



Lohmeyer

IMMISSIONSPROGNOSE
FÜR DIE ERWEITERUNG DES
GENEHMIGTEN STEINBRUCHS UND DIE
VERFÜLLUNG AM STANDORT BROUCH

Auftraggeber:

Carrières Feidt S.A.
Ernzerberg
L-7636 Enzen
Luxemburg

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Karlsruhe

Dr. rer. nat. M. Hummel

Dipl.-Geoökol. H. Lauerbach

März 2023
Projekt 20358-21-03
Berichtsumfang 52 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
2	AUFGABENSTELLUNG	3
3	VORGEHENSWEISE	4
4	BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN.....	5
5	EINGANGSDATEN	8
5.1	Örtliche Verhältnisse.....	8
5.1.1	Lage des Anlagenstandorts.....	8
5.1.2	Relief der Umgebung.....	8
5.1.3	Nutzungsstruktur in der Umgebung	10
5.1.4	Erkenntnisse aus dem Ortstermin	14
5.2	Vorbelastungssituation	14
5.3	Meteorologische Daten	15
5.3.1	Räumliche Repräsentanz	16
5.3.2	Zeitliche Repräsentanz.....	17
5.3.3	Thermische Windsysteme	18
5.4	Anlagenbeschreibung	18
5.4.1	Allgemein.....	18
5.4.2	Emissionsrelevante Eingangsdaten.....	20
6	QUELLEN UND EMISSIONEN	23
6.1	Kategorisierung nach Quellgeometrie.....	23
6.2	Abgasfahnenüberhöhung	24
6.3	Quantifizierung der Emissionen für Staub	24
6.3.1	Anlieferung und Verfüllen des bestehenden Steinbruchs	26
6.3.2	Abbau von Sandstein in den Erweiterungsflächen des Steinbruchs.....	27
6.3.3	Aufbereitung von Sandstein und Bauschutt in den Aufbereitungsanlagen.....	28
6.3.4	Windverwehung.....	30

6.3.5 Zeitliche Charakteristik	31
6.3.6 Zusammenfassende Darstellung der Emissionen	31
7 AUSBREITUNGSMODELLIERUNG	33
7.1 Rechengebiet.....	33
7.1.1 Ausdehnung und räumliche Auflösung	33
7.1.2 Bodenrauigkeit des Geländes	33
7.2 Komplexes Gelände – Auswirkungen auf die Windfeldmodellierung	34
7.2.1 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten	34
7.2.2 Berücksichtigung von Bebauung	36
7.2.3 Mindestanforderungen an ein Windfeldmodell	36
7.3 Rechenparameter	37
7.3.1 Anemometerposition und Anemometerhöhe	37
7.3.2 Statistische Sicherheit	37
7.3.3 Depositionsgeschwindigkeiten	37
8 ERGEBNISSE	38
9 LITERATUR	43
A1 MATERIALIEN UND UNTERLAGEN.....	46
A2 LOG-DATEIEN DER RECHENLÄUFE	47
A3 ZUSAMMENFASSUNG DER EMISSIONSBESTIMMUNG STAUB	51

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Lohmeyer GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

1 ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

1.1.1 Emission / Immission

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

1.1.2 Vorbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

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

1.1.3 PM10

Staubpartikel, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von $10 \mu\text{m}$ eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Als PM10-Konzentrationen werden die Feinstaubkonzentrationen aus Partikeln mit aerodynamischem Durchmesser bis $10 \mu\text{m}$ betrachtet. Feinstaubpartikel sind aufgrund der Lungengängigkeit gesundheitsgefährdender als größere Staubpartikel.

1.1.4 Feinstaub / PM10 / PM2.5

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

Gesamtstaub

Staubpartikel aller Größenordnungen, die sich zunächst als Schwebstaub in der Luft halten

und sich nicht sofort auf dem Boden niederschlagen. Teilweise auch abgekürzt als TSP (Total Suspended Particulates). PM10 ist ein Teil des Gesamtstaubs.

Staubdeposition

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

2 AUFGABENSTELLUNG

Die Firma Carrières Feidt S.A. betreibt in Brouch, Luxemburg, einen Steinbruch mit zugehöriger Inertstoffdeponie. Der Steinbruch soll um ca. 7.75 ha in Richtung Osten erweitert und die bestehenden Flächen des Steinbruchs sollen nach Abschluss des Abbaus verfüllt werden. Über den Zeitraum von ca. 27 Jahren sollen 4 500 000 m³ bzw. 9 900 000 Mg (Dichte 2.2 Mg/m³) Sandstein abgebaut und abtransportiert werden. Zeitgleich findet die Verfüllung bestehender Bereiche statt. Über den Zeitraum von ca. 69 Jahren soll die derzeitige und geplante Abbaufäche verfüllt werden. Für die bestehende Steinbruchfläche sind bereits 8 016 000 m³ (14 429 000 Mg) Inertmaterial zum Verfüllen genehmigt. Für die neuen Bereiche soll ein zusätzliches Verfüllvolumen von 4 500 000 m³ (8 100 000 Mg bei einer Dichte von 1.8 Mg/m³) beantragt werden. Nach Möglichkeit wird für den Transport ein 1:1-Prinzip angewandt, so dass die Anlieferung und der Abtransport im selben LKW erfolgt. In der Praxis wird dies nach Auskunft des Auftraggebers bei 85 % der LKW erreicht.

Die Lohmeyer GmbH (OA/2020/040) wurde beauftragt, im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung ein Fachgutachten über die Staubimmissionen durch den geplanten Abbau und die vorgesehene Verfüllung des Steinbruchs Brouch zu erstellen.

3 VORGEHENSWEISE

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

Es wurde ein konservatives und zugleich realistisches Betriebsszenario für den Abbau und das Verfüllen festgelegt. Mittels Emissionsprognose wurden die für die geplanten Vorhaben zu erwartenden Emissionen an Feinstaub (PM2.5 und PM10) aus veröffentlichten Mess- bzw. Konventionswerten unter Berücksichtigung der Vorgänge Aufladen, Abschütten, Abbau, Einbauen und durch die Fahrbewegungen abgeschätzt. Zudem wurden die Staubemissionen der Recyclinganlage berücksichtigt, bei der der abgebaute Sandstein gebrochen und fraktioniert wird. Eine baugleiche, temporäre Aufbereitungsanlage wird genutzt, um einen Teil des angelieferten Bauschutts zu bearbeiten. Die Möglichkeiten und der Einfluss der Abwehungen von Staub wurden diskutiert.

Es erfolgte eine Immissionsprognose für Staub (PM2.5 und PM10) und Staubniederschlag mit dem Programmsystem AUSTAL2000, einer Umsetzung des Anhangs 3 der TA Luft (2002), unter Berücksichtigung der Standortbedingungen (Windverteilung und Relief). Es wurden Messdaten der Station Luxemburg Flughafen verwendet und auf das Untersuchungsgebiet übertragen.

Die Bewertung der Immissionen an den Beurteilungspunkten erfolgte nach luxemburgischer Verordnung [Règlement grand-ducal N° 88 du 29 avril 2011 (Règlement, 2011)] bzw. anhand der Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach Nr. 4.2.1 und den Vorgaben der Nr. 4.2.2 der TA Luft (2002). Die Staubdeposition wird anhand der Vorgaben zum Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen nach Nr. 4.3.1 der TA Luft (2002) bewertet.

4 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN

Im vorliegenden Gutachten werden Konzentrationen bzw. Immissionen von Luftschadstoffen ermittelt. Deren Angabe allein vermittelt jedoch keinen Eindruck vom Ausmaß der Luftverunreinigung. Erst ein Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenz- oder Immissionswerten, lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu.

Grenzwerte sind rechtlich verbindliche Beurteilungswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit, der Vegetation oder des Bodens, die einzuhalten sind und nicht überschritten werden dürfen. Die in Luxemburg maßgebenden Grenzwerte für Staub sind in dem Règlement grand-ducal modifié du 29 avril 2011 (Règlement, 2011) benannt, das eine Umsetzung der EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008) darstellt. Darüber hinaus definiert die TA Luft (2002) Beurteilungswerte für Vorhaben, die im Rahmen einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung behandelt werden. Diese Werte sind für Feinstaub PM10 zahlenmäßig identisch mit denen des Règlement (2011). Zusätzlich enthält die TA Luft (2002) auch einen Immissionswert für Staubbiederschlag zum Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen.

Bezüglich der Beurteilung der Auswirkungen des Betriebs sind die Immissionen von Staub und Staubbiederschlag von Bedeutung. Die für dieses Verfahren betrachteten Immissionsgrenzwerte des Règlement (2011) und der TA Luft (2002) sind **Tab. 4.1** angegeben.

Stoff	Mittelungszeitraum	Immissionsgrenzwert/ Immissionswert	Quelle
Feinstaub (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m ³ bei 35 zugelassenen Überschreitungen pro Kalenderjahr	Règlement (2011) TA Luft
Feinstaub (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	Règlement (2011) TA Luft
Feinstaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	20 µg/m ³	Règlement (2011)
Staubniederschlag	Jahresmittelwert	350 mg/(m ² d)	TA Luft

Tab. 4.1: Immissionsgrenzwerte nach Règlement (2011) und Immissionswerte nach TA Luft (2002) für Staub

Im Règlement (2011) wird ausgeführt, dass der Schutz der menschlichen Gesundheit sichergestellt ist, wenn an keinem Beurteilungspunkt eine Gesamtbelastung an Schwebstaub (PM10) von 40 µg/m³ im Jahresmittel überschritten wird. Für einen Mittelungszeitraum von

einem Tag darf die Konzentration von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ maximal 35-mal im Jahr überschritten werden.

Wenn diese Werte in der Gesamtbelastung überschritten werden, darf die Genehmigung nach Nr. 4.2.2 der TA Luft (2002) trotzdem nicht versagt werden, wenn die Zusatzbelastung der zu genehmigenden Anlage im Jahresmittel nicht mehr als 3.0 % des Immissionswertes (entspricht gerundet $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) beträgt (Irrelevanzschwelle) und durch eine Auflage sichergestellt ist, dass weitere Maßnahmen zur Luftreinhaltung, insbesondere Maßnahmen, die über den Stand der Technik hinausgehen, durchgeführt werden.

Zur Ermittlung der in der TA Luft (2002) bzw. dem Règlement (2011) definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird ein einfacher, praktikabler Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen (nicht nur straßennahe Messungen) aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 4.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet (BASt, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. 4.1** dargestellt.

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

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

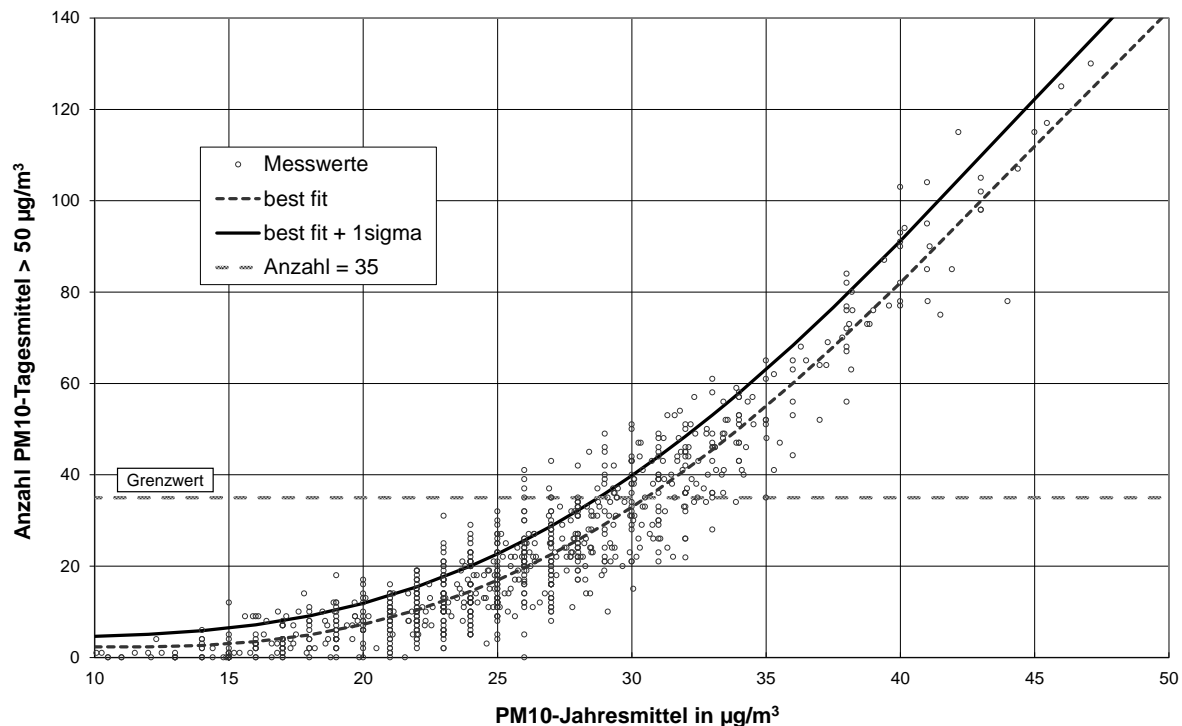


Abb. 4.1: Anzahl der Tage mit mehr als 50 µg PM10/m³ im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BAST, 2005)

Für die Bewertung der PM2.5-Immissionen wird in dem Règlement (2011) ein PM2.5-Grenzwert (Jahresmittelwert) von 25 µg/m³, der seit dem Jahr 2015 einzuhalten ist, festgelegt. Ab 2020 ist laut Règlement (2011) ein Richtgrenzwert von 20 µg/m³ vorgeschrieben.

Im Folgenden werden die berechneten PM2.5-Immissionen dargestellt und mit Blick auf den PM2.5-Grenzwert (Jahresmittelwert) von 20 µg/m³ diskutiert.

In Nr. 4.3.1 der TA Luft (2002) wird ausgeführt, dass der Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen durch Staubbiederschlag sichergestellt ist, wenn an keinem Beurteilungspunkt eine Gesamtbelastung von 350 mg/(m² d) im Jahresmittel überschritten wird. Ein Kurzzeitgrenzwert existiert nicht.

Wenn dieser Wert in der Gesamtbelastung überschritten wird, darf die Genehmigung nach Nr. 4.3.2 der TA Luft (2002) trotzdem nicht versagt werden, wenn die Zusatzbelastung der zu genehmigenden Anlage im Jahresmittel nicht mehr als 10.5 mg/(m² d) beträgt (Irrelevanzschwelle).

5 EINGANGSDATEN

5.1 Örtliche Verhältnisse

Nachfolgend werden der Anlagenstandort und seine Umgebung bezüglich des Reliefs und der Landnutzungsverhältnisse charakterisiert. Die Abstände zu den nächstgelegenen betroffenen Schutzgütern bzw. Beurteilungspunkten werden beschrieben.

5.1.1 Lage des Anlagenstandorts

Der Standort der geplanten Anlage befindet sich im Außenbereich zwischen den Ortschaften Brouch und Reckange im Kanton Mersch. Die Stadt Mersch ist ca. 4 km östlich des Anlagenstandorts, Luxemburg Stadt liegt ca. 16 km in südlicher Richtung.

In **Abb. 5.1** ist zur Übersicht ein Ausschnitt aus der topografischen Karte dargestellt, der Standort des bestehenden und geplanten Steinbruchs ist in orange bzw. rot markiert. Zur Übersicht sind in **Abb. 5.1** die Beurteilungspunkte hervorgehoben.

5.1.2 Relief der Umgebung

Der Anlagenstandort ist in einer Höhenlage von ca. 370 m über NHN gelegen. Die Anlage befindet sich auf einer Hochfläche, die nach Norden und Westen hin abfällt. Es fällt von der Aufbereitungsanlage im Norden auf ca. 380 m über NHN in Richtung Westen zu den Infrastrukturen auf ca. 330 m über NHN ab. Weiter nördliche und westlich erstreckt sich eine Talebene auf ca. 310 m über NHN, in der sich die Ortschaft Brouch befindet. Durch die Erweiterung des Steinbruchs weitet sich das Anlagengelände nach Osten hin aus, bis zum östlichen Teil der Hochfläche. Weiter in östliche Richtungen fällt das Gelände kontinuierlich bis auf 230 m über NHN ab. In dem Bereich befinden sich u. a. die Ortschaft Reckange und die Stadt Mersch. Für den Abbau wird eine Grube mit einer Abbausole von 310 m angelegt.

Abb. 5.2 zeigt das Relief in der Umgebung der Anlage. Der bestehende Anlagenstandort ist orange umrandet, die geplante Erweiterung rot umrandet eingetragen. Das gewählte Recherchegebiet und die Anemometerposition (d. h. der Referenzpunkt für das diagnostische Windfeldmodell) für die Ausbreitungsrechnung sind in blau eingezeichnet (vgl. Kap. 7).

