

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Karlsruhe
Nördliche Hildapromenade 6
76133 Karlsruhe

Telefon +49(721)504379 0
Telefax +49(721)504379 11

www.mbbm-ind.com

Dipl.-Met. Axel Rühling
Telefon +49(721)504379 16
axel.ruehling@mbbm-ind.com

19. März 2024
M174202/02 Version 5 RLG/RLG

Klärschlammverbrennungsanlage KSVA Böblingen

Schornsteinhöhenberechnung

Bericht Nr. M174202/02

Auftraggeber:

TBF + Partner AG
Altsterarkaden 9
20354 Hamburg

wandschneider + gutjahr
ingenieurgesellschaft mbh
Burchardstraße 17
20095 Hamburg

Bearbeitet von:

Dipl.-Met. Axel Rühling

Berichtsumfang:

Insgesamt 32 Seiten, davon
27 Seiten Textteil,
6 Seiten Anhang

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Karlsruhe
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	5
2 Örtliche Situation	6
3 Anlagenbeschreibung und Emissionen	8
3.1 Anlagen- und Betriebsbeschreibung	8
3.2 Emissionsdaten	10
4 Schornsteinhöhenbestimmung nach Nr. 5.5 TA Luft 2021 (Einzelkamine)	13
4.1 Allgemeines	13
4.2 Bestimmung der Schornsteinhöhe gemäß Nr. 5.5.2.1 TA Luft 2021	14
4.3 Bestimmung der Schornsteinhöhe gemäß Nr. 5.5.2.2 TA Luft 2021 (Einzelkamine)	21
4.4 Berücksichtigung von Bebauung und Bewuchs gemäß Nr. 5.5.2.3	23
4.5 Berücksichtigung von unebenem Gelände gemäß Nr. 5.5.2.3	25
5 Zusammenfassung Schornsteinhöhen	26
6 Grundlagen des Berichts (Literatur)	27
Anhang	28

Zusammenfassung

Der Zweckverband Restmüllheizkraftwerk Böblingen (RBB) plant auf einem Teil seines Betriebsgeländes in Böblingen neben dem von ihnen betriebenen Restmüllheizkraftwerk (RMHKW) mit integriertem Biomasseheizkraftwerk (BMHKW) eine Klärschlammverwertungsanlage (KSPA) zu errichten. Errichter und Eigentümer ist die RBB KSPA Vermögensgesellschaft mbh & Co. KG. Pächter und Betreiber der KSPA wird der Zweckverband Klärschlammverwertung Böblingen (kbb) sein.

Die KSPA dient zur thermischen Behandlung des in den Abwasserbehandlungen der Mitglieder des kbb anfallenden Klärschlamm, zur Produktion von phosphorreicher Asche und zur Erzeugung von grüner Fernwärme und grünem Strom. Sie soll für die Verwertung von 4,51 Mg TR/h entwässertem Klärschlamm bei einer Feuerungswärmeleistung von 11,2 MW ausgelegt werden. Die Anlage kann somit der Nummer 8.1.1.3 des Anhangs 1 der 4. BImSchV [2] zugeordnet werden und bedarf eines immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens nach §10 BImSchG [1].

Die bei der Verbrennung des getrockneten Klärschlamm erzeugten Abgase werden einer Abgasreinigung zugeführt und schließlich über einen Schornstein in die Atmosphäre entlassen.

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 der Schornsteinhöhenbestimmung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Höhe HA_2 für den Schornstein (erforderliche Höhe der Mündung der Abgasableiteneinrichtung für den ungestörten Abtransport der Abgase aufgrund vorgelagerter Gebäude nach VDI 3781 Blatt 4) ergibt sich zu 46,0 m über Grund.
- Die Höhe H_E (erforderliche Höhe der Mündung der Abgasableiteneinrichtung zur ausreichenden Verdünnung) ergibt sich zu 37,0 m über Grund.
- Die Höhe für den Schornstein (erforderliche Höhe der Mündung der Abgasableiteneinrichtung für den ungestörten Abtransport der Abgase aufgrund der bestehenden Schornsteine des Restmüllheizkraftwerks) ergibt sich zu 55 m über Grund.
- Die Bestimmung der Schornsteinhöhe gemäß Nr. 5.5.2.2 TA Luft 2021 (BESMIN) für den Einzelkamin führt zu einer Höhe von 6,0 m über Grund.
- Die ermittelte Schornsteinhöhe von 6,0 m über Grund ist um einen Zusatzbetrag für Bebauung und Bewuchs (ZBB) von 30 m auf 36,0 m über Grund zu erhöhen.

Mit den berücksichtigten Randbedingungen und Emissionswerten ergibt sich, bezogen auf den Aufstellungsort, eine Bauhöhe nach TA Luft 2021 von gerundet

$H = 55$ m über dem Aufstellungsniveau.

Mit dieser Höhe werden bei den oben genannten Randbedingungen die Anforderungen nach Nr. 5.5 TA Luft (2021) eingehalten und ein ungestörter Abtransport mit der freien Luftströmung ist gewährleistet.



Dipl.-Met. Axel Rühling
Telefon +49 (0)721 504379-16
Projektverantwortliche(r)



Dipl.-Met. Sarah Schmitz
+49 (0)721 504379-18
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.



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14119-01-00

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

Der Zweckverband Restmüllheizkraftwerk Böblingen (RBB) plant auf einem Teil seines Betriebsgeländes in Böblingen neben dem von ihnen betriebenen Restmüllheizkraftwerk (RMHKW) mit integriertem Biomasseheizkraftwerk (BMHKW) eine Klärschlammverwertungsanlage (KSVA) zu errichten. Errichter und Eigentümer ist die RBB KSVA Vermögensgesellschaft mbh & Co. KG. Pächter und Betreiber der KSVA wird der Zweckverband Klärschlammverwertung Böblingen (kbb) sein.

Die KSVA dient zur thermischen Behandlung des in den Abwasserbehandlungen der Mitglieder des kbb anfallenden Klärschlammes, zur Produktion von phosphorreicher Asche und zur Erzeugung von grüner Fernwärme und grünem Strom. Sie soll für die Verwertung von 4,51 Mg TR/h¹ entwässertem Klärschlamm bei einer Feuerungs-wärmeleistung von 11,2 MW ausgelegt werden. Die Anlage kann somit der Nummer 8.1.1.3 des Anhangs 1 der 4. BImSchV [2] zugeordnet werden und bedarf eines immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens nach §10 BImSchG [1].

Die bei der Verbrennung des getrockneten Klärschlammes erzeugten Abgase werden einer Abgasreinigung zugeführt und schließlich über einen Schornstein in die Atmosphäre entlassen.

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

¹ Bei dieser zu genehmigenden spezifischen Durchsatzleistung wird bereits eine ausreichende Reservekapazität berücksichtigt.

2 Örtliche Situation

Das Betriebsgelände des RBB liegt im Naturraum Schönbuch und Glemswald im Schwäbischen Keuper-Lias-Land östlich der Stadt Böblingen in einem ausgedehnten Waldgebiet.

Der Standort liegt ca. 1,9 km vom Stadtrand Böblingens entfernt, bis zum Stadtrand von Sindelfingen beträgt die Entfernung rund 2,2 km. In östlicher Richtung ist der Ortsteil Musberg in Leinfelden-Echterdingen in rund 3,7 km Entfernung der nächste geschlossene Siedlungskörper.

Die nächstgelegenen Nutzungen sind

- das AWO Waldheim Böblingen in ca. 550 m Entfernung von der Zufahrt und ca. 700 m von der geplanten KSVA,
- die Deponie in einer Entfernung von rund 500 m in südlicher Richtung,
- das Gebiet der Panzerkaserne Böblingen in ca. 1 km Entfernung und der
- Standortübungsplatz in einer Entfernung von rund 500 m in südlicher Richtung.

Des Weiteren grenzt unmittelbar südlich und östlich an den Anlagenstandort das FFH-Gebiet „Glemswald und Stuttgarter Bucht“ an.

