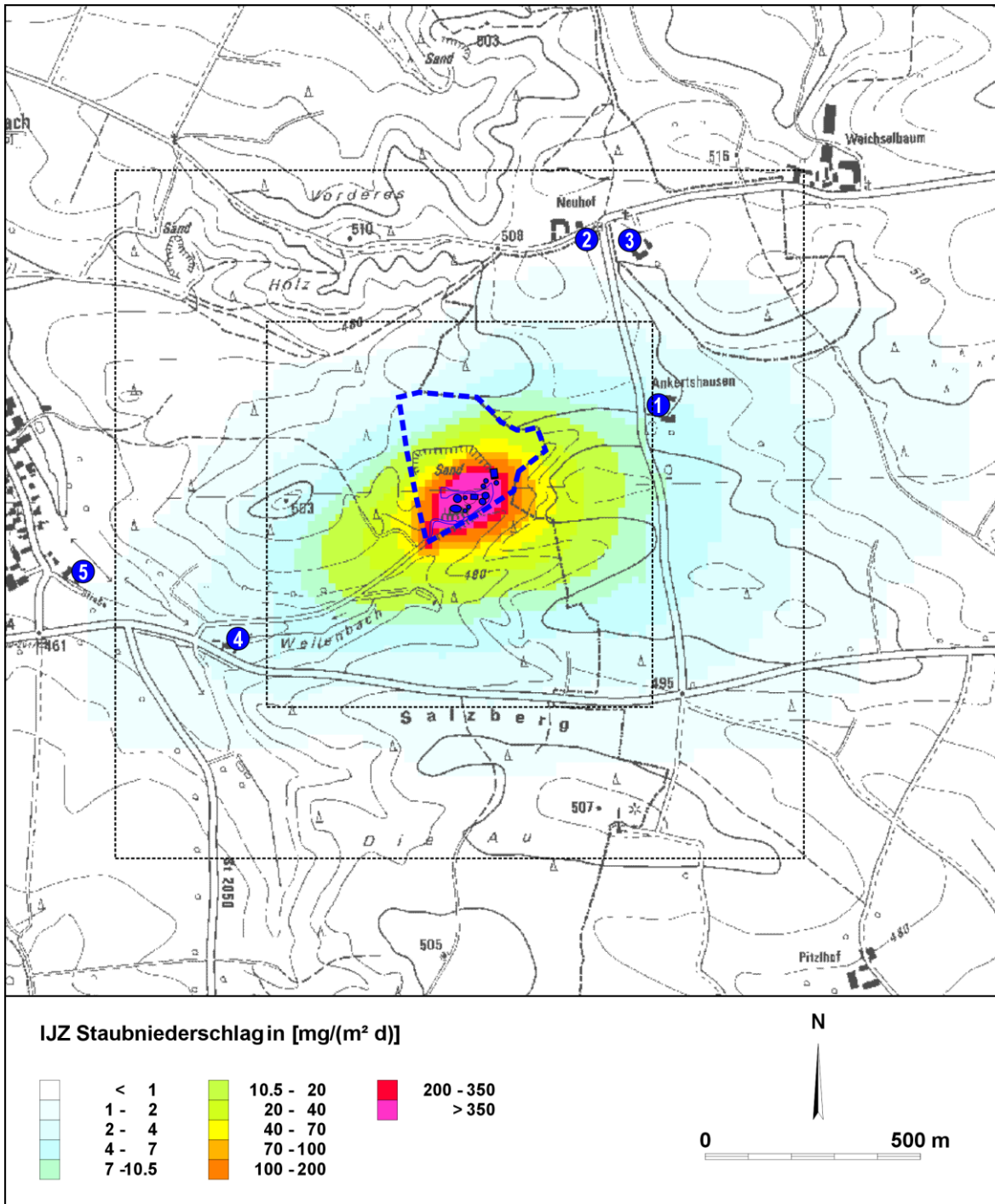


Abbildung A1-2: PM_{2,5}-Immissionsbeitrag der Anlage.

Jahresmittelwerte in µg/m³.

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

(Kartengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de)

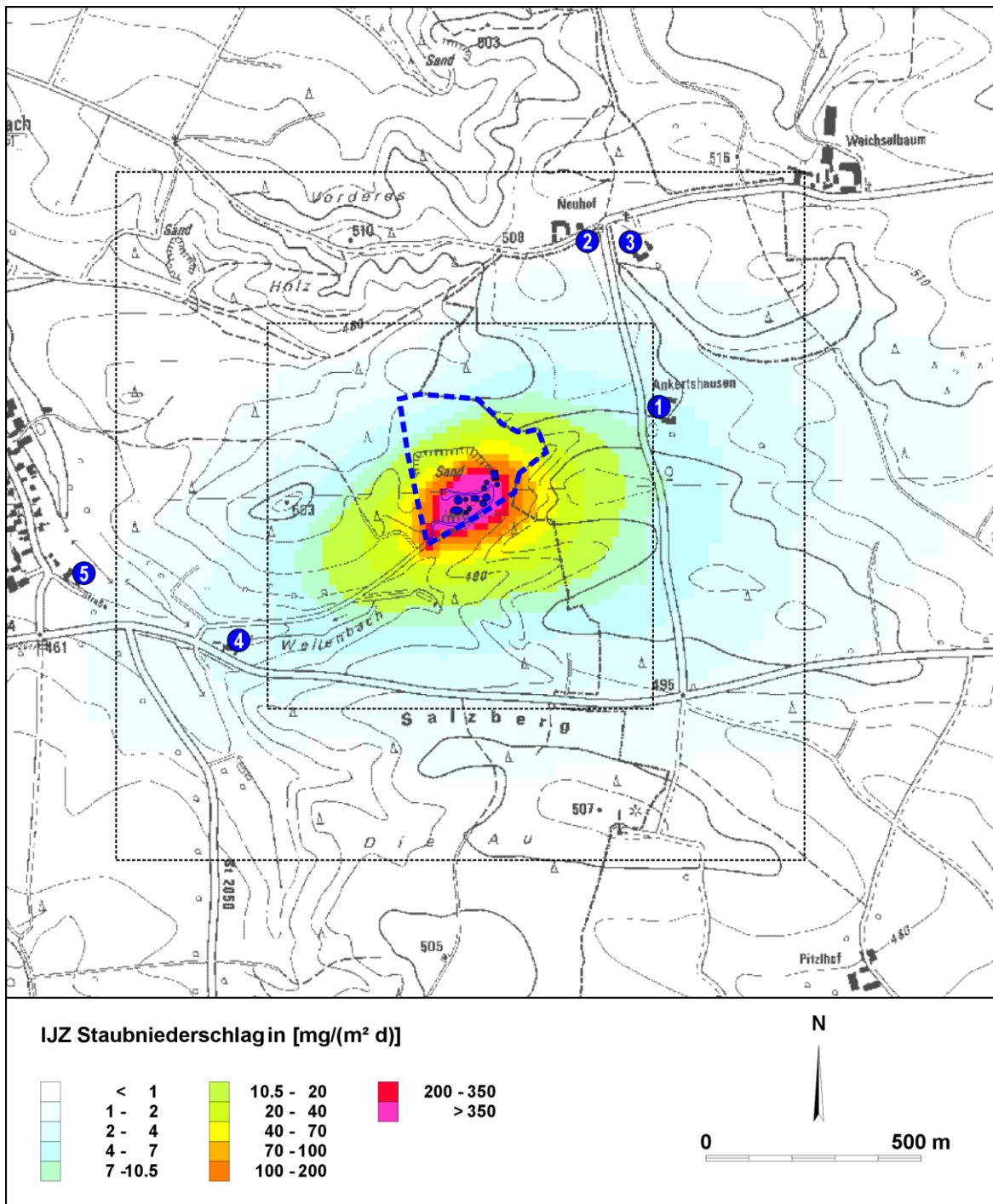


Abbildung A1-3: Staubniederschlags-Immissionsbeitrag der Anlage.

