iMA

Richter & Röckle

Immissionen
Meteorologie
Akustik

Messstelle § 29b
BImSchG

Antragsteller: **Lämmle Recycling GmbH**
Riedweg 3
88436 Eberhardzell

Prognose der Staubemissionen und -immissionen im Rahmen der Genehmigungsverfahren zur Errichtung und zum Betrieb einer DK0-Deponie und einer Bauschuttrecyclinganlage am Standort Tuningen

Datum: **10.06.2021**

Projekt- Nr.: **20-11-22-FR**

Berichtsumfang: **93 Seiten**

Berichtsnummer: **1.0**

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

Claus-Jürgen Richter, Diplom-Meteorologe
Geschäftsführer

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

DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-14202-01-00

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

INHALT

1 Situation und Aufgabenstellung 5

2 Örtliche Verhältnisse 6

3 Betriebsbeschreibung 8

3.1 Bauschuttrecyclinganlage 9

3.1.1 Überblick 9

3.1.2 BE Böden/Mineralik, Plan-Nr. 4 und 7 11

3.1.3 BE Altholz, Plan-Nr. 9 11

3.1.4 BE Bauschutt, Plan-Nr. 1 bis 3 12

3.1.5 BE Altmetalle, Plan-Nr. 6 12

3.1.6 BE Baustellenmischabfälle, Plan-Nr. 8 12

3.2 DK0-Deponie 12

4 Emissions- und immissionsmindernde Maßnahmen 13

5 Staubemissionen 15

5.1 Staubemissionen durch Umschlag, Behandlung und Einbau 15

5.2 Staubemissionen durch Fahrbewegungen 16

5.3 Dieselmotoremissionen 19

5.4 Windabwehungen von den ruhenden Halden und von den Einbauflächen 22

5.5 Gesamtemission 23

5.6 Vergleich mit dem Bagatellmassenstrom 24

6 Beurteilungsgrundlagen 24

6.1 Immissionswerte 24

6.2 Irrelevanzschwellen 25

7 Meteorologische Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung 25

7.1 Allgemeines 25

7.2 Meteorologische Daten 26

7.3 Darstellung der Messdaten 26

7.4 Lokale Windsysteme 28

8 Immissionen 28

8.1 Ausbreitungsrechnungen 28

8.2 Betrachtete Immissionsorte ... 28
8.3 Immissionsbeitrag der geplanten Anlagen ... 31
8.4 Vorbelastung ... 32
8.4.1 Hintergrundbelastung ... 33
8.4.2 Tonabbau ... 35
8.4.3 Fahrweg zum Tonabbau ... 35
8.4.4 Öffentlicher Fahrweg zur RC-Anlage und zur DK0-Deponie ... 36
8.4.5 Autobahn A81 ... 37
8.4.6 Summe der Vorbelastungsbeiträge ... 38
8.5 Gesamtbelastung ... 38
9 Zusammenfassung ... 40
Literatur ... 42
Anhang 1: Abbildungen ... 45
Anhang 2: Grundlagen zur Ermittlung der Emissionen ... 51
A2.1 Umschlagvorgänge ... 51
A2.2 Fahrbewegungen auf befestigtem Untergrund ... 55
A2.3 Fahrbewegungen auf unbefestigten Fahrwegen ... 59
Anhang 3: Emissionsmassenströme ... 63
Anhang 4: Ausbreitungsrechnungen ... 73
A4.1 Allgemeines ... 73
A4.2 Verwendetes Ausbreitungsmodell ... 73
A4.3 Rechengebiet ... 74
A4.4 Rauigkeitslänge ... 74
A4.5 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten ... 74
A4.6 Berücksichtigung von Gebäuden ... 76
A4.7 Quellen ... 78
A4.8 Statistische Unsicherheit des Ausbreitungsmodells ... 80
A4.9 Abgasfahnenüberhöhung ... 80
Anhang 5: Verzeichnis der beantragten Abfallschlüssel ... 81
Anhang 6: Protokolldateien ... 84

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Fa. Lämmle Recycling GmbH plant, den Tontageabbau auf dem ehemaligen Liapor-Gelände (Flurstück 5833, Gemarkung Tuningen) zu verfüllen. Pro Jahr sollen ca. 63.000 t mineralische Abfälle (Böden) der Deponieklasse DK 0 eingebaut werden.

Westlich der Deponie soll – ebenfalls von der Fa. Lämmle Recycling GmbH – eine Bauschuttrecyclinganlage errichtet und betrieben werden. Ein Teil des aus der Bauschuttrecyclinganlange anfallenden Materials soll in der DK0-Deponie eingebaut werden.

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für die DK0-Deponie und des Genehmigungsverfahrens nach BImSchG für die Bauschuttrecyclinganlange ist eine Prognose der Staubemissionen und -immissionen anzufertigen. Da für beide Anlagen die jeweils andere Anlage als Vorbelastung zu berücksichtigen ist, werden in Absprache mit dem Landratsamt Schwarzwald-Baar-Kreis beide Anlagen gemeinsam betrachtet.

Das Gutachten gliedert sich in folgende Kapitel:

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

Die iMA Richter & Röckle GmbH & Co.KG, Messstelle nach §29b BImSchG und akkreditiert nach DIN 17025 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft und Geruchsimmissions-Richtlinie, wurde mit der Ausarbeitung des Gutachtens beauftragt. Das Gutachten wurde entsprechend der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13:2010-01 (2010) erstellt.

2 Örtliche Verhältnisse

Die Anlagen sollen auf dem ehemaligen Betriebsgelände der Firma Liapor, ca. 0,5 bis 1 km östlich der Gemeinde Tuningen, auf folgenden Flurstücken errichtet werden:

- DK0-Deponie: Flurstück 5833
- Bauschuttrecyclinganlage: Fl.-St-Nr. 5829, 5831 und 5833

Die Lage des Betriebsgeländes der Anlagen und die weitere Umgebung können den Lageplänen in Abbildung 2-1 und Abbildung 2-2 entnommen werden. Die Koordinaten der Anlagen betragen im UTM-32-Netz in etwa:

DK0-Deponie:

Ostwert:	471280 bis 471590
Nordwert:	5318520 bis 5318780
Höhe über NHN:	ca. 760 - 805 m

RC-Anlage:

Ostwert:	471020 bis 471310
Nordwert:	5318500 bis 5318850
Höhe über NHN:	ca. 760 - 775 m

Das Betriebsgelände der geplanten Anlagen ist als Außenbereich ausgewiesen. Für das RC-Gebiet ist ein Bebauungsplanverfahren mit einer Gebietsfestsetzung als Sondergebiet in Aufstellung. Das Betriebsgelände vollständig von Mischwald umgeben.

Etwa 100 m westlich verläuft die Bundesautobahn 81 in Nord-Süd-Richtung. Westlich daran angrenzend folgen landwirtschaftlich genutzte Flächen mit zwei Hofstellen sowie einer Photovoltaikanlage unmittelbar an der Autobahn. Eine weitere Photovoltaikanlage liegt südwestlich des Betriebsgeländes auf der Ostseite der Autobahn.

Nördlich der geplanten Anlagen, an der Zuwegung zum Betriebsgelände, befinden sich weitere Gewerbeflächen.

Die nächstgelegene Wohnnutzung ist ein Wohnhaus im Außenbereich an einer landwirtschaftlichen Hofstelle, ca. 400 m westlich der Betriebsgrenze der RC-Anlage. Die nächstgelegene geschlossene Wohnbebauung beginnt etwa 1 km west-nordwestlich am östlichen Ortsrand von Tuningen.

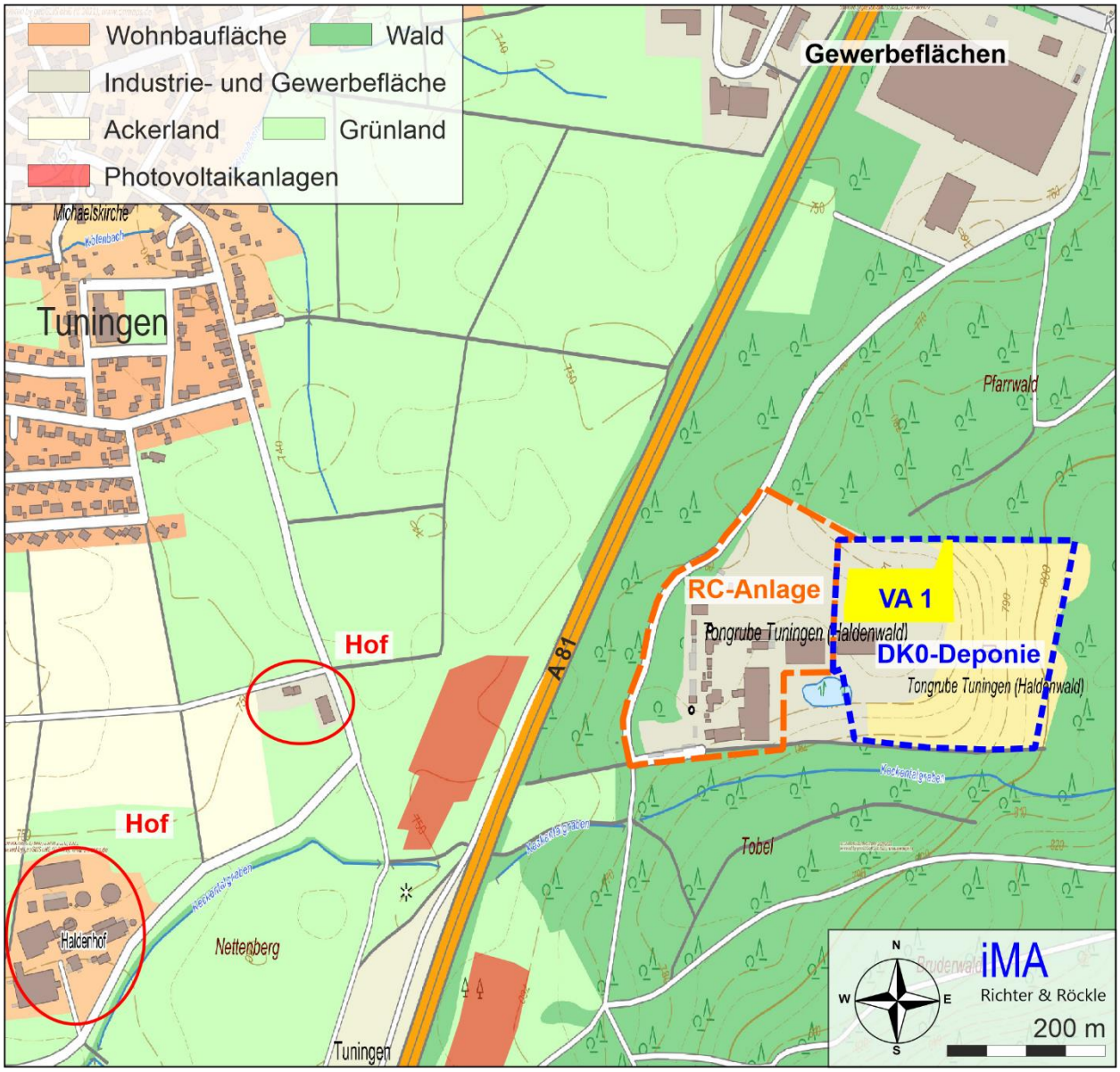

Abbildung 2-1: Betriebsgelände sowie umgebende Nutzungen und Lage des Verfüllabschnitts 1 (gelb.) Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021.

Das Gelände in der näheren Umgebung ist durch eine leicht hügelige Struktur gekennzeichnet. Es weist westlich der Autobahn ein Höhenniveau von 740 m bis 760 m ü. NHN auf und steigt östlich der Autobahn an. Am östlichen Rand der DK0-Deponie beträgt die Geländehöhe etwa 800 m ü. NHN.

Die Örtlichkeiten wurden vom Gutachter am 05.03.2021 besichtigt. Dabei wurden alle für die Aufgabenstellung relevanten Anlagen- und Umgebungsbedingungen erfasst.

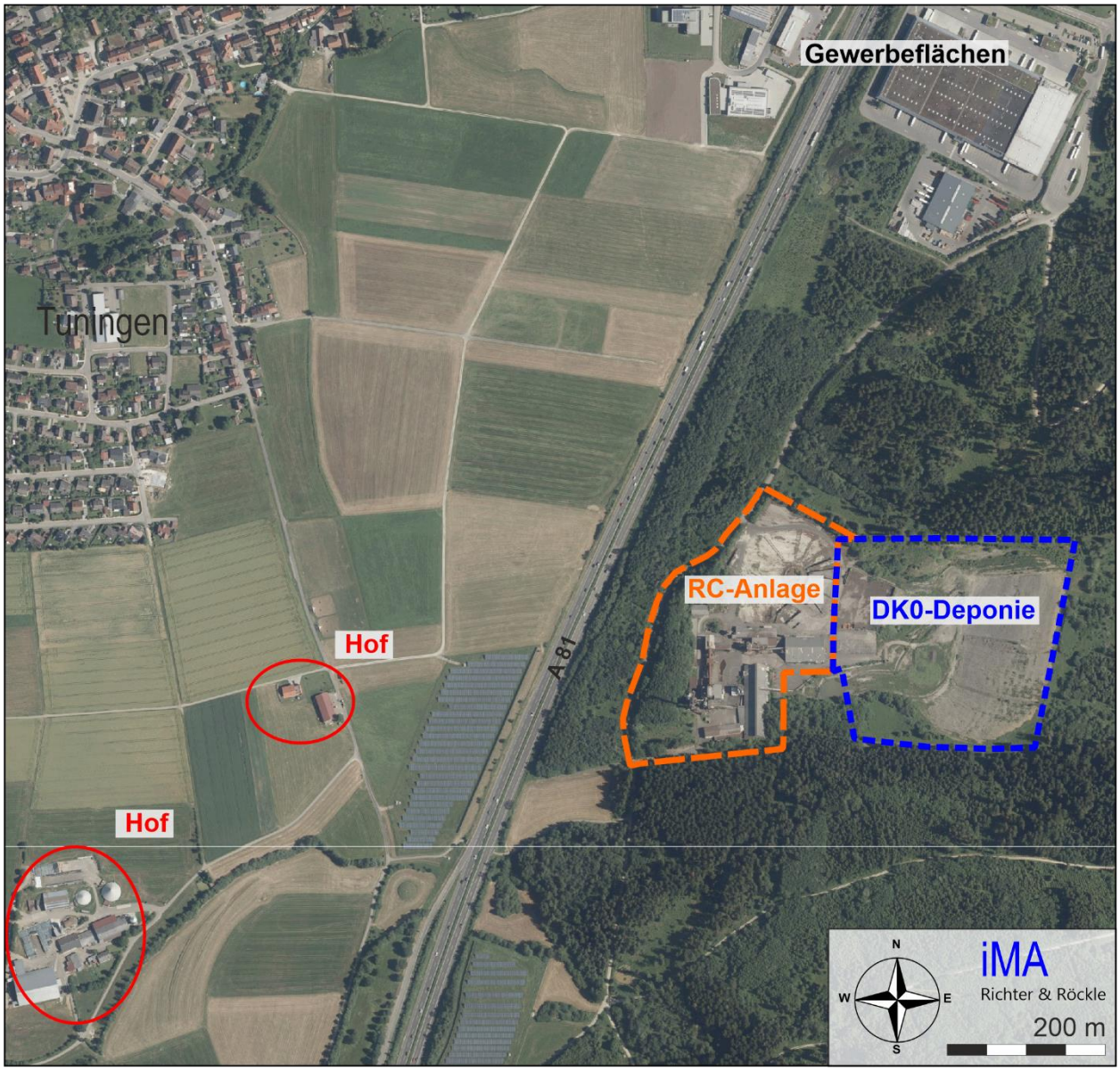

Abbildung 2-2: Betriebsgelände sowie umgebende Nutzungen im Luftbild. Luftbildgrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021 Ⓟ Hexagon).

3 Betriebsbeschreibung

Die nachfolgende Betriebsbeschreibung beschränkt sich auf die Vorgänge, die für die Entstehung von Staubemissionen von Bedeutung sind. Eine detaillierte Beschreibung der geplanten Anlagen kann dem Planfeststellungs- bzw. Genehmigungsantrag der Lämmle Recycling GmbH entnommen werden.

3.1 Bauschuttrecyclinganlage

3.1.1 Überblick

Die Tätigkeiten der Bauschuttrecyclinganlage (RC-Anlage) umfassen die Lagerung, die Behandlung und den Umschlag von mineralischen Abfällen und Altholz.

In der Anlage sollen die in Tabelle 3-1 gelisteten Abfallgruppen angenommen werden. Eine Zusammenstellung der Abfälle gemäß Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) ist in Anhang 5 aufgeführt.

Tabelle 3-1: Durchsatzmengen und Materialparameter der RC-Anlage (siehe auch Abbildung 3-1)

Material	Inputmenge in t/a	Bemerkung
Böden/Mineralik ≥ Z1.2	60.000	• Anlieferung an der Halle Nr. 7 • Sieben in Halle Nr. 7 • Abtransport von Halle Nr. 7
Böden/Mineralik ≤ Z1.1	30.000	• Anlieferung an der Fläche Nr. 4 • Sieben auf Fläche Nr. 4 • Transfer zu Deponie
Böden/Mineralik ≤ Z1.1	10.000	• Anlieferung an der Fläche Nr. 4 • Sieben auf Fläche Nr. 4 • Abtransport von Fläche Nr. 4
Altholz	20.000	• Anlieferung an der Halle Nr. 9 • Schreddern und Sieben vor Halle Nr. 9 • Abtransport von Halle Nr. 9
Bauschutt ≤ Z1.1	85.000	• Anlieferung an der Fläche Nr. 1 • Brechen auf Fläche Nr. 2 • Abtransport von Fläche Nr. 3
Bauschutt ≥ Z1.2	40.000	• Anlieferung an der Halle Nr. 7 • Brechen in Halle Nr. 7 • Abtransport von Halle Nr. 7
Altmetalle	5.000	• Anlieferung an der Fläche Nr. 6 • Abtransport von Fläche Nr. 6
Baustellenmischabfälle	2.000	• Anlieferung in der Halle Nr. 8 • Abtransport von Halle Nr. 8
Summe	**252.000**	

Das gesamte Betriebsgelände ist mit Asphalt oder Beton versiegelt.

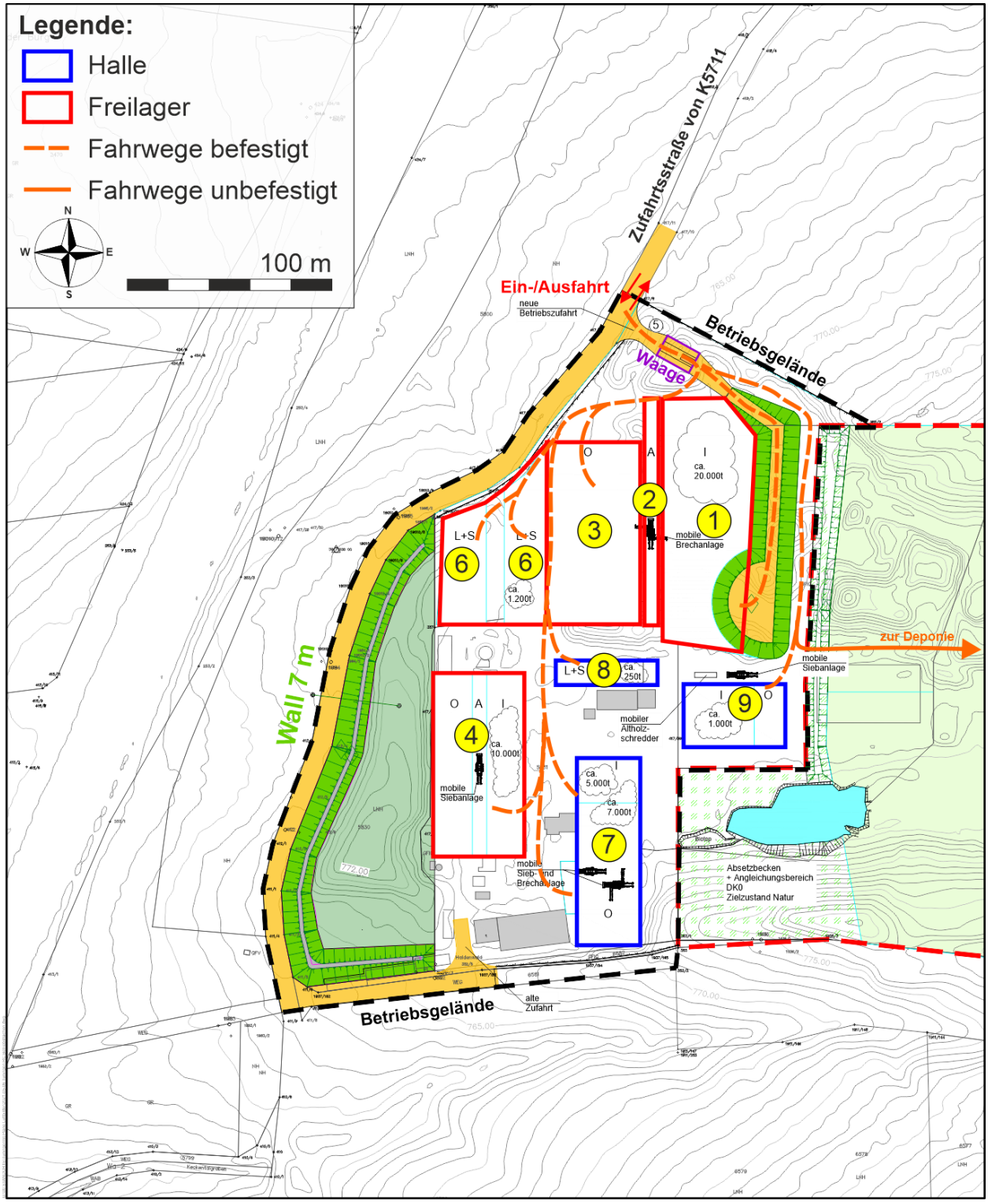

Abbildung 3-1: Einteilung des Betriebsgeländes.

Innerhalb der Bauschuttrecyclinganlage sind separate Betriebseinheiten (BE) für die Lager- und Aufbereitungsflächen der einzelnen Materialgruppen vorgesehen:

- BE Böden/Mineralik
- BE Altholz
- BE Bauschutt
- BE Altmetalle
- BE Baustellenmischabfälle

Die Zufahrt ins Betriebsgelände erfolgt über die asphaltierte Zufahrtsstraße von Norden her. Die Abfälle werden per Lkw angeliefert und in den entsprechenden Inputflächen abgekippt. Nach der ggf. durchzuführenden Behandlung werden die Fahrzeuge beladen und verlassen das Gelände auf dem Anfahrtsweg.

Die Anlage ist werktags von 6:00 Uhr bis 19:00 Uhr in Betrieb.

3.1.2 BE Böden/Mineralik, Plan-Nr. 4 und 7

Im Zentral- und Südteil des Betriebsgeländes entstehen Betriebs- und Lagerflächen für Böden und Mineralik der Einbauklasse ≤ Z 1.1. Es handelt sich vorwiegend um Erdaushub, der in erdfeuchtem Zustand von Baustellen angefahren wird. Die Aufbereitung und die Lagerung finden im Freien statt.

Die Platzsystematik im Freien (Nr. 4) und in der Halle (Nr. 7) ist jeweils dreigeteilt. Es besteht ein Inputlager (I), eine Aufbereitungsfläche (A) und ein Outputlager (O).

Zur Aufbereitung wird eine mobile Siebanlage (z. B. mobile Siebanlage Mc Closkey R 105) eingesetzt. Die Siebleistung beträgt ca. 200 t/h. Der Radlader gibt das Material in die Siebanlage auf und transportiert die hergestellten Körnungen nach dem Siebprozess in das Output-Lager. Dort werden die Körnungen in Lagerboxen bis zum Abtransport zwischengelagert.

Etwa 30.000 t/a der abgesiebten Böden werden zur benachbarten DK0-Deponie gefahren und dort eingebaut (siehe Kapitel 3.2).

Der geschilderte Prozessablauf ist beim Material ≥ Z 1.2 identisch, allerdings findet die Lagerung des Input- und Outputmaterials und die Aufbereitung in der Lagerhalle Nr. 7 statt. Hierzu wird die mobile Siebanlage in die Lagerhalle umgesetzt.

3.1.3 BE Altholz, Plan-Nr. 9

Altholz wird in der bestehenden Lagerhalle im Südosten gesammelt, bis eine ausreichend große Menge zur Aufbereitung vorhanden ist.

Zur Aufbereitung wird das Holz mit einem Radbagger in eine mobile Brecher-Anlage vom Typ Haas-Tyron 2000 XL (oder vergleichbar) aufgegeben, der eine Sternsiebanlage vom Typ Haas HSS 6000 (oder vergleichbar) nachgeschaltet ist. Die Brech-/Siebanlage wird direkt vor der Halle aufgestellt.

Die hergestellten Holzfraktionen werden per Radlader in das überdachte Outputlager transportiert.

3.1.4 BE Bauschutt, Plan-Nr. 1 bis 3

Im Freilager Nr. 1 wird ausschließlich Bauschutt der Zuordnungsklasse ≤ Z 1.1 zwischengelagert und in Nr. 2 aufbereitet.

Bauschutt der Zuordnungsklasse ≥ Z 1.2 wird in einem Hallensegment der südlich stehenden Lagerhalle Nr. 7 zwischengelagert und aufbereitet.

Wenn eine wirtschaftlichen Gesamtmenge erreicht ist, wird das Material per Radlader in einen mobilen Brecher vom Typ Kleemann Mobirex 130 Zi EVO 2 (oder vergleichbar) aufgegeben.

Etwa 70 % des Materials wird vom Brecher auf ein Haldenband ausgetragen, mit dem das Outputlager Nr. 3 beschickt wird. Etwa 30 % werden per Radlader umgeschlagen.

3.1.5 BE Altmetalle, Plan-Nr. 6

In der Betriebseinheit „Altmetalle“ wird Altmetall gesammelt und zwischengelagert. Ein Teil des Altmetalls fällt bei der Aufbereitung des Bauschuttes aus Armierungen/Bewehrungen von Beton an, der andere Teil wird extern angeliefert.

Eine weitere Metall-Behandlung erfolgt nicht. Die Altmetalle werden lediglich gesammelt und abgefahren.

3.1.6 BE Baustellenmischabfälle, Plan-Nr. 8

In der Betriebseinheit „Baustellenmischabfälle“ werden die bei Rückbaumaßnahmen anfallenden Baustoffe, Dämmmaterialien, Kunststoffe und Gläser angenommen. Zusätzlich werden gemischte Abbruchabfälle angenommen, bei denen eine fachgerechte Trennung von Einzelchargen auf der Baustelle bzw. eine vorausgehende Gebäude-Entkernung und -säuberung unterblieb. Diese Abfälle werden in der bestehenden Lagerhalle Nr. 8 gesammelt und zwischengelagert. Es erfolgt keine Behandlung. Lediglich die noch verwertbare Abfälle werden per Hand oder Bagger vor dem Verladen separiert.