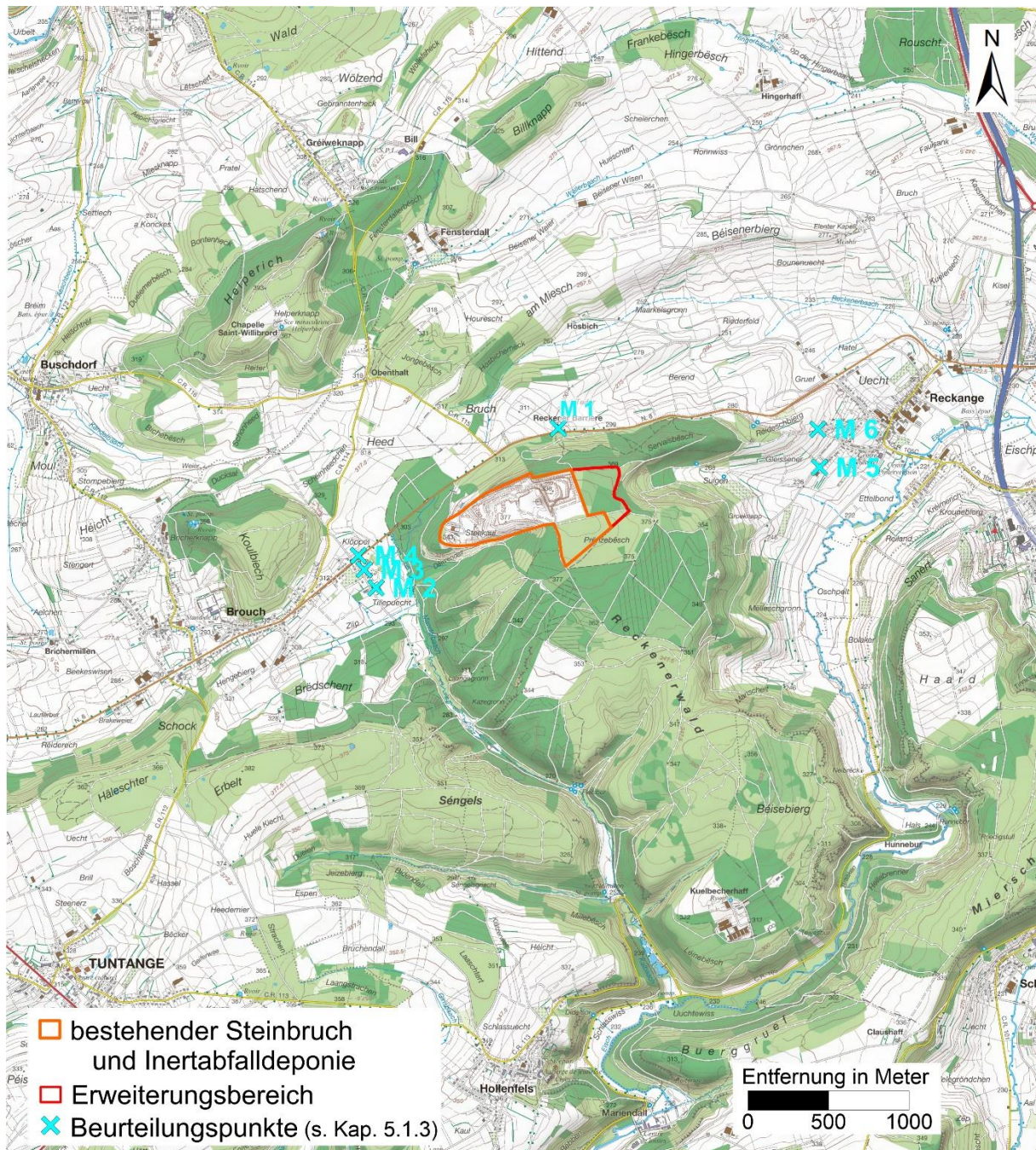


Abb. 5.1: Topografische Karte mit Darstellung der Lage des genehmigten Standorts und der geplanten Erweiterung, Kartengrundlage: OpenDataPortal des Großherzogtums Luxemburg; data.public.lu unter Creative Commons Zero (CC0); Stand 2018; Daten bearbeitet.

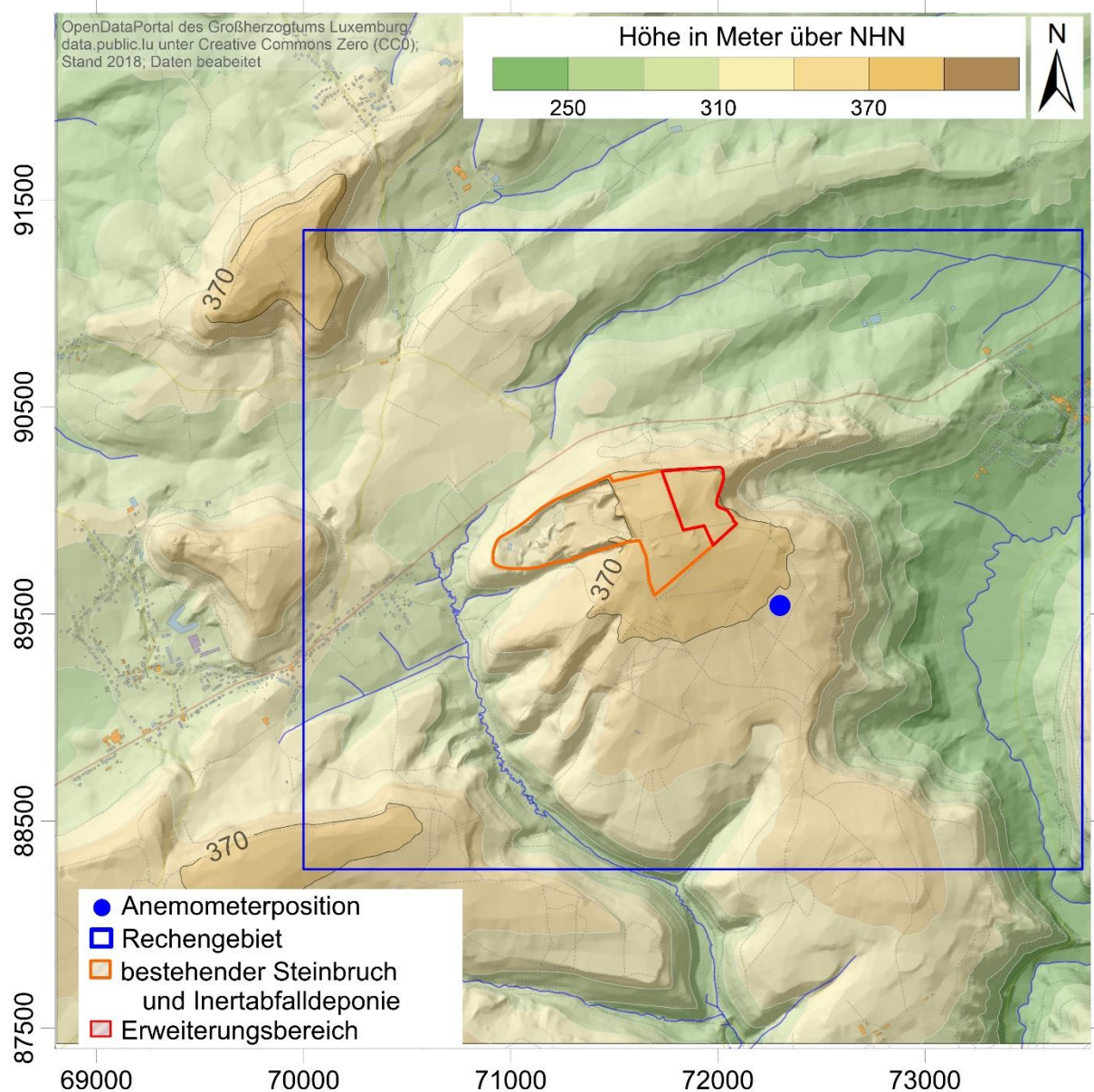


Abb. 5.2: Relief in der Umgebung der Anlage; rotes Kreuz: Anlagenstandort, blauer Punkt: Anemometerposition, blauer Rahmen: Rechengebiet

5.1.3 Nutzungsstruktur in der Umgebung

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

Mischgebiete, Gewerbegebiete, Industriegebiete oder Bebauung im Außenbereich repräsentiert.

Abb. 5.3 zeigt den Flächennutzungsplan für die Ortschaft Brouch, Gemeinde Helperknapp, westlich des Anlagenstandorts. **Abb. 5.4** zeigt den westlichen Ausschnitt des Flächennutzungsplans für die Gemeinde Mersch mit dem Ortschaft Reckange. Die berücksichtigten Beurteilungspunkte sind markiert.

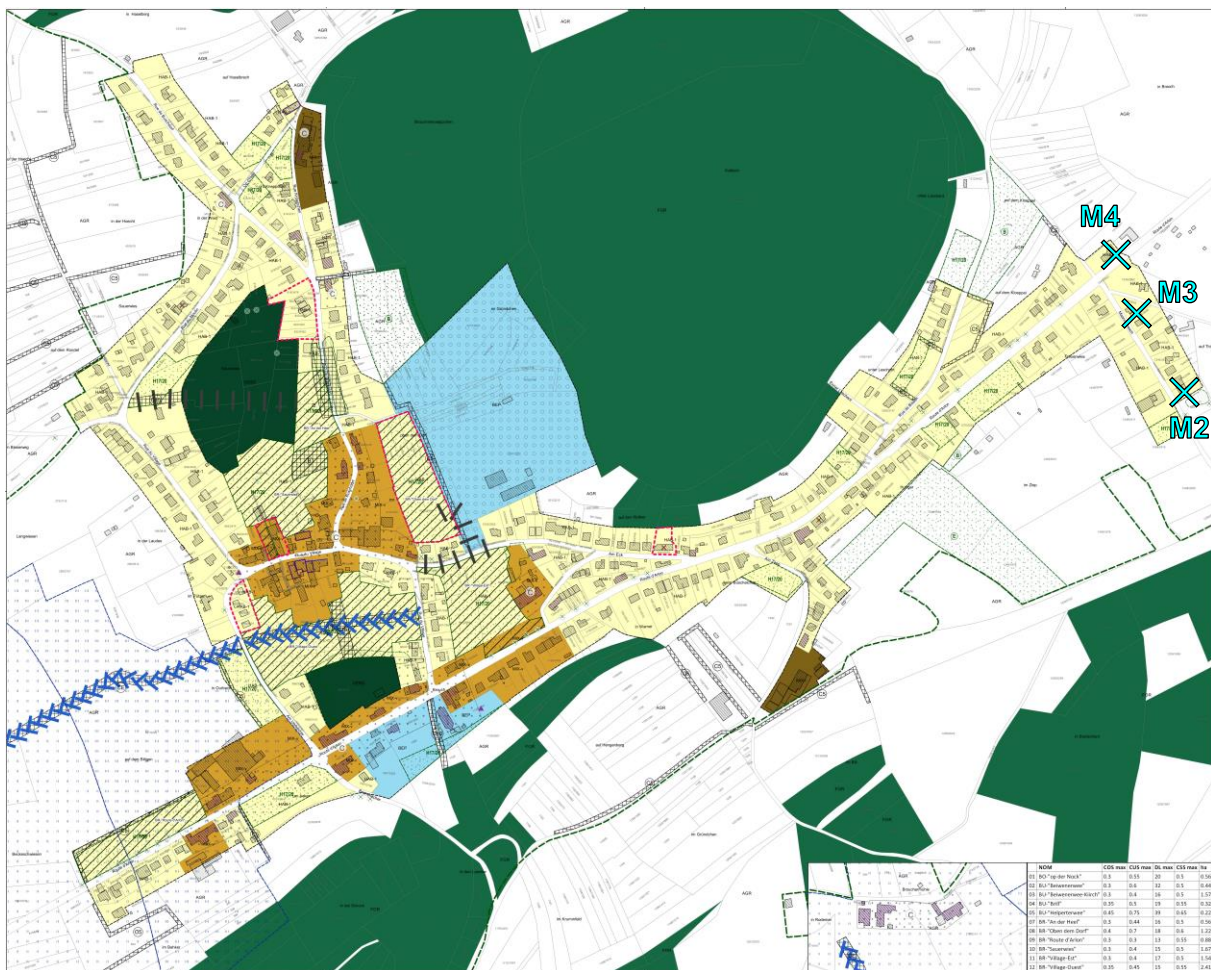


Abb. 5.3: Flächennutzungsplan für die Ortschaft Brouch, Beurteilungspunkte sind in Türkis eingetragen. Daten vom Auftraggeber erhalten, Stand 14.06.2017

Die beigen und hellbraun eingefärbten Flächen sind als Siedlungsflächen („Zone d’habitation“ und „Zone mixte villageoise“) eingestuft. Rote Flächen kennzeichnen städtische Mischgebiete („Zone mixte urbaine“). Blaue Flächen sind Gebiete für öffentliche Bauten und Einrichtungen. Waldflächen sind hellgrün gekennzeichnet. Flächen ohne Farbkennung sind v. a. durch eine landwirtschaftliche Nutzung geprägt. Weitere Elemente der Legende sind für die Bewertung

der Immissionen nicht von Bedeutung und können über die öffentlich zugängliche Legende im Geoportal Luxemburg eingesehen werden.

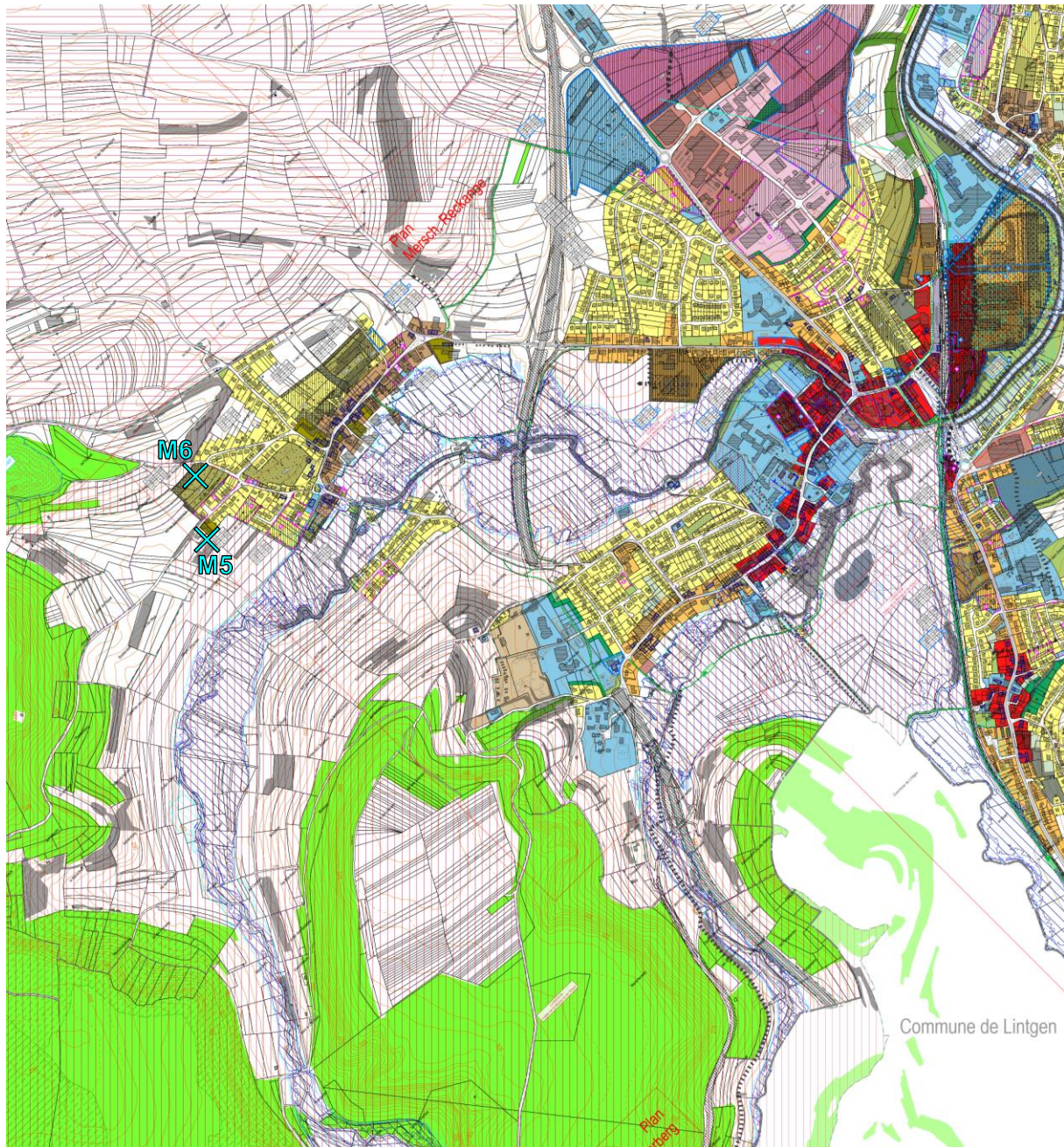


Abb. 5.4: Ausschnitt aus dem Flächennutzungsplan für die Gemeinde Mersch, Beurteilungspunkte sind in Rot eingetragen. Daten vom Auftraggeber erhalten, Stand 16.12.2022

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sollen die Staubimmissionen durch den Fortbetrieb des Steinbruchs im erweiterten Zustand sowie die genehmigte Inertstoffdeponie und die

geplante Verfüllung des Erweiterungsbereichs an den nächstgelegenen Beurteilungspunkten (Schutzgut „Mensch“) untersucht werden. Gemäß TA Luft (2002) werden die Flächen betrachtet, auf denen sich Personen nicht nur vorübergehend aufhalten. Folglich befinden sich auf den Waldflächen und den landwirtschaftlichen Nutzflächen in der direkten Umgebung der Anlage keine Beurteilungspunkte. Bei der Wohnbebauung gemäß Flächennutzungsplan im Ortsgebiet von Brouch und Reckange handelt es sich um die nächstgelegenen, zu betrachtenden Beurteilungspunkte. Eine Übersicht der Beurteilungspunkte ist in **Tab. 5.1** gegeben. Ein Aussiedlerhof, Reckener Barrière, befindet sich nördlich der Anlage zwischen den Orten Brouch und Reckange (s. **Abb. 5.1**). Hier findet ebenfalls Wohnnutzung statt, so dass dort eine Bewertung durchgeführt wird.

