

Müller-BBM GmbH
Robert-Koch-Str. 11
82152 Planegg bei München

Telefon +49(89)85602 0
Telefax +49(89)85602 111

www.MuellerBBM.de

Dipl.-Ing. agr. Walter Grotz
Telefon +49(89)85602 305
Walter.Grotz@mbbm.com

08. Dezember 2016
M128625/05 GTZ/GBR

Grundlagen der Ermittlung von Emission und Immissionen aus Deponien

Bericht Nr. M128625/05

Auftraggeber:	Bayerisches Landesamt für Umwelt 86177 Augsburg
Bearbeitet von:	Dipl.-Ing. agr. Walter Grotz Dr. Cornelia Geberl Dipl.-Met. Axel Rühling Dipl.-Geoökol. Michael Kortner
Berichtsumfang:	Insgesamt 46 Seiten davon 44 Seiten Textteil und 2 Seiten Anhang

Das Projekt wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz finanziert und vom Bay. Landesamt für Umwelt fachlich begleitet.

Müller-BBM GmbH
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk, Dr. Alexander Ropertz,
Stefan Schierer, Elmar Schröder

Inhaltsverzeichnis

1	Abkürzungsverzeichnis	3
2	Aufgabenstellung	5
3	Potentielle Emissionen bei Deponien	6
3.1	Deponiegasemissionen	6
3.2	Geruchsemissionen	9
3.3	Staubemissionen	12
3.4	Emissionen von Stickstoffoxiden	18
3.5	KMF- und Asbestfaseremissionen	20
3.6	Einfluss der Abfallart und der Anlagentechnik auf Art und Höhe der Emissionen	30
3.7	Tabellarischer Überblick über die potentiellen Emissionen und die Art der Emissionsquellen	30
4	Berechnung der Immissionen durch Ausbreitungsrechnung	33
4.1	Regulärer Betrieb	33
4.2	Sonderfallbetrachtung – Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs	33
5	Standortfaktoren	36
5.1	Allgemeines	36
5.2	Örtliche Verhältnisse	36
5.3	Meteorologische Verhältnisse	39
6	Beurteilungsgrundlagen (Literatur)	42

Anhang: Eingangsdaten für die Immissionsprognose, Sonderfallbetrachtung

1 Abkürzungsverzeichnis

ABANDA	Abfallanalysendatenbank des Landes Nordrhein-Westfalen
ABI	Amtsblatt der Europäischen Union
AES	Erdalkalisilikatwolle
AGW	Arbeitsplatzgrenzwert
AKS	Ausbreitungsklassenstatistik
AKTerm	Ausbreitungsklassen-Zeitreihe
Al ₂ O ₃	Aluminiumoxid
AUSTAL2000	Ausbreitungsmodell für anlagenbezogene Immissionsprognosen
AVV	Abfallverzeichnis-Verordnung
BGA	Bundesgesundheitsamt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
Ca	Calcium
CaO	Calciumoxid
CAS	Chemical Abstracts Service
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
CORINE	Coordination of information on the environment
DepV	Deponieverordnung
DIN	Deutsches Institut für Normung
DK	Deponieklasse
DOC	Dissolved Organic Carbon
EG	Europäische Gemeinschaft
EN	Europäische Norm
EU	Europäische Union
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
FID	Flammenionisationsdetektor
FZG	Fahrzeug
GE/h	Geruchseinheit pro Stunde
GefStoffV	Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen
GIRL	Geruchsimmissions-Richtlinie
GW	Grenzwert
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
i.d.R.	in der Regel
IJW	Immissions-Jahreswerte
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRLA	Infrarot-Laser-Absorptionsspektrometer
ITW	Immissions-Tageswerte
KMF	Künstliche Mineralfasern
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt Stunde
LAGA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
LAI	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
LASAT	Lagrange Simulation von Aerosol Transport
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
Lkw	Lastkraftwagen
Mg	Magnesium
NDIR	Nicht dispersives Infrarot- Absorptionsspektrometer

NHN	Normalhöhennull
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickstoffoxide
O ₂	Sauerstoff
PM ₁	Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser < 1 µm
PM ₁₀	Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser < 10 µm
PM ₂	Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser < 2 µm
PM _{2,5}	Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser < 2,5 µm
PM ₃	Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser < 3 µm
PM _U	Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser > 10 µm, deren Verteilung unbekannt ist
PRTR	Pollutant Release and Transfer Register
SiO ₂	Siliciumoxid
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
VDI	Verband Deutscher Ingenieure
WHO	Weltgesundheitsorganisation
Zr	Zirkonium

2 Aufgabenstellung

Gemäß Aufgabenstellung des Bayerischen Landesamtes für Umwelt wurde eine Mustervorlage für eine Immissionsprognose an einer derzeit üblichen Deponie der Deponiekategorie I (DK I) – Normalbetrieb, als auch Störungen des regulären Betriebs - durch die Müller-BBM GmbH erstellt (vgl. Müller-BBM Bericht Nr. M128625/04). Diese ist auf der LfU-Homepage eingestellt.

Der inhaltliche Schwerpunkt der Muster-Immissionsprognose liegt auf der Ermittlung und Abschätzung von Faseremissionen und -immissionen, insbesondere durch Asbest, da sich an diesem Stoff bzw. dieser Stoffgruppe häufig Diskussionen in Genehmigungsverfahren für Deponien entzünden.

Ergänzend zur Muster-Immissionsprognose für eine konkrete Musterdeponie werden hier die Grundlagen der Ermittlung von Emission und Immissionen aus Deponien dargestellt.

Der vorliegende Bericht fasst die wichtigsten Kenntnisse zu Emissionen und Immissionen aus DK I-Deponien zusammen und ist wie folgt aufgebaut:

Zunächst werden die (potentiell) mit dem Deponiebetrieb einhergehenden bzw. von Deponien ausgehenden Emissionen sowohl im Regelbetrieb als auch bei Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs kurz beschrieben. Dabei wird u. a. auf den Einfluss der Abfallarten sowie der Anlagentechnik auf die Art- und Höhe der Emissionen eingegangen. Die potentiellen Emissionen und Arten von Emissionsquellen werden in einer Tabelle im Überblick dargestellt.

Zudem werden die derzeit gültigen emissions- und immissionsbegrenzenden Anforderungen dargestellt, die im Zusammenhang mit dem Betrieb von Deponien zu beachten sind.

Im Kapitel 4 wird ein kurzer Überblick über die Berechnung von Immissionen mittels Ausbreitungsrechnung gegeben. In diesem Kapitel erfolgt zudem eine Berechnung der maximalen Zusatzbelastung für den als Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs definierten Fall „Aufplatzen eines Big Bags, der asbestfaserhaltiges Material enthält“.

Anschließend wird beschrieben, wie die örtlichen Verhältnisse (Kapitel „Standortfaktoren“) und die meteorologischen Gegebenheiten (Kapitel „Meteorologische Verhältnisse“) die Emissionen und Immissionen beeinflussen können.

3 Potentielle Emissionen bei Deponien

Folgende Kapitel zu Deponie-, Geruchs- und Staubemissionen beziehen sich im Wesentlichen auf die VDI-Richtlinie 3790 Blatt 2 „Umweltmeteorologie; Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen: Deponien“ vom Dezember 2000 [1] sowie den Entwurf (Gründruck) vom März 2016 [2]. Dort ist der aktuelle Kenntnisstand zu Emissionen aus Deponien dargestellt.

Für die gemäß der Ausschreibung zu betrachtende, nach derzeitigem Zuschnitt betriebene Deponie der DK I (Abfallinput v.a. nicht gefährliche und gefährliche Abfälle wie Straßenaufbruch, Asbest, KMF) sind im Wesentlichen die Staubemissionen und –immissionen relevant. Deponiegas- sowie Geruchsemissionen und –immissionen sind nur von nachgeordnetem Interesse, da wegen des Abfallspektrums (weitestgehend mineralisches Material mit geringem Anteil an abbaubaren organischen Substanzen) kaum Gasproduktion zu erwarten ist. In speziellen Fällen (z. B. Errichtung einer DK I-Deponie auf einer Deponie mit Siedlungsabfällen in der Stilllegungs- oder Nachsorgephase) kann wegen Bautätigkeiten auch eine Betrachtung der Deponiegas – oder Geruchsemissionen notwendig sein.

3.1 Deponiegasemissionen

3.1.1 Allgemeines

Deponiegase entstehen hauptsächlich durch biochemische Umsetzungsprozesse unter anaeroben Bedingungen und können über mehrere Jahrzehnte hinweg aus Deponien austreten. Dies betrifft vor allem ältere Ablagerungen von nicht vorbehandeltem Hausmüll oder hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen, Markt- und Gartenabfällen oder Klärschlämmen und Rückständen aus Abwasseranlagen. In Deponien mit ausschließlich mineralischen Abfällen, wie Erdaushub und Bauschutt, fehlen die Bedingungen für die Bildung von Gasen.

Die mikrobielle Umsetzung von organischen Abfällen unter anaeroben Bedingungen gilt als Hauptbildungsmechanismus, Deponiegase entstehen aber auch durch den Übergang von gelösten, adsorbierten, flüssigen oder festen Stoffen in die Gasphase oder durch chemische Reaktionen der Gase untereinander oder mit Wasser (vorrangig bei Abfällen der industriellen Produktion und der thermischen Abfallbehandlung).

Deponiegas besteht in der Phase einer hohen Gasbildungsrate zu 99% aus den beiden Hauptgasen Methan und Kohlenstoffdioxid und ist somit ein klimarelevantes Treibhausgas. Weitere mögliche Umweltbeeinträchtigungen bzw. Gefahren durch Deponiegase sind Explosions- und Brandgefahr bei einer Verdünnung von Methan mit Luft (Explosionsgrenze: 4,4 -16,5 % CH₄), Erstickungsgefahr, Gesundheitsgefährdung, Vegetationsschäden und Geruchsbelästigung (durch mehr als 200 im Deponiegas enthaltene Spurengase (überwiegend organische Substanzen)).

In Folge ihrer Wirkung als Treibhausgase erfordern die Emissionen aus Deponien eine besondere Aufmerksamkeit. Die Emissionen der Abfall- und Abwasserwirtschaft in Deutschland, angegeben in CO₂-Äquivalenten, hat sich zwischen 1990 mit 36,3 Mio. Tonnen und 2014 mit 10,8 Mio. Tonnen um ca. 70 % reduziert. Auch die Menge deponierter Siedlungsabfälle hat um mehr als 90% abgenommen (1990-

2005), was sich in der Veränderung der Methanemissionen aus dem Abfallgewerbe bemerkbar macht. Die Menge ausgestoßenen Methans hat sich zwischen 1990 (1,41 Mio. Tonnen) und 2014 (0,4 Mio. Tonnen) um 72 % verringert. Auch EU-weit reduzierten sich die Treibhausgasmissionen aus Abfall von 206 Mio. Tonnen 1990 auf 141 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente [2].

3.1.2 Gasbildung

Die Deponiegasbildung wird in mehrere Phasen unterteilt (siehe VDI 3899 Blatt 1), angefangen mit der einsetzenden Gasentwicklung (Phase I-III,[1]). Die durch die Anlieferung eingeschlossenen Luftgase (Sauerstoff, Stickstoff) werden verbraucht und es finden bereits anaerobe Abbauprozesse mit Bildung von Wasserstoff, Kohlenstoffdioxid und geringer Mengen Methan statt. Die intensive Gasbildung (Phase IV-V, [1]) beginnt nach 0,5-1,5 Jahren und zeichnet sich durch eine sehr hohe Kohlenstoffdioxid- und Methankonzentration aus. Anschließend lässt die Gasbildung nach (Phase VI-IX, [1]), Luftgase strömen ein und führen zu einer mikrobiellen Methanoxidation. Das schwer abbaubare Kohlenstoffdioxid wird langsam abgebaut bzw. entweicht und die Verhältnisse in der Deponie nähern sich schließlich an das Milieu natürlicher Böden an (0-20 Vol.-% O₂, 1-7 Vol.-% CO₂). Je nach Anteil gasbildender Abfälle, Art der Oberflächenabdichtung und des Einbaus, Deponievolumen und der Milieubedingungen unterscheiden sich die Phasen verschiedener Deponien hinsichtlich der Dauer.

3.1.3 Messung von Emissionen

Bei der Messung der Emissionen müssen mehrere Faktoren beachtet werden, um aussagekräftige Daten zu erhalten, da Gasemissionen räumlich und zeitlich großen Schwankungen unterliegen. Sowohl die Bedingungen im Deponiekörper (Aufbau, Form, Gasfassungssystem), als auch die Abdeckung oder Abdichtung (Aufbau, Oberflächenstruktur, Verdichtungsgrad) spielen neben den meteorologischen Verhältnissen (Luftdruck, Niederschlag, Temperatur, Wind) bei der Wahl der Messmethode eine wesentliche Rolle. Die Messungen sollten zu unterschiedlichen Zeitpunkten und in einer entsprechenden Anzahl stattfinden, um verlässliche Ergebnisse zu erzielen. Übliche Maßeinheiten bei Gasemissionen sind m³/h oder kg/h.

Bei den direkten Messverfahren (Messung mit Saugglockenverfahren oder Haubenmessung) wird gezielt nach Gasaustrittsstellen gesucht, weshalb eine Quantifizierung der gemessenen Emissionen für die gesamte Deponieoberfläche nicht möglich ist. Bei der Begehung mit dem Saugglockenverfahren wird mithilfe von Flammenionisationsdetektor (FID), Infrarot-Laser-Absorptionsspektrometer (IRLA) oder nicht dispersiver Infrarot-Absorptionsspektrometer (NDIR) der organische Kohlenstoffgehalt der Luft gemessen. Deshalb eignet sich diese Methode für die Ermittlung von Gasaustrittsstellen. Bei der Haubenmessung wird das Gerät gezielt über bekannte, punktförmige Gasaustrittsstellen positioniert und kann somit optimal für ein Monitoring des Emissionsverhaltens zu geeigneten Zeiten genutzt werden. Bezüglich Messverfahren zur Ermittlung von Oberflächenemissionen an Deponien wird auf die VDI-Richtlinie 3860 Blatt 3 „Messen von Deponiegasen – Messungen von Oberflächenemissionen mit dem Flammenionisationsdetektor (FID)“ [3] und das

Deponie Info 5 des LfU „FID-Messungen auf Deponien – Konkretisierung der VDI 3860 Blatt 3“ [3] verwiesen.

Bei der indirekten Ermittlung finden die Immissionsmessungen in einem bestimmten Abstand zur Quelle statt, woraufhin eine Aussage über die Quellstärke der Emission getroffen werden kann. Bei der Tracermethode werden Spurenstoffe freigesetzt, die üblicherweise nicht in Deponien vorkommen. Anschließend wird die Konzentration in der Abluffahne gemessen und daraus der Massenstrom der Deponiegasfreisetzung ermittelt.