3.2 DK0-Deponie

Der Deponiebereich gliedert sich in die Ablagerungsfläche, in der DK 0 Abfälle eingebaut werden und in einen westlichen Deponie-Angleichungsbereich.

Die Ablagerungsfläche umfasst den Bereich, der durch den Tonabbau entstand bzw. entsteht. Durch die Verfüllung mit mineralischen Abfällen der Deponieklasse 0 soll das Ursprungsgelände wiederhergestellt werden. Nach der Deponieverfüllung soll wieder ein durchgängiger Hangrücken mit Forstkulturen entstehen.

In der DK0-Deponie sollen ca. 63.000 t/a an Abfällen, vornehmlich Bodenaushub, eingebaut werden. Ca. 30.000 t/a werden von der benachbarten Bauschuttrecycling-Anlage angeliefert. Die beantragten Abfallschlüssel sind in Anhang 5 zusammengestellt.

Tabelle 3-2: Inputmengen und Materialparameter der DK0-Deponie

Material	Umschlagmenge in t/a	Bemerkung
Böden/Mineralik ≤ Z1.1	30.000	• Transfer von RC-Fläche Nr. 4
Böden/Mineralik ≤ Z1.1	33.000	• Anlieferung an Deponie von extern
Summe	**63.000**	

Der Deponiebau untergliedert sich in mehrere Verfüllabschnitte (VA). Aufgrund des Tonabbaus beginnt die Deponieverfüllung im Westen mit dem Verfüllabschnitt VA 1 (siehe Abbildung 2-1). Die Nord-Süd-Ausdehnung des VA 1 beträgt ca. 160 m. Das Material wird im Verfüllabschnitt VA 1 in Höhenstufen von jeweils ca. 3 Metern bis zur geplanten Obergrenze des Deponat-Körpers eingebaut.

Mit dem Fortschreiten der Verfüllung in Richtung Osten und in die Höhe wird von der Westseite her die Rekultivierungs-Bodenschicht und die anschließenden Forstkulturen aufgebracht.

Nach ca. 10 bis 15 Jahren Verfüllzeit und Tonabbau soll die Deponieverfüllung in östlicher oder südlicher Richtung fortgesetzt werden.

Für die Prognose wird die Verfüllung des Verfüllabschnitts 1 berücksichtigt, da dieser am nächsten zu den Immissionsorten im Westen und Norden liegt.

Das einzubauende Material wird per Lkw angeliefert. Diese fahren entweder zur nördlichen Ablagerungsböschung und kippen das Material dort in den Verfüllbereich ab oder sie fahren südlich des VA 1 auf die Deponiebasis bis zum Einbaubereich. Für die Prognose wird vom längeren Fahrweg über die Deponiebasis ausgegangen, da dieser zu höheren Staubemissionen führt (vgl. Abbildung 3-1).

Nach dem Abkippen wird das Material mit einer Raupe verteilt. Anschließend werden die eingebauten Schichten mit einer Walze verfestigt.

Bei Bedarf kommt zusätzlich ein Radlader zum Verteilen des Materials zum Einsatz.

4 Emissions- und immissionsmindernde Maßnahmen

In Nr. 5.2.3 TA Luft sind Maßnahmen aufgeführt, mit denen die Entstehung und die Ausbreitung von Stäuben verringert werden kann. Weitere emissionsmindernde Maßnahmen sind in der VDI-Richtlinie 2095, Blatt 1:2011-03 (2011) und der VDI-Richtlinie 2095, Blatt 2 (2014) aufgeführt. Die vom Betreiber vorgesehenen Maßnahmen sowie zusätzliche Maßnahmen, die sich aus den o.g. Regelwerken ergeben, sind im Folgenden aufgeführt.

Bauschuttrecyclinganlage:

1. **Befestigung des Betriebsgeländes**: Alle Fahrwege, Betriebs- und Lagerflächen sind asphaltiert oder mit einer Betondecke in Straßenbauweise auszuführen. Schadhafte Stellen sind zeitnah auszubessern.
2. **Fahrwegreinigung**: Die Fahrwege sind mittels einer Kehrmaschine regelmäßig zu reinigen.
3. **Fahrgeschwindigkeit**: Die Fahrgeschwindigkeit der Lkw und Radlader ist auf dem gesamten Betriebsgelände auf 20 km/h zu beschränken. Hierzu sind gut sichtbare Schilder anzubringen.
4. **Schredder für Altholz**: Der Schredder ist an der Aufgabe und am Austrag mit Befeuchtungseinrichtungen) auszurüsten, die während der Aufbereitung betrieben werden.
5. **Brechanlage für Bauschutt**: Der Brecher ist mit Bedüsungseinrichtungen am Aufgabetrichter und am Bandaustrag auszurüsten, die während der Aufbereitung betrieben werden.
6. **Haldenband für Bauschutt**: An der Übergabestelle vom Brecher auf das Haldenband und am Bandaustrag des Haldenbands sind ebenfalls Bedüsungseinrichtungen zur Staubniederschlagung anzubringen.
7. **Hallen**: Einige Abfallgruppen werden innerhalb von bestehenden Hallen umgeschlagen und behandelt. Hierdurch werden Emissionen ins Freie verringert.
8. **Halle 7**: Wenn staubemittierende Tätigkeiten in der Halle durchgeführt werden dürfen nur die Tore an der Westseite zur Anlieferung oder Abholung geöffnet sein.
9. **Schutzwall**: An der westlichen Betriebsgrenze wird ein Schutzwall mit einer Höhe von ca. 7 m errichtet (siehe Abbildung 3-1 auf S. 10). Der Schutzwall wird mit einheimischen Büschen bepflanzt.

DK0-Deponie:

1. **Fahrgeschwindigkeit**: Die Fahrgeschwindigkeit der Lkw und Radlader ist auf dem gesamten Betriebsgelände auf 20 km/h zu beschränken. Hierzu sind gut sichtbare Schilder anzubringen.
2. **Fahrwegbefeuchtung**: Bei trockener Witterung sind die Fahrwege zu befeuchten.

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

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

5 Staubemissionen

Staubemissionen werden durch folgende Vorgänge freigesetzt:

- Umschlag und Behandlung der Abfälle in der Bauschuttrecyclinganlage sowie Betrieb der Deponie (siehe Kapitel 5.1)
- Fahrbewegungen der Lkw und Maschinen (Radlader, Raupe, Walze; siehe Kapitel 5.2)
- Dieselmotoremissionen der Lkw und Maschinen (siehe Kapitel 5.3)
- Windabwehungen von den ruhenden Halden und den Einbauflächen (siehe Kapitel 5.4)

5.1 Staubemissionen durch Umschlag, Behandlung und Einbau

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

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

- Anhang 2, Abschnitt A2.1 (Seite 51 ff) – Berechnungsgrundlagen

  und

- Anhang 3 (Seite 63 ff) – Emissionsmassenströme

dieses Gutachtens dargestellt.

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

Nr.	Emissionsquelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt (kg/a)
		< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
1	Umschlag Input und Behandlung (Vorzerkleinerung) von Bauschutt ≤ Z1.1 auf Fläche Nr. 1	131	488	1.859	2.478
2	Umschlag und Behandlung (Brechen) von Bauschutt ≤ Z1.1 auf Fläche Nr. 2	177	656	2.498	3.331
3	Umschlag Output von Bauschutt ≤ Z1.1 auf Fläche Nr. 3	257	956	3.639	4.852
4	Umschlag und Behandlung (Sieben) von Boden/Mineralik ≤ Z1.1 auf Fläche Nr. 4	273	1.015	3.862	5.150
5	Umschlag von Altmetallen auf Fläche Nr. 6	1	5	20	27

Nr.	Emissionsquelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt (kg/a)
		< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
6	Umschlag und Behandlung (Sieben, Brechen) von Abfällen ≥ Z1.2 in Halle Nr. 7	275	1.023	3.894	5.192
7	Umschlag von Altmetallen auf Fläche Nr. 6	1	3	12	16
8	Umschlag und Behandlung (Schred-dern, Sieben) von Altholz in Halle Nr. 9	74	274	1.042	1.389
9	Einbau von DK0-Material in der Deponie	45	169	643	857
	Summe:	**1.234**	**4.589**	**17.469**	**23.292**

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

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

5.2 Staubemissionen durch Fahrbewegungen

Sämtliche Fahrflächen auf der RC-Anlage sind asphaltiert oder gleichwertig in Straßenbauweise befestigt. Die Fahrflächen auf der Deponie sind unbefestigt (vgl. Abbildung 3-1).

Die Anzahl der Fahrbewegungen wird gemäß VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4:2018-09 (2018) anhand der durchschnittlichen Zuladungen der Lkw und Radlader entsprechend Tabelle 5-2 berechnet.

Tabelle 5-2: Berechnung der Anzahl der Fahrbewegungen

Transport von	Menge t/a	Bemerkung	Zuladung Input t	Zuladung Output t	Input Lkw/a	Output Lkw/a
Böden/Mineralik ≤ Z1.1	10.000	Anlieferung u. Abtransport Fläche Nr. 4	25	25	400	400
Böden/Mineralik ≤ Z1.1	30.000	Anlieferung Fläche Nr. 4 und Transfer zu Deponie	25	-	1.200	0
Böden/Mineralik ≥ Z1.2	60.000	Anlieferung u. Abtransport Halle Nr. 7	25	25	2.400	2.400

Transport von	Menge t/a	Bemerkung	Zula-dung Input t	Zula-dung Output t	Input Lkw/a	Output Lkw/a
Altholz	20.000	Anlieferung u. Abtransport Halle Nr. 9	14	14	1.429	1.429
Bauschutt ≤ Z1.1	85.000	Anlieferung u. Abtransport Flächen 1 u. 3	25	25	3.400	3.400
Bauschutt ≥ Z1.2	40.000	Anlieferung u. Abtransport Halle Nr. 7	25	25	1.600	1.600
Altmetalle	5.000	Anlieferung u. Abtransport Fläche Nr. 6	14	14	357	357
Baustellenmischabfälle	2.000	Anlieferung u. Abtransport Halle Nr. 8	7	7	286	286
Böden/Mineralik ≤ Z1.1	33.000	Anlieferung an Deponie von extern	25	-	1.320	0
				Summe:	**12.391**	**9.871**

Die anliefernden Lkw werden auf dem Betriebsgelände der RC-Anlage mit aufbereitetem Material beladen, so dass nur wenig Leerfahrten anfallen. Leerfahrten entstehen jedoch, wenn Material zur Deponie gefahren und dort eingebaut wird.

Um zusätzliche innerbetriebliche Fahrten zu berücksichtigen, werden die Fahrstrecken der Lkw pauschal um 10 % erhöht. Für Wendemanöver wird zusätzlich ein Zuschlag von 20 m für jede Fahrt berücksichtigt. Damit berechnen sich die folgenden Fahrstrecken:

Tabelle 5-3: Fahrstrecken auf dem Betriebsgelände der RC-Anlage und der Deponie

Pos.	Bemerkung	Input Lkw/a	Output Lkw/a	Fahrstrecke m
1	Anlieferung u. Abtransport Fläche Nr. 4	400	400	je 390
2	Anlieferung Fläche Nr. 4 (mit Leerfahrt; das Material wird nach der Behandlung zur Deponie transportiert)	1.200	–	750
3	Anlieferung u. Abtransport Halle Nr. 7	4.000	4.000	je 440
4	Anlieferung u. Abtransport Halle Nr. 9	1.429	1.429	je 320
5	Anlieferung Fläche 1	3.400	–	230
6	Abtransport Fläche 3	–	3.400	250
7	Anlieferung u. Abtransport Fläche Nr. 6	357	357	je 260
8	Anlieferung u. Abtransport Halle Nr. 8	286	286	je 310

Pos.	Bemerkung	Input	Output	Fahrstrecke
		Lkw/a	Lkw/a	m
9	Anlieferung zur Deponie von außerhalb auf befestigter Fahrstrecke (mit Leerfahrt)	1.320	–	520
10	Anlieferung zur Deponie von außerhalb und von der RC-Anlage auf unbefestigter Fahrstrecke (mit Leerfahrt)	1.320	–	610
11	Anlieferung an Deponie von der RC-Anlage auf befestigter Wegstrecke (mit Leerfahrt)	1.200	–	600

Für die Radlader und die Raupe werden folgende Fahrstrecken angesetzt:

- Fahrstrecke der Radlader zur Beladung der Lkw: 20 m
- Fahrstrecke der Radlader zur Beschickung eines Behandlungsaggregats (z. B. Brecher) mit Material von Halde: 50 m
- Fahrstrecke der Radlader zum Transport vom Behandlungsaggregat zur Halde: 50 m
- Fahrstrecke der Raupe auf der Deponie zum Verteilen eines Schildvolumens von 3 m³: 30 m.

Tabelle 5-4 enthält die Staubemissionen, die durch die Fahrbewegungen der Lkw verursacht werden. Neben den Emissionen durch Aufwirbelungen sind darin die Emissionen durch Abriebe (von Bremsen, Reifen und vom Fahrbahnbelag) sowie die Dieselmotoremissionen enthalten.

Die Berechnungsgrundlagen und Berechnungsschritte sind aus Übersichtlichkeitsgründen in

- Anhang 2, Abschnitt A2.1 (Seite 51 ff): Berechnungsgrundlagen für befestigte Fahrwege,
- Anhang 2, Abschnitt A2.3 (Seite 59 ff): Berechnungsgrundlagen für unbefestigte Fahrwege und
- Anhang 3 (Seite 63 ff): Berechnung der Emissionsmassenströme

dieses Gutachtens dargestellt.

*Tabelle 5-4: Diffuse Staubemissionen durch **Fahrbewegungen der Lkw** in kg/a*

Pos.	Emissionsquelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt (kg/a)
		< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
1	Anlieferung u. Abtransport Fläche Nr. 4	5	14	79	97
2	Anlieferung Fläche Nr. 4 mit Leerfahrt	13	41	227	281
3	Anlieferung u. Abtransport Halle Nr. 7	52	160	887	1.100
4	Anlieferung u. Abtransport Halle Nr. 9	14	42	230	286
5	Anlieferung Fläche 1	12	36	197	244
6	Abtransport Fläche 3	13	39	214	266
7	Anlieferung u. Abtransport Fläche Nr. 6	3	8	47	58

Pos.	Emissionsquelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt (kg/a)
		< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
8	Anlieferung u. Abtransport Halle Nr. 8	3	8	45	55
9	Anlieferung zur Deponie von extern auf befestigter Wegstrecke	10	31	173	214
10	Anlieferung zur Deponie von extern und von RC-Anlage auf unbefestigter Wegstrecke	41	367	1.040	1.448
11	Anlieferung zur Deponie von RC-Anlage auf befestigter Wegstrecke	11	33	182	225
	Summe	**176**	**778**	**3.321**	**4.275**

*Tabelle 5-5: Diffuse Staubemissionen durch **Fahrbewegungen der Radlader und der Raupe** in kg/a*

Pos.	Emissionsquelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt (kg/a)
		< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
1	Radladerfahrten auf Fläche Nr. 3	8	25	136	169
2	Radladerfahrten auf Fläche Nr.4	14	42	233	288
3	Radladerfahrten auf Fläche Nr.7	4	12	66	82
4	Radladerfahrten auf Fläche Nr.9	14	44	246	305
6	Radlader- u. Raupenfahrten auf der Deponie	11	101	287	400
	Summe	**51**	**224**	**968**	**1.243**

5.3 Dieselmotoremissionen

Die Dieselmotoremissionen der Lkw, Radlader und der Raupe auf dem Deponiegelände sind in den in Kapitel 5.2 dargestellten Staubemissionen enthalten. Hinzu kommen die Dieselmotoremissionen der mobilen Brech- und Siebanlagen, der Bagger und der Walze im Einbaubereich der Deponie.

Die Dieselmotoremissionen werden auf Basis der Datenbank des Schweizer Bundesamtes für Umwelt (BAFU) ermittelt[1]. Aus dieser Datenbank lassen sich typische Angaben zu den Emissionen von Maschinen und Geräten des Offroad-Sektors (z.B. Baumaschinen) ermitteln. Im Folgenden werden die Emissionsfaktoren einer Maschinenflotte mit minimalem Partikelfilteranteil

[1] Offroad-Datenbank des BAFU:
https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/non-road-datenbank.html
Aufbau und Methodik sind im BAFU-Bericht Umwelt-Wissen Nr. UW 0828 dokumentiert

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

Basierend auf der mittleren Durchsatzleistung und den in Tabelle 3-1 und Tabelle 3-2 aufgeführten Mengen kann die Betriebszeit der Aggregate wie folgt abgeschätzt werden:

Tabelle 5-6: Ermittlung der Betriebszeiten der Geräte

Pos.	Gerät	Durchsatz-menge in t/a	Durchsatz-leistung in t/h	Betriebszeit in h/a	Prognoseansatz in h/a
1	Siebanlage für Böden/ Mineralik auf Fläche 4	40.000	200	200	250
2	Siebanlage für Böden/ Mineralik in Halle 7	60.000	200	300	400
3	Schredder für Altholz	20.000	15	1.333	1.500
4	Siebanlage für Altholz	20.000	15	1.333	1.500
5	Bagger zur Beschickung des Schredders	–	–	–	1.500
6	Brecher für Bauschutt auf Fläche 2	85.000	200	425	500
7	Bagger zur Beschickung des Brechers auf Fläche 2	–	–	–	500
8	Haldenband zur Aufhaldung auf Fläche 2	59.500*	–	298*	350
9	Bagger mit Anbauzange zur Vorzerkleinerung auf Fläche 2	13.000	–	–	105**
10	Brecher für Bauschutt in Halle 7	40.000	200	200	250
11	Bagger zur Beschickung des Brechers in Halle 7	–	–	–	250
12	Haldenband zur Aufhaldung in Halle 7	28.000*	–	140*	200
13	Bagger zum Umschlag von Altmetall	5.000	21**	238	300
14	Bagger zum Umschlag von Baustellenmischabfällen	2.000	6**	333	400
15	Walze auf der Deponie	–	–	–	220 d/a x 11 h/d = 2.420 h/a**

* Das Haldenband wird zu 70 % der Brechzeit eingesetzt

** Betreiberangabe

*** konservative Abschätzung auf Basis von 60 Hüben pro Stunde

Konservativ werden die in der letzten Spalte in Tabelle 5-6 aufgeführten Betriebszeit angesetzt.

Die Bagger dienen zur Beschickung der Brecher und Siebe. Somit ist für die Bagger die gleiche Betriebszeit wie bei den Brechern und Sieben anzusetzen.

Damit errechnen sich die in Tabelle 5-7 angegebenen Staubmassenströme.

Tabelle 5-7: Emissionsfaktoren und Staubmassenströme aus den dieselbetriebenen Geräten

Pos.	Gerät	Typ-Bezeichnung der BAFU-Datenbank	Betriebszeit [h/a]	Emissionsfaktor [kg/h]	Staubmassenstrom [kg/a]
1	Siebanlage für Böden/ Mineralik auf Fläche 4	'Holzhacker'	250	0,0409	10,2
2	Siebanlage für Böden/ Mineralik in Halle 7	'Holzhacker'	400	0,0409	16,4
3	Schredder für Altholz	'Holzhacker'	1.500	0,0409	61,4
4	Siebanlage für Altholz	'Holzhacker'	1.500	0,0409	61,4
5	Bagger zur Beschickung des Schredders	'Radbagger'	1.500	0,0136	20,4
6	Brecher für Bauschutt auf Fläche 2	'Holzhacker'	500	0,0409	20,5
7	Bagger zur Beschickung des Brechers auf Fläche 2	'Radbagger'	500	0,0136	6,8
8	Haldenband zur Aufhaldung auf Fläche 2	‚Notstromaggregate/Generatoren‘	350	0,0068	2,4
9	Bagger mit Anbauzange zur Vorzerkleinerung auf Fläche 2	'Radbagger'	105	0,0136	1,4
10	Brecher für Bauschutt in Halle 7	'Holzhacker'	250	0,0409	10,2
11	Bagger zur Beschickung des Brechers in Halle 7	'Radbagger'	250	0,0136	3,4
12	Haldenband zur Aufhaldung in Halle 7	‚Notstromaggregate/Generatoren‘	200	0,0068	1,4
13	Bagger zum Umschlag von Altmetall	'Radbagger'	300	0,0136	4,1
14	Bagger zum Umschlag von Baustellenmischabfällen	'Radbagger'	400	0,0136	5,4
15	Walze auf der Deponie	‚Walzenzüge aller Art‘	2.420	0,0055	13,3
				Summe:	**238,7**

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

5.4 Windabwehungen von den ruhenden Halden und von den Einbauflächen

Staubabwehungen von den ruhenden Halden und den Einbauflächen der Deponie sind gering, da Abwehungen instationäre Vorgänge darstellen, bei denen die an der Oberfläche vorhandenen Feinpartikel bereits nach dem ersten Windangriff abgeweht sind. Ferner bildet sich an der Oberfläche nach einem Regen- oder Befeuchtungsereignis eine Kruste aus.

Gemäß VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2:2017-06 (2017) (siehe auch BMWFJ (2013)) spielt eine Winderosion nur dann eine Rolle, wenn eine mittlere Windgeschwindigkeit von mindestens 3 m/s, gemessen in 10 m Höhe, vorliegt. Da die mittlere Windgeschwindigkeit im Untersuchungsgebiet 2,5 m/s beträgt (siehe Kapitel 7.3) und durch den begrenzenden Wald weiter reduziert wird, können Windabwehungen vernachlässigt werden. Im Sinne einer konservativen Emissionsabschätzung werden Windabwehungen von den ruhenden Halden und den Einbauflächen auf der Deponie dennoch berücksichtigt.

Die Emissionen werden in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2:2017-06 (2017) abgeschätzt. 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.

Zur Ermittlung der Windabwehung von den Halden im Bereich der RC-Anlage wird angesetzt, dass die pro Woche aufbereitete Menge an Böden und Bauschutt ganzjährig zur Windabwehung beiträgt. Die entsprechenden Mengen werden auf Kegelhalden mit einer Höhe von etwa 3 m verteilt, wodurch sich eine vergleichsweise große Oberfläche ergibt. Der Haldenwinkel wird mit 45° angesetzt.

Im Deponiebereich kann davon ausgegangen werden, dass das innerhalb einer durchschnittlichen Woche angelieferte Material zur Abwehung beiträgt. Damit berechnet sich bei einer Einbau-Schichthöhe von ca. 3 m die in Tabelle 5-8 angegebene Fläche, von der Abwehungen stattfinden.

Tabelle 5-8: Parameter zur Berechnung der Flächen, von denen Windabwehungen stattfinden

Quelle	Menge			Halden	Mantelfläche	Angesetzte Fläche
	t/a	m³/a	m³/Woche	Anzahl	m²	m²
Halden Böden auf Fläche Nr. 4	40.000	23.529	452	17	680	**700**
Halden Böden auf Fläche Nr. 4	85.000	47.222	908	33	1.320	**1.400**

Quelle	Menge			Halden	Mantelfläche	Angesetzte Fläche
	t/a	m³/a	m³/Woche	Anzahl	m²	m²
Deponieeinbau	63.000	37.059	713	–	238	**300**

In der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2:2000-12 (2000) ist ein Emissionsfaktor von 10 kg Staub/(ha·h) angegeben, der oberhalb einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s wirksam ist. Die meteorologische Zeitreihe weist während 658 h/a Windgeschwindigkeiten ≥ 5 m/s auf.

Tabelle 5-9: Diffuse Staubemission durch Windabwehungen

Quelle	Fläche		Staubmassenstrom
	m²	ha	kg/a
Halden Böden auf Fläche Nr. 4	700	0,07	461
Halden Böden auf Fläche Nr. 4	1.400	0,14	921
Deponieeinbau	300	0,03	197
Summe:			**1.579**

Der PM_{10}-Anteil der abgewehten Stäube wird gemäß Angaben in BMWFJ (2013) mit 50 % angesetzt.

5.5 Gesamtemission

In Tabelle 5-10 sind die Emissionen zusammenfassend dargestellt. Sie gelten für den Betrieb der Bauschuttrecyclinganlage (RC-Anlage) und der DK0-Deponie.

Tabelle 5-10: Staubemissionen für unterschiedliche Korngrößen in kg/a

Quelle	Staub-Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Umschlag- und Aufbereitungsvorgänge	1.234	4.589	17.469	23.292
Fahrbewegungen der Radlader und der Raupe	51	224	968	1.243
Lkw-Fahrbewegungen	176	778	3.321	4.275
Dieselmotoremissionen	239	0	0	239
Windabwehungen	395	395	790	1.579
Gesamt	**2.095**	**5.986**	**22.547**	**30.628**

5.6 Vergleich mit dem Bagatellmassenstrom

Legt man eine Betriebszeit von 2.860 h/a (220 Arbeitstage 06:00 bis 19:00 Uhr) zugrunde, so errechnet sich ein Emissionsmassenstrom von ca. 11 kg/h. Der für diffuse Quellen geltende Bagatellmassenstrom von 0,1 kg/h nach Nr. 4.6.1.1 TA Luft wird überschritten, so dass die Staubimmissionen zu ermitteln sind.

6 Beurteilungsgrundlagen

6.1 Immissionswerte

Gemäß Nr. 4.2.1 der TA Luft (2002) sind folgende Immissionswerte einzuhalten, damit der Schutz der menschlichen Gesundheit sichergestellt ist:

- Jahresmittelwert des Feinstaubs (PM_{10}-Fraktion): 40 µg/m³
- Konzentration, die pro Jahr von 35 Tagesmittelwerten des Feinstaubs (PM_{10}-Fraktion) überschritten wird: 50 µg/m³

Darüber hinaus ist in Nr. 4.3.1 der TA Luft ein Immissionswert zum Schutz vor erheblichen Belästigungen und Nachteilen festgelegt:

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

Ein Immissionswert für $PM_{2,5}$ ist in § 5 der 39. BImSchV (2020) als Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt:

- Jahresmittelwert des Feinstaubs ($PM_{2,5}$-Fraktion): 25 µg/m³

Tabelle 6-1 enthält eine Zusammenstellung der Immissionsbeurteilungswerte.

