

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Frankfurt
Kleinbahnweg 4
63589 Linsengericht

Telefon +49(6051)6183 0
Telefax +49(6051)6183 11

www.mbbm-ind.com

M.Sc. Robin Weber
Telefon +49(6051)6183 223
robin.weber@mbbm-ind.com

08. März 2024
M174716/03 Version 1 WEBE/MSB

MoReTec
Anlage zur Herstellung von
Pyrolyseöl

Schornsteinhöhenbestimmung
gemäß Nr. 5.5 TA Luft 2021

Bericht Nr. M174716/03

Auftraggeber:	Basell Polyolefine GmbH a LyondellBasell company Brühler Straße 60 50389 Wesseling
Version:	Öffentlich
Bearbeitet von:	M.Sc. Robin Weber Dipl.-Geoökol. Michael Kortner
Berichtsumfang:	Insgesamt 46 Seiten, davon 40 Seiten Textteil, 6 Seiten Anhang

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Frankfurt
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk,
Dr. Alexander Ropertz

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Situation und Aufgabenstellung	6
2 Methodik / Einzelfallbetrachtung	7
3 Örtliche Situation	8
4 Anlagenbeschreibung und Emissionen	12
4.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung	12
4.2 Verfahrenskurzbeschreibung	14
4.3 Emissionsquellen	16
4.4 Emissionsdaten	17
5 Schornsteinhöhenbestimmung	21
5.1 Bestimmung der Schornsteinhöhe gemäß Nr. 5.5.2.1 TA Luft 2021	21
5.2 Bestimmung der Schornsteinhöhe gemäß Nr. 5.5.2.2 TA Luft 2021 (Einzelkamine)	31
5.3 Berücksichtigung von Bebauung und Bewuchs gemäß Nr. 5.5.2.3 (Einzelkamine)	33
5.4 Berücksichtigung von unebenem Gelände gemäß Nr. 5.5.2.3 (Einzelkamine)	35
5.5 Bestimmung der Schornsteinhöhe gemäß Nr. 5.5.2.2 TA Luft 2021 (Kamine Gesamtanlage)	35
6 Einzelfallbetrachtung	36
7 Zusammenfassung Schornsteinhöhen	38
8 Grundlagen des Berichts (Literatur)	39

Zusammenfassung

Die LyondellBasell plant auf ihrem bestehenden Werksgelände in Wesseling die Errichtung und den Betrieb einer neuartigen Pyrolyse-Anlage (MRT-1) zur Umwandlung gemischter Kunststoffe in pyrolytisches Öl und pyrolytisches Gas. Bei einer Produktionskapazität an Pyrolyseöl von 30.000 t/a sollen die Produkte den bestehenden Olefin-Crackern am Standort zur weiteren Verarbeitung zugeführt werden. Prozessbedingtes Pyrolysekoks wird als Abfall betrachtet, bis eine Marktmöglichkeit/Abnehmer gefunden wird. Das Projekt sieht vor, dass das Pyrolysekoks zur weiteren Verwendung/Verarbeitung exportiert/verkauft wird.

Das Vorhaben unter dem Namen „MoReTec“ (*molecular recycling technology*) folgt der Idee einer Verwertung von Kunststoffen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft, die Reststoffe wieder in einen hochrangigen Produktzyklus zurückführt.

Teil des Vorhabens ist zunächst die Errichtung folgender Gebäude, bzw. Anlagenteile:

- Pyrolyse-Anlage MRT-1
- Einsatzstoff-Lager/Silos (Kunststoffgranulat)
- Lagerhaus für weitere Einsatzstoffe
- Leitwarte
- Pyrolyseöl-Lagertanks
- Therm. Oxidationsanlage (TO)
- Umspannstation
- Infrastruktur (Rohrbrücke, Entwässerung, Verkehrsflächen)

und den anschließenden Betrieb der Anlage. Diese nutzt Schnittstellen zu den derzeit verfügbaren Versorgungseinrichtungen sowie sonstige sich ergebende Synergieeffekte innerhalb des Werksgeländes der LyondellBasell.

Die geplante Anlage ist genehmigungsrechtlich wie folgt in der Anlage 1 der 4. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (4. BImSchV) eingeordnet:

Nr. 4.1.1: Anlagen zur Herstellung von Stoffen oder Stoffgruppen durch chemische, biochemische oder biologische Umwandlung in industriellem Umfang [...] zur Herstellung von Kohlenwasserstoffen (lineare oder ringförmige, gesättigte oder ungesättigte, aliphatische oder aromatische)

Die hierzu nachfolgend dokumentierte Schornsteinhöhenbestimmung basiert auf den Anforderungen der Nr. 5.5 TA Luft 2021 sowie der VDI 3783 Blatt 13 zur Qualitätssicherung bei Immissionsprognosen im anlagenbezogenen Immissionsschutz. Schornsteinhöhenbestimmungen gemäß TA Luft unter Anwendung der VDI 3783 Blatt 13 sind Bestandteil des Akkreditierungsumfangs der Müller-BBM Industry Solutions GmbH nach DIN EN ISO/IEC 17025 im Prüfbereich Umweltmeteorologische Gutachten.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Aufgrund der geringen Emissionsmassenströme der Quellen „Process Vents“ wurde, mit Bezug auf Absatz 9 Nr. 5.5.2.1 TA Luft, die Schornsteinhöhe jeweils im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung festgelegt.

Es wurde davon ausgegangen, dass eine Quelle ab einem (maximalen) Q/S-Wert $\leq 1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{h}$ als Emissionsquellen mit geringen Emissionsmassenströmen angesehen werden kann.

TO

Mit den berücksichtigten Randbedingungen und Emissionswerten ergibt sich, bezogen auf den Aufstellungsort (ca. 53 m ü. NN), eine erforderliche Mindestbauhöhe nach TA Luft 2021 von gerundet

$$H = 21 \text{ m über dem Aufstellungsniveau (ca. 53 m ü. NN).}$$

Process Vents

Im Einzelfall auf Grundlage von geringen Emissionsmassenströmen gemäß TA Luft 2021 Nr. 5.5.2.1 Absatz 9 erscheint die Ausführung als Siloaufsatzfilter, mit geringem Abstand vom Dachfirst zulässig.

Salzschmelzbehälter

Im Einzelfall auf Grundlage von geringen Emissionsmassenströmen gemäß TA Luft 2021 Nr. 5.5.2.1 Absatz 9 erscheint die Ausführung als diffuse Quelle zulässig.

Mit diesen Höhen werden bei den oben genannten Randbedingungen die Anforderungen nach Nr. 5.5 TA Luft (2021) eingehalten, ein hinreichend freier Abtransport scheint aus gutachtlicher Sicht unter Verhältnismäßigkeitsgesichtspunkten gegeben



M. Sc. Robin Weber
Telefon +49(6051)6183-223
Projektverantwortliche(r)



Dipl.-Geoökol. Michael Kortner
Telefon +49 (6051) 6183-26
Qualitätssicherung

Dieser Bericht darf nur in seiner Gesamtheit, einschließlich aller Anlagen, vervielfältigt, gezeigt oder veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf der schriftlichen Genehmigung durch Müller-BBM. Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Gegenstände.



Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018
akkreditiertes Prüflaboratorium.
Die Akkreditierung gilt nur für den in der
Urkundenanlage aufgeführten Akkreditierungsumfang.

1 Situation und Aufgabenstellung

Die LyondellBasell plant auf ihrem bestehenden Werksgelände in Wesseling die Errichtung und den Betrieb einer neuartigen Pyrolyse-Anlage (MRT-1) zur Umwandlung gemischter Kunststoffe in pyrolytisches Öl und pyrolytisches Gas. Bei einer Produktionskapazität an Pyrolyseöl von 30.000 t/a sollen die Produkte den bestehenden Olefin-Crackern am Standort zur weiteren Verarbeitung zugeführt werden. Prozessbedingtes Pyrolysekoks wird als Abfall betrachtet, bis eine Marktmöglichkeit/ Abnehmer gefunden wird. Das Projekt sieht vor, dass das Pyrolysekoks zur weiteren Verwendung/Verarbeitung exportiert/verkauft wird.

Das Vorhaben unter dem Namen „MoReTec“ (*molecular recycling technology*) folgt der Idee einer Verwertung von Kunststoffen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft, die Reststoffe wieder in einen hochrangigen Produktzyklus zurückführt.

Teil des Vorhabens ist zunächst die Errichtung folgender Gebäude, bzw. Anlagenteile:

- Pyrolyse-Anlage MRT-1
- Einsatzstoff-Lager/Silos (Kunststoffgranulat)
- Lagerhaus für weitere Einsatzstoffe
- Leitwarte
- Pyrolyseöl-Lagertanks
- Therm. Oxidationsanlage (TO)
- Umspannstation
- Infrastruktur (Rohrbrücke, Entwässerung, Verkehrsflächen)

und den anschließenden Betrieb der Anlage. Diese nutzt Schnittstellen zu den derzeit verfügbaren Versorgungseinrichtungen sowie sonstige sich ergebende Synergieeffekte innerhalb des Werksgeländes der LyondellBasell.

Die geplante Anlage ist genehmigungsrechtlich wie folgt in der Anlage 1 der 4. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (4. BImSchV) eingeordnet:

Nr. 4.1.1 (G/E): Anlagen zur Herstellung von Stoffen oder Stoffgruppen durch chemische, biochemische oder biologische Umwandlung in industriellem Umfang [...] zur Herstellung von Kohlenwasserstoffen (lineare oder ringförmige, gesättigte oder ungesättigte, aliphatische oder aromatische)

Im Rahmen des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens wurde die Müller-BBM Industry Solutions GmbH mit der Bestimmung der erforderlichen Schornsteinhöhe der Quellen nach Nr. 5.5 TA Luft (2021) in Verbindung mit VDI 3783 Blatt 13 beauftragt.

2 Methodik / Einzelfallbetrachtung

Die wesentlichen Anforderungen der TA Luft 2021 [3] sind im Folgenden (auszugsweise) kursiv wiedergegeben.

Abgase sind so abzuleiten, dass ein ungestörter Abtransport mit der freien Luftströmung und eine ausreichende Verdünnung ermöglicht werden. In der Regel ist eine Ableitung über Schornsteine erforderlich, deren Höhe vorbehaltlich besserer Erkenntnisse nach der Nummer 5.5.2 zu bestimmen ist. Die Anforderungen des Anhangs 7 an die Schornsteinhöhe sind gesondert zu betrachten.

Hinweis: Die ggf. bei Geruchsemissionen erforderliche Betrachtung der Anforderungen des Anhangs 7 der TA Luft 2021 ist nicht Gegenstand dieser Schornsteinhöhenbestimmung.

Die Lage und Höhe der Schornsteinmündung soll den Anforderungen der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 (Ausgabe Juli 2017) genügen.

[...]

Darüber hinaus muss die Schornsteinhöhe den Anforderungen der Nummern 5.5.2.2 und 5.5.2.3 genügen. Die so bestimmte Schornsteinhöhe soll vorbehaltlich abweichender Regelungen 250 m nicht überschreiten; ergibt sich eine größere Schornsteinhöhe als 200 m, sollen weitergehende Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung angestrebt werden.

Bei mehreren Schornsteinen der Anlage ist die Einhaltung des S-Wertes gemäß Nummer 5.5.2.2 durch Überlagerung der Konzentrationsfahnen der Schornsteine zu prüfen. Bestehende Schornsteine der Anlage sind bei der Überlagerung mit dem halben Emissionsmassenstrom zu berücksichtigen.

[...]

Die nach Nummer 5.5.2 bestimmte Schornsteinhöhe ist die erforderliche Bauhöhe. Sie darf durch die tatsächliche Bauhöhe um maximal 10 Prozent überschritten werden. In begründeten Fällen kann die zuständige Behörde größere Schornsteinbauhöhen zulassen. Insbesondere ist bei einer Änderungsgenehmigung die weitere Verwendung eines bestehenden Schornsteins zulässig, dessen tatsächliche Bauhöhe die erforderliche Bauhöhe überschreitet [...].