Die Anlage liegt auf einer Höhe von ca. 490 m über NHN. Das umliegende Gelände ist leicht orographisch gegliedert. Südlich und nördlich des Anlagenstandorts steigt das Gelände leicht an, auf eine Höhe von ca. 510 bis 520 m über NHN.

Die Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt aus der Karte im Umgriff des Anlagenstandorts. Geländestrukturen im Anlagenumfeld sind in Abbildung 2 abgebildet.

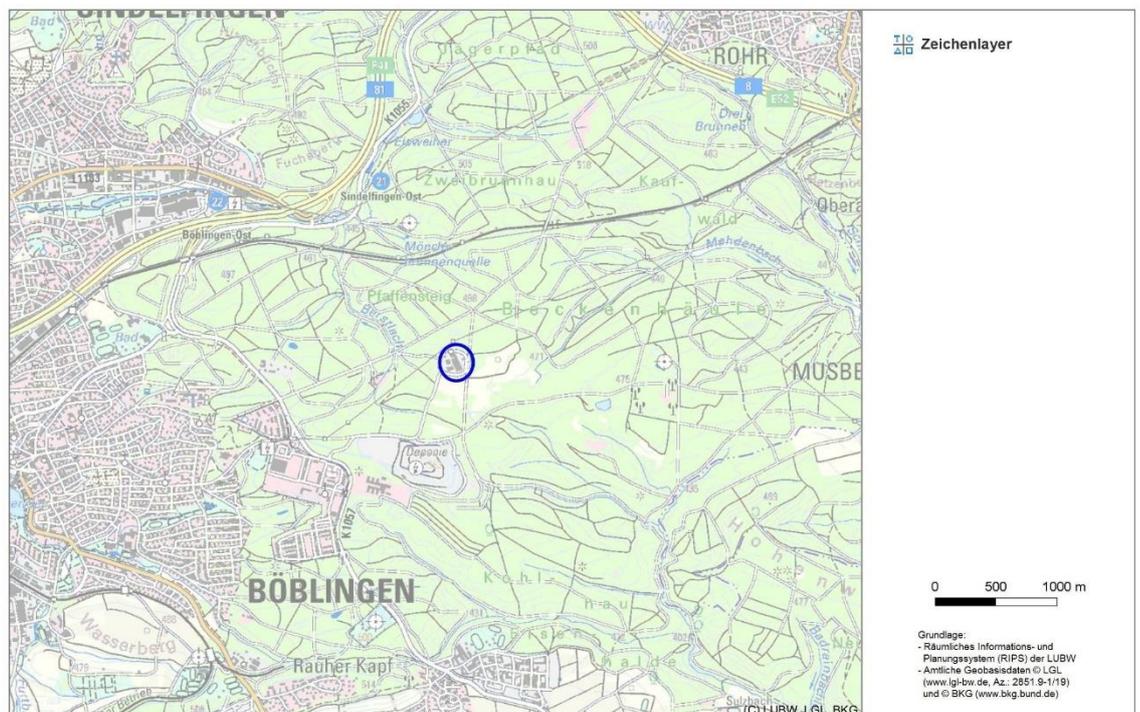


Abbildung 1. Auszug aus der Topographischen Karte im Bereich der Anlage. Der Standort der Anlage ist blau markiert. Karte genordet. Kartengrundlage: LUBW [12].

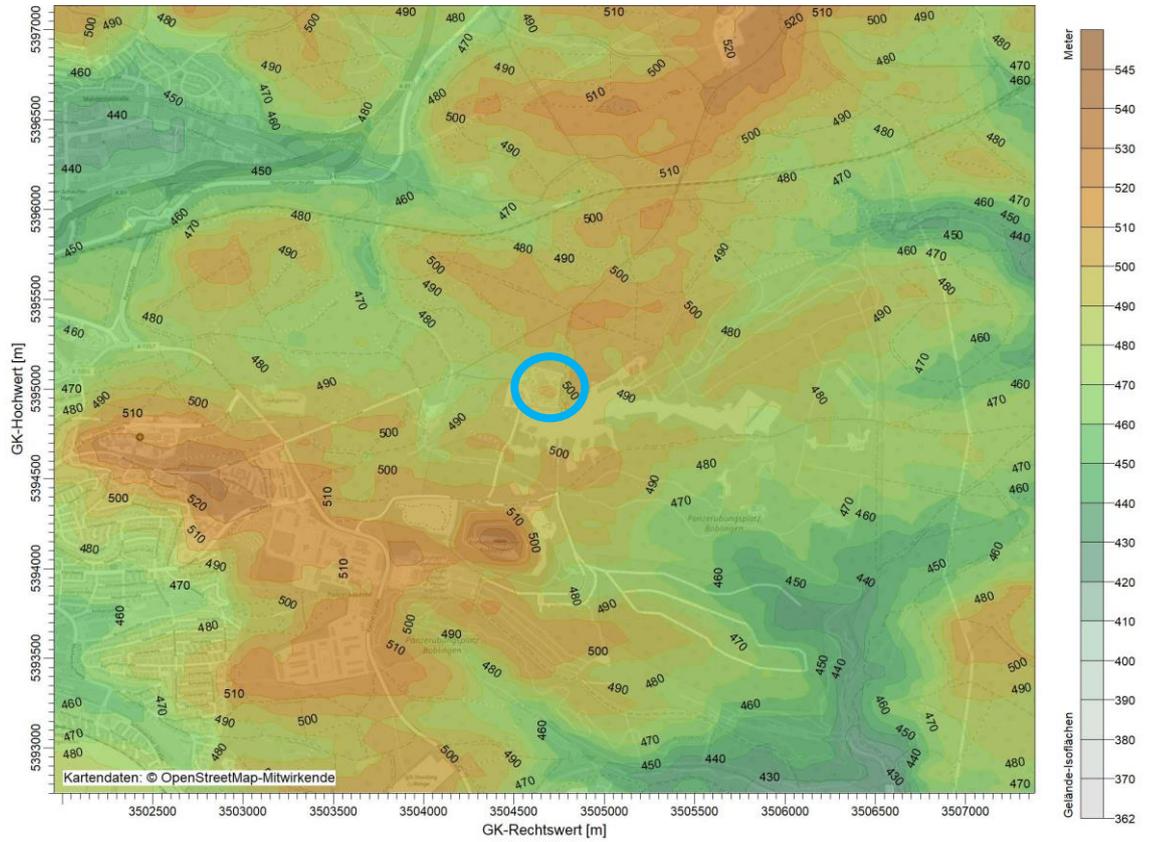


Abbildung 2. Gelände im Umgriff der Anlage. Der Standort der Anlage ist blau markiert. Karte genordet. Kartengrundlage: © OpenStreetMap [10]

3 Anlagenbeschreibung und Emissionen

3.1 Anlagen- und Betriebsbeschreibung

Die KSVa dient zur sicheren Verwertung des anfallenden Klärschlammes, zur Produktion von phosphorreicher Asche und zur Erzeugung von grüner Fernwärme und grünem Strom. Insgesamt kann das geplante Vorhaben in folgende sechs Betriebseinheiten (BE) unterteilt werden:

- BE 01 – Klärschlamm Lagerung
- BE 02 – Klärschlamm Trocknung
- BE 03 – Feuerung und Kessel
- BE 04 – Wasser-Dampf-Kreislauf
- BE 05 – Abgasreinigung
- BE 06 – Nebenanlagen

Die KSVa wird auf eine spezifische Durchsatzleistung von 4,51 Mg TR/h Klärschlamm bei einem durchschnittlichen TR-Gehalt von 26,7 % ausgelegt.

Die zum Vollzug der oben genannten Prozesse zu errichtende Anlage soll auf dem Betriebsgelände des RBB östlich der Bestandsanlage RMHKW parallel zu den bestehenden Verwertungsanlagen angesiedelt werden. Ein Lageplan der KSVa ist in Abbildung 3 (KSVa rot umrandet) dargestellt.