3.1.4 Berechnung der Emissionen

Zur Berechnung der Gasemissionen werden je nach Zielstellung der Berechnung (Auslegung von Deponiegaserfassungssystemen, lokale Immissionsermittlung von Spurenstoffen, Berichtspflichten nach PRTR, Treibhausgasbilanzierungen) verschiedene Gasprognosemodelle verwendet, bei denen sinnvoll ausgewählte Teilabschnitte berechnet und anschließend summiert werden. Das Deponiegaspotenzial ist das insgesamt bildbare Deponiegas und hängt direkt von der Menge abbaubaren Kohlenstoffs ab. Nach der Probenahme erfolgt die Bestimmung des Deponiegaspotenzials im Labor.

In der Richtlinie VDI 3790 Blatt 2 werden verschiedene Prognosemodelle aufgeführt, die je nach Anwendungszweck, unterschiedliche Eingangsdaten verwenden und unterschiedliche Ergebnisgrößen liefern.

Das IPCC Waste Model beruht auf der Berechnung des DOC¹-Wertes, der den Anteil des theoretisch abbaubaren organischen Kohlenstoffs im Jahr der Ablagerung angibt. Zuerst wird die Gesamtmenge an abbaubarem DOC in Deponien pro Jahr berechnet, um anschließend den Anteil zu bestimmen, der zu Methan und Kohlenstoffdioxid abgebaut wird.

In VDI-Richtlinie 3790 Blatt 2 [1] (Kap. 7.3) werden die weiteren gängigen Methoden und deren Anwendung vorgestellt und auf weiterführende Quellen verwiesen.

3.1.5 Minderungsmaßnahmen

Im Folgenden werden Möglichkeiten zur Minderung von Deponiegasemissionen aufgeführt:

- Das Gasbildungspotenzial wird seit 2005 durch eine thermische oder mechanisch-biologische Vorbehandlung der Abfallfraktionen mit einem nennenswerten Deponiegasbildungspotential gesenkt.
- Die Gasemissionen werden durch die vorgeschriebenen Dichtungselemente der Oberflächenabdichtung in Kombination mit einer aktiven Gaserfassung und nachfolgender technischer Behandlung oder Verwertung vermindert (für weitere Informationen siehe [1]).

¹ degradable organic carbon

- Eine gezielte Zuführung von Wasser oder eine Belüftung beschleunigt den Abbau organischer Substanzen. Dies eignet sich vor allem für Abschnitte, in denen die Gaskonzentration zu gering ist, um die Gase zu erfassen und weiter zu verwerten (z. B. zur Energie- und Wärmeerzeugung).
- Bei geringen Methankonzentrationen ist ein Abbau in aufgebrachtene Methanoxidationsschichten oder in Methanoxidationsfilter in bestehenden Gasbrunnen möglich.

3.2 Geruchsemissionen

3.2.1 Allgemeines

Gerüche entstehen bei Abfällen, die biochemischen Abbau- oder Umwandlungsprozessen unterworfen sind und werden deshalb aus unterschiedlichen Deponiebereichen freigesetzt. Geruchsstoffe sind entweder flüchtige Bestandteile, die bei der Anlieferung, beim Einbau oder bei Grabarbeiten aus dem Abfall emittiert werden oder Gase, die aus dem Deponiekörper oder aus der Sickerwasserbehandlung entweichen. Auch aus Gasbeseitigungs- oder Gasverwertungsanlagen treten Geruchsstoffe aus, wenn die Gase nicht vollständig verbrannt wurden. Zu unterscheiden sind hierbei aktive Punktquellen (z. B. Schornsteine), aktive Flächenquellen (z. B. Biofilter) und passive Flächenquellen (z. B. Deponiekörper). Da heutzutage nur mineralische Abfälle abgelagert werden, kommen Geruchsemissionen aus Deponien praktisch nicht mehr vor.

3.2.2 Messung

Geruchsemissionsmessungen werden im Rahmen der abfallrechtlichen Regelungen (Deponieverordnung (DepV)) bei Problemen bzw. Beschwerden durchgeführt. Die Probenahme und die Ermittlung der Geruchsstoffkonzentration erfolgen nach der Richtlinie VDI 3880 und DIN EN 13725 wobei je nach Quelle zwischen direkter und indirekter Messung unterschieden wird. Bei aktiven Punkt- und Flächenquellen wird eine direkte Messung mithilfe einer Haube durchgeführt. Bei aktiven Flächenquellen, wie z. B. einem Biofilter, muss die Fläche im Vorfeld in Bereiche mit unterschiedlicher Abluftgeschwindigkeit unterteilt und mehrere Probenahmestellen bestimmt werden. Auch bei passiven Flächenquellen kann eine direkte Messung (Haubenmessung mit ausreichender Anzahl an Probenahmepunkten nach der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) [4]) durchgeführt werden. Das Ergebnis sollte durch eine Fahnenbegehung überprüft werden, da die Emissionen im Vergleich zu aktiven Quellen nicht gleichmäßig verteilt sind. Zur Bestimmung des Geruchsstoffstroms Q in GE/h (Geruchseinheit pro Stunde) wird keine chemisch-analytische Messmethode, sondern eine olfaktometrische Messung (nach DIN EN 13725) durchgeführt. Mehrere Prüfer zeigen das Erreichen ihrer persönlichen Geruchsschwelle an, während sich die Geruchsstoffkonzentration der Probe erhöht.

3.2.3 Berechnung der Emissionsfaktoren

Die Ergebnisse der Geruchsemissionsmessungen in verschiedenen Deponien unterscheiden sich zum einen wegen der unterschiedlichen Abfallzusammensetzung

Abfallmenge, Art des Abfalleinbaus und der Abdeckung. Zum anderen hat aber auch die Vorgehens- und Betriebsweise der Entgasung einen relevanten Einfluss auf die Messergebnisse. Weitere Faktoren sind die unterschiedlichen physikalischen und meteorologischen Bedingungen der Deponien und verschiedene Probenahme-techniken.

3.2.4 Minderungsmaßnahmen

Da Geruchsstoffe durch Gas und Wasser aus der Deponie emittiert werden, ist das Entweichen dieser beiden Medien zu unterbinden. Großflächige, offene Flächen sollten vermieden und, wenn möglich, abgedeckt bzw. abgedichtet werden. Anlagen, in denen Sickerwasser anfällt oder behandelt wird, müssen eingehaust sein. Um Geruchsstoffe zu verringern eignet sich auch der Einsatz eines Biofilters, bei dem die Abluft eine biologisch aktive Filterschicht mit Mikroorganismen durchströmt, die Schad- und Geruchsstoffe absorbieren.

3.2.5 Emissions- und Immissionsbegrenzungen für Gerüche

3.2.5.1 Emissionsbegrenzungen

Rechtlich verbindliche Emissionsbegrenzungen der Geruchsemissionen für Deponien bestehen derzeit nicht. In der TA Luft sind in der Nr. 5.2.8 technische Anforderungen zur Begrenzung der Emissionen definiert. Es werden z. B. folgende Anforderungen zur Emissionsminderung aufgeführt:

- Einhausen der Anlagen,
- Kapseln von Anlageteilen,
- Erzeugen eines Unterdrucks im gekapselten Raum,
- geeignete Lagerung von Einsatzstoffen, Erzeugnissen und Abfällen,
- Steuerung des Prozesses,
- Abgasreinigungseinrichtungen,
- Ableitung der Abgase nach Nummer 5.5 TA Luft.

Welche Anforderungen im Einzelfall an eine Anlage zu stellen sind, hängt dabei insbesondere von der Beschaffenheit der Anlage sowie den örtlichen und meteorologischen Gegebenheiten ab (vgl. Nr. 5.2.8 TA Luft).

In der Praxis werden entsprechende Anforderungen zum Beispiel bei Entwässerungskanälen (Ringkanäle) umgesetzt, in dem die Abluft aus dem Kanalsystem zentral abgesaugt und einer Abluftbehandlungsanlage zugeführt wird.

3.2.5.2 Geruchsimmissionen

Für Gerüche ist kein Immissionsgrenzwert in der TA Luft festgelegt.

Hier kann deshalb die Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL) [5] zur Bewertung von Geruchsimmissionen herangezogen werden.

Im Regelfall sind Gerüche, die nach ihrer Herkunft zweifelsfrei aus Anlagen erkennbar sind, dann als erhebliche Belästigung zu werten, wenn bestimmte Immissionswerte überschritten werden. Die Immissionswerte werden dabei als

relative Häufigkeiten von Geruchsimmissionen für unterschiedliche Nutzungsgebiete angegeben.

Gemäß Nr. 3.1 der GIRL sind Geruchsimmissionen aus Anlagen dann als erhebliche Belästigung zu werten, wenn die Gesamtbelastung die nachfolgenden Immissionswerte überschreitet. Bei den Immissionswerten handelt es sich um relative Häufigkeiten der Geruchsstunden als Anteil an den Jahresstunden.

Tabelle 1. Immissionswerte der Geruchsimmissions-Richtlinie.

Nutzungsgebiete	Wohn- und Mischgebiete	Gewerbe- und Industriegebiete	Dorfgebiete ¹⁾
relative Häufigkeiten der Geruchsstunden	0,10	0,15	0,15

1) Der Immissionswert der Spalte „Dorfgebiete“ gilt nur für Geruchsimmissionen verursacht durch Tierhaltungsanlagen in Verbindung mit der belästigungsrelevanten Kenngröße IG_b (s. GIRL Nr. 4.6)

In Nr. 3.1 Absatz 5 dieser Richtlinie wird ausgeführt, dass ein Vergleich mit diesen Immissionswerten nicht immer ausreicht, um die Erheblichkeit einer Geruchsbelästigung festzustellen. Ggf. ist ergänzend eine Einzelfallprüfung nach Nr. 5 GIRL durchzuführen. Zudem soll nach Nr. 3.3 die Genehmigung für eine Anlage auch bei Überschreitung der Immissionswerte der GIRL nicht wegen der Geruchsimmissionen versagt werden, wenn der von der zu beurteilenden Anlage zu erwartende Immissionsbeitrag (Kenngröße der zu erwartenden Zusatzbelastung) auf keiner Beurteilungsfläche den Wert 0,02 überschreitet. Bei Einhaltung dieses Wertes ist davon auszugehen, dass die Anlage die belästigende Wirkung einer vorhandenen Belastung nicht relevant erhöht (Irrelevanz der zu erwartenden Zusatzbelastung - Irrelevanzkriterium).

Nach den Auslegungshinweisen zu Nr. 3.3 bezieht sich der Anlagenbegriff, für den die Prüfung der Irrelevanz durchgeführt wird, auf die Definition von genehmigungsbedürftigen Anlagen gemäß 4. BImSchV [6]. Wird die Irrelevanzgrenze überschritten, sind neben der Kenngröße für die Zusatzbelastung die Vor- sowie die Gesamtbelastung zu ermitteln.

Als Geruchsschwelle wird der in der GIRL festgesetzte Wert von $1 \text{ GE}^2/\text{m}^3$ zugrunde gelegt.

² Zur quantitativen Darstellung von Geruchsemissionen werden diese in sogenannten Geruchseinheiten (GE) angegeben, da eine Bewertung über eine chemische Identifizierung und Quantifizierung der geruchsrelevanten Stoffe wegen der außerordentlich heterogenen Zusammensetzung nicht möglich ist. Eine Geruchseinheit je Kubikmeter ($1 \text{ GE}/\text{m}^3$) stellt per Definition die Geruchstoffkonzentration an der Geruchsschwelle dar, die bei 50 % einer definierten Grundgesamtheit (der Bevölkerung), zu einem Geruchseindruck führt. Der Median der individuellen Geruchsempfindlichkeit der Menschen dient sozusagen als Messinstrument.

3.3 Staubemissionen

3.3.1 Allgemeines

Stäube sind fein verteilte, feste Partikel, die anhand ihrer Größe (Schwebstaub, Gesamtstaub, PM₁₀, PM_{2,5}), Form und chemischer oder mineralogischer Zusammensetzung unterschieden werden. Außerdem wird unterteilt in E-Staub (einatembar) und A-Staub (alveolengängig) (genaue Definition in VDI 3790 Blatt 1 [7]). Staub entsteht auf natürliche Weise, durch thermische Prozesse oder durch mechanische Belastung fester Stoffe.

3.3.2 Beschreibung der emissionsverursachenden Betriebsvorgänge

Staubemissionen kommen in Deponien hauptsächlich während des Betriebes vor. Der relevanteste Faktor für die Staubentstehung und Freisetzung sind mechanische Vorgänge wie Abkippen, Einbau und Verdichten der Abfälle. Zusätzlich können durch den Abrieb von Reifen, Bremsen und Straßenbelag oder durch Verschmutzungen von Fahrwegen und anschließendes Aufwirbeln durch den Fahrverkehr Staubemissionen entstehen. Unabhängig von den Betriebszeiten kann Winderosion auf unversiegelten Flächen zu Staubemissionen führen, deren Wirkung wesentlich geringer einzustufen ist als die Wirkung durch mechanische Belastung.

3.3.3 Ursachen und Einflussfaktoren

Generell hängt die Stärke der Staubemission u. a. von folgenden Faktoren ab:

- Beschaffenheit des Abfalls (Korngröße, Kornform, Korngrößenverteilung, Aggregation, Dichte)
- Randbedingungen des Deponiebetriebs (Maßnahmen vor und während des Deponierens wie Befeuchtung, Anlieferungsform, Oberflächenbeschaffenheit der Fahrstrecken, Einbauverfahren und Transportmittel und -behälter)
- die Deponie selbst (Form, Oberflächenabdeckung, Bepflanzung, ...)
- meteorologische Einflüsse wie Temperatur, Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Niederschlag)

3.3.4 Ermittlung von Staubemissionen

Da die Emissionsquellen in Deponien ausgedehnt und diffus sind und die Oberfläche sehr heterogen ist, ist eine direkte Bestimmung der Staubemissionen nicht möglich. Aus diesem Grund wird auf indirekte Messmethoden (Immissionsmessungen, Staubbiederschlagsmessungen mit Rückrechnung auf die Quellstärke) oder Abschätzungen von Emissionsquellstärken und Emissionsfaktoren zurückgegriffen. Wegen unterschiedlicher Einflussfaktoren und Bezugsgrößen werden die Staubemissionen der unterschiedlichen Vorgänge (Arbeitsvorgänge, Fahrverkehr, Winderosion) meist einzeln betrachtet und berechnet.

Emissionen durch Arbeitsvorgänge auf der Deponie

Die diskontinuierlichen und zu einem gegebenen Zeitpunkt annähernd punktförmigen, im Laufe des Deponiebetriebs an verschiedenen Stellen freigesetzten

Emissionen, die beim Abkippen, Umladen, Baggern usw. entstehen, werden durch mehrere Parameter (Windverhältnisse, Umschlaggerät und -verfahren, Umschlaghäufigkeit, Umschlagmenge, sonstiges) beeinflusst, die in die Emissionsberechnung nach VDI 3790 Blatt 3 einfließen. Diese erläutert die Berechnungsmethoden für Emissionen von Schüttgütern und lässt sich auf Deponien übertragen, wobei die Bezugsgröße die Menge des abgelagerten oder behandelten Materials ist.

Emissionen durch Fahrbewegungen

Je nach Art der Fahrbahndecke können Emissionen durch Fahrbewegungen einen großen Anteil an der Gesamtemission einnehmen. Weitere Einflussfaktoren sind das Fahrzeuggewicht, die Fahrgeschwindigkeit und die Menge und Korngrößenverteilung des abwehfähigen Staubes. Bei der Berechnung von Staubemissionen durch Fahrbewegungen auf unbefestigten Fahrstrecken wird auf die Richtlinie VDI 3790 Blatt 3 [8] verwiesen, wobei die Länge der Straße als Bezugsgröße dient.