Bei Emissionsquellen mit geringen Emissionsmassenströmen sowie in Fällen, in denen nur innerhalb weniger Stunden aus Sicherheitsgründen Abgase emittiert werden, kann die erforderliche Schornsteinhöhe im Einzelfall festgelegt werden. Dabei sind eine ausreichende Verdünnung und ein ungestörter Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung anzustreben.

Vorliegend wird davon ausgegangen, dass eine Quelle ab einem (maximalen) Q/S-Wert $\leq 1 \times 10^6$ m³/h als Emissionsquellen mit geringen Emissionsmassenströmen angesehen werden kann.

3 Örtliche Situation

Der Standort des geplanten Vorhabens zur Errichtung und zum Betrieb der MRT-1 befindet sich innerhalb des bestehenden, ca. 250 ha großen Werksgeländes der LyondellBasell innerhalb der kommunalen Grenzen der Städte Köln und Wesseling. Zwischen den einzelnen Anlagen verlaufen regelmäßig angeordnete Verkehrsflächen sowie Rohrbrücken zur Versorgung der einzelnen Baufelder. Zwischen den einzelnen Anlagen sind neben Lager- und Werkstattflächen auch ungenutzte Frei- bzw. Grün oder Schotterflächen gelegen, die in Einzelfällen Strauch- oder Baumbestände aufweisen. Insb. im westlichen und südlichen Werksteil befinden sich auch landwirtschaftliche Nutzungen.

Unmittelbar an die Werksgrenzen schließen teils Nutzungen des Handelsgewerbes, sonstige Dienstleistungsbetriebe sowie weitere landwirtschaftliche Nutzungen, vornehmlich Ackerbau, an. Eine Übersicht über die Lage der geplanten MRT-1 innerhalb des Industriegebietes geben die nachfolgenden Abbildungen.

Die nächstgelegenen Wohngebiete umliegender Gemeinden befinden sich in Godorf, (ca. 900 m nordöstlich des Vorhabenstandortes) sowie Wesseling und Berzdorf (ca. 1 km südlich/südwestlich). Etwa 60 m östlich des Pyrolyseöl-Tanklagers und ca. 240 m östlich der MRT-1 verläuft in Nord-Süd-Richtung die Autobahn 555, inkl. der Abfahrt Köln-Godorf (ca. 500 m nordnordöstlich) durch das Industriegebiet. Jenseits sind weitere industrielle Nutzungen, Schienenstränge, großflächige Hafenanlagen und schließlich der Rheinverlauf inkl. bewaldetem Ostufer sowie weiterer landwirtschaftlicher Nutzungen gelegen.

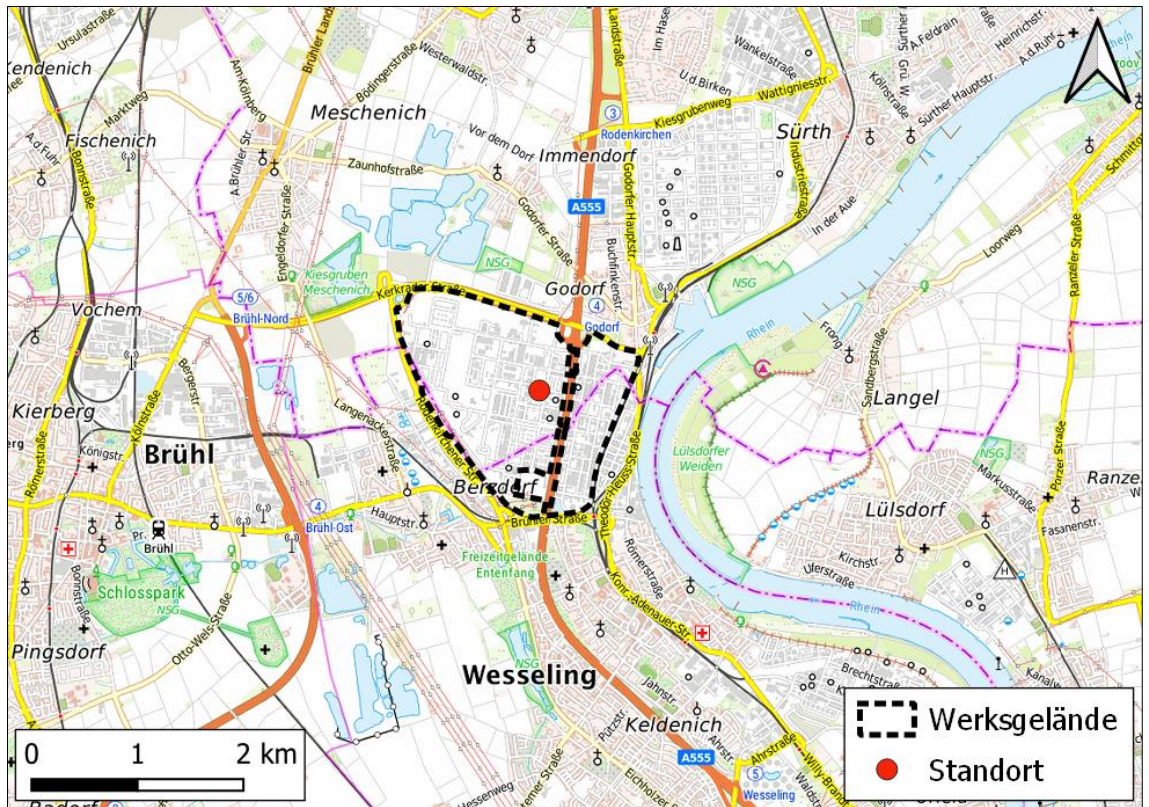


Abbildung 1. Auszug aus der Karte im Bereich der Anlage. Der Standort der Anlage ist rot markiert. Hintergrund: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, TopPlusOpen (2023) [13] [15].

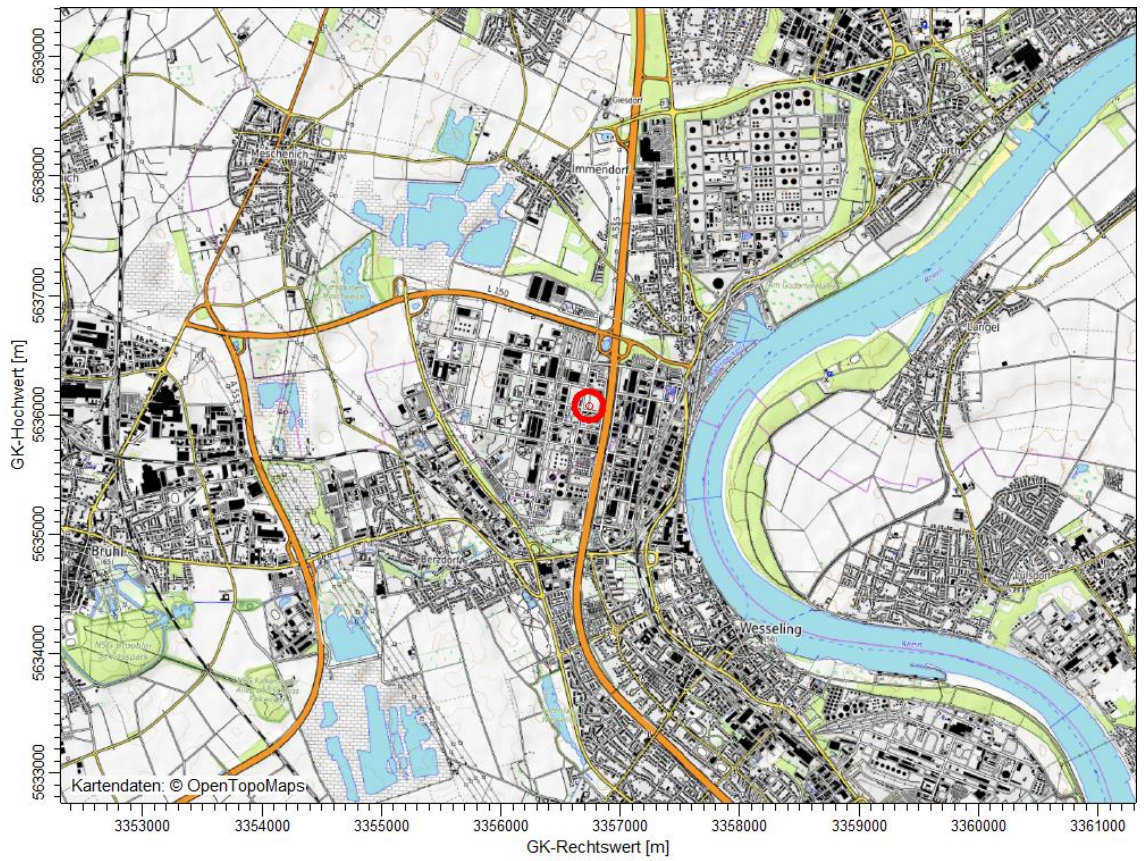


Abbildung 2. Auszug aus der Topographischen Karte im Bereich der Anlage. Der Standort der Anlage ist rot markiert. Kartengrundlage: © OpenTopoMap [12].

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ\174\MM174716\03_BER_1D_ÖFFENTLICH.DOCX:08. 03. 2024

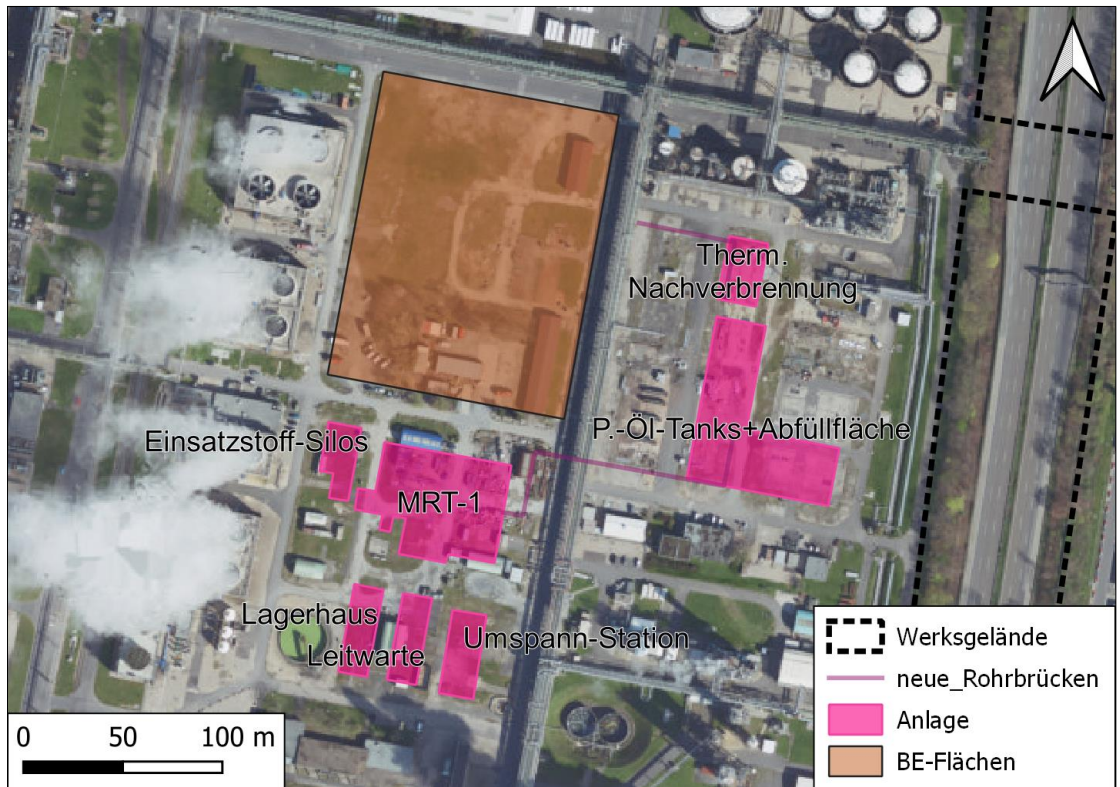


Abbildung 3. Räumliche Lage des Vorhabenstandortes (MRT-1) innerhalb des Industrieareals bei Wesseling im digitalen Orthophoto. Östlich ist der Verlauf der Autobahn 555 erkennbar. Hintergrund: Bezirksregierung Köln (2023) [14].

