

Schornsteinhöhenberechnung gemäß TA Luft 2021

**für eine geplante regenerative thermische Oxidation (RTO)
am Standort einer Biogasanlage im Außenbereich von
25779 Hennstedt am Standort Lindener Koog 19**

Auftraggeber: Bioenergie Hennstedt GmbH
Lindener Koog 19
25779 Hennstedt

Auftragsdatum: 11.12.2023

28.02.2024

Dr. Dorothee Holste

von der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige
für das Fachgebiet Emissionen und Immissionen

Kiewittsholm 15
24107 Ottendorf
Tel. 0431 / 585 68 91
Fax 0431 / 585 68 92
E-Mail: Holste.Gutachten@web.de

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
1.1	Anlass der Gutachtenerstellung	3
1.2	Auftraggeber und Betreiber	4
1.3	Gutachterin	4
1.4	Art der Anlage	4
1.5	Ortsbesichtigung und Datenaufnahme	5
2	Beurteilungsgrundlagen	6
2.1	Schornsteinhöhenberechnung	6
2.2	Stickstoffdeposition	7
3	Schornsteinhöhenberechnung nach Nr. 5.5 TA Luft 2021	8
3.1	Kriterien	8
3.2	Gebäudebedingte Schornsteinhöhe gemäß VDI-Richtlinie 3471 Blatt 4	8
3.3	Emissionsbedingte Schornsteinhöhe	11
3.4	Berechnung eines Zuschlages für Bebauung und Bewuchs nach 5.5.2.3 TA Luft	13
3.5	Ergebnis der Schornsteinhöhenberechnung nach Nr. 5.5 TA Luft	14
3.6	Anforderung bezüglich der Geruchsimmissionen	14
3.7	Stickstoffdeposition	14
4	Abschließende Zusammenfassung	15
4.1	Schornsteinhöhe gemäß Nr. 5.5 TA Luft	15
4.2	Einhaltung des Kriteriums zu Geruchsimmissionen	15
4.3	Stickstoffdeposition	15
5	Verwendete Unterlagen	16
5.1	Projektbezogene Unterlagen	16
5.2	Hilfsmittel für die Ausbreitungsrechnung und die Schornsteinhöhenberechnung	16
5.3	Gesetze und Verordnungen	16
5.4	Literatur und technische Regelwerke	16
6	Anhang	18
6.1	Protokolldateien	18

1 Aufgabenstellung

1.1 Anlass der Gutachtenerstellung

Die Bioenergie Hennstedt GmbH bewirtschaftet am Anlagenstandort Julianka, Lindener Koog 19, im Außenbereich von 25779 Hennstedt eine Biogasanlage mit zwei BHKW (insgesamt 4.300 kW_{el}).

Geplant sind folgende Maßnahmen:

- Abriss und Neubau eines Güllevorlagebehälters
- Abriss eines Biofilters
- Abriss eines Verdichtercontainers
- Abriss der drei Hygienisierungsbehälter
- Abriss der vorhandenen Entschwefelung
- Abdeckung der Lagunen für Oberflächenwasser
- Neubau eines zweiten Feststoffeintrags mit Eintragungssystem
- Neubau einer Biogasaufbereitungsanlage mit Membrananlage, Gasaufbereitung und Regenerativer Thermischer Oxidation (RTO) zur Abluftbehandlung
- Neubau eines CO₂-Übergabecontainers
- Neubau einer Druckminderung
- Neubau eines Abfüllplatzes am Gärrestlager 1
- Neubau eines Gärrestlagers 2 mit Abfüllplatz
- O₂-Generator
- Errichtung einer Silo-Trennwand
- Reduzierter Betrieb der BHKW (nur ein Motor, mit 50% Leistung)

Im Rahmen dieses Gutachtens ist die erforderliche Schornsteinbauhöhe für das Abgas der geplanten RTO nach den Vorgaben der TA Luft 2021 zu ermitteln.

Weiterhin ist zu prüfen, inwieweit das Vorhaben Stickstoff- oder Säureeinträge im Bereich empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme oder in FFH-Gebieten verursacht.

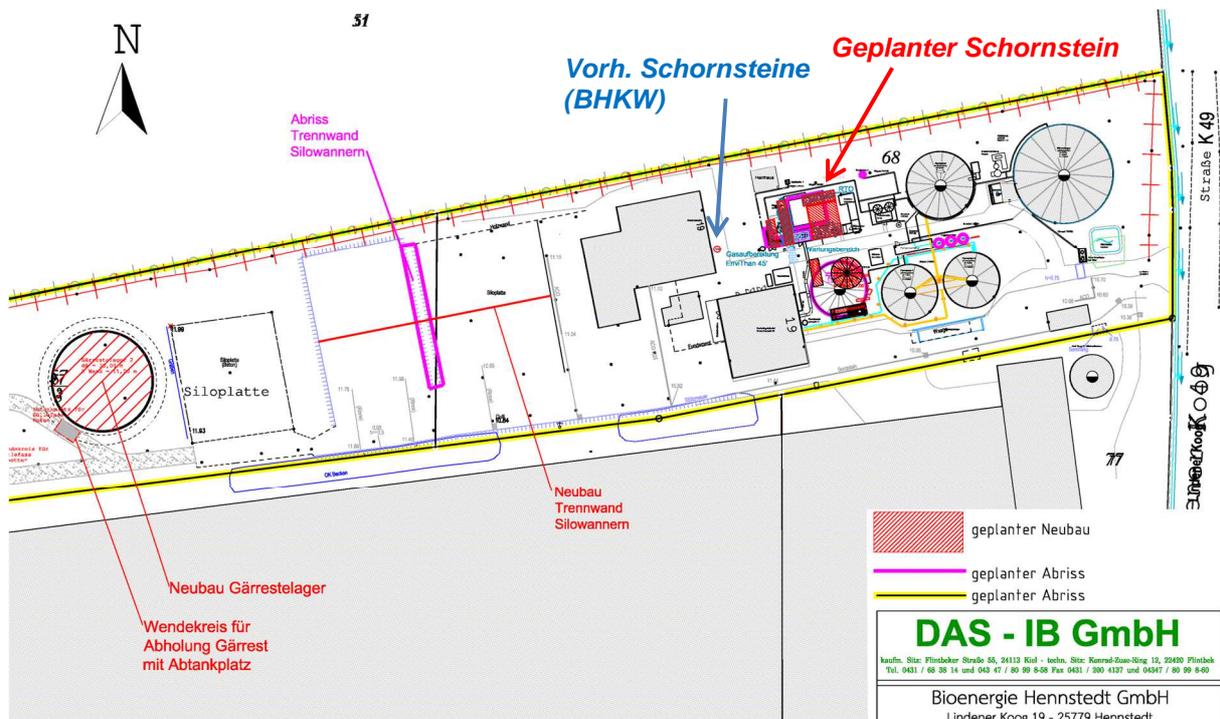


Abbildung 1: Lageplan der Biogasanlage Hennstedt genordete Karte, Maßstab ca. 1 : 2.200
 Quelle: DAS-IB GmbH, Maßstab verändert

1.2 Auftraggeber und Betreiber

Bioenergie Hennstedt GmbH
Lindener Koog 19
25779 Hennstedt

1.3 Gutachterin

Dr. Dorothee Holste
Kiewittsholm 15
24107 Ottendorf
Tel. 0431 / 585 68 91
Fax 0431 / 585 68 92
E-Mail: Holste.Gutachten@web.de

1.4 Art der Anlage

Biogasanlage zur Vergärung von Gülle (i.S. §2 TierNebV) und nachwachsenden Rohstoffen mit Biogasaufbereitungsanlage zur Erzeugung von Biomethan. Es handelt sich im Sinne des BImSchG um eine genehmigungsbedürftige Anlage.