Jahresmittelwerte in g/(m²·d)

Immissionswert: 0,35 g/(m²·d); Irrelevanzschwelle: 10,5 mg/(m²·d)

(Kartengrundlage: Bayerische Vermessungsverwaltung – www.geodaten.bayern.de)

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), 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 3790, Blatt 3 (2010) 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 (2010), 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 (2010), 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

Zur Berechnung der Emissionsmassenströme durch Umschlagvorgänge werden folgende Ansätze getroffen:

Staubneigungsklasse:

Die Staubneigung der umgeschlagenen Materialien wird in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 (2010) festgelegt. Als weitere Informationsquelle wird ein Bericht der LUBW (2021) herangezogen, in dem die Staubneigungsklassen für unterschiedliche Materialien angegeben sind.

- Mineralischen Materialien (z. B. Steine, Kies, Geröll, Bauschutt) werden in der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 in der Regel Staubneigungen zwischen 2 ('nicht wahrnehmbar') und 3 ('schwach staubend') zugeordnet. Es wird konservativ die Staubneigung 3 angesetzt. Dies entspricht auch dem Ansatz aus dem Bericht der LUBW (2021).
- Die Schüttdichte für Beton wird dem Bericht der LUBW (2021) mit $1,7 \text{ t/m}^3$ entnommen. Diese hohe Schüttdichte wird konservativ auch auf Bauschutt, Ziegel und Asphalt angewendet.

Die angesetzte Staubneigungsklasse sowie weitere Materialparameter sind in den folgenden Tabellen zusammengefasst:

Tabelle A2-2: Durchsatzmengen und Materialparameter

Material	Schüttdichte	Umschlagmenge	Bemerkung	Staubneigung
	t/m^3	t/a		
Betonbruch, Ziegelbruch, Bauschutt, Asphalt	1,7	50.000	<ul style="list-style-type: none"> • Anlieferung auf Inputfläche • Grobsortieren, Vorzerkleinern • Brechen und Sieben • Transfer zur Outputfläche • Abtransport von Outputfläche 	3
Summe		50.000		

* Es wird erdfeuchtes Material der Staubneigungsklasse 2 angeliefert.

Umfeldfaktor:

Über den Umfeldfaktor k_U wird entsprechend VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 (2010) die emissionsmindernde Wirkung von Bauwerken, Halden usw. berücksichtigt. So ist gemäß VDI 3790, Blatt 3

- $k_U = 1$ in hindernisfreier Umgebung,
- $k_U = 0,9$ bei einer Schüttguthalde und
- $k_U = 0,8$ bei einer Lagerbox

anzusetzen.

Befeuchtungsmaßnahmen:

- Aufgrund der eingesetzten Befeuchtungsmaßnahmen am Brecher wird eine Emissionsminderung von 70 % bei der Aufgabe in den Brecher angesetzt. Untersuchungen des Umweltbundesamtes (Leuthold (2011)) zeigen, dass durch Befeuchtungsmaßnahmen an Brechern für Bauschutt eine Minderung von 80 % bis 90 % erreicht wird.

Abwurfhöhen:

- Die Abwurfhöhe der anliefernden Lkw wird mit einem Mittelwert von 1 m angesetzt.
- Die Abwurfhöhe der Radlader beim Aufschieben in den Lagerboxen oder auf den Lagerhalden ('Aufhalden') wird mit einem Mittelwert von 0,5 m angesetzt.
- Die Abwurfhöhe der Radlader bzw. Bagger auf Halde, in Lkw oder in den Aufgabetrichter wird mit einem Mittelwert von 1 m angesetzt.
- Die Abwurfhöhe der Radlader auf Halde, in Lkw oder in den Aufgabetrichter wird mit einem Mittelwert von 1 m angesetzt.
- Die Abwurfhöhe des Baggers beim Grobsortieren bzw. Zerkleinern wird mit einem Mittelwert von 1 m angesetzt.
- Die Abwurfhöhe aus den Austragsbändern der Aufbereitungsaggregate (Brecher, Sieb) wird mit einem Mittelwert von 1,5 m angesetzt.

Weitere Ansätze:

- Der PM₁₀-Anteil (Staubkorngrößen kleiner als 10 µm) 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.
- In der Regel werden die Abfälle nur gebrochen. Die Siebmaschine wird nach Bedarf eingesetzt. Da nicht vorhergesagt werden kann, zu welchem Anteil die Materialien fraktioniert werden, wird konservativ angesetzt, dass die gesamte Masse von 50.000 t/a der Siebmaschine zugeführt wird.
- Es wird angesetzt, dass der Austrag aus der Siebmaschine zu gleichen Anteilen in drei Fraktionen erfolgt.

A2.2 *Fahrbewegungen auf befestigtem Untergrund*

Die Fahrbewegungen der Lkw bei der Anlieferung und dem Abtransport erfolgen auf asphaltierten oder vergleichbar befestigten Fahrwegen. Für derartige Fahrwege sind in der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4 Berechnungsformeln zur Ermittlung der Staubemissionen angegeben.

Die Staubemissionen werden durch folgende Vorgänge verursacht:

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

a.) Emissionsfaktoren durch Aufwirbelungen

Eingangsgrößen für die Berechnung sind:

- die Feinkornauflage auf dem Fahrbahnbelag,
- das mittlere Gewicht der Fahrzeugflotte,
- die Anzahl der Niederschlagstage,
- Emissionsminderungsmaßnahmen

sowie empirische korngrößenabhängige Parameter.

Die **Anzahl der Fahrbewegungen** wird gemäß VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4 anhand der durchschnittlichen Zuladungen der Lkw entsprechend Tabelle A2-3 berechnet. Die mittlere Zuladung im In- und Output wurde uns vom Antragsteller mündlich mitgeteilt.

Tabelle A2-3: Berechnung der Anzahl der Fahrbewegungen

Material	Umschlagmenge (t/a)	Zuladung (t)		Anzahl Fahrten/a	
		Input	Output	Input	Output
Betonbruch, Ziegelbruch, Bauschutt, Asphalt	50.000	22	22	2.273	2.273
Durchschnitt bzw. Summe		22	22	2.273	2.273
		22		4.546	

Die **Fahrweglänge** der Lkw je Anlieferung bzw. je Abholung wird gemäß Tabelle A2-4 auf der folgenden Seite ermittelt. Die Lkw-Fahrten werden von der Einfahrt auf das Betriebsgelände im Südwesten der Anlage bis zu den Input- bzw. Outputbereichen betrachtet.

Die Fahrweg-Teilabschnitte 1 bis 13 werden bei der Anlieferung des Materials auf dem Hin- und Rückweg befahren und werden daher doppelt berücksichtigt.

Bei der Abholung des Recyclingmaterials werden die Teilabschnitt 1 bis 10 bis zum Brecher zweimal befahren. Darüber hinaus wird der Teilabschnitt 14 als Anfahrt zu den Halden doppelt berücksichtigt.

Die Fahrweg-Teilabschnitte 5 bis 9 liegen im westlichen Bereich des Betriebsgrundstückes auf unbefestigtem Boden.

Die Länge der zurückgelegten Fahrwege wird über die digitalisierten Teilabschnitte der Quellen (siehe Kapitel A4.8 in Anhang 4) ermittelt.

Um zusätzliche innerbetriebliche Fahrten zu berücksichtigen, werden die Fahrstrecken der anliefernden und abholenden Lkw pauschal um 10 % erhöht. Für Wendemanöver wird zusätzlich ein Zuschlag von 20 m für jede Fahrt berücksichtigt.

Tabelle A2-4: Länge der Fahrstrecken zum Transport der unterschiedlichen Abfallsorten. Die digitalisierten Flächenquellen können Tabelle A4-3 auf S. 61 entnommen werden. Alle Werte in m.