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ\174\MM174716_03_BER_1D_ÖFFENTLICH.DOCX:08. 03. 2024

4 Anlagenbeschreibung und Emissionen

4.1 Allgemeine Anlagenbeschreibung

Im Gebäude der MRT-1 laufen die Umwandlungsprozesse zur Produktion von ca. 30.000 t/a Pyrolyseöl ab.

Die geplante Anlage besteht aus:

- Pyrolyse-Anlage MRT-1 (Baufeld E354)
- Einsatzstoff-Handling/-Lager/Silos (gemischte Kunststoffgranulate, 4 Silos, Baufeld E355)
- Lagerung/Handling für Co-Produkt Pyrolysekoks (1 Silo, Baufeld E335)
- Therm. Oxidationsanlage (Baufeld D300)
- Pyrolyseöl-Lagertanks (2 x 190 t; Baufeld D304)
- Lagerhaus für weitere Einsatzstoffe (Baufeld E325),
- Leitwarte (Baufeld E345)
- Infrastruktur (Rohrbrücke, Entwässerung, Verkehrsflächen)

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Lage der einzelnen Anlagenteile im Aufstellungsplan und eine Visualisierung der Anlage.

Im Gebäude der MRT-1 laufen die Umwandlungsprozesse zur Produktion von ca. 30.000 t/a Pyrolyseöl ab. Das Gebäude wird eine Höhe von ca. 46 m ü. Grund erreichen. Die thermische Oxidationsanlage, im Folgenden TO (für Thermal Oxidizer) wird im Baufeld D300 errichtet.

Das Einsatzstoff-Lager wird unmittelbar westlich der MRT-1 errichtet und besteht aus 4 einzelnen Silos, von denen 3 für die Lagerung der Eingangsware genutzt werden (3×280 t) und ein Silo zur Mischung der Einsatzstoffe bereitgehalten wird.

Südlich der MRT-1 werden die Leitwarte und das Lagerhaus in Form ein- bis zweistöckiger Gebäude errichtet. Neben diesen beiden Gebäude wird zudem eine neue Umspannstation (modulare Containerbauweise) errichtet, die in das elektrische Netz des Werksgeländes eingebunden wird.

Das Pyrolyseöl-Tanklager wird auf dem Baufeld D304 etwa 100 m östlich der MRT-1 errichtet. Es wird aus zwei doppelwandigen, leckageüberwachten, erdgedeckten zylindrischen Lagertanks (B-8001/B-8002; Druckbehälter) mit einer Lagerkapazität von je ca. 190 t bestehen und über Rohrbrückenverbindungen an die MRT-1 angebunden sein. Westlich anschließend wird ein Abfüllplatz für Tankwagen eingerichtet.

4.2 Verfahrenskurzbeschreibung

Das Ziel der MRT 1 besteht darin, aufbereitete gemischte Kunststoffe aus dem Endverbraucherbereich für die Produktion von Pyrolyseöl zu verarbeiten. Dieser vorbehandelte Einsatzstoff (gemischte Kunststoffe in Form von Agglomeraten oder Pellets) wird dafür einer Pyrolyse unterzogen.

Das im Prozess erzeugte Pyrolyseöl wird in erdgedeckten, doppelwandigen und leckageüberwachten Druckbehältern gelagert und dann entweder an die Dampfcraacker-Einheiten des Standortes als Einsatzmaterial weitergeleitet oder exportiert. Das Nebenprodukt Pyrolysegas wird in die Dampfcraacker-Einheiten zur Rückgewinnung von Kohlenwasserstoffen geleitet. Das Nebenprodukt Pyrolysekoks wird zum derzeitigen Stand als Abfall entsorgt, bis eine Marktmöglichkeit / ein Abnehmer gefunden wird.

Der Einsatzstoff wird per LKW an die MRT 1 geliefert, wo er zunächst in Silos gelagert wird. Vor der Weiterverarbeitung in der Extrudereinheit wird der Einsatzstoff in einem Mischsilo vereinheitlicht und im Nachgang mit den Extrusionsadditiven versetzt. Potenzielle metallische Bestandteile, die noch im Einsatzstoff enthalten sind, werden mit Hilfe eines Metallabscheiders abgetrennt werden. Der Einsatzstoff (inkl. der zugesetzten Extrusionsadditive) wird dann der Extrusion zugeführt, wo es für den anschließenden Einsatz im Pyrolysereaktor vorbereitet wird.

Für die spätere Pyrolysereaktion werden aus einem feststoffförmigen Katalysator und einem Additiv eine Katalysatorsuspension sowie Additivsuspension hergestellt.

Zur Herstellung beider Suspensionen werden der Katalysator bzw. das Additiv in Bigbags an den Standort geliefert.

In der Pyrolyseeinheit werden sowohl der Einsatzstoff aus den Extrudern als auch die Katalysator-/Additivsuspensionen in die Reaktoreinheit geleitet. Die Einsatzstoffschmelze wird bei hoher Temperatur schnell in relativ schwere Verbindungen aufgespalten, die weiter in kleinere Moleküle zerlegt werden. Wenn diese kleineren Moleküle leicht genug sind, um unter den bestehenden Betriebsbedingungen zu siedeln, werden die Dämpfe aus dem Reaktor abgeleitet und teilweise kondensiert. Die verbleibende Reaktorsuspension besteht dann hauptsächlich aus Pyrolyseöl und dem Pyrolysekoks.

Pyrolysekoks entsteht als Nebenprodukt. Dieses wird ausgeschleust aus der Reaktoreinheit und in einen Pyrolysekoksbehälter gefördert, in dem bei hohen Temperaturen und niedrigem Druck die Trocknung des Pyrolysekoks erfolgt. Bei diesem Vorgang werden aus dem Koks verbliebene Kohlenwasserstoffe freigesetzt, die dann in flüssiger Form zur Wiederaufbereitung zurück in die Pyrolyseeinheit geführt werden.

Danach wird das Pyrolysekoks abgekühlt und in einen Lagerbehälter gefördert. Von dort aus wird es in LKW verladen und, wie eingangs bereits erwähnt, zum derzeitigen Zeitpunkt primär der Entsorgung zugeführt.

Der Pyrolysereaktoreinheit ist eine Kondensationseinheit nachgeschaltet. Dort wird der heiße Dampf aus der Pyrolysereaktoreinheit abgekühlt und teilweise kondensiert. Die schwereren Fraktionen, die sich am Boden der Kondensationseinheit sammeln, bilden das Hauptprodukt der Anlage: das Pyrolyseöl.

Die nicht kondensierten leichteren Komponenten des Gasgemischs werden als Pyrolysegas zu den bestehenden Dampfcraacker-Anlagen am Standort geleitet.

Das Pyrolyseöl wird in den Pyrolyseöl-Lagertanks bis zum Einsatz in den Dampfcraackern oder einem möglichen Export zwischengelagert.

Kontinuierlich anfallende Abgase aus dem Anlagenprozess (bspw. aus der Extrudereinheit) werden in einer thermischen Oxidationsanlage behandelt.

Die thermische Oxidation ist ein Verfahren zur Behandlung von Abgasen, bei dem im vorliegenden Fall die brennbaren Anteile (organische Substanzen) und Abgase unter Brenngas- (Methan (hier insbesondere MFM = Methan-Fraktion-Monomere)) und Luftzugabe in einer Brennkammer nahezu vollständig in Kohlendioxid und Wasser umgewandelt. Die Brenngaszugabe ist aufgrund des geringen Kohlenwasserstoffanteils sowie des hohen Stickstoffanteils im Rohgas erforderlich, da ansonsten keine autotherme Verbrennung möglich ist.

Die Verweilzeit und die Temperatur in der Brennkammer werden kontrolliert, um eine vollständige Oxidation zu gewährleisten.

Die Anlage nutzt Schnittstellen zu den derzeit verfügbaren Versorgungseinrichtungen sowie sonstige sich ergebende Synergieeffekte innerhalb des Werksgeländes der Basell Polyolefine GmbH in Wesseling.

4.3 Emissionsquellen

Emissionen von Luftschadstoffen entstehen

- durch den Betrieb der thermischen Oxidationsanlage (TO)
- aus den Salzschnmelzkreisläufen
- den „Process Vents“
- und dem anlagenbezogenen Verkehr.

Es ergeben sich die folgenden (gefassten) Emissionsquellen der Anlage:

Hinweis:

Da aktuell nicht alle Volumenströme bekannt, wir im Sinne einer worst-case Betrachtung davon ausgegangen, dass unbekanntes Volumenströme 600 Nm³/h betragen.

Tabelle 1. Gefasste Emissionsquellen der Anlage.

Prozess / Herkunft	Beschreibung	Betriebszeit	Volumenstrom	Luftschadstoffe
Rohstoffannahme und -lagerung	Abluft Silos Rohstoffannahme und -lagerung	Kont.	n. bek. 600 Nm ³ /h	Staub, ggf. Geruch
Rohstoffannahme und -lagerung	Abluft Rohstoffannahme und -lagerung	Kont.	n. bek. 600 Nm ³ /h	Staub, ggf. Geruch
Pyrolysekoks Lager und Verladung	Abluft Pyrolysekoks Silo	Kont.	600 m ³ /h	Staub (Pyrolysekoks)
Katalysator-Vorbereitung und -Dosierung	Abluft Katalysator	Kont.	17,2 m ³ /h	Staub (Katalysator)
Einsatzstoff- und Additiv-Dosierung	Abluft Extruder und Additive	Kont.	20 m ³ /h	Staub (Additive)
Extrusion	Abluft Extruder Eingang	Kont.	n. bek. 600 Nm ³ /h	Staub (Einsatzstoff & Additive)
Salz-schnmelz-kreislauf	Stickstoff sowie Stoffe aus der Zersetzung der Salze	Kont.	ca. 10 Nm ³ /h je Kreislauf	NO _x
TO	Verbrennungsabgase	Kont.	3.000 Nm ³ /h	Organische Stoffe NO _x CO HF HCl

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ\174\MM174716_03_BER_ID_ÖFFENTLICH.DOCX:08. 03. 2024

4.4 Emissionsdaten

4.4.1 Emissionskonzentrationen

Für die Schornsteinhöhenbestimmung sind nach dem LAI-Merkblatt zur Schornsteinhöhenberechnung (2021) [4] in der Regel Tagesmittelwerte zugrunde zu legen¹.

Thermische Nachverbrennung (Thermal Oxidizer)

Die beantragten Emissionsgrenzwerte für die TO sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 2. Beantragte Emissionsgrenzwerte für den bestimmungsgemäßen Betrieb; TO [10].

Stoff	Emissionsgrenzwert	Fundstelle
Stickstoffoxide (Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid), angegeben als NO ₂	0,10 g/m ³	Nr. 5.2.4 TA Luft 2021
Kohlenmonoxid, CO	0,10 g/m ³	Nr. 5.2.4 TA Luft 2021
Organische Stoffe, angegeben als Gesamtkohlenstoff,	20 mg/m ³	Nr. 5.2.5 TA Luft 2021
Fluor und seinen gasförmigen anorganischen Verbindungen als Fluorwasserstoff ²	3 mg/m ³	Nr. 5.2.4 TA Luft 2021
Anorganische Chlorverbindungen angegeben als Chlorwasserstoff	30 mg/m ³	Nr. 5.2.4 TA Luft 2021
Stoffe der Nr. 5.2.7.1.1 Kl. I (Acetaldehyd)	0,05 mg/m ³	Nr. 5.2.7.1.1, TA Luft 2021
Organ. Stoffe der Nr. 5.2.7.1.1 Kl. II (Benzol) ³	0,5 mg/m ³	Nr. 5.2.7.1.1, TA Luft 2021
Chlor ⁴	3 mg/m ³	Nr. 5.2.4, TA Luft 2021
Formaldehyd	5 mg/m ³	Nr. 5.2.7.1.1, TA Luft 2021

Die jeweiligen Anteile an NO bzw. NO₂ im Abgas wurden auf der Basis von typischen Werten für derartige Feuerungsanlagen zu 25 % NO₂ und 75 % NO angenommen.