Tabelle 6-1: Immissionswerte nach TA Luft und 39. BImSchV

Stoff	Immissions-wert	Mittelungs-zeitraum	Zulässige Überschreitungs-häufigkeit im Jahr	Schutzziel
Feinstaub PM_{10}	40 µg/m³	Jahr	–	Schutz der menschlichen Gesundheit
	50 µg/m³	Tag	35	
Feinstaub $PM_{2,5}$	25 µg/m³	Jahr	–	
Staubnieder-schlag	0,35 g/(m²·d)	Jahr	–	Schutz vor erheblichen Belästigungen oder Nachteilen

Erläuterung zur Tabelle 6-1:

- *PM_{10} ist Staub, dessen Median der Korngrößenverteilung 10 µm beträgt*
- *$PM_{2,5}$ ist Staub, dessen Median der Korngrößenverteilung 2,5 µm beträgt*

- *Staubniederschlag bezeichnet die Deposition von Staub auf eine horizontale Fläche. Er ist für sichtbare Verschmutzungen verantwortlich, ist jedoch nicht gesundheitsgefährdend.*

Wenn die in Tabelle 6-1 aufgeführten Immissionswerte unterschritten werden, ist gemäß Nr. 4.2.1 und Nr. 4.3.1 der TA Luft bzw. § 4 der 39. BImSchV der Schutz vor Gesundheitsgefahren und erheblichen Belästigungen/Nachteilen sichergestellt.

6.2 Irrelevanzschwellen

Der Immissionsbeitrag einer Anlage wird als irrelevant bezeichnet, wenn am Beurteilungspunkt maximaler Zusatzbelastung eine vorgegebene Irrelevanzschwelle nicht überschritten wird. Die Irrelevanzschwellen sind in den Nummern 4.2.2 und 4.3.2 der TA Luft aufgeführt (siehe Tabelle 6-2).

Tabelle 6-2: Irrelevanzschwellen (Jahresmittelwerte)

Stoff	Irrelevanzschwelle	Quelle
Feinstaub PM_{10}	3,0 % des Immissionswerts	Nr. 4.2.2 TA Luft
Feinstaub $PM_{2,5}$	3,0 % des Immissionswerts	siehe Fußnote*
Staubniederschlag	10,5 mg/(m²·d)	Nr. 4.3.2 TA Luft

* Für $PM_{2,5}$ ist in der 39. BImSchV keine Irrelevanzschwelle festgelegt. In Analogie zur TA Luft wird die Irrelevanzschwelle mit 3,0 % des Immissionswerts angesetzt.

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

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

7 Meteorologische Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung

7.1 Allgemeines

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

Tabelle 7-1: Eigenschaften der Ausbreitungsklassen

Ausbreitungsklasse	Atmosphärischer Zustand, Turbulenz
I	sehr stabile atmosphärische Schichtung, ausgeprägte Inversion, geringes Verdünnungsvermögen der Atmosphäre
II	stabile atmosphärische Schichtung, Inversion, geringes Verdünnungsvermögen der Atmosphäre
III_1	stabile bis neutrale atmosphärische Schichtung, zumeist windiges Wetter
III_2	leicht labile atmosphärische Schichtung
IV	mäßig labile atmosphärische Schichtung
V	sehr labile atmosphärische Schichtung, starke vertikale Durchmischung der Atmosphäre

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

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

7.2 Meteorologische Daten

Da in der näheren Umgebung der geplanten Anlagen keine meteorologischen Messungen durchgeführt werden, die als Grundlage für Ausbreitungsrechnungen geeignet sind, wird auf eine AKTerm zurückgegriffen, die im Rahmen eines von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) finanzierten Projekts berechnet wurde. Der Bezugspunkt, für den die AKTerm vorliegt, befindet sich am Standort der Anlage. Die Lage des Bezugspunkts ist in Abbildung A4-1 auf Seite 75 dargestellt.

7.3 Darstellung der Messdaten

Abbildung 7-1 enthält die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen. Sie zeichnet sich durch zwei Maxima bei Windrichtungen aus Süd-Südwest und Nord-Nordost aus. Diese sind typisch für die Baar in Folge der Leitwirkung des Schwarzwalds im Westen und der Schwäbischen Alb im Osten. Das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit beträgt ca. 2,5 m/s.

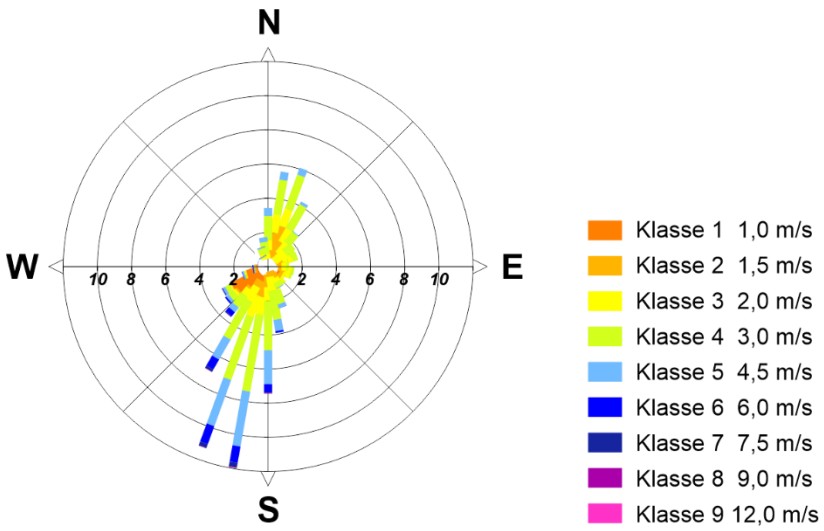

Abbildung 7-1: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen

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

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

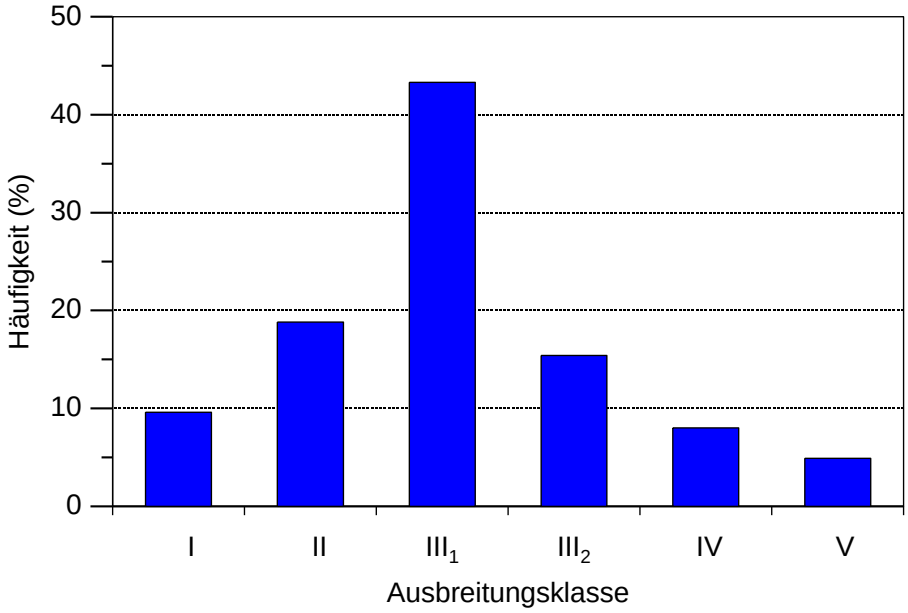

Abbildung 7-2: Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen

Die neutralen Ausbreitungsklassen (III_1 + III_2) sind mit ca. 59 % am stärksten vertreten. Die stabilen Klassen (I + II) treten in 28 % der Fälle auf während die labilen Ausbreitungsklassen (IV + V) eine Häufigkeit von 13 % aufweisen.

7.4 Lokale Windsysteme

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

8 Immissionen

8.1 Ausbreitungsrechnungen

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

Eingangsdaten für das Ausbreitungsmodell sind:

- Die von den Quellen ausgehenden Emissionen (vgl. Kapitel 5)
- Die meteorologischen Eingangsdaten (vgl. Kapitel 7)
- Der Geländeeinfluss (vgl. Anhang 4, Kapitel A4.5)
- Die Lage der Gebäude und die Gebäudehöhen (vgl. Anhang 4, Kapitel A4.6).
- Die Lage der Quellen und die Quellhöhen (vgl. Anhang 4, Kapitel A4.7)

8.2 Betrachtete Immissionsorte

Zur Beurteilung der Immissionen werden Immissionsorte (Aufpunkte) im Nahbereich der geplanten Anlagen festgelegt. In größeren Entfernungen sind die Immissionen geringer, so dass die gewählten Immissionsorte zur Beurteilung ausreichen. Dies geht auch aus den Abbildungen in Anhang 1 hervor, in denen die flächenhafte Verteilung der Immissionen dargestellt ist.

Entsprechend Nr. 4.6.2.6 TA Luft (2002) werden die Aufpunkte an den Orten festgelegt, an denen die mutmaßlich höchste Gesamtbelastung für nicht nur vorübergehend exponierte Schutzgüter zu erwarten ist. Bezüglich des Schutzguts Mensch sind dies

- die am höchsten beaufschlagten Büro- und Verwaltungsgebäude der Betriebe im nördlich gelegenen Gewerbegebiet (Aufpunkte 1 bis 3),
- die am höchsten beaufschlagten Wohnhäuser in den geschlossenen Wohngebieten von Tuningen (Aufpunkte 4 bis 5 und 7)
- der am höchsten beaufschlagte Punkt im Plangebiet im Südosten von Tuningen (Aufpunkt 6)
- die westlich benachbarten Wohnhäuser an den Hofstellen im Außenbereich (Aufpunkte 8 und 9)

Zusätzlich werden Immissionsorte an den Modulen der Photovoltaikanlagen neben der Autobahn festgelegt (Aufpunkte 10 bis 13). Diese dienen zur Prüfung, ob erhebliche Nachteile durch Staubniederschlag vorliegen (vgl. Nr. 4.3.1 TA Luft).

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

Immissionsort	Beschreibung	Rechts-/Hochwert
1	Halle zur Warenrücknahme	471405/5319207
2	Büros Großlager Fa. Netto	471338/5319347
3	Büros Gewerbe west. A81	471198/5319316
4	Whs. Tuningen Hedestr. 30	470577/5319072
5	Whs. Tuningen Hedestr. 43	470556/5318964
6	Plangebiet Tuningen	470577/5318814
7	Whs. Tuningen Achalmstr. 22	470442/5318797
8	Whs. Landwirtschaft Außenbereich Bleiche 1	470601/5318587
9	Whs. Landwirtschaft Außenbereich Haldenhof 1	470369/5318251
10	Photovoltaik westl. A81 Nord	470898/5318632
11	Photovoltaik westl. A81 Mitte	470821/5318452
12	Photovoltaik westl. A81 Süd	470775/5318390
13	Photovoltaik südl.	470896/5318236

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

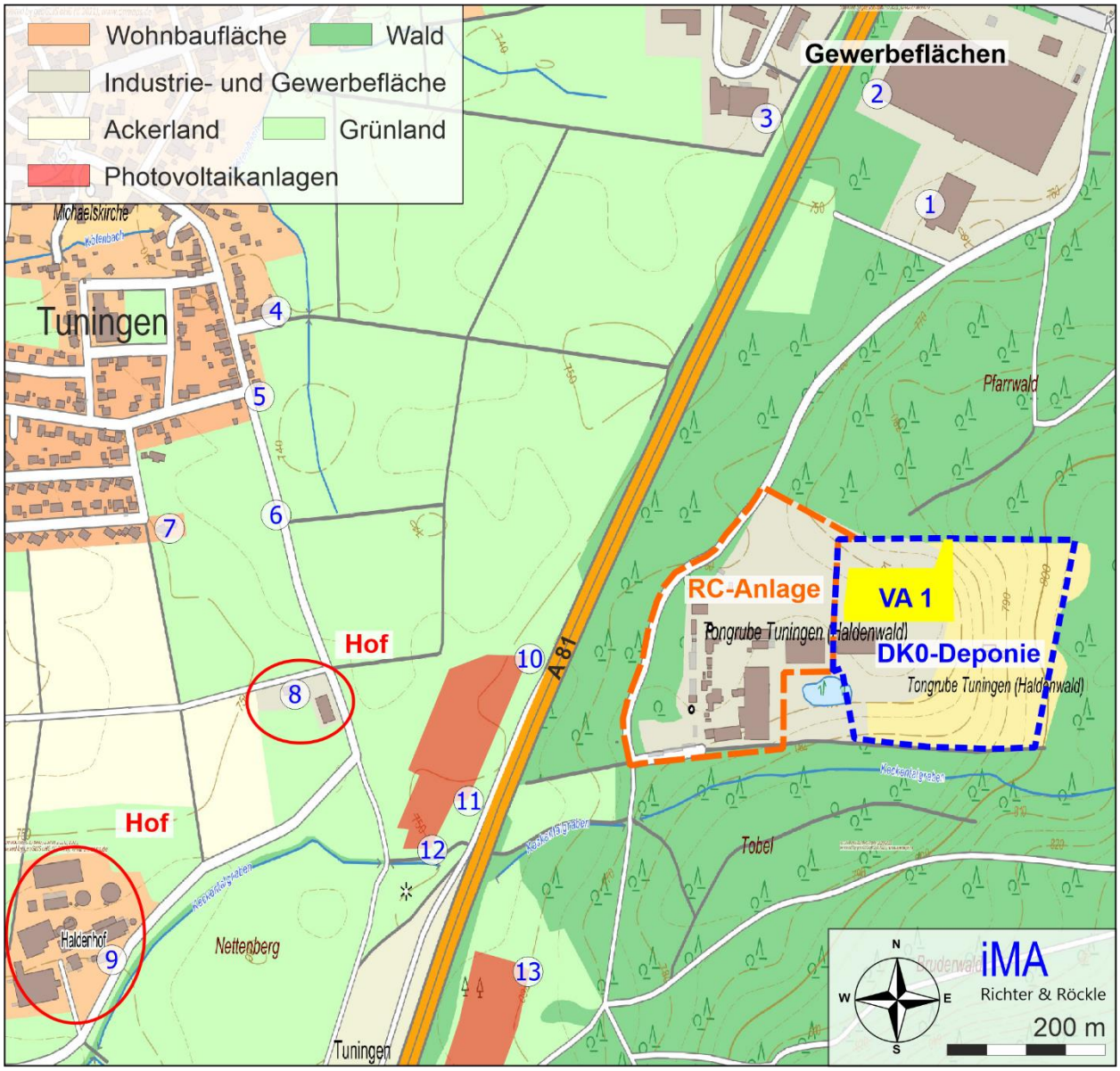

Abbildung 8-1: Lage der Aufpunkte in der topografischen Karte. Das Betriebsgelände der Bauschuttrecyclinganlage und der DK0-Deponie ist gestrichelt umrandet. (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021).

Nach Nr. 7, Anhang 3 der TA Luft (2002) werden die Immissionen als Mittelwert über ein vertikales Intervall vom Erdboden bis 3 m Höhe berechnet und sind somit repräsentativ für eine Aufpunkthöhe von 1,5 m über Grund.

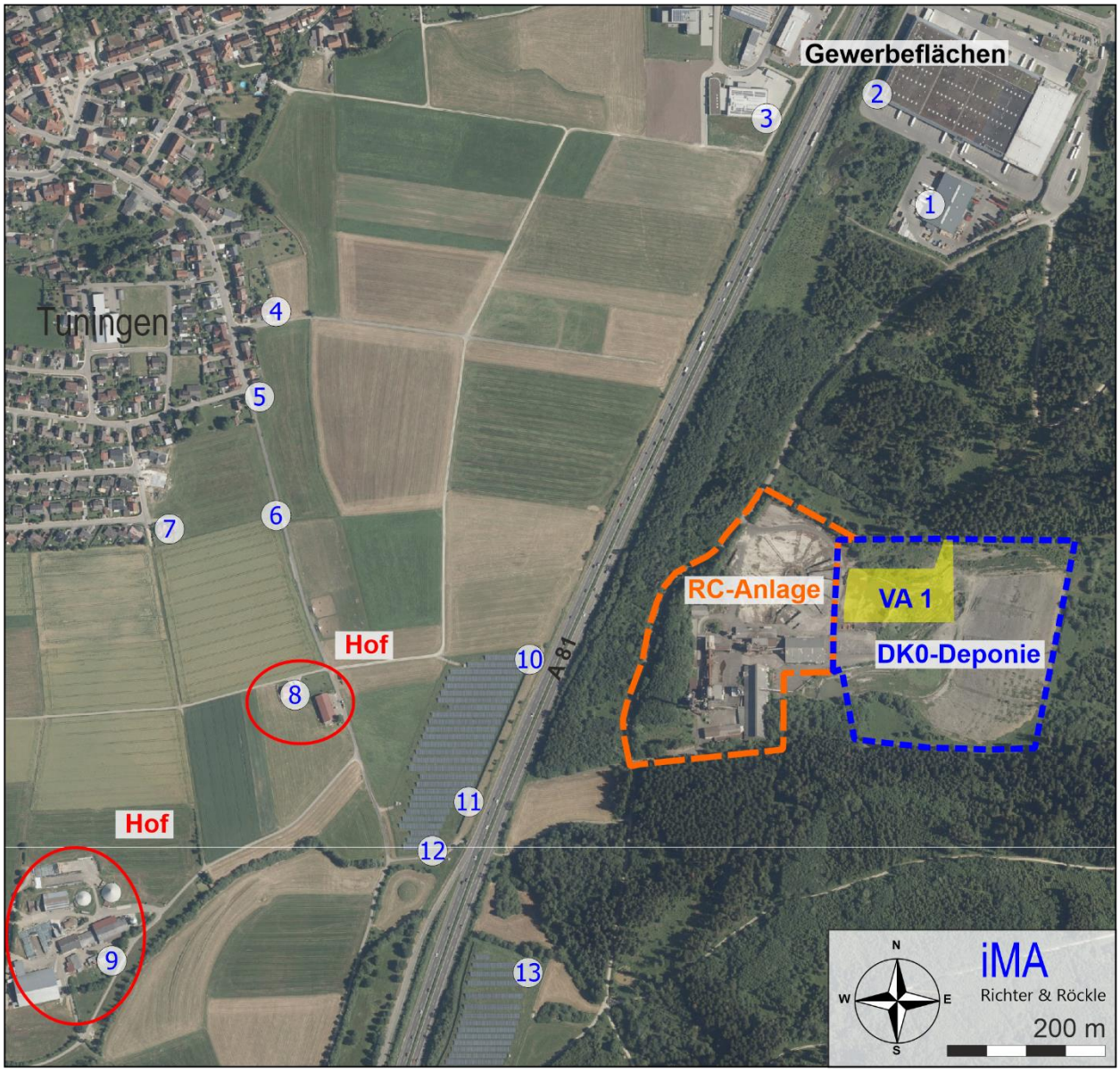

Abbildung 8-2: Lage der Aufpunkte im Luftbild. Das Betriebsgelände ist gestrichelt umrandet. (Luftbildgrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021 Ⓟ Hexagon)

8.3 Immissionsbeitrag der geplanten Anlagen

Der Immissionsbeitrag der geplanten Anlagen ist in Tabelle 8-2 aufgeführt. Grafische Darstellungen, aus denen die flächenhafte Verteilung der Immissionen hervorgeht, können Abbildung A1-1 bis Abbildung A1-3 in Anhang 1 entnommen werden.

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

Aufpunkt	Feinstaub (PM_{10}) in µg/m³	Feinstaub ($PM_{2,5}$) in µg/m³	Staubniederschlag in mg/(m²·d)
1	1,5 (3,6 %)	0,51 (2,1 %)	8,3 (2,4 %)
2	1,1 (2,7 %)	0,38 (1,5 %)	6,9 (2,0 %)
3	0,9 (2,3 %)	0,32 (1,3 %)	6,0 (1,7 %)
4	0,2 (0,5 %)	0,08 (0,3 %)	0,5 (0,1 %)
5	0,2 (0,5 %)	0,08 (0,3 %)	0,6 (0,2 %)
6	0,3 (0,6 %)	0,10 (0,4 %)	0,7 (0,2 %)
7	0,2 (0,5 %)	0,07 (0,3 %)	0,5 (0,2 %)
8	0,2 (0,6 %)	0,09 (0,4 %)	0,8 (0,2 %)
9	0,1 (0,3 %)	0,05 (0,2 %)	0,4 (0,1 %)
10	–	–	4,6 (1,3 %)
11	–	–	2,5 (0,7 %)
12	–	–	1,9 (0,5 %)
13	–	–	3,2 (0,9 %)
Irrelevanzschwelle	**1,2 (3,0 %)**	**0,75 (3,0 %)**	**10,5**
Immissionswert	**40 (100 %)**	**25 (100 %)**	**350 (100 %)**

Der PM_{10}-Immissionsbeitrag der Anlagen überschreitet an Aufpunkt 1 die Irrelevanzschwelle, so dass die Gesamtbelastung ausgewiesen werden muss. Diese setzt sich aus dem Immissionsbeitrag der Anlage und der Vorbelastung zusammen.

Zur Information wird die Gesamtbelastung auch für $PM_{2,5}$ und den Staubniederschlag ausgewiesen.

8.4 Vorbelastung

Die Vorbelastung setzt sich aus folgenden Beiträgen zusammen:

1. Hintergrundbelastung: Hierunter versteht man die Staubbelastung im Untersuchungsgebiet, die ohne den Beitrag der geplanten Anlagen und der nahe gelegenen Emissionsquellen vorhanden ist.

Beitrag nahe gelegener Quellen:

2. Immissionsbeitrag des Tonabbaus im Ostteil der geplanten DK0-Deponie.
3. Immissionsbeitrag der Lkw-Fahrten vom/zum Tonabbau

4. Immissionsbeitrag der asphaltierten Straße vom Abzweig an der K5711 bis zum Eingang ins Betriebsgelände der RC-Anlage/Deponie.
5. Immissionsbeitrag der Autobahn A81.

8.4.1 Hintergrundbelastung

Die PM_{10}-Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet wird anhand von Messdaten der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) abgeschätzt. Die nächstgelegene Messstelle der LUBW befindet sich 11,5 km west-nordwestlich in Villingen-Schwenningen. Die Station ist als städtische Hintergrundstation ausgewiesen. Sie wird maßgeblich von Verkehrs- und Hausbrandemissionen beeinflusst, so dass die Übertragung der dort gemessenen Daten auf den Anlagenstandort konservativ ist. Dies zeigen auch Berechnungen der LUBW (siehe Abbildung 8-3).

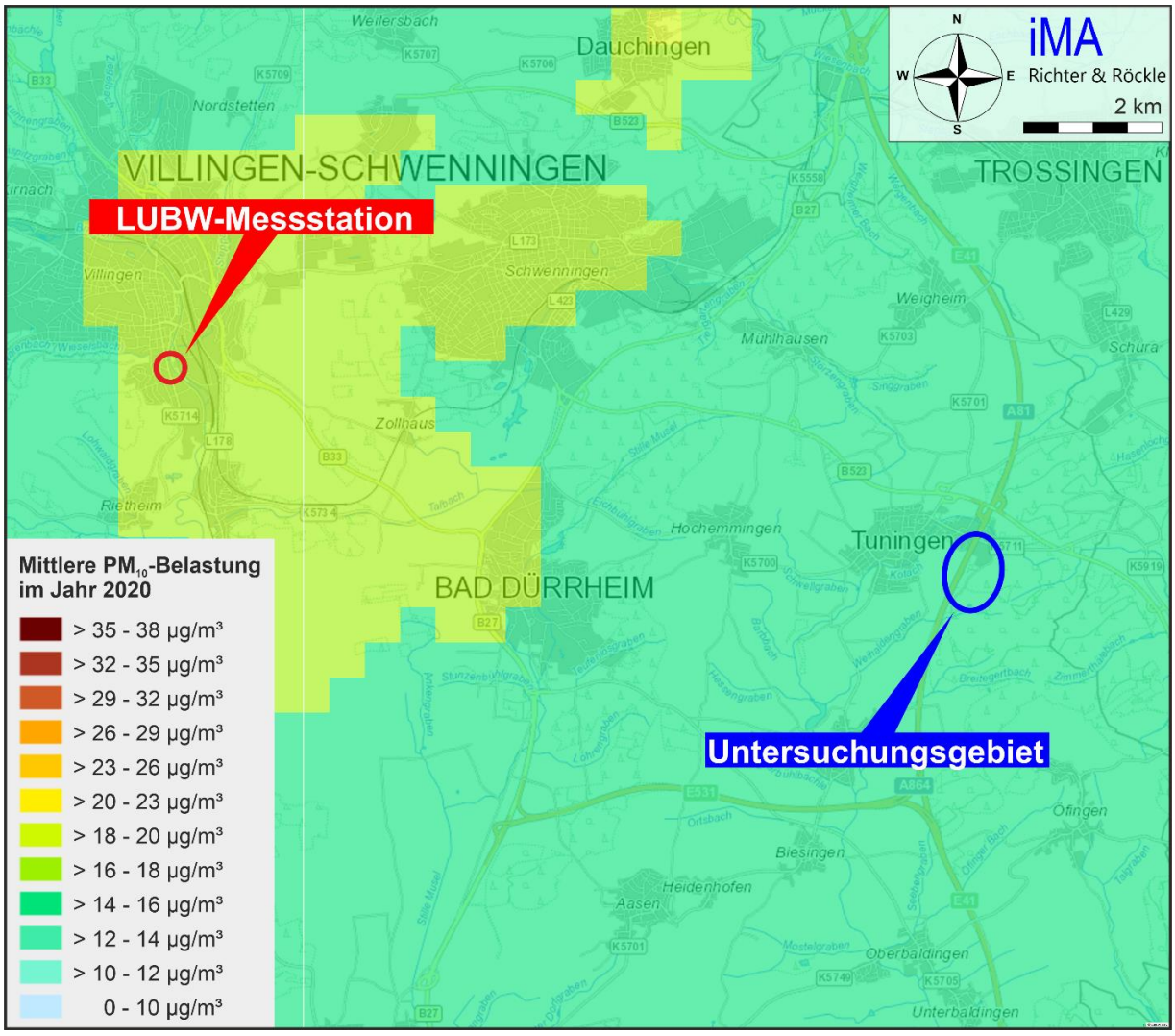

Abbildung 8-3: PM_{10}-Vorbelastung (Quelle: LUBW, Prognose 2020).

In Tabelle 8-3 sind die Messwerte der Station Villingen-Schwenningen der Jahre 2017 bis 2020 dargestellt. In Anlehnung an Nr. 4.6.2.1 TA Luft ('Kriterien für die Ermittlung der Vorbelastung') wird zur Bestimmung der PM_{10}-Vorbelastung der Mittelwert der drei Jahre 2017 bis 2019 herangezogen (in Tabelle 8-3 gelb hervorgehoben). Das Jahr 2020 wird nicht einbezogen, da die Staubimmissionen aufgrund der Corona-Pandemie und des geringeren Kfz-Aufkommens niedriger als in den Vorjahren sind.

Tabelle 8-3: Messwerte der LUBW-Station Villingen-Schwenningen in µg/m³

Kenngröße	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**Mittelwert 2017 - 2019**
PM_{10}-Jahresmittelwert	13,4	13,6	12,7	12,1	**13,2**
PM_{10}-Konzentration, die von 35 Tagesmittelwerten pro Jahr überschritten wird	27	23	25	22	**25,0**

Die **$PM_{2,5}$-Immissionen** werden an der Station Villingen-Schwenningen nicht ermittelt. Um eine obere Abschätzung zu erhalten, wurden von uns die PM_{10}- und die $PM_{2,5}$-Konzentrationen von allen Stationen in Baden-Württemberg, an denen beide Größen zeitsynchron gemessen werden, für die Jahre 2016 bis 2018 gegenübergestellt (siehe Abbildung 8-4). Hieraus ergibt sich, dass alle $PM_{2,5}$-Konzentrationen durchweg kleiner als 80 % der PM_{10}-Konzentrationen sind.