Nr. Anhang 1 4. BImSchV	
	Hauptanlage
8.6.3.1 EG	Anlagen zur biologischen Behandlung, soweit nicht durch Nr. 8.5 oder 8.7 erfasst, von Gülle, soweit die Behandlung ausschließlich zur Verwertung durch anaerobe Vergärung (Biogaserzeugung) erfolgt, mit einer Durchsatzkapazität von 100 Tonnen oder mehr je Tag
	Nebeneinrichtungen
1.2.2.2 V	2 BHKW, Kapazität insgesamt 4,2 MW
9.36 V	Gärrestlager 1 & 2, gesamt 14.300 m ³ Lagerkapazität
9.1.2 V	Gasspeicher, 8,5 t Lagerkapazität
1.16 V	Biogasaufbereitungsanlage, 750 m ³ /h Durchsatz

Tabelle 1: Substratmengen

Einsatzstoffe	[t/a]	[t/d]
Silage (Maissilage, max. 30% GPS)	19.000	52
Wirtschaftsdünger (Rindergülle oder Festmist, Hühnertrockenkot, Separierte Gülle)	38.130	104,5
Summe	57.130	156,5

1.5 Ortsbesichtigung und Datenaufnahme

1.5.1 Datum

Eine Ortsbesichtigung fand am 07.06.2023 statt.

1.5.2 Anwesende

Herr Josten, Mitarbeiter Loick Bioenergie GmbH

Herr Middendorf, Mitarbeiter Loick Bioenergie GmbH

Dr. Dorothee Holste, Gutachterin

1.5.3 Ablauf

Anlässlich der Ortsbesichtigung am 07.06.2023 wurde zunächst das Vorhaben mit den Mitarbeitern besprochen. Anschließend wurde das Anlagengelände besichtigt und die Ableitungs- und Ausbreitungsbedingungen im Umfeld in Augenschein genommen.

Im Anschluss wurden durch die Sachverständige die Immissionsaufpunkte sowie mögliche Vorbelastungsquellen jeweils von der Straße aus in Augenschein genommen.

Die Planungsdaten zur Biogasanlagenerweiterung wurden durch den Auftraggeber und durch die DAS-IG GmbH schriftlich überreicht.

2 Beurteilungsgrundlagen

2.1 Schornsteinhöhenberechnung

Die Schornsteinbauhöhe ergibt sich aus den Anforderungen der Nummer 5.5 TA Luft 2021 in Verbindung mit den Anhängen 2, 6 und 7.

Grundsätzlich soll die Schornsteinhöhe

- a) die Ableitung in die freie Luftströmung und
- b) eine ausreichende Verdünnung gewährleisten.

Zur Ableitung in die freie Luftströmung sollen nach Nummer 5.5.2.1 der TA Luft 2021 die Anforderungen der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 (Ausgabe Juli 2017) erfüllt werden.

Der Maßstab für eine ausreichende Verdünnung der Abgase ist nach Nr. 5.5.2.2 die maximale bodennahe Konzentration (S-Wert) für die in Anhang 6 der TA Luft 2021 aufgeführten Stoffe in einer stationären Ausbreitungssituation.

Für diese Berechnung wurde vom Umweltbundesamt eine Referenzimplementierung BESTAL mit den Programmen BESMIN und BESMAX herausgegeben.

Mit dem Programm BESMIN wird für die geplante Quelle eine Mindestableithöhe ermittelt. Eingangsdaten dieser Berechnung sind die Emissionsparameter der Quelle (Innendurchmesser, Abgasgeschwindigkeit und Wasserbeladung an der Schornsteinmündung), sowie die Emissionsmassenströme und S-Werte der in Anhang 6 aufgelisteten Stoffe.

Wenn mehrere Schornsteine vorhanden sind, wird mit dem Programm BESMAX ergänzend die Überlagerung der Konzentrationsfahnen berücksichtigt und geprüft, ob die S-Werte auch unter diesen Bedingungen eingehalten werden. Eingangsdaten für diese Berechnung sind die Emissionsmassenströme, Koordinaten, Bauhöhen, Innendurchmesser, Austrittsgeschwindigkeiten und -temperaturen, sowie die Wasserbeladung. Maßgeblich sind in diesem Zusammenhang Schornsteine, die der betrachteten Anlage zuzuordnen sind. Schornsteine benachbarter Anlagen bleiben dagegen unberücksichtigt [17].

Wenn eine Überschreitung vorliegt, soll zunächst eine Verminderung der Emissionen angestrebt werden. Wenn dies nicht möglich ist, muss die Schornsteinhöhe so weit erhöht werden, dass die Gesamtbelastung den maßgeblichen Immissionswert für das Jahr nicht überschreitet. Diese Berechnungen werden mit dem Programm AUSTAL durchgeführt.

Falls das Windfeld durch geschlossene Bebauung und Bewuchs sowie unebenes Gelände beeinflusst wird, ist nach Nr. 5.5.2.3 eine Korrektur der Schornsteinbauhöhe erforderlich.

Eine Korrektur für Bebauung und Bewuchs wird notwendig, wenn im Umkreis der 15fachen Schornsteinbauhöhe, mindestens 150 m, der Flächenanteil mit geschlossener vorhandener oder nach einem Bebauungsplan zulässiger Bebauung oder Bewuchs (ausgenommen einzelstehende höhere Objekte) mindestens 5 Prozent beträgt. In diesem Fall ist die Bauhöhe um die mittlere Höhe desjenigen Flächenanteils von 5% zu erhöhen, in dem die mittlere Höhe den größten Wert aufweist.

Eine Korrektur für die Geländeform ist erforderlich, wenn der Landschaftshorizont, von der Mündung des Schornsteins aus betrachtet, über der Horizontalen ist und der Winkel zur Horizontalen in einem mindestens 20 Grad breiten Richtungssektor größer als 15° ist. In diesem Fall soll die Schornsteinhöhe so weit erhöht werden, bis dieser Winkel $\leq 15^\circ$ ist.

Hinsichtlich der Geruchsimmissionen ergibt sich aus Anhang 7 die zusätzliche Anforderung, dass die relative Häufigkeit von Geruchsstunden den Wert 0,06 in keiner Beurteilungsfläche mit Immissionsaufpunkten überschreitet.

2.2 Stickstoffdeposition

Die Prüfung des Schutzes der Vegetation vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Stickstoffeinträge erfolgt für FFH-Gebiete nach Anhang 8 der TA Luft 2021 und für empfindliche Pflanzen und Ökosysteme außerhalb von FFH-Gebieten nach Anhang 9 der TA Luft 2021.

Diese Untersuchungen für den Parameter Ammoniak werden nur dann erforderlich, wenn der Emissionsmassenstrom der Anlage den Bagatellmassenstrom von 0,1 kg/h überschreitet.

Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung (FFH/Natura 2000)

Zur Beurteilung der Stickstoffeinträge in FFH-Gebiete wird festgestellt, ob das beantragte Vorhaben eine Auswirkung im FFH-Gebiet hat. Der Einwirkungsbereich ist dabei definiert als die Fläche um den Emissionsschwerpunkt, in der die Zusatzbelastung mehr als 0,3 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr beträgt. Bei Zusatzbelastungen über 0,3 kg/(ha*a) wird eine gesonderte FFH-Verträglichkeitsuntersuchung notwendig.

Sonstige empfindliche Pflanzen und Ökosysteme

Zunächst ist festzustellen, ob die Anlage maßgeblich zur Stickstoffdeposition beiträgt. Der Wirkraum der Anlage definiert sich hier als derjenige Bereich, in dem die Gesamtzusatzbelastung mehr als 5 kg Stickstoff pro Hektar und Jahr beträgt.