-
- ¹ Eine abweichende Vorgehensweise, welche z. B. den Halbstundenmittelwert zur Bestimmung der Schornsteinhöhe zugrunde legt, ist im Einzelfall nicht ausgeschlossen, sie ist jedoch ausführlich zu begründen.
 - ² Im Rohgas sind ca. 0,0003 kg/h Fluor enthalten. Daraus ergibt sich eine realistisch zu erwartende Konzentration im Reingas von ca. 0,1 mg/m³.
 - ³ Im Rohgas sind ca. 0,0003 kg/h Benzol enthalten. Daraus ergibt sich eine realistisch zu erwartende Konzentration im Reingas von ca. 0,1 mg/m³.
 - ⁴ Im Rohgas sind ca. 0,0003 kg/h Chlor enthalten. Daraus ergibt sich eine realistisch zu erwartende Konzentration im Reingas von ca. 0,1 mg/m³.

Entstaubungen

Die beantragten Emissionsgrenzwerte für die Entstaubungsaggregate sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 3. Beantragte Emissionsgrenzwerte für den bestimmungsgemäßen Betrieb; Entstaubungsaggregate [10].

Stoff	Emissionsgrenzwert	Referenz
Gesamtstaub	10 mg/m ³	Nr. 5.2.1 TA Luft 2021

Molten Salt Drum

Tabelle 4. Beantragte Emissionsgrenzwerte für den bestimmungsgemäßen Betrieb; Salzschnmelzkreisläufe.

Stoff	Emissionsgrenzwert	Referenz
Stickstoffoxide (NO und NO ₂), angegeben als NO ₂ (gasförmige anorganische Stoffe der Klasse IV)	1,8 kg/h oder 0,35 g/m ³	Nr. 5.2.4 TA Luft 2021

Die beantragten Emissionswerte für die Salzschnmelzkreisläufe ergeben sich aus einer konservativen Abschätzung der NO_x-Emission. Ausgehend von einem Salzkonsum von 0,4 t/a (je Drum) [10] und einer Salzzusammensetzung von 60 Gew.-% NaNO₃ und 40 Gew.-% KNO₃ ergibt sich ein Stickstoffverlust von 0,06 t_N/a je Kreislauf.

Unter der worst-case Annahme, dass der gesamte Stickstoff als Stickstoffoxid emittiert wird (und nicht etwa, wie zu erwarten, ein Anteil elementarer Stickstoff gebildet wird) ergibt sich mit einer Betriebszeit von ca. 8.760 h/a eine NO_x-Emission von ca. 0,023 kg/h je Kreislauf. Bei drei Salzschnmelzkreisläufen ergibt sich eine Emission von ca. 0,07 kg/h. Die Anteile an NO bzw. NO₂ im Abgas sind nicht bekannt und werden im Sinne einer worst-case Betrachtung zu 100 % NO₂ und 0 % NO angenommen.

4.4.2 Ableitbedingungen

Die Ableitbedingungen (Abgastemperatur, Abgasfeuchte, Abgasvolumenstrom, Innendurchmesser der Schornsteinmündung) können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden.

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ174\MM174716\03_BER_ID_ÖFFENTLICH.DOCX:08. 03. 2024

Tabelle 5. Ableitbedingungen (Abgastemperatur, Abgasvolumenstrom, Innendurchmesser der Schornsteinmündung) der TO [10].

Thermal Oxidizer		
Schornstein		
Schornsteinhöhe nach TA Luft	m	zu ermitteln
Innendurchmesser	m	0,50
Querschnittfläche	m ²	0,20
Abgaskenngrößen im Schornstein		
Austrittsgeschwindigkeit (bei Betriebsbed. und Betriebs-O ₂)	m/s	23,6
Temperatur an der Mündung	°C	650
Wasserdampfgehalt	kg/m ³	0,081
Wasserbeladung	kg/kg _{RG,Tr.}	0,063
Volumenstrom fe., Betriebsbed., mit Kühlungsluft	m ³ /h	16.700
Volumenstrom tr., Betriebsbed., mit Kühlungsluft	m ³ /h	15.200
Volumenstrom fe., Normbed., mit Kühlungsluft	m ³ /h	4.950
Volumenstrom tr., Normbed., mit Kühlungsluft	m ³ /h	4.500
Volumenstrom tr., Normbed., ohne Kühlungsluft	m ³ /h	3.000
Stickstoffoxide		
- NO ₂ -Anteil im Abgas (Erfahrungswerte / Messdaten)	%	25
- max. NO _x -Konzentration (als NO ₂) ¹⁾	g/m ³	0,10
- maximaler NO-Massenstrom	kg/h	0,147
- maximaler NO ₂ -Massenstrom	kg/h	0,075
- maximaler NO _x -Gesamtmassenstrom (als NO ₂)	kg/h	0,300
- maximaler NO ₂ -Massenstrom (mit 60%-Konvention) ²⁾	kg/h	0,210
S-Wert		0,100
Q/S		2,1
- maximaler NO _x -Gesamtmassenstrom (als NO ₂)	kg/h	0,30
Kohlenmonoxid (CO)		
- maximale Konzentration ¹⁾	g/m ³	0,10
S-Wert	mg/m ³	7,5
Q/S	Mio. m ³ /h	0,04
- maximaler Massenstrom	kg/h	0,3
Gesamt C		
- maximale Konzentration ¹⁾	mg/m ³	20
S-Wert	mg/m ³	0,10
Q/S	Mio. m ³ /h	0,60
- maximaler Massenstrom	kg/h	0,06
Formaldehyd		
- maximale Konzentration ¹⁾	mg/m ³	5
S-Wert	mg/m ³	0,025
Q/S	Mio. m ³ /h	0,60
- maximaler Massenstrom	kg/h	0,02
gasf. anorg. Chlorverbindungen als HCl		
- maximale Konzentration ¹⁾	mg/m ³	30
S-Wert	mg/m ³	0,10
Q/S	Mio. m ³ /h	0,90
- maximaler Massenstrom	kg/h	9,00E-02
gasf. anorg. Fluorverbindungen als HF		
- maximale Konzentration ¹⁾	mg/m ³	3
S-Wert	mg/m ³	0,0018
Q/S	Mio. m ³ /h	5,00
- maximaler Massenstrom	kg/h	0,009
Stoffe der Nr. 5.2.7.1.1 Kl. I		
(Acetaldehyd)		
- maximale Konzentration ¹⁾	mg/m ³	0,05
S-Wert	mg/m ³	5,00E-05
Q/S	Mio. m ³ /h	3,0
- maximaler Massenstrom	kg/h	1,50E-04
Stoffe der Nr. 5.2.7.1.1 Kl. II		
(Benzol)		
- maximale Konzentration ¹⁾	mg/m ³	0,5
S-Wert	mg/m ³	0,005
Q/S	Mio. m ³ /h	0,30
- maximaler Massenstrom	kg/h	1,50E-03
Chlor		
- maximale Konzentration ¹⁾	mg/m ³	3,0
S-Wert	mg/m ³	0,09
Q/S	Mio. m ³ /h	0,10
- maximaler Massenstrom	kg/h	9,00E-03

¹⁾ Konzentrationsangaben jeweils bezogen auf trockenes Abgas im Normzustand sowie auf den Bezugssauerstoffgehalt

²⁾ Massenstromberechnung unter Berücksichtigung eines NO₂-Anteils von 25% und eines Umwandlungsgrades von NO zu NO₂ von 60 % (TA Luft Nr. 5.5.2.2)

Tabelle 6. Ableitbedingungen (Abgastemperatur, Abgasvolumenstrom, Innendurchmesser der Schornsteinmündung) der Quellen „Process Vents“ [10].

		Abluft Silo Feedstock Storage & Blending	Abluft Feedstock Hopper	Abluft Char Storage Silo	Abluft solid catalyst hopper	Abluft extrusion additives	Abluft Extruder Eingang
Betriebsart		Vollast	Vollast	Vollast	Vollast	Vollast	Vollast
Äquivalenter Innendurchmesser	m						
Volumenstrom fe., Betriebsbed.	m ³ /h	650	650	650	10	20	650
Volumenstrom tr., Normbed.	m ³ /h	600	600	600	10	20	600
Staub							
- maximale Konzentration ¹⁾	mg/m ³	10	10	10	10	10	10
S-Wert	mg/m ³	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Q/S	10 ⁶ × m ³ /h	0,08	0,08	0,08	0,0013	0,0025	0,08
- maximaler Massenstrom	kg/h	0,006	0,006	0,006	1,00E-04	2,00E-04	0,006

¹⁾ Konzentrationsangaben jeweils bezogen auf trockenes Abgas im Normzustand sowie auf den Bezugssauerstoffgehalt

Für die Salzschmelzbehälter sind die Ableitbedingungen im Detail nicht bekannt.

5 Schornsteinhöhenbestimmung

Die Schornsteinhöhenbestimmung nach TA Luft entfällt für die Quellen „Process Vents“ sowie die Salzschmelzkreisläufe aufgrund geringer Emissionsmassenströme. Die Quellen werden in im Rahmen Einzelfallbetrachtung (siehe Kapitel 6) gesondert betrachtet.

Es wird lediglich die TO nach TA Luft ausgelegt.

5.1 Bestimmung der Schornsteinhöhe gemäß Nr. 5.5.2.1 TA Luft 2021

5.1.1 Allgemeines

Die Lage und Höhe der Schornsteinmündung soll gemäß Nr. 5.5.2.1 der TA Luft 2021 den Anforderungen der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 (Ausgabe Juli 2017) genügen.

Danach soll der Schornstein gemäß Nr. 5.5.2.1 der TA Luft 2021 mindestens

- eine Höhe von 10 m über dem Grund und
- eine den Dachfirst um 3 m überragende Höhe haben.
- die Oberkanten von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen der zum ständigen Aufenthalt von Menschen bestimmten Räume in einem Umkreis von 50 m um 5 m überragen.

Hierbei soll bei einer Dachneigung von weniger als 20 Grad die Höhe des Dachfirstes in der Regel unter Zugrundelegung einer Neigung von 20 Grad berechnet werden; die gebäudebedingte Schornsteinhöhe soll jedoch das Zweifache der Gebäudehöhe nicht überschreiten.

Im vorliegenden Fall liegt ein freistehender Schornstein vor (siehe Abbildung 6). Die Entfernung des Schornsteins zur nächstgelegenen Struktur beträgt dabei ca. 50 m. Die baulich bedingten Anforderungen an die freie Abströmung werden vor diesem Hintergrund auf Basis der VDI 3781 Blatt 4 (2017) ermittelt, die neben unmittelbar an der Quelle gelegenen Gebäuden auch benachbarte Gebäude einbezieht.