Abbildung 3. Lage Baufeld der KSVa auf dem Betriebsgelände des RBB. Standort des Kamins der KSVa mit rotem Kreis umrandet [9].

Im vorliegenden Gutachten soll die Schornsteinhöhe des Kamins, über welchen die Abgase aus der Klärschlammverbrennung abgeleitet werden, bestimmt werden. Aus diesem Grund sind für dieses Gutachten die Betriebseinheiten BE 03 – Feuerung und Kessel sowie BE 05 – Abgasreinigung von Bedeutung.

Nach der Klärschlamm-trocknung wird der teilgetrocknete Klärschlamm der BE 03 – Feuerung und Kessel, bestehend aus Wirbelschichtofen, Verbrennungsluftvorwärmung, Bettmaterialsystem, Brenner, Abhitze-kessel und Speisewasser- und Kondensatsystem, zugeführt und thermisch verwertet. Im Wirbelschichtofen, welcher eine Feuerungswärmeleistung von 11,2 MW und eine Klärschlamm-durchsatzleistung von 4,51 t TR/h hat, erfolgt die Verbrennung des KS innerhalb eines Wirbelbetts (Mischung aus Sand und Luft). Durch die Wirbelschicht wird eine vollständige Verbrennung des Klärschlamm bei Verbrennungstemperaturen von 850 °C bis 900 °C ermöglicht.

Die bei der Verbrennung erzeugten Abgase werden zunächst in einen Abhitze-kessel geleitet, der die Hitze des Abgases zur Erzeugung von Wasserdampf nutzt und das Abgas von ca. 900 °C auf 240 °C abkühlt. Dieser erzeugte Wasserdampf wird wiederum in einer nachgeschalteten Anlage zur Erzeugung von Strom und Fernwärme eingesetzt.

Der abgekühlte Abgasstrom durchläuft nach dem Dampferzeuger die Abgasreinigung, bestehend aus Elektrofilter, Reaktor, Gewerbefilter, Katalysator und Ammoniakwäscher sowie nachgeschaltetem Abgaskondensator. Diese Abgasreinigung dient zur sicheren Abscheidung aller nach der 17. BImSchV begrenzten Schadstoffe vom Rohgasniveau auf eine Emissionskonzentration unterhalb des jeweils zu genehmigenden Emissionsgrenzwertes.

Der gereinigte Abgasstrom wird schließlich über das Saugzuggebläse, einen Schalldämpfer, eine ca. 200 m lange Abgasleitung und den Schornstein als Reingas in die Atmosphäre abgeführt. Da das Abgas hinter dem Ammoniakwäscher gesättigt ist, müssen die Abgaskanäle und der Schornstein entsprechend von einer möglichen Kondensation geschützt werden. Dies wird durch eine hochwertige Isolierung und ggf. eine Begleitheizung gewährleistet. Der Schornstein, über den die Abgase die KSWA verlassen, besteht aus einem tragenden Außenrohr und einem druckfesten, flüssigkeitsdichtem, korrosions- und säurebeständigem Innenrohr.

Die Ableitbedingungen für das Reingas über den Schornstein und die Emissionsdaten sind im nachfolgenden Kapitel 3.2 aufgeführt.

Die Lage des Schornsteins, über den das Reingas abgeführt wird, kann der nachfolgenden Abbildung 4 entnommen werden.

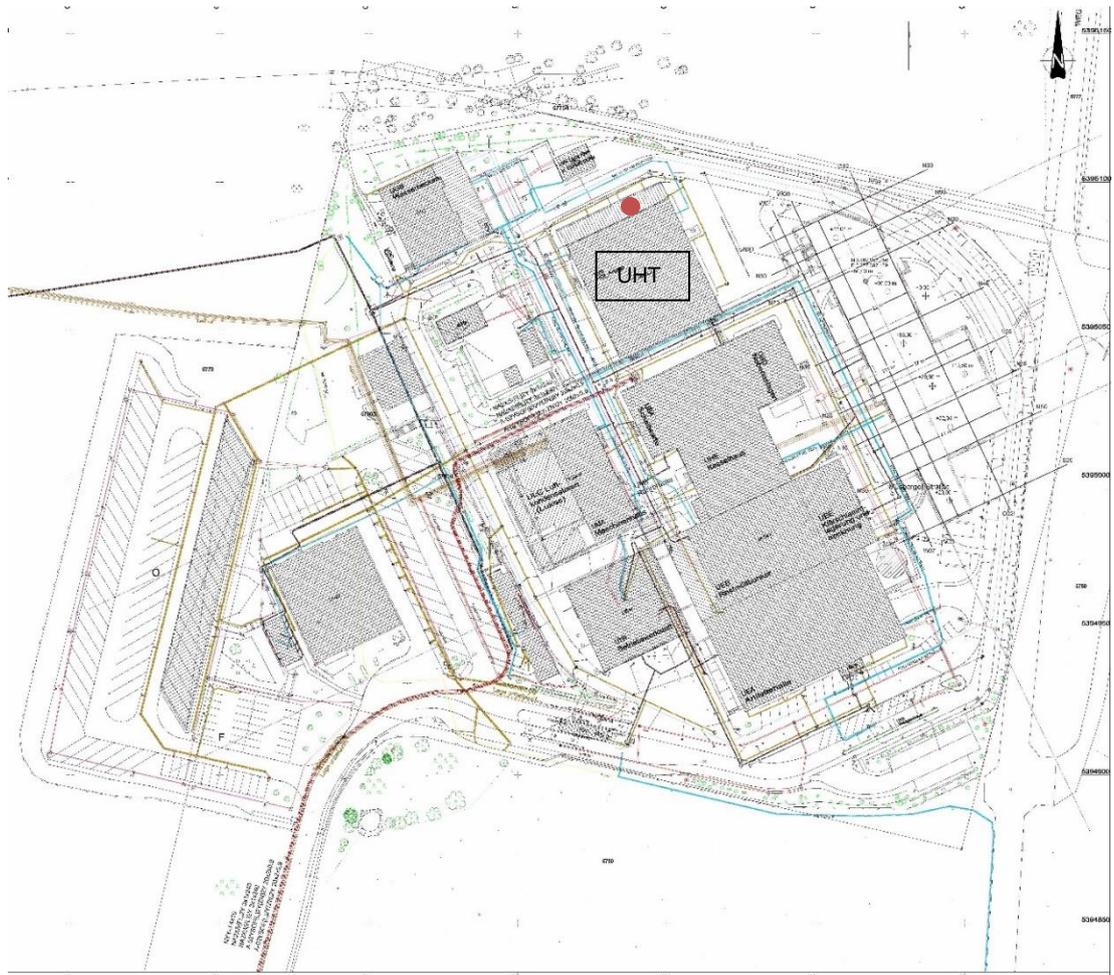


Abbildung 4. Lage des Schornsteins der geplanten KSVA rot markiert. Gebäude der UHT Abgasreinigungsanlage (= VG4 in Abbildung 7) markiert. [9].

3.2 Emissionsdaten

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Emissionsdaten auf der Grundlage der nach den Antragsunterlagen (Stand 20.6.2023) geplanten Emissionskonzentrationen sowie die Ableitbedingungen der Emissionsquelle dargestellt.

Für die Schornsteinhöhenbestimmung sind nach dem LAI-Merkblatt zur Schornsteinhöhenberechnung (2021) [4] in der Regel Tagesmittelwerte zugrunde zu legen².

² 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.

Tabelle 1. Ableitbedingungen (Abgastemperatur, Abgasfeuchte, Abgasvolumenstrom, Innendurchmesser der Schornsteinmündung) sowie Emissionskonzentrationen und Emissionsmassenströme für den bestimmungsgemäßen Betrieb [9].