Sofern empfindliche Ökosysteme im Beurteilungsgebiet vorkommen, muss zusätzlich die Gesamtbelastung an diesen Standorten berechnet und für die betroffenen Bereiche ein ökosystemspezifischer Immissionswert ermittelt werden. Hierzu ist in der Regel eine gesonderte naturschutzfachliche Begutachtung erforderlich.

Berechnung der Stickstoffdeposition aus Ammoniak

Eine immissionsseitige Betrachtung für den Stoff Ammoniak wird notwendig, wenn der Emissionsmassenstrom der Anlage den Bagatellmassenstrom von 0,1 kg/h überschreitet.

Die Ausbreitungsrechnung mit AUSTAL liefert als Ergebnis die Depositionsrates für Ammoniak (NH₃) bei einer Depositionsgeschwindigkeit von 0,01 m/s (Vorgabe laut TA-Luft). Die Stickstoffdeposition für alle Bereiche mit Ausnahme der Waldflächen leitet sich dann aus diesem Ergebnis durch Umrechnung mit dem Massenverhältnis von Stickstoff zu Ammoniak (14/17) ab.

Für Waldflächen wird hinsichtlich der trockenen Deposition eine größere Depositionsgeschwindigkeit berücksichtigt. Die VDI-Richtlinie 3782 Blatt 5 gibt für Wald eine Depositionsgeschwindigkeit von 0,02 m/s an.

Die trockene Deposition errechnet sich für Waldflächen dann aus der berechneten mesoskaligen Deposition, multipliziert mit dem Verhältnis der Depositionsgeschwindigkeiten von Wald v_{dW} und Mesoskala v_{dM} .

$$\frac{v_{dW}}{v_{dM}} = \frac{0,02 \text{ m/s}}{0,01 \text{ m/s}} = 2$$

Die Stickstoffdeposition für Waldflächen ergibt sich somit aus der Summe von nasser und trockener Deposition für die Mesoskala (Kennung nh3-depz in AUSTAL) zuzüglich des Wertes für die trockene Deposition (Kennung nh3-dryz), jeweils multipliziert mit dem Massenverhältnis von Stickstoff zu Ammoniak (Faktor 14/17).

Berechnung der Stickstoffdeposition aus Stickstoffoxiden

Die Ausbreitungsrechnung liefert als Ergebnis die Depositionsrates für NO₂ und für NO. Die Depositionsgeschwindigkeit für diese beiden Stoffe ist rezeptorunabhängig, so dass keine gesonderte Ausweisung der Deposition von Waldflächen und sonstigen Bereichen erforderlich ist.

Die Stickstoffdeposition aus Stickstoffoxiden ergibt sich aus der Summe der Depositionsrates für NO₂ und für NO, jeweils multipliziert mit dem Massenanteil von Stickstoff im Molekül (Faktor 14/46 für NO₂ und 14/30 für NO).

3 Schornsteinhöhenberechnung nach Nr. 5.5 TA Luft 2021

Nach Nummer 5.5 der TA Luft 2021 sind Abgase so abzuleiten, dass sie in die freie Luftströmung gelangen. Die dafür erforderliche Höhe ergibt sich vorbehaltlich besserer Erkenntnisse aus Nummer 5.5.2.

Zusätzlich sind die Anforderungen aus Anhang 7 der TA Luft 2021 zu erfüllen, d.h. die relative Häufigkeit der Geruchsstunden darf auf keiner Beurteilungsfläche, für die Immissionswerte gelten, den Wert 0,06 überschreiten.

3.1 Kriterien

Zur Sicherstellung der Ableitung in die freie Luftströmung wird die Ermittlung der Schornsteinhöhe nach unterschiedlichen Ansätzen vorgenommen, maßgeblich ist der größte Wert.

- a. Mindestens 10 m über Grund
- b. Mindestens 3 m über der Höhe des Gebäudefirstes
(bei < 20° Dachneigung gilt die rechnerische Firsthöhe bei 20°)
- c. Mindestens 5 m über der Höhe der Oberkante von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen der zum ständigen Aufenthalt von Menschen bestimmten Räume in einem Umkreis von 50 m
- d. Ableitung außerhalb der Rezirkulationszone von Gebäuden (gem. Richtlinie VDI 3471 Blatt 4)
- e. Maximal zweifache Gebäudehöhe
- f. Schornsteinbauhöhe in Abhängigkeit von Abgasvolumenstrom und Emissionskonzentrationen (BESMIN, BESMAX)
- g. Ggf. Zuschlag für Einfluss von Gebäude und Gelände
- h. Maximale relative Häufigkeit von Geruchsstunden 0,06

3.2 Gebäudebedingte Schornsteinhöhe gemäß VDI-Richtlinie 3471 Blatt 4

Die Schornsteinbauhöhe soll die Gebäudehöhe um mindestens 3 m überragen.

Dabei sind ggf. auch vorgelagerte Gebäude zu berücksichtigen, wenn ihr Abstand zum Schornstein deutlich geringer ist als das 6fache ihrer Bauhöhe.

Die Berechnung der Schornsteinbauhöhe nach den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3471 Blatt 4 wurde mit dem Programm WinSTACC durchgeführt.

Der geplante Schornstein wird freistehend aufgestellt. Im unmittelbaren Nahbereich befinden sich die verschiedenen Anlagenteile der RTO mit einer Höhe von bis zu 2,25 m (vgl. Abbildung 2). Dieser Bereich wird vereinfachend als quaderförmiges Gebäude mit einer Höhe von 2,25 m berücksichtigt.

Als vorgelagerte Gebäude werden nachfolgend verschiedene Gebäude auf dem Betriebsgelände untersucht, bei denen es sich um die höchsten und in der jeweiligen Richtung nächstgelegenen höheren Bauten handelt.

Die Eingangsdaten zu den Abmessungen der Gebäude sind aus der Tabelle 1 zu entnehmen, das Protokoll der Schornsteinhöhenberechnung nach VDI 3471 Blatt 4 ist in Anhang 6.1.2 beigefügt.

Aus der Abbildung 3 ist ersichtlich, dass sich der Schornsteinstandort nur innerhalb der Rezirkulationszonen der Gebäude VG1 und VG5 befindet.