Quellname	Länge	Fahrten 1, 2, 3, 4, 10, 11, 12 befestigt	Fahrten 5, 6, 7, 8, 9 unbefestigt
Lkw-Fahrstrecke 1	22,4	44,8 (2x)	44,8 (2x)
Lkw-Fahrstrecke 2	13,9	27,9 (2x)	27,9 (2x)
Lkw-Fahrstrecke 3	30,0	59,9 (2x)	59,9 (2x)
Lkw-Fahrstrecke 4	14,1	28,2 (2x)	28,2 (2x)
Lkw-Fahrstrecke 5	36,8	73,6 (2x)	73,6 (2x)
Lkw-Fahrstrecke 6	29,0	58,1 (2x)	58,1 (2x)
Lkw-Fahrstrecke 7	59,1	118,3 (2x)	118,3 (2x)
Lkw-Fahrstrecke 8	23,4	46,8 (2x)	46,8 (2x)
Lkw-Fahrstrecke 9	19,2	38,4 (2x)	38,4 (2x)
Lkw-Fahrstrecke 10	26,9	53,8 (2x)	53,8 (2x)
Lkw-Fahrstrecke 11	77,1	154,3 (2x)	
Lkw-Fahrstrecke 12	31,8	63,5 (2x)	
Lkw-Fahrstrecke 13	22,5	45,0 (2x)	
Lkw-Fahrstrecke 14	43,4		86,8 (2x)
Zwischensumme		812,5	636,6
Zuschlag 10 %		81,3	63,7
Zuschlag 20 m		20,0	20,0
Summe		913,8	720,2
Ansatz Gutachten		920	730

Die **Fahrweglänge der Radlader** (hin und zurück) wird für das Aufhalten mit 10 m und für das Beladen der Lkw mit 20 m angesetzt. Für die Fahrt zur Beschickung der Aufbereitung (Brecher, Siebmaschine) wird ein Fahrweglänge von 60 m berücksichtigt. Der Transport von der Aufbereitung zu den Outputhalten wird mit einer Fahrweglänge von 100 m angesetzt.

Zur Bestimmung der **Feinkornauflage** (bzw. 'Schluffauflage') auf dem Fahrbahnbelag sind in EPA (2011) Messwerte für öffentliche Fahrwege zwischen 0,03 und maximal 0,6 g/m² angegeben. Die Fahrwege auf dem Betriebsgelände werden regelmäßig gereinigt.

Für Fahrten mit einer 'mäßigen' Staubbeladung mit sichtbarer Staubentwicklung kann nach Angaben von Strobl & Kuntner (2014) eine Feinkornauflage von 5 g/m² angesetzt werden. Um stärkere Verschmutzungen zu berücksichtigen, wird die Feinkornauflage mit 10 g/m³ angesetzt.

Als **Emissionsminderungsmaßnahme** wird für die Lkw gemäß VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4 die Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit von 30 km/h auf 10 km/h über eine Kennzahl zur Maßnahmenwirksamkeit von 0,4 berücksichtigt (siehe auch LUBW (2021)).

Die mittleren **Fahrzeuggewichte** sind in Tabelle A2-5 aufgeführt.

Tabelle A2-5: Durchschnittliche Gewichte der eingesetzten Fahrzeuge in t

Fahrzeug	Leergewicht	Zuladung	Gesamtgewicht	mittleres Gewicht
Lkw	15,4	22,0	37,4	26,4
Radlader	18,9	5,1	24,0	21,5

Die Anzahl der **Niederschlagstage** (Tage mit täglichen Niederschlagsmengen über 1 mm) liegt entsprechend VDI-Richtlinie 3790 Blatt 4 Bild A1 zwischen 121 und 130 Niederschlagstagen pro Jahr. Für die Prognose werden konservativ 120 Niederschlagstage angesetzt.

Damit berechnet sich die Staubemission auf den asphaltierten Fahrwegen (Aufwirbelung von aufliegendem Feinkorn) gemäß VDI 3790, Blatt 4 folgendermaßen:

$$E = k_{Kgv} \cdot (sL)^{0,91} \cdot (W \cdot 1,1)^{1,02} \cdot \left(1 - \frac{p}{3 \cdot 365}\right) \cdot (1 - k_M)$$

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

k_{Kgv} Faktor zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung (siehe Tabelle A2-6)

sL in g/m² Schluff-Auflage des Fahrbahnbelags

W in t Mittlere Masse der Fahrzeugflotte

p Anzahl der Tage pro Jahr mit mindestens 1 mm natürlicher Niederschlag

k_M Kennzahl für Maßnahmenwirksamkeit von Emissionsminderungsmaßnahmen

Die Berechnungsformel berücksichtigt im vorletzten Term einen Faktor von 1/3, da Asphaltflächen relativ schnell abtrocknen und die Flächen nicht während des ganzen Tages feucht sind.

Tabelle A2-6: Korngrößenabhängige Exponenten.

Bezeichnung	PM-2.5	PM-10	PM-30
k_{Kgv}	0,15	0,62	3,23

Die folgende Tabelle listet die verwendeten Parameter für die Berechnung nach VDI 3790, Blatt 4 und die daraus resultierenden spezifischen Staubemissionen durch die Fahrbewegungen der Lkw auf. Radladerfahrten auf befestigten Wegen finden nicht statt und sind daher in der Tabelle nicht enthalten. Die Emissionsmassenströme können Anhang 3 entnommen werden.

Tabelle A2-7: Berechnung des Emissionsfaktors für befestigte Fahrwege je Lkw nach VDI 3790, Blatt 4.

Bezeichnung		Lkw
Leergewicht, Flottenmittel (t)		15,4
Zuladung, Flottenmittel (t)		22,0
mittleres Gewicht W (t)		26,4
Anzahl der Regentage mit Regenmenge $> 1 \text{ mm } p$		120
Schluff-Auflage des Fahrbahnbelags sL (g/m ²)		10
Längenbezogene Emissionsfaktoren (g/km) E	PM _{2,5} :	33,7
	PM ₁₀ :	139,4
	PM ₃₀ :	726,2
Emissionen (g/km)	pm-1:	33,7
	pm-2:	105,7
	pm-u:	586,8
Zwischensumme:		726
k_M für Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit		0,4
Emissionen (g/km)	pm-1:	20,2
	pm-2:	63,4
	pm-u:	352,1
Summe:		435,7

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 Fahrbahnneigung
- der Fahrmodus
- das Bezugsjahr.

Für die Emissionsberechnung wird der höchste Staubemissionsfaktor aus dem 'HBEFA' gewählt. Dieser beträgt für schwere Nutzfahrzeuge bei einer Fahrbahnneigung 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 A2-8: 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	0,0777
Straßenabrieb	0,0205	0,0175	0,0380	0,0760
Summe:	0,052	0,045	0,057	0,154

d.) Zusammenfassende Darstellung der Emissionsfaktoren

Aus den oben dargestellten Berechnungsansätzen berechnen sich die in Tabelle A2-9 zusammengefassten Emissionsfaktoren:

Tabelle A2-9: 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)	20,23	63,40	352,08	435,71
Motoremissionen (HBEFA, 2017)	0,340	-	-	0,340
Abriebe (EMEP/EEA, 2016)	0,052	0,045	0,057	0,154
Gesamt	20,6	63,4	352,1	436,2

A2.3 *Fahrbewegungen auf unbefestigten Fahrwegen*

Die Lager- und Behandlungsflächen sind teilweise befestigt (Betonplatte an der Aufbereitung und im Inputbereich) und teilweise unbefestigt (Outputhalden). Um auf der sicheren Seite zu liegen, werden zur Ermittlung der Staubemissionen durch die Radladerfahrbewegungen ausschließlich unbefestigte Flächen angesetzt. Die Staubemissionen werden den Berechnungsformeln unter Nr. 7.1 der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4 bestimmt.

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 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 bereits in Tabelle A2-5 aufgeführt.

Die Anzahl der **Niederschlagstage** (Tage mit täglichen Niederschlagsmengen über 1 mm) wurde in Abschnitt A2.2 erläutert.

Als **Emissionsminderungsmaßnahme** ist gemäß VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4 die Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit zu berücksichtigen. Analog zu den befestigten Fahrwegen wird eine Fahrgeschwindigkeit von 10 km/h mit einer Maßnahmenwirksamkeit von 0,4 gemäß LUBW (2021) berücksichtigt.

Die Staubemission wird nach Nr. 7.3.1 der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4 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 $g/(m \cdot Fzg)$	Emissionsfaktor für die Staubaufwirbelung aufgrund von Fahrbewegungen
k_{Kgv}	Faktor zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung (siehe Tabelle A2-10)
a, b	Korngrößenabhängige Exponenten (siehe Tabelle A2-10)
s in %	Feinkornanteil des Straßenmaterials $< 75 \mu m$ (bezogen auf Gesamtstaubbelastung)
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 A2-10: 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 und die daraus resultierenden spezifischen Staubemissionen durch die Fahrbewegungen auf. Die Emissionsmassenströme können Anhang 3 entnommen werden.