KVA Böblingen - Emissionstechnische Daten

mit Wärmepumpe

Brennstoff		Klärschlamm
max. Feuerungswärmeleistung	MW	11,2
Schornstein		
Schornsteinhöhe	m	55
Innendurchmesser	m	1,00
Querschnittfläche	m ²	0,79
Abgaskenngrößen im Schornstein		
Austrittsgeschwindigkeit	m/s	12
Temperatur an der Mündung	°C	57
Wasserbeladung	kg/kg	0,1280
Wasserdampfgehalt	kg/m ³	0,17
Wasserdampfgehalt	Vol.-%	17%
Volumenstrom fe., Normbed., O ₂ -Gehalt: Bezugswert	m ³ /h	28.100
Volumenstrom tr., Normbed.	m ³ /h	23.300
Stickstoffoxide		
- NO ₂ -Anteil im Abgas (Erfahrungswerte / Messdaten)	%	10
- max. NO _x -Konzentration (als NO ₂)	mg/m ³	70
- maximaler NO-Massenstrom	kg/h	0,957
- maximaler NO ₂ -Massenstrom	kg/h	0,163
- maximaler NO ₂ -Massenstrom (mit 60%-Konvention)	kg/h	1,04
- maximaler NO _x -Massenstrom (als NO ₂)	kg/h	1,63
Staub		
- maximale Konzentration	mg/m ³	5
- maximaler Massenstrom	kg/h	0,1165
Schwefeldioxid		
- maximale Konzentration	mg/m ³	25
- maximaler Massenstrom	kg/h	0,5825
Quecksilber		
- maximale Konzentration	mg/m ³	0,005
- maximaler Massenstrom	g/h	0,1165
Ni		
- maximale Konzentration	mg/m ³	0,065
- maximaler Massenstrom	g/h	1,515
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn		
- maximale Konzentration	mg/m ³	0,10
- maximaler Massenstrom	g/h	2,330
Ammoniak		
- maximale Konzentration	mg/m ³	5
- maximaler Massenstrom	kg/h	0,117

\\S-muc-fs01\allefirmen\WP\Proj\174\174202\174202_02_Ber_5D.docx:20. 03. 2024

As		
- maximale Konzentration	mg/m ³	0,019
- maximaler Massenstrom	g/h	0,443
As, Benzo(a)pyren, Cd, Co, Cr		
- maximale Konzentration	mg/m ³	0,05
- maximaler Massenstrom	g/h	1,165
Benzo(a)pyren		
- maximale Konzentration	mg/m ³	0,001
- maximaler Massenstrom	g/h	0,0233
Cadmium, Thallium		
- maximale Konzentration	mg/m ³	0,011
- maximaler Massenstrom	g/h	0,256
Chlorwasserstoff		
- maximale Konzentration	mg/m ³	5,0
- maximaler Massenstrom	kg/h	0,1165
Fluorwasserstoff (HF)		
- maximale Konzentration	mg/m ³	0,5
- maximaler Massenstrom	kg/h	0,0117
Dioxine und Furane, PCB (PCDD/F, PCB)		
- maximale Konzentration	ng/m ³	0,04
- maximaler Massenstrom	mg/h	0,000932

Die Emissionsgrenzwerte beziehen sich auf trockenes Abgas im Normzustand (273,15 K, 101,3 kPa) und einen Sauerstoffgehalt von 11 %.

4 Schornsteinhöhenbestimmung nach Nr. 5.5 TA Luft 2021 (Einzelkamine)

4.1 Allgemeines

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.

4.2 Bestimmung der Schornsteinhöhe gemäß Nr. 5.5.2.1 TA Luft 2021

4.2.1 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 befindet sich der Schornstein auf dem Gebäudevorsprung vor dem 32 m hohen Gebäude der UHT-Abgasreinigungsanlage (siehe Abbildung 4). Die baulich bedingten Anforderungen an die freie Abströmung werden vor diesem Hintergrund auf Basis der VDI 3781 Blatt 4 (2017) ermittelt, die neben dem genannten Gebäude mit Kamin auch benachbarte Gebäude einbezieht.

Die Richtlinie VD 3781 Blatt 4 [5] unterscheidet hinsichtlich der erforderlichen Ableithöhe zwischen Anforderungen zum ungestörten Abtransport der Abgase (H_A) und Anforderungen zur ausreichenden Verdünnung der Abgase (H_E). Die größte der sich ergebenden Ableithöhen ist die maßgebliche (H_M).

Die berücksichtigten Gebäude werden für die Prüfung nach VDI 3781 Blatt 4 (2017) ggf. in mehrere (sich überlappende) Einzelgebäude mit rechteckigem Grundriss unterteilt. Die Modellierung der Gebäude und Berechnung der Ableithöhe erfolgte mit dem Programm WinSTACC [7].

Die modellierten Gebäudestrukturen sind in den nachfolgenden Abbildung 6 und Abbildung 7 dargestellt.

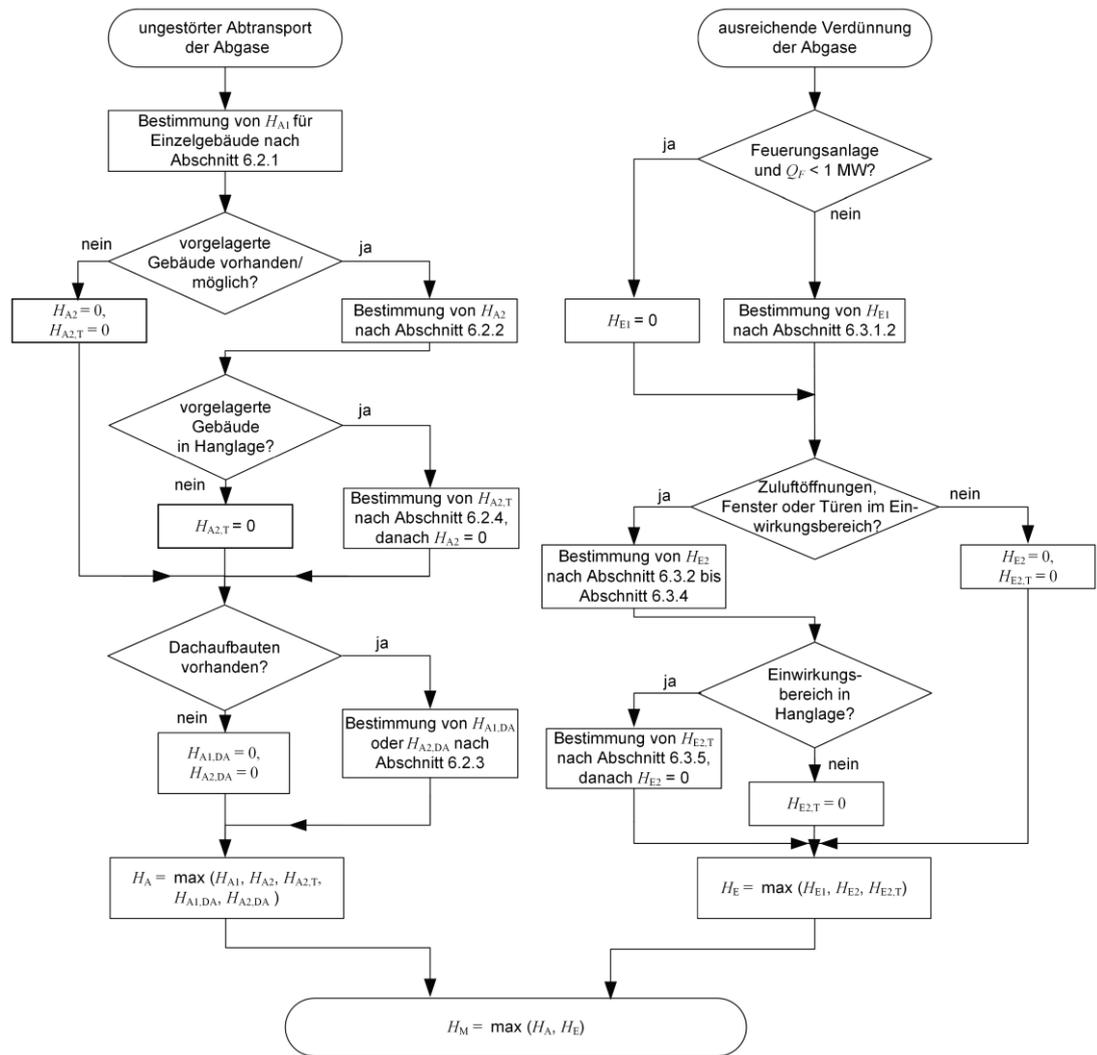


Abbildung 5. Ablaufschema zur Bestimmung der erforderlichen Mindesthöhe H_M gemäß VDI 3781 Blatt 4 (2017).