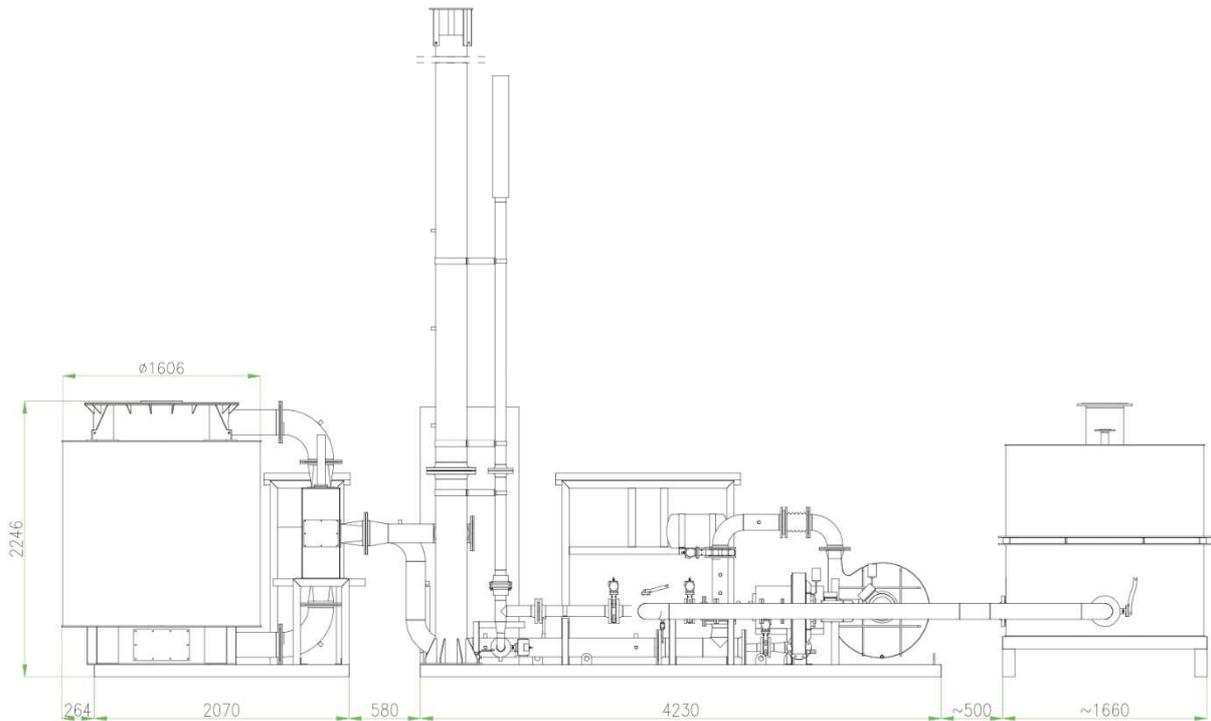


Abbildung 2: Auszug aus dem Aufstellungsplan zur RTO, ohne Maßstab
 Quelle: Fa. Gastechnik Himmel, verkleinert

Tabelle 2: Eingangsdaten zu vorgelagerten Gebäuden

	Länge_l	Breite_b	Traufhöhe_H_Traufe	Firshöhe_H_First	Dachform	H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	HöheObersteFensterkante_H_F	WinkelGebäudeMündung_beta	AbstandGebäudeMündung_l_A	Hanglage	Höhendifferenz ZumEinzelgebäude_Delta_h	GeschlosseneBauweise	Länge der Rezirkulationszone l_RZ	Schornstein innerhalb der Rezirkulationszone
	[m]	[m]	[m]	[m]			[m]	[°]	[m]		[m]		[m]	
RTO	9,6	2,0	2,2	2,2	Flachdach	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VG1	20,5	20,5	17,2	17,2	Flachdach	nein	0	2	26,5	nein	0	nein	28,4	ja
VG2	30,7	30,7	17,2	17,2	Flachdach	nein	0	2	59,7	nein	0	nein	38,0	nein
VG3	17,1	17,1	17,5	20,3	Zeltdach	-	0	1	44,4	nein	0	nein	25,1	nein
VG4	17,1	17,1	17,5	20,3	Zeltdach	-	0	3	31,2	nein	0	nein	25,8	nein
VG5	24	25	6,5	11,1	Asym.Satteldach	-	0	34	29,6	nein	0	nein	33,8	ja
VG6	26	16,5	17,3	19,5	Sym.Satteldach	-	0	3	36,5	nein	0	nein	25,4	nein
VG7	25,7	9,5	10	10	Flachdach	nein	0	14	37,3	nein	0	nein	19,5	nein
VG8	28,5	12,8	12,3	14	Sym.Satteldach	-	0	81	63,0	nein	0	nein	34,3	nein
VG9	10	10	8	9,4	Zeltdach	-	0	0	18,3	nein	0	nein	13,8	nein
VG10	326	201	6,2	6,2	Sheddach	nein	0	90	71,3	nein	0	ja	37,2	nein
VG11	124	20,0	5,5	8,2	Sym.Satteldach	-	5,5	26	109,6	nein	0	nein	39,6	nein
VG12	12,2	12,2	10	10	Flachdach	nein	0	6	93,6	Nein	0	Nein	17,6	nein

Die gebäudebedingte Schornsteinbauhöhe zur Ableitung der Abgasfahne außerhalb des durch die Gebäude beeinflussten Bereiches beträgt nach dem Ergebnis der Schornsteinhöhenberechnung gemäß VDI-Richtlinie 3471 Blatt 4 7,9 m über Flur.

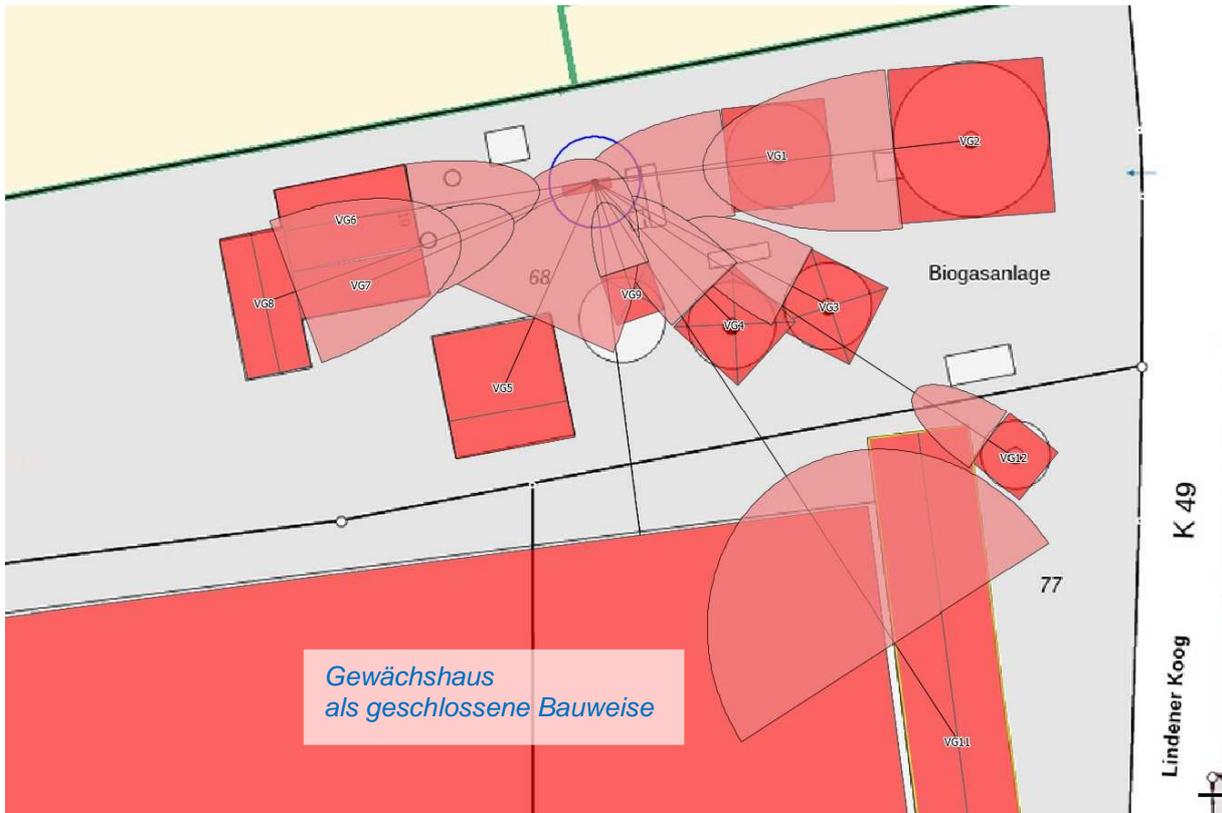


Abbildung 3: Ausdehnung der Rezirkulationszonen vorgelagerter Gebäude
genordete Karte, Maßstab ca. 1 : 1.500
Quelle: Programm WinSTACC