Beurteilungspunkt		Rechtswert	Hochwert	Nutzungsart
M1	1, Barrière, 7415 Reckange	71650	90447	Zone Siedlung – landwirtschaftliche Infrastruktur
M2	15, Maandelbaach, 7415 Brouch	70518	89456	Zone Siedlung - Wohngebiet
M3	1, Maandelbaach, 7415 Brouch	70444	89569	Zone Siedlung - Wohngebiet
M4	2, Route d'Arlon, 7415 Brouch	70408	89656	Zone Siedlung - Wohngebiet
M5	16A, Op der Weschheck, 7597 Reckange	73271	90204	Zone Siedlung - Wohngebiet
M6	14, RedeschbiERG, 7597 Reckange	73261	90442	Zone Siedlung - Wohngebiet

Tab. 5.1: Lage der Beurteilungspunkte

Die Staubdepositionen sind nach Nr. 4.3 TA Luft (2002) zum „Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen durch Staubbiederschlag“ zu bewerten. Das heißt, die nächstgelegenen Beurteilungspunkte befinden sich in angrenzenden Siedlungsbereichen. Dort wo die Beurteilung für Feinstaub stattfindet. Im Zwischenbereich zwischen Anlagenstandort und Ortsbereich liegen keine Anzeichen für eine Nutzung vor, die durch den Staubbiederschlag eine erhebliche Belästigung oder erhebliche Nachteile erfahren konnte.

5.1.4 Erkenntnisse aus dem Ortstermin

Am 26.05.2021 wurde ein Ortstermin durchgeführt. Bei diesem wurde der Standort besichtigt und es wurden die Quellen des bestehenden Steinbruchs und der bestehenden Inertstoffdeponie aufgenommen.

In **Abb. 5.5** ist der Anlagenstandort und der Talbereich nördlich der oben beschriebenen Hochfläche mit Blick aus südwestlicher Richtung zu sehen.

5.2 Vorbelastungssituation

Die Umweltverwaltung Luxemburg betreibt ein Messnetzwerk zur Erfassung der Feinstaubkonzentration und des Staubniederschlags. Die zum Standort des Steinbruchs Brouch nächstgelegenen Stationen zur Erfassung der Konzentration an PM_{2.5} oder PM₁₀ befinden sich in Walferdange (PWA01p) ca. 11 km in südöstlicher Richtung und in Beidweiler (PBW01p) ca. 19 km in östlicher Richtung. Die Station Walferdange befindet sich an einer innerstädtischen Durchgangsstraße und wird von der Umweltverwaltung als städtisch verkehrsbelastet eingestuft. Die gemessenen Konzentrationen sind stärker durch den Verkehr belastet als die Vorbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Stationscharakteristik in Beidweiler ist ländlich geprägt und vergleichbar bzw. etwas weniger belastet als die Vorbelastung am Standort Brouch.



Abb. 5.5: Anlagenstandort und nördlich angrenzenden Talbereich, Blick aus südwestlicher Richtung

In **Tab. 5.2** sind die Messgrößen, die Jahresmittelwerte und die Überschreitungstage für die Station Beidweiler (PBW01p) und Walferdange (PWA01p) zusammengefasst. In Walferdange findet keine Messung der Konzentration von PM2.5 statt.

Jahr	Beidweiler	Walferdange	Beidweiler	Walferdange	Beidweiler
	PM10 JMW in $\mu\text{g}/\text{m}^3$		PM10 Überschreitungstage		PM2.5 JMW in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2014	-	16	-	2	13
2015	-	17	-	2	9
2016	12	16	0	1	9
2017	-	14	-	3	8
2018	-	14	-	2	8
2019	-	13	-	0	7
2020	11	12	1	0	7
2021	9	12	2	1	6

Tab. 5.2: Jahresmittelwerte (JMW) der Immissionen von PM10 und PM2.5 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und Anzahl der Tage mit Überschreitung des Kurzzeitgrenzwertes für PM10 für die Station Beidweiler (PBW01p), Datengrundlage: Administration de l'environnement, le Ministère du Développement durable et des Infrastructures, le Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg.

Es wurde in einem konservativen Ansatz die mittlere Konzentration aus den Messdaten der letzten 5 Jahre von $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die PM2.5-Vorbelastung und von $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM10-Vorbelastung angesetzt.

5.3 Meteorologische Daten

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

Die Windrichtungsverteilung an einem Standort wird primär durch die großräumige Druckverteilung geprägt. Die Strömung in der vom Boden unbeeinflussten Atmosphäre (ab ca. 1 500 m über Grund) hat daher in Mitteleuropa ein Maximum bei südwestlichen bis westlichen Richtungen. In Bodennähe, wo sich der Hauptteil der lokalen Ausbreitung von Schad-

stoffen abspielt, wird die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung jedoch durch die topografischen Strukturen modifiziert. Außerdem kann es zur Ausbildung von lokalen, thermisch induzierten Windsystemen kommen (vgl. Abschnitt 5.3.3).

5.3.1 Räumliche Repräsentanz

Es wurden Recherchen nach geeigneten Winddaten, d. h. sowohl nach Messdaten als auch nach synthetisch (d. h. durch Modellrechnungen) erstellten Daten durchgeführt.

Die nächstgelegene Messung zum Standort erfolgte am Flughafen Luxemburg. Die Messstation ist ca. 18 km vom Anlagenstandort entfernt. Der Flughafen Luxemburg liegt auf einer Kuppenlage ca. 376 m über NHN. Der Messstandort ist durch eine freie Anströmung nahe dem Flugfeld charakterisiert, das in einiger Entfernung von Teileinschnitten und hügeligem Gelände umgeben ist. Die gemessene Ausbreitungsklassenzeitreihe repräsentiert die übergeordneten Strömungsverhältnisse in der Region.

Die mittlere gemessene Windgeschwindigkeit beträgt 3.5 m/s. Die gemessene Windrichtungsverteilung zeigt das Windrichtungsmaximum bei Strömungen aus West bis Südwest und ein zweites aus Nordost. Diese gemessene Windverteilung ist in **Abb. 5.6** dargestellt.

Zusätzlich liegen regional repräsentative Winddaten der Jahre 2007 bis 2013 flächenhaft abgeleitet aus Reanalysedaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) vor (Wahl, S. et al., 2016), die das Gebiet des Großherzogtums mit abdecken. Diese sind als Flächenmittelwerte für ca. 2 km x 2 km verfügbar. Zudem berücksichtigen sie die entsprechende räumliche Auflösung des Reliefs und die mittlere Landnutzung. Die Reanalysedaten, die für den Bereich des Steinbruchs ausgelesen wurden, weisen eine ähnliche Windrichtungsverteilung zu der Station Luxemburg Flughafen auf. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 3.2 m/s und ist ein wenig geringer als bei der Messung am Flughafen.

Die in Luxemburg-Flughafen gemessene Zeitreihe wird als geeignet für eine Übertragung auf den frei angeströmten Hügelbereich in der Umgebung des Anlagenstandorts eingeschätzt und für die Ausbreitungsrechnungen verwendet. Das Vorgehen ist somit analog zur vorangegangenen Studie (Kumm, 2014).

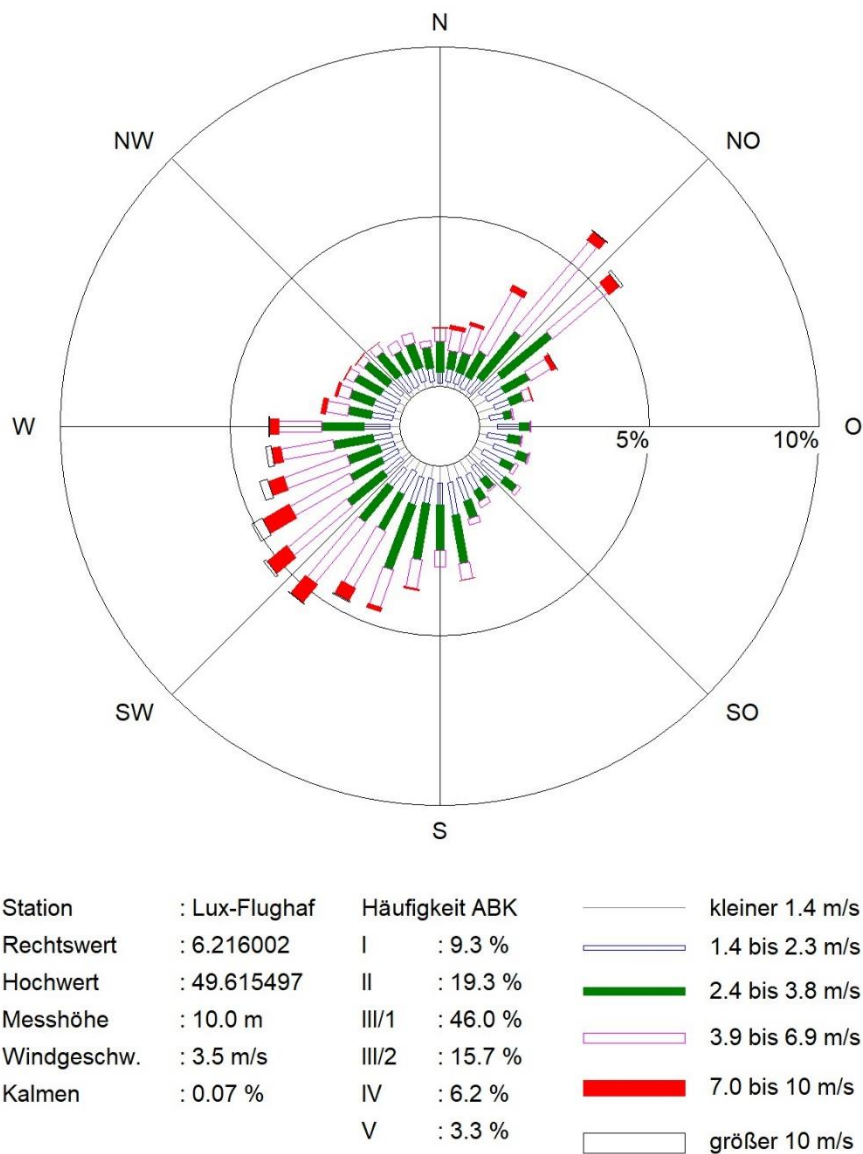


Abb. 5.6: Gemessene Windstatistik mit Ausbreitungsklassenverteilung (ABK) für die Station Luxemburg Flughafen für das Jahr 2015 (Quelle: MeteoLux)

5.3.2 Zeitliche Repräsentanz

Die gemessene Ausbreitungsklassenzeitreihe der Station Luxemburg-Flughafen liegt für die Jahre 2015 bis 2019 vor. Nach den Kriterien in VDI 3783 Blatt 20 (2017) wurde das Jahr 2017 als zeitlich repräsentativ für den verfügbaren Zeitraum eingestuft. Die Daten für das Jahr 2017 weisen allerdings große Messlücken bei der Ausbreitungsklasse auf, die eine Verwendung für eine Ausbreitungsrechnung nach TA Luft (2002) ausschließen. Es wurde das nach VDI 3783 Blatt 20 (2017) am zweitbesten eingestufte Jahr 2015 für die Ausbrei-

tungsrechnung verwendet. Bei den Messungen des Jahres 2015 stimmen die statistischen Kenngrößen (Windrichtungsverteilung, Stabilität und mittlere Windgeschwindigkeit) gut mit dem mehrjährigen Mittel überein.

5.3.3 Thermische Windsysteme

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

Der Anlagenstandort befindet sich auf einer Hochfläche, die abgesehen von dem Anlagengelände bewaldet ist. Für die Bildung von nächtlicher Kaltluft stehen trotz des Reliefs keine geeigneten Produktionsgebiete zur Verfügung. Es werden keine Kaltluftabflüsse in der Ausbreitungsrechnung berücksichtigt.

5.4 Anlagenbeschreibung

Nachfolgend erfolgt zunächst eine allgemeine Beschreibung der bestehenden und geplanten Anlage, anschließend der emissionsrelevanten Betriebsdaten.

5.4.1 Allgemein

Die Flächen des bestehenden Steinbruchs Brouch soll nach Beendigung des Sandsteinabbaus verfüllt und renaturiert werden. Zukünftig soll der Sandsteinabbau auf zusätzlichen Flächen östlich des bestehenden Steinbruchs erfolgen. Zunächst sollen jedoch bereits genehmigte Flächen südlich der aktuellen Abbaufäche genutzt werden. **Abb. 5.7** zeigt eine Übersicht über den Steinbruch. Innerhalb der grün schraffierten Flächen ist der Bereich bereits renaturiert. Innerhalb des orangen Bereichs östlich davon findet aktuell der Abbau statt. Dieser soll nach Süden auf den bereits genehmigten Flächen fortgeführt bzw. der nördliche Bereich verfüllt werden. In den roten Bereich soll der Steinbruch erweitert und nach Abschluss des Abbaus wiederverfüllt werden.