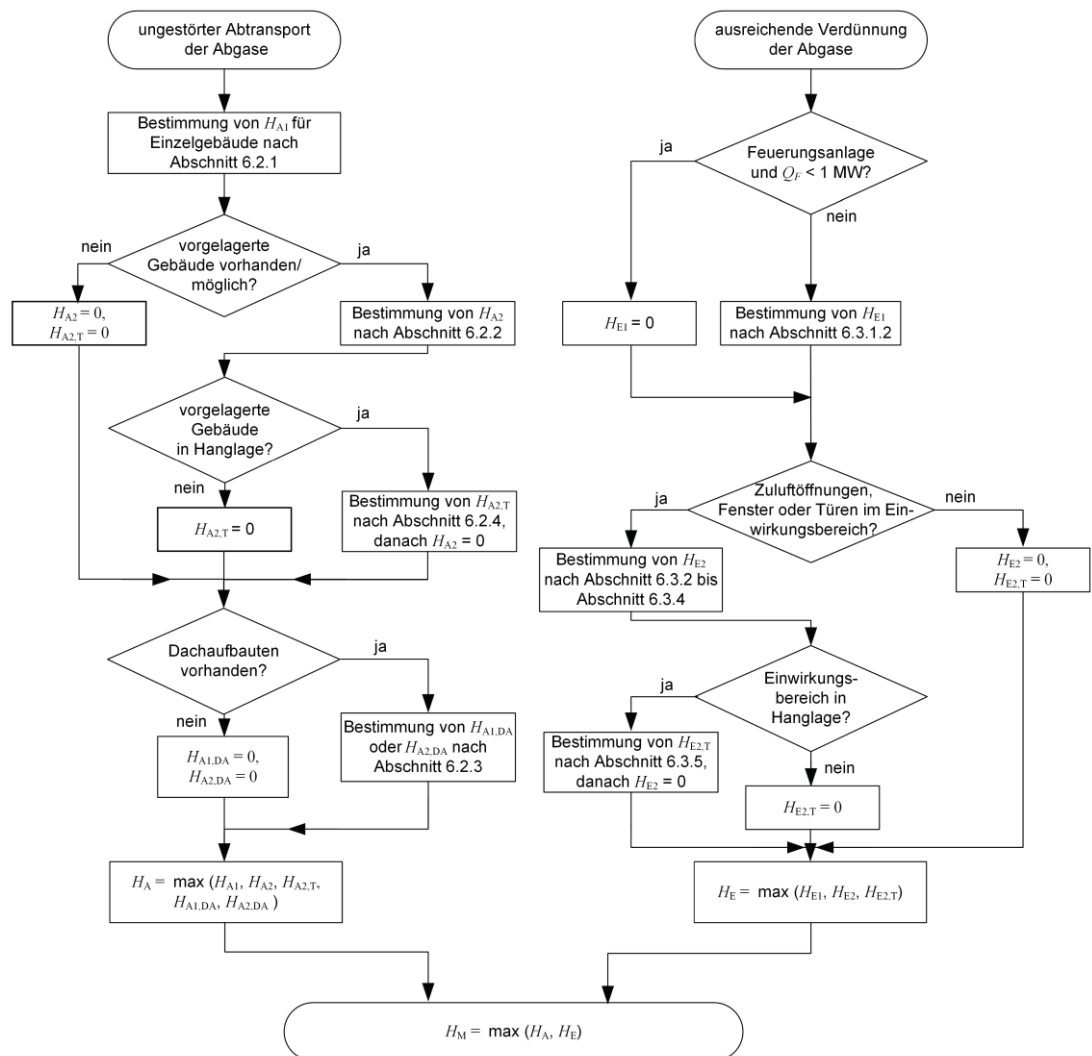


Abbildung 7. Ablaufschema zur Bestimmung der erforderlichen Mindesthöhe H_M gemäß VDI 3781 Blatt 4 (2017).

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ\174\MM174716_03_BER_ID_ÖFFENTLICH.DOCX:08. 03. 2024

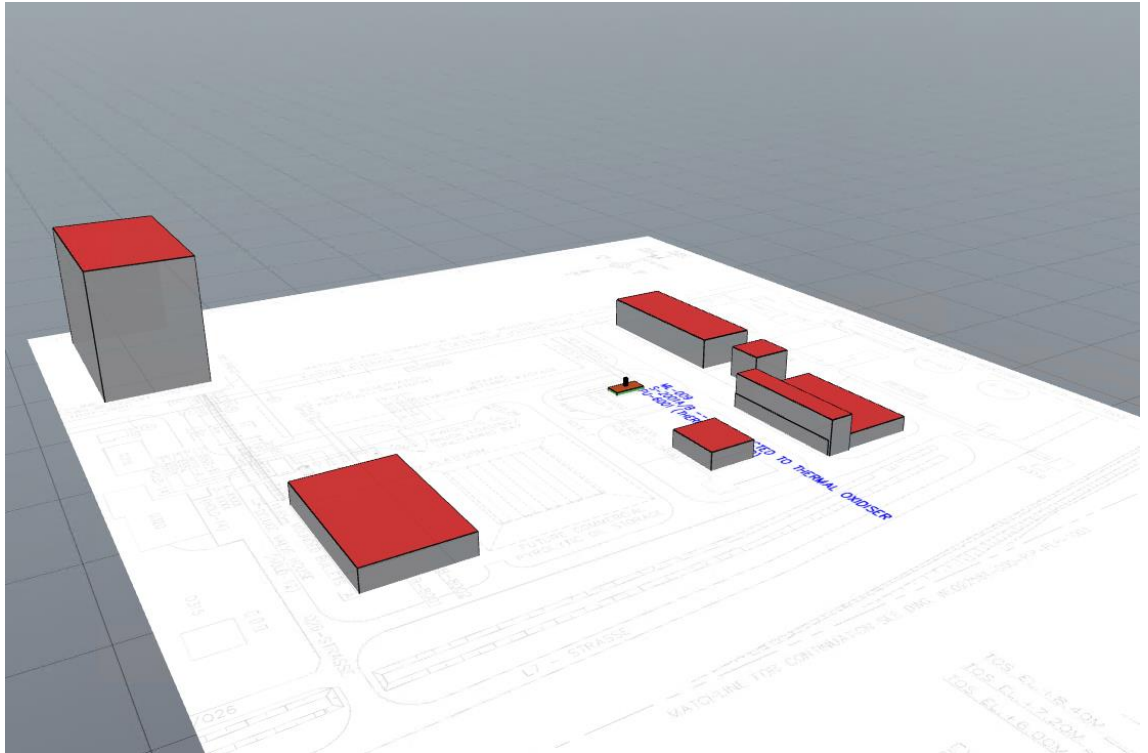


Abbildung 8. Schrägbild berücksichtigte Gebäude (WinSTACC [8]). Kartengrundlage [10] mit Ausrichtung nach Nordwesten.

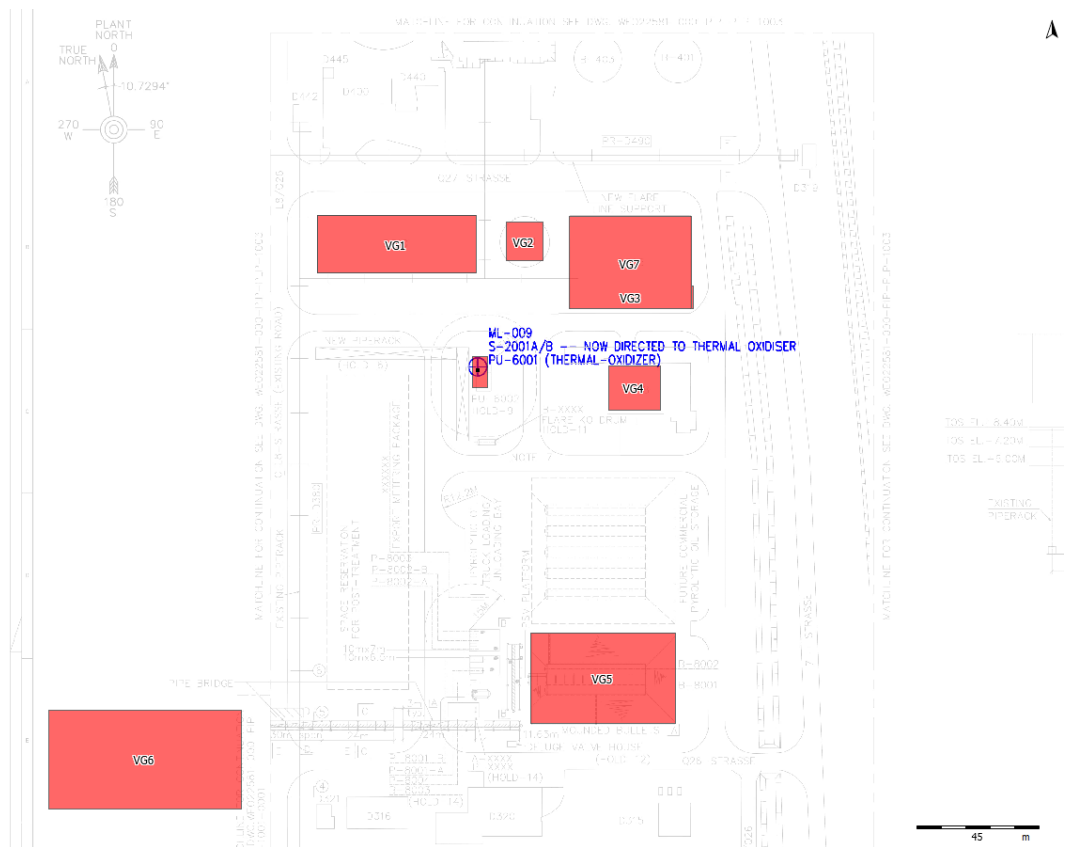


Abbildung 9. Draufsicht berücksichtigte Gebäude (WinSTACC [8]). Kartengrundlage [10] mit Ausrichtung nach Norden.

Hinweis:

Bei vielen der modellierten „Gebäuden“ handelt es sich um teilweise durchströmbare technische Anlagen oder um aerodynamisch umströmbare Bauwerke (runde Silos/Tanks). Die Berücksichtigung dieser Strukturen als vorgelagerte Gebäude ist als ein sehr konservatives Vorgehen anzusehen.

5.1.2 Ungestörter Abtransport der Abgase H_A

Für einen ungestörten Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung muss die Schornsteinmündung außerhalb der sogenannten Rezirkulationszone liegen, die durch das Einzelgebäude mit der Abgasanlage selbst, durch vorgelagerte Gebäude und Dachaufbauten verursacht werden kann.

Berücksichtigung von Einzelgebäuden (H_{A1})

Die Höhen der Rezirkulationszonen (Werte für H_1 und H_2) sind abhängig von der Dachform zu berechnen. Der niedrigere der beiden Werte ist maßgebend und wird als H_{S1} bezeichnet. Zu diesem Wert ist der Wert $H_{\bar{U}}$ zu addieren. Damit ergibt sich die Höhe H_{A1} , die sicherstellt, dass die Mündung der Abgasableitinrichtung außerhalb der Rezirkulationszone des Einzelgebäudes liegt, auf oder an dem sich der Schornstein befindet.

Die Höhe H_{A1} errechnet sich gemäß:

$$H_{A1} = H_{S1} + H_{\bar{U}} \quad (1)$$

mit

$$H_{S1} = \min (H_1, H_2) \quad (2)$$

Dabei ist

- | | |
|---------------|---|
| H_{A1} | erforderliche Höhe der Mündung der Abgasableitinrichtung für den ungestörten Abtransport der Abgase für ein Einzelgebäude in m. |
| H_{S1} | berechnete Höhe der Mündung der Abgasableitinrichtung über First ohne additiven Term bei Einzelgebäuden in m. |
| $H_{\bar{U}}$ | additiver Term in Abhängigkeit vom Anlagentyp und der Wärmeleistung in m. Bei anderen als Feuerungsanlagen beträgt er in der Regel 3,0 m (s. u.). |

Berücksichtigung von vorgelagerten Gebäuden (H_{A2})

Neben dem Gebäude, auf dem sich der Schornstein jeweils unmittelbar befindet, sind auch vorgelagerte Gebäude zu berücksichtigen.

Gemäß Nr. 6.2.2.1 der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 ist die Ausdehnung der Rezirkulationszone eines vorgelagerten Gebäudes wie folgt zu ermitteln:

$$l_{RZ} = \frac{1,75 \cdot l_{\text{eff}}}{1 + 0,25 \cdot \frac{l_{\text{eff}}}{H_{\text{First,V}}}} \quad (3)$$

$$l_{\text{eff}} = l_v \cdot \sin \beta + b_v \cdot \cos \beta \quad (4)$$

Dabei ist

l_{RZ}	horizontale Ausdehnung der Rezirkulationszone eines Gebäudes in Richtung der Linie „Gebäudemitte-Abgasanlage“ in m.
l_{eff}	effektive Länge des vorgelagerten Gebäudes senkrecht zur Linie „Gebäudemitte-Abgasanlage“ in m.
$H_{\text{First,V}}$	Firsthöhe des vorgelagerten Gebäudes in m.
l_v	Länge des vorgelagerten Gebäudes in m.
β	horizontaler Winkel zwischen einem vorgelagerten Gebäude und Richtung der Abgasableitinrichtung ($\beta \leq 90^\circ$).
b_v	Breite des vorgelagerten Gebäudes in m.

Ist die horizontale Entfernung der Abgasanlage von der ihr zugewandten Seite des vorgelagerten Gebäudes $l_A \geq l_{RZ}$, muss der Einfluss des vorgelagerten Gebäudes nicht berücksichtigt werden; dabei ist l_A die horizontale Entfernung der Abgasableitinrichtung vom vorgelagerten Gebäude. Andernfalls ist die Abgasanlage so zu erhöhen, dass sich die Schornsteinmündung außerhalb der Rezirkulationszone befindet.