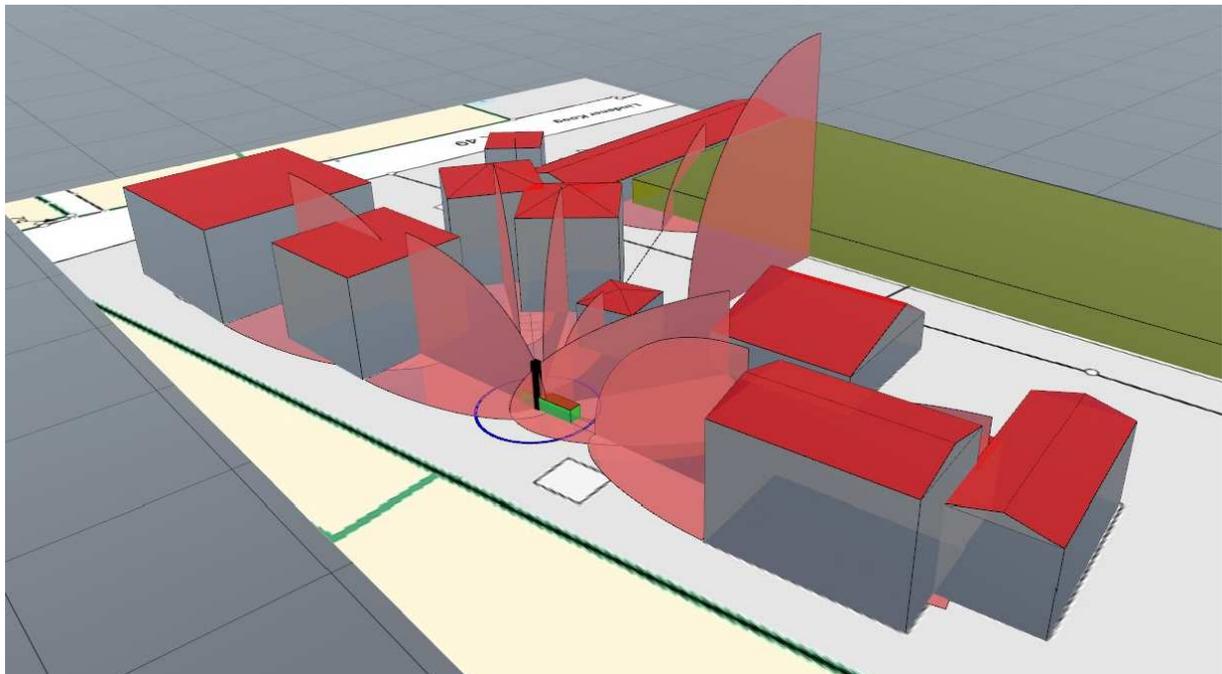


Abbildung 4: Visualisierung der für die Schornsteinhöhe maßgeblichen vorgelagerten Gebäude und Rezirkulationszonen, Blickrichtung von Nordwesten, ohne Maßstab
Quelle: Programm WinSTACC

3.3 Emissionsbedingte Schornsteinhöhe

3.3.1 BESMIN

Die Emissionsbedingte Schornsteinhöhe wird nachfolgend sowohl für die geplante RTO als auch für die beiden vorhandenen BHKW durchgeführt, weil die um den Zuschlag für Bebauung und Bewuchs bereinigte Höhe für die BHKW als Eingangswert im Programm BESMAX benötigt wird.

Die Ermittlung der emissionsbedingten Schornsteinbauhöhe mit dem Programm BESMIN erfordert folgende Angaben:

Tabelle 3: Eingangsdaten der Berechnung der Mindestbleithöhe nach Anhang 2 TA Luft 2021 (BESMIN)

Parameter	Einheit	BHKW 1 & 2	RTO	S-Wert [mg/m ³]
Durchmesser	[m]	0,3	0,35	
Austrittsgeschwindigkeit	[m/s]	18,1	5,5	
Wasserbeladung	[kg Wasser/kg trockener Luft]	0,1	0,01	
Temperatur	[°C]	90	150	
Formaldehyd	[kg/h]	0,061	0,000	0,025
Kohlenmonoxid CO	[kg/h]	0,918	0,119	7,5
Partikel	[kg/h]	0,031	0,012	0,08
Stickstoffoxide* NO _x als NO ₂	[kg/h]	1,102	0,076	0,1

*Umwandlungsgrad von 60% von Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid (Nr. 5.5.2.2 der TA Luft 2021) und 90% Stickstoffmonoxid am Schornsteinaustritt der RTO sowie 70% Stickstoffmonoxid am Schornsteinaustritt des BHKW (infolge Verschiebung des Verhältnisses durch den Oxidationskatalysator).

Für die einzelnen Luftbeimengungen ergeben sich aus der Berechnung die in der folgenden Tabelle angegebenen Mindesthöhen.

Tabelle 4: Ergebnis der Berechnung der Mindestbleithöhe für die geplante Quelle (BESMIN)

Parameter	Mindesthöhe BHKW	Mindesthöhe RTO
Formaldehyd	6,0 m	-
Partikel	6,0 m	6,0 m
Kohlenmonoxid CO	6,0 m	6,0 m
Stickstoffoxide NO _x als NO ₂	7,0 m	6,0 m

Die log-Dateien sind als Anhang 6.1.1 beigelegt.

3.3.2 BESMAX

Das Programm BESMAX prüft die Auswirkung der Überlagerung von Fahnen mehrerer Schornsteine am Anlagenstandort. Dabei werden die Emissionsmassenströme von Bestands-schornsteinen zu 50% angerechnet.

Am Anlagenstandort sind als weitere Kamine die Schornsteine der beiden BHKW zu betrachten. Zukünftig ist nur noch der Teillastbetrieb eines BHKW geplant, das zweite BHKW wird als Redundanz vorgehalten.

Für die Schornsteinhöhenberechnung ist die installierte Leistung maßgeblich, daher werden beide BHKW berücksichtigt.

Die ehemals vorhandene Holz-Hackschnitzelheizung wird nicht weiter betrieben, so dass dieser Schornstein unberücksichtigt bleibt.

Die Schornsteine von weiteren BHKW, die nicht der Biogasanlage, sondern dem benachbarten Gewächshaus zuzuordnen sind, bleiben unberücksichtigt, weil sie nicht zur Anlage gehören.

Die maßgebliche Schornsteinbauhöhe ist bei Bestandsschornsteinen die Höhe abzüglich des Zuschlags für Bebauung und Bewuchs nach Nummer 5.5.3 TA Luft (vgl. Kapitel 3.4) ergibt. Im Sinne eines konservativen Ansatzes die Bauhöhe 7 m angesetzt, der sich für das Abgas des BHKW aus der Berechnung mit 100% Emissionsmassenstrom mit dem Programm BESMIN ergibt.