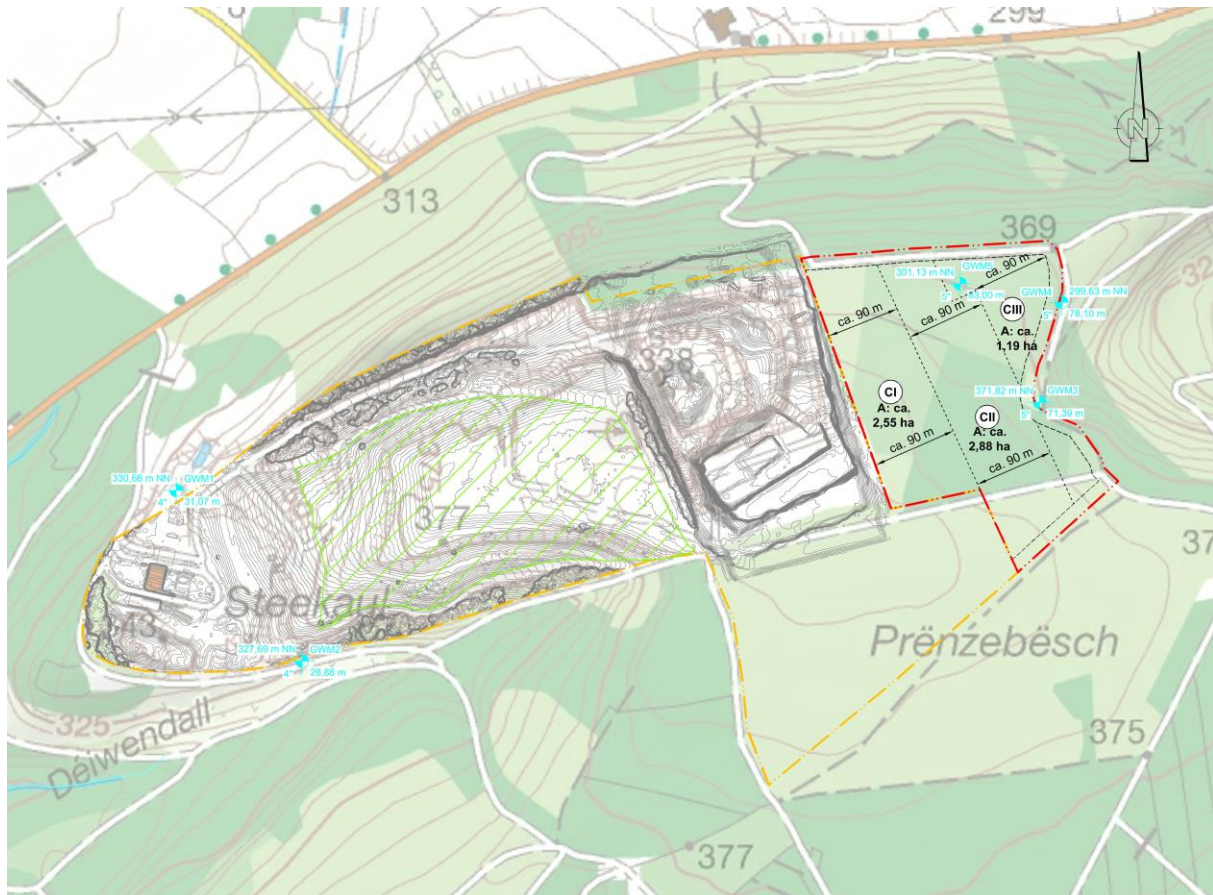


Abb. 5.7: Übersichtsplan des Anlagenstandorts Brouch, grüne Umrandung: rekultivierter Bereich, orange Umrandung: genehmigte Standortgrenze, rote Umrandung: Erweiterungsfläche, Stand: 16.12.2020, Daten vom Auftraggeber erhalten

Die Basisdaten des Steinbruchs und der Deponie Brouch sind in **Tab. 5.3** und **Tab. 5.4** zusammengestellt. Der Abbau soll über einen Zeitraum von ca. 26.8 Jahren in 5 Abbauphasen erfolgen. Die Phasen sind in **Abb. 5.8** gezeigt. Es soll ein zusätzliches Abbauvolumen von ca. 4 500 000 m³ beantragt werden. Bei einer Dichte des Materials von 2.2 Mg/m³ entspricht dies einer Abbaumasse von ca. 9 900 000 Mg.

Zeitgleich sollen andere Bereiche mit Inertmaterial verfüllt werden. Die vollständige Verfüllung ist für einen Zeitraum von 69.3 Jahren angesetzt. Das beantragte Verfüllvolumen ist identisch zum Abbauvolumen von 4 500 000 m³. Aufgrund der geringeren Dichte von 1.8 Mg/m³ beträgt die geplante Verfüllmasse ca. 8 100 000 Mg. Zudem ist bereits ein Restverfüllvolumen für die bestehende Abbaufäche von 8 016 000 m³ (14 429 000 Mg) genehmigt. Die Verfüllung soll in 8 Verfüllphasen ablaufen.

Steinbruch Brouch	Basisdaten	
	zusätzliches Abbauvolumen in m ³	4 500 000
	zusätzliche Abbaumasse in t	9 900 000
	Abschätzung Anlieferungen und Betriebsdauer	
	Anzahl Öffnungstage pro Jahr	220
	geschätzte Anliefermenge pro Jahr in t	370 000
	resultierende Betriebsdauer in Jahren	26.8
	Berechnungsgrundlagen	
	durchschnittliche Transportkapazität je LKW in t	20
	durchschnittliche Dichte Naturstein in t/m ³	2.2
	Faktor max. / mittl. Anzahl Fahrzeuge pro Stunde	1.5
	Arbeitsstunden pro Tag Anlieferung zur Deponie	8
	Berechnung Fahrzeugverkehr Abtransport Naturstein	
	durchschnittlicher Abtransport pro Tag in t	1 680
	durchschnittliche Anzahl LKW pro Tag	84
	durchschnittliche Anzahl LKW pro Stunde	10.5
	max. Anzahl LKW pro Stunde	15.8

Tab. 5.3: Basisdaten des Steinbruchs Brouch, Daten vom Auftraggeber erhalten.

5.4.2 Emissionsrelevante Eingangsdaten

Der Sandstein wird mittels Hydraulikbagger aus dem Boden herausgebrochen und auf Muldenkippern zu einer mobilen Aufbereitungsanlage gefahren. Einzelne Sprengungen werden durchgeführt, um den Boden zu lockern oder Schichten abzulösen. Nach Auskunft des Auftraggebers finden ca. 13 Sprengungen pro Jahr statt.

Der Standort der mobilen Aufbereitungsanlage befindet sich am nördlichen Rand des Anlagengeländes zwischen bestehendem und geplantem Steinbruch. Die Aufgabeleistung der ersten Einheit der Aufbereitungsanlage liegt laut Datenblatt bei ca. 650 Mg/h. Das gebrochene und fraktionierte Material wird von dort per LKW abtransportiert.

Das angelieferte Inertmaterial wird in den zu verfüllenden Teil der Anlage abgekippt, per Planierraupe verteilt und per Walze verdichtet. Anschließend erfolgt eine Renaturierung der Fläche. Zusätzlich zur Deponierung werden etwa 5 % des angelieferten Materials (Bauschutt) in einer Aufbereitungsanlage recycelt und für die externe Weiterverwendung bevorratet. Die Aufbereitungsanlage wird temporär aufgebaut und betrieben. Sie ist vergleichbar zu der Aufbereitungsanlage für Sandstein und wird im selben Bereich aufgestellt.

Inertabfalldeponie Brouch	Basisdaten	
	genehmigtes Restverfüllvolumen in m ³	8 016 000
	genehmigte Restverfüllmasse in t	14 429 000
	zusätzliches Verfüllvolumen in m ³	4 500 000
	zusätzliche Verfüllmasse in t	8 100 000
	Abschätzung Anlieferungen und Betriebsdauer	
	Anzahl Öffnungstage pro Jahr	220
	geschätzte Anliefermenge pro Jahr in t	342 105
	davon zur Deponierung in t	325 000
	davon Recycling in t	17 105
	resultierende Betriebsdauer in Jahren	69.3
	Berechnungsgrundlagen	
	durchschnittliche Transportkapazität je LKW in t	20
	durchschnittliche Dichte Inertmaterialien in t/m ³	1.8
	Faktor max. / mittl. Anzahl Fahrzeuge pro Stunde	1.5
	Arbeitsstunden pro Tag Anlieferung zur Deponie	8
	Berechnung Fahrzeugverkehr Deponierung	
	durchschnittliche Anlieferung pro Tag in t	1 480
	durchschnittliche Anzahl LKW pro Tag	74
	durchschnittliche Anzahl LKW pro Stunde	9.3
	max. Anzahl LKW pro Stunde	13.9

Tab. 5.4: Basisdaten der Inertabfalldeponie Brouch, Daten vom Auftraggeber erhalten.

Die Transportaktivitäten der Anlage verlaufen nach dem 1:1-Prinzip, wonach die Anlieferung von Inertmaterial und der Abtransport von Abbaumaterial vorzugsweise mit demselben Fahrzeug erfolgen. In der Praxis wird dies nach Angabe des Auftraggebers zu 85 % erreicht. Es sind durchschnittlich 162 LKW-Fahrten pro Tag für An- und Abtransport nötig (Steinbruch: 84 LKW/d, Deponie: 74 LKW/d, Bauschutttaufbereitung: 4 LKW/d). Der Abtransport erfolgt zu 85 % im selben LKW, d. h. durchschnittlich bei ca. 71 LKW/d. Es sind somit durchschnittlich 91 LKW/d (An- und Abfahrt) für den Betrieb der Anlage notwendig.

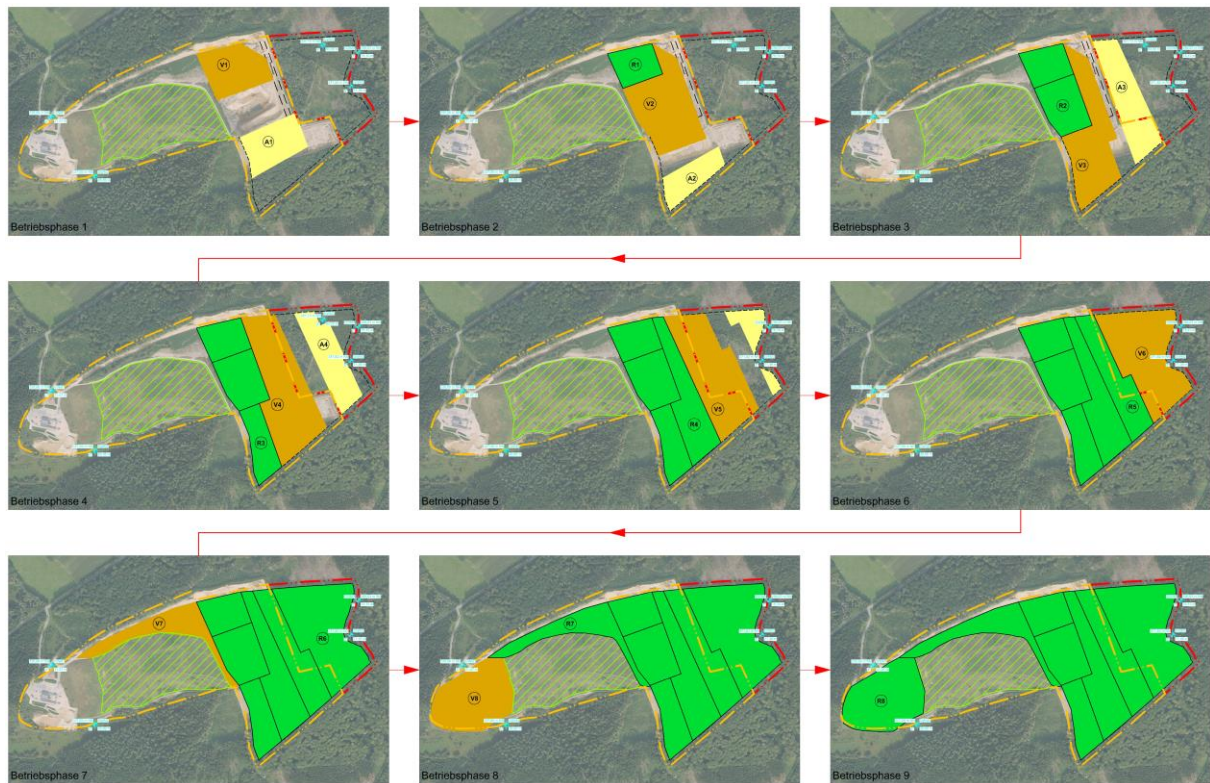


Abb. 5.8: Phasenplan des Steinbruchs und der Inertstoffdeponie Brouch, Abbauphasen in gelb, Verfüllphasen in orange, Renaturierungsphasen in grün, Daten vom Auftraggeber erhalten.

6 QUELLEN UND EMISSIONEN

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

6.1 Kategorisierung nach Quellgeometrie

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

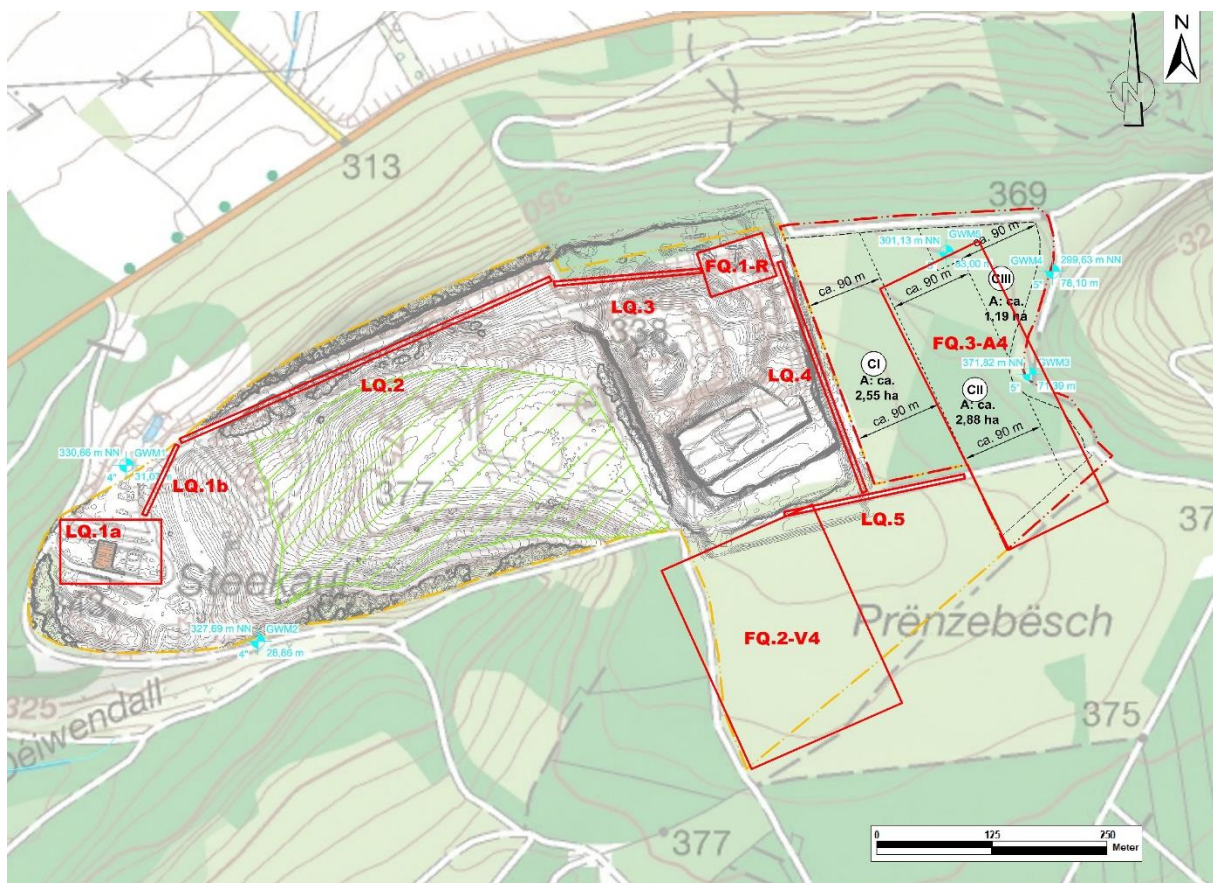


Abb. 6.1: Quellenplan für den Steinbruch Brouch: LQ sind Fahrwege, FQ sind die Flächen für den Abbau, die Verfüllung und die Aufbereitungsanlage im ‚Worst Case‘ Szenario.

In **Abb. 6.1** ist der Quellenplan für den Steinbruch dargestellt. Das Abbauen des Sandsteins und das Verfüllen der Flächen sowie der Betrieb der Bauschuttauflbereitungsanlage werden als Volumenquellen (VQ) im Modell abgebildet. Die Fahrwege werden als Volumenquellen entlang der Fahrstrecke mit einer Breite von 5 m und einer Höhe von 3 m angesetzt.

6.2 Abgasfahnenüberhöhung

Der untersuchte Steinbruch weist keine gefassten Quellen auf, folglich wurde keine Abgasfahnenüberhöhung berücksichtigt.

6.3 Quantifizierung der Emissionen für Staub

Im Folgenden sind die Arbeitsschritte und Prozesse zusammengestellt, bei denen mit dem Entstehen von Staubemissionen gerechnet werden muss. Zur Abschätzung der Emissionen durch die diversen Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Abbau, dem Aufnehmen und Abschütten sowie der Behandlung der Materialien wird auf die Ansätze nach EPA (2006) zurückgegriffen. In EPA (1983) wurde eine starke Korrelation der Emission mit der Bodenfeuchte und der mittleren Windgeschwindigkeit festgestellt, eine etwas geringere Korrelation mit der Abwurfhöhe. Der Einfluss der Abwurfhöhe reduziert die Emissionen vom Aufnehmen gegenüber dem Abkippen um 20 %.

Bei dem Abbau von Sandstein mittels Hydraulikbagger werden kompakte Blöcke horizontal aus der tieferen Erdschicht entnommen. Es wird eine Materialfeuchte von 10 % angesetzt (Füchtbauer, 1988). Sobald der Sandstein entnommen wurde, zerfällt dieser leicht aufgrund des geringeren Oberflächendrucks und die Permeabilität nimmt ab. Beim Verladen wird daher ein höherer Emissionsfaktor verwendet. In EPA (2006) kann für die veränderte Oberflächeneigenschaft ausschließlich die Materialfeuchte angepasst werden. Es wird der Emissionsfaktor für erdfeuchten Bodenaushub herangezogen.