Die $PM_{2,5}$-Vorbelastung wird damit konservativ mit 80 % der PM_{10}-Vorbelastung, entsprechend **10,6 µg/m³**, angesetzt. Dieser Ansatz wird auch von anderen Bundesländern empfohlen.

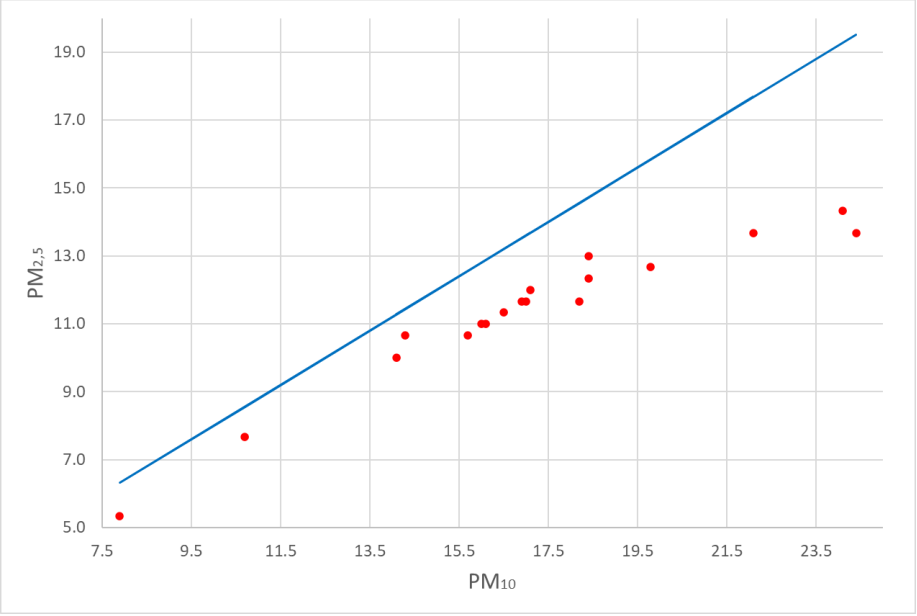

Abbildung 8-4: Vergleich der PM_{10}-Jahresmittelwerte mit den $PM2_{,5}$-Jahresmittelwerten. Die roten Punkte sind die Mittelwerte der Messungen an den LUBW-Stationen aus den Jahren 2016 - 2018. Die blaue Kurve stellt die Gerade $PM_{2,5} = 0,8 \cdot PM_{10}$ dar.

Zur Abschätzung der **Staubniederschlags-Vorbelastung** wird der höchste Mittelwert des gesamten Messnetzes der LUBW aus dem aktuellen veröffentlichten 3-Jahres-Zeitraum (2017 bis 2019) herangezogen. Dieser beträgt **0,07 g/(m²·d)**.

8.4.2 Tonabbau

Der Tonabbau im Ostteil der DK0-Deponie ist derzeit nicht in Betrieb. Da eine Betriebsgenehmigung besteht, kann er wieder aufgenommen werden. Somit ist der Tonabbau als Vorbelastung zu berücksichtigen.

Aufgrund der Hauptrichtungen Süd-Südwest und Nord-Nordost (siehe Abbildung 7-1 auf Seite 27) ist nur ein geringer Immissionsbeitrag des Tonabbaus an den Aufpunkten zu erwarten. Als konservative Abschätzung wird ein großes Kiesabbaugebiet in Krauchenwies (Ortsteil Göggingen) herangezogen, in dem jährlich mehrere 100.000 t Kies abgebaut werden. In der benachbarten Umgebung führt dies zu einer Erhöhung der PM_{10}-Immissionen um etwa 3 µg/m³, wie Berechnungen der LUBW zur PM_{10}-Vorbelastung im Jahr 2020 zeigen. Konservativ werden daher

- 3 µg/m³ PM_{10} und
- 2,4 µg/m³ $PM2_{,5}$

als Immissionsbeitrag des Tonabbaus angesetzt.

Der Immissionsbeitrag der Lkw-Fahrten auf der asphaltierten Zufahrtsstraße und auf dem Betriebsgelände der geplanten Anlagen wird im folgenden Kapitel dargstellt.

8.4.3 Fahrweg zum Tonabbau

Die dem Tonabbau zugeordneten Lkw befahren den öffentlichen Zufahrtsweg vom Abzweig an der K5711 sowie das Gelände der geplanten Deponie.

Das Lkw-Aufkommen wird auf Basis einer Tonabbaumenge von 100.000 t/a analog zu den Fahrbewegungen der DK0-Deponie abgeschätzt. Damit berechnet sich der in Tabelle 8-4 aufgeführte Emissionsbeitrag. Detaillierte Angaben zur Berechnung können den Tabellen in Anhang 3 entnommen werden.

Tabelle 8-4: Gesamtstaubemissionen durch Fahrten von/zum Tonabbau

Fahrt	Emission (kg/a)
Fahrt auf öffentlichem Zufahrtsweg (befestigt)	1.100
Fahrt auf Betriebsgelände der Deponie (befestigt)	667
Fahrt auf Betriebsgelände der Deponie (unbefestigt)	2.311
Summe:	**4.067**

Der Immissionsbeitrag der Lkw-Fahrten wird mit einer Ausbreitungsrechnung berücksichtigt. Der Immissionsbeitrag ist in Tabelle 8-8 auf Seite 38 aufgeführt.

8.4.4 Öffentlicher Fahrweg zur RC-Anlage und zur DK0-Deponie

Durch das Vorhaben erhöht sich das Verkehrsaufkommen auf dem öffentlichen Zufahrtsweg vom Abzweig an der K5711 bis zum Betriebsgelände der geplanten Anlagen, so dass der hierdurch verursachte Immissionsbeitrag zu berücksichtigen ist.

Der Emissionsbeitrag ist in Tabelle 8-5 dargestellt. Detaillierte Angaben zur Berechnung können den Tabellen in Anhang 3 entnommen werden.

Tabelle 8-5: Staubemissionen durch Fahrten auf öffentlichem Fahrweg von/zur RC-Anlage

Material	Durchsatz-menge in t	Zula-dung in t	Fahrten pro Jahr	Fahrstrecke in m	Jahresstre-cke in km/a	Emission in kg/a
Anlieferungen RC-Anlage:						
Böden/Mineralik ≤ Z1.1	10.000	25	400	870	348	60
Böden/Mineralik ≥ Z1.2	60.000	25	2.400	870	2088	359
Altholz	20.000	14	1.429	870	1243	214
Bauschutt ≤ Z1.1	85.000	25	3.400	870	2958	508
Bauschutt ≥ Z1.2	40.000	25	1.600	870	1392	239
Altmetalle	5.000	14	357	870	311	53
Baustellenmisch-abfälle	2.000	7	286	870	249	43
Böden/Mineralik (für Deponie)	30.000	25	1.200	1.740	2088	359
Anlieferungen Deponie:						
Böden/Mineralik zur Deponie von extern	33.000	25	1.320	1.740	2297	395
Abtransporte RC-Anlage:						
Böden/Mineralik ≤ Z1.1	10.000	25	400	870	348	60
Böden/Mineralik ≥ Z1.2	60.000	25	2.400	870	2088	359
Altholz	20.000	14	1.429	870	1243	214
Bauschutt ≤ Z1.1	85.000	25	3.400	870	2958	508
Bauschutt ≥ Z1.2	40.000	25	1.600	870	1392	239
Altmetalle	5.000	14	357	870	311	53

Material	Durchsatz-menge in t	Zula-dung in t	Fahrten pro Jahr	Fahrstrecke in m	Jahresstre-cke in km/a	Emission in kg/a
Baustellenmisch-abfälle	2.000	7	286	870	249	43
Summe:						**3.704**

Tabelle 8-6: Staubemissionen durch Fahrten auf öffentlichem Fahrweg von/zur Deponie

Material	Durchsatz-menge in t	Zula-dung in t	Fahrten pro Jahr	Fahrstrecke in m	Jahresstre-cke in km/a	Emission in kg/a
Anlieferungen RC-Anlage:						
Fahrt auf öffentli-chem Zufahrtsweg (befestigt)	100.000	25	4.000	870	3.480	598
Fahrt auf Betriebsge-lände der Deponie (befestigt)	100.000	25	4.000	520	2.080	667
Fahrt auf Betriebsge-lände der Deponie (unbefestigt)	100.000	25	4.000	610	2.440	2.311
Summe:						**3.566**

Der Immissionsbeitrag durch diese Fahrten wird mit einer Ausbreitungsrechnung berücksichtigt. Der Immissionsbeitrag ist in Tabelle 8-8 auf Seite 38 aufgeführt.

8.4.5 Autobahn A81

Das Verkehrsaufkommen auf der A81 wird der automatischen Zählstelle Nr. 83752 zwischen der Ausfahrt Tuningen und dem Dreieck Bad Dürrheim entnommen. Für das Jahr 2019 ist ein durchschnittliches täglichen Verkehrsaufkommen DTV von 49.315 KFZ/d angegeben. Zur Emissionsberechnung setzen wir ein DTV von 50.000 KFZ/d an.

Der Anteil des Schwerlastverkehrs beträgt 13,1 %.

Die Emissionsmodellierung erfolgt auf der Basis des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Kfz-Verkehrs (HBEFA Version 4.1). Es werden die Emissionsfaktoren für die Flottenzusammensetzung des Jahres 2020 (siehe Tabelle 8-7) zugrunde gelegt. Zukünftig werden die Emissionen zurückgehen. Darüber hinaus werden folgende Eingangsparameter verwendet:

- Verkehrssituation: Agglomeration/Autobahn/130
- Anzahl der Fahrstreifen: 4

Tabelle 8-7: Längenbezogene Emissionsmassenströme entsprechend HBEFA

Emissionsquelle	Fahrten/d	Emissionsmassenstrom in µg/(m·s)	
		$PM_{2,5}$	PM_{10}
A81	50.000	13,473	28,648

Der Immissionsbeitrag der A81 wird mit einer Ausbreitungsrechnung berücksichtigt. Der Immissionsbeitrag ist in Tabelle 8-8 aufgeführt.

8.4.6 Summe der Vorbelastungsbeiträge

Die Summe der Vorbelastungsbeiträge (Kapitel 8.4.2 bis 8.4.5) ist in Tabelle 8-8 angegeben. Die über eine Ausbreitungsrechnung berechnete Gesamtbelastung ist ohne den Beitrag der Hintergrundbelastung in Abbildung A1-4 bis Abbildung A1-6 in Anhang 1 dargestellt.

Tabelle 8-8: Summe der Immissionsvorbelastungsbeiträge (ohne Hintergrundbelastung) an den Immissionsorten (Jahresmittelwerte).

Aufpunkt	Feinstaub (PM_{10}) in µg/m³	Feinstaub ($PM_{2,5}$) in µg/m³	Staubniederschlag in mg/(m²·d)
1	2,8	1,06	16,4
2	3,0	1,49	9,7
3	3,3	1,68	8,0
4	0,3	0,17	0,6
5	0,4	0,18	0,7
6	0,4	0,21	0,9
7	0,3	0,14	0,5
8	0,4	0,21	0,9
9	0,2	0,11	0,6
10	–	–	5,6
11	–	–	3,7
12	–	–	2,6
13	–	–	3,8

8.5 Gesamtbelastung

Der **Immissions-Jahreswert** ist nach Nr. 4.7.1 TA Luft eingehalten, wenn die Summe aus Vorbelastung (Kapitel 8.4) und Zusatzbelastung (Tabelle 8-2) an den Immissionsorten kleiner oder gleich dem Immissions-Jahreswert ist.

Um zu prüfen, ob die PM_{10}- Konzentration, die $PM_{2,5}$- Konzentration und der Staubniederschlag den Immissionsjahreswert einhalten, ist also der Jahresmittelwert der Vorbelastung und der Jahresmittelwert der Zusatzbelastung zu addieren.

Um zu prüfen, ob der **PM_{10}-Immissions-Tageswert** eingehalten ist, ist im vorliegenden Fall gemäß Nr. 4.7.2 b) der TA Luft zu verfahren (Zitat): „*Im Übrigen ist der Immissions-Tageswert eingehalten, wenn die Gesamtbelastung – ermittelt durch die Addition der Zusatzbelastung für das Jahr zu den Vorbelastungskonzentrationswerten für den Tag – an den jeweiligen Beurteilungspunkten kleiner oder gleich dem Immissions-Tageswert (Konzentration) für 24 Stunden ist oder [...]*“.

Die Immissionsgesamtbelastung, die sich aus der Überlagerung der Vorbelastung und des Immissionsbeitrags der Anlagen ergibt, ist in Tabelle 8-9 aufgeführt.

Tabelle 8-9: Überprüfung auf Einhaltung der Immissionswerte gemäß den Vorgaben der Nr. 4.7.1 (Immissions-Jahreswert) und Nr. 4.7.2 b) (Immissions-Tageswert) TA Luft

Aufpunkt	Staub (PM_{10}) in µg/m³		Staub ($PM_{2,5}$) in µg/m³	Staubniederschlag in g/(m²·d)
	Jahres-mittel	Konzentration, die von 35 Tagesmittelwerten pro Jahr überschritten wird	Jahresmittel	Jahresmittel
1	19	31	14	0,09
2	19	31	14	0,08
3	20	31	15	0,08
4	17	28	13	0,07
5	17	28	13	0,07
6	17	28	13	0,07
7	17	28	13	0,07
8	17	28	13	0,07
9	16	28	13	0,07
10	–	–	–	0,08
11	–	–	–	0,07
12	–	–	–	0,07
13	–	–	–	0,07
Immissionswert	**40**	**50**	**25**	**0,35**

Die Immissionswerte werden an allen Aufpunkten unterschritten. Auf die konservativen Ansätze, die unseren Berechnungen zugrunde liegen, weisen wir hin. Tatsächlich ist von niedrigeren Immissionen auszugehen.

9 Zusammenfassung

Die Fa. Lämmle Recycling GmbH plant, den Tontageabbau auf dem ehemaligen Liapor-Gelände in Tuningen zu verfüllen. Pro Jahr sollen ca. 63.000 t mineralische Abfälle (Böden) der Deponieklasse DK 0 eingebaut werden.

Westlich der Deponie soll – ebenfalls von der Fa. Lämmle Recycling GmbH – eine Bauschuttrecyclinganlage errichtet und betrieben werden. Ein Teil des aus der Bauschuttrecyclinganlage anfallenden Materials soll in der DK0-Deponie eingebaut werden.

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für die DK0-Deponie und des Genehmigungsverfahrens nach BImSchG für die Bauschuttrecyclinganlage wurden die Staubemissionen und -immissionen ermittelt. Hierbei wurden konservative Ansätze gewählt, die zu einer Überschätzung der Emissionen und Immissionen führen.

Die Ausbreitungsrechnungen zeigen, dass die Immissionsgrenzwerte an den maßgebenden Immissionsorten deutlich unterschritten werden.

Auf die vom Betreiber zu ergreifenden emissionsmindernden Maßnahmen (siehe Kapitel 4) weisen wir hin.

Der an der Westseite des Betriebsgeländes vorgesehene Wall führt zu einer geringen Verringerung der Immissionsbeiträge[2]. Wir empfehlen, den Wall mit einheimischen Büschen und Bäumen zu bepflanzen. Durch die Reduktion der Windgeschwindigkeit innerhalb des Bewuchses setzen sich die Stäube auf den Blättern ab, so dass die Bepflanzung wie ein Schwerkraftabscheider wirkt. Bei Regen werden die Stäube wieder von den Blättern abgewaschen. Es sollten einige immergrüne Büsche eingestreut werden, um während der kalten Jahreszeit einen entsprechenden Schutz zu gewähren.

[2] Eine Ausbreitungsrechnung ohne Berücksichtigung des Walls zeigt um etwa 0,1 bis 0,2 µg/m³ höhere PM_{10}-Immissionsbeiträge an den am höchsten beaufschlagten Immissionsorten.

Die verwaltungsrechtliche Beurteilung bleibt der Genehmigungsbehörde vorbehalten.

Für den Inhalt

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

Claus-Jürgen Richter
Diplom-Meteorologe
Geschäftsführer

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

Freiburg, den 10.06.2021

Literatur

39. BImSchV (2020): Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065), die zuletzt durch Artikel 112 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.

BMWFJ, B. für W., Familie und Jugend (2013): Technische Grundlage zur Beurteilung diffuser Staubemissionen.

Braun, F.J., K. Hermsdörfer, H.-C. Höfl, C.-J. Richter, P. Scherer, A. Beyer, A. Hugo, D. Jarzyna, T.A.J. Kuhlbusch & A. Gärtner (2012): Diffuse Feinstaub-Emissionen beim Umschlag von Kohle. (Immissionsschutz)01/2012.

Düring, I. & C. Sörgel (2014): Anwendung der Richtlinie VDI 3790 Blatt 3 in der Praxis. (Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft)1/2 2014.

EMEP/EEA (2016): Air pollutant emission inventory guidebook 2016. European Environment Agency.

EPA (2011): AP42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Soources: 13.2.1 Paved Roads. EPA´s Office of Mobile Sources, Ann Arbor

Hartmann, U. & N. Borcherding (2018): Vergleich berechneter Geruchsstundenhäufigkeiten unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmung mit einem diagnostischen und prognostischen Windfeldmodell. (Immissionsschutz)4: 167–171.

HBEFA (2019): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs Version 4.1.

Janicke, U. & L. Janicke (2004): Weiterentwicklung eines diagnostischen Windfeldmodells für den anlagenbezogenen Immissionsschutz (TA Luft). Ing.-Büro Janicke, Dunum, Oktober 2004, im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin, Förderkennz. (UFOPLAN) 203 43 256.

Janicke, U. & L. Janicke (2014): AUSTAL2000 – Programmbeschreibung zu Version 2.6. Stand 2014-02-24. Ingenieurbüro Janicke (Umweltbundesamt, Dessau).

Kühn, G. (2002): Experimentelle Untersuchungen zur Entstehung und Ausbreitung von Staubfahnen hinter Kraftfahrzeugen. Universität Hannover

Kummer, V., N. van der Pütten, H. Schneble, R. Wagner & H.-J. Winkels (2010): Ermittlung des PM10-Anteils an den Gesamtstaubemissionen von Bauschuttaufbereitungsanlagen. (Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft)70 Nr. 11/12: 478–482.

Strobl, A. & M. Kuntner (2014): Österreichische Technische Grundlage zur Beurteilung diffuser Staubemissionen. Teil 1: Diffuse Staubemissionen beim Schüttgutumschlag mineralischer Rohstoffe und Baurestmassen. (11/12)74: 501–504.

TA Luft (2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft--TA Luft).

VDI-Richtlinie 2095, Blatt 1:2011-03 (2011): Emissionsminderung. Behandlung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen. Stationäre und mobile Bauschuttaufbereitungsanlagen.

VDI-Richtlinie 2095, Blatt 2 (2014): Emissionsminderung - Lagerung, Umschlag und Behandlung von gemischten Bau- und Abbruchabfällen (auch gemeinsam mit Sperrmüll, sowie Gewerbeabfällen).

VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13:2010-01 (2010): Umweltmeteorologie. Qualitätssicherung in der Immissionsprognose. Anlagenbezogener Immissionsschutz. Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft.

VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2:2000-12 (2000): Umweltmeteorologie. Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen Deponien.

VDI-Richtlinie 3790, Blatt 2:2017-06 (2017): Umweltmeteorologie. Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen Deponien.

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

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

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

Anhang:

Anhang 1: Abbildungen

Anhang 2: Grundlagen zur Ermittlung der Emissionen

Anhang 3: Emissionsmassenströme

Anhang 4: Ausbreitungsrechnungen

Anhang 5: Verzeichnis der beantragten Abfallschlüssel

Anhang 6: Protokolldateien

Anhang 1: Abbildungen

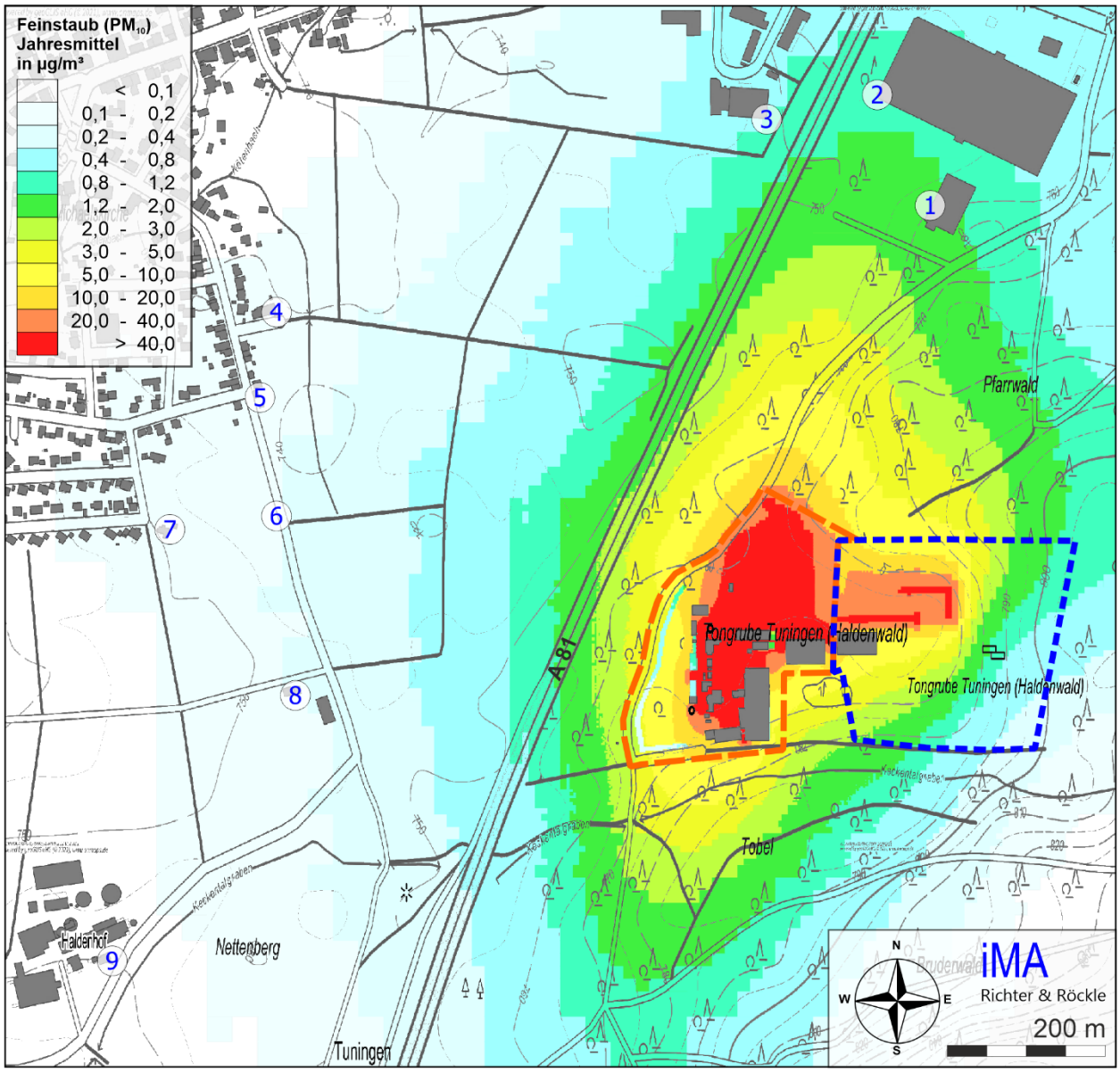

Abbildung A1-1: PM_{10}-Immissionsbeitrag der geplanten Anlagen.
Jahresmittelwerte in µg/m³.
Immissionswert: 40 µg/m³; Irrelevanzschwelle: 1,2 µg/m³
(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

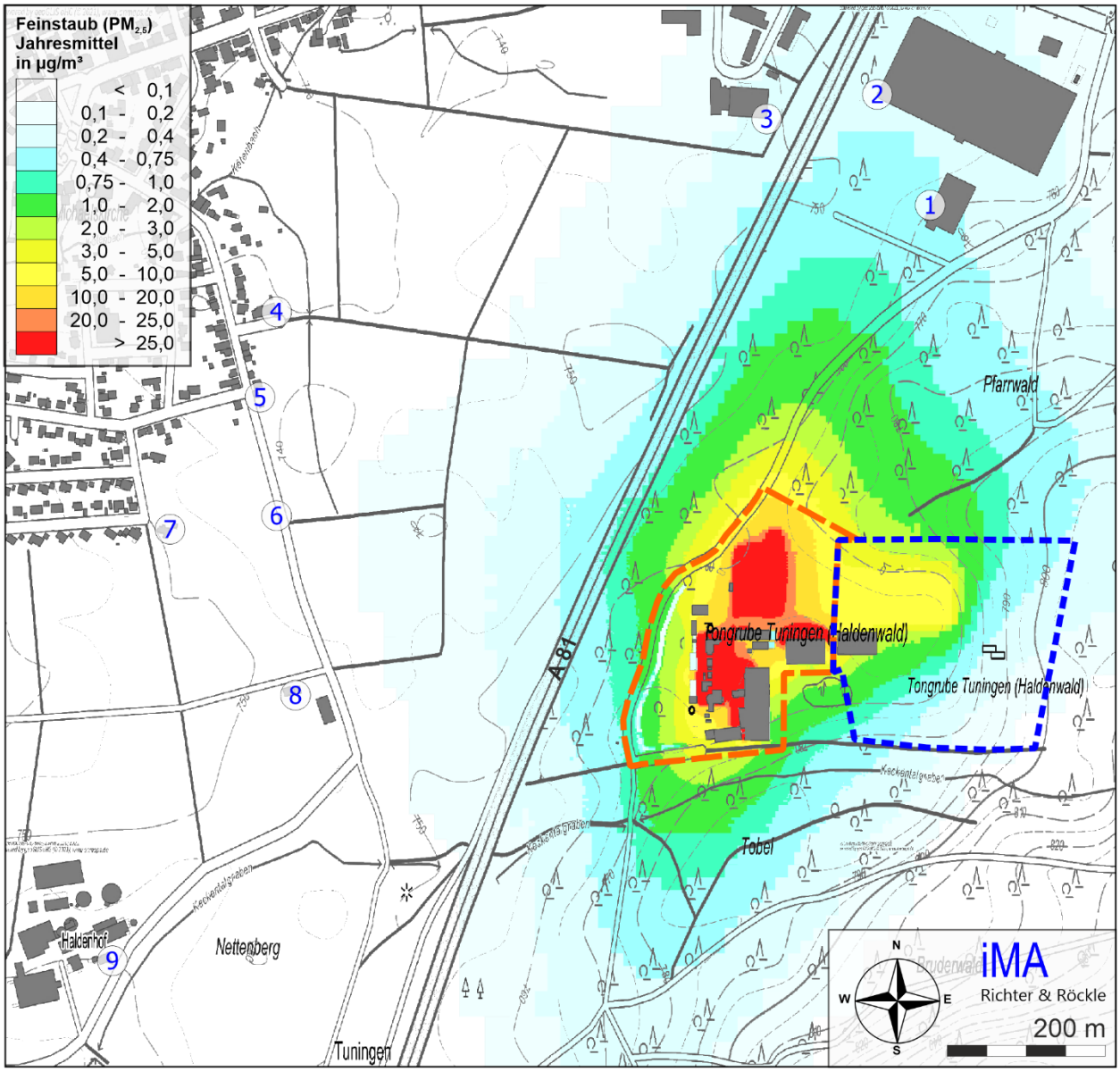

Abbildung A1-2: $PM_{2,5}$-Immissionsbeitrag der geplanten Anlagen.
Jahresmittelwerte in µg/m³.
Immissionswert: 25 µg/m³; Irrelevanzschwelle: 0,75 µg/m³
(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