Tabelle A2-11: Parameter zur Berechnung des Emissionsfaktors

Bezeichnung	Radlader
Leergewicht (t)	18,9
Zuladung (t)	5,10
mittleres Gewicht W (t)	21,5
Anzahl der Regentage mit Regenmenge $> 0,1 \text{ mm}$ p	120
Feinkornanteil des Straßenmaterials s_L (%)	8
Längenbezogene Emissionsfaktoren (g/km) q_T	PM _{2,5} : 49,8 PM ₁₀ : 500,3 PM ₃₀ : 1775,4
Emissionen ohne k_M (g/km)	pm-1: 49,8 pm-2: 450,5 pm-u: 1275,1
k_M für Befeuchtung	0

Bezeichnung		Radlader
k_M für Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit		0,4
Emissionen (g/km)	pm-1:	29,9
	pm-2:	270,3
	pm-u:	765,1
Summe (g/km)		1.065,3

b.) Dieselmotoremissionen

Die Abgasemissionen der Fahrzeuge wurden bereits in Abschnitt A2.2 b.) (S. 49) erläutert.

c.) Emissionen durch Abrieb

Die Emissionen durch Abriebe (Reifenabrieb, Straßenabrieb, Bremsabrieb) wurden bereits in Abschnitt A2.2 c.) (S. 50) erläutert.

d.) Zusammenfassende Darstellung der Emissionsfaktoren

Aus den oben dargestellten Berechnungsansätzen berechnen sich die folgenden Emissionsfaktoren:

Tabelle A2-12: Emissionsfaktoren der Radlader in g/km.

Emissionsquelle	Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Aufwirbelungen (VDI 3790 Blatt 4)	29,87	270,28	765,07	1065,22
Motoremissionen (UBA, 2010)	0,340	-	-	0,340
Abriebe (EMEP/EEA, 2016)	0,052	0,045	0,057	0,154
Gesamt	30,3	270,3	765,1	1065,7

Anhang 3: Emissionsmassenströme

Umschlag:

Umschlag Input

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:													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt	13	22	3	32	1	0.42	1.5	1.00	1.70	0%	9.8	50 000	488
Aufnahme Radlader/Löffelbagger zum Aufhalten:													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt		100*	3	32	-	-	-	0.00	1.70	0%	0.0	50 000	0
Abwurf Bagger-Greifer (Aufhalten/Sortieren/Zerkleinern):													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt	3	5.1	3	32	0.5	0.18	1.5	0.00	1.70	0%	0.0	50 000	0
Aufnahme Bagger-Greifer zum Aufhalten/Sortieren/Zerkleinern:													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt		700**	3	32	-	-	-	0.90	1.70	0%	4.9	25 000	123
Abwurf Bagger-Greifer (Aufhalten/Sortieren/Zerkleinern):													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt	1	1.7	3	32	1	0.42	2.0	0.90	1.70	0%	42.1	25 000	1 053
Aufnahme Radlader für Behandlung:													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt		100*	3	32	-	-	-	0.90	1.70	0%	13.1	50 000	653
-> BEHANDLUNG													

Quelle: Input

Summe: 2 318

Umschlag Output

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
BEHANDLUNG ->													
Abwurf Radlader auf Halde:													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt	3	5.1	3	32	1	0.42	1.5	0.90	1.70	0%	18.2	50 000	912
Aufnahme Radlader:													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt		100*	3	32	-	-	-	0.90	1.70	0%	13.1	50 000	653
Abwurf Radlader in LKW:													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt	3	5.1	3	32	1	0.42	1.5	0.90	1.70	0%	18.2	50 000	912
Abtransport (nur Fahrt):													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt	13	22							1.70			50 000	

Quelle: Output

Summe: 2 477

Behandlung:

Behandlung

Stoff	Volumen	Menge	Staub- neigung	Verstaubungs- koeffizient a	Abwurf- höhe	K _H	K _{Gerät}	K _{umfeld}	Schütt- dichte	Minderung	Emissions- faktor	Umschlag- menge	Emission
	m ³	t o. t/h			m				t/m ³		g/t	t/a	kg/a
Abwurf Radlader in Brecher:													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt	3	5.1	3	32	1	0.42	1.5	0.80	1.70	70%***	4.9	50 000	243
Brechvorgang/-austrag (wie Abwurf):													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt		100	3	32	0.5	0.18	1.0	0.90	1.70	70%***	10.7	50 000	534
Bandabwurf aus Brecher in Siebmaschine:													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt		100	3	32	0.5	0.18	1.0	0.90	1.70	0%	35.6	50 000	1 781
Siebaustrag (wie Abwurf):													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt		100	3	32	0.5	0.18	1.0	0.90	1.70	0%	35.6	50 000	1 781
Bandabwurf Siebfraktionen:													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt	33%	33	3	32	1.5	0.70	1.0	0.90	1.70	0%	243.6	16 667	4 060
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt	33%	33	3	32	1.5	0.70	1.0	0.90	1.70	0%	243.6	16 667	4 060
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt	33%	33	3	32	1.5	0.70	1.0	0.90	1.70	0%	243.6	16 667	4 060
Aufnahme Radlader:													
Beton-/Ziegelbruch, Asphalt		100*	3	32	-	-	-	0.90	1.70	0%	13.1	50 000	653

*** Befeuchtung **Quelle: Brecher** **Summe: 17 173**

Fahrbewegungen Radlader:

Umschlag Input

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 Bagger-Greifer (Aufhalden/Sortieren/Zerkleinern):

Beton-/Ziegelbruch,	50 000	Radlader_unb	5.1	9 804	10	98	1	1 066	104
---------------------	--------	--------------	-----	-------	----	----	---	-------	-----

Quelle: Input Summe: 104

Umschlag Output

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 auf Halde:

Beton-/Ziegelbruch,	50 000	Radlader_unb	5.1	9 804	100	980	1	1 066	1 045
---------------------	--------	--------------	-----	-------	-----	-----	---	-------	-------

Abwurf Radlader in LKW:

Beton-/Ziegelbruch,	50 000	Radlader_unb	5.1	9 804	20	196	1	1 066	209
---------------------	--------	--------------	-----	-------	----	-----	---	-------	-----

Quelle: Output Summe: 1 254

Behandlung

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 Brecher:

Beton-/Ziegelbruch,	50 000	Radlader_unb	5.1	9 804	60	588	1	1 066	627
---------------------	--------	--------------	-----	-------	----	-----	---	-------	-----

Quelle: Brecher Summe: 627

Fahrbewegungen Lkw:

Umschlag Input

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:

Beton-/Ziegelbruch, Asphalt	Fahrten 1	i	50 000	LKW	22	2 273	920	2091	1	436	912
-----------------------------	-----------	---	--------	-----	----	-------	-----	------	---	-----	-----

Summe: 912

Umschlag Output

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:

Beton-/Ziegelbruch, Asphalt	Fahrten 2	o	50 000	LKW	22	2 273	730	1659	1	436	724
-----------------------------	-----------	---	--------	-----	----	-------	-----	------	---	-----	-----

Summe: 724

Rtg.: Fahrtrichtung

i - Input

o - Output

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 6)
- Die meteorologischen Eingangsdaten (vgl. Kapitel 7)
- Der Geländeeinfluss (vgl. Kapitel A4.5)
- Die Lage der Gebäude und die Gebäudehöhen (vgl. Kapitel A4.6).
- Die Lage der Quellen und die Quellhöhen (vgl. Kapitel A4.8)

Die Emissionen werden im Zeitraum zwischen 7:00 und 18:00 Uhr MEZ freigesetzt. Staubemissionen durch Windabwehrung werden ganztags an Stunden mit einer mittleren Windgeschwindigkeit ≥ 5 m/s in 10 m Höhe freigesetzt.

Zur Ermittlung der Staubimmissionen 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 PM_{10} -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 (2024)), Version 3.3.0-WI-x vom 22.03.2024, durchgeführt. Dieses Modell entspricht den Anforderungen des Anhangs 2 der TA Luft (2021).

Das Ausbreitungsmodell wird mit der Qualitätsstufe +2 betrieben.