Das angelieferte oder zwischengelagerte Material hat eine geringere Bodenfeuchte als der Sandstein. Bei zwischengelagertem Sandstein wird eine Bodenfeuchte von ca. 1.5 % und für trockenem Bodenaushub von <1 % verwendet. Es wird in einem konservativen Ansatz und aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Anlagen stets die mittlere Windgeschwindigkeit der Station Luxemburg Flughafen von 3.4 m/s angesetzt. Die verwendeten Emissionsfaktoren für den Abbau, das Aufnehmen und Abkippen des Materials nach EPA (2006) sind in **Tab. 6.1** zusammengestellt.

	Emissionsfaktor in kg/Mg		
	<2.5 µm	<10 µm	<30 µm
Abbau von Sandstein	0.00002	0.00010	0.00022
Abkippen von trockenem Bodenaushub	0.00059	0.00389	0.00823
Aufnehmen von trockenem Bodenaushub	0.00047	0.00311	0.00659
Abkippen von erdfeuchtem Oberboden	0.00022	0.00148	0.00312
Aufnehmen von erdfeuchtem Oberboden	0.00018	0.00118	0.00250

Tab. 6.1: Verwendete Emissionsfaktoren für die Vorgänge Abkippen und Aufnahmen

Für die Staubemissionen durch Transportvorgänge von Muldenkippern, LKW, Radladern und Walzen wurde eine Berechnung anhand von EPA (2006) angewandt. Die Emissionen durch die Fahrvorgänge wurden je nach Befahren von Asphaltwegen, Schotterpisten und unbefestigten Wegen unterteilt. Es wurde von einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 20 km/h für LKW ausgegangen. Die Ladekapazität wurde mit 41 Mg für die Muldenkipper, 20 Mg für LKW und 11 Mg für Radlader angenommen. Die mittleren Niederschlagsverhältnisse am Standort von 126 Niederschlagstagen im Mittel der vergangenen Jahre (für die Station Luxemburg Flughafen) werden anhand von EPA (2006) berücksichtigt. Die verwendeten Emissionsfaktoren für die Fahrwegs- und Motoremissionen sind in **Tab. 6.2** dargestellt. Für Schotterwege wurde ein geringerer Feinkornanteil als für unbefestigte Wege angesetzt.

	Emissionsfaktor in kg/km		
	<2.5 µm	<10 µm	<30 µm
LKW auf Asphaltwegen (leicht verschmutzt)	0.01	0.09	0.28
LKW auf Schotterpiste	0.02	0.37	0.96
LKW auf unbefestigten Wegen	0.04	0.54	1.47
Muldenkipper auf unbefestigten Wegen	0.05	0.99	2.41
Radlader auf unbefestigten Wegen	0.02	0.42	1.05
Planierdraupe auf unbefestigten Wegen	0.02	0.21	0.77
Walze auf unbefestigten Wegen	0.02	0.19	0.74

Tab. 6.2: Verwendete Emissionsfaktoren für die Transportvorgänge

Es wird ein Worst-Case-Szenario abgeleitet, das die ungünstigste Immissionssituation innerhalb eines Jahres wiedergibt. In einem konservativen Ansatz werden aufgrund der Länge der Fahrwege die Lage der Quellen entsprechend einem Abbau in Phase A4 und einem Verfüllen in Phase V4 angepasst (vgl. **Abb. 5.8**).

6.3.1 Anlieferung und Verfüllen des bestehenden Steinbruchs

Das jährliche Volumen an Inertmaterial von gerundet 325 000 Mg wird per LKW angeliefert und in verschiedenen Phasen in die zu verfüllenden Bereich abgekippt. Das Material wird an die Abkippkante an die Oberseite herangefahren und abgekippt. Es wird von unten nach oben in Schichten aufgebaut. Die Schichten werden mittels Planierraupe und Walze verdichtet. In Phase V4 wird eine Fläche von 32 000 m² mit ca. 2 400 000 m³ Inertmaterial verfüllt. Dadurch wird eine Tiefe von 75 m erreicht. Es wird angenommen, dass die Schichten der Verfüllung ca. 10 m hoch sind. Damit ist eine Fläche von 256 000 m² zu verdichten. Es wird angenommen, dass die Planierraupe und die Walze zum Bearbeiten dieser Fläche je ca. 500 km fahren.

Die Emissionsbestimmung für das Abkippen von 325 000 Mg Inertmaterial in die Verfüllfläche V4 ist in **Tab. 6.3** zusammengestellt. Die Fahrwege für die Anlieferung verlaufen über die Waage im Eingangsbereich auf Asphaltwegen und dann entlang des Hauptwegs bis zur Abkippkante auf einer Schotterpiste. Ein kleiner Teil der LKW fährt dann leer zurück. Der Großteil (85 %) der LKW fährt zur Aufbereitungsanlage und nimmt dort aufbereitetes Material aus dem Steinbruch auf. Die in **Tab. 6.3** dargestellten Fahrwegemissionen sind für die einfache Fahrt auf den Wegen berechnet.

	Emissionsfaktor PM10		Masse	gesamte Strecke	Fahrstrecke	Emission PM10 (gerundet)	Quelle
	kg/Mg	kg/km	Mg	km	km	kg/a	
Abschütten	0.00389	-	325 000	-	-	1 264	FQ.2
Verteilen	-	0.36	-	500	-	180	
Verdichten	-	0.28	-	500	-	140	
Asphaltstraße (91 LKW/d)	-	0.09	-	4 805	0.24	432	LQ.1
Schotterpiste (91 LKW/d)	-	0.37	-	12 012	0.60	4 444	LQ.2,3
unbefestigt (74 LKW/d)	-	0.54	-	11 700	2 x 0.36	6 318	LQ.4,5
Summe						12 778	

Tab. 6.3: Emissionsbestimmung für die Anlieferung und den Einbau von Inertmaterial in Verfüllphase V4

6.3.2 Abbau von Sandstein in den Erweiterungsflächen des Steinbruchs

Es sollen jährlich ca. 370 000 Mg Sandstein abgebaut und per LKW abtransportiert werden. Der Abbau geschieht in 5 Phasen, die Phase A4 wird aufgrund der Fahrwegslänge als ‚Worst Case‘ Szenario verwendet. Der Steinbruch wird bis zu einer Tiefe der Abbausole von 310 m über NHN ausgehoben. Dies entspricht einer Tiefe von ca. 60 m bis 80 m. Anhand von PM10-Messungen wurde in einem vergleichbaren Tagebau festgestellt, dass die Staubbemissionen im unteren Abbaubereich nur zu geringen Teilen aus dem Tagebau heraus transportiert werden (Düring et al., 2011). In einem konservativen Ansatz wurde auf die Anpassung der Geländedaten und die Projektion der Quellen der Abbauphase auf die Höhe der Abbausole verzichtet.

Es werden ca. 13 Sprengungen pro Jahr durchgeführt. In EPA (1998) wird ein Emissionsfaktor für Gesamtstaub von $0.00022 \cdot A^{1.5}$ kg/Sprengung angegeben, mit der Fläche A in m² bei einer maximalen Sprengtiefe von 21 m. Pro Sprengung wird ein Volumen ca. 13 333 m³ bei einer mittleren Tiefe von 15 m aufgebrochen. Dies entspricht einer Fläche von ca. 11 500 m² pro Jahr, die durch Sprengungen aufgebrochen wird. Damit berechnet sich aus den Sprengungen eine Emission an Gesamtstaub von 270 kg/a und an PM10 von 140 kg/a.

Für den weiteren Abbau wird der Sandstein mittels Hydraulikbagger aus dem Boden gebrochen und zum internen Transport auf Muldenkipper verladen. Die Muldenkipper transportieren das Material zur Aufbereitungsanlage und fahren anschließend zurück zur Abbaustelle von Phase A4. Der Fahrweg der Muldenkipper wurde daher doppelt berechnet. Die Emissionsbestimmung für die Aufbereitungsanlage ist in Kap. 6.3.3 beschrieben. Anschließend wird das aufbereitete Material per Radlader auf LKW geladen und abtransportiert. Im Eingangsbereich verläuft die LKW-Fahrstrecke bei Verlassen des Geländes über die Waage und in einem Bogen zurück und über die Reifenwaschanlage. Dadurch ist die LKW-Fahrstrecke beim Abtransport länger als bei der Anlieferung. Die Emissionsbestimmung für den Abbau in A4 inkl. Abtransport ist in **Tab. 6.4** dargestellt.

	Emissionsfaktor PM10		Masse	gesamte Strecke	Fahrstrecke	Emission PM10 (gerundet)	Quelle
	kg/Mg	kg/km	Mg	km	km	kg/a	
Sprengung	-	-	-	-	-	140	FQ.3
Abbau	0.00010	-	370 000	-	-	37	
Abkippen in Muldenkipper	0.00148	-	370 000	-	-	548	
unbefestigt (Muldenkipper)	-	0.99	-	9 024	2 x 0.5	8 934	LQ.4,5
Schotterpiste (91 LKW/d)	-	0.37	-	12 012	0.6	4 444	LQ.2,3
Asphaltstraße (91 LKW/d)	-	0.09	-	10 010	0.5	901	LQ.1
Summe						15 034	

Tab. 6.4: Emissionsbestimmung für den Abbau und Transport von Sandstein in Abbauphase A4

6.3.3 Aufbereitung von Sandstein und Bauschutt in den Aufbereitungsanlagen

Der abgebaute Sandstein wird vor dem Abtransport gebrochen und fraktioniert. Es werden ca. 370 000 Mg Sandstein pro Jahr in der Aufbereitungsanlage bearbeitet. Die Muldenkipper laden den Sandstein im Bereich der Aufbereitungsanlage ab und ein Radlader fördert das Material in den Aufgabebunker.

Zudem wird das angelieferte recycelbare Material (Bauschutt) zwischengelagert und in einer weiteren, temporären Aufbereitungsanlage chargenweise aufbereitet. Die zweite Aufbereitungsanlage wird für die Betriebsdauer auf dem Anlagengelände aufgestellt und betrieben. Für die 17 105 Mg Bauschutt benötigt die Anlage bei ca. 500 Mg/h etwa eine Woche. Zum Beschicken des Aufgabetrichters mit Bauschutt vom Zwischenlager wird ein Radlader verwendet.

Die betriebseigene Aufbereitungsanlage befindet sich an der nordöstlichen Ecke des bestehenden Steinbruchs (s. **Abb. 6.2**). Die temporäre Aufbereitungsanlage ist vom Aufbau her vergleichbar und wird im selben Bereich aufgestellt. Die Wege im Bereich der Aufbereitungsanlage sind unbefestigt. Nach dem Durchlauf durch die Aufbereitungsanlage wird das Material für den Abtransport per Radlader vom Förderabwurf in LKW geschüttet.

In EPA (2004) sind verschiedene Emissionsfaktoren für Brecheranlagen, Siebe und Transportbänder genannt. Es wird zwischen ‚kontrollierten‘ und ‚unkontrollierten‘ Vorgängen in Bezug auf die Staubemissionen unterschieden. Die Staubemissionen werden dann als ‚kontrolliert‘ bezeichnet, wenn eine Einhausung oder Kapselung der Vorgänge bzw. eine Befuchtung des Materials die unkontrollierte Freisetzung von Staub vermindert.

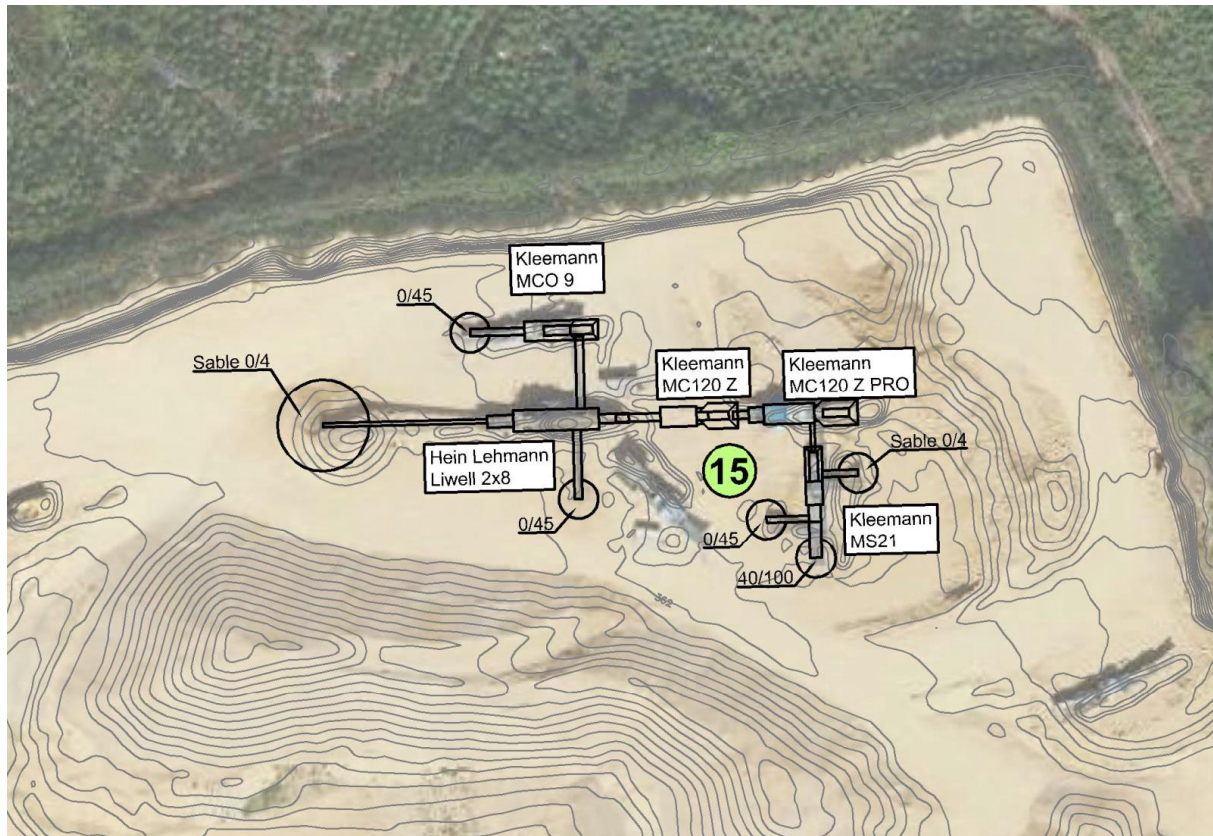


Abb. 6.2: Darstellung der Aufbereitungsanlage, Daten vom Auftraggeber erhalten.

Anhand der Datenblätter und Beschreibung wird abgeleitet, dass ein Teil der Anlage eingehaust ist und die Staubbefreiung somit kontrolliert stattfindet. Der Aufbau der Aufbereitungsanlage ist in **Abb. 6.2** gezeigt. Diese Anlage setzt sich zusammen aus: zwei ‚kontrollierten‘ Brechern, einer ‚kontrollierten‘ und einer ‚unkontrollierten‘ Siebmaschine sowie einem ‚unkontrollierten‘ Brecher. Nach Durchlauf der Anlage finden ‚unkontrollierte‘ Förderbandabwürfe statt. Es werden die Emissionsfaktoren von 0.00027 kg/Mg für ‚kontrolliertes‘ Brechen, 0.00120 kg/Mg für ‚unkontrolliertes‘ Brechen, 0.00037 kg/Mg für ‚kontrollierte‘ Siebe, 0.00430 kg/Mg für ‚unkontrollierte‘ Siebe und von 0.00055 kg/Mg für ‚unkontrollierten‘ Förderbandabwurf verwendet. Dadurch ergibt sich ein durchschnittlicher Emissionsfaktor durch den mobilen Brecher von 0.00636 kg/Mg. Da die Stoffströme getrennt verlaufen, erfolgt die

Berechnung für jedes Modul einzeln wie in Anhang A3 dargestellt. Die Emissionen der gesamten Aufbereitungsanlage berechnen sich wie in **Tab. 6.5** dargestellt.

6.3.4 Windverwehung

Von den offenen Flächen kann bei starkem Wind der Staub von Oberfläche aufgewirbelt und verweht werden. Die wesentliche Einflussgröße ist dabei nicht die mittlere Windgeschwindigkeit, sondern die Häufigkeit und Stärke von Böen. Unterhalb von ca. 5 m/s tritt keine nennenswerte Winderosion auf. Bei stärkeren Böen werden größere Partikel über kurze Distanzen verfrachtet und lösen beim Wiedereinschlag kleinere Partikel ab, die mit dem Wind fortgetragen werden.