Tabelle 5: Eingabedaten BESMAX

Liste der Emissionsquellen:		Bestand	Bestand	Neu	
Anrechnung des Emissionsmassenstromes		50%	50%	100%	
Bezeichnung der Quelle	<i>nq</i>	BHKW 1	BHKW 2	RTO	
Emissionsmassenstrom CO	<i>eq</i>	0,459	0,459	0,119	kg/h
Emissionsmassenstrom Partikel	<i>eq</i>	0,015	0,015	0,012	kg/h
Emissionsmassenstrom NO ₂	<i>eq</i>	0,551	0,551	0,076	kg/h
x-Koordinate	<i>xq</i>	870	870	903	m
y-Koordinate	<i>yq</i>	3460	3461	3473	m
Schornsteinbauhöhe	<i>hb</i>	7	7	6	m
Innendurchmesser	<i>dq</i>	0,3	0,3	0,35	m
Austrittsgeschwindigkeit	<i>vq</i>	18,1	18,1	5,5	m/s
Austrittstemperatur	<i>tq</i>	90	90	150	°C
Wasserbeladung	<i>zq</i>	0,1	0,1	0,01	kg/(kg tr)

Tabelle 6: Ergebnisse BESMAX

	Kohlenmonoxid	Partikel	NO ₂	Einheit
Maximale bodennahe Konzentration	0,1	0,00	0,1	mg/m ³
S-Wert	7,5	0,08	0,1	mg/m ³
S-Wert eingehalten?	ja	ja	ja	

Die Schornsteinbauhöhe nach Nr. 5.5.2 TA Luft von 6 m muss nicht weiter erhöht werden, weil für alle Parameter der jeweilige S-Wert auch bei Berücksichtigung der Fahnenüberlagerung eingehalten wird, wenn die mit BESMIN ermittelte Bauhöhe eingesetzt wird.

Die Protokolle der Berechnungen sind in Anhang 6.1.1.2 beigefügt.

3.4 Berechnung eines Zuschlages für Bebauung und Bewuchs nach 5.5.2.3 TA Luft 2021

Der Zuschlag für Bebauung und Bewuchs ist vorzunehmen, wenn das Windfeld durch flächige Anteile von geschlossener Bebauung oder Bewuchs nach oben verdrängt wird. Zu betrachten ist ein Kreis mit einem Radius der 15fachen Schornsteinbauhöhe, die sich aus Nummer 5.5.2.2 TA Luft (Kapitel 3.3.1 dieses Gutachtens) ergibt, jedoch mindestens 150 m.

Im vorliegenden Fall beträgt die emissionsbedingte Schornsteinbauhöhe 6,0 m, so dass der Mindestradius von 150 m anzuwenden ist, die Fläche des Beurteilungsgebietes beträgt damit 70.686 m².

Ein Zuschlag wird erforderlich, wenn geschlossene Bebauung oder Bewuchs einen Flächenanteil von mindestens 5% der Kreisfläche (>3.534 m²) einnimmt.

Maßgeblich zur Ermittlung des Zuschlags für Bebauung und Bewuchs ist dann derjenige zusammenhängende Flächenanteil von 5% des Beurteilungsgebietes, der im Mittel die größte Höhe aufweist. Das betrifft im vorliegenden Fall den Gebäuderiegel, der sich östlich an das Gewächshaus anschließt, sowie das Gewächshaus selbst.

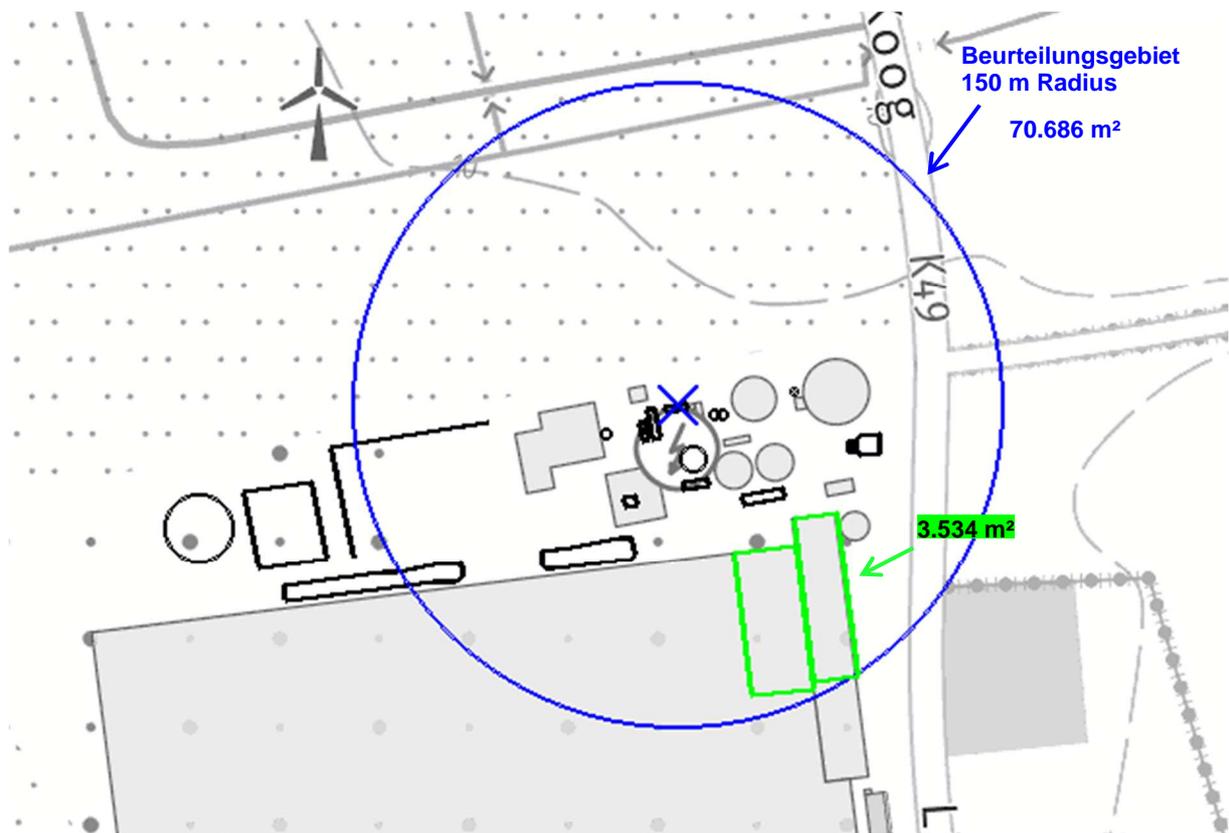


Abbildung 5: Umkreis von 150 m Radius zur Beurteilung von Bebauung und Bewuchs im Umfeld des geplanten Schornsteins
Maßstab ca. 1 : 3.500

Karte: onmaps.de ©GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2024; powered by geoGLIS GmbH & Co. KG

Die mittlere Höhe in diesem Bereich beträgt 11,9 m über dem Bezugsniveau von 22,3 m NHN (Oberkante Fundament Schornstein).

Tabelle 7: Berechnung der mittleren Höhe für einen zusammenhängende Flächenanteil von 5% des Beurteilungsgebietes (BUG)

Gebäude		Verpackungshalle	Gewächshaus	Gesamt	Flächenanteil im BUG
Mittlere Gebäudehöhe	[m]	8,18	6,15		
Fläche innerhalb des Beurteilungsgebietes	[m ²]	1629	10671	12429	17%
davon anteilig	[m ²]	1629	1776	3534	5%
Mittlere Höhe der geschlossenen Bebauung		7,1			

Der Zuschlag für Bebauung und Bewuchs beträgt 7,1 m und ist zu der zuvor ermittelten emissionsbedingten Bauhöhe von 6,0 m zu addieren.

Die korrigierte Ableithöhe beträgt dann 13,1 m über Flur.

3.5 Ergebnis der Schornsteinhöhenberechnung nach Nr. 5.5 TA Luft

Die gebäudebedingte Schornsteinbauhöhe gemäß Nr. 5.5.2.1 beträgt 7,9 m, um die Ableitung in die freie Luftströmung zu gewährleisten.

Die emissionsbedingte Schornsteinbauhöhe nach Nr. 5.5.2.2 für die geplante RTO beträgt 6,0 m über Flur (Ergebnis BESMIN). Diese Höhe gewährleistet, dass auch unter Berücksichtigung der Fahnenüberlagerung mit dem Abgas der vorhandenen BHKW die S-Werte für die Stoffe Formaldehyd, Kohlenmonoxid, Partikel und Stickstoffoxide eingehalten werden (Ergebnis BESMAX).