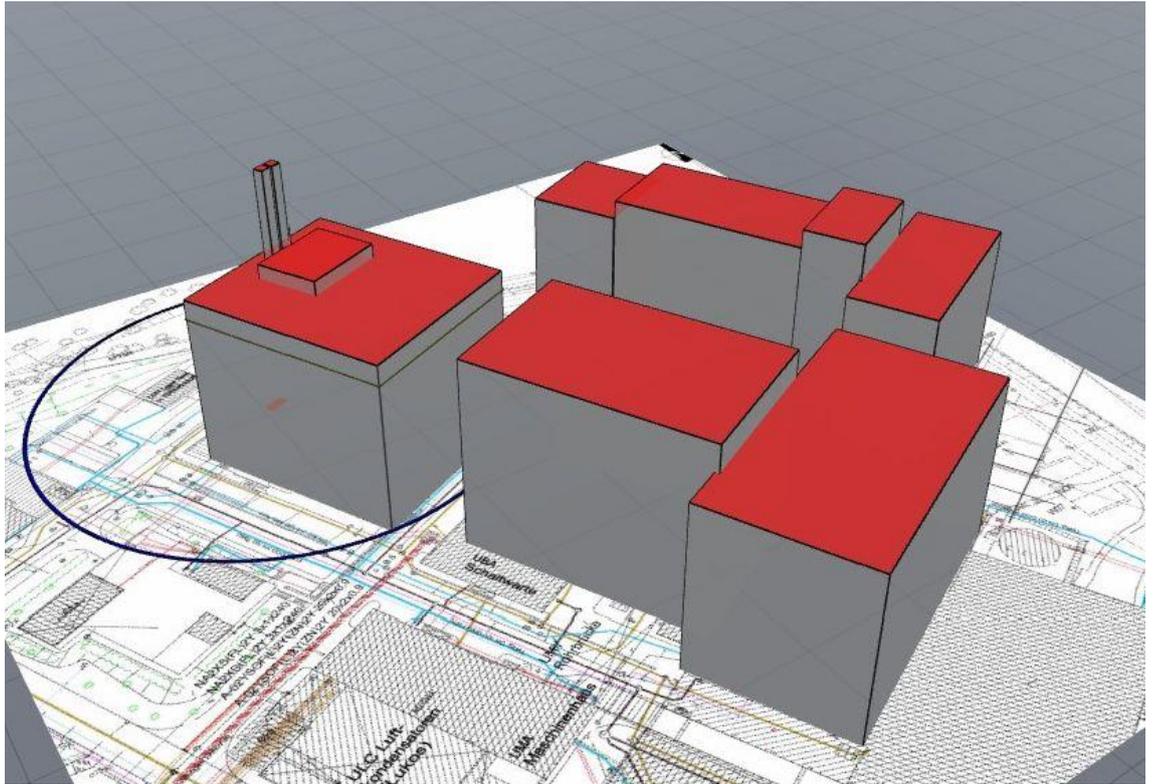


Abbildung 6. Schrägbild berücksichtigte Gebäude (WinSTACC [7]). Blauer Kreis = Einwirkungsbereich der Abgasableitvorrichtung (siehe auch Abbildung 9). Kartengrundlage: genordeter Lageplan der KSV A RBB-Böblingen [9].

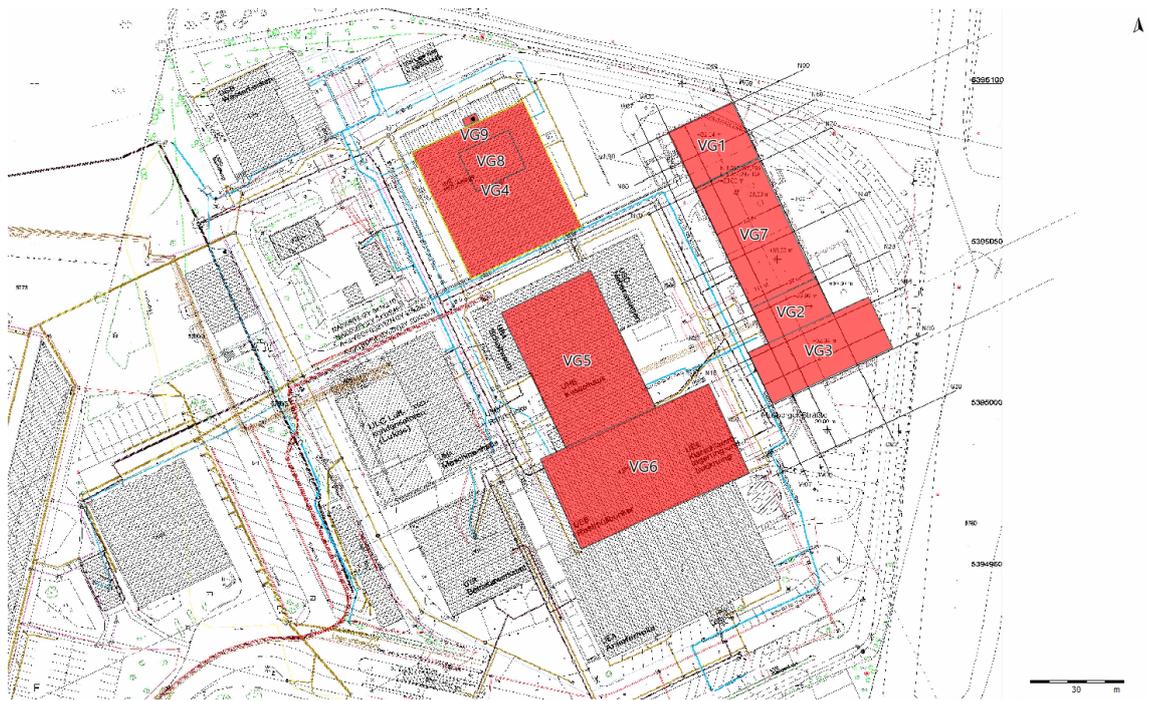


Abbildung 7. Draufsicht berücksichtigte Gebäude (WinSTACC [7]). Kartengrundlage: genordeter Lageplan der KSVa RBB-Böblingen [9].

4.2.2 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_U zu addieren. Damit ergibt sich die Höhe H_{A1} , die sicherstellt, dass die Mündung der Abgasableiteinrichtung außerhalb der Rezirkulationszone des Einzelgebäudes liegt, auf oder an dem sich der Schornstein befindet.

Die Höhe H_{A1} errechnet sich gemäß:

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

mit

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

Dabei ist

- H_{A1} erforderliche Höhe der Mündung der Abgasableiteinrichtung für den ungestörten Abtransport der Abgase für ein Einzelgebäude in m.
- H_{S1} berechnete Höhe der Mündung der Abgasableiteinrichtung über First ohne additiven Term bei Einzelgebäuden in m.
- $H_{\dot{U}}$ additiver Term in Abhängigkeit vom Anlagentyp und der Wärmeleistung in m. Bei anderen als Feuerungsanlagen, aber auch Feuerungsanlagen der vorliegenden Emissionsstärke 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 Abgasableiteinrichtung ($\beta \leq 90^\circ$).
- 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 Abgasableit-einrichtung 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.

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

Für Feuerungsanlagen im Geltungsbereich der 1. BImSchV richtet sich der additive Term $H_{\dot{U}}$ 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 $H_{\dot{U}}$ 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 [8] 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 $H_{\dot{U}}$ angesetzt (s. Tabelle 2).