	Emissionsfaktor		Masse	gesamte Strecke	Fahrstrecke	Emission PM10 (gerundet)	Quelle
	kg/Mg	kg/km	Mg	km	km	kg/a	
Abschütten von Muldenkipper	0.00148	-	370 000	-	-	548	FQ.1
Abschütten von LKW	0.00389	-	17 105	-	-	67	
Radlader von Zwischenlager nehmen	0.00311	-	17 105	-	-	53	
Radlader fahren	-	0.42		156	0.1	66	
Radlader in Recyclinganlage schütten	0.00389	-	17 105	-	-	67	
Radlader von Zwischenlager nehmen	0.00118	-	370 000	-	-	437	
Radlader fahren	-	0.42			0.01	141	
Radlader in Recyclinganlage schütten	0.00148	-	370 000	-	-	548	
Aufbereitungsanlage	0.00636	-	387 105	-	-	1 303*	
Radlader aufnehmen von Förderabwurf	0.00311	-	387 105	-	-	1 204	
Radlader auf LKW abschütten	0.00389	-	387 105	-	-	1 506	
Summe						5 687	

Tab. 6.5: Emissionsbestimmung für die Aufbereitungsanlage, *anhand der einzelnen Prozesse bestimmt (s. Anhang A3)

Für die Windverwehung muss genügend abwehbares Material vorhanden sein, so dass nur die Bereiche berücksichtigt werden, auf denen kontinuierlich Material umgeschlagen wird (Bmwfj, 2013). Dies ist bei der vorliegenden Anlage im Recyclingbereich der Fall. Auf den Verfüllflächen wird das eingebaute Material verdichtet, so dass abwehbares Material nicht über einen längeren Zeitraum zur Verfügung steht.

Für die Bestimmung der Emissionsstärke wurde auf detaillierte Windmessdaten der Station Luxemburg Flughafen zurückgegriffen. Anhand der Häufigkeit der Windböen wurde analog dem Vorgehen in Bmwfj (2013) basierend auf EPA (2006) ein Emissionsfaktor für eine kegelförmige Lagerung von Sand und Schotter von $614 \text{ g}/(\text{m}^2 \text{ a})$ berechnet. Die Fläche vom Zwischenlager und dem Ausgangslager der Aufbereitungsanlage wurde anhand des Luftbilds mit insgesamt ca. $12\,000 \text{ m}^2$ abgeschätzt. Anhand der o. g. Fläche der Aufbereitungsanlage von $12\,000 \text{ m}^2$ berechnet sich eine PM₁₀-Emission von $3\,684 \text{ kg/a}$ (FQ.1-R).

6.3.5 Zeitliche Charakteristik

Es erfolgte keine zeitliche Differenzierung der Emissionen, die Ausbreitungsrechnungen zur Ermittlung des Jahresmittelwertes der Staubimmissionen wurden unter Verwendung der jährlichen Emissionen durchgeführt.

6.3.6 Zusammenfassende Darstellung der Emissionen

In **Tab. 6.6** sind die Quellen für den Anlagenstandort Brouch im ‚Worst Case‘ Szenario zusammengestellt. Die angegebenen Rechts- und Hochwerte für Flächen- und Volumenquellen entsprechen der linken unteren Ecke der Quellen im nicht gedrehten Zustand.

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

Quelle	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
	LQ.1a	LQ.1b	LQ.2	LQ.3	LQ.4	LQ.5	FQ.2-V4	FQ.1-R	FQ.3-A4
	Fahrwege						Verfüllung	Aufbereitung	Abbau
Art der Quelle	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ	VQ
Rechtswert	70948	71042	71080	71485	71820	71735	71699	71655	71979
Hochwert	89795	89870	89950	90123	89895	89869	89590	90112	89833
Quellhöhe bzw. Quellunterkante in m	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ausdehnung der Quelle (Länge x Breite x Vertikalerstreckung) in m	110 x 70 x 5	85 x 5 x 3	440 x 5 x 3	160 x 5 x 3	5 x 270 x 3	200 x 5 x 3	179 x 240 x 5	75 x 50 x 3	120 x 320 x 3
Drehung der Quelle bzgl. der Nordrichtung in Grad	-	65	24	5.1	20	12	24	18	26
PM2.5 in kg/a	91.1	57.0	3 603.6	1 201.2	825.6	544.8	227.1	1 264.6	97.8
PM2.5-10 in kg/a	728.7	456.5	3 063.1	1 021.0	8 695.9	5 185.8	1 356.0	8 215.1	655.9
PM > 30 µm in kg/a	1 730.7	1 084.1	10 630.6	3 543.5	18 631.6	12 103.0	2 305.3	11 084.9	807.3

Tab. 6.6: Zusammenstellung der emissionsseitigen Eingangsdaten für die Berechnung der Zusatzbelastung durch den Anlagenstandort Brouch im ‚Worst Case‘ Szenario

7 AUSBREITUNGSMODELLIERUNG

Die Ausbreitungsrechnungen erfolgten mit dem Programmsystem WinAUSTAL Pro der Lohmeyer GmbH, Karlsruhe. Das Programmsystem beinhaltet eine windowsfähige Oberfläche für das offizielle Programmsystem AUSTAL2000, das eine vom Umweltbundesamt bereitgestellte Umsetzung der Ausbreitungsmodellierung nach TA Luft (2002), Anhang 3 darstellt. Die im vorliegenden Gutachten verwendete Version von AUSTAL2000 ist Version 2.6.11.

Es erfolgten Ausbreitungsrechnungen für die Zusatzbelastung an Staub (PM_{2.5} und PM₁₀) und Staubbiederschlag durch den Steinbruch Brouch im erweiterten Zustand. Die Protokoll-dateien der Ausbreitungsrechnungen (LOG-Dateien) sind in Anhang A2 aufgeführt.

7.1 Rechengebiet

7.1.1 Ausdehnung und räumliche Auflösung

Das Rechengebiet wurde entsprechend den Vorgaben der TA Luft (2002) automatisch von AUSTAL2000 generiert und anschließend bis zum Ortsgebiet von Reckange erweitert. Das Gitter besitzt eine horizontale Auflösung von 16 m x 16 m. Das gesamte Rechengebiet überdeckt eine Fläche von 3 760 m x 3 088 m. Für die vertikale Auflösung des Rechengitters wurde die Standardauflösung von AUSTAL2000 verwendet.

7.1.2 Bodenrauigkeit des Geländes

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

Die mittlere Rauigkeitslänge wird in Tabelle 14, Anhang 3, der TA Luft (2002) in Abhängigkeit von Landnutzungsklassen neun Klassenwerten für z_0 von 0.01 m (für beispielsweise Wasserflächen) bis 2 m (durchgängig städtische Prägung) zugeordnet. Diese Landnutzungsklassen können flächenhaft dem CORINE-Kataster entnommen werden.

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

prüfen. Gemäß VDI 3783 Blatt 13 (2010) ist der Wert für die Rauigkeitslänge so zu wählen, dass eine konservative Bestimmung der Immissionsbeiträge erfolgt.

Die Rauigkeitslänge im Rechengbiet wird durch die Rauigkeitslänge des Waldgebiets ($z_0 = 1.5 \text{ m}$) in der Umgebung der Anlage geprägt. Für Deponieflächen wird nach TA Luft (2002) eine Rauigkeitslänge von 0.05 m angesetzt. Durch die Abbruchkanten können Verwirbelungen im Windfeld entstehen, die eine flache Verdrängungshöhe, resultierend aus einer geringen Rauigkeitslänge, nicht plausibel erscheinen lässt.

Der Bereich der Beurteilungspunkte setzt sich aus lockerer Bebauung ($z_0 = 1.0 \text{ m}$), landwirtschaftlichen Nutzflächen und lockere Vegetation zusammen. Es wird für das gesamte Rechengbiet eine mittlere Rauigkeitslänge von 1.0 m angesetzt.

7.2 Komplexes Gelände – Auswirkungen auf die Windfeldmodellierung

7.2.1 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten

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

Es liegt ein reliefiertes Gelände mit einer Hochfläche und engen und breiten Talbereichen (vgl. **Abb. 5.2**). Die natürlichen Hangbereiche sind teilweise sehr steil. Zudem befinden sich auf dem Anlagengelände steile Abbruchkanten, die im digitalen Geländemodell nicht der aktuellen Lage entsprechen.

Nach TA Luft (2002) sollen Geländeunebenheiten in der Ausbreitungsrechnung berücksichtigt werden, wenn über eine Strecke, die der doppelten Schornsteinhöhe entspricht, Steigungen von mehr als 1:20 (entspricht 0.05 m/m) und innerhalb des Rechengbiets Höhendifferenzen zum Emissionsort von mehr als dem 0.7-fachen der Schornsteinhöhe auftreten. Für bodennahe Quellen wird die Schornsteinmindesthöhe von 10 m über Grund zur Überprüfung verwendet. Die Berücksichtigung von Geländeunebenheiten geschieht in der Regel unter Verwendung eines diagnostischen, mesoskaligen Windfeldmodells (bei Verwendung von AUSTAL2000 das Modell TALdia). Übersteigt diese Steigung den Wert von 1:5 (entspricht

0.2 m/m), ist nach VDI 3783 Blatt 13 (2010) in der Regel ein prognostisches Windfeldmodell einzusetzen. Die verwendete Auflösung von 16 m x 16 m liegt in der Größenordnung der doppelten Mindestschornsteinhöhe.

In diesem Rechengitter liegen mit maximalen Steigungen von 0.91 m/m (siehe log-Datei der Windfeldberechnung in Anhang A2) Werte über 0.05 m/m vor, daher wird bei der Ausbreitungsrechnung das Relief in Form eines digitalen Geländemodells berücksichtigt. Diese maximalen Steigungen sind zugleich deutlich größer als die in der TA Luft (2002) genannte maximale Steigung von 1:5, die zur Verwendung des diagnostischen Windfeldmodells von AU-STAL2000 nicht überschritten werden sollte.

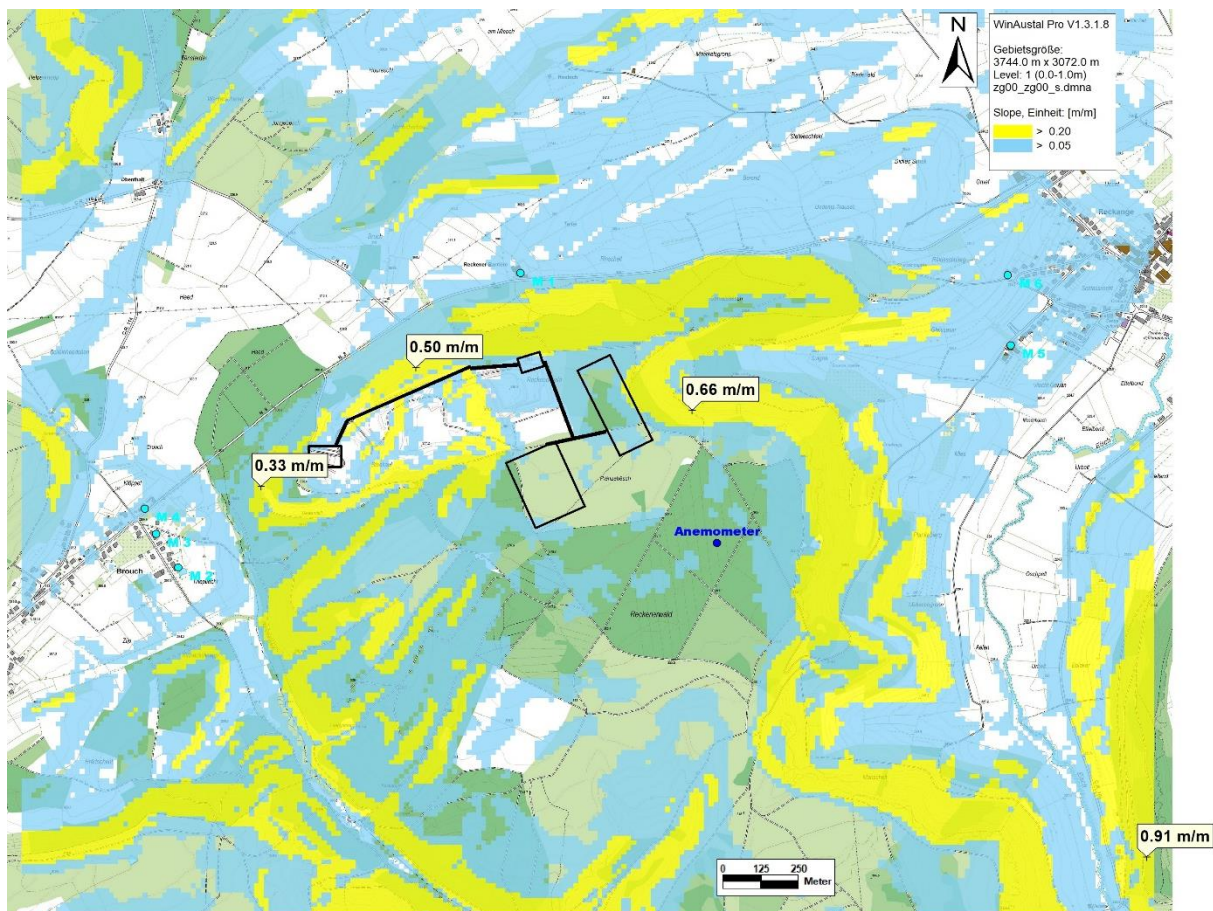


Abb. 7.1: Geländesteigungen im Modellgebiet

Abb. 7.1 zeigt die Geländesteigungen im Rechengebiet. Die besonders hohen Steigungen außerhalb des Anlagengeländes, oberhalb von 0.5 m/m, treten ausschließlich im östlichen Untersuchungsgebiet auf. Zwischen Anlagengelände und den Beurteilungspunkten in Brouch

beträgt die maximale Geländesteigung 0.33 m/m. Östlich der Anlage, in Richtung Reckange, betragen die maximalen Steigungen 0.66 m/m.

Im Talbereich, wo sich die Beurteilungspunkte befinden, wird das Steigungskriterium eingehalten. Die vorliegende Untersuchung soll die Staubimmissionen im weiteren Umfeld um den Steinbruch abbilden. Eine Bewertung im Nahfeld, wo die hohen Steigungen eine Auswirkung auf die Berechnung der Immissionen aufweisen könnten, geschieht nicht. Daher wurden die Windfelder für die Ausbreitungsrechnung in Anlehnung an VDI 3783 Blatt 13 (2010) mit dem diagnostischen Windfeldmodell von AUSTAL2000 erstellt.

7.2.2 Berücksichtigung von Bebauung

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

Da es sich bei der vorliegenden Fragestellung um eine Betrachtung des weiteren Umfelds handelt, wurde auf eine Berücksichtigung der Gebäudeumströmung bei der Ausbreitungsmodellierung verzichtet. Im Bereich der Quellen befinden sich nur vereinzelt Gebäude, wie beispielsweise im Bereich der Zufahrt.

7.2.3 Mindestanforderungen an ein Windfeldmodell

Die Windfeld- und Ausbreitungsmodellierung erfolgte mit dem Programmsystem AUSTAL2000, das dort angewandte Windfeldmodell TALdia erfüllt die in VDI 3783 Blatt 13 (2010) aufgestellten Mindestanforderungen an ein Windfeldmodell im Rahmen des Einsatzbereichs der TA Luft (2002).

Der Zahlenwert des Divergenzfehlers (Maximum 0.033) liegt unter dem im Handbuch zu AUSTAL2000 nicht zur Überschreitung empfohlenen maximalen Wert von 0.05.

7.3 Rechenparameter

7.3.1 Anemometerposition und Anemometerhöhe

Bei der Ausbreitungsrechnung werden die meteorologischen Daten (siehe Kap. 5.3) im Modellgebiet einer räumlichen Anemometerposition und einer dazugehörigen Anemometerhöhe (in m über Grund) zugeordnet.

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

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Anemometerposition südöstlich des Anlagenstandorts gelegt (vgl. **Abb. 5.2**). Die Anemometerhöhe wurde mit 25.9 m in Abhängigkeit von der Rauigkeit am Untersuchungsstandort bestimmt.

7.3.2 Statistische Sicherheit

Die statistische Sicherheit der Ausbreitungsrechnung ist in den Protokollen der Berechnungen (LOG-Dateien) in Anhang A2 ausgewiesen und erfüllt die Anforderungen der TA Luft Anhang 3. Die Qualitätsstufe wurde mit +2 auf einen erhöhten Wert festgelegt und geht damit über die Anforderungen aus VDI 3783 Blatt 13 (2010) hinaus.

7.3.3 Depositionsgeschwindigkeiten

Bei den Ausbreitungsrechnungen wurden die Depositionsgeschwindigkeiten entsprechend Anhang 3 TA Luft (2002) Abschnitt 3 für Staub mit den dort gegebenen Geschwindigkeiten berücksichtigt. PM₁₀ wurde der Größenklasse der Korngröße 2 und der Grobstaub mit einem Durchmesser < 30 µm nach EPA (2006) der Korngröße Klasse 3 nach Anhang 3 TA Luft (2002) Abschnitt 4 zugeordnet.