A4.3 Rechengebiet

Die Ausbreitungsrechnung wird für ein Rechengebiet von 3,1 km x 2,3 km durchgeführt. Das automatisch über AUSTAL generierte Rechengebiet wurde in Richtung Westen erweitert um den Ersatzanemometerstandort in das Gebiet einzuschließen.

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	Gitterpunkte	Gebietsgröße
1	16 m	56 x 56	896 m x 896 m
2	32 m	50 x 50	1.600 m x 1.600 m
3	64 m	48 x 36	3.072 m x 2.304 m

A4.4 Rauigkeitslänge

Als Maß für den Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit auf das bodennahe Windprofil wird die Rauigkeitslänge z_0 verwendet. Es handelt sich um eine Größe, die im Wesentlichen durch die Landnutzung bestimmt wird. Im Rahmen der Ausbreitungsrechnung nach TA Luft ist die Rauigkeitslänge entsprechend Anhang 2, Tabelle 15 der TA Luft aus Landnutzungsklassen des Landbedeckungsmodells Deutschland (LBM-DE) des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie zu bestimmen.

Im vorliegenden Fall wird sie im Mittel mit $z_0 = 1,015$ m bestimmt und auf $z_0 = 1,0$ m gerundet. Die verhältnismäßig hohe Rauigkeitslänge ist für den Standort mit umgebendem Wald, der eine hohe aerodynamische Rauigkeit aufweist, plausibel.

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 Höhendifferenzen zum Emissionsort von mehr als dem 0,7-fachen der Schornsteinbauhöhe (hier: Quellhöhe) und Steigungen von mehr als 1:20 auftreten.

Dieses Kriterium wird im Rechengebiet erfüllt, so dass der Geländeeinfluss zu berücksichtigen ist. Zur Berechnung werden die Daten des Höhenmodells EU-DEM (2016) im 25-Meter-Raster verwendet.

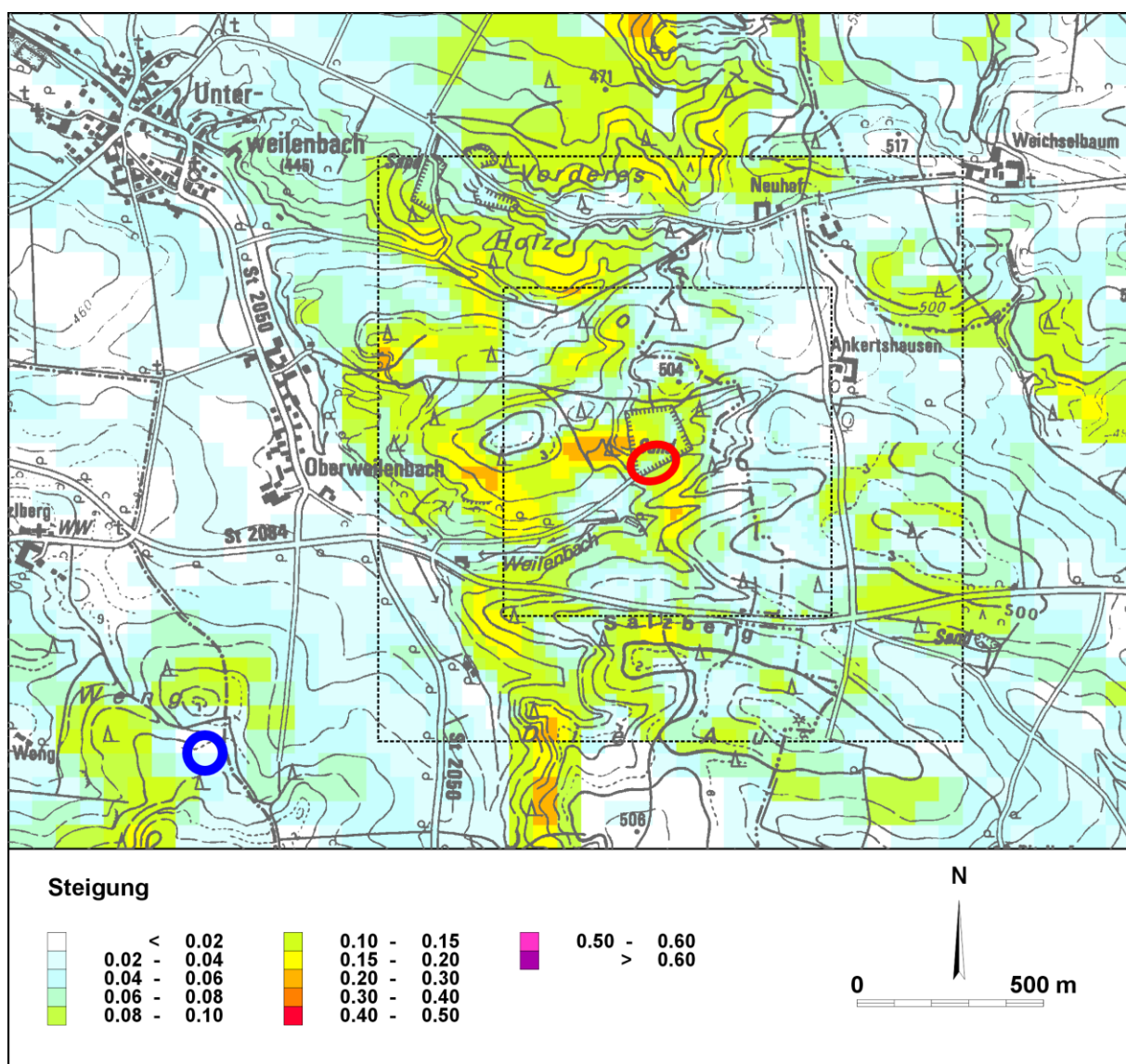


Abbildung A4-1: Geländesteigung und Lage der Rechengitter im Simulationsgebiet.

Rot: Anlage

Blau: Ersatzanemometerposition

(Kartengrundlage: TopMapsViewer)

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 auf der vorhergehenden Seite dargestellt und in der Protokolldatei 'taldia.log' (siehe Anhang 6) dokumentiert. Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass am Anlagen- und am Anemometerstandort sowie im Großteil des Rechengebiets Steigungen kleiner 1:5 auftreten. Nur in räumlich begrenzten Bereichen treten Steigungen $> 1:5$ auf. Diese Bereiche befinden sich in großer Distanz zu den Immissionsorten, so dass kein Einfluss auf die Ausbreitung der Stäube gegeben ist. Das zum Programmsystem AUSTAL gehörende diagnostische Windfeldmodell TALdia kann daher angewendet werden.

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 und geringer als das 6-fache der Quellhöhe.

Auf dem Betriebsgelände der Bauschuttrecyclinganlage sind keine Gebäude vorhanden, so dass der Einfluss von Gebäuden auf die Ausbreitung nicht berücksichtigt werden muss.

A4.7 Windfeldmodell

Die Windfeldberechnung mit Berücksichtigung von Gelände wurde mit dem diagnostischen Windfeldmodell TALdia in der Version 3.3.0-WI-x durchgeführt.

Zur Anwendung des Windfeldmodells sollte die maximale skalierte Restdivergenz nicht größer als 0,05 sein (Janicke & Janicke (2021)). Im vorliegenden Fall wird die maximale Restdivergenz mit 0,008 ausgewiesen. Die mit dem diagnostischen Windfeldmodell berechneten Windfelder sind daher gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13 (2010) für die Ausbreitungsrechnung geeignet.