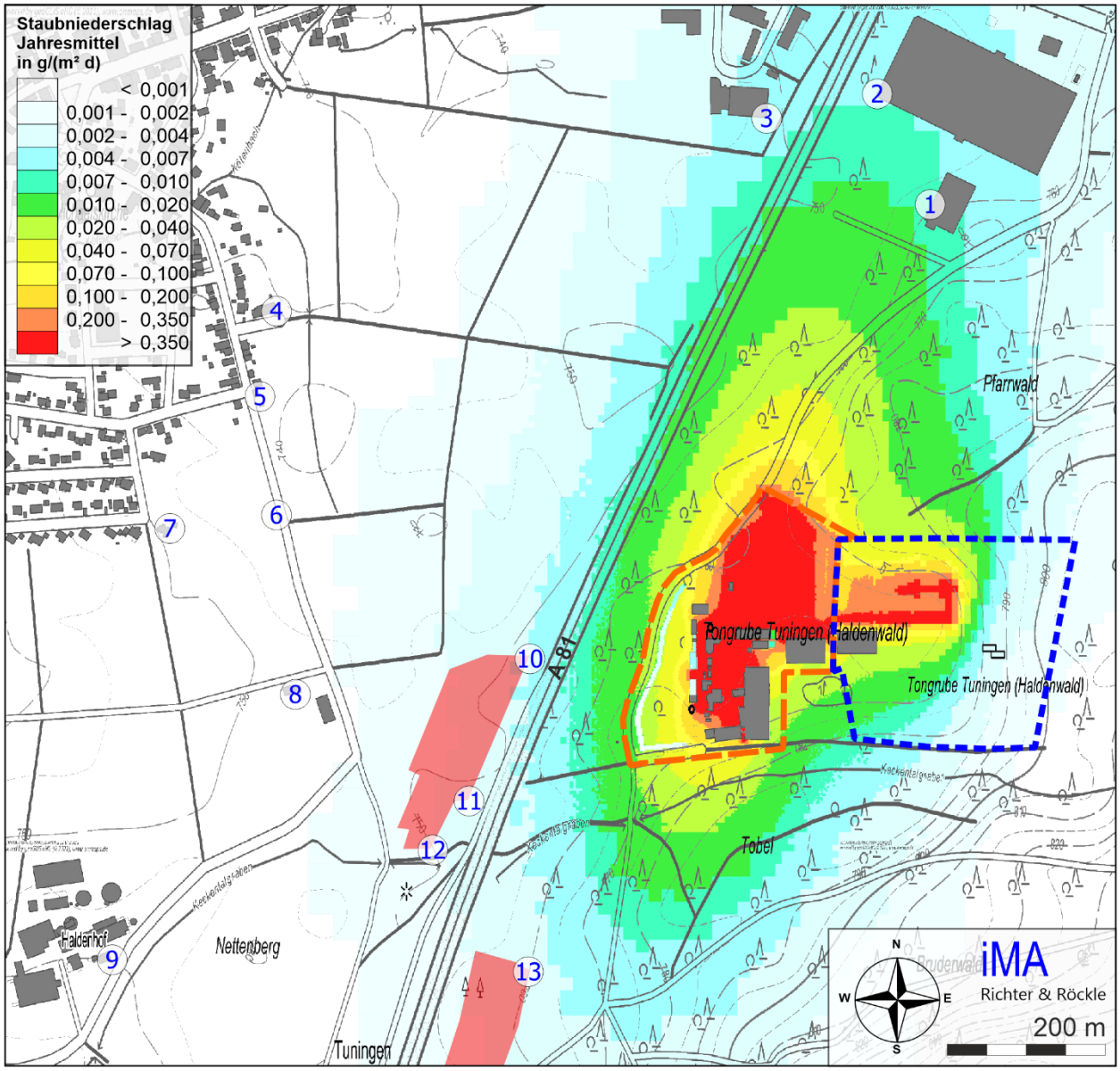

Abbildung A1-3: Staubniederschlags-Immissionsbeitrag der geplanten Anlagen.
Jahresmittelwerte in g/(m²·d)
Immissionswert: 0,35 g/(m²·d); Irrelevanzschwelle: 10,5 mg/(m²·d)
(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

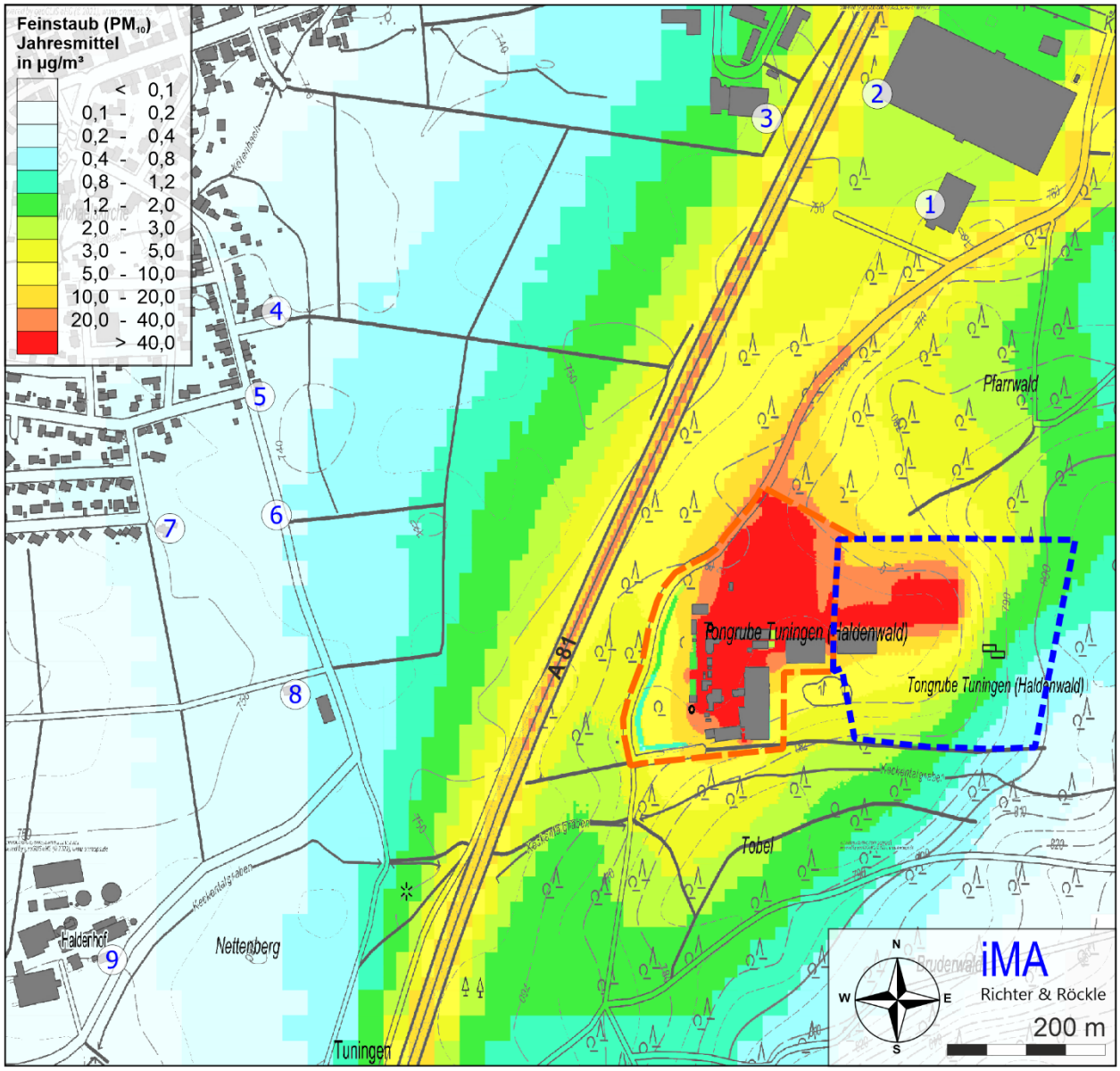

Abbildung A1-4: PM_{10}-Immissionsbeitrag der geplanten Anlagen einschließlich des Beitrags der nahe gelegenen Quellen (siehe Kapitel 8.4.3 bis 8.4.5).
Jahresmittelwerte in µg/m³.
Immissionswert: 40 µg/m³; Irrelevanzschwelle: 1,2 µg/m³
(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

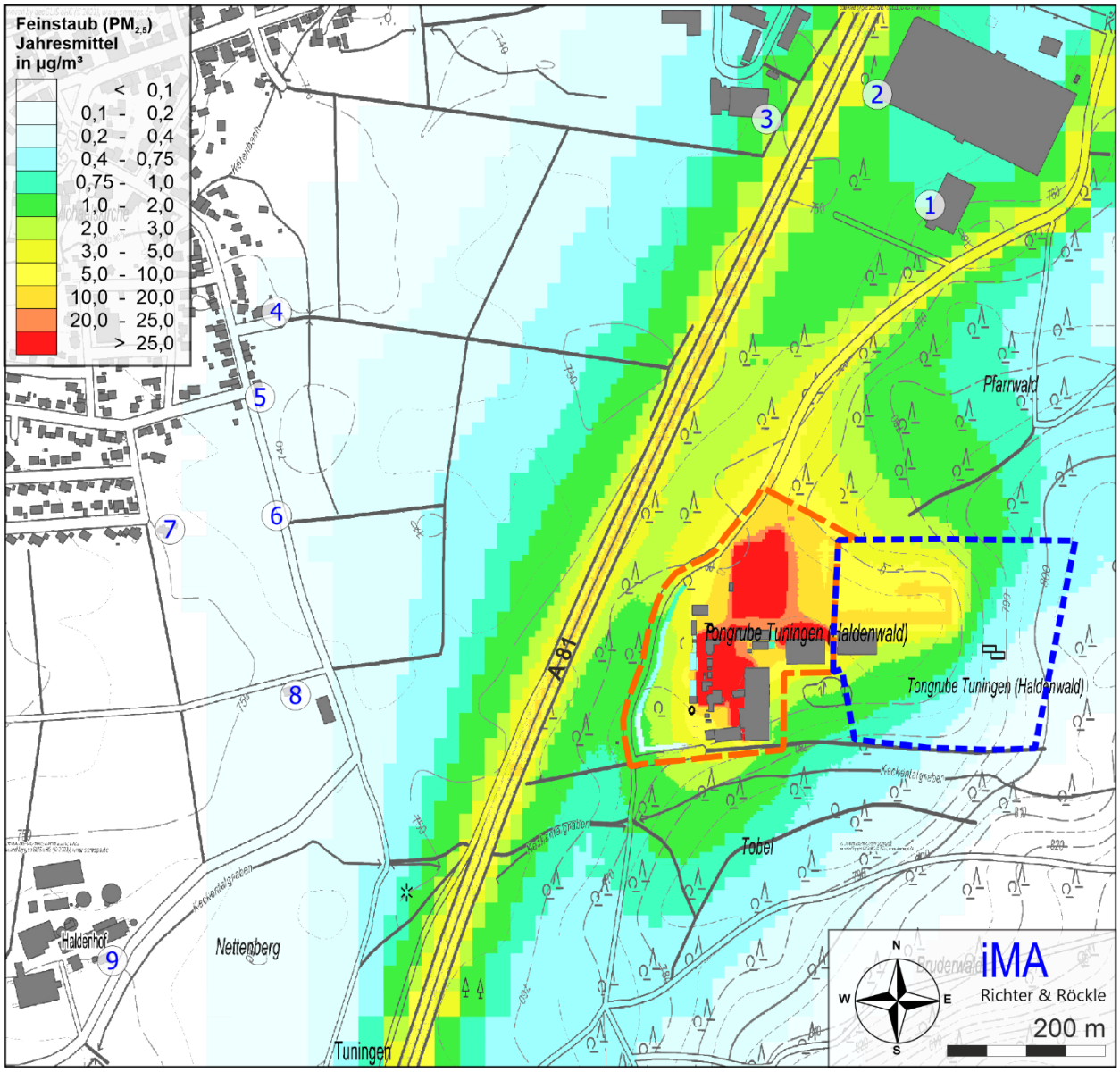

Abbildung A1-5: $PM_{2,5}$-Immissionsbeitrag der geplanten Anlagen einschließlich des Beitrags der nahe gelegenen Quellen (siehe Kapitel 8.4.3 bis 8.4.5).
Jahresmittelwerte in µg/m³.
Immissionswert: 25 µg/m³; Irrelevanzschwelle: 0,75 µg/m³
(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

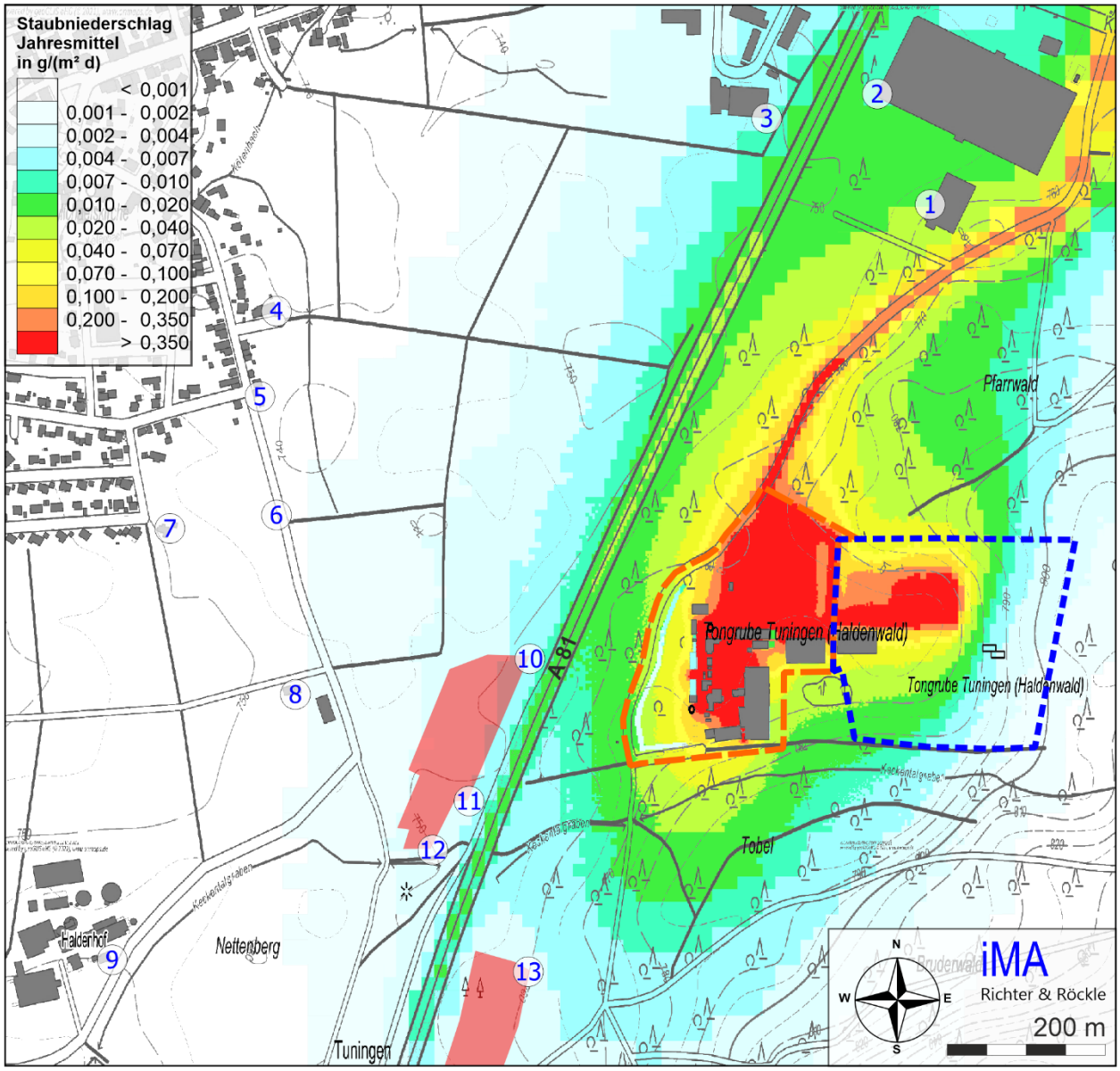

Abbildung A1-6: Staubniederschlags-Immissionsbeitrag der geplanten Anlagen einschließlich des Beitrags der nahe gelegenen Quellen (siehe Kapitel 8.4.3 bis 8.4.5).
Jahresmittelwerte in g/(m²·d)
Immissionswert: 0,35 g/(m²·d); Irrelevanzschwelle: 10,5 mg/(m²·d)
(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2021)

Anhang 2: Grundlagen zur Ermittlung der Emissionen

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

A2.1 Umschlagvorgänge

A2.1.1 Emissionsfaktoren

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

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

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

mit:

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

$\dot{M}$ = Durchsatz in t/h

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

Der Gewichtungsfaktor a errechnet sich aus

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

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

Tabelle A2-1: Staubneigung

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

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

Aufnahme und Aufhaldung von Schüttgütern

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

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

mit:

q_{norm} = auf ρ_S = 1 t_{Gut}/m^3 normierter Emissionsfaktor in [$g/t_{Gut} \cdot m^3/t_{Gut}$]

ρ_S = Schüttgutdichte in [t_{Gut}/m^3] des Einsatzstoffes

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

Abwurf von Schüttgütern

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

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

mit:

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

H = Fallhöhe des Materials

q_{norm} = auf ρ_S = 1 t_{Gut}/m^3 normierter Emissionsfaktor in [$g/t_{Gut} \cdot m^3/t_{Gut}$].
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 [t_{Gut}/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

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

- Bei den angelieferten Abfällen der Materialgruppe **Böden/Mineralik** handelt es sich um Erdaushub in erdfeuchtem Zustand, der direkt von Baustellen angeliefert wird. Für erdfeuchtes Material sieht die VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 die Staubneigungsklasse 2 vor, die entsprechend für das frisch angelieferte Material angesetzt wird.
- Die Lagerung der **Böden/Mineralik** in den Inputhalden kann zu einer oberflächlichen Abtrocknung und damit zu einer Erhöhung der Staubungsneigung führen. Zur Berücksichtigung dieses Sachverhalts wird ein Mittelwert zwischen den Klassen 2 ('nicht wahrnehmbar') und 3 ('schwach staubend') von 2,5 angesetzt. Diese Staubneigung wird auch für die in der Deponie einzubauenden Abfälle angesetzt.
- Für **Altholz** wird konservativ die Staubneigungsklasse 2,5 angesetzt. Üblicherweise ist die Staubneigung von Altholz geringer, da es sich nicht um ein typisches staubendes Schüttgut wie Dünger, Feinerz, Getreide usw. handelt. Beim Umschlag von Altholz können lediglich die anhaftenden Verunreinigungen zu Staubemissionen führen. Mit dem gewählten Ansatz werden einzelne Chargen berücksichtigt, die ggf. stärker stauben.
- Mineralischen Materialien (bestehend aus z. B. Bauschutt, Kies, Geröll, Sande, Steine und weitere mineralische Stoffe) werden in der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 in der Regel Staubneigungen zwischen 2 ('nicht wahrnehmbar') und 3 ('schwach staubend') zugeordnet. Die Staubneigung 3 wird konservativ für die Materialgruppen
  - **Bauschutt** und
  - **Baustellenmischabfälle**

  angesetzt.
- Die Staubneigungsklasse der **Schrotte** wird entsprechend den Vorgaben des Landesamts für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) mit 2 angesetzt. Die geringere Staubneigung einzelner NE-Fraktionen wird konservativ nicht berücksichtigt.

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

Tabelle A2-2: Durchsatzmengen und Materialparameter der RC-Anlage

Material	Schütt-dichte	Umschlag-menge	Bemerkung	Staubnei-gung
	t/m³	t/a		
Böden/Mineralik ≥ Z1.2	1,7	60.000	• Anlieferung an Halle Nr. 7 • Sieben in Halle Nr. 7	2,5*

Material	Schütt-dichte	Umschlag-menge	Bemerkung	Staubnei-gung
	t/m³	t/a		
			• Abtransport von Halle Nr. 7	
Böden/Mineralik ≤ Z1.1	1,7	30.000	• Anlieferung an Fläche Nr. 4 • Sieben auf Fläche Nr. 4 • Transfer zu Deponie	2,5*
Böden/Mineralik ≤ Z1.1	1,7	10.000	• Anlieferung an Fläche Nr. 4 • Sieben auf Fläche Nr. 4 • Abtransport von Fläche Nr. 4	2,5*
Altholz	0,3	20.000	• Anlieferung an Halle Nr. 9 • Schreddern und Sieben in Halle Nr. 9 • Abtransport von Halle Nr. 9	2,5
Bauschutt ≤ Z1.1	1,8	85.000	• Anlieferung an Fläche Nr. 1 • Brechen auf Fläche Nr. 2 • Abtransport von Fläche Nr. 3	3
Bauschutt ≥ Z1.2	1,8	40.000	• Anlieferung an Halle Nr. 7 • Brechen in Halle Nr. 7 • Abtransport von Halle Nr. 7	3
Altmetalle	0,35	5.000	• Anlieferung an Fläche Nr. 6 • Abtransport von Fläche Nr. 6	2
Baustellenmischabfälle	0,1	2.000	• Anlieferung in Halle Nr. 8 • Abtransport von Halle Nr. 8	3
Summe		**252.000**		

* Es wird erdfeuchtes Material der Staubneigungsklasse 2 angeliefert.

Tabelle A2-3: Durchsatzmengen und Materialparameter der DK0-Deponie

Material	Schütt-dichte	Umschlag-menge	Bemerkung	Staubnei-gung
	t/m³	t/a		
Böden/Mineralik ≤ Z1.1	1,7	30.000	• Transfer von RC-Fläche Nr. 4	2,5
Böden/Mineralik ≤ Z1.1	1,7	33.000	• Anlieferung an Deponie von extern	2,5
Summe		**63.000**		

Zur Berechnung der Staubemissionen werden darüber hinaus folgende Ansätze getroffen:

- Der emissionsmindernde Effekt der Hallen 7, 8 und 9 wird über den Umfeldfaktor k_U wie folgt angesetzt:
  - Halle 7: k_U = 0,4
  - Halle 8: k_U = 0,7

- Halle 9: k_U = 0,7

- Der Einsatz des Radladers im Verfüllbereich der Deponie wird nach Betreiberangaben mit maximal 10 % des Jahresdurchsatzes angesetzt.
- Beim Verteilen des Einbaumaterials auf der Deponie mittels Raupe werden nur in geringem Maße Staubemissionen freigesetzt. Im Sinne einer konservativen Emissionsabschätzung wird dieser Vorgang als 'Aufnahme mit Schaufellader' im Sinne der VDI-Richtlinie 3790 Blatt 3 angenähert.
- Der PM_{10}-Anteil (Staubkorngrößen kleiner als 10 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.

A2.2 Fahrbewegungen auf befestigtem Untergrund

Für asphaltierte oder vergleichbar befestigte Fahrwege sind in der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4:2018-09 (2018) Berechnungsformeln zur Ermittlung der Staubemissionen angegeben.

Die Staubemissionen werden durch folgende Vorgänge verursacht:

a) Emissionen aufgrund von Staubaufwirbelungen beim Fahren,

b) Abgas- bzw. Motoremissionen und

c) Emissionen durch Abrieb bei Bremsvorgängen, von den Reifen und vom Straßenbelag.

a.) Emissionsfaktoren durch Aufwirbelungen

Eingangsgrößen für die Berechnung sind:

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

sowie empirische korngrößenabhängige Parameter.

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 Lkw-Fahrten kann nach Angaben von Strobl & Kuntner (2014) konservativ eine Feinkornauflage von 5 g/m² abgeschätzt werden, die einer 'mäßigen' Staubbeladung mit sichtbarer Staubentwicklung entspricht.

Die Zufahrtstraße ist deutlich sauberer, so dass hier die Staubbeladung mit 2 g/m² konservativ angesetzt werden kann.

Als **Emissionsminderungsmaßnahme** wird gemäß VDI 3790 Blatt 4 die Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit von 30 km/h auf 20 km/h über eine Kennzahl zur Maßnahmenwirksamkeit von 0,2 für Fahrten auf dem Betriebsgelände berücksichtigt.

Die Anzahl der **Niederschlagstage** (Tage mit täglichen Niederschlagsmengen über 1 mm) liegt entsprechend VDI-Richtlinie 3790 Blatt 4 Bild A1 zwischen 131 und 140 Niederschlagstagen pro Jahr. Für die Prognose werden konservativ 130 Niederschlagstage angesetzt.

Für Radladerfahrten wird die Anzahl der Niederschlagstage auf Null gesetzt, da sich die Radlader häufig niederschlagsgeschützt innerhalb der Hallen bewegen.

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

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

E in g/(km·Fzg.)	Emissionsfaktor für die Staubaufwirbelung aufgrund von Fahrbewegungen
k_{Kgv}	Faktor zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung (siehe Tabelle A2-4)
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 letzten Term einen Faktor von 1/3, da Asphaltflächen relativ schnell abtrocknen und die Flächen nicht während des ganzen Tages feucht sind.

Tabelle A2-4: 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 auf. Die Emissionsmassenströme können Anhang 3 entnommen werden.

Tabelle A2-5: Berechnung des Emissionsfaktors für befestigte Fahrwege je Fahrzeug nach VDI 3790, Blatt 4.