8 ERGEBNISSE

Abb. 8.1 zeigt den Jahresmittelwert der berechneten Zusatzbelastung an Feinstaub PM10 für das ‚Worst Case‘ Szenario des Anlagenstandorts Brouch. In **Abb. 8.2** ist der Jahresmittelwert der berechneten Zusatzbelastung an Feinstaub PM2.5 dargestellt. **Abb. 8.3** zeigt den Jahresmittelwert der berechneten Zusatzbelastung für den Staubbiederschlag. Die Darstellungen erfolgen in Form von farbigen Quadraten, deren Farben bestimmten Wertebereichen zugeordnet sind. Die Zuordnung zwischen Farbe und Wert ist in der Legende angegeben. Die unterste Klasse der Legende (hellblaue Farbe) bezeichnet in **Abb. 8.1** Werte mit einer Konzentration größer $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, d. h. oberhalb der Irrelevanzschwelle der TA Luft (2002) für PM10.

Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung werden auf Rasterflächen des Gitters von 16 m x 16 m in Bodennähe dargestellt.

An den nächstgelegenen Beurteilungspunkten in den Ortsgebieten von Brouch und Reckange wurde ein Jahresmittelwert der PM10-Zusatzbelastung von bis zu $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet (vgl. **Abb. 8.1**). Die Irrelevanzschwelle gemäß TA Luft (2002) von $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird an den Beurteilungspunkten in den Ortsgebieten nicht überschritten. An dem nördlich gelegenen Beurteilungspunkt, Reckener Barrière, wurde ein PM10-Jahresmittelwert von $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Dort wurde die Irrelevanzschwelle der TA Luft (2021) für PM10 überschritten.

Mit einer in Kap. 5.2 abgeleiteten Vorbelastung von $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet sich ein Jahresmittelwert der Gesamtbelastung an PM10 von gerundet $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Immissions-Jahreswert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemäß Règlement (2011) wird eingehalten.

Gemäß BAST (2005) ist im statistischen Mittel eine Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu erwarten. Mit einem Jahresmittelwert der PM10-Gesamtbelastung an den Beurteilungspunkten im Ortsgebiet unterhalb der Irrelevanzschwelle der TA Luft und an dem Beurteilungspunkt im Außenbereich maximal $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird der PM10-Kurzzeitgrenzwert im statistischen Mittel nicht überschritten.

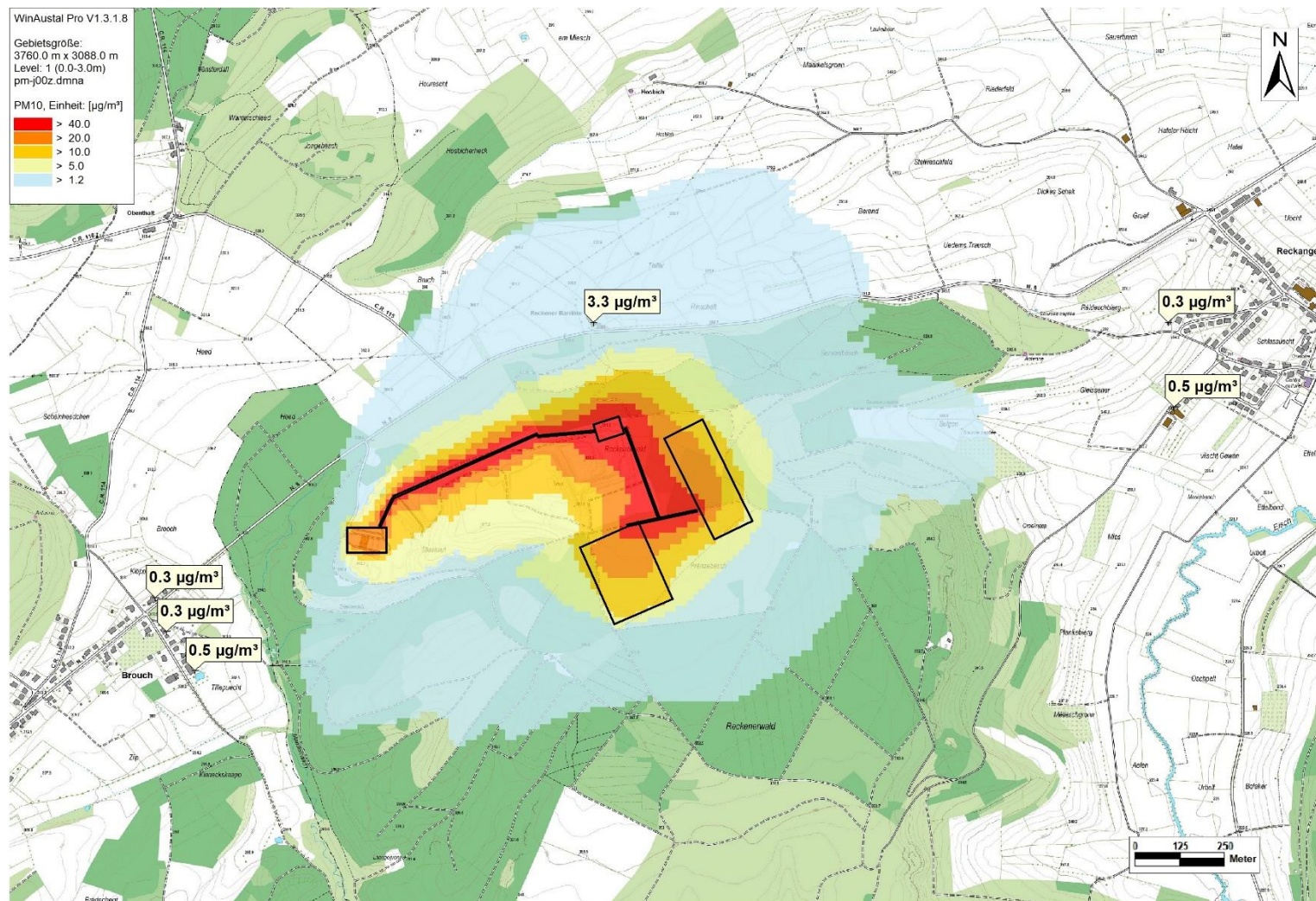


Abb. 8.1: Berechnete Zusatzbelastung für den Jahresmittelwert der PM10-Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durch den Anlagenstandort Brouch

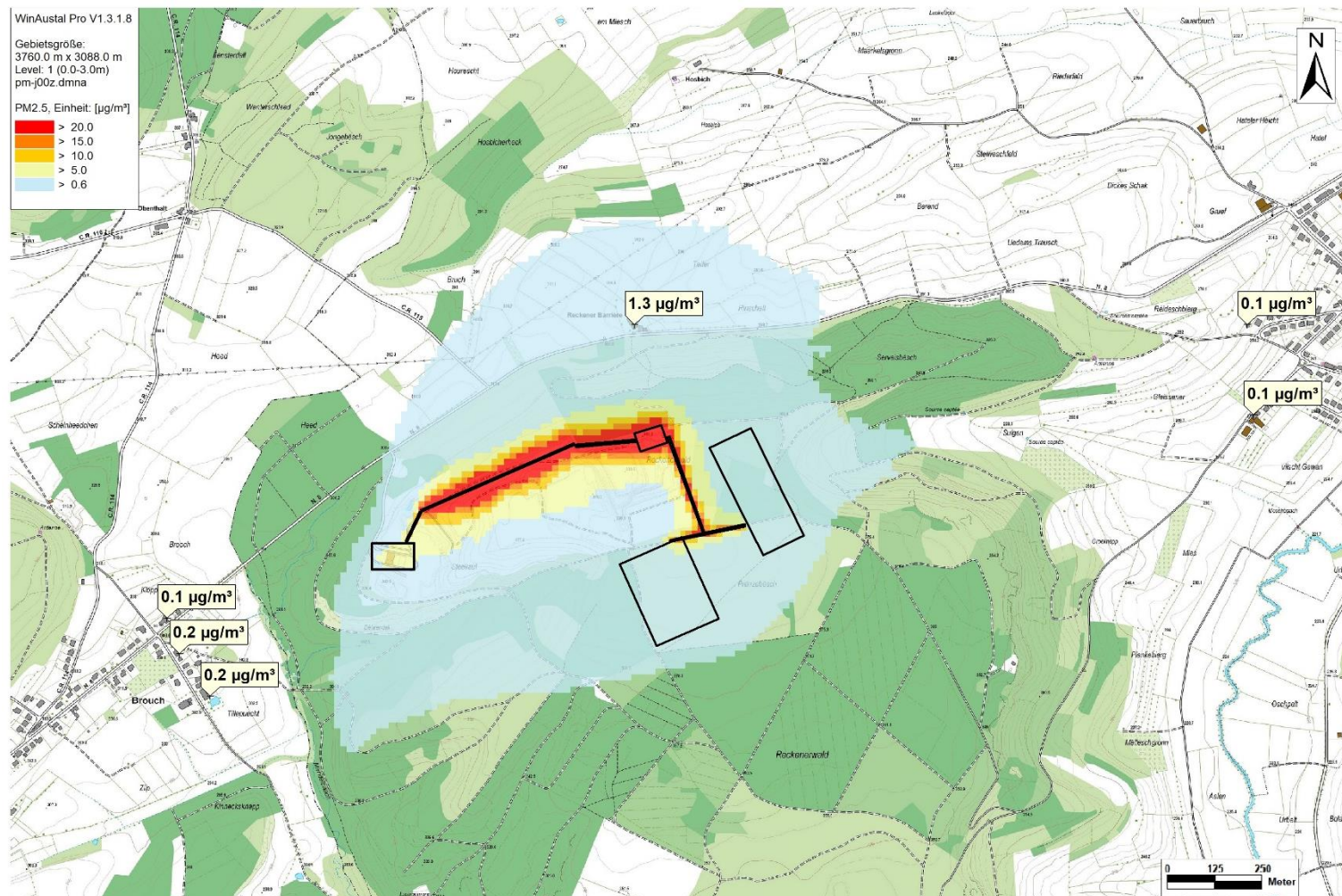


Abb. 8.2: Berechnete Zusatzbelastung für den Jahresmittelwert der PM2.5-Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durch den Anlagenstandort Brouch

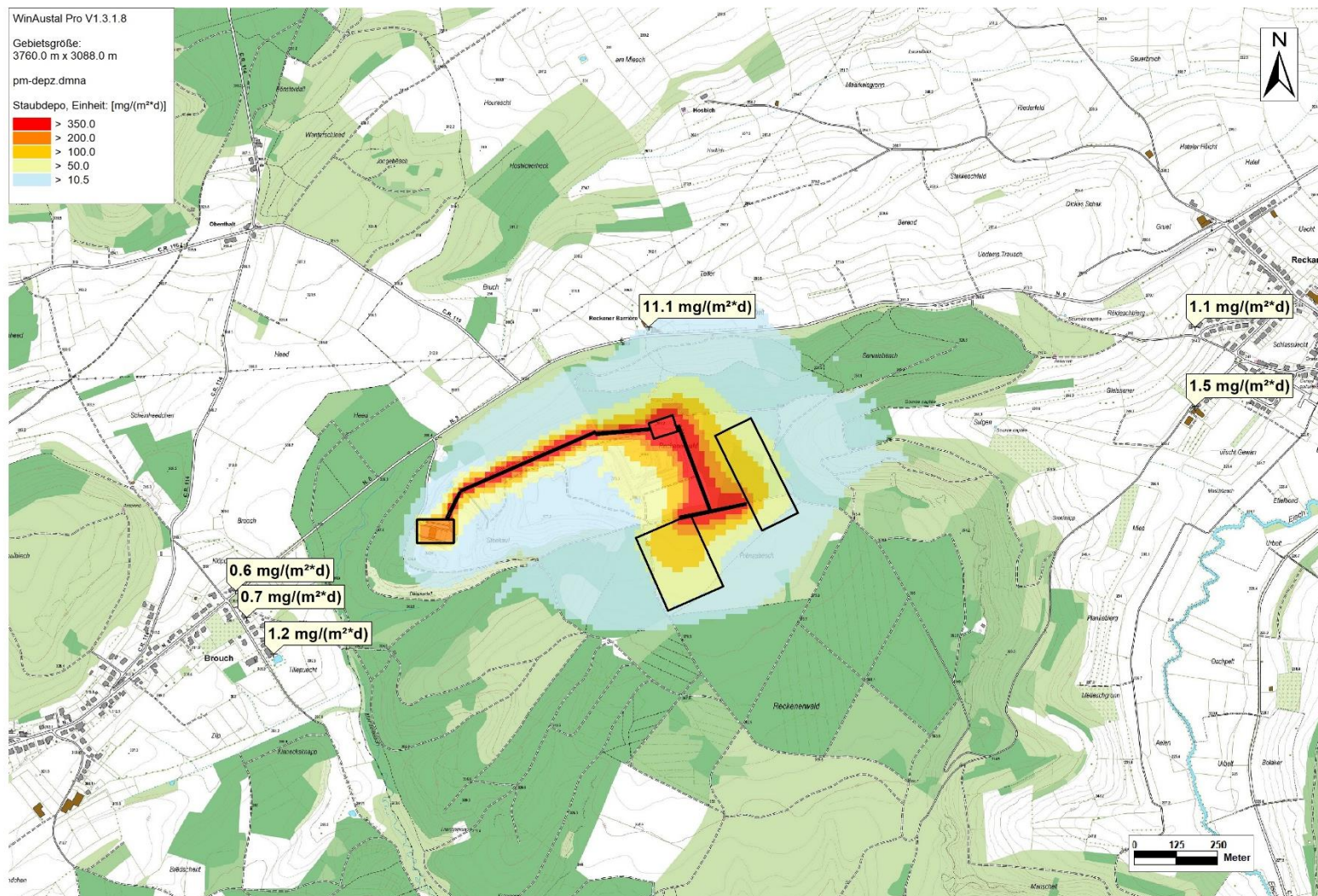


Abb. 8.3: Berechnete Zusatzbelastung für den Staubbiederschlag in mg/(m² d)

Der Jahresmittelwert der Zusatzbelastung an PM_{2.5} wurde an den nächstgelegenen Beurteilungspunkten in den Ortsteilen Brouch und Reckange mit bis zu 0.2 µg/m³ berechnet (vgl. **Abb. 8.2**). Die berechnete Zusatzbelastung in den Ortslagen liegt unterhalb von 0.6 µg/m³, das entspricht 3 % des Immissions-Jahreswert von 20 µg/m³ gemäß Règlement (2011). Im Bereich des außerhalb gelegenen Beurteilungspunkts, Reckener Barrière, wurde eine Zusatzbelastung an PM_{2.5} von 1.3 µg/m³ berechnet. Die berechnete Zusatzbelastung für PM_{2.5} überschreitet die Irrelevanzschwelle.

Für PM_{2.5} wurde in Kap. 5.2 eine Vorbelastung von 8 µg/m³ ermittelt. Die Gesamtbelastung an PM_{2.5} berechnet sich damit zu gerundet 9 µg/m³. Der Immissions-Jahreswert von 20 µg/m³ gemäß Règlement (2011) wird eingehalten.

Folglich liegt kein Hinweis auf erhebliche Beeinträchtigungen durch die Feinstaubzusatzbelastung des Anlagenstandorts Brouch vor.

Es wurde an den Beurteilungspunkten eine maximale Zusatzbelastung an Staubbiederschlag durch den Anlagenstandort Brouch von 11.1 mg/(m² d) berechnet (vgl. **Abb. 8.3**). An diesem Beurteilungspunkt wurde die Irrelevanzschwelle für den Staubbiederschlag von 10.5 mg/(m² d) gemäß TA Luft (2002) knapp überschritten. In den Ortsgebieten Brouch und Reckange bleibt die berechnete Zusatzbelastung des Staubbiederschlags mit maximal 1.5 mg/(m² d) deutlich unterhalb der Irrelevanzschwelle. Es wird nicht davon ausgegangen, dass die Gesamtbelastung des Staubbiederschlags von 350 mg/(m² d) am Reckener Barrière überschritten wird, da eine Hintergrundbelastung von weniger als 200 mg/(m² d) in höher belasteten Gebieten im Süden des Großherzogtums gemessen werden.

Die abschließende Bewertung der vorliegenden Ergebnisse obliegt der genehmigenden Behörde.