Emissionen durch Winderosion

Wichtige Emissionsfaktoren bei Winderosion sind die bodennahe Windgeschwindigkeit und Windrichtung, die Häufigkeit bestimmter Windgeschwindigkeiten, die Größe der erodierbaren Fläche, die Korngröße und Korngrößenverteilung und die Eigenschaften des abgelagerten Materials (Feuchte, Konsistenz, ...). Staubemissionen durch Winderosion gehen vor allem von vegetationslosen Bereichen der Deponien aus. Aufgrund der Instationarität der Emission (bei einem Winderosionsereignis wird der erodierbare Materialanteil ausgeblasen und die Emissionsrate sinkt dann schnell ab) ist die jährliche Staubemission stark von der standorttypischen Windgeschwindigkeitsverteilung abhängig.

Bei der Berechnung werden windgeschwindigkeitsabhängige Erosionsraten mit der Auftrittshäufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen kombiniert, weshalb für jeden Standort eine Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit erstellt werden muss. Beträgt die aktuelle Windgeschwindigkeit (jeweils in 10 m Höhe) unter 4-5 m/s, finden keine Abwehungen statt. Auch bei Deponiestandorten mit Jahresmitteln unter 2-3 m/s kann die Emission durch Winderosion vernachlässigt werden. Außerdem ist zu beachten, dass Ereignisse mit starkem Wind häufig mit Regen verbunden sind, der die Menge erodierbaren Materials wieder verringert. Zur Simulation der Staubabwehungen werden Windtunnelmessungen durchgeführt.

Pauschalisierte Emissionsfaktoren

Da eine genaue Trennung der drei emissionsrelevanten Vorgänge nicht immer möglich ist, werden in der VDI-Richtlinie 3790 Blatt 2 [1] sowohl Emissionsfaktoren für Teilvorgänge, als auch für die Gesamtheit aller Aktivitäten erläutert und Beispiele bzw. weiterführende Quellen genannt.

Messung diffuser Emissionen

In Richtlinie VDI 4285 Blatt 1 werden die Messungen diffuser Emissionen detailliert erläutert und entsprechende Methoden vorgestellt. Wie bereits erwähnt, eignen sich Windtunnelmessungen zur Simulation von Staubabwehungen. Bei Emissionen durch Arbeitsvorgänge und Fahrbewegungen werden Konzentrations- und Windgeschwindigkeitsprofile erstellt und aus diesen auf die Quellstärke geschlossen.

Eine weitere Möglichkeit, die sich für alle drei emissionsrelevanten Vorgänge eignet, ist die sog. Ausbreitungsmodellierung und Quelltermrückrechnung, bei der anhand der gemessenen Konzentration und Deposition (Immission) am Messort auf die Emissionsrate am Quellort geschlossen wird. Zur Ermittlung der Staubniederschlagsbelastung durch Grobstaub wird nach Bergerhoff gemäß der Richtlinie VDI 2119 Blatt 2 vorgegangen. In einem Abstand von maximal 100 Metern um die Deponie werden Auffanggefäße für einen Zeitraum von ca. 30 Tagen aufgestellt (12 Messungen pro Jahr) und anschließend eingedampft, um den Staubniederschlag zu ermitteln.

Immissionsmessungen nach VDI 3492 Blatt 1 für faserige Stäube

Diese Methode eignet sich für Feinstäube wie z. B. Asbeststaub, die hauptsächlich durch Fahrzeugverkehr und durch den Umschlag und Einbau des faserhaltigen Materials entstehen. Feinstäube im Umfeld der Deponie werden für ca. 8 Stunden durch einen Luftstrom auf einen goldbeschichteten Kernporenfilter gesogen und anschließend unter einem Rasterelektronenmikroskop untersucht. Die Faserkonzentration wird mit einem Ausbreitungsmodell verrechnet, wobei die standortabhängige Windgeschwindigkeit und Einbaufläche berücksichtigt wird.

Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung faserigen Feinstaubes besteht darin, auf vergleichbare Daten aus Monoabschnitten für asbesthaltige Abfälle zurückzugreifen. Es sind vollständige Datensätze bezüglich der Partikelkonzentration und der meteorologischen Randbedingungen vorhanden [1], Durch eine Rückrechnung mit einem entsprechenden Ausbreitungsmodell können Feinstaubemissionen für die jeweilige Deponie ermittelt werden.

3.3.5 Minderungsmaßnahmen

Staubemissionen sind grundsätzlich zu minimieren.

Dies kann zum einen durch eine entsprechende Abfallvorbehandlung (Befeuchtung, geschlossene Behältnisse, ...) erreicht werden. Zum anderen können Emissionen durch Fahrverkehr reduziert werden, in dem Straßen befestigt, befeuchtet und gereinigt werden und eine Verschleppung minimiert wird (z. B. durch Reifenreinigungsanlagen). Auf der Deponie selbst sind die Einbauflächen zu minimieren. Das Abdecken der Abfälle unmittelbar nach der Lieferung mit Erde oder Kunststofffolien verringert die Emissionen. Windschutzpflanzungen führen zu einer Abnahme der Winderosion in Bodennähe und sorgen zusätzlich für eine Reinigung der Luft von Staubpartikeln. Für bestimmte Abfallarten wie Asbest oder KMF sind besondere staubemissionsmindernde Maßnahmen vorgeschrieben (siehe nachfolgende Kapitel).

3.3.6 Emissions- und Immissionsbegrenzungen für Stäube

3.3.6.1 Emissionsbegrenzungen

Rechtlich verbindliche Emissionsbegrenzungen der (diffusen) Staubemissionen von Deponien bestehen derzeit nicht.

Die allgemeine Emissionsbegrenzung nach TA Luft³ ist für Deponien nicht einschlägig. Entsprechende Emissionsbegrenzungen sowie die Regelungen für staubförmige anorganische Stoffe⁴ sind nur für gefasste Emissionen, die ggf. mit (immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen) Nebenanlagen zur Lagerung, zur Behandlung und zum Umschlag von Abfällen anfallen, anwendbar.

In der TA Luft sind in Nr. 5.2.3 allgemeine technische Anforderungen zur Begrenzung der staubförmigen Emissionen bei Umschlag, Lagerung oder Bearbeitung von festen Stoffen definiert.

Welche Anforderungen im Einzelfall an eine Anlage zu stellen sind, ist dabei unter Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit insbesondere von der Beschaffenheit der Anlage (Eigenschaften der umgeschlagenen Stoffe, Umschlagverfahren, etc.) sowie den örtlichen und meteorologischen Gegebenheiten abhängig (vgl. Nr. 5.2.3.1 der TA Luft).

3.3.6.2 Immissionswerte nach TA Luft

Grundlage der Beurteilung ist ebenfalls die TA Luft.

Eine Betrachtung von Immissionskenngrößen ist nach Nr. 4.1 TA Luft nicht erforderlich

- a) bei geringen Emissionsmassenströmen (Nr. 4.6.1.1 TA Luft),
- b) bei einer geringen Vorbelastung (Nr. 4.6.2.1 TA Luft) oder
- c) bei irrelevanten Zusatzbelastungen (Nr. 4.2.2 und 4.3.2 TA Luft).

In diesen Fällen kann davon ausgegangen werden, dass schädliche Umwelteinwirkungen durch die Anlage nicht hervorgerufen werden können, es sei denn, trotz geringer Massenströme nach Buchstabe a) oder geringer Vorbelastung nach Buchstabe b) liegen hinreichende Anhaltspunkte für eine Sonderfallprüfung nach Nummer 4.8 vor.

Die im Sinne dieser Regelung zur Beurteilung zu Grunde zu legenden Emissions- und Immissionswerte sind in den folgenden Tabellen zusammengefasst.

Die Werte dienen dem Schutz der menschlichen Gesundheit sowie dem Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Staubbiederschläge.

Tabelle 2 Bagatellmassenstrom für Staub (ohne Berücksichtigung von Staubinhaltsstoffen).

Komponente	Bagatellmassenstrom, Nr. 4.6.1.1 TA Luft Buchstabe b)
Gesamtstaub (diffuse Emissionen)	0,1 kg/h

³ Nr. 5.2.1 TA Luft

⁴ Nr. 5.2.2 TA Luft

Tabelle 3 Immissionswerte (Mittelungszeitraum 1 Jahr) und Irrelevanzschwellen nach TA Luft.

Immissionswerte gem. Nr.	Irrelevanzschwellen gem. Nr.	Komponenten	Immissions-Jahreswerte (IJW)	Irrelevanzschwellen
4.2.1	4.2.2	Schwebstaub (PM ₁₀)	40 µg/m ³	3,0 % des IJW
4.3.1	4.3.2	Staubniederschlag (nicht gefährdender Staub)	0,35 g/(m ² ×d)	10,5 mg/(m ² ×d)

Tabelle 4. Immissionswerte (Mittelungszeitraum 24 Stunden) nach TA Luft

Immissionswerte gem. Nr.	Irrelevanzschwellen gem. Nr.	Komponenten	Immissions-Tageswerte (ITW)	zulässige Überschreitungs- häufigkeit im Jahr
4.2.1	-	Schwebstaub (PM ₁₀)	50 µg/m ³	35

3.3.6.3 Immissionswerte nach 39. BImSchV

Für die Beurteilung der Staubimmissionen sind ergänzend zur TA Luft die entsprechenden Beurteilungswerte nach der 39. BImSchV [9] anzusetzen. Die maßgeblichen Grenzwerte bzw. Zielwerte sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

In der vorliegenden Untersuchung werden die Feinstaubpartikel PM₁₀ und PM_{2,5} behandelt.

Tabelle 5. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit [4].

Schadstoffkomponente Bezugszeitraum	Konzentration [µg/m ³]	Zulässige Überschreitungen im Kalenderjahr
Feinstaub PM₁₀		
Jahresmittel	40	-
Tagesmittel	50	35
Feinstaub PM_{2,5}		
Jahresmittel	25	-

3.3.6.4 Sonderfall: benachbarte Betriebe mit Arbeitsplätzen, die staubexponiert sind

Einen Sonderfall der immissionsfachlichen Beurteilung stellen Arbeitsplätze benachbarter Betriebe (der Deponie) dar, die staubexponiert sind. An diesen Arbeitsplätzen gelten Arbeitsplatzgrenzwerte.

Zur Beurteilung der Gefahrstoffexposition gegenüber Staub werden die rechtsverbindlichen Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) der TRGS 900 [10] herangezogen.

Tabelle 6. Arbeitsplatz-Grenzwerte.

Bezeichnung	Grenzwert-herkunft	GW [mg/m ³]	Überschreitungsfaktor	Bemerkungen
Allgemeiner Staubgrenzwert	AGW [10]			TRGS 504 [11]
A-Staub *)		1,25	8	--
E-Staub **)		10	2 (II)	--

- *) gemessen als alveolengängiger Staubanteil (A)
Der alveolengängige Schwebstoffanteil umfasst ein Kollektiv, welches ein Abscheidesystem passiert, dass in seiner Wirkung der theoretischen Trennfunktion eines Sedimentationsabscheiders entspricht, der Teilchen mit einem aerodynamischen Durchmesser von 4 µm zu 50 % abscheidet (DIN EN 481).
Grenzwert unter der Annahme einer mittleren Dichte der Stäube an Arbeitsplätzen von 2,5 g/cm³.
- ***) gemessen als einatembarer Staubanteil (E) = Ansauggeschwindigkeit 1,25 m/s ± 10 %

Die AGW sind mit 1,25 mg/m³ (alveolengängiger Staub) mehr als 31mal höher als die Immissions-Jahreswerte für Schwebstaub PM₁₀ von 40 µg/m³ nach TA Luft bzw. 39. BImSchV bzw. 25fach höher als die entsprechenden Tagesmittelwerte von 50 µg/m³. Entsprechend erscheint die Anwendbarkeit der Immissionswerte nach TA Luft bzw. 39. BImSchV für diese Arbeitsplätze nicht sinnvoll. Eine allgemeine Herangehensweise der Beurteilung gibt es bislang nicht. Eine unbegrenzte Staubimmission bzw. eine Staubimmission in Höhe des AGW durch einen benachbarten Betrieb (die Deponie) ist nicht praktikabel, da der AGW möglicherweise durch den Betrieb bereits selbst fast ausgeschöpft wird.

Zielführend könnte beispielsweise sein, die zulässige Zusatzbelastung durch benachbarte Betriebe im Jahresmittel am Irrelevanzkriterium von 3,0 % des Immissionswertes für Schwebstaub PM₁₀ zu orientieren. Bei einem AGW von 1,25 mg/m³ würde das Irrelevanzkriterium ca. 37,5 µg/m³ entsprechen.

Dieser Wert wird an dieser Stelle als zulässiges Jahresmittel der Immissions-Zusatzbelastung durch staubende Betriebe für benachbarte Betriebe mit ebenfalls staubexponierten Arbeitsplätzen vorgeschlagen.

3.3.7 Weitere Schadstoffe / Staubinhaltsstoffe

Je nachdem, welche Materialien umgeschlagen bzw. deponiert werden, können relevante Emissionen an Staubinhaltsstoffen freigesetzt werden, die hier nicht weiter betrachtet werden, auf die aber der Vollständigkeit halber hingewiesen wird.

Hinweise auf mögliche Schadstoffgehalte können z. B. in der DepV [12] gefunden werden. Hier sind im Anhang 3 Nr. 2 Zuordnungskriterien für Deponien der DK 0, I, II oder III enthalten. Es werden sowohl Feststoff- als auch Eluatkriterien aufgeführt.

Weitere Richtwerte (Feststoff- und Eluatkriterien) sind in der Veröffentlichung des LfU „Richtwerte für Deponien der DK I und II nach DepV“ [13] zusammengestellt.

Je nach Material sind darüber hinaus ggf. weitere Inhaltsstoffe, z. B. Schwermetalle zu berücksichtigen.

Für Informationen zu enthaltenen Staubinhaltsstoffen kann z. B. auf die Abfallanalytendatenbank (ABANDA) des Landes Nordrhein-Westfalen [14] zurückgegriffen werden.

Beispielsweise können zur Ermittlung der Emissionen von Staubinhaltsstoffen beim Umschlag von Gleisschotter die 80 Perzentile der Analysenergebnisse in ABANDA [14] für die Abfallart 17 05 08 herangezogen werden. Demnach wären bei Gleisschotter z. B. 270 mg Blei/kg Feststoff zu erwarten.

Je nach Materialien und Umschlagmenge ist für die weiteren Schadstoffe /Staubinhaltsstoffe eine gesonderte Beurteilung, ggf. im Rahmen einer Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft, durchzuführen.

Für die Beurteilung der Staubinhaltsstoffe können insbesondere Beurteilungskriterien (Bagatellmassenströme, Immissionswerte, Orientierungswerte, Irrelevanzkriterien) gemäß TA Luft und im LAI-Papier „Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind“ [15] herangezogen werden.