Bezeichnung		Lkw Betr.-Gelände	Lkw Zufahrt	Radlader
Leergewicht, Flottenmittel (t)		15,6	15,6	27,5
Zuladung, Flottenmittel (t)		23,1	23,1	6,8
mittleres Gewicht W (t)		27,2	27,2	30,9
Anzahl der Regentage mit Regenmenge > 1 mm p		130	130	0
Schluff-Auflage des Fahrbahnbelags sL (g/m²)		5	2	5
Längenbezogene Emissionsfaktoren (g/km) E	$PM_{2,5}$:	18	8	24
	PM_{10}:	76	33	98
	PM_{30}:	394	171	510
Emissionen (g/km)	pm-1:	18	8	24
	pm-2:	57	25	74
	pm-u:	319	138	412
Zwischensumme:		394	171	510
k_M für Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit		0,2	0	0,2
Emissionen (g/km)	pm-1:	15	8	19
	pm-2:	46	25	59
	pm-u:	255	138	329
Summe:		**315**	**171**	**408**

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 A2-6: Emissionsfaktoren durch Abrieb nach EMEP/EEA (2016) in g/(Lkw·km).

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

d.) Zusammenfassende Darstellung der Emissionsfaktoren

Aus den oben dargestellten Berechnungsansätzen berechnen sich die in Tabelle A2-7 zusammengefassten Emissionsfaktoren:

*Tabelle A2-7: Emissionsfaktoren der **Lkw auf dem Betriebsgelände** in g/(Lkw·km).*

Emissionsquelle	Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Aufwirbelungen (VDI 3790 Blatt 4)	14,65	45,90	254,91	315,46
Motoremissionen (HBEFA, 2017)	0,340	-	-	0,340
Abriebe (EMEP/EEA, 2016)	0,052	0,045	0,057	0,154
Gesamt	**15,0**	**45,9**	**255,0**	**316,0**

*Tabelle A2-8: Emissionsfaktoren der **Lkw auf dem Zufahrtsweg** in g/(Lkw·km).*

Emissionsquelle	Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Aufwirbelungen (VDI 3790 Blatt 4)	7,95	24,92	138,41	171,29
Motoremissionen (HBEFA, 2017)	0,340	-	-	0,340
Abriebe (EMEP/EEA, 2016)	0,052	0,045	0,057	0,154
Gesamt	**8,3**	**25,0**	**138,5**	**171,8**

*Tabelle A2-9: Emissionsfaktoren der **Radlader** in g/(Lkw·km).*

Emissionsquelle	Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Aufwirbelungen (VDI 3790 Blatt 4)	18,93	59,32	329,44	407,69
Motoremissionen (HBEFA, 2017)	0,340	-	-	0,340
Abriebe (EMEP/EEA, 2016)	0,052	0,045	0,057	0,154
Gesamt	**19,3**	**59,4**	**329,5**	**408,2**

A2.3 Fahrbewegungen auf unbefestigten Fahrwegen

Der Fahrweg zur Deponie ist unbefestigt (siehe Abbildung 3-1 auf S. 10). Für solche Fahrwege sind in der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 4:2018-09 (2018) unter Nr. 7.1 Berechnungsformeln zur Ermittlung der Staubemissionen angegeben.

Die Staubemissionen werden durch folgende Vorgänge verursacht:

a) Emissionen aufgrund von Staubaufwirbelungen beim Fahren,

b) Abgas- bzw. Motoremissionen und

c) Emissionen durch Abrieb bei Bremsvorgängen, von den Reifen und vom Straßenbelag.

a.) Emissionsfaktoren durch Aufwirbelungen

Eingangsgrößen für die Berechnung sind:

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

sowie empirische korngrößenabhängige Parameter.

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

Die **Fahrzeuggewichte** sind in Tabelle A2-10 aufgeführt. Für die Raupe wird konservativ das Gewicht eines Radladers angesetzt.

Tabelle A2-10: Durchschnittliche Gewichte der eingesetzten Fahrzeuge in t

Fahrzeug	Leergewicht	Zuladung	Gesamtgewicht	mittleres Gewicht
LKW	15,6	23,1	38,7	27,2
Raupe/Radlader	27,5	6,8	34,3	30,9

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 (2018) die Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit entsprechend den Ausführungen von Kühn (2002) berücksichtigt. Demnach steigt die Staubemission exponentiell mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit an, so dass eine Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit auf 20 km/h einer Maßnahmenzahl k_M von 2/3 entspricht. Im vorliegenden Fall wird konservativ eine Maßnahmenwirksamkeit von 0,5 für Lkw- und Raupen-/Radladerfahrten berücksichtigt.

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

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

E in g/(m · Fzg)	Emissionsfaktor für die Staubaufwirbelung aufgrund von Fahrbewegungen
k_{Kgv}	Faktor zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung (siehe Tabelle A2-11)
a, b	Korngrößenabhängige Exponenten (siehe Tabelle A2-11)
s in %	Feinkornanteil des Straßenmaterials < 75 µm (bezogen auf Gesamt-Staubbeladung)
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 A2-11: Korngrößenabhängige Exponenten

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

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

Tabelle A2-12: Parameter zur Berechnung des Emissionsfaktors

Bezeichnung	LKW	Raupe/Radlader
Leergewicht (t)	15,6	27,5
Zuladung (t)	23,1	6,8
mittleres Gewicht W (t)	27,2	30,9
Anzahl der Regentage mit Regenmenge > 0,1 mm p	130	130
Feinkornanteil des Straßenmaterials *sL* (%)	8,0	8,0
Längenbezogene Emissionsfaktoren (g/km) q_T $PM_{2,5}$:	53	56
PM_{10}:	533	565
PM_{30}:	1.893	2.005
Emissionen ohne k_M (g/km) pm-1:	53	56
pm-2:	480	509
pm-u:	1.360	1.440
k_M für Befeuchtung	0	0
k_M für Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit	0,5	0,5
Emissionen (g/km) pm-1:	27	28
pm-2:	240	254
pm-u:	680	720
Summe (g/km)	**946**	**1.002**

b.) Dieselmotoremissionen

Die LKW-bedingten Abgasemissionen sind in Abschnitt A2.2 b.) auf S. 57 erläutert.

c.) Emissionen durch Abrieb

Die Emissionen durch Abriebe (Reifenabrieb, Straßenabrieb, Bremsabrieb) sind in Abschnitt A2.2 c.) auf S. 58 erläutert.

d.) Zusammenfassende Darstellung der Emissionsfaktoren

Aus den oben dargestellten Berechnungsansätzen berechnen sich die folgenden Emissionsfaktoren:

Tabelle A2-13: Emissionsfaktoren der Lkw in g/(LKW·km).

Emissionsquelle	Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Aufwirbelungen (VDI 3790 Blatt 4)	26,54	240,15	679,80	946,49
Motoremissionen (UBA, 2010)	0,340	-	-	0,340
Abriebe (EMEP/EEA, 2016)	0,052	0,045	0,057	0,154
Gesamt	**26,9**	**240,2**	**679,9**	**947,0**

Tabelle A2-14: Emissionsfaktoren der Raupe/Radlader in g/(LKW·km).

Emissionsquelle	Korngrößenklasse			Gesamt
	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm	
Aufwirbelungen (VDI 3790 Blatt 4)	28,11	254,34	719,95	1002,40
Motoremissionen (UBA, 2010)	0,340	-	-	0,340
Abriebe (EMEP/EEA, 2016)	0,052	0,045	0,057	0,154
Gesamt	**28,5**	**254,4**	**720,0**	**1002,9**

Anhang 3: Emissionsmassenströme

Umschlag:

Umschlag Böden/Mineralik,

Stoff	Volumen	Menge	Staub-neigung	Verstaubungs-koeffizient a	Abwurf-höhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{umfeld}	Schütt-dichte	Minderung	Emissions-faktor	Umschlag-menge	**Emission**
	m³	t			m				t/m³		g/t	t/a	**kg/a**
Abwurf aus LKW:													
Böden/Mineralik <= Z1.1	15	25	2	10	1	0.42	1.5	1.00	1.70	0%	2.9	30 000	**87**
Böden/Mineralik <= Z1.1	15	25	2	10	1	0.42	1.5	1.00	1.70	0%	2.9	10 000	**29**
Aufnahme Radlader für Behandlung:													
Böden/Mineralik <= Z1.1		100*	2.5	18	-	-	-	0.90	1.70	0%	7.3	40 000	**294**
-> BEHANDLUNG ->													
Abwurf Radlader auf Halde:													
Böden/Mineralik <= Z1.1	4.0	6.8	2.5	18	1	0.42	1.5	0.90	1.70	0%	8.9	40 000	**355**
Aufnahme Radlader:													
Böden/Mineralik <= Z1.1		100*	2.5	18	-	-	-	0.90	1.70	0%	7.3	40 000	**294**
Abwurf Radlader in LKW:													
Böden/Mineralik <= Z1.1	4.0	6.8	2.5	18	1	0.42	1.5	0.90	1.70	0%	8.9	40 000	**355**

Quelle: Nr. 4 **Summe: 1 414**

Behandlung Böden/Mineralik, Nr. 4

Stoff	Volumen	Menge	Staub-neigung	Verstaubungs-koeffizient a	Abwurf-höhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{umfeld}	Schütt-dichte	Minderung	Emissions-faktor	Umschlag-menge	**Emission**
	m³	t o. t/h			m				t/m³		g/t	t/a	**kg/a**
Abwurf Radlader in Sieb::													
Böden/Mineralik <= Z1.1	4.0	6.8	2.5	18	1	0.42	1.5	0.90	1.70	0%	8.9	40 000	**355**
Siebung:													
Böden/Mineralik <= Z1.1		200	2.5	18	0.5	0.18	1.0	0.90	1.70	0%	14.2	40 000	**567**
Bandabwurf Siebfraktionen:													
Böden/Mineralik <= Z1.1	90%	180	2.5	18	1.5	0.70	1.0	0.90	1.70	0%	59.0	36 000	**2 122**
Böden/Mineralik <= Z1.1	10%	20	2	10	1.5	0.70	1.0	0.90	1.70	0%	99.5	4 000	**398**
Aufnahme Radlader:													
Böden/Mineralik <= Z1.1		100*	2.5	18	-	-	-	0.90	1.70	0%	7.3	40 000	**294**

Quelle: Nr. 4 **Summe: 3 736**

Umschlag Böden/Mineralik,

Stoff	Volumen	Menge	Staub-neigung	Verstaubungs-koeffizient a	Abwurf-höhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{umfeld}	Schütt-dichte	Minderung	Emissions-faktor	Umschlag-menge	**Emission**
	m³	t			m				t/m³		g/t	t/a	**kg/a**
Abwurf aus LKW:													
Böden/Mineralik >= Z1.2	15	25	2	10	1	0.42	1.5	0.40	1.70	0%	1.2	60 000	**69**
Aufnahme Radlader für Behandlung:													
Böden/Mineralik >= Z1.2		100*	2.5	18	-	-	-	0.36	1.70	0%	2.9	60 000	**176**
->BEHANDLUNG->													
Abwurf Radlader auf Halde:													
Böden/Mineralik >= Z1.2	4.0	6.8	2.5	18	1	0.42	1.5	0.36	1.70	0%	3.6	60 000	**213**
Aufnahme Radlader:													
Böden/Mineralik >= Z1.2		100*	2.5	18	-	-	-	0.36	1.70	0%	2.9	60 000	**176**
Abwurf Radlader in LKW:													
Böden/Mineralik >= Z1.2	4.0	6.8	2.5	18	1	0.42	1.5	0.36	1.70	0%	3.6	60 000	**213**

Quelle: Nr. 7 **Summe: 848**

Behandlung Böden/Mineralik, Nr. 7

Stoff	Volumen	Menge	Staub-neigung	Verstaubungs-koeffizient a	Abwurf-höhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{umfeld}	Schütt-dichte	Minderung	Emissions-faktor	Umschlag-menge	**Emission**
	m³	t o. t/h			m				t/m³		g/t	t/a	**kg/a**
Abwurf Radlader in Sieb::													
Böden/Mineralik >= Z1.2	4.0	6.8	2.5	18	1	0.42	1.5	0.36	1.70	0%	3.6	60 000	**213**
Siebung:													
Böden/Mineralik >= Z1.2		200	2.5	18	0.5	0.18	1.0	0.36	1.70	0%	5.7	60 000	**340**
Bandabwurf Siebfraktionen:													
Böden/Mineralik >= Z1.2	90%	180	2.5	18	1.5	0.70	1.0	0.36	1.70	0%	23.6	54 000	**1 273**
Böden/Mineralik >= Z1.2	10%	20	2.5	18	1.5	0.70	1.0	0.36	1.70	0%	70.7	6 000	**424**
Aufnahme Radlader:													
Böden/Mineralik >= Z1.2		100*	2.5	18	-	-	-	0.36	1.70	0%	2.9	60 000	**176**

Quelle: Nr. 7 **Summe: 2 427**

Umschlag Altholz, Nr. 9

Stoff	Volumen	Menge	Staub-neigung	Verstaubungs-koeffizient a	Abwurf-höhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{umfeld}	Schütt-dichte	Minderung	Emissions-faktor	Umschlag-menge	**Emission**
	m³	t			m				t/m³		g/t	t/a	**kg/a**
Abwurf aus LKW:													
Altholz	47	14	2.5	18	1	0.42	1.5	0.70	0.30	0%	0.8	20 000	**17**
Aufnahme Bagger-Greifer für Behandlung:													
Altholz		700**	2.5	18	-	-	-	0.63	0.30	0%	0.3	20 000	**7**
->BEHANDLUNG->													
Abwurf Radlader auf Halde:													
Altholz	4.0	1.2	2.5	18	1	0.42	1.5	0.63	0.30	0%	2.6	20 000	**52**
Aufnahme Radlader:													
Altholz		100*	2.5	18	-	-	-	0.63	0.30	0%	0.9	20 000	**18**
Abwurf Radlader in LKW:													
Altholz	4.0	1.2	2.5	18	1	0.42	1.5	0.63	0.30	0%	2.6	20 000	**52**

Quelle: Nr. 9 **Summe: 146**

Behandlung Altholz, Nr. 9

Stoff	Volumen	Menge	Staub-neigung	Verstaubungs-koeffizient a	Abwurf-höhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{umfeld}	Schütt-dichte	Minderung	Emissions-faktor	Umschlag-menge	**Emission**
	m³	t o. t/h			m				t/m³		g/t	t/a	**kg/a**
Abwurf Bagger-Greifer in Schredder:													
Altholz	2.0	0.6	2.5	18	1	0.42	2.0	0.90	0.30	0%	7.0	20 000	**141**
Schreddern:													
Altholz		15	2.5	18	0.5	0.18	1.0	0.90	0.30	70%***	2.7	20 000	**55**
Bandübergabe von Schredder in Sieb:													
Altholz		15	2.5	18	0.5	0.18	1.0	0.90	0.30	70%***	2.7	20 000	**55**
Siebung:													
Altholz		15	2.5	18	0.5	0.18	1.0	0.90	0.30	70%***	2.7	20 000	**55**
Bandabwurf Siebfraktionen:													
Altholz	90%	14	2.5	18	1.5	0.70	1.0	0.90	0.30	0%	38.0	18 000	**684**
Altholz	10%	2	2.5	18	1.5	0.70	1.0	0.90	0.30	0%	114.0	2 000	**228**
Aufnahme Radlader:													
Altholz		100*	2.5	18	-	-	-	0.90	0.30	0%	1.3	20 000	**26**

*** Befeuchtung **Quelle: Nr. 9** **Summe: 1 243**

Input Bauschutt, Nr. 1

Stoff	Volumen	Menge	Staub-neigung	Verstaubungs-koeffizient a	Abwurf-höhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{umfeld}	Schütt-dichte	Minderung	Emissions-faktor	Umschlag-menge	**Emission**
	m³	t			m				t/m³		g/t	t/a	**kg/a**
Abwurf aus LKW:													
Bauschutt <= Z1.1	14	25	3	32	1	0.42	1.5	1.00	1.80	0%	9.7	85 000	**824**
Aufnahme Zange zur Vorzerkleinerung:													
Bauschutt <= Z1.1		100*	3	32	-	-	-	0.90	1.80	0%	13.8	13 000	**180**
Abwurf Zange:													
Bauschutt <= Z1.1	2.0	3.6	3	32	1	0.42	1.5	0.90	1.80	0%	23.0	13 000	**299**
Aufnahme Löffelbagger für Behandlung:													
Bauschutt <= Z1.1		100*	3	32	-	-	-	0.90	1.80	0%	13.8	85 000	**1 176**

Quelle: Nr. 1 **Summe: 2 478**

Behandlung Bauschutt, Nr. 2

Stoff	Volumen	Menge	Staub-neigung	Verstaubungs-koeffizient a	Abwurf-höhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{umfeld}	Schütt-dichte	Minderung	Emissions-faktor	Umschlag-menge	**Emission**
	m³	t o. t/h			m				t/m³		g/t	t/a	**kg/a**
Abwurf Löffelbagger in Brecher:													
Bauschutt <= Z1.1	2.0	3.6	3	32	1	0.42	1.5	0.90	1.80	70%***	6.9	85 000	**586**
10 % Rücklauf Überkorn in Brecher:													
Bauschutt <= Z1.1		20	3	32	0.5	0.18	1.0	0.90	1.80	70%***	25.3	8 500	**215**
Brechvorgang/-austrag (wie Abwurf):													
Bauschutt <= Z1.1		200	3	32	0.5	0.18	1.0	0.90	1.80	70%***	8.0	85 000	**680**
Bauschutt <= Z1.1		20	3	32	0.5	0.18	1.0	0.90	1.80	70%***	25.3	8 500	**215**
30 % Bandabwurf aus Brecher:													
Bauschutt <= Z1.1		200	3	32	1.5	0.70	1.0	0.90	1.80	70%***	31.6	25 500	**806**
30 % Aufnahme Radlader:													
Bauschutt <= Z1.1		100*	3	32	-	-	-	0.90	1.80	0%	13.8	25 500	**353**
70 % Bandübergabe von Brecher auf Band:													
Bauschutt <= Z1.1		200	3	32	0.5	0.18	1.0	0.90	1.80	70%***	8.0	59 500	**476**

*** Befeuchtung **Quelle: Nr. 2** **Summe: 3 331**

Output Bauschutt, Nr. 3

Stoff	Volumen	Menge	Staub-neigung	Verstaubungs-koeffizient a	Abwurf-höhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{umfeld}	Schütt-dichte	Minderung	Emissions-faktor	Umschlag-menge	**Emission**
	m³	t			m				t/m³		g/t	t/a	**kg/a**
30 % Abwurf Radlader auf Halde:													
Bauschutt <= Z1.1	4.0	7.2	3	32	1	0.42	1.5	0.90	1.80	0%	16.3	25 500	**415**
70 % Bandabwurf:													
Bauschutt <= Z1.1		200	3	32	1.5	0.70	1.0	0.90	1.80	70%***	31.6	59 500	**1 880**
Aufnahme Radlader:													
Bauschutt <= Z1.1		100*	3	32	-	-	-	0.90	1.80	0%	13.8	85 000	**1 176**
Abwurf Radlader in LKW:													
Bauschutt <= Z1.1	4.0	7.2	3	32	1	0.42	1.5	0.90	1.80	0%	16.3	85 000	**1 382**

Quelle: Nr. 3 **Summe: 4 852**

Umschlag Bauschutt, Nr. 7

Stoff	Volumen	Menge	Staub-neigung	Verstaubungs-koeffizient a	Abwurf-höhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{umfeld}	Schütt-dichte	Minderung	Emissions-faktor	Umschlag-menge	**Emission**
	m³	t			m				t/m³		g/t	t/a	**kg/a**
Abwurf aus LKW:													
Bauschutt >= Z1.2	14	25	3	32	1	0.42	1.5	0.40	1.80	0%	3.9	40 000	**155**
Aufnahme Löffelbagger für Behandlung:													
Bauschutt >= Z1.2		100*	3	32	-	-	-	0.36	1.80	0%	5.5	40 000	**221**
-> BEHANDLUNG ->													
30 % Abwurf Radlader auf Halde:													
Bauschutt >= Z1.2	4.0	7.2	3	32	1	0.42	1.5	0.36	1.80	0%	6.5	12 000	**78**
70 % Bandabwurf:													
Bauschutt >= Z1.2		200	3	32	1.5	0.70	1.0	0.36	1.80	70%***	12.6	28 000	**354**
Aufnahme Radlader:													
Bauschutt >= Z1.2		100*	3	32	-	-	-	0.36	1.80	0%	5.5	40 000	**221**
Abwurf Radlader in LKW:													
Bauschutt >= Z1.2	4.0	7.2	3	32	1	0.42	1.5	0.36	1.80	0%	6.5	40 000	**260**

Quelle: Nr. 7 **Summe: 1 290**

Behandlung Bauschutt, Nr. 7

Stoff	Volumen	Menge	Staub-neigung	Verstaubungs-koeffizient a	Abwurf-höhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{umfeld}	Schütt-dichte	Minderung	Emissions-faktor	Umschlag-menge	**Emission**
	m³	t o. t/h			m				t/m³		g/t	t/a	**kg/a**
Abwurf Löffelbagger in Brecher:													
Bauschutt >= Z1.2	2.0	3.6	3	32	1	0.42	1.5	0.36	1.80	70%***	2.8	40 000	**110**
10 % Rücklauf Überkorn in Brecher:													
Bauschutt >= Z1.2		20	3	32	0.5	0.18	1.0	0.36	1.80	70%***	10.1	4 000	**40**
Brechvorgang/-austrag (wie Abwurf):													
Bauschutt >= Z1.2		200	3	32	0.5	0.18	1.0	0.36	1.80	70%***	3.2	40 000	**128**
Bauschutt >= Z1.2		20	3	32	0.5	0.18	1.0	0.36	1.80	70%***	10.1	4 000	**40**
30 % Bandabwurf aus Brecher:													
Bauschutt >= Z1.2		200	3	32	1.5	0.70	1.0	0.36	1.80	70%***	12.6	12 000	**152**
30 % Aufnahme Radlader:													
Bauschutt >= Z1.2		100*	3	32	-	-	-	0.36	1.80	0%	5.5	12 000	**66**
70 % Bandübergabe von Brecher auf Band:													
Bauschutt >= Z1.2		200	3	32	0.5	0.18	1.0	0.36	1.80	70%***	3.2	28 000	**90**

*** Befeuchtung **Quelle: Nr. 7** **Summe: 627**

Umschlag Altmetalle, Nr. 6

Stoff	Volumen	Menge	Staub-neigung	Verstaubungs-koeffizient a	Abwurf-höhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{umfeld}	Schütt-dichte	Minderung	Emissions-faktor	Umschlag-menge	**Emission**
	m³	t			m				t/m³		g/t	t/a	**kg/a**
Abwurf aus LKW:													
Altmetalle	40	14	2	10	1	0.42	1.5	1.00	0.35	0%	0.8	5 000	**4**
Aufnahme Bagger-Greifer:													
Altmetalle		700**	2	10	-	-	-	0.90	0.35	0%	0.3	5 000	**2**
Abwurf Bagger-Greifer in LKW:													
Altmetalle	2.0	0.7	2	10	1	0.42	2.0	0.90	0.35	0%	4.3	5 000	**21**

Quelle: Nr. 6 **Summe: 27**

Umschlag
Baustellenmischabfälle, Nr. 8

Stoff	Volumen	Menge	Staub-neigung	Verstaubungs-koeffizient a	Abwurf-höhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{umfeld}	Schütt-dichte	Minderung	Emissions-faktor	Umschlag-menge	**Emission**
	m³	t			m				t/m³		g/t	t/a	**kg/a**
Abwurf aus LKW:													
Baustellenmischabfälle	70	7	3	32	1	0.42	1.5	0.70	0.10	0%	0.7	2 000	**1**
Aufnahme Bagger-Greifer:													
Baustellenmischabfälle		700**	3	32	-	-	-	0.63	0.10	0%	0.2	2 000	**0**
Abwurf Bagger-Greifer in LKW:													
Baustellenmischabfälle	1.0	0.1	3	32	1	0.42	2.0	0.63	0.10	0%	7.2	2 000	**14**
												Quelle: Nr. 8	**Summe: 16**

Einbau Deponie

Stoff	Volumen	Menge	Staub-neigung	Verstaubungs-koeffizient a	Abwurf-höhe	K_H	$K_{Gerät}$	K_{umfeld}	Schütt-dichte	Minderung	Emissions-faktor	Umschlag-menge	**Emission**
	m³	t			m				t/m³		g/t	t/a	**kg/a**
Abwurf aus LKW:													
Böden/Mineralik <= Z1.1	15	25	2.5	18	1	0.42	1.5	1.00	1.70	0%	5.1	30 000	**154**
Böden/Mineralik <= Z1.1	15	25	2.5	18	1	0.42	1.5	1.00	1.70	0%	5.1	33 000	**170**
10 % Aufnahme Radlader:													
Deponieeinbau		100*	2.5	18	-	-	-	0.90	1.70	0%	7.3	6 300	**46**
10 % Abwurf Radlader:													
Deponieeinbau	4.0	6.8	2.5	18	0.5	0.18	1.5	0.90	1.70	0%	3.7	6 300	**24**
Einbau Raupe:													
Deponieeinbau		100	2.5	18	-	-	-	0.9	1.70	0	7.3	63 000	**462.8**
												Quelle: Deponie	**Summe: 857**

* für den Vorgang 'Aufnahme mit Schaufellader' wird nach VDI 3790, Blatt 3, Bild 7 100 t/Abwurf angesetzt.
*** bei der Berechnung des Emissionsfaktors wurde eine Emissionsminderung von 70 % aufgrund von Befeuchtungsmaßnahmen berücksichtigt

Fahrbewegungen Raupe/Radlader:

Umschlag Böden/Mineralik, Nr. 4

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:									
Böden/Mineralik <= Z1.1	40 000	Radlader_bef	6.8	5 882	50	294	1	408	120
Abwurf Radlader in LKW:									
Böden/Mineralik <= Z1.1	40 000	Radlader_bef	6.8	5 882	20	118	1	408	48
						Quelle:		**Nr. 4**	**Summe: 168**

Behandlung Böden/Mineralik, Nr. 4

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 Sieb::									
Böden/Mineralik <= Z1.1	40 000	Radlader_bef	6.8	5 882	50	294	1	408	120
						Quelle:		**Nr. 4**	**Summe: 120**

Umschlag Böden/Mineralik, Nr. 7

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:									
Böden/Mineralik >= Z1.2	60 000	Radlader_bef	6.8	8 824	50	441	1	163	29
Abwurf Radlader in LKW:									
Böden/Mineralik >= Z1.2	60 000	Radlader_bef	6.8	8 824	20	176	1	163	12
						Quelle:		**Nr. 7**	**Summe: 40**

Behandlung Böden/Mineralik, Nr. 7

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 Sieb::									
Böden/Mineralik >= Z1.2	60 000	Radlader_bef	6.8	8 824	50	441	1	163	29
						Quelle:		**Nr. 7**	**Summe: 29**

Umschlag Altholz, Nr. 9

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:									
Altholz	20 000	Radlader_bef	1.2	16 667	50	833	1	286	238
Abwurf Radlader in LKW:									
Altholz	20 000	Radlader_bef	1.2	16 667	20	333	1	286	67
						Quelle:		**Nr. 9**	**Summe: 305**