A4.8 Quellen

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

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 Zuordnung der einzelnen staubemittierenden 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 670900 und Nordwert 5374331 (UTM-32)*

Quelle	Ursprung [m]		Höhe Unter- terkante [m]	Ausdehnung [m]			Dreh- winkel [°]
	x-Wert	y-Wert		horizontal		vertikal	
				a	b	c	
Umschlag, Radladerfahrten, Dieselemissionen, Windabwehungen:							
Brecher (Brecher, Siebanlage)	-80,73	9,84	0,00	18,80	22,88	3,00	-91,22
Input	-124,10	11,66	0,00	40,16	42,38	5,00	-92,01
Output	-65,31	-14,54	0,00	33,40	67,14	3,00	-21,00
Windabwehungen							
Wind Input	-124,10	11,66	0,00	40,16	42,38	5,00	-92,01
Wind Output	-65,31	-14,54	0,00	33,40	67,14	3,00	-21,00
Lkw-Fahrwege:							
Lkw-Teilstrecke 1	-184,07	-110,91	0,00	22,38	3,00	3,00	39,79
Lkw-Teilstrecke 2	-166,62	-96,59	0,00	13,94	3,00	3,00	67,49
Lkw-Teilstrecke 3	-161,20	-83,46	0,00	29,96	3,00	3,00	84,16
Lkw-Teilstrecke 4	-161,62	-54,75	0,00	14,10	3,00	3,00	9,73
Lkw-Teilstrecke 5	-148,32	-48,90	0,00	3,00	36,78	3,00	-96,96
Lkw-Teilstrecke 6	-112,15	-57,08	0,00	29,04	3,00	3,00	18,05
Lkw-Teilstrecke 7	-84,28	-47,91	0,00	59,14	3,00	3,00	38,15
Lkw-Teilstrecke 8	-37,52	-11,30	0,00	23,42	3,00	3,00	58,61
Lkw-Teilstrecke 9	-25,16	8,87	0,00	19,22	3,00	3,00	105,33
Lkw-Teilstrecke 10	-31,68	23,17	0,00	3,00	26,90	3,00	107,45
Lkw-Teilstrecke 11	-57,43	15,27	0,00	3,00	77,13	3,00	91,87
Lkw-Teilstrecke 12	-130,87	12,76	0,00	3,00	31,75	3,00	-179,85
Lkw-Teilstrecke 13	-130,87	-16,20	0,00	3,00	22,51	3,00	-100,79
Lkw-Teilstrecke 14	-33,80	46,12	0,00	43,41	3,00	3,00	-87,09

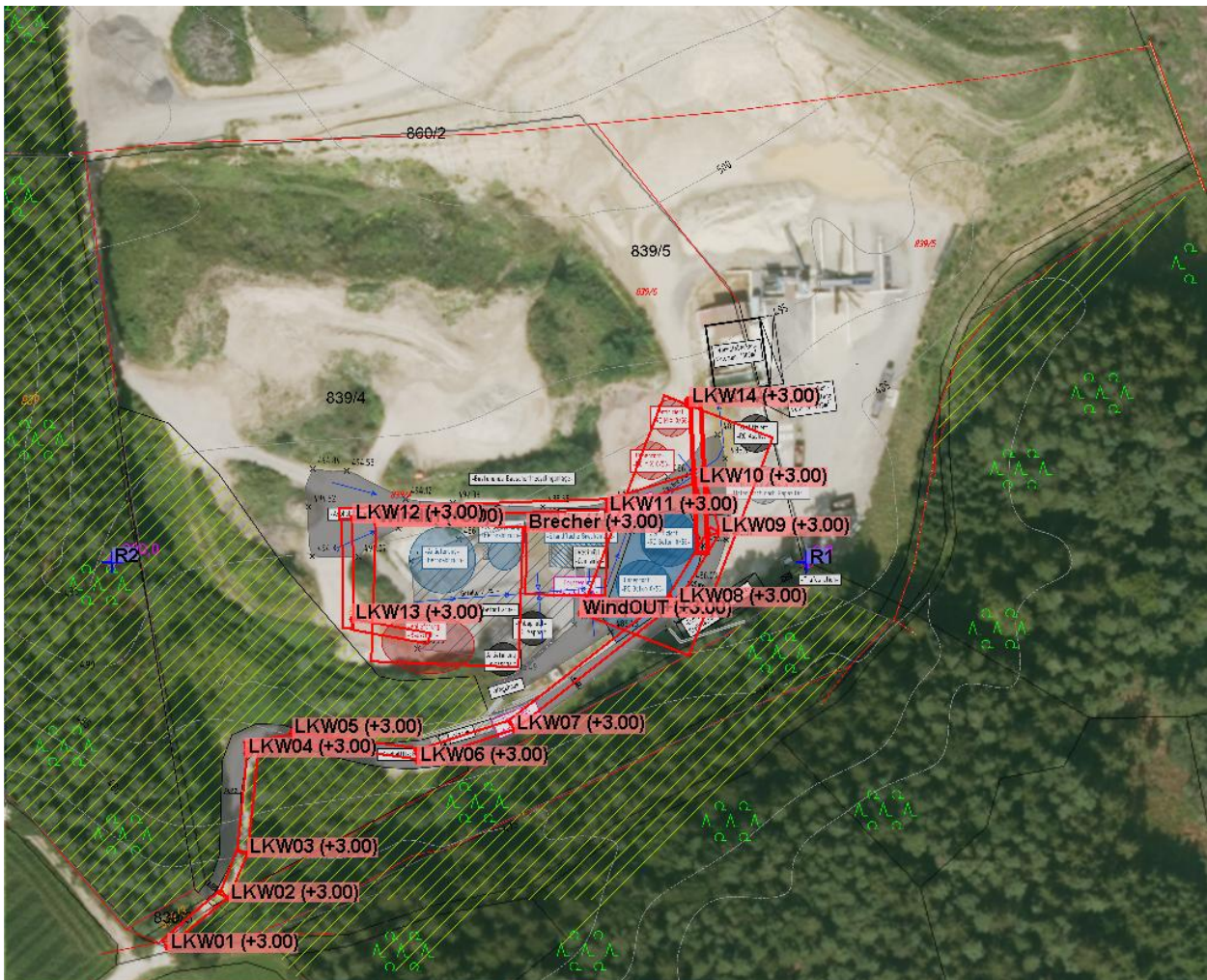


Abbildung A4-2: Lage der Emissionsquellen (rot).

A4.9 Statistische Unsicherheit des Ausbreitungsmodells

Die statistische Streuung der Berechnungsergebnisse hält an den Beurteilungspunkten die in Nr. 10, Anhang 2 TA Luft (2021) definierte Bedingung von höchstens 3 von Hundert des Jahresimmissionswerts ein.

Die statistische Unsicherheit kann der Protokolldatei 'austal.log' in Anhang 6 entnommen werden. Sie liegt an den Beurteilungspunkten in folgendem Bereich:

- PM₁₀: 0,4 % bis 1 % (maximal 0,0046 µg/m³ bzw. 0,012 % des Immissionswerts)
- PM_{2,5}: 0,4 % bis 1 % (maximal 0,0017 µg/m³ bzw. 0,007 % des Immissionswerts)
- Staubdeposition: 0,4 % bis 1,2 % (maximal 0,0202 mg/(m²·d) bzw. 0,006 % des Immissionswerts)

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

A4.10 Abgasfahnenüberhöhung

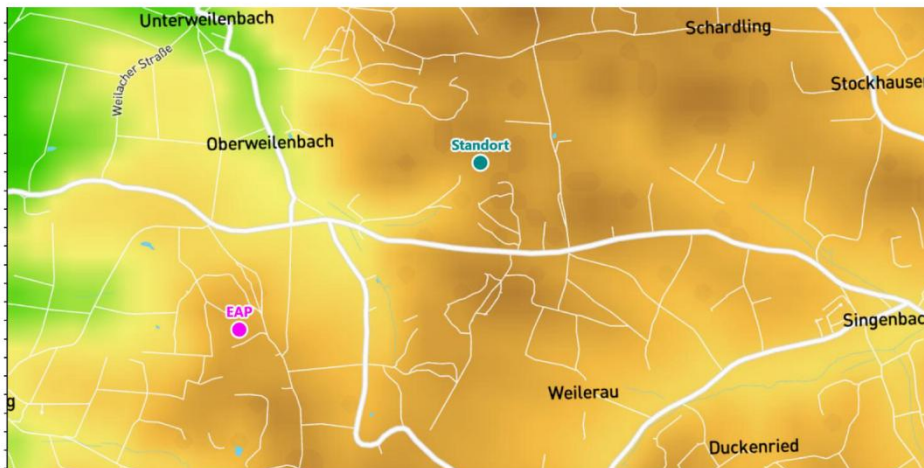
Da nur diffuse Quellen vorhanden sind, wird keine Abgasfahnenüberhöhung berücksichtigt.