3.4 Emissionen von Stickstoffoxiden

Neben Staubemissionen werden durch den Betrieb von Deponien auch Stickstoffoxide aus Verbrennungsprozessen emittiert. Stickstoffoxide werden einerseits bei der Verbrennung von Deponiegas in Fackeln oder Deponiegasmotoren gebildet, andererseits durch motorische Emissionen aus dem Betrieb von mobilen und stationären Maschinen sowie den Fahrverkehr verursacht.

Die Emissionen aus dem Fahrverkehr werden im Regelfall nach den Angaben des „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs 3.2“ (HBEFA) [16] für Lkw berechnet. Je nach angesetzter Verkehrssituation unterscheiden sich die spezifischen Emissionsfaktoren.

Innerörtliche Stop-and-go-Situationen, z. B. „Agglomeration/Erschließung/30/Stop and Go“ stellen das vom HBEFA vorgesehene worst-case-Verkehrs-Szenario dar. Die so berechneten Emissionen werden damit als konservative Abschätzung angesehen und finden im Regelfall zur Berechnung der Emissionen Anwendung.

Die Emissionsfaktoren bewegen sich in der Größenordnung um $10 \text{ gNO}_x/(\text{km} \cdot \text{Fzg})$. Für eine Deponie mit einem durchschnittlichen Lkw-Aufkommen von 10 Lkw à 500 m Fahrweg ergeben sich entsprechend Emissionen i. H. $10 \text{ Lkw} \times 0,5 \text{ km/Lkw} \times 10 \text{ g NO}_x/(\text{km} \cdot \text{Fzg}) = 0,05 \text{ kgNO}_x/\text{d}$.

Für den Umschlag von Material werden typischerweise mobile Geräte verwendet, die die Anforderungen der Richtlinie 97/68/EG des Europäischen Parlaments und des Rates [17] einhalten müssen. Derzeit kommen überwiegend Maschinen zum Einsatz, die die Anforderungen gemäß Stufe IIIB einhalten müssen. Die Emissionsfaktoren sind abhängig von der Nutzleistung des Motors. Ein mobiler Radbagger oder Radlader (Leistung ca. 100 kW, Zulassung 2013 oder später), der damit in die Leistungsklasse „ $75 \text{ kW} \leq P < 130 \text{ kW}$ “ fällt, hat entsprechend einen Emissionsfaktor von $3,3 \text{ g NO}_x/\text{kWh}$. Es wird angenommen, dass die Maschinen im Durchschnitt mit einer Dauerlast von 50 % der Motorleistung betrieben werden. Bei einer Betriebszeit von durchschnittlich 2 h pro Tag ergeben sich Emissionen von $100 \text{ kW} \times 0,5 \times 2 \text{ h} \times 3,3 \text{ gNO}_x/\text{kWh} = 0,33 \text{ kg NO}_x/\text{d}$.

Da sowohl die Anforderungen zur Emissionsbegrenzung an Lkw, als auch an mobile Maschinen und Geräte ständig verschärft werden, sollte darauf geachtet werden, dass zur Minimierung der NO_x-Emissionen regelmäßig ein moderner Fuhrpark zum Einsatz kommt.

3.4.1 Emissionsbegrenzungen für Stickstoffoxide

Rechtlich verbindliche Emissionsbegrenzungen der (diffusen) Stickstoffoxidemissionen von Deponien bestehen derzeit nicht.

Die allgemeine Emissionsbegrenzung nach Nr. 5.2.4 TA Luft von 0,35 gNO_x/m³ bzw. 1,8 kg NO_x/h ist für Deponien nicht einschlägig. Entsprechende Emissionsbegrenzungen sind nur für gefasste Emissionen, die ggf. mit (immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen) Nebenanlagen zur Lagerung, zur Behandlung und zum Umschlag von Abfällen anfallen, anwendbar.

3.4.2 Bagatellmassenstrom und Immissionsbegrenzungen für Stickstoffoxide

Grundlage der Beurteilung ist ebenfalls die TA Luft.

Eine Betrachtung von Immissionskenngrößen ist nach Nr. 4.1 TA Luft nicht erforderlich

- a) bei geringen Emissionsmassenströmen (Nr. 4.6.1.1 TA Luft),
- b) bei einer geringen Vorbelastung (Nr. 4.6.2.1 TA Luft) oder
- c) bei irrelevanten Zusatzbelastungen (Nr. 4.2.2 und 4.3.2 TA Luft).

In diesen Fällen kann davon ausgegangen werden, dass schädliche Umwelteinwirkungen durch die Anlage nicht hervorgerufen werden können, es sei denn, trotz geringer Massenströme nach Buchstabe a) oder geringer Vorbelastung nach Buchstabe b) liegen hinreichende Anhaltspunkte für eine Sonderfallprüfung nach Nummer 4.8 vor.

Die im Sinne dieser Regelung zur Beurteilung potentiell zu Grunde zu legenden Emissions- und Immissionswerte sind in den folgenden Tabellen zusammengefasst.

Tabelle 7 Bagatellmassenstrom Stickstoffoxide, angegeben als NO₂ (diffuse Emissionen).

Komponente	Bagatellmassenstrom, Nr. 4.6.1.1 TA Luft Buchstabe b)
Stickstoffoxide, angegeben als NO ₂ (diffuse Emissionen)	2 kg/h

Tabelle 8 Immissionswerte (Mittelungszeitraum 1 Jahr) und Irrelevanzschwellen nach TA Luft.

Immissionswerte gem. Nr.	Irrelevanzschwellen gem. Nr.	Komponenten	Immissions-Jahreswerte (IJW)	Irrelevanzschwellen
4.2.1	4.2.2	Stickstoffdioxid (NO ₂)	40 µg/m ³	3,0 % des IJW
4.4.1	4.4.3	Stickstoffoxide, angegeben als NO ₂	30 µg/m ³	≤ 3 µg/m ³ ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Dieser Immissionswert zum Schutz von Ökosystemen bzw. der Vegetation ist im Beurteilungsgebiet nur anzuwenden, soweit die Beurteilungspunkte zur Überprüfung dieses Immissionswerts mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Straßen entfernt sind.

Tabelle 9. Immissionswert (Mittelungszeitraum 1 Stunde) nach TA Luft

Immissionswerte gem. Nr.	Irrelevanzschwellen gem. Nr.	Komponenten	Immissions-Stundenwert (ISW)	zulässige Überschreitungs- häufigkeit im Jahr
4.2.1	-	Stickstoffdioxid (NO ₂)	200 µg/m ³	18

3.5 KMF- und Asbestfaseremissionen

3.5.1 Allgemeines zu KMF und Asbestfasern

3.5.1.1 Definition von Fasern

Eine Faser ist im Verhältnis zu ihrer Länge ein dünnes und flexibles Gebilde, das nur bedingt Druck-, jedoch sehr gut Zugkräfte aufnehmen kann. Im Verbund können Fasern Strukturen bilden, die trotz geringen Massengewichts extrem fest sind [18].

3.5.1.2 Klassifizierung

Der Name Asbest leitet sich vom griechischen *asbestos* ab, was „unvergänglich“ bedeutet. Asbest ist eine Gruppe natürlicher silikastischer Minerale mit charakteristischer feinfaseriger Struktur [19].

Unter „künstlich erzeugten Mineralfasern“ (KMF) wird eine große Gruppe synthetisch hergestellter Fasern auf anorganischer Basis zusammengefasst. Die wichtigsten Bestandteile sind auf Hauptoxidgruppen verteilt, deren Massen vom Siliziumoxid (SiO₂), Calciumoxid (CaO), Aluminiumoxid (Al₂O₃) bis zum Eisenoxid abnehmen.

Die nachstehende Abbildung gibt eine Übersicht zu den Faserarten synthetischer Herkunft (Ausschnitt aus [20])

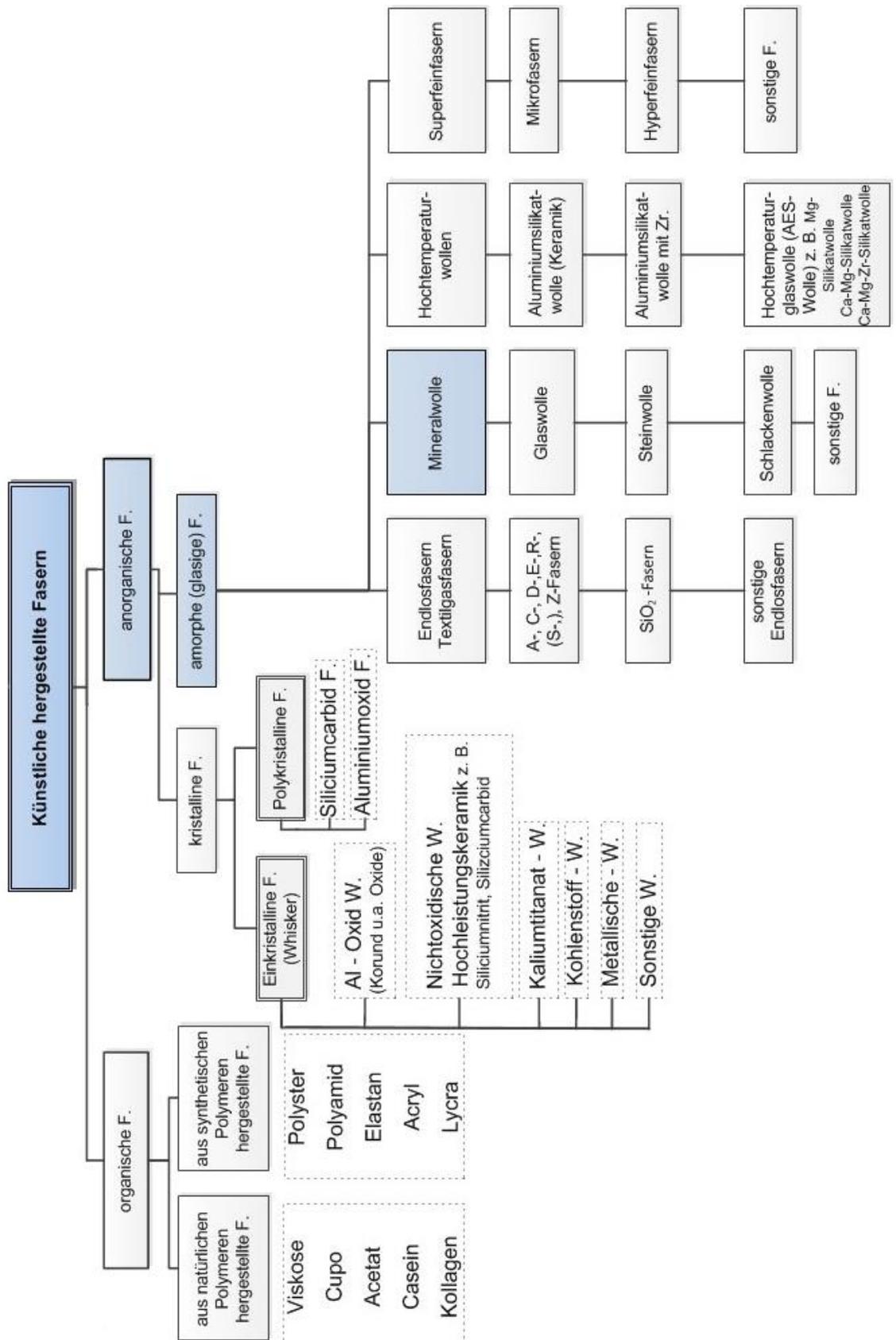


Abbildung 1. Darstellung der unterschiedlichen Faserarten, Ausschnitt aus [20].

3.5.1.3 Umwelt- und Gesundheitsrelevanz

Grundsätzlich setzen alle Faserprodukte durch mechanische Belastung Fasern frei. Das Potential zur Faserfreisetzung ist bei Asbest jedoch etwas höher als bei KMF [18].

In Folge ähnlicher Eigenschaften in Hinblick auf die Biopersistenz und Geometrie zeigen bestimmte KMF in Analogie zu Asbestfasern ein gesundheitsgefährdendes Potential auf [20]. Da KMF im Gegensatz zu Asbestfasern stark differenzierte Biopersistenzen infolge unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung ausweisen, ist deren kanzerogenes Potential je nach Art der KMF unterschiedlich zu betrachten.

Seit 2000 gilt gemäß GefStoffV [21] ein Herstellungs- und Verwendungsverbot für Mineralwolle, aus der krebserzeugende Faserstäube freigesetzt werden können.

Als kritische Fasern (Fasern, die den WHO-Kriterien entsprechen- WHO-Fasern) sind lungengängige Fasern mit einer Länge von weniger als $< 250 \mu\text{m}$ zu betrachten, die die nachfolgend aufgeführten spezifischen Kriterien erfüllen:

- Länge $> 5 \mu\text{m}$
- Durchmesser $< 3 \mu\text{m}$
- Verhältnis von Länge zu Durchmesser größer 3 : 1

Hierzu ist anzumerken, dass Asbestfasern durch mechanische Beanspruchung zur Längsspaltung neigen und damit im Lauf der Zeit lungengängige Fasern erzeugen. KMF-Fasern brechen i. d. R. quer zur Längsachse, damit nimmt das toxische Potenzial mit der Zeit ab.

Eine vergleichende Gegenüberstellung der Eigenschaften von Asbestfasern und KMF kann der nachstehenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 10. Gegenüberstellende Darstellung der Eigenschaften von Asbestfasern und KMF [18].

Eigenschaft	Asbestfasern	KMF
Faserbrüche	Längsspaltung der Minerale erzeugt lungengängige Fasern ($0,1 - 3 \mu\text{m}$)	i. d. R. keine Längsspaltung der Fasern, Brüche erfolgen quer zur Längsachse
Verweildauer in der Lunge	100 Jahre	„alte Mineralwolle“ 150 – 200 Tage „neue Mineralwolle“ < 20 Tage
Faserabmessung	Chrysotil (längsspaltbare Hohlfasern): $2 - 4 \mu\text{m}$ Massivfaser-Asbeste: $0,1 - 0,2 \mu\text{m}$	$3 - 8 \mu\text{m}$ (Median ca. $4 - 5 \mu\text{m}$) herstellungsbedingt z. T. variierender Anteil

Eingeatmete Asbestfasern gefährden die menschliche Gesundheit sowohl durch die Eigenschaft, Narbengewebe (Lungenasbestose) zu erzeugen als auch durch ihre Fähigkeit, bösartige Tumore (z. B. Lungenkrebs) zu verursachen.

Wie eine Mehrzahl krebserzeugender Gefahrstoffe besitzt Asbest keine akute Warnwirkung. Die tödlichen Folgen treten stattdessen viele Jahrzehnte später ein.