Berücksichtigung von Hanglagen ($H_{A2,T}$)

Liegen vorgelagerte Gebäude hangaufwärts zu dem Einzelgebäude mit dem Schornstein, so ist der maßgebliche Einfluss der Geländeoberfläche durch eine Höhenkorrektur Δh zu erfassen.

Gemäß Nr. 6.2.4 der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 wird die Höhendifferenz zwischen den Bezugspunkten der Gebäude ermittelt, die sich lotrecht unterhalb der (virtuellen) Firste befinden.

Berücksichtigung von Dachaufbauten ($H_{A1,DA}$ bzw. $H_{A2,DA}$)

Neben dem Gebäude, auf dem sich der Schornstein jeweils unmittelbar befindet, sind auch auf diesem befindliche Dachaufbauten zu berücksichtigen, sofern diese die Firsthöhe des Gebäudes um mehr als 1 m überragen und ihre größten Seitenlängen 2 m überschreiten.

Gemäß Nr. 6.2.3 der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 wird für einen Schornstein auf einem Dachaufbau bzw. in der Umgebung eines Dachaufbaus das Verfahren der Nr. 6.2.1 (Berücksichtigung von Einzelgebäuden) bzw. Nr. 6.2.2 (Berücksichtigung von vorgelegerten Gebäuden) analog angewandt, um die Höhe $H_{A1,DA}$ bzw. $H_{A2,DA}$ zu ermitteln.

Zur Ermittlung der erforderlichen Ableithöhe ist außerdem der additive Term $H_{Ü}$ zu bestimmen.

Für Feuerungsanlagen im Geltungsbereich der 1. BImSchV richtet sich der additive Term $H_{Ü}$ nach der Nenn- oder Feuerungswärmeleistung (Q_N oder Q_F , siehe Tabelle 1 der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4), bei anderen als Feuerungsanlagen beträgt dieser in der Regel 3,0 m. Dies gilt insbesondere für Anlagen im Anwendungsbereich der 31. BImSchV. Bei anderen als Feuerungsanlagen außerhalb des Anwendungsbereichs der 31. BImSchV kann der Wert von $H_{Ü}$ sinngemäß wie bei den Feuerungsanlagen abgestuft werden. Gemäß Nr. 5.5.2.1 der TA Luft 2021 kann u. a. bei Quellen mit geringen Emissionsmassenströmen die erforderliche Schornsteinhöhe im Einzelfall festgelegt werden. Gemäß überarbeitetem „Merkblatt Schornsteinhöhenberechnung zur TA Luft 2002“ (2021) [4] ist eine Reduzierung bei $Q/S < 1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{h}$ möglich. In Anlehnung an das Excel-Arbeitsblatt des UBA [9] wird bei $0,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{h} < Q/S \leq 1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{h}$ ein Wert von 1,0 m und bei $Q/S \leq 0,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{h}$ von 0,4 m für $H_{Ü}$ angesetzt (s. Tabelle 7).

Tabelle 7. Additiver Term $H_{Ü}$ zur Berücksichtigung der turbulenten Scherschicht einer Rezirkulationszone bei Feuerungsanlagen (Tabelle 1 der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4) sowie anderer als Feuerungsanlagen (Vorschlag UBA).

Additiver Term ($H_{Ü}$)	Nenn- oder Feuerungswärmeleistung (Q_N oder Q_F)	Q/S-Wert
0,4 m	$Q_N \leq 400 \text{ kW}$	$Q/S \leq 0,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{h}$
1,0 m	$Q_N > 400 \text{ kW}$ bis $Q_F < 1 \text{ MW}$	$0,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{h} < Q/S \leq 1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{h}$
3,0 m	$Q_F \geq 1 \text{ MW}$	$Q/S > 1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{h}$

Vorliegend wird für die TO ein additiver Term $H_{Ü}$ von 3,0 m angesetzt.

Die damit errechnete Höhe H_{A1} (erforderliche Höhe der Mündung der Abgasableiteinrichtung für den ungestörten Abtransport der Abgase für Einzelgebäude) bzw. H_{A2} (erforderliche Höhe der Mündung der Abgasableiteinrichtung für den ungestörten Abtransport der Abgase für vorgelagerte Gebäude) bezieht sich jeweils auf den First des Gebäudes, auf dem die Quelle errichtet wurde bzw. werden soll. Maßgeblich ist jeweils der höhere Wert.

Im vorliegenden Fall zeigt sich, dass die Position des geplanten Schornsteins durch die gebäudebedingten Rezirkulationszonen der nördlich liegenden Gebäude beeinflusst wird. Es ergibt sich eine erforderliche Kaminhöhe von 8 m über Grund.

Vergleiche hierzu auch die nachfolgende Abbildung, in der die vorgelagerten Gebäude inklusive der berücksichtigten Rezirkulationszonen dargestellt sind.

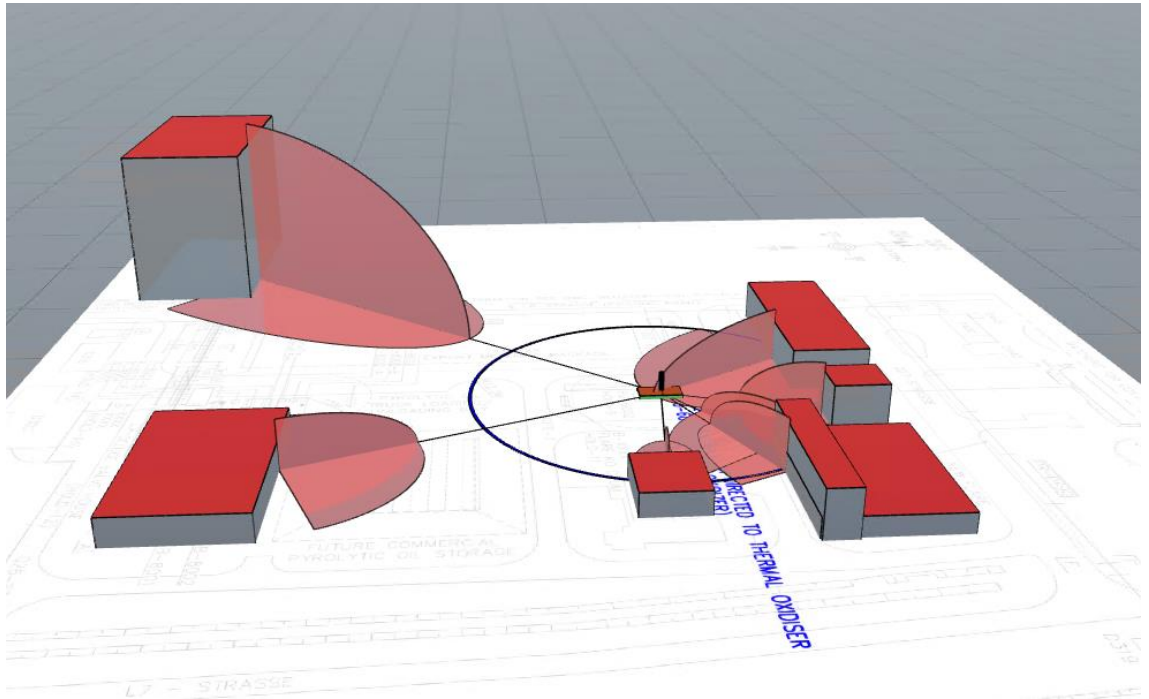


Abbildung 10. Schrägbild berücksichtigte Gebäude inklusive der resultierenden Rezirkulationszonen (WinSTACC [8]). Kartengrundlage [10] mit Ausrichtung nach Nordwesten.

5.1.3 Ausreichende Verdünnung der Abgase H_E

Grundsätzlich gelten die Mindestanforderungen nach Nr. 6.3.1.1 der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 für alle Anlagen, wonach der Einwirkungsbereich (Nr. 6.3.2), das Bezugsniveau (Nr. 6.3.3) und die Höhe über Bezugsniveau (Nr. 6.3.4) zu bestimmen und bei der Festlegung der Mindesthöhe zu berücksichtigen ist. Für Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung (FWL) > 1 MW sowie für andere als Feuerungsanlagen gelten zusätzlich noch die Anforderungen der Nr. 6.3.1.2.

Berücksichtigung des Einwirkungsbereichs (H_{E2})

Der nach Nr. 6.3.2 zu bestimmende Einwirkungsbereich der Abgasableiteinrichtung wird entsprechend der in Nr. 5.5.2.1 der TA Luft 2021 formulierten Mindestanforderungen für Quellen mit nicht nur geringen Emissionen für alle Kamine mit jeweils 50 m festgelegt.

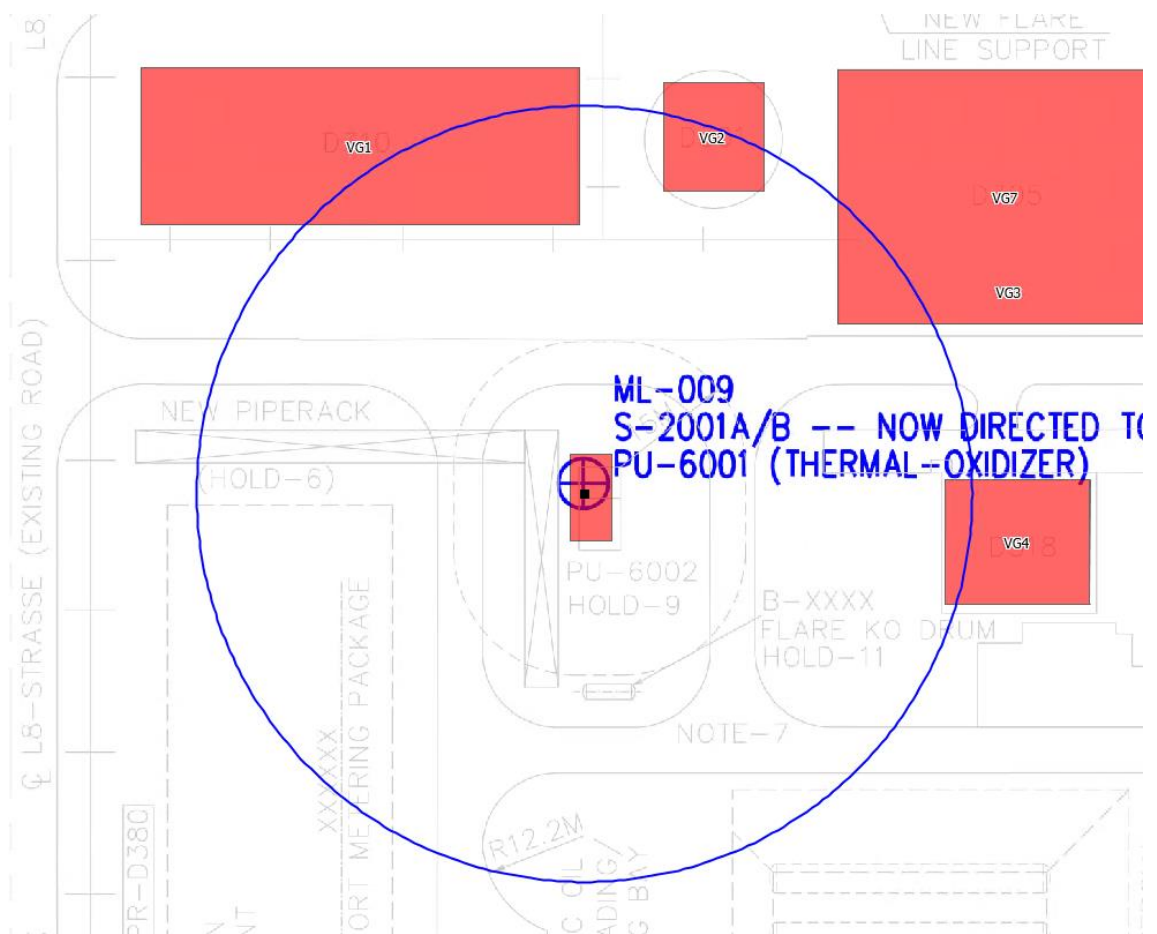


Abbildung 11. Einwirkungsbereich der TN nach VDI 3781 Blatt 4 innerhalb der blauen Kreismarkierungen.