Anhang 5: Übertragbarkeitsprüfung Meteorologie (Auszug)



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

an einem Anlagenstandort bei Unterweilenbach



Auftraggeber:	iMA Richter & Röckle GmbH & Co.KG Standort Stuttgart Hauptstraße 54 70839 Gerlingen	Tel.: 07156 4389-15
Bearbeiter:	Dipl.-Phys. Thomas Köhler Tel.: 037206 8929-44 Email: Thomas.Koehler@ifu-analytik.de	M.Sc.-Met. Stephan Fischer Tel.: 037206 8929-45 Email: Stephan.Fischer@ifu-analytik.de
Aktenzeichen:	DPR.20250510-01	
Ort, Datum:	Frankenberg, 20. Mai 2025	
Anzahl der Seiten:	58	
Anlagen:	-	



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

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

IFU GmbH
Privates Institut für Analytik
An der Autobahn 7
09669 Frankenberg/Sa.

tel +49 (0) 37206.89 29 0
fax +49 (0) 37206.89 29 99
e-mail info@ifu-analytik.de
www.ifu-analytik.de

HRB Chemnitz 21046
USt-ID DE233500178
Geschäftsführer Axel Delan

iban DE27 8705 2000 3310 0089 90
bic WELADED1FGX
bank Sparkasse Mittelsachsen

9 Zusammenfassung

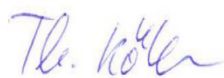
Für den zu untersuchenden Standort bei Unterweilenbach wurde überprüft, ob sich die meteorologischen Daten einer oder mehrerer Messstationen des Deutschen Wetterdienstes zum Zweck einer Ausbreitungsrechnung nach Anhang 2 der TA Luft [1] übertragen lassen.

Als Ersatzanemometerposition empfiehlt sich dabei ein Punkt mit den UTM-Koordinaten 32669550, 5373450.

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

Als repräsentatives Jahr für diese Station wurde aus einem Gesamtzeitraum vom 16.05.2010 bis zum 26.01.2025 das Jahr vom 01.01.2012 bis zum 31.12.2012 ermittelt.

Frankenberg, am 20. Mai 2025



Dipl.-Phys. Thomas Köhler
- erstellt -



M.Sc.-Met. Stephan Fischer
- freigegeben -

Anhang 6: Protokolldateien

Windfeldberechnung (Datei 'taldia.log'):

```

2025-07-19 13:37:28 -----
TwnServer:./.
TwnServer:-B~/lib
TwnServer:-w30000

2025-07-19 13:37:28 TALdia 3.3.0-WI-x: Berechnung von Windfeldbibliotheken.
Erstellungsdatum des Programms: 2024-03-22 08:43:28
Das Programm läuft auf dem Rechner "MUC01".
===== Beginn der Eingabe =====
> ti      "RDN GmbH"                ' Titel
> az      "../.../4-Meteorologie/3379.akterm" ' AKTERM
> gh      "../.../DHM/topo.asc"      ' Digitales Höhenmodell
> xa      -1350                      ' x-Koordinate des Anemometers
> ya      -881                       ' y-Koordinate des Anemometers
> qs      2                          ' Qualitätsstufe (bestimmt die Partikelrate)
> qb      1                          ' Qualitätsstufe (bestimmt die Güte der
Gebäudeauflösung)
> os      NESTING+SCINOTAT           ' Optionen (Nesting, wissenschaftliche Notation)
> ri      ?
> ux      670900                     ' Nullpunkt des Rechengitters - Rechtswert
> uy      5374331                    ' Nullpunkt des Rechengitters - Hochwert
> dd      16      32      64
> x0      -544   -896   -1920
> nx      56     50     48
> y0      -480   -832   -1152
> ny      56     50     36
> xq      -82.59 -123.93 -58.87 -123.93 -58.87 -184.07 -166.62 -161.20 -161.62 -148.32 -
112.15   -84.28   -37.52  -25.16   -31.68   -57.43  -130.87  -130.87  -33.80
> yq      1.03   11.24  -14.19   11.24  -14.19 -110.91  -96.59  -83.46  -54.75  -48.90  -
57.08   -47.91  -11.30    8.87   23.17   15.27   12.76  -16.20   46.12
> aq      25.24   31.75   25.43   31.75   25.43   22.38   13.94   29.96   14.10   3.00
29.04   59.14   23.42   19.22    3.00    3.00    3.00    3.00   43.41
> bq      11.52   35.83   57.94   35.83   57.94    3.00    3.00    3.00    3.00   36.78
3.00    3.00    3.00    3.00   26.90   77.13   31.75   22.51    3.00
> 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
> cq      3.00    3.00    5.00    3.00    5.00    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      0.24   -89.69  -1.68  -89.69  -1.68   39.79   67.49   84.16    9.73  -96.96
18.05   38.15   58.61  105.33  107.45  91.87  -179.85 -100.79  -87.09
> tq      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
> dq      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
> vq      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
> zq      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
> pm25-1  ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> pm-1    ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> pm-2    ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?

```

```
> pm-u      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?          ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> xp  360.0  120.0  307.0 -610.0 -980.0
> yp  214.0  601.0  608.0 -330.0 -171.0
> hp   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 maximale Steilheit des Geländes in Netz 1 ist 0.25 (0.25).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 2 ist 0.23 (0.23).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 3 ist 0.24 (0.24).
Existierende Geländedateien zg0*.dmna werden verwendet.
```

```
Standard-Kataster z0-utm.dmna (e9ea3bcd) wird verwendet.
Aus dem Kataster bestimmter Mittelwert von z0 ist 1.015 m.
Der Wert von z0 wird auf 1.00 m gerundet.
Die Zeitreihen-Datei "././zeitreihe.dmna" wird verwendet.
Es wird die Anemometerhöhe ha=30.8 m verwendet.
Die Angabe "az ../././4-Meteorologie/3379.akterm" wird ignoriert.
```

```
Prüfsumme AUSTAL 4b33f663
Prüfsumme TALDIA adcc659c
Prüfsumme SETTINGS b853d6c4
Prüfsumme SERIES 2888d4dd
2025-07-19 13:37:29 Restdivergenz = 0.004 (1018 11)
2025-07-19 13:37:31 Restdivergenz = 0.003 (1018 21)
2025-07-19 13:37:33 Restdivergenz = 0.005 (1018 31)
2025-07-19 13:37:35 Restdivergenz = 0.004 (1027 11)
2025-07-19 13:37:36 Restdivergenz = 0.005 (1027 21)
2025-07-19 13:37:39 Restdivergenz = 0.007 (1027 31)
2025-07-19 13:37:40 Restdivergenz = 0.003 (2018 11)
2025-07-19 13:37:42 Restdivergenz = 0.003 (2018 21)
2025-07-19 13:37:44 Restdivergenz = 0.006 (2018 31)
2025-07-19 13:37:45 Restdivergenz = 0.003 (2027 11)
2025-07-19 13:37:47 Restdivergenz = 0.006 (2027 21)
2025-07-19 13:37:50 Restdivergenz = 0.008 (2027 31)
2025-07-19 13:37:51 Restdivergenz = 0.001 (3018 11)
2025-07-19 13:37:53 Restdivergenz = 0.001 (3018 21)
2025-07-19 13:37:55 Restdivergenz = 0.003 (3018 31)
2025-07-19 13:37:56 Restdivergenz = 0.001 (3027 11)
```

```

2025-07-19 13:37:58 Restdivergenz = 0.005 (3027 21)
2025-07-19 13:38:01 Restdivergenz = 0.007 (3027 31)
2025-07-19 13:38:01 Restdivergenz = 0.002 (4018 11)
2025-07-19 13:38:03 Restdivergenz = 0.001 (4018 21)
2025-07-19 13:38:06 Restdivergenz = 0.002 (4018 31)
2025-07-19 13:38:07 Restdivergenz = 0.002 (4027 11)
2025-07-19 13:38:09 Restdivergenz = 0.004 (4027 21)
2025-07-19 13:38:13 Restdivergenz = 0.006 (4027 31)
2025-07-19 13:38:14 Restdivergenz = 0.002 (5018 11)
2025-07-19 13:38:16 Restdivergenz = 0.001 (5018 21)
2025-07-19 13:38:20 Restdivergenz = 0.002 (5018 31)
2025-07-19 13:38:22 Restdivergenz = 0.002 (5027 11)
2025-07-19 13:38:25 Restdivergenz = 0.004 (5027 21)
2025-07-19 13:38:29 Restdivergenz = 0.006 (5027 31)
2025-07-19 13:38:30 Restdivergenz = 0.002 (6018 11)
2025-07-19 13:38:32 Restdivergenz = 0.001 (6018 21)
2025-07-19 13:38:36 Restdivergenz = 0.002 (6018 31)
2025-07-19 13:38:38 Restdivergenz = 0.002 (6027 11)
2025-07-19 13:38:41 Restdivergenz = 0.004 (6027 21)
2025-07-19 13:38:45 Restdivergenz = 0.005 (6027 31)
Eine Windfeldbibliothek für 12 Situationen wurde erstellt.
Der maximale Divergenzfehler ist 0.008 (2027).
2025-07-19 13:38:45 TALdia ohne Fehler beendet.