Output Bauschutt, Nr. 3

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**
30 % Abwurf Radlader auf Halde:									
Bauschutt <= Z1.1	25 500	Radlader_bef	7.2	3 542	50	177	1	408	72
Abwurf Radlader in LKW:									
Bauschutt <= Z1.1	85 000	Radlader_bef	7.2	11 806	20	236	1	408	96
						Quelle:		**Nr. 3**	**Summe: 169**

Umschlag Bauschutt, Nr. 7

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**
30 % Abwurf Radlader auf Halde:									
Bauschutt >= Z1.2	12 000	Radlader_bef	7.2	1 667	50	83	1	163	5
Abwurf Radlader in LKW:									
Bauschutt >= Z1.2	40 000	Radlader_bef	7.2	5 556	20	111	1	163	7
						Quelle:		**Nr. 7**	**Summe: 13**

Einbau Deponie

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**
Deponieeinbau	6 300	Radlader_unbef	6.8	926	30	28	1	1 003	28
Raupenfahrt:									
Deponieeinbau	63 000	Radlader_unbef	5.1	12 353	30	371	1	1 003	372
						Quelle:		**Deponie**	**Summe: 400**

Fahrbewegungen Lkw:

Umschlag Böden/Mineralik, Nr. 4

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:											
Böden/Mineralik <= Z1.1	Fahrt-Nr4-mitLeerfahrt	i	30 000	LKW_bef	25	1 200	750	900	1	316	284
Böden/Mineralik <= Z1.1	Fahrt-Nr4	i	10 000	LKW_bef	25	400	390	156	1	316	49
Abtransport:											
Böden/Mineralik <= Z1.1	Fahrt-Nr4	o	10 000	LKW_bef	25	400	390	156	1	316	49

Summe: 383

Umschlag Böden/Mineralik, Nr. 7

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:											
Böden/Mineralik >= Z1.2	Fahrt-Nr7	i	60 000	LKW_bef	25	2 400	440	1056	1	316	334
Abtransport:											
Böden/Mineralik >= Z1.2	Fahrt-Nr7	o	60 000	LKW_bef	25	2 400	440	1056	1	316	334

Summe: 667

Umschlag Altholz, Nr. 9

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:											
Altholz	Fahrt-Nr9	i	20 000	LKW_bef	14	1 429	320	457	1	316	144
Abtransport:											
Altholz	Fahrt-Nr9	o	20 000	LKW_bef	14	1 429	320	457	1	316	144

Summe: 289

Input Bauschutt, Nr. 1

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:											
Bauschutt <= Z1.1	Fahrt-Nr1	i	85 000	LKW_bef	25	3 400	230	782	1	316	247

Summe: 247

Output Bauschutt, Nr. 3

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:											
Bauschutt <= Z1.1	Fahrt-Nr3	o	85 000	LKW_bef	25	3 400	250	850	1	316	269

Summe: 269

Umschlag Bauschutt, Nr. 7

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:											
Bauschutt >= Z1.2	Fahrt-Nr7	i	40 000	LKW_bef	25	1 600	440	704	1	316	222
Abtransport:											
Bauschutt >= Z1.2	Fahrt-Nr7	o	40 000	LKW_bef	25	1 600	440	704	1	316	222

Summe: 445

Umschlag Altmetalle, Nr. 6

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:											
Altmetalle	Fahrt-Nr6	i	5 000	LKW_bef	14	357	260	93	1	316	29
Abtransport:											
Altmetalle	Fahrt-Nr6	o	5 000	LKW_bef	14	357	260	93	1	316	29

Summe: 59

Umschlag Baustellenmischabfälle, Nr. 8

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:											
Baustellenmischabfälle	Fahrt-Nr8	i	2 000	LKW_bef	7	286	310	89	1	316	28
Abtransport:											
Baustellenmischabfälle	Fahrt-Nr8	o	2 000	LKW_bef	7	286	310	89	1	316	28

Summe: 56

Einbau Deponie

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:											
Böden/Mineralik <= Z1.1	Deponie-Transit	t	30 000	LKW_bef	25	1 200	600	720	1	316	227
Böden/Mineralik <= Z1.1	Deponie-unbef		30 000	LKW_unbef	25	1 200	610	732	1	947	693
Böden/Mineralik <= Z1.1	Deponie-extern	i	33 000	LKW_bef	25	1 320	520	686	1	316	217
Böden/Mineralik <= Z1.1	Deponie-unbef		33 000	LKW_unbef	25	1 320	610	805	1	947	763

Summe: 1 900

Fahrten Vorbelastung

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:											
Böden/Mineralik <= Z1.1	Einfahrt	i	10 000	LKW_Zufaht	25	400	870	348	1	172	60
Böden/Mineralik >= Z1.2	Einfahrt	i	60 000	LKW_Zufaht	25	2 400	870	2088	1	172	359
Altholz	Einfahrt	i	20 000	LKW_Zufaht	14	1 429	870	1243	1	172	214
Bauschutt <= Z1.1	Einfahrt	i	85 000	LKW_Zufaht	25	3 400	870	2958	1	172	508
Bauschutt >= Z1.2	Einfahrt	i	40 000	LKW_Zufaht	25	1 600	870	1392	1	172	239
Altmetalle	Einfahrt	i	5 000	LKW_Zufaht	14	357	870	311	1	172	53
Baustellenmischabfälle	Einfahrt	i	2 000	LKW_Zufaht	7	286	870	249	1	172	43
Anlieferung:											
Böden/Mineralik <= Z1.1	Einfahrt_mitLeerf	i	30 000	LKW_Zufaht	25	1 200	1 740	2088	1	172	359
Anlieferung:											
Böden/Mineralik <= Z1.1	Einfahrt_mitLeerf	i	33 000	LKW_Zufaht	25	1 320	1 740	2297	1	172	395
Abtransport:											
Böden/Mineralik <= Z1.1	Einfahrt	o	10 000	LKW_Zufaht	25	400	870	348	1	172	60
Böden/Mineralik >= Z1.2	Einfahrt	o	60 000	LKW_Zufaht	25	2 400	870	2088	1	172	359
Altholz	Einfahrt	o	20 000	LKW_Zufaht	14	1 429	870	1243	1	172	214
Bauschutt <= Z1.1	Einfahrt	o	85 000	LKW_Zufaht	25	3 400	870	2958	1	172	508
Bauschutt >= Z1.2	Einfahrt	o	40 000	LKW_Zufaht	25	1 600	870	1392	1	172	239
Altmetalle	Einfahrt	o	5 000	LKW_Zufaht	14	357	870	311	1	172	53
Baustellenmischabfälle	Einfahrt	o	2 000	LKW_Zufaht	7	286	870	249	1	172	43
Abtransport:											
Tonabbau	Einfahrt	o	100 000	LKW_Zufaht	25	4 000	870	3480	1	172	598
Tonabbau	Deponie-extern	o	100 000	LKW_bef	25	4 000	520	2080	1	316	657
Tonabbau	Deponie-unbef	o	100 000	LKW_unbef	25	4 000	610	2440	1	947	2 311

Summe: 7 270

Rtg.: Fahrtrichtung
i - Input
o - Output
t - Transfer

Anhang 4: Ausbreitungsrechnungen

A4.1 Allgemeines

Die Staubimmissionen werden auf Basis von Ausbreitungsrechnungen ermittelt.

Eingangsdaten für das Ausbreitungsmodell sind:

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

Die Emissionen werden im Zeitraum zwischen 6:00 und 19:00 Uhr freigesetzt.

In der Ausbreitungsrechnung für Stäube sind gemäß Kapitel 4 des Anhangs 3 der TA Luft (2002) die trockene Deposition und die Sedimentation zu berücksichtigen. Die Berechnung ist für die in Tabelle 13 des Anhangs 3 der TA Luft angegebenen Größenklassen der Korngrößenverteilung der Stäube durchzuführen, wobei jeweils die angegebenen Werte von Depositionsgeschwindigkeit und Sedimentationsgeschwindigkeit zu verwenden sind. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle A4-1 zusammengefasst.

Tabelle A4-1: Korngrößenabhängige Depositions- und Sedimentationsgeschwindigkeit

	< 2,5 µm	**2,5 bis 10 µm**	**> 10 µm**
Staub-Klasse nach Anhang 3 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

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 „AUSTAL2000“ (Janicke & Janicke (2014)), Version 2.6.11-WI-x vom 02.09.2014, durchgeführt. Dieses Modell entspricht den Anforderungen des Anhangs 3 der TA Luft.

Das Ausbreitungsmodell wird mit der Qualitätsstufe +1 betrieben.

A4.3 Rechengebiet

Die Ausbreitungsrechnung wird für ein Rechengebiet von 2,4 km x 2,4 km durchgeführt.

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

Die Gebietsgröße der einzelnen Gitter wird automatisch von AUSTAL2000 entsprechend den Anforderungen des Anhangs 3 der TA Luft erzeugt. Die Dimensionierung der Rechengitter ist in Tabelle A4-2 aufgeführt.

Tabelle A4-2: Dimensionierung der Modellgitter.

Gitter	Maschenweite	Gebietsgröße	Gitterpunkte
1	2 m	276 m x 272 m	138 x 136
2	4 m	408 m x 424 m	102 x 106
3	8 m	768 m x 672 m	96 x 84
4	16 m	1152 m x 1024 m	72 x 64
5	32 m	1920 m x 1792 m	60 x 56
6	64 m	2432 m x 2432 m	38 x 38

A4.4 Rauigkeitslänge

Als Maß für die Bodenrauigkeit im Beurteilungsgebiet wird die mittlere Rauigkeitslänge z_0 verwendet. Sie wird automatisch vom Modell aus dem CORINE-Kataster des Statistischen Bundesamtes mit im Mittel $z_0 = 0{,}2$ m bestimmt. Diese Rauigkeit stimmt mit den Verhältnissen vor Ort nicht überein, da der Waldanteil auf Teilflächen des Geländes seit Erhebung des Corine-Katasters zugenommen hat. So sind zwischenzeitlich die Flächen östlich von Halle 7 bzw. südlich des Absetzbeckens bewaldet. Auch der Bereich nördlich des VA 1 auf der Dk0-Deponie ist bewaldet oder wird im Zuge des Deponieeinbaus bepflanzt. Aus diesem Grund wird die Rauigkeitsläne um eine Stufe auf $z_0 = 0{,}5$ m angehoben.

A4.5 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten

Nach Nr. 11, Anhang 3 der TA Luft müssen in der Ausbreitungsrechnung die Geländestrukturen berücksichtigt werden, falls innerhalb des Rechengebietes Steigungen von mehr als 1:20 auftreten. Dieses Kriterium wird im Beurteilungsgebiet erfüllt, so dass der Geländeeinfluss zu berücksichtigen ist.

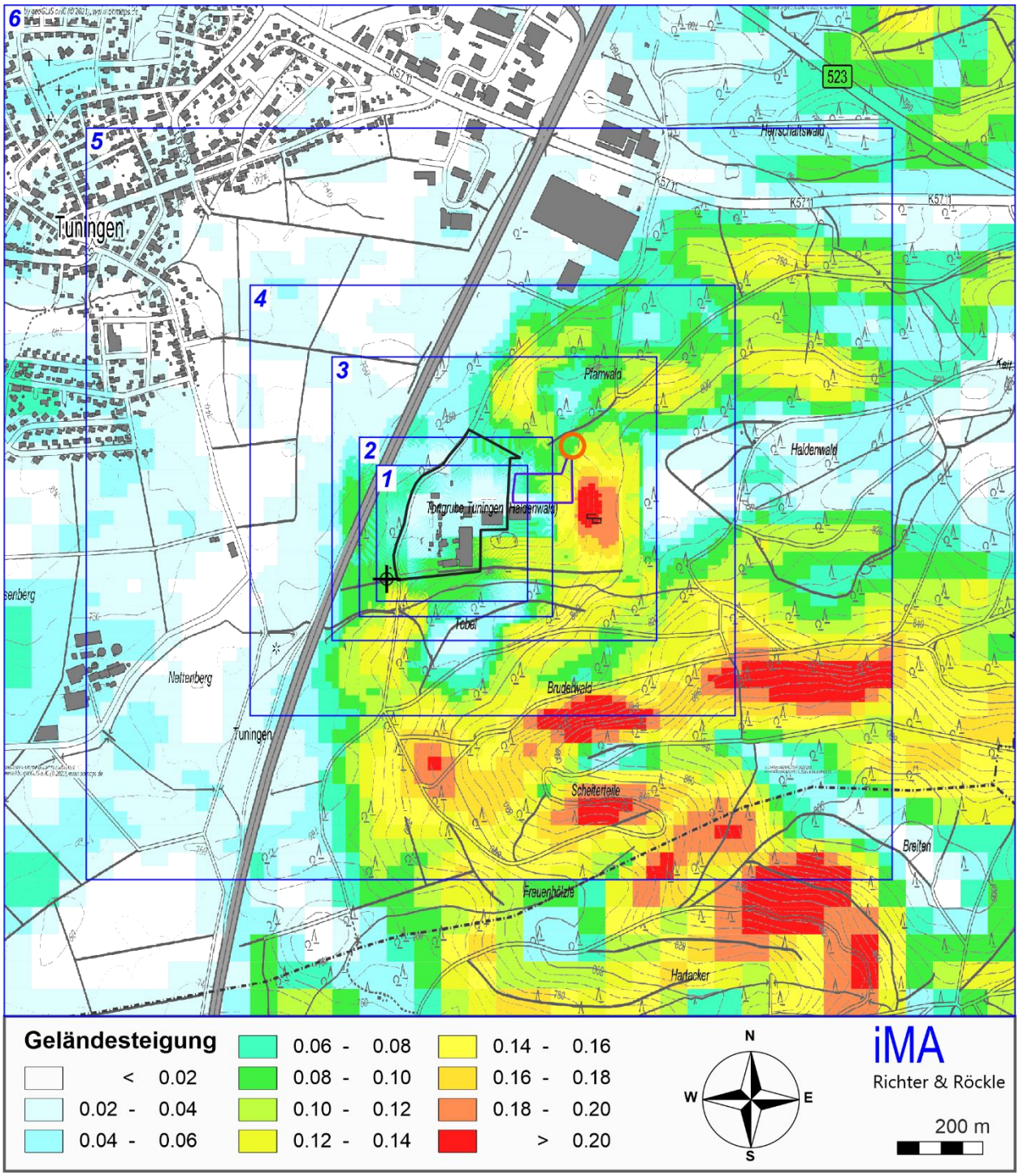

Abbildung A4-1: *Geländesteigung und Lage der Rechengitter im Simulationsgebiet.*
Blau: Lage und Nummer der Rechengitter
Oranger Kreis: Anemometerposition
Schwarzes Kreuz: Koordinatenursprung

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

Gemäß Anhang 3, Nr. 11 der TA Luft können Geländeunebenheiten mit Hilfe des in AUSTAL2000 integrierten mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodells berücksichtigt werden, wenn die Steigung des Geländes den Wert 1:5 (0,20) nicht überschreitet.

Die Geländesteigungen sind in Abbildung A4-1 dargestellt und in der Protokolldatei 'taldia.log' (siehe Anhang 6) dokumentiert.

Östlich des Tonabbaus sowie in größerer Entfernung im Südostteil des Rechengebiets wird das Steigungskriterium überschritten. Diese Bereiche liegen in großer Distanz der Emissionsquellen, der Immissionsorte und der Anemometerposition, so dass die Überschreitung des Kriteriums keinen Einfluss auf das Windfeld hat. Somit kann das diagnostische Windfeldmodell verwendet werden.

Die vom Windfeldmodell ausgewiesene maximale Restdivergenz gibt einen Hinweis auf die Qualität der Windfeldberechnung. Überschreitet die Restdivergenz in einer Gitterzelle den Wert 0,2, so ist das Windfeld im Allgemeinen nicht für Ausbreitungsrechnungen geeignet. Im vorliegenden Fall wird für das Rechengebiet eine maximale Restdivergenz von 0,055 ausgegeben (siehe Anhang 6), so dass kein Indiz vorliegt, dass das berechnete Windfeld für Ausbreitungsrechnungen ungeeignet ist

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 Anhang 3, Nr. 10 TA Luft muss dieser Gebäudeeinfluss explizit berücksichtigt werden, wenn die Quellhöhe niedriger als das 1,7-fache der Gebäudehöhen ist. Maßgeblich für die Beurteilung der Gebäudehöhen sind dabei alle massiven Erhebungen, deren Abstand von der Emissionsquelle geringer ist als das 6-fache der Gebäudehöhe. Gebäude, für die diese Kriterien zutreffen, sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Diese wurden digitalisiert.

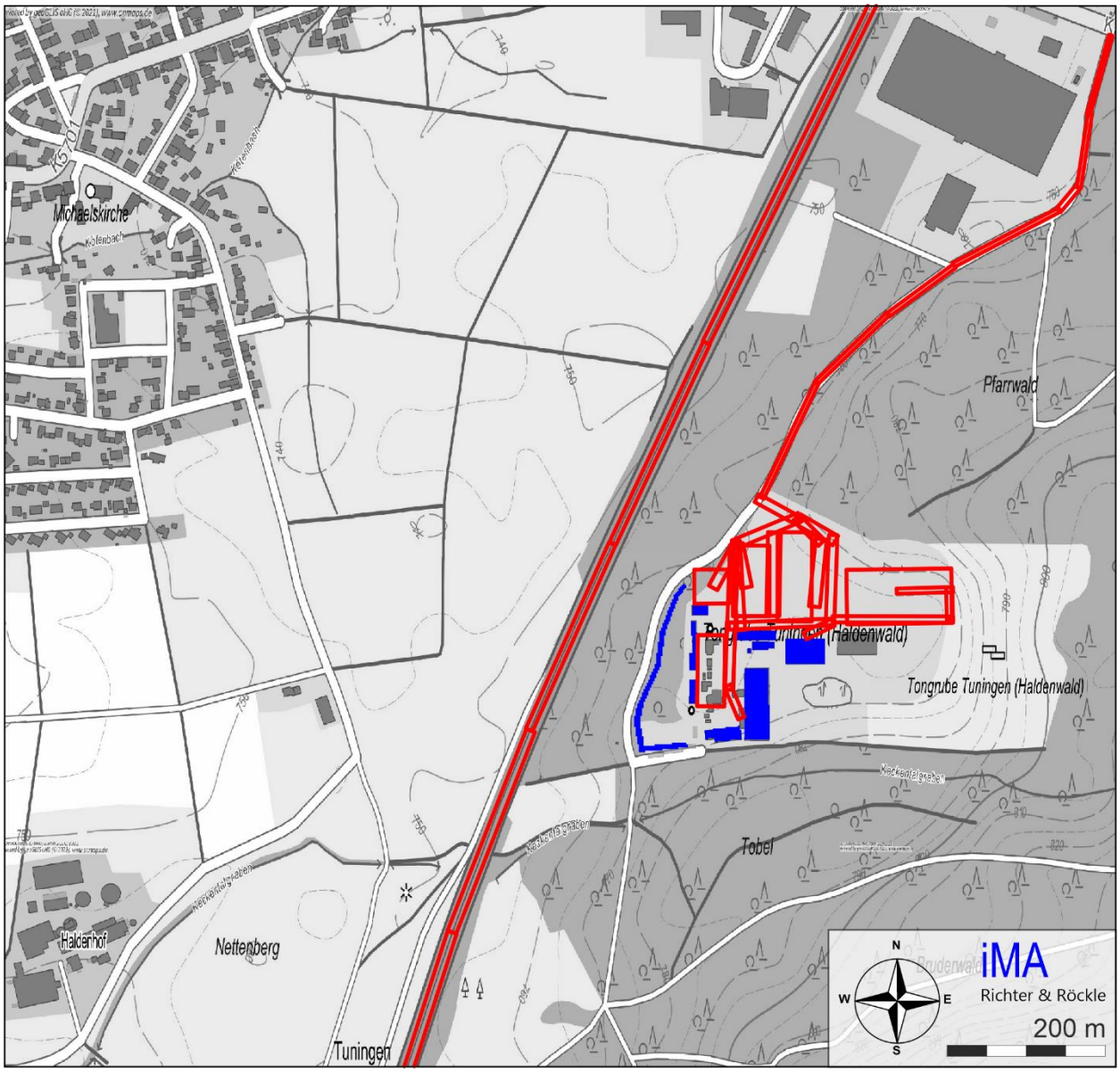

Abbildung A4-2: Digitalisierte Gebäude (blau) und die Lage der digitalisierten Quellen (rot).

Der Einfluss von Gebäuden wird in Nr. 10 des Anhangs 3 zur TA Luft behandelt. Aus dem Wortlaut ergibt sich, dass die TA Luft den Einsatz eines diagnostischen Windfeldmodells für Quellhöhen, die kleiner als die 1,2-fache Gebäudehöhe sind, nicht ausschließt, allerdings auch nicht empfiehlt. Im vorliegenden Fall weisen einige Quellen Höhen auf, die geringer als die 1,2-fache Gebäudehöhe sind (Fahrbewegungen und diffuse Quellen).

Im Abschlussbericht zu TALdia (Janicke & Janicke (2004)) sind verschiedene Validierungstests aufgeführt. Unter anderem wurde eine Quelle im Innenhof eines U-förmigen Gebäudes untersucht. Der Vergleich der gemessenen und berechneten Konzentrationen zeigt keine

grundsätzlichen Unterschiede in den Verteilungen. Im Mittel wird die gemessene Konzentration vom Modell eher leicht überschätzt (siehe Ausführungen auf Seite 56 des Berichts).

In einer Veröffentlichung von Braun et al. (2012) wurden Messungen des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) in der Umgebung einer Anlage zur Lagerung, zum Umschlag und zur Aufbereitung von staubenden Gütern mit Ausbreitungsrechnungen, die im Rahmen des Genehmigungsverfahrens durchgeführt wurden, verglichen. Die Ausbreitungsrechnungen wurden mit AUSTAL2000 durchgeführt, wobei der Einfluss der Gebäude und Mauern mit dem diagnostischen Windfeldmodell, das Bestandteil von AUSTAL2000 ist, berücksichtigt wurde. Die Ergebnisse der Messungen und Modellrechnungen stimmen gut überein.

Hartmann & Borcherding (2018) kommen zum Schluss, dass die Anwendung eines prognostischen Windfeldmodells bei Mehrquellensystemen und komplexer Bebauungsstruktur nicht zu begründen ist. Das Verfahren nach TA Luft 2002 und der bisherigen Geruchsimmissions-Richtlinie, bestehend aus dem diagnostischen Windfeldmodell und Lagrange'schem Partikelmodell sei einer ungenormten Modellvariante vorzuziehen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Anwendung von AUSTAL2000 zu plausiblen Ergebnissen führt. Hierauf weisen insbesondere die systematischen Studien von Janicke sowie der Vergleich von Mess- und Rechenwerten in der Umgebung einer Anlage zur Lagerung, zum Umschlag und zur Aufbereitung von staubenden Gütern hin.