9 LITERATUR

- BAST (2005): PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch Gladbach, Juni 2005.
- Bmwfj (2013): Technische Grundlage zur Beurteilung diffuser Staubemissionen, 2013, Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, Österreich.
- Düring, I., Moldenhauer, A., Vogt, U., Baumbach, G., Straub, D., Fleischer, P. (2011): Ermittlung von PM10-Emissionen aus einem Steinbruch, Immissionsschutz 4, 178-183, 2011.
- EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152/1.
- EPA (1983): An AP-42 Update Of Open Source Fugitive Dust Emissions, Section 11.2, Fugitive Dust Sources, United States Environmental Protection Agency, EPA-450/4-83-010, March 1983.
- EPA (1998): Compilation of Air Pollution Emission Factors, AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 11: Mineral Products Industry, Section 11.9 Western Surface Coal Mining, siehe <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/>
- EPA (2004): Compilation of Air Pollution Emission Factors, AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 11: Mineral Products Industry, Section 11.19.2 Crushed Stone Processing and Pulverization Mineral Processing, siehe <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/>
- EPA (2006): Compilation of Air Pollution Emission Factors, AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources, Section 13.2.2 Unpaved Roads, Section 13.2.4 Aggregate Handling And Storage Piles and Section 13.2.5 Industrial Wind Erosion siehe <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/>.
- Füchtbauer, Hans (1988): Sedimente und Sedimentgesteine, Sediment-Petrologie, Teil II. Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, Germany.

- Kumm (2014): Berechnung der Immissionszusatzbelastung durch Schwebstaub und Staubniederschlag für die Erweiterung des genehmigten Steinbruchs und die Erweiterung und Überhöhung der genehmigten Inertabfalldeponie Typ II der Firma Carrières Feidt S. A. am Standort Brouch, Ingenieurbüro für Meteorologie und technische Ökologie, Offenbach am Main, 25.03.2014, Staub-Impaktstudie im Auftrag von: Firma Carrières Feidt S. A., Luxemburg.
- Règlement (2011): Règlement grand-ducal du 29 avril 2011 portant application de la directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, Mém. A - N° 88 du 10 mai 2011, dir. 2008/50/CE, Luxemburg.
- TA Luft (2002): 1. Allg. Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft). GMBI. 2002, Heft 25 – 29, S. 511 – 605, vom 24.07.2002.
- UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.
- VDI 3783 Blatt 13 (2010): Umweltmeteorologie. Qualitätssicherung in der Immissionsprognose. Anlagenbezogener Immissionsschutz, Ausbreitungsrechnungen gemäß TA Luft. Richtlinie VDI 3783 Blatt 13. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Januar 2010.
- VDI 3783 Blatt 20 (2017): Umweltmeteorologie - Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten zur Anwendung im Rahmen der TA Luft. Richtlinie VDI 3783 Blatt 20. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft, Düsseldorf, März 2017.
- Wahl, S, Crewell, S., Bollmeyer, C., Figura, C, Friederichs, P, Hense, A., Keller, J.D., Ohlwein, C. (2016): A novel convective-scale reanalyses COSMO-REA2: Improving the representation of precipitation. Meteorologische Zeitschrift Dez. 2016.

A N H A N G

A1 MATERIALIEN UND UNTERLAGEN

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

- Basisdaten über das geplante gesamte Verfüllvolumen, Verfüllmasse, jährliche Anlieferungsmenge, Betriebsdauer und Angaben zum Anlieferverkehr für die Inertabfalldeponie Brouch und den Steinbruch Brouch, Stand 10.06.2021, abgerufen über einen Zugang von WeTransfer am 17.01.2022, Zugang erhalten von Frau Yvonne Antony, ENECO Ingénieurs Conseils S.A.
- Übersichtsplan über den Steinbruch Brouch, Stand 16.12.2020, abgerufen über o.g. Zugang von WeTransfer am 17.01.2022
- Ablaufplan der Betriebsphasen mit Lage und Laufzeiten der Phasen, Stand 05.04.2022, abgerufen über o. g. Zugang von WeTransfer am 19.07.2022
- Datenblätter der eingesetzten Baumaschinen, abgerufen über o. g. Zugang von WeTransfer am 17.01.2022
- Flächennutzungspläne für den Ort Brouch und die Gemeinde Mersch, Stand 14.16.2017 bzw. 16.12.2020, abgerufen über einen Zugang von WeTransfer am 17.01.2022

Verwendete Pläne und ähnliche Unterlagen werden im Archiv der Lohmeyer GmbH abgelegt.

A2 LOG-DATEIEN DER RECHENLÄUFE

9.1 Windfeldberechnung

```
2023-01-23 15:24:11 -----
TwnServer:C:/MH/20358_Brouch/Re2
TwnServer:-B~/lib
TwnServer:-w30000
```

```
2023-01-23 15:24:11 TALdia 2.6.5-WI-x: Berechnung von Windfeldbibliotheken.
Erstellungsdatum des Programms: 2014-09-02 09:08:58
Das Programm läuft auf dem Rechner "FURY".
```

```
===== Beginn der Eingabe =====
> ti "20358_Brouch"
> az "C:\MH\20358_Brouch\06590_LuxFindel_2015-2019_2015.akt"
> gh "C:\MH\20358_Brouch\20358_5m_LUREF_Meter.dat"
> xa 72300
> ya 89540
> qs 2
> z0 1
> im 400
> os "SCINOTAT;NOSTANDARD;"
> x0 70000
> y0 88266
> dd 16
> nx 235
> ny 193
> hq 0 0 0 0 0 0 0 0 0
> xq 70948 71041.5 71080 71485 71819.9 71735.4 71699 71655 71978.7
> yq 89795 89869.6 89950 90123.3 89895.2 89869.3 89590 90111.5 89832.6
> aq 110 85 440 160 5 200 179 75 120
> bq 70 5 5 5 270 5 240 50 320
> cq 5 3 3 3 3 3 5 3 3
> wq 0 65 24 5.1089 20 12 24 18 26
> pm-1 0.002888 0.001809 0.114269 0.03809 0.019026 0.010122 0.0061 0.0353 0.0028
> pm-2 0.023108 0.014474 0.097129 0.032376 0.282898 0.171596 0.034 0.2342 0.0157
> pm-u 0.054881 0.034376 0.337095 0.112365 0.479202 0.272182 0.0447 0.3156 0.0206
> xp 71650 70518 70444 70408 73271.3 73261
> yp 90447 89456 89569 89656 90204.1 90441.8
> hp 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5
===== Ende der Eingabe =====
```

```
>>> Abweichung vom Standard (Option NOSTANDARD)!
```

```
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 maximale Steilheit des Geländes ist 1.03 (0.91).
Existierende Geländedatei zg00.dmna wird verwendet.

AKTerm "C:/MH/20358_Brouch/06590_LuxFindel_2015-2019_2015.akt" mit 8760 Zeilen, Format 3
Es wird die Anemometerhöhe ha=25.9 m verwendet.
Verfügbarkeit der AKTerm-Daten 99.5 %.

Prüfsumme AUSTAL 524c519f
Prüfsumme TALDIA 6a50af80
Prüfsumme VDISP 3d55c8b9
Prüfsumme SETTINGS fdd2774f
Prüfsumme AKTerm 199f8afd
2023-01-23 15:28:43 Restdivergenz = 0.033 (1018)
2023-01-23 15:33:17 Restdivergenz = 0.032 (1027)
2023-01-23 15:39:01 Restdivergenz = 0.026 (2018)
2023-01-23 15:44:49 Restdivergenz = 0.019 (2027)
2023-01-23 15:49:31 Restdivergenz = 0.013 (3018)
2023-01-23 15:54:12 Restdivergenz = 0.010 (3027)
2023-01-23 15:58:52 Restdivergenz = 0.009 (4018)
2023-01-23 16:03:32 Restdivergenz = 0.010 (4027)
2023-01-23 16:08:11 Restdivergenz = 0.007 (5018)
2023-01-23 16:12:51 Restdivergenz = 0.011 (5027)
2023-01-23 16:17:31 Restdivergenz = 0.007 (6018)
2023-01-23 16:22:11 Restdivergenz = 0.011 (6027)
Eine Windfeldbibliothek für 12 Situationen wurde erstellt.
Der maximale Divergenzfehler ist 0.033 (1018).
2023-01-23 16:22:13 TALdia ohne Fehler beendet.

9.2 Zusatzbelastung an Staub

2023-01-23 16:22:13 -----
TalServer:C:\MH\20358_Brouch\Re2

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

Arbeitsverzeichnis: C:/MH/20358_Brouch/Re2

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

===== Beginn der Eingabe =====
> ti "20358_Brouch"
> az "C:\MH\20358_Brouch\06590_LuxFindel_2015-2019_2015.akt"
> gh "C:\MH\20358_Brouch\20358_5m_LUREF_Meter.dat"
> xa 72300
> ya 89540
> qs 2
> z0 1
> im 400
> os "SCINOTAT;NOSTANDARD;"
> x0 70000

```

> y0  88266
> dd  16
> nx  235
> ny  193
> hq  0 0 0 0 0 0 0 0 0
> xq  70948 71041.5 71080 71485 71819.9 71735.4 71699 71655 71978.7
> yq  89795 89869.6 89950 90123.3 89895.2 89869.3 89590 90111.5 89832.6
> aq  110 85 440 160 5 200 179 75 120
> bq  70 5 5 5 270 5 240 50 320
> cq  5 3 3 3 3 3 5 3 3
> wq  0 65 24 5.1089 20 12 24 18 26
> pm-1 0.002888 0.001809 0.114269 0.03809 0.019026 0.010122 0.0061 0.0353 0.0028
> pm-2 0.023108 0.014474 0.097129 0.032376 0.282898 0.171596 0.034 0.2342 0.0157
> pm-u 0.054881 0.034376 0.337095 0.112365 0.479202 0.272182 0.0447 0.3156 0.0206
> xp  71650 70518 70444 70408 73271.3 73261
> yp  90447 89456 89569 89656 90204.1 90441.8
> hp  1.5 1.5 1.5 1.5 1.5 1.5
===== Ende der Eingabe =====

```

Existierende Windfeldbibliothek wird verwendet.

>>> Abweichung vom Standard (Option NOSTANDARD)!

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 maximale Steilheit des Geländes ist 1.03 (0.91).
 Existierende Geländedatei zg00.dmna wird verwendet.

AKTerm "C:/MH/20358_Brouch/06590_LuxFindel_2015-2019_2015.akt" mit 8760 Zeilen, Format 3
 Es wird die Anemometerhöhe ha=25.9 m verwendet.
 Verfügbarkeit der AKTerm-Daten 99.5 %.

Prüfsumme AUSTAL 524c519f
 Prüfsumme TALDIA 6a50af80
 Prüfsumme VDISP 3d55c8b9
 Prüfsumme SETTINGS fdd2774f
 Prüfsumme AKTerm 199f8afd

```

=====
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "pm"
TMT: 365 Tagesmittel (davon ungültig: 1)
TMT: Datei "C:/MH/20358_Brouch/Re2/pm-j00z" ausgeschrieben.
TMT: Datei "C:/MH/20358_Brouch/Re2/pm-j00s" ausgeschrieben.
TMT: Datei "C:/MH/20358_Brouch/Re2/pm-t35z" ausgeschrieben.
TMT: Datei "C:/MH/20358_Brouch/Re2/pm-t35s" ausgeschrieben.
TMT: Datei "C:/MH/20358_Brouch/Re2/pm-t35i" ausgeschrieben.
TMT: Datei "C:/MH/20358_Brouch/Re2/pm-t00z" ausgeschrieben.
TMT: Datei "C:/MH/20358_Brouch/Re2/pm-t00s" ausgeschrieben.

```

TMT: Datei "C:/MH/20358_Brouch/Re2/pm-t00i" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "C:/MH/20358_Brouch/Re2/pm-depz" ausgeschrieben.
 TMT: Datei "C:/MH/20358_Brouch/Re2/pm-deps" ausgeschrieben.
 TMT: Dateien erstellt von AUSTAL2000_2.6.11-WI-x.
 TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "pm"
 TMO: Datei "C:/MH/20358_Brouch/Re2/pm-zbpz" ausgeschrieben.
 TMO: Datei "C:/MH/20358_Brouch/Re2/pm-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 : 3.424e+000 g/(m²*d) (+/- 0.1%) bei x=71688 m, y=90146 m (106,118)

Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m

PM J00 : 5.468e+002 µg/m³ (+/- 0.0%) bei x=71688 m, y=90146 m (106,118)
 PM T35 : 9.209e+002 µg/m³ (+/- 0.7%) bei x=71672 m, y=90146 m (105,118)
 PM T00 : 1.805e+003 µg/m³ (+/- 0.7%) bei x=71688 m, y=90162 m (106,119)

Auswertung für die Beurteilungspunkte: Zusatzbelastung

PUNKT	01	02	03	04	05	06
xp	71650	70518	70444	70408	73271	73261
yp	90447	89456	89569	89656	90204	90442
hp	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

PM DEP	1.118e-002	0.6%	1.030e-003	1.8%	5.710e-004	2.4%	4.394e-004	2.6%	1.257e-003
1.5%	9.929e-004	1.6%	g/(m ² *d)						
PM J00	3.411e+000	0.5%	4.472e-001	1.5%	3.145e-001	2.0%	2.981e-001	2.0%	4.913e-001
1.4%	3.461e-001	1.6%	µg/m ³						
PM T35	9.891e+000	5.7%	1.538e+000	16.6%	1.096e+000	17.4%	1.134e+000	14.7%	1.735e+000
14.5%	1.167e+000	14.1%	µg/m ³						
PM T00	2.317e+001	4.8%	5.653e+000	11.3%	5.645e+000	12.6%	4.369e+000	10.2%	5.207e+000
8.4%	3.081e+000	10.7%	µg/m ³						

2023-01-26 18:45:13 AUSTAL2000 beendet.

A3 ZUSAMMENFASSUNG DER EMISSIONSBESTIMMUNG STAUB

Inertabfalldeponie Brouch									
Abkippen/Aufnahme/Abwurf									
Vorgang/Material		Menge	E-Faktor in kg/t ⁶⁾			Emission [kg]			Quelle
		[t]	< 30 µm	< 10 µm	< 2,5 µm	< 30 µm	< 10 µm	< 2,5 µm	
Abkippen von LKW/Innerabfalldeponie	325 000		0.00823	0.00389	0.00059	2675	1264	192	FQ.2
Verteilen mit Planierraupe (s. Fahrbewegungen)						685	180	20	
Verdichten mit Walze (s. Fahrbewegungen)						530	140	15	
Aufbereitungsanlage									
Aufbereitung von Recyclingmaterial									
Material		Menge [t]	E-Faktor in kg/t ⁶⁾			Emission [kg]			Quelle
			< 30 µm	< 10 µm	< 2,5 µm	< 30 µm	< 10 µm	< 2,5 µm	
Abwurf von LKW	17 105		0.00823	0.00389	0.00059	141	67	10	FQ.1
Aufnahme mit Radlader	17 105		0.00659	0.00311	0.00047	113	53	8	
Abkippen in Aufbereitungsanlage	17 105		0.00823	0.00389	0.00059	141	67	10	
Steinbruch Brouch									
Vorgang/Material		Menge	E-Faktor in kg/t ⁶⁾			Emission [kg]			Quelle
			< 30 µm	< 10 µm	< 2,5 µm	< 30 µm	< 10 µm	< 2,5 µm	
Aufnahme von Bagger Abraum	370 000		0.00022	0.00010	0.00002	81	37	7	FQ.3
Abwurf von Bagger in Muldenkipper/Abraum	370 000		0.00312	0.00148	0.00022	1154	548	81	
Sprengung						326	170	10	
Abwurf von Muldenkipper in Zwischenlager	370 000		0.00312	0.00148	0.00022	1154	546	83	FQ.1
Aufnahme von Zwischenlager	370 000		0.00250	0.00118	0.00018	923	437	66	
Abkippen in Aufbereitungsanlage	370 000		0.00312	0.00148	0.00022	1154	548	81	
primäres Brechen/Sandstein (kontrolliert)	387 105		0.00060	0.00027	0.00005	232	105	19	
primäres Sieben/Sandstein (kontrolliert)	193 553		0.0011	0.00037	0.000025	213	72	5	
sekundäres Brechen/Sandstein (kontrolliert)	193 553		0.00060	0.00027	0.00005	116	52	10	
sekundäres Sieben/Sandstein (unkontrolliert)	193 553		0.01250	0.0043	-	2419	832		
tertiäres Brechen/Sandstein (kontrolliert)	48 388		0.0015	0.0006	0.000035	73	29	2	
Abwurf von Förderband (unkontrolliert)	387 105		0.0015	0.00055	-	581	213		
Fahrweg Radlader						198	66	6	
Aufnahme mit Radlader	387 105		0.00659	0.00311	0.00047	2551.0220	1204	181.9394	FQ.1
Abkippen in LKW	387 105		0.00823	0.00389	0.00059	3185.8742	1506	228.3920	

20358_F1.docx