3.5.1.4 KMF- und asbestfaserhaltige Abfälle

Asbestfasern und künstliche Mineralfasern (KMF) kommen u. a. in folgenden Abfallarten vor, die auf Deponien der DK I, II oder III abgelagert werden dürfen (vgl. LAGA Vollzugshilfe M23 [22]):

Tabelle 11. Asbesthaltige Abfälle

Abfallschlüssel	Abfallbezeichnung nach AVV
06 07 01*	asbesthaltige Abfälle aus der Elektrolyse
06 13 04*	Abfälle aus der Asbestverarbeitung ⁵
10 13 09*	asbesthaltige Abfälle aus der Herstellung von Asbestzement ⁵
15 01 11*	Verpackungen aus Metall, die eine gefährliche feste poröse Matrix (z. B. Asbest) enthalten, einschließlich geleerte Druckbehältnisse
15 02 02*	Aufsaug- und Filtermaterialien (einschließlich ÖlfILTER a. n. g.), Wischtücher und Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind.
16 01 11*	asbesthaltige Bremsbeläge
16 02 12*	Gebrauchte Geräte, die freies Asbest enthalten
16 02 15*	aus gebrauchten Geräten entfernte gefährliche Bestandteile ⁶
17 06 01*	Dämmmaterial, das Asbest enthält
17 06 05*:	asbesthaltige Baustoffe

Tabelle 12. Abfallarten, die KMF enthalten können

Abfallschlüssel	Abfallbezeichnung nach AVV
17 06 03*	anderes Dämmmaterial, das aus gefährlichen Stoffen besteht oder solche Stoffe enthält
17 06 04	Dämmmaterial mit Ausnahme desjenigen, das unter 17 06 01 und 17 06 03* fällt)

⁵ Entfällt, da in Deutschland die Herstellung und Verarbeitung von Asbest verboten ist

⁶ mit Anmerkung „asbesthaltig“

3.5.2 Entstehung und Höhe von KMF- und Asbestfaseremissionen

3.5.2.1 Allgemeines

Die Anlieferung und der Einbau der asbest- und KMF-haltigen-Abfällen in die Deponie richtet sich nach den Anforderungen der DepV [12], der TRGS 519 [24], der TRGS 521 [23] und der LAGA-Vollzugshilfe zur Entsorgung asbesthaltiger Abfälle M23 [22].

In diesen Regelwerken ist festgelegt, dass die Abfälle vorsichtig zu handhaben und zu verpacken sind und damit ein Faseraustritt in aller Regel nicht zu erwarten ist. Bei beschädigten Verpackungen, Unfällen oder unsachgemäßer Behandlung ist eine Freisetzung von Fasern nicht immer zu vermeiden.

3.5.2.2 KMF-Fasern

3.5.2.2.1 KMF Emissionen im Regelbetrieb

Emissionen von KMF-Fasern können auftreten, wenn die Big Bags mit dem Zangenstapler oder sonstigem Hebezeug zum Einbau in die Deponie aufgenommen und dadurch gequetscht werden. Durch das Quetschen mit der Zange können durch nicht zu vermeidende Undichtigkeiten Fasern aus den abgepackten Ballen entweichen. Das hierbei entweichende Volumen kann mit wenigen Litern je Ballen abgeschätzt werden. Für die weiteren Betrachtungen wird von fünf Litern je Ballen ausgegangen.

Messwerte zur Faserkonzentration in der freien Atmosphäre von Big Bags liegen derzeit nicht vor. Rohgaskonzentrationen in der Absaugung von Kanalballenpressen für KMF liegen bei maximal 250.000 F/m^3 . Aktuell liegen Messungen vor, die 21.500 Fasern ergaben. Es erscheint plausibel, dass in der freien Atmosphäre von Big Bags eine ähnliche Konzentration wie im Rohgas der Absaugung der Kanalballenpressen vorherrscht, da hier ähnliche mechanische Prozesse ablaufen.

Bei einer maximal anzunehmenden Faserkonzentration von 250.000 F/m^3 ergeben sich somit $1,25 \times 10^3$ Fasern je Ballen durch Aufnahme mit dem Hebezeug. Beim Einbau ist im ungünstigsten Fall ebenfalls mit der Freisetzung von jeweils 5 l Volumen auszugehen, so dass in Summe $2,5 \times 10^3$ Fasern je Big Bag freigesetzt werden können.

3.5.2.2.2 KMF Emissionen bei Störung des bestimmungsgemäßen Betriebes

Als Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs ist das Aufplatzen oder eine anderweitige Beschädigung der verpackten KMF-Abfälle bei der Aufnahme oder beim Einbau in die Deponie anzusehen.

Hierbei können spontan alle im freien Volumen sowie an der Oberfläche der Abfälle bzw. nicht fest in das Material eingebundenen Fasern freigesetzt werden.

Die gesamte, an Oberflächen gebundene sowie im freien Volumen vorhandene freie Faser Masse wird mit 2 g abgeschätzt. Der Wert wurde auf Basis der Emissionen von Schüttgütern, für die die Emissionen nach VDI-RL 3790 Blatt 3 [8] ermittelt werden, festgelegt. Für Schüttgüter errechnen sich je Umschlagvorgang typische Emissionsfaktoren im Bereich von ca. 1 – 100 g/t. Da es sich bei (gepressten) KMF

nicht um ein Schüttgut handelt, wurde mit 2 g je Big Bag ein Wert im unteren Bereich der nach VDI 3790 Blatt 3 ermittelten Werte gewählt.

Auf Basis von Untersuchungen durch die Müller-BBM GmbH kann für KMF eine Faseranzahl von 5.000 F/mg Fasermasse abgeschätzt werden.

Bei einer Freisetzung von 2 g Fasern und einer Faseranzahl von 5.000 F/mg ergibt sich eine Emission von 1×10^7 Fasern für ein solches Ereignis.

3.5.2.3 Asbestfasern

3.5.2.3.1 Asbestfaseremissionen im Regelbetrieb

Für die Abschätzung der Asbestfaseremissionen wird auf Untersuchungen durch die Müller-BBM GmbH zurückgegriffen. Im Rahmen der Genehmigung eines Steinbruchs, in dem asbestfaserhaltiges Gestein abgebaut wird, wurde in einer Staubprobe eine Faseranzahl von 5.000 F/mg Staub festgestellt. Dabei ist zu beachten, dass sowohl der Asbestanteil von Asbestabfällen als auch die Faserlängen und –durchmesser von Asbest variieren können und nicht im Einzelnen bekannt sind. Daher wird konservativ von dem Zehnfachen dieses Wertes, also von 50.000 F/mg Staub, ausgegangen.

Durch das Anheben mit Hebezeug können durch nicht immer zu vermeidende Undichtigkeiten Fasern aus den Big Bags entweichen. Das hierbei entweichende Volumen kann mit wenigen Litern je Big Bag abgeschätzt werden. Konservativ wird von der Freisetzung von 5 l Luftvolumen je Big Bag ausgegangen.

Für die Faserkonzentration in der freien Atmosphäre von Big Bags wird von ca. 250.000 F/m³ ausgegangen. Diese Faserkonzentration ist einerseits angelehnt an die oben erwähnte Rohgaskonzentration in der Abluft von Kanalbällenpressen für KMF. Andererseits liegt diese Konzentration im Bereich der Faserkonzentration von 150.000 F/m³, die gemäß TRGS 519 (in der Fassung von 2007! [24]) bei Arbeiten an Asbestzementprodukten erwartet wird. Es erscheint nicht unplausibel, dass in den Big Bags durch unvermeidbaren Abrieb, ähnlich wie beim Arbeiten mit asbesthaltigen Produkten, Fasern freigesetzt werden. Der Wert von 4 Mio Fasern/m³, der bei der Bearbeitung von Spritzasbest in der neuen TRGS 519 [25] genannt ist, tritt nur bei der Bearbeitung mit einem Winkelschleifer auf und ist daher nicht anwendbar.

Bei einer maximal anzunehmenden Faserkonzentration von 250.000 F/m³ im freien Big Bag und einer Freisetzung von 5 l Luftvolumen je Big Bag ergeben sich somit 1.250 Fasern je Big Bag durch Umschlag und Aufnahme mit dem Hebezeug.

Beim Einbau ist im ungünstigsten Fall ebenfalls mit der Freisetzung von jeweils 5 l Volumen auszugehen, so dass in Summe 2.500 Fasern je Big Bag freigesetzt werden können.

3.5.2.3.2 Asbestfaseremissionen bei Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs

Als Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs ist das Aufplatzen eines Big Bags bei der Aufnahme oder beim Einbau in die Deponie anzusehen.

Hierbei können spontan alle im freien Volumen sowie an der Oberfläche lose anhaftende Fasern freigesetzt werden.

Die gesamte, an Oberflächen gebundene sowie im freien Volumen vorhandene freie Faser Masse kann analog zu KMF auch für Asbest mit 2 g abgeschätzt werden (vgl. Kapitel 3.5.2.2.2). Da es sich bei Abfällen, die Asbestfasern enthalten, ebenfalls nicht um ein Schüttgut, sondern um Abfälle, die i. d. R. als Platten vorliegen, handelt, kann wie auch bei KMF ein Wert im unteren Bereich der nach VDI 3790 Blatt 3 ermittelten Werte gewählt werden.

Bei einer Faserzahl von 50.000 F/mg Staub (vgl. Kapitel 3.5.2.3.1) und der Freisetzung von 2 g Fasern ergibt sich eine Emission von 1×10^8 Fasern für ein solches Ereignis.

3.5.3 Emissionsminderungsmaßnahmen

3.5.3.1 Grundsätzliche Anforderungen zur Emissionsminderung an Deponien

Hinsichtlich der Minimierung der Emissionen bei der Bearbeitung (Pressen von KMF) und dem Umschlag (Befüllen von Big Bags und sonstigen Behältnissen) können folgende grundlegend emissionsmindernde Maßnahmen ergriffen werden, die überwiegend auch in der VDI-Richtlinie 3790 Blatt 2 genannt werden:

- Minimierung freier Volumina in den Behältnissen und dadurch der potentiell verdrängbaren faserhaltigen Abluft,
- Sofern technisch möglich kann eine zweite Schutzhülle unter- oder überzogen werden, z. B. durch Ballenwickler, Schrumpffolien o. ä.,
- geeignete Abfallvorbehandlung, z. B. Befeuchtung oder Verfestigung,
- Anlieferung und Einbau in geschlossenen Behältnissen (Säcke, Fässer, ...),
- sofortiges Abdecken mit geeignetem Erdmaterial,
- Abdeckung mit Kunststofffolien,
- Minimierung offener Müllflächen durch Zwischen- oder Endabdeckungen,
- Reduktion der Windgeschwindigkeit in Bodennähe im Bereich der Einbaustelle oder allgemein an winderosionsgefährdeten Stellen durch Windschutzpflanzungen, Dämme u. ä.

3.5.3.2 Spezifische Anforderungen zur Emissionsminderung an Deponien, in denen Asbest deponiert wird

Gemäß LAGA-Vollzugshilfe M23 [22] sind insbesondere folgende Anforderungen zur Emissionsminderung bzw. -minimierung beim Umgang mit asbesthaltigen Abfällen einzuhalten:

- Angelieferte asbesthaltige Abfälle müssen so verpackt sein, dass beim Entladen und beim Einbau der Abfälle keine Asbestfasern freigesetzt werden.
- Vorsichtiges Abladen auf der Deponie (kein Werfen, Schütten oder Abkippen).

- Abdecken der asbesthaltigen Abfälle mit geeignetem Material vor jeder Verdichtung oder Befahrung
 - Asbesthaltiger Abfall darf beim Überfahren und Verdichten die Abdeckung nicht durchdringen (je nach Überfahrgerät mind. 25 cm).
 - Das Abdeckmaterial ist in ausreichender Menge vorzuhalten und darf nicht spitz oder scharfkantig sein (Aufreißen von BigBags verhindern)
 - Wöchentliche Abdeckung von verpackt angelieferten Abfällen, arbeitstäglich Abdeckung von nicht ausreichend verpackten Abfällen
- Einbau der Abfälle auf möglichst kleiner Fläche und hohlraumarm.
- Ggf. Vorbereitung von großformatigen Rohre und Schächte aus dem Tiefbau für den Einbau vor dem Abtransport von der Anfallstelle.
- Keine Zerkleinerung von großformatigen Asbestzement- und Leichtbauplatten vor der Ablagerung.

3.5.4 Emissionsbegrenzungen für KMF und Asbest

Emissionsbegrenzungen für biopersistente Fasern sind in Nr. 5.2.7.1.1 TA Luft geregelt:

„Fasern

Die Emissionen der nachstehend genannten krebserzeugenden faserförmigen Stoffe im Abgas dürfen die nachfolgend angegebenen Faserstaubkonzentrationen nicht überschreiten:

— *Asbestfasern 1×10^4 Fasern/m³ (z.B. Chrysotil, Krokydolith, Amosit),*

— *biopersistente Keramikfasern $1,5 \times 10^4$ Fasern/m³ (z.B. aus Aluminiumsilicat, Aluminiumoxid, Siliciumcarbid, Kaliumtitanat), soweit sie unter „künstliche kristalline Keramikfasern“ gemäß Nummer 2.3 der TRGS 905 oder unter den Eintrag „keramische Mineralfasern“ des Anhangs I der Richtlinie 67/548/EWG (entsprechend § 4a Abs. 1 GefStoffV) fallen,*

— *biopersistente Mineralfasern 5×10^4 Fasern/m³, soweit sie den Kriterien für „anorganische Faserstäube (außer Asbest)“ der Nummer 2.3 der TRGS 905 oder für „biopersistente Fasern“ nach Anhang IV Nummer 22 der GefStoffV entsprechen.*

Bei unterschiedlichen Kriterien von TRGS und GefStoffV sind die strengeren Kriterien zugrunde zu legen.“

Demnach darf an gefassten Quellen/Kaminen (z. B. bei Abfallbehandlungsanlagen) die Konzentration an biopersistenten Mineralfasern (KMF) eine Konzentration von 5×10^4 F/m³ und diejenige von Asbestfasern 1×10^4 Fasern/m³ im gefassten Abgas nicht überschreiten.

Für diffuse Emissionsquellen, also Emissionsquellen, die nicht gemäß den Anforderungen der Nr. 5.5 TA Luft betrieben werden, wie z. B. Deponien, bestehen keine Emissionsbegrenzungen.

Zur Vermeidung von Emissionen können, wegen der ähnlichen Freisetzungsmechanismen die Anforderungen der Nr. 5.2.3 TA Luft „Staubförmige Emissionen bei Umschlag, Lagerung oder Bearbeitung von festen Stoffen“ auch für Faseremissionen herangezogen werden.

In der Anpassung der TA Luft i. d. F. des Referentenentwurfs vom 09.09.2016 sind ähnliche Grenzwerte, aber weiter gefasste und aktualisierte Definitionen der faserförmigen Stoffe zu finden:

„Fasern

Die Emissionen der nachstehend genannten karzinogenen faserförmigen Stoffe im Abgas dürfen die nachfolgend angegebenen Faserstaubkonzentrationen nicht überschreiten:

- Asbestfasern 1,0 x 10⁴ Fasern/m³
im Sinne der Artikels 2 der Richtlinie 2009/148/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch Asbest am Arbeitsplatz (ABl. L 330 vom 16.12.2009, S. 28) als Silikate mit Faserstruktur (z.B. Aktinolith, CAS-Nr. 77536-66-4; Amosit, CAS-Nr. 12172-73-5; Anthophyllit, CAS-Nr. 77536-67-5; Chrysotil, CAS-Nr. 12001-29-5; Krokydolith, CAS-Nr. 12001-28-4; Tremolit, CAS-Nr. 77536-68-6),
- biopersistente anorganische Faserstäube, die gemäß Nummer 2.3 der TRGS 905 als karzinogen anzusehen sind (z. B. Attapulgit, Dawsonit und künstlich hergestellte anorganische einkristalline Fasern [Whisker] aus Aluminiumoxid, Siliziumkarbid und Kaliumtitanaten oder Aluminiumsilikatwolle/Hochtemperaturglaswolle entsprechend Index Nummer 650-017-00-8 „Refractory Ceramic Fibres im Anhang VI Teil 3 Tabelle 3.1 der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008). 1,5 x 10⁴ Fasern/m³

Bei unterschiedlichen Einstufungen der TRGS 905, der TRGS 906 und des Anhangs VI der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 ist die strengere Einstufung zugrunde zu legen.“

3.5.5 Immissionsbegrenzungen für KMF und Asbest

3.5.5.1 Allgemeines

Für Immissionen von Asbestfasern oder KMF sind in der TA Luft sowie in den gesetzlichen Vorschriften zum Immissionsschutz keine Immissionswerte definiert.