Berücksichtigung des Bezugsniveaus (H_{E2})

Für Quellen von Anlagen im Geltungsbereich der TA Luft 2021 mit nicht nur geringen Emissionen wird für die erforderliche Mündungshöhe über Bezugsniveau H_B – entsprechend der in Nr. 5.5.2.1 der TA Luft 2021 formulierten Mindestanforderungen – ein Wert von $H_B = 5$ m festgelegt.

Gemäß vorliegenden Informationen liegen keine Zuluftöffnungen, Fenster oder Türen in den Einwirkungsbereichen der Quellen vor, die das jeweils zu berücksichtigte Bezugsniveau vorgeben.

Berücksichtigung von Hanglagen ($H_{E2,T}$)

Liegen vorgelagerte Gebäude hangaufwärts zu dem Einzelgebäude mit dem Schornstein, so ist der maßgebliche Einfluss der Geländeoberfläche durch eine Höhenkorrektur Δh zu erfassen.

Gemäß Nr. 6.3.5 der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 ist der Einfluss des Höhenunterschiedes auf das Bezugsniveau analog Nr. 6.2.4 zu erfassen.

Unter Berücksichtigung eines Einwirkungsbereichs von 50 m sowie einer erforderlichen Mündungshöhe über Bezugsniveau von 5 m sowie der erforderlichen Mindesthöhe von 10 m über Grund ergibt sich für die TO eine erforderliche Mündungshöhe H_{E2} über First von 10 m.

Im vorliegenden Fall ist für die TO die Mündungshöhe H_E von 10 m über Grund maßgeblich.

5.2 Bestimmung der Schornsteinhöhe gemäß Nr. 5.5.2.2 TA Luft 2021 (Einzelkamine)

Folgend werden die Emissionsmassenströme der einzelnen Schadstoffkomponenten mit dem jeweiligen S-Wert gemäß Anhang 6 der TA Luft 2021 normiert. Die Schornsteinhöhenbestimmung wird anschließend für denjenigen Stoff mit dem höchsten Verhältnis Q/S durchgeführt.

Die Ermittlung der Mindestschornsteinhöhe erfolgt mit BESMIN [6] von Janicke Consulting, das die im Auftrag des Umweltbundesamts bereitgestellte Implementierung des in Anhang 2 Nr. 14 beschriebenen Verfahrens für eine einzelne Quelle darstellt.

Als Eingangsgrößen der Ausbreitungsrechnung sind zu verwenden:

d in m	<i>Innendurchmesser des Schornsteins an der Schornsteinmündung;</i>
v in m/s	<i>Geschwindigkeit des Abgases an der Schornsteinmündung;</i>
T in °C	<i>Temperatur des Abgases an der Schornsteinmündung;</i>
x in kg/kg	<i>Wasserbeladung (kg Wasserdampf und Flüssigwasser pro kg trockener Luft) des Abgases an der Schornsteinmündung;</i>
Q in kg/h	<i>Emissionsmassenstrom des luftverunreinigenden Stoffes; für karzinogene Fasern die je Zeiteinheit emittierte Faserzahl in 10^6 Fasern/h;</i>
S in mg/m ³	<i>Konzentration des luftverunreinigenden Stoffes, die nicht überschritten werden darf; für karzinogene Fasern die Anzahlkonzentration in Fasern/m³, die nicht überschritten werden darf.</i>

Für v , T , x und Q sind die Werte einzusetzen, die sich beim bestimmungsgemäßen Betrieb unter den für die Luftreinhaltung ungünstigen Betriebsbedingungen ergeben, insbesondere hinsichtlich des Einsatzes der Brenn- bzw. Rohstoffe.

Der Volumenstrom R (bzw. hier analog die Abgasgeschwindigkeit v) wird dabei gemäß „Merkblatt Schornsteinhöhenberechnung“ 2021 [4] für einen realistischen Sauerstoffgehalt angesetzt.

Bei der Emission von Stickstoffmonoxid ist ein Umwandlungsgrad von 60 Prozent zu Stickstoffdioxid zugrunde zu legen.

Zur Überprüfung, ob die maximale bodennahe Konzentration jedes emittierten, in Anhang 6 aufgeführten Stoffes den jeweiligen S-Wert einhält, sind die Ausbreitungsrechnungen nach Anhang 2 Nr. 14 nicht zwingend für alle emittierten Stoffe durchzuführen.

Im Einquellsystem genügt es, für die einzelnen zu prüfenden Betriebszustände die Ausbreitungsrechnungen für jeweils denjenigen Stoff mit dem höchsten Verhältnis Q/S (in Mio. m³/h) durchzuführen. Bei Betrachtung der Überlagerung von Konzentrationsfahnen mehrerer Quellen kann ebenso verfahren werden, wenn für alle Quellen derselbe Stoff das höchste Q/S-Verhältnis aufweist.

Der höchste Q/S-Wert ergibt sich vorliegend für Fluorwasserstoff (vgl. dazu Tabelle 5)⁵. Für diesen Stoff ergeben sich die in Tabelle 8 zusammengestellten Eingangsdaten für die Schornsteinhöhenberechnung.

Die emissionsbedingte mit BESMIN entsprechend berechnete Schornsteinhöhe ist in Tabelle 8 in der letzten Zeile dargestellt.

Tabelle 8. Schornsteinhöhe nach TA Luft 2021, BESMIN [6].

Parameter	Einheit	Fluorwasserstoff	Nr. 5.2.7.1.1 Kl. I
S-Wert für Stoff	S mg/m ³	0,0018	5,0 × 10 ⁻⁵
Emissionsmassenstrom	e kg/h	0,009	1,5 × 10 ⁻⁴
Innendurchmesser	d m		0,5
Austrittsgeschwindigkeit	v m/s		23,6 ¹⁾
Austrittstemperatur	t °C		600
Wasserbeladung	z kg/(kg tr)		0,063
Berechnete Schornsteinhöhe	h m	6,0	6,0

1) Berechnet unter Berücksichtigung des Betriebsvolumenstroms (vgl. dazu Tabelle 5).

⁵ Aufgrund der geringen tatsächlich zu erwartenden Fluorwasserstoffemissionen im Reingas (vergleiche die Fußnoten in Kapitel 4.4.1 wurde zusätzlich und informativ auch die Stoffgruppe der krebserzeugenden Stoffe der Nr. 5.2.7.1.1 Kl. I berücksichtigt.

5.3 Berücksichtigung von Bebauung und Bewuchs gemäß Nr. 5.5.2.3 (Einzelkamine)

Wird das Windfeld bei der Anströmung des Schornsteines wesentlich durch geschlossene Bebauung oder geschlossenen Bewuchs nach oben verdrängt, ist die nach Nummer 5.5.2.2 bestimmte Schornsteinhöhe wie folgt zu korrigieren:

Innerhalb dieses Kreises um den Schornstein mit dem Radius der 15-fachen Schornsteinhöhe gemäß Nummer 5.2.2.2, mindestens aber mit dem Radius 150 m ist der Bereich mit geschlossener vorhandener oder nach einem Bebauungsplan zulässiger Bebauung oder geschlossenem Bewuchs zu ermitteln, der 5 Prozent der Fläche des genannten Kreises umfasst und in dem die Bebauung oder der Bewuchs die größte mittlere Höhe über Grund aufweist. Einzelstehende höhere Objekte werden hierbei nicht berücksichtigt.

Soweit ein solcher Bereich vorliegt, ist die in Nummer 5.5.2.2 bestimmte Schornsteinhöhe um diese Höhe zu erhöhen.

Die mit BESMIN ermittelte Schornsteinhöhe h_b beträgt 6,0 m (s. Tabelle 8 in Kap. 5.2). Es wird die kreisförmige Fläche um den Schornstein mit einem Radius von 150 m betrachtet. Dieser Kreis beinhaltet Teile des Werksgeländes (vgl. Abbildung 12).

Bei der Begrünung handelt es sich um Bäume mit einer durchschnittlichen Wuchshöhe von ca. 15 m über Grund.

Des Weiteren befindet sich westlich des Schornsteins freies Baufeld, dass in der Zukunft durch werkstypische Bebauung (verfahrenstechnische Anlagen) erschlossen wird.

Die mittlere Höhe wird auf Basis der vorliegenden Informationen mit 15 m über Grund angesetzt.

Die ermittelte Schornsteinhöhe von 6,0 m über Grund wird um einen Zusatzbetrag für Bebauung und Bewuchs (Z_{BB}) um 15 m auf 21,0 m über Grund erhöht.

5.4 Berücksichtigung von unebenem Gelände gemäß Nr. 5.5.2.3 (Einzelkamine)

Weiter ist die ermittelte Schornsteinhöhe von gerundet 21 m über Grund bei vorliegen folgender Rahmenbedingungen hinsichtlich unebenem Gelände zu korrigieren:

Liegt der Landschaftshorizont, von der Mündung des Schornsteins aus betrachtet, über der Horizontalen und ist sein Winkel zur Horizontalen in einem mindestens 20 Grad breiten Richtungssektor größer als 15 Grad, so ist die Schornsteinhöhe so weit zu erhöhen, bis dieser Winkel kleiner oder gleich 15 Grad ist.

Das Gelände im Umfeld der Anlage ist im vorliegenden Fall nur gering strukturiert. Aus der Geländestruktur ergeben sich daher keine zusätzlichen Anforderungen.

5.5 Bestimmung der Schornsteinhöhe gemäß Nr. 5.5.2.2 TA Luft 2021 (Kamine Gesamtanlage)

Bei mehreren Schornsteinen der Anlage ist die Einhaltung des S-Wertes gemäß Nummer 5.5.2.2 durch Überlagerung der Konzentrationsfahnen der Schornsteine zu prüfen.

Es liegen keine weiteren (geführten und nach Nr. 5.5 TA Luft abgeleiteten) Emissionsquellen an der Anlage vor, die die gleichen Stoffe bzw. Stoffgruppen wie die geplante TO emittieren.

Die berechnete Schornsteinbauhöhe h_b mit 6,0 m über Grund (s. Kap. 5.2) ist daher unverändert gültig.

6 Einzelfallbetrachtung

6.1.1 Entstaubungen (Process Vents)

Betrachtungsgegenstand

Die Quellen „Process Vents“ sind aufgrund ihrer geringer Emissionsmassenströme Gegenstand der vorliegenden Einzelfallbetrachtung.

Art der Quellen

Es handelt sich bei allen Quellen um Entstaubungsaggregate, die entweder als Siloaufsatzfilter oder Entlüftungsfiler ausgeführt sind. Die Emission erfolgt ca. 0,3 m über dem jeweiligen Aggregat, d. h. deutlich über Grundniveau.

Solche Quellen werden i. d. R. als diffuse Quellen angesehen.

Quellstärke

Alle Quellen weisen einen spezifischen Q/S-Wert kleiner 0,1 Mio. m³/h auf. Auch bei Zusammenfassung aller Massenströme (Partikel; 0,024 kg/h) ergibt sich ein Q/S-Wert kleiner 1 Mio. m³/h.

Beim Vergleich der summierten Quellstärke mit dem Bagatellmassenstrom⁶ für nicht nach Nr. 5 TA Luft abgeleitete (diffuse) Emissionen an Partikel ((PM₁₀ bzw. PM_{2,5}) von 0,08 bzw. 0,05 kg/h ist zu erkennen, dass diese den genannten Bagatellmassenstrom deutlich unterschreitet. Konkret bedeutet das, dass auch bei diffuser Ableitung der Emissionen aus den genannten Quellen keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Partikel (PM₁₀ und PM_{2,5}) zu befürchten sind.

Fazit

Aufgrund der sehr geringen Quellstärke, der deutlichen Unterschreitung der Bagatellmassenströme für diffus emittierte Partikel (PM₁₀ und PM_{2,5}) und der tatsächlichen Ableithöhe erscheint die Behandlung dieser Quellen als diffuse Quellen sachgerecht. Folglich wird die Ausführung als Siloaufsatzfilter, mit geringem Abstand vom Dachfirst als zulässig angesehen.

⁶ Vergleiche TA Luft 2021 Nr. 4.6.1.1, insb. Tabelle 7

6.1.2 Salzschmelzkreisläufe

Betrachtungsgegenstand

Die Quellen sind aufgrund ihrer geringen Emissionsmassenströme Gegenstand der vorliegenden Einzelfallbetrachtung.