Tabelle 2. Additiver Term $H_{\dot{U}}$ 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 ($H_{\dot{U}}$)	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 Emissionsquelle der KSVa entsprechend ein additiver Term $H_{\dot{U}}$ von 3,0 m angesetzt.

\\S-muc-fs01\allefirmen\WP\Proj\174\M174202\M174202_02_Ber_5D.docx:20. 03. 2024

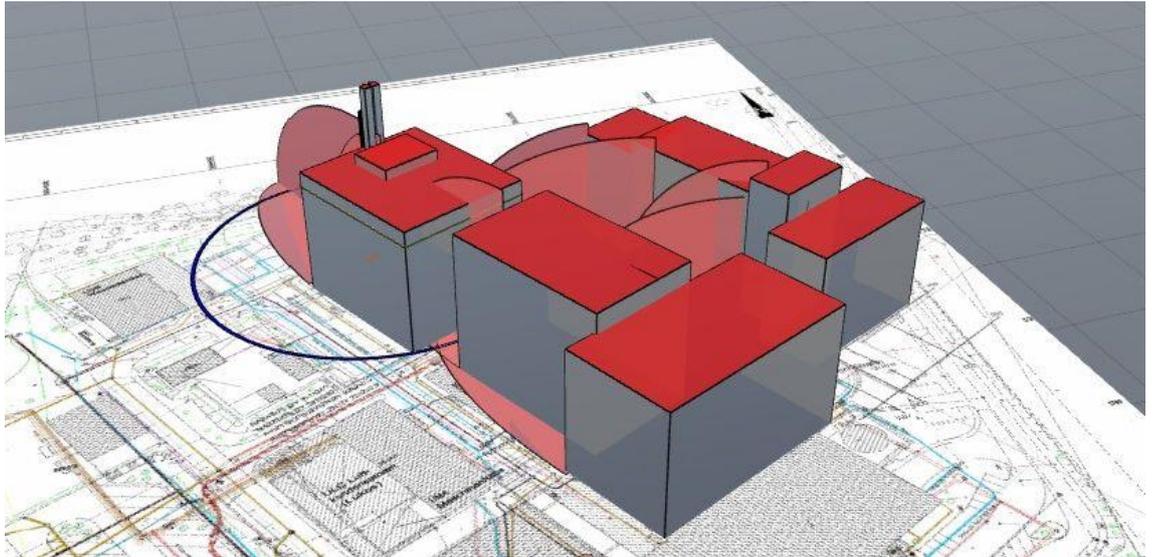


Abbildung 8. Schrägbild berücksichtigte Gebäude (WinSTACC [7]). Blauer Kreis = Einwirkungsbereich der Abgasableiteneinrichtung (siehe auch Abbildung 9). Kartengrundlage: genordeter Lageplan der KSVA RBB-Böblingen [9].

Im vorliegenden Fall befindet sich der Standort des Kamins innerhalb der Rezirkulationszone der vorgelagerten Gebäude VG4 sowie VG8 bis VG10. Die errechnete Höhe H_{A2} für den Kamin der Klärschlammverwertungsanlage (erforderliche Höhe der Mündung der Abgasableiteneinrichtung für den ungestörten Abtransport der Abgase für vorgelagerte Gebäude) ergibt sich für das vorgelagerte Gebäude VG4 zu **46,0 m über Grund**.

4.2.3 Ausreichende Verdünnung der Abgase H_z

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 Abgasleiteinrichtung wird mit 50 m festgelegt (siehe Abbildung 9).

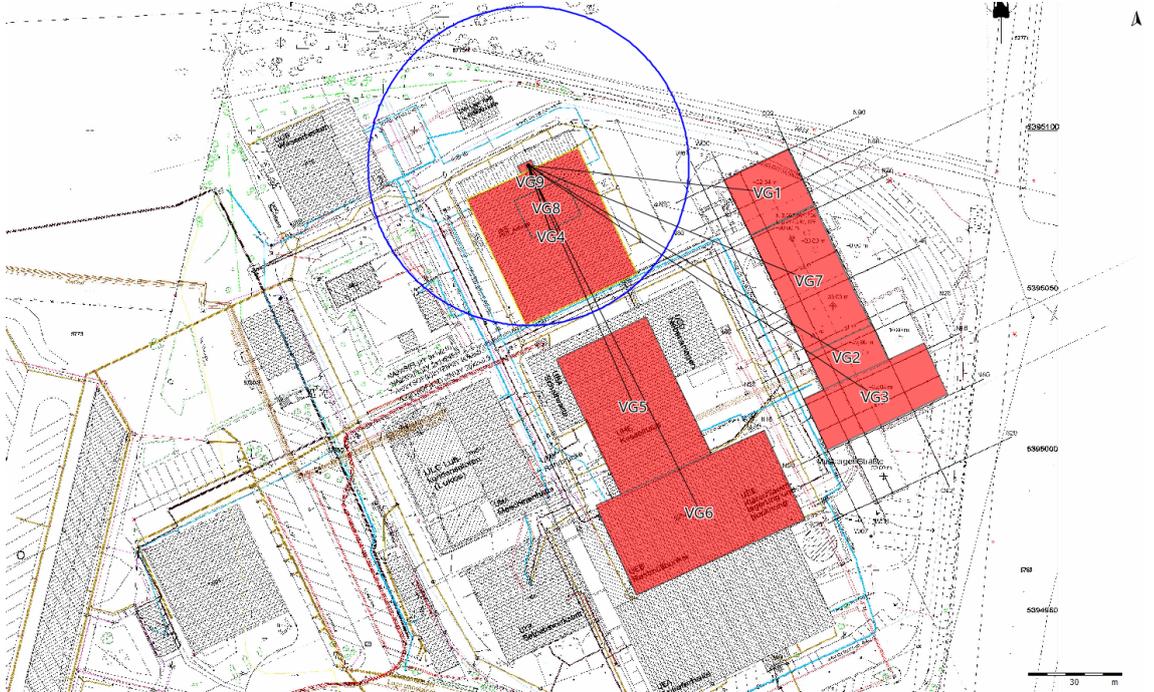


Abbildung 9. Einwirkungsbereich der Emissionsquelle der KSVA nach VDI 3781 Blatt 4 innerhalb der blauen Kreismarkierungen.

Berücksichtigung des Bezugsniveaus (H_{E2})

Gemäß Abbildung 9 liegen die vorgelagerten Gebäude VG4 und VG8 bis VG10 im Einwirkungsbereich des Kamins. Daher muss für diese Gebäude die erforderliche Mündungshöhe H_E zur ausreichenden Verdünnung der Abgase berücksichtigt werden.

Es wird davon ausgegangen, dass sich im vorgelagerten Gebäude VG4 Zuluftöffnungen, Fenster oder Türen zum ständigen Aufenthalt von Menschen bestimmten Räumen befinden, die das zu berücksichtigende Bezugsniveau vorgeben.

Die erforderliche Mündungshöhe H_E zur ausreichenden Verdünnung ergibt sich demnach zu 37,0 m über Grund.

Da die größte sich ergebende Ableithöhe die maßgebliche Höhe ist, ist im vorliegenden Fall weiterhin die Mündungshöhe H_A die entscheidende Ableithöhe für die Emissionsquelle der Klärschlammverwertungsanlage.

4.3 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 Schorn-

steinhöhenbestimmung wird anschließend für denjenigen Stoff mit dem höchsten Verhältnis Q/S durchgeführt.

Die Ermittlung der Mindestschornsteinhöhe erfolgt mit BESMIN³ [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.

Wesentlicher (höhenbestimmender) Parameter ist für die ungünstigsten Betriebsbedingungen der maximal zulässige Emissionsmassenstrom Q für den Stoff Stickstoffdioxid.

Für die Berechnung der Schornsteinhöhe wird der unter den ungünstigsten Betriebsbedingungen resultierende maximale Emissionsmassenstrom von 1,04 kg/h herangezogen.

Die emissionsbedingte mit BESMIN entsprechend berechnete Schornsteinhöhe ist in Tabelle 3 in der letzten Zeile dargestellt.