In solchen Fällen ist eine Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft durchzuführen.

3.5.5.2 Immissionsbegrenzungen für Asbest-Fasern im Jahresmittel

Gemäß LAI-Papier [15] wird für Asbest für eine Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 TA Luft ein Beurteilungswert von 220 F/m³ bei einem Risiko von 4,4 x 10⁻⁵ bzw. von 2 x 10⁻⁵ pro 100 F/m³ für die Langzeitexposition empfohlen. Ferner wird

gemäß LAI eine Hintergrundbelastung von 88 F/m³ als Jahresmittel für Nordrhein-Westfalen und Bayern genannt. Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) zitiert eine Hintergrundbelastung von 100 bis 150 F/m³ [26].

Zur Beurteilung der Asbestimmissionen werden der Immissions-Jahreswert des LAI von 220 F/m³ sowie eine Irrelevanzschwelle von 3,0 % dieses Wertes, entsprechend 6,6 F/m³, herangezogen.

Der oben genannte Immissionswert für Asbest scheint auch sinnvoll, weil er mit einschlägigen Immissionswerten für Innenräume näherungsweise übereinstimmt.

Für die Bewertung von Asbestfaserkonzentrationen in der Luft von Innenräumen existiert ein Richtwert des ehemaligen BGA (Bundesgesundheitsamtes). Dieser Richtwert liegt „deutlich unter 1.000 Asbestfasern/m³ Luft“.

Entsprechend der Vorgaben der Asbestrichtlinie bzw. TRGS 519 ist in Bereichen, in denen saniert wurde, ein Asbestfasergrenzwert von 500 Asbestfasern/m³ Luft nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen festgelegt. Weiterhin sollte ein statistisch errechneter Vertrauensbereich bzw. Erwartungsbereich von maximal 1.000 Asbestfasern/m³ Luft nicht überschritten werden. Beim Vertrauens- bzw. Erwartungsbereich handelt es sich um eine statistische Größe, die dazu dient, bei Messungen, bei denen keine oder wenige Fasern gefunden werden, keine Minderbefunde auszuweisen.

3.5.5.3 Immissionsbegrenzungen für KMF-Fasern im Jahresmittel

Alternativ ist den Vorgaben des LAI folgend die Ableitung eines Beurteilungswertes aus Arbeitsplatzgrenzwerten möglich (vgl. LAI-Papier [15]).

Der LAI schlägt vor, Beurteilungswerte als 1/100 des AGW zu definieren. Hier ergeben sich bei Faserkonzentrationen von 50.000 bis 250.000 F/m³ Beurteilungswerte von 500 bis 2.500 F/m³ (entsprechend TRGS 521 [23]).

Zur Beurteilung der KMF-Immissionen werden daher ein Beurteilungswert von 500 F/m³ sowie eine Irrelevanzschwelle von 3,0 % dieses Wertes, entsprechend 15 F/m³, angenommen.

3.5.5.4 Immissionsbegrenzungen für KMF und Asbest-Fasern als Spitzenkonzentration

In den TRGS 519 und TRGS 521 werden Arbeitsplatzgrenzwerte von 10.000 F/m³ (Asbest) und 50.000 F/m³ (KMF) genannt, bei denen eine karzinogene Wirkung bei dauerhafter Exposition noch nicht ausgeschlossen werden kann. Diese Werte erscheinen daher zur Beurteilung von Spitzenkonzentrationen, etwa als maximal zulässiges Stunden- oder Halbstundenmittel, neben der Beurteilung des Jahresmittelwertes, als geeignetes Kriterium, um ein erhöhtes Risiko durch KMF und Asbestfasern zu begrenzen.

3.6 Einfluss der Abfallart und der Anlagentechnik auf Art und Höhe der Emissionen

Einfluss auf die Art und Höhe der Emissionen einer Deponie nehmen sowohl Abfallart als auch Anlagentechnik.

Generell ist die Schadstoffkonzentration bereits durch die Einstufung der Abfälle nach AVV sowie den Nachweis der Eignung zur Deponierung durch Einhaltung der Kriterien nach DK I eingegrenzt.

Die potentiellen Emissionen werden, wie dies auch in der VDI-Richtlinie 3790 Blatt 3 dokumentiert ist, darüber hinaus über Staubungsneigung eines Stoffes (Abfalles), seine Dichte und die Korngrößenverteilung/Dichte, ausgedrückt als Windabtrag, bestimmt.

Technisch bestimmend für die Höhe der Emissionen sind die Förder- und Abwurfverfahren (Kontinuierlich, diskontinuierlich), die Abwurfhöhe und die Masse je Abwurf.

Für die Geruchs- und Deponiegasemissionen ist in der Regel der Organikanteil bestimmend für die Emissionshöhe.

Die Emissionen aus Fahrwegen sind durch die Ausgestaltung der Fahrwege (befestigt, unbefestigt), die Staubbelastung und die Reinigungszyklen beeinflussbar. Zudem können die Fahrwege bewässert sowie die Reifen- und Fahrzeuge gereinigt werden, um die Emissionen zu minimieren.

Motorische Emissionen sind in der Regel mit dem Baujahr des Motors korreliert. Je neuer, desto niedriger sind die Emissionen bzw. die spezifischen Emissionsfaktoren. Dies wird, z. B. bei Baumaßnahmen, durch den Bescheid festgelegt.

3.7 Tabellarischer Überblick über die potentiellen Emissionen und die Art der Emissionsquellen

Die mit dem Bau, Betrieb und bei Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs einhergehenden potentiellen Emissionskomponenten, die möglichen Emissionsquellen, die Stoffeigenschaften, die Höhe der Emissionen, die Art der Quelle (im Ausbreitungsmodell), die Emissionsdauer und die für die Ausbreitungsrechnung relevanten Stoffeigenschaften sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 13. Überblick über die potentiellen Emissionsquellen einer Deponie

Komponente	mögliche Quellen	Stoffe	Höhe der Emissionen	Art der Quelle im Ausbreitungsmodell	Emissionsdauer	Stoffeigenschaften
Staub	Abwehung (insbesondere von noch nicht verfestigten und abgedeckten Einbaubereichen)	PM-1, PM-2 und PM-U in variablen Zusammensetzungen	vernachlässigbar bis wenige g/(m ² ·d)	Flächen- oder Volumenquelle ohne Abluffahrnen-überhöhung	An Windgeschwindigkeit gekoppelt, Umsetzung als Zeitreihe	Deposition und Sedimentation entsprechend der Korngrößenverteilung und den korrespondierenden Vorgaben der TA Luft, ggf. zukünftig auch Auswaschung nach VDI 3782 Blatt 5 zu berücksichtigen
	Umschlag	PM-1, PM-2 und PM-U in variablen Zusammensetzungen	i. d. R. wenige Gramm je Tonne	Flächen- oder Volumenquelle ohne Abluffahrnen-überhöhung	An Umschlagvorgänge gekoppelt, Umsetzung i. d. R. als Zeitreihe	
	Fahrverkehr, Motor	i. d. R. PM1	Lkw i. d. R. < 0,1 g/km, je nach Euro Stufe; Radlader o.ä.: i. d. R. < 0,5 bzw. < 0,1 g/kWh; je nach Stufe 97/66/EG	Linien-, Flächen- oder Volumenquelle ohne Abluffahrnen-überhöhung	An Fahrverkehr gekoppelt, Umsetzung i. d. R. als Zeitreihe (Mittelung über Betriebsstunden)	
Stickstoffoxide (und andere Verbrennungsgase)	Fahrverkehr, Abrieb und Aufwirbelung	PM1, PM2 und PM3 in variablen Zusammensetzungen	1,2 g/km (öffentliche Straße) bis 10 g/m (staubbelastende innerbetriebliche Straße)	Linien-, Flächen- oder Volumenquelle ohne Abluffahrnen-überhöhung	An Fahrverkehr gekoppelt, Umsetzung i. d. R. als Zeitreihe (Mittelung über Betriebsstunden)	gasförmig ohne Sedimentation und Deposition; zur Ermittlung des Stickstoffeintrages mit Deposition nach VDI 3782 Blatt 5; ggf. zukünftig auch Auswaschung nach VDI 3782 Blatt 5 zu berücksichtigen
	Kfz-Motoren	gasförmig	Lkw i. d. R. < 10 g/km, je nach Euro Stufe; Radlader o.ä.: i. d. R. < 5 g/kWh; je nach Stufe 97/68/EG	Linien-, Flächen- oder Volumenquelle ohne Abluffahrnen-überhöhung	An Fahrverkehr gekoppelt, Umsetzung i. d. R. als Zeitreihe (Mittelung über Betriebsstunden)	
	ggf. Deponiegasmotor	gasförmig	Grenzwerte nach Nr. 5.4.8.1b.1 TA Luft, z. Zt. 0,50 g NO _x /m ³	Punktquelle mit Abluffahrnen-überhöhung	Kontinuierliche Emissionsannahme über das Jahr, auch wenn nicht ständig in Betrieb	
Geruch	offene Oberflächen	gasförmiges Vielkomponenten-gemisch	ehemalig bei Hausmüll 1 - 7 GE/s ¹ täglich angelieferter Müll; heute i. d. R. bei Deponiekörpern bedeutungslos;	Flächen- oder Volumenquelle ohne Abluffahrnen-überhöhung	i. d. R. kontinuierlich	keine Auswaschung, keine Sedimentation und keine Deposition
	Sickerwasser-system	gasförmiges Vielkomponenten-gemisch	in Sickerwassersystemen können, v.a. bedingt durch den Austritt schwerflüchtiger Verbindungen Konzentration im Bereich bis 100.000 GE/m ³ auftreten.	Punktquelle(n) oder kleine Flächenquellen im Bereich der Entlüftungsöffnungen	i. d. R. diskontinuierlich, z. B. durch Luftdruckschwankungen hervorgerufen; daher ggf. Zeitreihe mit Zufallsverteilung; theoretisch denkbar, aber nicht praxisepröb; Kopplung an Meteorologie über Luftdruckdaten denkbar	

Tabelle 14. Überblick über die potentiellen Emissionsquellen einer Deponie (Fortsetzung)

Komponente	mögliche Quellen	Stoffeigenschaften	Höhe der Emissionen	Art der Quelle im Ausbreitungsmodell	Emissionsdauer	Stoffeigenschaften
Asbesfasern	Austritt durch undichte Verpackungen im Regelbetrieb	typischerweise PM1	ca. $2,5 \times 10^3$ Fasern je Big Bag	Volumenquelle ohne Abluffähmen-überhöhung	An Einbaudauer gekoppelt; Umsetzung i. d. R. als Zeitreihe	Deposition und Sedimentation entsprechend der Korngrößenverteilung und den korrespondierenden Vorgaben der TA Luft, ggf. zukünftig auch Auswaschung nach VDI 3782 Blatt 5 zu berücksichtigen
	möglicher massiver Austritt bei Verpackungsbeschädigung (z. B. bodennahe Volumenquelle),	typischerweise PM1	ca. 10^6 Fasern je Ereignis	Flächen- oder Volumenquelle ohne Abluffähmen-überhöhung	An Einbaudauer gekoppelt; Umsetzung i. d. R. als Zeitreihe; zusätzlich können Spitzenwerte für Einzelsituationen mit Spontanfreisetzung berechnet werden.	Deposition und Sedimentation entsprechend der Korngrößenverteilung und den korrespondierenden Vorgaben der TA Luft, ggf. zukünftig auch Auswaschung nach VDI 3782 Blatt 5 zu berücksichtigen; Zur Ermittlung von Spitzenwerten kann auch gasförmig ohne Sedimentation und Deposition angenommen werden.
KMF	Austritt durch undichte Verpackungen im Regelbetrieb	typischerweise PM1	ca. $2,5 \times 10^3$ Fasern je Big Bag	Volumenquelle ohne Abluffähmen-überhöhung	An Einbaudauer gekoppelt; Umsetzung i. d. R. als Zeitreihe	Deposition und Sedimentation entsprechend der Korngrößenverteilung und den korrespondierenden Vorgaben der TA Luft, ggf. zukünftig auch Auswaschung nach VDI 3782 Blatt 5 zu berücksichtigen.
	möglicher massiver Austritt bei Verpackungsbeschädigung (z. B. bodennahe Volumenquelle),	typischerweise PM1	ca. 10^7 Fasern je Ereignis (wegen größerer Fasern geringere Faseranzahl/Masse)	Flächen- oder Volumenquelle ohne Abluffähmen-überhöhung	An Einbaudauer gekoppelt; Umsetzung i. d. R. als Zeitreihe; zusätzlich können Spitzenwerte für Einzelsituationen mit Spontanfreisetzung berechnet werden.	Deposition und Sedimentation entsprechend der Korngrößenverteilung und den korrespondierenden Vorgaben der TA Luft, ggf. zukünftig auch Auswaschung nach VDI 3782 Blatt 5 zu berücksichtigen; Zur Ermittlung von Spitzenwerten kann auch gasförmig ohne Sedimentation und Deposition angenommen werden.

4 Berechnung der Immissionen durch Ausbreitungsrechnung

4.1 Regulärer Betrieb

Nach Ermittlung der Schadstoff- bzw. Geruchsemissionen können die an den Immissionsorten zur erwartenden Schadstoff- bzw. Geruchsimmissionen mit einer Immissionsprognose ermittelt werden. Anforderungen an die Immissionsprognose werden insbesondere in der TA Luft [4], der VDI-Richtlinie 3945 Bl. 3 [27], der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 13 [21] und der GIRL [5] aufgeführt.