Das Ergebnis nach Nr. 5.5.2.2 muss außerdem aufgrund der im Schornsteinumfeld geplanten geschlossenen Bebauung mit einem Zuschlag von 7,1 m korrigiert werden, so dass sich eine korrigierte emissionsbedingte Ableitungshöhe von 13,1 m über Flur ergibt.

Das Endergebnis für die Ableitungshöhe ist die größere der beiden ermittelten Bauhöhen und somit 13,1 m über Flur.

3.6 Anforderung bezüglich der Geruchsimmissionen

Die Schornsteinbauhöhe soll so bemessen sein, dass die Zusatzbelastung an keinem Aufpunkt mit Beurteilungspunkten einen Wert von 0,06 überschreitet.

Da das Abgas der RTO aufgrund der Verbrennungstemperatur von über 800°C keine Geruchsemissionen verursacht, entfällt dieser Prüfschritt.

3.7 Stickstoffdeposition

Mögliche Auswirkungen durch Stickstoffdeposition wurden im Rahmen der Schornsteinhöhenberechnung nicht betrachtet, da diese Prüfung im Rahmen des Immissionsschutzgutachtens für die geplanten Änderungen an der Biogasanlage für die Gesamtanlage durchgeführt wird.

4 Abschließende Zusammenfassung

4.1 Schornsteinhöhe gemäß Nr. 5.5 TA Luft

Grundsätzlich muss eine ungestörte Ableitung der Abgase sichergestellt werden, dazu wurde zunächst die gebäudebedingte Schornsteinbauhöhe ermittelt. Im vorliegenden Fall ist hierfür die Bauhöhe des geplanten Wärmespeichers als höchstem Gebäude im Nahbereich des Schornsteins maßgeblich.

Um die geforderte Ableitung in die freie Luftströmung zu gewährleisten, wurde eine Schornsteinhöhenberechnung gemäß VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 mit dem Programm WinSTACC durchgeführt. Für den geplanten Schornstein ist eine gebäudebedingte Bauhöhe von 7,9 m über Flur erforderlich.

Im nächsten Prüfschritt wurde die emissionsbedingte Schornsteinbauhöhe ermittelt, welche gewährleistet, dass die Immissionskonzentration für die Stoffe Formaldehyd, Kohlenmonoxid, Partikel und Stickstoffoxide in Bodennähe eingehalten wird. Dieser Wert beträgt für den geplanten Schornstein (Verfahren BESMIN) für alle Stoffe 6 m über Flur, so dass die gebäudebedingte Schornsteinbauhöhe höher und damit maßgeblich ist.

Schließlich wurde mit dem Verfahren BESMAX geprüft, ob die maximale bodennahe Konzentration auch unter Berücksichtigung der Fahnenüberlagerung mit der Abgasfahne von Bestandsschornsteinen der Anlage (zwei BHKW) die maßgeblichen S-Werte unterschreitet. Dabei ist als Bauhöhe die tatsächliche Bauhöhe bei den Bestands-BHKW ohne den Zuschlag für Bebauung und Bewuchs zu berücksichtigen, hierzu wurde hilfsweise die Bauhöhe ohne Zuschlag mit BESMIN bestimmt, diese Berechnung ergab 7 m. Die Überprüfung der Auswirkung der Fahnenüberlagerung ergab, dass keine Korrektur für die Fahnenüberhöhung notwendig ist. Die emissionsbedingte Bauhöhe beträgt also 6 m über Flur.

Ein Zuschlag für Bebauung und Bewuchs nach Nummer 5.5.2.3 war erforderlich, weil sich im Beurteilungsgebiet mit einem Radius von 150 m um den geplanten Schornstein im Bereich des Anlagengeländes Gebäude mit geringem Abstand befinden, die das Windfeld nach oben verdrängen können. Die zusammenhängende Fläche mit der größten mittleren Höhe, der einen Flächenanteil von 5% des Beurteilungsgebietes ausmacht, hat ein mittleres Niveau von 7,1 m, so dass die nach Nr. 5.5.2.2 (BESMIN/BESMAX) ermittelte Bauhöhe von 6 m um diesen Wert korrigiert werden muss.

Die notwendige Ableitungshöhe aus den Anforderungen von Nr. 5.5.2.2 und 5.5.2.3 TA Luft beträgt dann 13,1 m über Flur. Dieser Wert ist größer als die zuvor ermittelte gebäudebedingte Bauhöhe.

Das Endergebnis der Schornsteinhöhenberechnung ist also eine Ableitungshöhe von 13,1 m über Flur.

4.2 Einhaltung des Kriteriums zu Geruchsimmissionen

Wegen der Verbrennungstemperatur von über 800°C werden Geruchsstoffe im Abgas verbrannt, so dass das Abgas der RTO keine Geruchsemissionen verursacht.

4.3 Stickstoffdeposition

Die Überprüfung der Stickstoffdeposition ist nicht Gegenstand der hier dokumentierten Schornsteinhöhenberechnung, sondern wird im Zusammenhang mit der Immissionsprognose für die Gesamtanlage durchgeführt.

Dr. Dorothee Holste



5 Verwendete Unterlagen

5.1 Projektbezogene Unterlagen

- [1] Genehmigungsbescheide: G40/2002/064 sowie Änderungsgenehmigungen G40/2004/034, G40/2006/099, G40/2008/133, G10/2012/034
- [2] DAS-IB GmbH: Lageplan M 1:500 vom 13.12.2023
- [3] DAS-IB GmbH: Aufstellungsplan der RTO vom 16.12.2023
- [4] DAS-IB GmbH: Schnitte und Ansichtszeichnungen von Gebäuden auf dem Anlagengelände vom 19.12.2023
- [5] EnviTec Anlagenbau: Angebot für die Errichtung einer Gasaufbereitungsanlage; Angebotsnummer 23-119500 vom 11.08.2023 mit Anlagenbeschreibung
- [6] GE Jenbacher: Technische Daten zum BHKW J316 GS-B.L- Biokraft Hennstedt, Stand 18.10.2003
- [7] EnviTec Anlagenbau: Technische Dokumentation zur Gasaufbereitung BGA Hennstedt
- [8] TÜV Nord Umweltschutz: Bericht über durchgeführte Emissionsmessungen Bericht Nr. 8000663493 / 117EFK163 vom 01.12.2017
- [9] Karte: onmaps.de ©GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2024; powered by geoGLIS GmbH & Co. KG
- [10] Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein: CD Top25 Version 3, Amtliche Topographische Karten Schleswig-Holstein/Hamburg, Maßstab 1:25.000

5.2 Hilfsmittel für die Ausbreitungsrechnung und die Schornsteinhöhenberechnung

- [11] AUSTAL, Programmsystem zur Berechnung der Ausbreitung von Schadstoffen und Geruchsstoffen in der Atmosphäre, Version 3.2.1-Wi-x vom 01.08.2023
- [12] BESTAL, Programmsystem zur Schornsteinhöhenberechnung gemäß TA Luft 2021, Version 1.0.1 vom 11.10.2021
- [13] WinSTACC, Version 1.0.7.8; Lohmeyer GmbH

5.3 Gesetze und Verordnungen

- [14] BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 1 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873) geändert worden ist
- [15] TA-Luft - Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) vom 18. August 2021, am 01.12.2021 in Kraft getreten; Gemeinsames Ministerialblatt vom 30. Juli (GMBL. 2021 vom 14.09.2021, Nr. 48-54, S. 1049-1192)
- [16] 4. BImSchV - Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Mai 2017 (BGBl. I S. 1440), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Januar 2021 (BGBl. I S. 69) geändert worden ist