Art der Quellen

Es handelt sich bei den Quellen um die Entlüftung der Salzschmelzkreisläufe. Die Abgase werden quasi diffus über eine Abgasöffnung emittiert.

Quellstärke

Alle Quellen weisen einen spezifischen Q/S-Wert kleiner 0,5 Mio. m³/h auf. Auch bei Zusammenfassung aller Massenströme (NO_x; 0,07 kg/h) ergibt sich ein Q/S-Wert kleiner 1 Mio. m³/h.

Beim Vergleich der summierten Quellstärke mit dem Bagatellmassenstrom⁷ für nicht nach Nr. 5 TA Luft abgeleitete (diffuse) Emissionen an Stickstoffdioxid von 1,5 kg/h ist zu erkennen, dass diese den genannten Bagatellmassenstrom deutlich unterschreitet. Konkret bedeutet das, dass auch bei diffuser Ableitung der Emissionen aus den genannten Quellen keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Stickstoffdioxide zu befürchten sind.

Fazit

Aufgrund der sehr geringen Quellstärke, der deutlichen Unterschreitung der Bagatellmassenströme für diffus emittierte Stickstoffdioxide, selbst bei einer Worst-Case-Betrachtung, erscheint die Behandlung dieser Quellen als diffuse Quellen sachgerecht.

⁷ Vergleiche TA Luft 2021 Nr. 4.6.1.1, insb. Tabelle 7

7 Zusammenfassung Schornsteinhöhen

Es ergeben sich die folgenden erforderlichen Schornsteinhöhen:

- Nach TA Luft 2021, im Regelfall:
 - 21 m über Grund für die TO
- Im Einzelfall auf Grundlage von geringen Emissionsmassenströmen gemäß TA Luft 2021 Nr. 5.5.2.1 Absatz 9
 - Ausführung als Siloaufsatzfilter, mit geringem Abstand vom Dachfirst für die Quellen „Process Vents“
 - Ausführung als Abgasrohr, mit geringem Abstand zum Boden für die Salzschnmelzkreisläufe

8 Grundlagen des Berichts (Literatur)

Bei der Erstellung des Gutachtens wurden die folgenden Unterlagen verwendet:

Immissionsschutzrecht

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz (Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der aktuellen Fassung.
- [2] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV) in der aktuellen Fassung.
- [3] Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), GMBI Nr. 48-54, S. 1049; vom 14. September 2021.

Schornsteinhöhenbestimmung

- [4] LAI (2021): Merkblatt Schornsteinhöhenberechnung zur TA Luft 2002 (überarbeitete Version unter Berücksichtigung der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 (Ausgabe Juli 2017)). Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, März 2021.
- [5] VDI 3781 Blatt 4: Umweltmeteorologie – Ableitbedingungen bei Abgasanlagen. Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen. 2017-07.
- [6] Software BESMIN, Version 1.0.1, Fa. Janicke Consulting.
- [7] Software BESMAX, Version 1.0.1, Fa. Janicke Consulting.
- [8] WinSTACC: PC-Programm für Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 „Ableitbedingungen für Abgase - Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen“. Version 1.0.7.8, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG.
- [9] Excel-Arbeitsblatt zur Richtlinie VDI 3781 Blatt 4: Bereitgestellt durch Umweltbundesamt (UBA), Fachgebiet II 4.1 „Grundsatzfragen der Luftreinhaltung“. Erhalten am 05.10.2017. Aktualität bestätigt am 27.05.2019.

Anlagen und Standort

- [10] Unterlagen und Angaben des Antragstellers/Auftraggebers.
- [11] OpenStreetMap, © OpenStreetMap-Mitwirkende. Creative-Commons-Lizenz - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 2.0 (CC BY-SA) – www.openstreetmap.org/copyright.
- [12] OpenTopoMap, © OpenStreetMap-Mitwirkende. Kartendarstellung © OpenTopoMap. Creative-Commons-Lizenz - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 2.0 (CC BY-SA) - www.opentopomap.org/about.

- [13] Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2023): TopPlusOpen (WMS-Darstellungsdienst)
http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf
Datenlizenz: [15]
- [14] Bezirksregierung Köln (2023): Geodatendienst: Digitales Orthofoto,
https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/geobasis/webdienste/geodatendienste/;
WMS-Server: https://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_dop
Datenlizenz: [16]
- [15] Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0
www.govdata.de/dl-de/by-2-0
- [16] Datenlizenz Deutschland – Zero“ (dl-de/zero-2-0)
<https://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>

Anhang

WinSTACC Log-Datei

\\S-MUC-FS01\ALLEFIRMEN\PROJ174\M174716\M174716_03_BER_ID_ÖFFENTLICH.DOCX:08.03.2024

***** WinSTACC - Lohmeyer GmbH *****
 ***** Programmbibliothek VDI 3781 Blatt 4 - Ableitbedingungen für Abgase *****

Programmversion = 1.0.7.8
 dll-Version = 1.0.4.8

[Start]

Datum Rechnung = 14.09.2023 16:50
 Steuerdatei = C:\LOHMEYER\WinSTACC\VDI_Input.ini
 Längenangaben = Meter
 Winkelangaben = Grad
 Leistungsangaben = Kilowatt

[EmittierendeAnlage]

Anlagentyp = Keine Feuerungsanlage
 Input_R = 50
 Input_H_B = 5
 Input_H_Ue = 1
 H_Ü durch Benutzer vorgegeben (keine Feuerungsanlage / andere Anlage)
 H_Ü = 1
 R durch Benutzer vorgegeben (keine Feuerungsanlage / andere Anlage)
 R = 50

[Einzelgebäude]

Länge_l = 11.1
 Breite_b = 5.4
 Traufhöhe_H_Traufe = 1
 Firsthöhe_H_First = 1
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 5.4
 HorizontalerAbstandMündungFirst_a = 3.5

Berechnung von H_A1...

Glg. 8

H_A1F = 2.3
 a = 0
 alpha = 0

Glg. 5

H_1 = 1

Glg. 7

f = 0

Glg. 6

H_2 = 1

Glg. 3

H_S1 = 1

Glg. 4

H_A1'' = 2

H_A1 ist größer als die Höhe von Einzelgebäude und wird daher auf diese Höhe begrenzt:

H_A1 = 1

Berechnung von H_E1...

H_E1 = 0

[VorgelagertesGebäude1]

Länge_l = 56.6
 Breite_b = 20.2
 Traufhöhe_H_Traufe = 11
 Firsthöhe_H_First = 11
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 20.2
 H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 57
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 41.3
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16	
L_eff	= 58.5
Glg. 15	
L_RZ	= 43.9
Glg. 18	
p	= 0.34
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 3.7
Glg. 17	
H_S2	= 4
Glg. 19	
H_A2	= 5

H_E für VorgelagertesGebäude1 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.
Es wird damit für VorgelagertesGebäude1 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.

H_E2	= 0
------	-----

[VorgelagertesGebäude2]

Länge_l	= 14
Breite_b	= 12.9
Traufhöhe_H_Traufe	= 11
Firsthöhe_H_First	= 11
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 12.9
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 20
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 41.5
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16	
L_eff	= 16.9
Glg. 15	
L_RZ	= 21.4

VorgelagertesGebäude2 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.
H_E für VorgelagertesGebäude2 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.
Es wird damit für VorgelagertesGebäude2 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.

H_E2	= 0
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 2.3

[VorgelagertesGebäude3]

Länge_l	= 44
Breite_b	= 8
Traufhöhe_H_Traufe	= 12
Firsthöhe_H_First	= 12
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 8
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 25
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 51.4
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

$$\text{Glg. 16} \\ l_{\text{eff}} = 25.8$$

$$\text{Glg. 15} \\ l_{\text{RZ}} = 29.4$$

VorgelagertesGebäude3 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E für VorgelagertesGebäude3 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.

Es wird damit für VorgelagertesGebäude3 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.

$$H_{\text{E2}} = 0 \\ \alpha = 0$$

$$\text{Glg. 7} \\ f = 0$$

$$\text{Glg. 6} \\ H_{\text{2V}} = 1.5$$

[VorgelagertesGebäude4]

$$\begin{aligned} \text{Länge}_l &= 18.6 \\ \text{Breite}_b &= 16 \\ \text{Traufhöhe}_H_{\text{Traufe}} &= 6 \\ \text{Firsthöhe}_H_{\text{First}} &= 6 \\ \text{Dachform} &= \text{Flachdach} \\ \text{Dachhöhe}_H_{\text{Dach}} &= 0 \\ \text{BreiteGiebelseite}_b &= 16 \\ H_{\text{2V_mit_H_A1F_begrenzen}} &= \text{nein} \\ \text{HöheObersteFensterkante}_H_{\text{F}} &= 0 \\ \text{WinkelGebäudeMündung}_\beta &= 6 \\ \text{AbstandGebäudeMündung}_l_{\text{A}} &= 46.8 \\ \text{Hanglage} &= \text{nein} \\ \text{HöhendifferenzZumEinzelgebäude}_\Delta_h &= 0 \\ \text{GeschlosseneBauweise} &= \text{nein} \end{aligned}$$

Berechnung von H_A2

$$\text{Glg. 16} \\ l_{\text{eff}} = 17.9$$

$$\text{Glg. 15} \\ l_{\text{RZ}} = 17.9$$

VorgelagertesGebäude4 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E für VorgelagertesGebäude4 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.

Es wird damit für VorgelagertesGebäude4 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.

$$H_{\text{E2}} = 0 \\ \alpha = 0$$

$$\text{Glg. 7} \\ f = 0$$

$$\text{Glg. 6} \\ H_{\text{2V}} = 2.9$$

[VorgelagertesGebäude5]

$$\begin{aligned} \text{Länge}_l &= 51.6 \\ \text{Breite}_b &= 31.8 \\ \text{Traufhöhe}_H_{\text{Traufe}} &= 7 \\ \text{Firsthöhe}_H_{\text{First}} &= 7 \\ \text{Dachform} &= \text{Flachdach} \\ \text{Dachhöhe}_H_{\text{Dach}} &= 0 \\ \text{BreiteGiebelseite}_b &= 31.8 \\ H_{\text{2V_mit_H_A1F_begrenzen}} &= \text{nein} \\ \text{HöheObersteFensterkante}_H_{\text{F}} &= 0 \\ \text{WinkelGebäudeMündung}_\beta &= 68 \\ \text{AbstandGebäudeMündung}_l_{\text{A}} &= 100.9 \\ \text{Hanglage} &= \text{nein} \\ \text{HöhendifferenzZumEinzelgebäude}_\Delta_h &= 0 \\ \text{GeschlosseneBauweise} &= \text{nein} \end{aligned}$$

Berechnung von H_A2

$$\text{Glg. 16} \\ l_{\text{eff}} = 59.8$$

$$\text{Glg. 15} \\ l_{\text{RZ}} = 33.4$$

VorgelagertesGebäude5 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E für VorgelagertesGebäude5 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

H_E2	= 0
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 5.8

[VorgelagertesGebäude6]

Länge_l	= 68
Breite_b	= 35
Traufhöhe_H_Traufe	= 46
Firsthöhe_H_First	= 46
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 35
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 49
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 158.7
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16	
l_eff	= 74.3
Glg. 15	
l_RZ	= 92.6

VorgelagertesGebäude6 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E für VorgelagertesGebäude6 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

H_E2	= 0
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 6.4

[VorgelagertesGebäude7]

Länge_l	= 43.3
Breite_b	= 32.7
Traufhöhe_H_Traufe	= 5
Firsthöhe_H_First	= 5
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 32.7
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 35
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 40
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16	
l_eff	= 51.6
Glg. 15	
l_RZ	= 25.2

VorgelagertesGebäude7 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E für VorgelagertesGebäude7 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.

Es wird damit für VorgelagertesGebäude7 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.

H_E2	= 0
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0

Glg. 6
H_2V = 6

[Ergebnis]

Berechnung der Mündungshöhe H_A für den ungestörten Abtransport der Abgase...

H_A = 5

Berechnung der Mündungshöhe H_E für die ausreichende Verdünnung der Abgase...

H_E = 0

freistehender Schornstein (Firsthöhe kleiner oder gleich 1 m)!

----- Mündungshöhe über Grund = 6