Einige wesentliche Punkte der Immissionsprognose sind im Folgenden stichpunktartig aufgeführt:

- Zusammenstellung der erforderlichen Daten bezüglich der für die Fragestellung relevanten Schadstoffemissionen sowie der Austrittsbedingungen.
- Festlegung des Rechengebietes (mindestens Radius um den Standort von 1 km bzw. vom 50fachen der Schornsteinhöhe) und der räumlichen Auflösung.
- Ggf. Digitalisierung der umliegenden Gebäude.
- Verwendung meteorologischer Daten einer geeigneten Wetterstation.
- Soweit erforderlich, Verwendung eines digitalen Geländemodells.
- Aussagen zu möglichen Einflüssen von Kaltluftströmen.
- Durchführung einer Ausbreitungsrechnung gemäß Anhang 3 der TA Luft bzw. VDI-Richtlinie 3945 Bl. 3 und ggf. GIRL mit vorgeschaltetem diagnostischen oder prognostischen Windfeldmodell zur Ermittlung der Zusatzbelastung; soweit erforderlich Berücksichtigung stoffspezifischer Depositionsparameter und rechnerische Berücksichtigung der potentiellen Belästigungswirkung von Gerüchen bei kurzzeitiger Exposition.
- Graphische und tabellarische Auswertung der Zusatzbelastungen im Rechengebiet.
- Ggf. Ermittlung der Vorbelastung.
- Beurteilung der Ergebnisse anhand einschlägiger Beurteilungswerte

4.2 Sonderfallbetrachtung – Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs

Zusätzlich zur Ermittlung von Schadstoffimmissionen im Regelbetrieb kann es erforderlich sein, die immissionsseitige Auswirkung von kurzzeitigen hohen Emissionen zu beurteilen.

Vorliegend wird daher beispielsweise für Asbest eine Sonderfallbetrachtung durchgeführt, in der die kurzzeitig auftretenden maximalen Faserimmissionen, die beim Platzen eines Big Bags an den nächstgelegenen Immissionsorten auftreten können, betrachtet werden.

Die Asbestemissionen bei Platzen eines Big Bags werden gemäß Abschnitt 3.5.2.3.2 mit 1×10^8 Fasern je Big Bag angesetzt.

Dabei wird nicht ein ganzes Jahr, sondern nur ein kurzer Zeitabschnitt betrachtet. Vorliegend erfolgt die Freisetzung der Asbestfasern beim Platzen eines Big Bags

innerhalb einer Sekunde und es werden die Faserimmissionen an den Immissionsorten in 10 Sekunden Intervallen für einen Zeitraum von 60 Minuten nach der Freisetzung ausgewertet.

Als Meteorologie wird hierbei nicht eine meteorologische Zeitreihe mit dem stündlichen Verlauf von Windgeschwindigkeit und –richtung sowie der Ausbreitungsklassen für ein Jahr verwendet, sondern die ungünstigste und eine durchschnittliche Ausbreitungssituation zugrunde gelegt.

Im Detail wurden folgende meteorologischen Parameter zugrunde gelegt:

- Ungünstigstes Szenario: Windgeschwindigkeit 1 m/s, stabile Ausbreitungsklasse (I)
- Durchschnittliches Szenario: Windgeschwindigkeit 2,5 m/s, neutrale Ausbreitungsklasse (III/1)

Asbestfasern werden konservativ als Gas ohne Deposition und Sedimentation angesetzt.

Das Aufplatzen eines Big Bags wird im Modell über eine Volumenquelle mit 3x3x3 m abgebildet.

Die betrachtete Windrichtung wurde dabei so gewählt, dass die Fasern in Richtung der Immissionsorte verfrachtet werden.

Dabei wird mit ebenem Gelände, ohne Gebäude und mit vier verschiedenen Rauigkeitslängen gerechnet. Es werden Immissionsorte in Entfernungen zwischen 100 m und 1.000 m betrachtet.

Die Rauigkeitslänge beschreibt dabei die Bodenrauigkeit des Geländes. Sie ist nach Tabelle 14 aus den Landnutzungsklassen des CORINE-Katasters zu bestimmen (vgl. Anhang 3 der TA Luft [4])

Die Berechnungen wurden mit LASAT in der Version 3.3.48 [28] durchgeführt. Das Programm entspricht den Anforderungen der TA Luft (Anhang 3) sowie der VDI Richtlinie 3945 Blatt 3 [27].

Aus den Ergebnissen (Faseranzahl an den Immissionsorten in 10 Sekunden Intervallen) wurde der maximale Halbstundenmittelwert berechnet.

Die Ergebnisse geben einen Anhaltspunkt für die maximal zu erwartenden Asbestfaserimmissionen im Halbstundenmittel beim Platzen eines BigBags bei unterschiedlichen Bodenrauigkeiten des Geländes und unterschiedlichen Entfernung des Immissionsortes.

Die Ergebnisse sind für extrem ungünstige (Tabelle 15) sowie für mittlere meteorologische Ausbreitungsbedingungen (Tabelle 16) dargestellt.

Dabei ist zu beachten, dass die bei einem solchen Ereignis tatsächlich zu erwartenden Faserimmissionen, je nach konkreten örtlichen und meteorologischen Bedingungen im Einzelfall, stark von den in Tabelle 15 und Tabelle 16 aufgeführten Werten abweichen können.

Tabelle 15. Prognostizierte Faseranzahl (Halbstundenmittel) am Immissionsort in Abhängigkeit der Rauigkeitslänge und der Entfernung des Immissionsortes – ungünstigstes Szenario

		Entfernung Immissionsort [m]									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000
Rauigkeitslänge [m]	0,1	1.184	676	478	357	297	252	217	188	167	151
	0,2	832	434	295	218	174	147	127	109	96	86
	0,5	334	166	110	79	63	53	46	39	34	30
	1,0	102	51	34	24	20	17	14	12	11	10

Tabelle 16. Prognostizierte Faseranzahl (Halbstundenmittel) am Immissionsort in Abhängigkeit der Rauigkeitslänge und der Entfernung des Immissionsortes – durchschnittliches Szenario

		Entfernung Immissionsort [m]									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000
Rauigkeitslänge [m]	0,1	138	59	34	21	15	12	10	8	6	6
	0,2	121	49	27	17	12	10	7	6	5	4
	0,5	59	25	14	9	7	5	4	3	3	2
	1,0	21	9	6	4	3	2	2	2	1	1

5 Standortfaktoren

5.1 Allgemeines

Durch den Deponiebetrieb können die einzelnen Schutzgüter nach BImSchG [29] bzw. UVPG [30] beeinflusst werden. Beispiele für solche Beeinflussungen sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 17. Potentielle Beeinflussung der Umwelt durch den Deponiebetrieb.

Schutzgut	Beeinflussung
Klima und Luft	- Belastung der Luft durch humantoxikologische relevante Schadstoffe - Veränderung von Eigenschaften oder Ausprägung des Lokalklimas
Boden	- Nutzung von Grund und Boden für Wohn- und Gewerbe sowie Freizeitgestaltung - Beeinträchtigung der Nutzbarkeit von Böden für kleingärtnerische und landwirtschaftliche Zwecke
Wasser	- Beeinträchtigung der Nutzbarkeit und Verfügbarkeit von Wasser als Lebensmittel sowie von Wasser für hygienische, landwirtschaftliche, technische und Erholungszwecke
Pflanzen und Tiere	- Beeinträchtigung der Fähigkeit von Organismen zur Bindung, Filterung bzw. zum Abbau von Schadstoffen - Schadstoffanreicherung in Organismen und damit Eintrag von Schadstoffen in die Nahrungskette - Verringerung von land- und forstwirtschaftlichen Erträgen
Landschaft	- Beeinflussung der Qualität von Erholungsgebieten - Änderung der Landschaft an sich und einzelner Landschaftselemente und dadurch Beeinflussung des subjektiven ästhetischen Empfindens der Landschaft
Kultur- und Sachgüter	- Beeinträchtigungen von Kultur- und Sachgütern durch Luftverunreinigungen oder Erschütterungen

Bei der Ermittlung der potentiellen Beeinflussungen der oben genannten Schutzgüter durch den Deponiebetrieb haben die örtlichen Verhältnisse am Standort und in dessen Umgebung sowie die Meteorologie einen entscheidenden Einfluss. Diese Einflussgrößen werden nachfolgend beschrieben.

5.2 Örtliche Verhältnisse

5.2.1 Allgemeines

Die örtlichen Verhältnisse am Deponiestandort und in dessen Umgebung bestimmen sowohl das Freisetzungs- und Ausbreitungsverhalten der emittierten Stoffe als auch die Bewertung der Immissionen. Es müssen daher die Anforderungen nach TA Luft Anhang 3 sowie nach der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 13, Abschnitte 4.2 und 4.9 berücksichtigt werden.

Hierfür gelten folgende Anforderungen:

- Ortsbesichtigung dokumentieren
- Umgebungskarte einfügen

- Geländestruktur (Orografie) beschreiben
- Nutzungsstruktur beschreiben (mit eventuellen Besonderheiten)
- Maßgebliche Immissionsorte identifizieren nach Schutzgütern (z. B. Mensch, Vegetation, Boden)
- Prüfung auf vorhandene oder geplante Bebauung im Abstand von der Quelle kleiner als das Sechsfache der Gebäudehöhe, daraus die Notwendigkeit zur Berücksichtigung von Gebäudeeinflüssen ableiten
- Bei Berücksichtigung von Bebauung: Vorgehensweise detailliert dokumentieren
- Bei Verwendung eines Windfeldmodells: Lage der Rechengitter und aufgerasterte Gebäudegrundflächen darstellen
- Bei nicht ebenem Gelände: Geländesteigung und Höhendifferenzen zum Emissionsort prüfen und dokumentieren
- Aus Geländesteigung und Höhendifferenzen Notwendigkeit zur Berücksichtigung von Geländeunebenheiten ableiten
- Bei Berücksichtigung von Geländeunebenheiten: Vorgehensweise detailliert beschreiben

Im Hinblick auf die potentiellen Beeinträchtigungen, insbesondere durch die hier betrachteten Luftschadstoffe (u. a. Staub, Asbestfasern), wirken sich die Standortkriterien wie folgt aus:

5.2.2 Ausformung des Deponiekörpers als Hügeldeponie oder als Grubenverfüllung

Die Verfüllung einer vorhandenen topografischen Senke oder eines eingetieften Bereichs (z. B. im Rahmen einer Steinbruchverfüllung) findet in einem Bereich mit reduzierter Windgeschwindigkeit statt, so dass dort mit verminderten Emissionen aufgrund von Abwehungen zu rechnen ist. Die Ausbreitung sowie die Deposition von gröberem Staub werden innerhalb des eingetieften Bereichs deutlich verändert sein (längere Verweildauer der Stoffe und erhöhte Deposition, geringere Emission in den ungestörten Bereich außerhalb der Deponie).

Die Emissionen durch Abwehung auf einer Hügeldeponie werden wegen der Strömungsbeschleunigung über dem Hügel erhöht. Der Deponiekörper wirkt jedoch aufgrund der erhöhten Windgeschwindigkeit über der Deponiefläche auch verdünnend durch zusätzliche Turbulenz. Die Umströmung des Hügels kann in der näheren Umgebung zu Umlenkungseffekten und zu räumlich modifizierter Ausbreitung führen.

Je nach Lage der maßgeblichen Emissionsquellen auf dem Deponiekörper ergeben sich entsprechend der vor genannten Ausführungen günstige oder ungünstige Freisetzungsbedingungen.

Die Ausformung des Deponiekörpers beeinflusst die Wahl des geeigneten Windfeldmodells. Bei einer weitestgehend ebenen Flächenverfüllung oder einer Hügeldeponie mit geringer Hangneigung kann ein diagnostisches Windfeldmodell nach TA Luft verwendet werden. Starke Hangneigungen oder die Verfüllung einer Grube erfordern

die Prüfung der Anwendbarkeit des diagnostischen Windfeldmodells und ggf. die Verwendung eines komplexeren Modelltyps (prognostisches Windfeldmodell).

5.2.3 Bebauungsstrukturen auf dem Deponiekörper

Durch Bebauungsstrukturen auf dem Deponiekörper sind nur geringfügige Auswirkungen auf die Ausbreitungen zu erwarten, da im Bereich der relevanten Emissionsquellen (Einbaubereich) meist keine Bebauung vorhanden ist.

5.2.4 Lage der Deponie im Bereich von Kaltluftabflüssen

Durch Kaltluftabflüsse werden Schadstoffe bei entsprechender Wetterlage immer auf dem gleichen Transportpfad (Klingen, Täler etc.) transportiert und wegen der stabilen Schichtungsverhältnisse auch nur wenig verdünnt. Daher ist eine Lage der Deponie in einer Kaltluftbahn ungünstig.

Da Deponien meist nur tagsüber bzw. i.d.R. nur wenig zeitlich überlappend nachts bei Kaltluftabflusssituationen betrieben werden, kann die Verfrachtung von Emissionen im Hinblick auf Jahresimmissionskenngrößen, die aus Fahrbewegungen und dem Umschlag der Abfälle resultieren, mit Kaltluftabflüssen meist vernachlässigt werden. Bei Kurzzeitereignissen ist während Kaltluftabflusssituationen mit den höchsten Zusatzbelastungen zu rechnen, wenn die Emissionen mit der Kaltluft in Richtung des jeweils exponierten Schutzgutes transportiert werden.

5.2.5 Lage der Deponie in einem Tal

Bei Lage einer Deponie in einem Talsystem mit markanter Geländegliederung, in dem sich bei bestimmten Wetterlagen ein tagesperiodisches Windsystem ausbilden kann (Berg- Talwindsystem) sind sowohl günstige Auswirkungen (Talwind wirkt tagsüber, wenn emittiert wird, verdünnend) als auch ungünstige (wenn Bergwind (Kaltluftabfluss) nachts und in den frühen Morgenstunden, bei Abschattung auch länger, Richtung empfindlicher Nutzung gerichtet ist, jedoch nur bei zeitlicher Überlappung der Emission) möglich.

5.2.6 Standortumgebung bzgl. sensibler Nutzung (Wohnbebauung, Kindergärten, Krankenhäuser):

Ein ausreichender Abstand der Deponie zu sensibler Nutzung ist vor allem in Hauptwindrichtung positiv zu bewerten. Lage der sensiblen Nutzung außerhalb der Hauptwindrichtung wirkt sich günstig auf das Belastungsniveau aus.

Lage der sensiblen Nutzung innerhalb eines Kaltluftstroms, der von der Deponie her kommt, ist ungünstig. Umgekehrt (Kaltluftstrom von der Bebauung zur Deponie gerichtet) ist die Lage als günstig zu bewerten.

5.2.7 Standortumgebung in Bezug auf die Hintergrundbelastung an Schadstoffen

Die Lage der Deponie in einem nur gering mit Schadstoffen belasteten Umfeld ist günstig, da die Summe aus Vor- und Zusatzbelastung niedrig bleibt. Eine Kumulation

emittierender Betriebe auf oder um die Deponie hat ungünstige Auswirkungen aufgrund der Erhöhung der Vorbelastung.

5.2.8 Standortumgebung im Hinblick auf Pflanzen, Tiere, Gewässer

Die Lage einer Deponie innerhalb eines Bewuchses (Wald, Gehölzstreifen etc.) kann bzgl. der Ausbreitung und Deposition günstig sein durch Filterwirkung (Staub, Stickstoffdeposition), Windgeschwindigkeitsreduktion im Pflanzenbestand und Verminderung von Kaltluftabflusspotential. Die Auswirkungen auf den Pflanzenbestand selbst (empfindliche Ökosysteme) können ungünstig sein. Größere Oberflächengewässer haben eine Leitwirkung auf das Windfeld und können günstig oder ungünstig sein.