³ Das Programm BESMIN bestimmt die Mindestbauhöhe eines einzelnen Schornsteins so, dass für jede Wettersituation der Maximalwert der bodennahen Konzentration die durch den S -Wert vorgegebene Konzentration (Zahlenwert in mg/m³) gerade nicht überschreitet. Dabei wird auf die Ergebnisse von Ausbreitungsrechnungen zurückgegriffen, die für jede der in Betracht zu ziehenden Wettersituationen und ein Spektrum von Emissionshöhen für eine passive Punktquelle in ebenem Gelände und ohne Gebäudeeinfluss durchgeführt worden sind.

Tabelle 3. Schornsteinhöhe nach TA Luft 2021, BESMIN [6].

Parameter		Einheit	Stickstoffdioxid
S-Wert für Stoff	S	mg/m ³	0,10
Emissionsmassenstrom	<i>eq</i>	kg/h	1,04
Innendurchmesser	<i>dq</i>	m	1,00
Austrittsgeschwindigkeit	<i>vq</i>	m/s	11,8
Austrittstemperatur	<i>tq</i>	°C	57
Wasserbeladung	<i>zq</i>	kg/(kg tr)	0,128
Berechnete Schornsteinhöhe	<i>hb</i>	m	6,0

4.4 Berücksichtigung von Bebauung und Bewuchs gemäß Nr. 5.5.2.3

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 (siehe Tabelle 3 in Kap. 4.3). Es wird die kreisförmige Fläche um den Schornstein mit einem Radius von 150 m betrachtet. Dieser Kreis beinhaltet Teile des Anlagengeländes sowie Teile einer Waldfläche (vgl. Abbildung 10).



Abbildung 10. Beurteilungsgebiet (BESMIN) um geplanten Schornstein mit einem Radius $R = 150$ m (roter Kreis). Karte genordet. Kartengrundlage: © OpenStreetMap [10].

Innerhalb dieses Kreises ist der Bereich mit geschlossener vorhandener oder nach einem Bebauungsplan zulässiger Bebauung oder geschlossenem Bewuchs zu ermitteln, der 5 % der Kreisfläche umfasst und in dem die Bebauung oder der Bewuchs die größte mittlere Höhe über Grund aufweist. Einzelstehende höhere Gebäude werden hierbei nicht berücksichtigt.

Bei den maßgeblichen Gebäuden handelt es sich um die Betriebsgebäude der Klärschlammverwertungsanlage sowie des Restmüllheizkraftwerkes.

Die ermittelte Schornsteinhöhe von 6,0 m über Grund wird um einen Zusatzbetrag für Bebauung und Bewuchs (Z_{BB}) von 30 m auf 36,0 m über Grund erhöht.

4.5 Berücksichtigung von unebenem Gelände gemäß Nr. 5.5.2.3

Weiter ist die ermittelte Schornsteinhöhe von gerundet 6,0 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 Zusammenfassung Schornsteinhöhen

In der nachfolgenden Tabelle sind die in den Kapiteln 4.2 bis 4.5 berechneten Ableithöhen der Klärschlammverwertungsanlage zusammengefasst. Die maßgebliche Höhe ist fett dargestellt.

Tabelle 4. Ableithöhen entsprechend den Anforderungen der Nr. 5.5 TA Luft 2021 unter Berücksichtigung des Einzelkamins.

Kamin-ID	Schornsteinhöhe berechnet				
	baulich bedingt	umgebungsbedingt Bezugsniveau	emissionsbedingt Einzelkamin	umgebungsbedingt Bebauung/ Bewuchs	umgebungsbedingt Gelände
	(Kap. 4.2.2) [m ü. Grund]	(Kap. 4.2.3) [m ü. Grund]	(Kap. 4.3) [m ü. Grund]	(Kap. 4.4) [m ü. Grund]	(Kap. 4.5) [m ü. Grund]
Kamin-KSVA	46,0	37,0	6,0	36,0	--

Im vorliegenden Fall befindet sich die Position des neuen Schornsteins unmittelbar nördlich der beiden nah beieinander positionierten Schornsteine des Restmüllheizkraftwerks. Aufgrund des Höhenunterschieds von 9 m, den die berechnete Schornsteinmündung unterhalb der Mündung der bestehenden Schornsteine liegt, ergeben sich bei Südanströmung aufgrund der Wirbelablösung hinter den bestehenden Kaminen Störungen der freien Abströmung, die mit der Methodik der VDI 3781 Blatt 4 nicht abgebildet werden können. Umgekehrt werden die Abgase des niedrigeren Schornsteins bei Nordanströmung gegen die bestehenden Schornsteine geleitet, was wiederum eine Störung der freien Abströmung mit sich bringt und zusätzlich aufgrund der Abgaseigenschaften aus der Klärschlammverbrennung (hohe Feuchte) zu Korrosionsproblemen an den bestehenden Schornsteinen führen kann.

Aus den genannten Gründen sollte die Bauhöhe des neuen Schornsteins die gleiche Höhe aufweisen wie die bestehenden Schornsteine. Dann ist die freie Abströmung gewährleistet und Folgeprobleme werden vermieden.

Die empfohlene Bauhöhe beträgt somit

55 m über Grund.

Die Abgase müssen ungehindert senkrecht nach oben austreten. Die Schornsteine dürfen nicht überdacht werden; zum Schutz vor Regeneinfall kann ein Deflektor installiert werden.

6 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] 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.
- [8] 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

- [9] Unterlagen und Angaben des Antragstellers/Auftraggebers.
- [10] OpenStreetMap, © OpenStreetMap-Mitwirkende. Creative-Commons-Lizenz - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 2.0 (CC BY-SA) – www.openstreetmap.org/copyright.
- [11] OpenTopoMap, © OpenStreetMap-Mitwirkende. Kartendarstellung © OpenTopoMap. Creative-Commons-Lizenz - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 2.0 (CC BY-SA) - www.opentopomap.org/about.
- [12] Daten- und Kartendienst der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW); <http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/>.

Anhang

VDI 3782 Blatt 4 WinSTACC Protokoll

***** WinSTACC - Lohmeyer GmbH *****

***** Programmibliothek VDI 3781 Blatt 4 - Ableitbedingungen für Abgase *****

Programmversion = 1.0.7.8
dll-Version = 1.0.4.8

[Start]

Datum Rechnung = 04.07.2023 19:31
Steuerdatei = C:\LOHMEYER\WinSTACC\VDI_Input.ini
Längenangaben = Meter
Winkelangaben = Grad
Leistungsangaben = Kilowatt

[EmittierendeAnlage]

Anlagentyp = Feuerungsanlage
Brennstoff = fest
Nennwärmeleistung_Q_N = 12200
Feuerungswärmeleistung_Q_F = 12200
H_Ü aus Tabelle 1 Abschnitt 5.2 (Feuerungsanlage)
H_Ü = 3
Radius des Einwirkungsbereichs R für feste Brennstoffe aus Tabelle 3 Abschnitt 6.3.2
R = 50
Höhe über dem Bezugsniveau H_B für feste Brennstoffe aus Tabelle 3 Abschnitt 6.3.2
H_B = 5

[Einzelgebäude]

Länge_l = 4.7
Breite_b = 2.4
Traufhöhe_H_Traufe = 0
Firsthöhe_H_First = 0
Dachform = Flachdach
Dachhöhe_H_Dach = 0
BreiteGiebelseite_b = 2.4
HorizontalerAbstandMündungFirst_a = 1.1
Berechnung von H_A1...
Glg. 8
H_A1F = 3
a = 0
alpha = 0
Glg. 5
H_1 = 0.4
Glg. 7
f = 0
Glg. 6
H_2 = 0.4
Glg. 3
H_S1 = 0.4
Glg. 4
H_A1` = 3.4
H_A1 ist lt. Abschnitt 6.2.1.2.3 durch H_A1F zu begrenzen
H_A1`` = 3
H_A1 ist größer als die Höhe von Einzelgebäude und wird daher auf diese Höhe begrenzt:
H_A1 = 0
Berechnung von H_E1...
H_E1 = 10