```

Ausbreitungsrechnung Staub (Datei 'AUSTAL.log'):

```

2025-07-19 13:37:28 -----
TalServer:.

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

Arbeitsverzeichnis: ../

Erstellungsdatum des Programms: 2024-03-22 08:43:21
Das Programm läuft auf dem Rechner "MUC01".

===== Beginn der Eingabe =====
> ti      "RDN GmbH"                ' Titel
> az      "../.../4-Meteorologie/3379.akterm" ' AKTERM
> gh      "../.../DHM/topo.asc"      ' Digitales Höhenmodell
> xa      -1350                     ' x-Koordinate des Anemometers
> ya      -881                      ' y-Koordinate des Anemometers
> qs      2                          ' Qualitätsstufe (bestimmt die Partikelrate)
> qb      1                          ' Qualitätsstufe (bestimmt die Güte der
Gebäudeauflösung)
> os      NESTING+SCINOTAT           ' Optionen (Nesting, wissenschaftliche Notation)
> ri      ?
> ux      670900                     ' Nullpunkt des Rechengitters - Rechtswert
> uy      5374331                   ' Nullpunkt des Rechengitters - Hochwert
> dd      16      32      64
> x0     -544     -896     -1920
> nx      56      50      48
> y0     -480     -832     -1152
> ny      56      50      36

```

```

> xq  -82.59  -123.93  -58.87  -123.93  -58.87  -184.07  -166.62  -161.20  -161.62  -148.32  -
112.15  -84.28  -37.52  -25.16  -31.68  -57.43  -130.87  -130.87  -33.80
> yq   1.03   11.24  -14.19   11.24  -14.19  -110.91  -96.59  -83.46  -54.75  -48.90  -
57.08  -47.91  -11.30   8.87   23.17   15.27   12.76  -16.20   46.12
> aq   25.24   31.75   25.43   31.75   25.43   22.38   13.94   29.96   14.10   3.00
29.04   59.14   23.42   19.22   3.00   3.00   3.00   3.00   43.41
> bq   11.52   35.83   57.94   35.83   57.94   3.00   3.00   3.00   3.00   3.00   36.78
3.00   3.00   3.00   3.00   26.90   77.13   31.75   22.51   3.00
> 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   5.00   3.00   5.00   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   0.24  -89.69  -1.68  -89.69  -1.68   39.79   67.49   84.16   9.73  -96.96
18.05   38.15   58.61  105.33  107.45   91.87  -179.85  -100.79  -87.09
> tq   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
> dq   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
> vq   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
> zq   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
> pm25-1  ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> pm-1    ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> pm-2    ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> pm-u    ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
> xp  360.0  120.0  307.0 -610.0 -980.0
> yp  214.0  601.0  608.0 -330.0 -171.0
> hp   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 maximale Steilheit des Geländes in Netz 1 ist 0.25 (0.25).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 2 ist 0.23 (0.23).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 3 ist 0.24 (0.24).
Existierende Geländedateien zg0*.dmna werden verwendet.

Standard-Kataster z0-utm.dmna (e9ea3bcd) wird verwendet.
Aus dem Kataster bestimmter Mittelwert von z0 ist 1.015 m.
Der Wert von z0 wird auf 1.00 m gerundet.
Die Zeitreihen-Datei "../zeitreihe.dmna" wird verwendet.
Es wird die Anemometerhöhe ha=30.8 m verwendet.
Die Angabe "az ../.../4-Meteorologie/3379.akterm" wird ignoriert.

Prüfsumme AUSTAL 4b33f663
Prüfsumme TALDIA adcc659c
Prüfsumme SETTINGS b853d6c4
Prüfsumme SERIES 2888d4dd
Gesamtniederschlag 813 mm in 1023 h.

=====
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "pm".
TMT: 366 Mittel (davon ungültig: 2).
TMT: Datei "../pm-j00z01" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-j00s01" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t35z01" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t35s01" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t35i01" geschrieben.
TMT: Datei "../pm-t00z01" geschrieben.
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 "pm25".
 TMT: 366 Mittel (davon ungültig: 2).
 TMT: Datei "../pm25-j00z01" geschrieben.
 TMT: Datei "../pm25-j00s01" geschrieben.
 TMT: Datei "../pm25-j00z02" geschrieben.
 TMT: Datei "../pm25-j00s02" geschrieben.
 TMT: Datei "../pm25-j00z03" geschrieben.
 TMT: Datei "../pm25-j00s03" geschrieben.
 TMT: Dateien erstellt von AUSTAL_3.3.0-WI-x.
 TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "pm"
 TMO: Datei "../pm-zbpz" geschrieben.
 TMO: Datei "../pm-zbps" geschrieben.
 TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "pm25"
 TMO: Datei "../pm25-zbpz" geschrieben.
 TMO: Datei "../pm25-zbps" geschrieben.

=====
 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	:	2.160e+01	g/(m ² *d)	(+/- 0.0%)	bei x= -72 m, y= 8 m	(1: 30, 31)
PM	DRY	:	2.155e+01	g/(m ² *d)	(+/- 0.0%)	bei x= -72 m, y= 8 m	(1: 30, 31)
PM	WET	:	4.187e-02	g/(m ² *d)	(+/- 0.0%)	bei x= -72 m, y= 8 m	(1: 30, 31)

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

PM	J00	:	1.353e+03	µg/m ³	(+/- 0.0%)	bei x= -72 m, y= 8 m	(1: 30, 31)
PM	T35	:	2.482e+03	µg/m ³	(+/- 0.2%)	bei x= -72 m, y= 8 m	(1: 30, 31)
PM	T00	:	3.736e+03	µg/m ³	(+/- 0.3%)	bei x= -72 m, y= 8 m	(1: 30, 31)
PM25	J00	:	3.135e+02	µg/m ³	(+/- 0.0%)	bei x= -72 m, y= 8 m	(1: 30, 31)

Auswertung für die Beurteilungspunkte: Zusatzbelastung
 =====

PUNKT	01	02	03	04	05
xp	360	120	307	-610	-
980					
yp	214	601	608	-330	-
171					
hp	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
-----+-----+-----+-----+-----+-----					

PM	DEP	5.062e-03	0.4%	7.513e-04	1.1%	6.810e-04	1.2%	2.743e-03	0.6%	7.439e-04
0.9%	g/(m ² *d)									
PM	DRY	4.859e-03	0.4%	7.312e-04	1.2%	6.510e-04	1.2%	2.740e-03	0.6%	7.433e-04
0.9%	g/(m ² *d)									
PM	WET	2.025e-04	0.3%	2.010e-05	0.8%	2.994e-05	0.7%	2.721e-06	1.1%	5.749e-07
1.3%	g/(m ² *d)									
PM	J00	9.599e-01	0.4%	2.638e-01	0.9%	2.146e-01	1.0%	7.701e-01	0.6%	2.051e-01
0.8%	µg/m ³									
PM	T35	3.281e+00	3.7%	9.666e-01	8.4%	6.872e-01	7.3%	2.999e+00	4.1%	7.469e-01
7.3%	µg/m ³									
PM	T00	8.568e+00	3.3%	9.780e+00	3.7%	5.603e+00	4.1%	1.358e+01	3.1%	3.357e+00
4.4%	µg/m ³									
PM25	J00	3.124e-01	0.4%	9.378e-02	1.0%	7.826e-02	1.0%	2.763e-01	0.6%	7.372e-02
0.9%	µg/m ³									

=====
=====
2025-07-19 17:13:07 AUSTAL beendet.