5.3 Meteorologische Verhältnisse

5.3.1 Allgemeines

Die meteorologischen Verhältnisse am Deponiestandort beeinflussen maßgeblich die Ausbreitungs- und Immissionsverhältnisse. Bei der Anwendung meteorologischer Daten müssen daher die Anforderungen nach TA Luft Anhang 3 sowie nach der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 13, Abschnitt 4.7 berücksichtigt werden.

Hierfür gelten folgende grundlegende Anforderungen:

- Bei Verwendung übertragener Daten: Stationsname, Höhe über Normalhöhennull (NHN), Anemometerhöhe, Koordinaten und Höhe der verwendeten Anemometerposition über Grund, Messzeitraum angeben,
- Bei Messungen am Standort: Koordinaten und Höhe über Grund, Gerätetyp, Messzeitraum, Datenerfassung und Auswertung beschreiben,
- Bei Messungen am Standort: Karte und Fotos des Standorts vorlegen,
- Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und Windgeschwindigkeitsklassen (Windrose) grafisch darstellen,
- Bei Ausbreitungsklassenstatistik (AKS): Jahresmittel der Windgeschwindigkeit und Häufigkeitsverteilung bezogen auf TA-Luft-Stufen und Anteil der Stunden mit $< 1,0$ m/s angeben,
- Räumliche Repräsentanz der Messungen für Rechengebiet begründen,
- Bei Übertragbarkeitsprüfung: Verfahren angeben und gegebenenfalls beschreiben bzw. externes Gutachten beilegen (Prüfung erfolgt nach den Vorgaben der VDI 3783 Blatt 20),
- Bei AKS: zeitliche Repräsentanz begründen,
- Bei Jahreszeitreihe: Auswahl des Jahres der Zeitreihe begründen,
- Einflüsse von lokalen Windsystemen (Berg-/ Tal-, Land-/ Seewinde, Kaltluftabflüsse) müssen diskutiert werden,
- Bei Vorhandensein wesentlicher Einflüsse von lokalen Windsystemen: Einflüsse berücksichtigen.

Im Hinblick auf die potentiellen Beeinträchtigungen, insbesondere durch die hier betrachteten Luftschadstoffe (Staub, Asbestfasern), wirken sich die Meteorologiekriterien wie folgt aus:

5.3.2 Mittlere Windgeschwindigkeit

Wegen der bodennahen, diffusen Emissionen ergibt sich eine umgekehrt proportionale Abhängigkeit der Immission von der Windgeschwindigkeit. Je höher die mittlere Windgeschwindigkeit, umso niedriger die Immissionszusatzbelastung durch die Emissionen der Deponie.

5.3.3 Windrichtungsverteilung

Die Windrichtungsverteilung beeinflusst die Häufigkeit, mit der ein Schadstoff in eine bestimmte Richtung verfrachtet wird und damit auch die Höhe der Zusatzbelastung an einem gegebenen Aufpunkt. Je größer die Häufigkeit, umso höher in der Regel die Zusatzbelastung. Jedoch ist hierbei auch die Ausbreitungs- und Windgeschwindigkeitsklassenverteilung zu berücksichtigen.

5.3.4 Ausbreitungsklassenverteilung

Die Ausbreitungsklasse bestimmt die Verdünnung der Schadstoffe während des Transports in der Atmosphäre mit. Stabile Ausbreitungsklassen (Klasse I und II nach TA Luft) wirken sich bei Deponien ungünstig, neutrale (III/1 und III/2) bis labile Klassen (IV und V) günstig aus. Daher kann in einer Nebenwindrichtung mit großer Häufigkeit stabiler Klassen auch eine höhere Zusatzbelastung vorliegen als in gleicher Entfernung in Hauptwindrichtung.

5.3.5 Kaltluftabflüsse

Aufgrund der unterschiedlichen Erwärmung und Abkühlung der Erdoberfläche können sich lokale, thermische Windsysteme bilden. Besonders bedeutsam sind Kaltluftabflüsse, die vorwiegend während windschwacher Hochdruckwetterlagen bei klarem Himmel nach Sonnenuntergang entstehen. Dabei wird die bodennahe Luftschicht durch den Energieverlust der Erdoberfläche gekühlt und fließt in gegliedertem Gelände aufgrund der größeren Dichte zur Umgebungsluft hangabwärts ab.

Kaltluftabflüsse spielen vor allem bei bodennahen Emissionen eine Rolle. Die Verteilung von Emissionen aus höheren Quellen werden dagegen durch Kaltluftabflüsse weniger beeinflusst bzw. erst dann, wenn die Schadstoffe in den Bereich der Kaltluftabflüsse, d. h. in Bodennähe, gelangen. Kaltluftabflüsse im Entstehungsgebiet bzw. im Hangbereich haben i.d.R. nur eine relativ geringe Höhe. Kaltluftströmungen in Tälern, die meist eine Folge der zunächst hangabwärts fließenden und sich in den Tälern sammelnden und weiter in Richtung Talausgang fließenden Kaltluft sind, werden in ihrer vertikalen Mächtigkeit durch die umgebenden Randhöhen begrenzt und können daher auch Kaltfluthöhen von mehreren 100 m erreichen, je nach Ausprägung des Geländes und des Kaltluftpotentials.

Bei Deponien spielen Kaltluftabflüsse hinsichtlich der Ermittlung von Jahreskenngrößen in der Regel nur eine relevante Rolle, wenn Geruchsemissionen, die auch abends oder nachts aus der Deponie auftreten, zu berücksichtigen sind oder, wenn die Deponie auch nach Sonnenuntergang betrieben wird. Da Deponien in der Regel tagsüber betrieben werden, kann die Verfrachtung von Emissionen, die aus Fahrbewegungen und dem Umschlag von Abfällen resultieren mit Kaltluftabflüssen in der Regel ausgeschlossen werden. In stark gegliedertem Gelände, etwa im Mittelgebirgsraum oder im Extremfall in großen Alpentälern, können Kaltluftabflüsse bzw. Kaltluftabflusssysteme bei entsprechender Abschattung außerhalb des Sommerhalbjahres auch nach Sonnenaufgang länger anhalten. Bei sachgerecht erfolgter Anwendung oder Übertragung von meteorologischen Eingangsdaten sollten diese besonderen und dann häufiger auftretenden Ausbreitungsverhältnisse bereits berücksichtigt sein.

Generell können bei Verwendung einer standorttypischen (d. h. für Emissionsort und Transmissionsstrecke repräsentativen) gemessenen Ausbreitungsklassenverteilung (als Zeitreihe AKTerm) Kaltluftabflüsse (soweit am Standort vorhanden) ggf. bereits enthalten sein und in der Ausbreitungsrechnung berücksichtigt werden. Innerhalb von Kaltluftabflüssen ist die Verdünnung der Schadstoffe deutlich ungünstiger als außerhalb, da Kaltluftabflüsse eine stabile Schichtung (Ausbreitungsklasse I und II) aufweisen.

Sofern Kaltluft als relevant für die Ausbreitung angesehen wird und noch nicht in den Eingangsdaten enthalten ist, ist eine gesonderte Berücksichtigung von Kaltluftabflüssen erforderlich.

5.3.6 Niederschlag

Die Niederschlagsverhältnisse bestimmen sowohl das Emissionsverhalten für Stäube und Fasern (Reduktion der Emission bei Regen) als auch die Deposition während der Ausbreitung durch Auswaschung aus der Atmosphäre. Standorte mit hohen Niederschlagssummen sind günstiger zu bewerten.

5.3.7 Rauigkeit des Untergrunds

Die Untergrundverhältnisse mit Bewuchs und Bebauung bestimmen das bodennahe Windfeld in seiner vertikalen Struktur. Hohe Rauigkeit, d.h. hoher Bewuchs, wirkt sich bei bodennahen Quellen günstig aus, da die Schadstoffe vertikal besser vermischt werden. Niedrige Rauigkeit führt in der Regel zu höheren Zusatzbelastungen in der Umgebung.

6 Beurteilungsgrundlagen (Literatur)

Für das Gutachten wurden folgende Unterlagen verwendet:

- [1] VDI-Richtlinie 3790 Blatt 2 „Umweltmeteorologie; Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen: Deponien“, Dezember 2000, inhaltlich überprüft und weiterhin gültig, Januar 2007.
- [2] VDI-Richtlinie 3790 Blatt 2 (Entwurf) „Umweltmeteorologie; Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen: Deponien“, März 2016.
- [3] VDI-Richtlinie 3860 Bl. 3, Messen von Deponiegasen - Messung von Methan an der Deponieoberfläche, Februar 2011.
- [4] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), GMBI Nr. 25-29 S. 511 vom 30. Juli 2002.
- [5] Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI): Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie – GIRL -) in der Fassung vom 29. Februar 2008 und einer Ergänzung vom 10. September 2008 (zweite ergänzte und aktualisierte Fassung)
- [6] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (4. BImSchV) in der aktuellen Fassung.
- [7] VDI Richtlinie 3790 Blatt 1, Umweltmeteorologie - Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen - Grundlagen, Verein Deutscher Ingenieure, Juli 2015
- [8] VDI Richtlinie 3790 Blatt 3, Umweltmeteorologie - Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen - Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern, Verein Deutscher Ingenieure, Januar 2010
- [9] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen) (39. BImSchV) in der aktuellen Fassung
- [10] Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900), Ausgabe Januar 2006, BArBl. Heft 1/2006 S. 41-55, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2016 S. 474 [Nr. 24] (vom 24.06.2016) http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/TRGS-900.pdf?__blob=publicationFile&v=16
- [11] TRGS 504, Tätigkeiten mit Exposition gegenüber A- und E-Staub, Technische Regeln für Gefahrstoffe, Ausgabe: Juni 2016
- [12] Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900) – DepV -, die zuletzt durch Artikel 7 der Verordnung vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973) geändert worden ist.
- [13] Bayerisches Landesamt für Umwelt, Richtwerte für Deponien der DK I und II nach DepV vom 27.04.2009, Stand: 09/2016, https://www.lfu.bayern.de/abfall/merkblaetter_deponie_info/doc/richtwerte_deponien.pdf

- [14] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Abfallanalysendatenbank ABANDA, <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/abfall/abfallbewertung/abfallanalysendatenbank-abanda/>
- [15] LAI – Länderausschuss für Immissionsschutz „Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind, Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und für die Anlagenüberwachung sowie Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe“, September 2004.
- [16] Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA), Version 3.2, UBA Berlin, BUWAL Bern, UBA Wien, Juli 2014.
- [17] Richtlinie 97/68/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln aus Verbrennungsmotoren für mobile Maschinen und Geräte, vom 16.12.1997, zuletzt geändert am 23.11.2011
- [18] BBSR-Bericht Kompakt „Künstliche Mineralfaserdämmstoffe“, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Januar 2011
- [19] Dauderer – Handbuch der Umweltgifte Ausgabe 6/2006, copyright © 1998, 2006 ecomed MEDIZIN, Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm GmbH, vom 20.10.2007
- [20] UmweltWissen – Abfall, Künstliche Mineralfasern, Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), 2017
- [21] VDI-Richtlinie 3783 Bl. 13, Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsprognose - Anlagenbezogener Immissionsschutz – Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft, Januar 2010.
- [22] Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Mitteilung 23, Vollzugshilfe zur Entsorgung asbesthaltiger Abfälle, Juni 2015.
- [23] TRGS 521, Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten mit alter Mineralwolle, Technische Regeln für Gefahrstoffe, Ausgabe: Februar 2008
- [24] TRGS 519, Asbest Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten, Technische Regeln für Gefahrstoffe, Ausgabe: Januar 2007 mit Berichtigung: März 2007.
- [25] TRGS 519, Asbest Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten, Technische Regeln für Gefahrstoffe, Ausgabe: Januar 2014) GMBI 2014 S. 164-201 v. 20.3.2014 [Nr. 8/9] geändert und ergänzt: GMBI 2015 S. 136-137 v. 2.3.2015.
- [26] UmweltWissen – Praxis „Asbest“, Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2012.
- [27] VDI-Richtlinie 3945 Blatt 3, Umweltmeteorologie, Atmosphärische Ausbreitungsmodelle, Partikelmodell, September 2000.

- [28] Programm LASAT, Version 3.3.48, Ingenieurbüro Janicke
- [29] Bundes-Immissionsschutzgesetz - Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (BImSchG) in der aktuellen Fassung
- [30] Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) in der aktuellen Fassung
- [31] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) in der aktuellen Fassung
http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Rechtstexte/pdf/Gefahrstoffverordnung.pdf?__blob=publicationFile&v=12

Anhang: Eingangsdaten für die Immissionsprognose, Sonderfallbetrachtung

(für Rauigkeitslänge z=0,2m)

- Input file created by AUSTAL2000 2.6.11-WI-x

===== param.def

```
.
Ident = "Deponie"
Seed = 11111
Intervall = 00:00:10
Start = 00:00:00
Ende = 01:00:00
Average = 1
Flags = +MAXIMA+MNT
```

===== grid.def

```
.
RefX = 3451662
RefY = 5431649
GGCS = GK
Sk = { 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 18.0 25.0 50.0 100.0 150.0 200.0 300.0 400.0 500.0 600.0 700.0
800.0 1000.0 1200.0 1500.0 }
Nzd = 1
Xmin = -496.0
Ymin = -900.0
Delta = 16.0
Nx = 110
Ny = 110
Ntype = FLAT1D
Rand = 20
```

===== sources.def

```
.
! Nr. | Xq Yq Hq Aq Bq Cq Wq Dq Vq Qq Ts Lw Rh Tt
-----+-----
Q 01 | 0.0 0.0 0.0 3.0 3.0 3.0 1.4 0.0 0.0 0.000 -1.0 0.0000 0.0 0.0
```

===== substances.def

```
.
Name = Faser
Unit = F
Rate = 1000000
Vsed = 0.0000
```

```
-
! Stoff | Vdep Refc Refd
-----+-----
K xx | 0.000e+000 1.000e+002 0.000e+000
```

===== emissions.def

```
.
! SOURCE | Faser.xx
-----+-----
E 01 | ?
```

===== monitor.def

```
.
! Nr. | Xp Yp Hp
-----+-----
M 01 | 100.0 0.0 1.5
```

```

M 02 | 200.0  0.0  1.5
M 03 | 300.0  0.0  1.5
M 04 | 400.0  0.0  1.5
M 05 | 500.0  0.0  1.5
M 06 | 600.0  0.0  1.5
M 07 | 700.0  0.0  1.5
M 08 | 800.0  0.0  1.5
M 09 | 900.0  0.0  1.5
M 10 | 1000.0 0.0  1.5

```

```

-----+-----
=====
= definition of time series ===== variable.def
.
! |   T1   T2   EQ.01.Faser.xx
-----
Z |   00:00:00  00:00:01  1.0e+008
Z |   00:00:01  +inf      0
-----
-----

```

a) Ungünstigstes Szenario:

```

===== wetter.def
.
Version = 2.8
Z0 = 0.200
D0 = 1.200
Xa=-100.0 Ya=0.0 Ha=10
Ua = 1
Ra = 270
Km = 1
-----

```

b) Durchschnittliches Szenario:

```

===== wetter.def
.
Version = 2.8
Z0 = 0.200
D0 = 1.200
Xa=-100.0 Ya=0.0 Ha=10
Ua = 2.5
Ra = 270
Km = 3.1
-----

```