[VorgelagertesGebäude1]

Länge_l = 22.1
Breite_b = 19.1
Traufhöhe_H_Traufe = 32
Firsthöhe_H_First = 32
Dachform = Flachdach
Dachhöhe_H_Dach = 0
BreiteGiebelseite_b = 19.1
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
HöheObersteFensterkante_H_F = 0
WinkelGebäudeMündung_beta = 32
AbstandGebäudeMündung_l_A = 62.4
Hanglage = nein

HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 $I_{eff} = 27.9$

Glg. 15
 $I_{RZ} = 40.1$

VorgelagertesGebäude1 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E für VorgelagertesGebäude1 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

$H_{E2} = 0$

$\alpha = 0$

Glg. 7
 $f = 0$

Glg. 6
 $H_{2V} = 3.5$

[VorgelagertesGebäude2]

Länge_l = 22

Breite_b = 12.2

Traufhöhe_H_Traufe = 40

Firsthöhe_H_First = 40

Dachform = Flachdach

Dachhöhe_H_Dach = 0

BreiteGiebelseite_b = 12.2

H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein

HöheObersteFensterkante_H_F = 0

WinkelGebäudeMündung_beta = 56

AbstandGebäudeMündung_l_A = 108.8

Hanglage = nein

HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0

GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 $I_{eff} = 25.1$

Glg. 15
 $I_{RZ} = 37.9$

VorgelagertesGebäude2 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E für VorgelagertesGebäude2 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

$H_{E2} = 0$

$\alpha = 0$

Glg. 7
 $f = 0$

Glg. 6
 $H_{2V} = 2.2$

[VorgelagertesGebäude3]

Länge_l = 41.1

Breite_b = 17.6

Traufhöhe_H_Traufe = 32

Firsthöhe_H_First = 32

Dachform = Flachdach

Dachhöhe_H_Dach = 0

BreiteGiebelseite_b = 17.6

H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein

HöheObersteFensterkante_H_F = 0

WinkelGebäudeMündung_beta = 59

AbstandGebäudeMündung_l_A = 119.8

Hanglage = nein

HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0

GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 $I_{eff} = 44.3$

Glg. 15
 $I_{RZ} = 57.6$

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

H_E für VorgelagertesGebäude3 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	= 3.2
[VorgelagertesGebäude4]	
Länge_l	= 43.6
Breite_b	= 38.3
Traufhöhe_H_Traufe	= 36
Firsthöhe_H_First	= 36
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 38.3
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 32
WinkelGebäudeMündung_beta	= 7
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 1.3
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein
Berechnung von H_A2	
Glg. 16	
l_eff	= 43.3
Glg. 15	
l_RZ	= 58.3
Glg. 18	
p	= 1
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 7
Glg. 17	
H_S2	= 43
Glg. 19	
H_A2	= 46
Glg. 22	
H_E2	= 37

[VorgelagertesGebäude5]	
Länge_l	= 47.6
Breite_b	= 30.7
Traufhöhe_H_Traufe	= 39.5
Firsthöhe_H_First	= 39.5
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 30.7
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 2
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 58.4
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein
Berechnung von H_A2	
Glg. 16	
l_eff	= 32.3
Glg. 15	
l_RZ	= 47
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	= 5.6
[VorgelagertesGebäude6]	
Länge_l	= 57.5
Breite_b	= 30.6
Traufhöhe_H_Traufe	= 34
Firsthöhe_H_First	= 34

Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 30.6
 H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 88
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 105.8
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
l_eff = 58.5

Glg. 15
l_RZ = 71.6

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 = 5.6

[VorgelagertesGebäude7]

Länge_l = 41.2
 Breite_b = 21.7
 Traufhöhe_H_Traufe = 36
 Firsthöhe_H_First = 36
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 21.7
 H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 43
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 78.9
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
l_eff = 44

Glg. 15
l_RZ = 58.9

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

H_E für VorgelagertesGebäude7 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 = 3.9

[VorgelagertesGebäude8]

Länge_l = 17
 Breite_b = 13
 Traufhöhe_H_Traufe = 39
 Firsthöhe_H_First = 39
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 13
 H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 90
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 7.8
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
l_eff = 17

Glg. 15
 $I_{RZ} = 26.8$
 Glg. 18
 $p = 0.96$
 $\alpha = 0$
 Glg. 7
 $f = 0$
 Glg. 6
 $H_{2V} = 2.4$
 Glg. 17
 $H_{S2} = 39.6$
 Glg. 19
 $H_{A2} = 42.6$
 H_E für VorgelagertesGebäude8 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.
 Es wird damit für VorgelagertesGebäude8 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.
 $H_{E2} = 0$

[VorgelagertesGebäude9]
 $Länge_l = 2$
 $Breite_b = 2$
 $Traufhöhe_H_{Traufe} = 55$
 $Firsthöhe_H_{First} = 55$
 $Dachform = \text{Flachdach}$
 $Dachhöhe_H_{Dach} = 0$
 $BreiteGiebelseite_b = 2$
 $H_{2V_mit_H_A1F_begrenzen} = \text{nein}$
 $HöheObersteFensterkante_H_F = 0$
 $WinkelGebäudeMündung_beta = 13$
 $AbstandGebäudeMündung_l_A = 3.8$
 $Hanglage = \text{nein}$
 $HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0$
 $GeschlosseneBauweise = \text{nein}$
 Berechnung von H_{A2}

Glg. 16
 $I_{eff} = 2.4$
 Glg. 15
 $I_{RZ} = 4.2$
 Glg. 18
 $p = 0.4$
 $\alpha = 0$
 Glg. 7
 $f = 0$
 Glg. 6
 $H_{2V} = 0.4$
 Glg. 17
 $H_{S2} = 22.3$
 Glg. 19
 $H_{A2} = 25.3$
 H_E für VorgelagertesGebäude9 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.
 Es wird damit für VorgelagertesGebäude9 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.
 $H_{E2} = 0$

[VorgelagertesGebäude10]
 $Länge_l = 2$
 $Breite_b = 2$
 $Traufhöhe_H_{Traufe} = 55$
 $Firsthöhe_H_{First} = 55$
 $Dachform = \text{Flachdach}$
 $Dachhöhe_H_{Dach} = 0$
 $BreiteGiebelseite_b = 2$
 $H_{2V_mit_H_A1F_begrenzen} = \text{nein}$
 $HöheObersteFensterkante_H_F = 0$
 $WinkelGebäudeMündung_beta = 18$
 $AbstandGebäudeMündung_l_A = 4$
 $Hanglage = \text{nein}$
 $HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0$
 $GeschlosseneBauweise = \text{nein}$
 Berechnung von H_{A2}

Glg. 16
 $I_{eff} = 2.5$
 Glg. 15
 $I_{RZ} = 4.4$
 Glg. 18

$p = 0.4$
 $\alpha = 0$
 Glg. 7
 $f = 0$
 Glg. 6
 $H_{2V} = 0.4$
 Glg. 17
 $H_{S2} = 22$
 Glg. 19
 $H_{A2} = 25$
 H_E für VorgelagertesGebäude10 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.
 Es wird damit für VorgelagertesGebäude10 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.
 $H_{E2} = 0$

[Ergebnis]

Berechnung der Mündungshöhe H_A für den ungestörten Abtransport der Abgase...
 $H_A = 46$
 Berechnung der Mündungshöhe H_E für die ausreichende Verdünnung der Abgase...
 $H_E = 37$

freistehender Schornstein (Firsthöhe kleiner oder gleich 1 m)!

----- Mündungshöhe über Grund = 46

BESMIN

2024-03-19 17:53:55 BESMIN Version 1.0.1
 IBJpluris Version 3.1.6
 Berechnete Schornsteinhöhen hb (in m):

Stoff	S	eq	dq	vq	tq	zq	hb
Stickstoffdioxid	0,1	1,04E+00	1,0	11,8	57	0,1280	6,0