A4.7 Quellen

Die Lage der Emissionsquellen ist in Abbildung A4-2 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 RW 471000 und HW 5318500 (UTM-32)

Quelle	Ursprung [m]		Höhe Unterkante [m]	Ausdehnung [m]			Drehwinkel [°]
				horizontal		vertikal	
	x-Wert	y-Wert		a	b	c	
Umschlag, Behandlung, Radladerfahrten und Dieselemissionen:							
Fläche Nr. 1	211,99	292,92	0	113,22	43,48	3	-90,12
Fläche Nr. 2	215,98	292,68	0	16,22	105,96	3	178,98
Fläche Nr. 3	155,35	276,01	0	89,5	46,3	3	-90

Quelle	Ursprung [m]		Höhe Unterkante [m]	Ausdehnung [m]			Drehwinkel [°]
				horizontal		vertikal	
	x-Wert	y-Wert		a	b	c	
Fläche Nr. 4	110,93	162,55	0	90,21	34,32	3	-90,6
Fläche Nr. 6	106,46	202,25	0	43,95	43,22	3	0,31
Fläche Nr. 7	168,98	113,93	0	69,06	0	3	-89,61
Fläche Nr. 8	162,16	168,66	0	17,39	0	3	0,77
Fläche Nr. 9	230,08	157,85	0	35,72	0	3	0,38
Deponie VA1	299,18	245,23	0	69,07	133,03	3	-89,29
Windabwehung:							
Fläche Nr. 4	110,93	162,55	0	90,21	34,32	3	-90,6
Fläche Nr. 3	155,35	276,01	0	89,5	46,3	3	-90
Deponie VA1	299,18	245,23	0	69,07	133,03	3	-89,29
Fahrwege:							
Lkw-Teilstrecke befestigt 1	188,25	341,31	0	11,46	57,63	3	-118,75
Lkw-Teilstrecke befestigt 2	242,3	306,31	0	12	90,6	3	112,56
Lkw-Teilstrecke befestigt 3	161,93	276,24	0	10,35	183,33	3	178,02
Lkw-Teilstrecke befestigt 4	152,53	100,07	0	8,64	44,63	3	-157,07
Lkw-Teilstrecke befestigt 5	234,08	303,72	0	55,06	13,78	3	-29,94
Lkw-Teilstrecke befestigt 6	277,09	289,4	0	114,24	10,82	3	-92,12
Lkw-Teilstrecke befestigt 7	284,37	174,3	0	9,88	39,63	3	115,64
Lkw-Teilstrecke befestigt 8	239,25	315,23	0	10,97	45,36	3	-134,78
Lkw-Teilstrecke befestigt 9	274,27	283,52	0	13,94	86,18	3	174,21
Lkw-Teilstrecke befestigt 10	154,64	276,24	0	55,88	13,69	3	-78,35
Lkw-Teilstrecke befestigt 11	155,35	281,64	0	64,12	12,3	3	-118,46
Lkw-Teilstrecke befestigt 12	160,75	168,42	0	10,13	112,94	3	3,34
Lkw-Teilstrecke auf Deponie 1	281,55	178,52	0	153	7,99	3	-0,09
Lkw-Teilstrecke auf Deponie 2	434,31	182,28	0	40,88	7,76	3	91,32
Lkw-Teilstrecke auf Deponie 3	434,31	223,39	0	71,47	6,58	3	-178,49
Lkw-Transfer 1	144,77	93,49	0	10,82	85,08	3	-1,9
Lkw-Transfer 2	149,94	178,29	0	8,93	132,65	3	-87,77
Zufahrt Teilstrecke 1	189,55	337,6	0	5,39	162,26	3	-25,54
Zufahrt Teilstrecke 2	258,82	484,01	0	5,36	126,97	3	-46,22
Zufahrt Teilstrecke 3	350,16	570,45	0	5,68	104,81	3	-53,65
Zufahrt Teilstrecke 4	433,82	634,09	0	5,59	151,56	3	-62,46
Zufahrt Teilstrecke 5	570,85	698,48	0	38,98	7,27	3	50,14
Zufahrt Teilstrecke 6	596,59	729,17	0	94,6	5,35	3	81,49
Zufahrt Teilstrecke 7	603,79	823,11	0	4,68	104,32	3	-15,79
A81 Teilstrecke 1	-294,89	-489,02	0	11,97	290,36	3	-17,76

Quelle	Ursprung [m]		Höhe Unterkante [m]	Ausdehnung [m]			Drehwinkel [°]
				horizontal		vertikal	
	x-Wert	y-Wert		a	b	c	
A81 Teilstrecke 2	-206,31	-211,74	0	11,53	274,17	3	-21,38
A81 Teilstrecke 3	-107,13	44,32	0	9,15	258,04	3	-24,07
A81 Teilstrecke 4	-1,14	280,68	0	9,15	280,24	3	-25,1
A81 Teilstrecke 5	116,97	535,23	0	9,49	496,62	3	-26,24
A81 Teilstrecke 6	336,53	979,92	0	9,15	574,92	3	-25,84

A4.8 Statistische Unsicherheit des Ausbreitungsmodells

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

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

- PM_{10}: 0,6 % bis 3,4 % (maximal 0,038 µg/m³)
- $PM_{2,5}$: 0,5 % bis 3,0 % (maximal 0,021 µg/m³)
- Staubdeposition: 0,9 % bis 7,2 % (maximal 0,20 mg/(m²·d))

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

A4.9 Abgasfahnenüberhöhung

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

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

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

Anhang 5: Verzeichnis der beantragten Abfallschlüssel

Recyclinganlage:

Boden und Mineralik:

01 04 08	Abfälle von Kies- und Gesteinsbruch
01 04 09	Abfälle von Sand und Ton
17 05 04	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
17 05 06	Baggergut mit Ausnahme desjenigen, das unter 170505 fällt
19 03 05	stabilisierte Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 03 04 fallen
19 03 07	verfestigte Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 03 06 fallen
19 08 02	Sandfangrückstände
19 12 09	Mineralien (z.B. Sand, Steine)
19 12 12	Sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 12 11 fallen
19 13 02	feste Abfälle aus der Sanierung von Böden mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 13 01 fallen
20 02 02	Boden und Steine aus Gärten und Parkanlagen
20 03 03	Straßenkehricht

Altholz:

03 01 05	Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere mit Ausnahme derjenigen, die unter 03 01 04 fallen
15 01 03	Verpackungen aus Holz
17 02 01	Holz
19 12 07	Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 19 12 06 fällt
20 01 38	Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 20 01 37 fällt

Bauschutt:

10 12 08	Abfälle aus Keramikerzeugnissen, Ziegeln, Fliesen Steinzeug (nach dem Brennen)
17 01 01	Beton
17 01 02	Ziegel
17 01 03	Fliesen, Ziegel und Keramik
17 01 07	Mauerwerksabbruch, Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik
17 03 02	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen
17 05 08	Gleisschotter mit Ausnahme desjenigen, der unter 17 05 07 fällt

Metalle:

15 01 04	Verpackungen aus Metall
16 01 07	Eisenmetalle
16 01 18	Nichteisenmetalle
17 04 01	Kupfer, Bronze, Messing
17 04 02	Aluminium
17 04 03	Blei
17 04 04	Zink
17 04 05	Eisen u. Stahl
17 04 07	gemischte Metalle
19 12 02	Eisenmetalle
19 12 03	Nichteisenmetalle
20 01 40	Metalle

Bau- und Abbruchabfälle:

15 01 06	gemischte Verpackungen
15 01 07	Verpackungen aus Glas
16 01 03	Altreifen
17 02 02	Glas
17 02 03	Kunststoff
17 04 11	Kabel mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 04 10 fallen
17 06 04	Dämmmaterial mit Ausnahme desjenigen, das unter 17 06 01 und 17 06 03 fällt
17 08 02	Baustoffe auf Gipsbasis mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 08 01 fallen
17 09 04	gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01, 17 09 02 und 17 09 03 fallen
19 12 05	Glas
20 01 02	Glas
20 01 36	gebrauchte elektrische und elektronische Geräte mit Ausnahme derjenigen, die unter 20 01 21, 20 01 23 und 20 01 35 fallen
20 03 01	gemischte Siedlungsabfälle

DK0-Deponie:

01 04 08	Abfälle von Kies- und Gesteinsbruch
01 04 09	Abfälle von Sand und Ton
10 09 06	Gießformen und -sande vor dem Gießen mit Ausnahme derjenigen, die unter 10 09 05 fallen
10 09 08	Gießformen und -sande nach dem Gießen mit Ausnahme derjenigen, die unter 10 09 07 fallen
10 10 06	Gießformen- und Sande vor dem Gießen mit Ausnahme derjenigen, die unter 101005 fallen
10 10 08	Gießformen und -sande nach dem Gießen mit Ausnahme derjenigen, die unter 10 10 07 fallen
10 12 08	Abfälle aus Keramikerzeugnissen, Ziegeln, Fliesen Steinzeug (nach dem Brennen)
15 01 07	Verpackungen aus Glas
17 01 01	Beton
17 01 02	Ziegel
17 01 03	Fliesen, Ziegel und Keramik
17 01 07	Mauerwerksabbruch, Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik
17 02 02	Glas
17 03 02	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen
17 05 04	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
17 05 06	Baggergut mit Ausnahme desjenigen, das unter 170505 fällt
17 05 08	Gleisschotter mit Ausnahme desjenigen, der unter 17 05 07 fällt
17 06 04	Dämmmaterial mit Ausnahme desjenigen, das unter 17 06 01 und 17 06 03 fällt
17 08 02	Baustoffe auf Gipsbasis mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 08 01 fallen
17 09 04	gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01, 17 09 02 und 17 09 03 fallen
19 03 05	stabilisierte Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 03 04 fallen
19 03 07	verfestigte Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 03 06 fallen
19 08 02	Sandfangrückstände
19 12 05	Glas
19 12 09	Mineralien (z.B. Sand, Steine)
19 12 12	Sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 12 11 fallen

Anhang 6: Protokolldateien

Ausbreitungsrechnung (Datei 'austal2000.log'):

```
2021-06-09 12:17:43 -----------------------------------------------------------
TalServer:.

   Ausbreitungsmodell AUSTAL2000, Version 2.6.11-WI-x
   Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2014
   Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2014

   Arbeitsverzeichnis: ./.

Erstellungsdatum des Programms: 2014-09-02 09:08:52
Das Programm läuft auf dem Rechner "FRANKFURT".

============================ Beginn der Eingabe ============================
> ti    Deponie-Tuningen
> gh    ../../DHM/Tuningen.DHM
> az    ../../../4-Meteorologie/E3471500-N5320500_Tuningen_SynRep.akt
> xa    435
> ya    312
> qs    1
> qb    1
> os    NESTING+SCINOTAT
> z0 0.5
> ux    471000
> uy    5318500
> dd      2      4      8     16     32     64
> x0    -24    -64   -128   -320   -704   -896
> nx    178    114     96     72     60     38
> y0    -52    -88   -144   -320   -704  -1024
> ny    160    106     84     64     56     38
> xb       103.64       159.58       108.81       119.15       132.67       200.82       108.93
108.58       108.93       222.21       108.70       179.91       200.00       173.44        92.83
81.55        63.45        63.45        33.84        29.38        36.90
> yb       188.15       156.44       180.64        41.58        26.66       120.97        85.27
105.70       140.23       157.15       162.43       154.09       154.33       140.12       227.85
215.17       170.77       123.32        75.17        54.73        14.33
> ab        19.74        51.00         7.29        11.13        33.76        31.26         9.40
8.93         8.70        30.77         5.52         9.51         8.93         5.41        17.33
47.60        47.47         6.42        20.28        39.39        60.66
> bb        12.45        11.98        17.85        45.47         5.45        91.38         9.28
20.56        21.96        49.47        22.08        19.86         8.46         4.93         5.84
6.33         6.65        56.15         7.88         7.65         6.85
> cb         6.00         6.00         4.00         7.00         4.00        10.00         6.00
6.00         6.00        10.00         6.00        12.00         6.00        18.00         7.00
7.00         7.00         7.00         7.00         7.00         7.00
> wb         0.00         0.26      -179.25       -82.88         7.20      -179.78       180.00
-179.02      -179.39       -89.59      -179.39       -90.00       -90.00         0.00      -130.62
-111.13       -98.25      -204.22      -100.01       -79.69         5.33
> xq       211.99       215.98       155.35       110.93       106.46       168.98       162.16
230.08       299.18       110.93       155.35       299.18       188.25       242.30       161.93
152.53       234.08       277.09       284.37       239.25       274.27       154.64       155.35
160.75       281.55       434.31       434.31       144.77       149.94       189.55       258.82
350.16       433.82       570.85       596.59       603.79      -294.89      -206.31      -107.13
-1.14        116.97       336.53
```

```
> yq       292.92       292.68       276.01       162.55       202.25       113.93       168.66
157.85       245.23       162.55       276.01       245.23       341.31       306.31       276.24
100.07       303.72       289.40       174.30       315.23       283.52       276.24       281.64
168.42       178.52       182.28       223.39        93.49       178.29       337.60       484.01
570.45       634.09       698.48       729.17       823.11      -489.02      -211.74        44.32
280.68       535.23       979.92
> aq       113.22        16.22        89.50        90.21        43.95        69.06        17.39
35.72        69.07        90.21        89.50        69.07        11.46        12.00        10.35
8.64        55.06       114.24         9.88        10.97        13.94        55.88        64.12
10.13       153.00        40.88        71.47        10.82         8.93         5.39         5.36
5.68         5.59        38.98        94.60         4.68        11.97        11.53         9.15
9.15         9.49         9.15
> bq        43.48       105.96        46.30        34.32        43.22         0.00         0.00
0.00       133.03        34.32        46.30       133.03        57.63        90.60       183.33
44.63        13.78        10.82        39.63        45.36        86.18        13.69        12.30
112.94         7.99         7.76         6.58        85.08       132.65       162.26       126.97
104.81       151.56         7.27         5.35       104.32       290.36       274.17       258.04
280.24       496.62       574.92
> 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         0.00         0.00
0.00         0.00         0.00         0.00         0.00         0.00         0.00         0.00
0.00         0.00         0.00         0.00         0.00         0.00         0.00         0.00
0.00         0.00         0.00
> cq         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00
3.00         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00
3.00         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00
3.00         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00
3.00         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00         3.00
3.00         3.00         3.00
> wq       -90.12       178.98       -90.00       -90.60         0.31       -89.61         0.77
0.38       -89.29       -90.60       -90.00       -89.29      -118.75       112.56       178.02
-157.07       -29.94       -92.12       115.64      -134.78       174.21       -78.35      -118.46
3.34        -0.09        91.32      -178.49        -1.90       -87.77       -25.54       -46.22
-53.65       -62.46        50.14        81.49       -15.79       -17.76       -21.38       -24.07
-25.10       -26.24       -25.84
> pm-1           ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?      0.00391    0.00369 0.00348 0.00378
        0.00669 0.00775
> pm-2           ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?      0.00441    0.00416 0.00392 0.00425
        0.00754 0.00872
> pm-u           ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?      0.00000    0.00000 0.00000 0.00000
        0.00000 0.00000
> xx-1           ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
?            ?            ?            ?            ?            ?            ?            ?
```

```
?           ?           ?           ?           ?      0.00391   0.00369 0.00348 0.00378
       0.00669 0.00775
> xp    405     338     198     -423    -444    -423    -558    -399    -631    -102    -179    -225
       -104
> yp    707     847     816     572     464     314     297     87      -249    132     -48     -110
       -264
> hp    1.5     1.5     1.5     1.5     1.5     1.5     1.5     1.5     1.5     1.5     1.5     1.5
       1.5
============================== Ende der Eingabe ==============================

Existierende Windfeldbibliothek wird verwendet.
Die Höhe hq der Quelle 1 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 2 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 3 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 4 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 5 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 6 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 7 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 8 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 9 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 10 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 11 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 12 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 13 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 14 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 15 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 16 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 17 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 18 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 19 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 20 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 21 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 22 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 23 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 24 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 25 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 26 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 27 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 28 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 29 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 30 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 31 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 32 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 33 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 34 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 35 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 36 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 37 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 38 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 39 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 40 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 41 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 42 beträgt weniger als 10 m.
Die maximale Gebäudehöhe beträgt 18.0 m.
>>> Die Höhe der Quelle 1 liegt unter dem 1.2-fachen der Höhe von Gebäude 1.
>>> Dazu noch 232 weitere Fälle.

Festlegung des Vertikalrasters:
```

```
    0.0    3.0    5.0    7.0    9.0   11.0   13.0   15.0   17.0   19.0
   21.0   23.0   25.0   27.0   29.0   31.0   33.0   35.0   37.0   40.0
   65.0  100.0  150.0  200.0  300.0  400.0  500.0  600.0  700.0  800.0
 1000.0 1200.0 1500.0
---------------------------------------------------------------------
Festlegung des Rechennetzes:
dd      2      4      8     16     32     64
x0    -24    -64   -128   -320   -704   -896
nx    178    114     96     72     60     38
y0    -52    -88   -144   -320   -704  -1024
ny    160    106     84     64     56     38
nz     18     32     32     32     32     32
-----------------------------------------
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 1 ist 0.15 (0.15).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 2 ist 0.18 (0.16).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 3 ist 0.23 (0.23).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 4 ist 0.32 (0.28).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 5 ist 0.30 (0.29).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 6 ist 0.28 (0.27).
Existierende Geländedateien zg0*.dmna werden verwendet.
Die Zeitreihen-Datei "././zeitreihe.dmna" wird verwendet.
Es wird die Anemometerhöhe ha=11.2 m verwendet.
Die Angabe "az ../../../4-Meteorologie/E3471500-N5320500_Tuningen_SynRep.akt" wird ignoriert.

Prüfsumme AUSTAL   524c519f
Prüfsumme TALDIA   6a50af80
Prüfsumme VDISP    00000000
Prüfsumme SETTINGS fdd2774f
Prüfsumme SERIES   4555a260

Bibliotheksfelder "zusätzliches K" werden verwendet (Netze 1,2).
Bibliotheksfelder "zusätzliche Sigmas" werden verwendet (Netze 1,2).

=====================================================================

TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "pm"
TMT: 365 Tagesmittel (davon ungültig: 0)
TMT: Datei "././pm-j00z01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-j00s01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35z01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35s01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35i01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00z01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00s01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00i01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-depz01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-deps01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-j00z02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-j00s02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35z02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35s02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35i02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00z02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00s02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00i02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-depz02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-deps02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-j00z03" ausgeschrieben.
```

```
TMT: Datei "././pm-j00s03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35z03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35s03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35i03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00z03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00s03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00i03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-depz03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-deps03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-j00z04" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-j00s04" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35z04" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35s04" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35i04" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00z04" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00s04" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00i04" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-depz04" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-deps04" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-j00z05" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-j00s05" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35z05" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35s05" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35i05" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00z05" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00s05" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00i05" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-depz05" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-deps05" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-j00z06" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-j00s06" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35z06" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35s06" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t35i06" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00z06" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00s06" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-t00i06" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-depz06" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././pm-deps06" ausgeschrieben.
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "xx"
TMT: 365 Tagesmittel (davon ungültig: 0)
TMT: Datei "././xx-j00z01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-j00s01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-depz01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-deps01" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-j00z02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-j00s02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-depz02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-deps02" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-j00z03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-j00s03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-depz03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-deps03" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-j00z04" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-j00s04" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-depz04" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-deps04" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-j00z05" ausgeschrieben.
```

```
TMT: Datei "././xx-j00s05" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-depz05" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-deps05" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-j00z06" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-j00s06" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-depz06" ausgeschrieben.
TMT: Datei "././xx-deps06" ausgeschrieben.
TMT: Dateien erstellt von AUSTAL2000_2.6.11-WI-x.
TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "pm"
TMO: Datei "././pm-zbpz" ausgeschrieben.
TMO: Datei "././pm-zbps" ausgeschrieben.
TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "xx"
TMO: Datei "././xx-zbpz" ausgeschrieben.
TMO: Datei "././xx-zbps" ausgeschrieben.
================================================================================

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

     DEP: Jahresmittel der Deposition
     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 : 1.489e+001 g/(m²*d) (+/-  0.3%) bei x=  169 m, y=   77 m (1: 97, 65)
XX       DEP : 3.252e-002 g/(m²*d) (+/-  0.3%) bei x=  243 m, y=  159 m (1:134,106)
================================================================================

Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m
=======================================
PM       J00 : 9.403e+002 µg/m³  (+/-  0.2%) bei x=  169 m, y=   79 m (1: 97, 66)
PM       T35 : 1.611e+003 µg/m³  (+/-  2.6%) bei x=  169 m, y=   77 m (1: 97, 65)
PM       T00 : 2.814e+003 µg/m³  (+/-  2.4%) bei x=  169 m, y=   55 m (1: 97, 54)
XX       J00 : 3.193e-004 g/m³   (+/-  0.2%) bei x=  247 m, y=  159 m (1:136,106)
================================================================================

Auswertung für die Beurteilungspunkte: Zusatzbelastung
======================================================
PUNKT                    01              02              03              04              05
06              07              08              09              10              11
12              13
xp                      405             338             198            -423             -
444            -423            -558            -399            -631            -102
-179            -225            -104
yp                      707             847             816             572             464
314             297              87            -249             132             -48
-110            -264
hp                      1.5             1.5             1.5             1.5             1.5
1.5             1.5             1.5             1.5             1.5             1.5
1.5             1.5
```

```
------------+----------------+----------------+----------------+----------------+----------
-----+----------------+----------------+----------------+----------------+----------------+-
----------------+----------------+----------------
PM        DEP  1.627e-002  1.0%  9.565e-003  1.4%  7.874e-003  1.5%  5.174e-004  7.2%  6.540e-004
6.4%  8.267e-004  5.6%  4.546e-004  7.1%  8.586e-004  5.5%  5.575e-004  6.9%  5.439e-003  3.3%
3.553e-003  3.0%  2.467e-003  3.8%  3.639e-003  3.2%  g/(m²*d)
PM        J00  2.749e+000  0.9%  2.968e+000  0.7%  3.319e+000  0.6%  3.210e-001  3.2%  3.765e-001
3.1%  4.255e-001  2.9%  2.918e-001  3.7%  4.323e-001  2.9%  2.272e-001  3.6%  4.736e+000  0.8%
3.085e+000  0.8%  1.892e+000  1.0%  1.361e+000  1.5%  µg/m³
PM        T35  5.486e+000 11.9%  5.443e+000  6.7%  6.289e+000 10.4%  1.134e+000 38.8%  1.318e+000
15.7%  1.598e+000 25.0%  1.032e+000 24.3%  1.549e+000 27.0%  9.066e-001 20.7%  1.008e+001  9.8%
6.994e+000 12.4%  4.501e+000 14.9%  3.919e+000 16.7%  µg/m³
PM        T00  1.679e+001 12.9%  8.723e+000 15.3%  1.487e+001  9.6%  4.627e+000 19.4%  5.428e+000
17.7%  7.194e+000 18.2%  4.180e+000 23.7%  6.002e+000 25.4%  2.692e+000 16.5%  2.074e+001 12.9%
1.339e+001  9.3%  9.207e+000 12.5%  9.205e+000 14.3%  µg/m³
XX        DEP  9.109e-005  1.2%  1.292e-004  0.8%  1.467e-004  0.7%  1.357e-005  3.5%  1.551e-005
3.5%  1.705e-005  3.2%  1.156e-005  4.4%  1.782e-005  3.3%  9.404e-006  3.9%  2.225e-004  1.2%
1.542e-004  1.0%  9.348e-005  1.2%  5.774e-005  1.8%  g/(m²*d)
XX        J00  1.048e-006  0.9%  1.484e-006  0.6%  1.667e-006  0.5%  1.615e-007  2.8%  1.800e-007
2.6%  2.004e-007  2.5%  1.365e-007  3.3%  2.047e-007  2.5%  1.079e-007  3.1%  2.576e-006  0.8%
1.740e-006  0.7%  1.065e-006  0.9%  6.637e-007  1.2%  g/m³
================================================================================

================================================================================

2021-06-09 23:01:30 AUSTAL2000 beendet.
```

Windfeldberechnung (Datei 'taldia.log'; Ausschnitt):

```
2021-05-26 12:15:36 ------------------------------------------------------------
TwnServer:./.
TwnServer:-B~../lib
TwnServer:-w30000

2021-05-26 12:15:36 TALdia 2.6.5-WI-x: Berechnung von Windfeldbibliotheken.
Erstellungsdatum des Programms: 2014-09-02 09:08:58
Das Programm läuft auf dem Rechner "FRANKFURT".
============================ Beginn der Eingabe ============================
> ti    Deponie-Tuningen
> gh    ../../DHM/Tuningen.DHM
> az    ../../../4-Meteorologie/E3471500-N5320500_Tuningen_SynRep.akt
> xa    435
> ya    312
> qs    1
> qb    1
> os    NESTING+SCINOTAT
> z0 0.5
> ux    471000
> uy    5318500
> xb        103.64       159.58       108.81       119.15       132.67       200.82       108.93
108.58        108.93       222.21       108.70       179.91       200.00       173.44        92.83
81.55         63.45        63.45        33.84        29.38        36.90
> yb        188.15       156.44       180.64        41.58        26.66       120.97        85.27
105.70        140.23       157.15       162.43       154.09       154.33       140.12       227.85
215.17        170.77       123.32        75.17        54.73        14.33
> ab         19.74        51.00         7.29        11.13        33.76        31.26         9.40
8.93          8.70        30.77         5.52         9.51         8.93         5.41        17.33
47.60         47.47         6.42        20.28        39.39        60.66
> bb         12.45        11.98        17.85        45.47         5.45        91.38         9.28
20.56         21.96        49.47        22.08        19.86         8.46         4.93         5.84
6.33          6.65        56.15         7.88         7.65         6.85
> cb          6.00         6.00         4.00         7.00         4.00        10.00         6.00
6.00          6.00        10.00         6.00        12.00         6.00        18.00         7.00
7.00          7.00         7.00         7.00         7.00         7.00
> wb          0.00         0.26      -179.25       -82.88         7.20      -179.78       180.00
-179.02      -179.39       -89.59      -179.39       -90.00       -90.00         0.00      -130.62
-111.13       -98.25      -204.22      -100.01       -79.69         5.33
> xq        211.99       215.98       155.35       110.93       106.46       168.98       162.16
230.08        299.18       110.93       211.99       155.35       299.18       188.25       242.30
161.93        152.53       234.08       277.09       284.37       239.25       274.27       154.64
155.35        160.75       281.55       434.31       434.31       144.77       149.94
> yq        292.92       292.68       276.01       162.55       202.25       113.93       168.66
157.85        245.23       162.55       292.92       276.01       245.23       341.31       306.31
276.24        100.07       303.72       289.40       174.30       315.23       283.52       276.24
281.64        168.42       178.52       182.28       223.39        93.49       178.29
> aq        113.22        16.22        89.50        90.21        43.95        69.06        17.39
35.72         69.07        90.21       113.22        89.50        69.07        11.46        12.00
10.35          8.64        55.06       114.24         9.88        10.97        13.94        55.88
64.12         10.13       153.00        40.88        71.47        10.82         8.93
> bq         43.48       105.96        46.30        34.32        43.22         0.00         0.00
0.00         133.03        34.32        43.48        46.30       133.03        57.63        90.60
183.33        44.63         13.78        10.82        39.63        45.36        86.18        13.69
12.30        112.94         7.99         7.76         6.58        85.08       132.65
> 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          0.00          0.00
0.00          0.00          0.00          0.00          0.00          0.00          0.00
> cq          3.00          3.00          3.00          3.00          3.00          3.00          3.00
3.00          3.00          3.00          3.00          3.00          3.00          3.00          3.00
3.00          3.00          3.00          3.00          3.00          3.00          3.00          3.00
3.00          3.00          3.00          3.00          3.00          3.00          3.00
> wq        -90.12        178.98        -90.00        -90.60          0.31        -89.61          0.77
0.38        -89.29        -90.60        -90.12        -90.00        -89.29       -118.75        112.56
178.02      -157.07        -29.94        -92.12        115.64       -134.78        174.21        -78.35
-118.46         3.34         -0.09         91.32       -178.49         -1.90        -87.77
> pm-1           ?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
?             ?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
?             ?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
> pm-2           ?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
?             ?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
?             ?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
> pm-u           ?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
?             ?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
?             ?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
> xx-1           ?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
?             ?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
?             ?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
?             ?             ?             ?             ?             ?             ?
> xp    338     198     -423    -444    -558    -399    -631    -102    -179    -225    -104
> yp    847     816     572     464     297     87      -249    132     -48     -110    -264
> hp    1.5     1.5     1.5     1.5     1.5     1.5     1.5     1.5     1.5     1.5     1.5
============================== Ende der Eingabe ==============================

Die Höhe hq der Quelle 1 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 2 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 3 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 4 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 5 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 6 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 7 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 8 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 9 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 10 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 11 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 12 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 13 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 14 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 15 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 16 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 17 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 18 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 19 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 20 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 21 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 22 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 23 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 24 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 25 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 26 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 27 beträgt weniger als 10 m.
```

```
Die Höhe hq der Quelle 28 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 29 beträgt weniger als 10 m.
Die Höhe hq der Quelle 30 beträgt weniger als 10 m.
Die maximale Gebäudehöhe beträgt 18.0 m.
>>> Die Höhe der Quelle 1 liegt unter dem 1.2-fachen der Höhe von Gebäude 1.
>>> Dazu noch 224 weitere Fälle.

Festlegung des Vertikalrasters:
    0.0    3.0    5.0    7.0    9.0   11.0   13.0   15.0   17.0   19.0
   21.0   23.0   25.0   27.0   29.0   31.0   33.0   35.0   37.0   40.0
   65.0  100.0  150.0  200.0  300.0  400.0  500.0  600.0  700.0  800.0
 1000.0 1200.0 1500.0
------------------------------------------------------------------------
Festlegung des Rechennetzes:
dd      2      4      8     16     32     64
x0    -24    -64   -128   -320   -704   -896
nx    178    114     96     72     60     38
y0    -52    -88   -144   -320   -704  -1024
ny    160    106     84     64     56     38
nz     18     32     32     32     32     32
------------------------------------------
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 1 ist 0.14 (0.14).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 2 ist 0.16 (0.16).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 3 ist 0.22 (0.22).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 4 ist 0.32 (0.28).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 5 ist 0.30 (0.29).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 6 ist 0.28 (0.27).
Die Zeitreihen-Datei "././zeitreihe.dmna" wird verwendet.
Es wird die Anemometerhöhe ha=11.2 m verwendet.
Die Angabe "az ../../../4-Meteorologie/E3471500-N5320500_Tuningen_SynRep.akt" wird ignoriert.
[…]

Eine Windfeldbibliothek für 216 Situationen wurde erstellt.
Der maximale Divergenzfehler ist 0.055 (1009).
2021-05-26 21:59:04 TALdia ohne Fehler beendet.
```