5.4 Literatur und technische Regelwerke

5.4.1 Schornsteinhöhenberechnung

- [17] Herausgeber: Fachgespräch Ausbreitungsrechnung: Merkblatt Schornsteinhöhenbestimmung zur TA Luft 2021, Stand 04.07.2023 https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/merkblatt-schornsteinhoehenbestimmung-stand-2023-07-04_1698063774.pdf
- [18] HLUG Fortbildungsveranstaltung: „Neue Entwicklungen und Perspektiven im Bereich der Ausbreitungsrechnung und der Schornsteinhöhenberechnung“, 24./25. Mai 2011 in Rauschholzhausen
- [19] Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 – Umweltmeteorologie – Ableitbedingungen für Abgase – Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen, Düsseldorf, Juli 2017
- [20] Van der Pütten, N: Schornsteinhöhenberechnung in Genehmigungsverfahren nach BImSchG; Unterlagen zur Fortbildungsveranstaltung „Geruchsbeurteilung und Ausbreitungsrechnung – Neue Entwicklungen und Perspektiven“ des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, 02./03.06.2008

- [21] Moczigemba, T: Gerüche aus Abgasen bei Biogas-BHKW. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen, Heft 35/2008
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14910/documents/17840>
- [22] Van der Pütten, N.: Schornsteinhöhenberechnung nach Nr. 5.5 TA Luft; Unterlagen zur Schulungsveranstaltung zur neuen TA Luft 2021 am 16./17.02.2022 in Hannover, Veranstalter: Olfasense GmbH
- [23] Innio Jenbacher GmbH & Co. KG, Herr Riemann: Technische Daten zum Abgas verschiedener BHKW, E-Mail 18.02.2022
- [24] Innio Jenbacher GmbH & Co. KG, Herr Riemann: Messergebnisse von NO und NO₂ vor/nach Oxikat im Abgas eines BHKW vom Typ JMS412, E-Mail 25.06.2022

6 Anhang

6.1 Protokolldateien

6.1.1 BESTAL (Emissionsbedingte Schornsteinbauhöhe)

6.1.1.1 BESMIN

BHKW (Bestand)

2024-01-23 11:36:57 BESMIN Version 1.0.1
IBJpluris Version 3.1.6
Berechnete Schornsteinhöhen hb (in m):

Stoff	S	eq	dq	vq	tq	zq	hb
Formaldehyd	0,025	6,10E-02	0,3	18,1	90	0,1000	6,0
Kohlenmonoxid	7,5	9,18E-01	0,3	18,1	90	0,1000	6,0
Partikel	0,08	3,06E-02	0,3	18,1	90	0,1000	6,0
Stickstoffdioxid	0,1	1,10E+00	0,3	18,1	90	0,1000	7,0

RTO

2024-01-16 14:51:53 BESMIN Version 1.0.1
IBJpluris Version 3.1.6
Berechnete Schornsteinhöhen hb (in m):

Stoff	S	eq	dq	vq	tq	zq	hb
Kohlenmonoxid	7,5	1,19E-01	0,4	5,5	150	0,0000	6,0
Partikel	0,08	1,20E-02	0,4	5,5	150	0,0000	6,0
Stickstoffdioxid	0,1	7,60E-02	0,4	5,5	150	0,0000	6,0

6.1.1.2 BESMAX

Kohlenmonoxid

2024-02-19 13:40:47 BESMAX Version 1.0.1
IBJpluris Version 3.1.6
Maximale bodennahe Konzentration nach Nr. 5.5.2.1 TA Luft (2021)

Liste der Emissionsquellen:

Bezeichnung der Quelle	nq	BHKW	BHKW	RTO
Emissionsmassenstrom	eq	0,459	0,459	0,119 kg/h
x-Koordinate	xq	870,0	870,0	903,0 m
y-Koordinate	yq	3461,0	3460,0	3473,0 m
Schornsteinbauhöhe	hb	7,0	7,0	6,0 m
Innendurchmesser	dq	0,3	0,3	0,35 m
Austrittsgeschwindigkeit	vq	18,1	18,1	5,5 m/s
Austrittstemperatur	tq	90,0	90,0	150,0 °C
Wasserbeladung	zq	0,1	0,1	0,01 kg/(kg tr)

Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert	cm	1,233e-04	g/m ³
Unsicherheit des Maximalwertes	dm	0,2	%
x-Koordinate des Maximalwertes	xm	933,2	m
y-Koordinate des Maximalwertes	ym	3486,5	m
Stabilitätsklasse	kl	2,0	KM
Windgeschwindigkeit	ua	3,0	m/s
Windrichtung	ra	250,0	Grad

Partikel

2024-02-19 13:45:29 BESMAX Version 1.0.1
IBJpluris Version 3.1.6
Maximale bodennahe Konzentration nach Nr. 5.5.2.1 TA Luft (2021)

Liste der Emissionsquellen:

Bezeichnung der Quelle	nq	BHKW	BHKW	RTO
Emissionsmassenstrom	eq	0,015	0,015	0,012 kg/h
x-Koordinate	xq	870,0	870,0	903,0 m
y-Koordinate	yq	3461,0	3460,0	3473,0 m
Schornsteinbauhöhe	hb	7,0	7,0	6,0 m
Innendurchmesser	dq	0,3	0,3	0,35 m

Austrittsgeschwindigkeit	vq	18,1	18,1	5,5 m/s
Austrittstemperatur	tq	90,0	90,0	150,0 °C
Wasserbeladung	zq	0,1	0,1	0,01 kg/(kg tr)

Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert	cm	6,883e-06 g/m ³
Unsicherheit des Maximalwertes	dm	0,2 %
x-Koordinate des Maximalwertes	xm	925,8 m
y-Koordinate des Maximalwertes	ym	3480,6 m
Stabilitätsklasse	kl	2,0 KM
Windgeschwindigkeit	ua	3,0 m/s
Windrichtung	ra	250,0 Grad

Stickstoffdioxid

2024-02-19 13:36:20 BESMAX Version 1.0.1

IBJpluris Version 3.1.6

Maximale bodennahe Konzentration nach Nr. 5.5.2.1 TA Luft (2021)

Liste der Emissionsquellen:

Bezeichnung der Quelle	nq	BHKW	BHKW	RTO
Emissionsmassenstrom	eq	0,551	0,551	0,076 kg/h
x-Koordinate	xq	870,0	870,0	903,0 m
y-Koordinate	yq	3461,0	3460,0	3473,0 m
Schornsteinbauhöhe	hb	7,0	7,0	6,0 m
Innendurchmesser	dq	0,3	0,3	0,35 m
Austrittsgeschwindigkeit	vq	18,1	18,1	5,5 m/s
Austrittstemperatur	tq	90,0	90,0	150,0 °C
Wasserbeladung	zq	0,1	0,1	0,01 kg/(kg tr)

Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert	cm	1,252e-04 g/m ³
Unsicherheit des Maximalwertes	dm	0,2 %
x-Koordinate des Maximalwertes	xm	938,9 m
y-Koordinate des Maximalwertes	ym	3488,6 m
Stabilitätsklasse	kl	2,0 KM
Windgeschwindigkeit	ua	3,0 m/s
Windrichtung	ra	250,0 Grad

6.1.2 WinSTACC (Gebäudebedingte Schornsteinbauhöhe)

```

***** 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 = 15.02.2024 13:16
Steuerdatei = C:\LOHMEYER\WinSTACC\VDI_Input.ini
Längenangaben = Meter
Winkelangaben = Grad
Leistungsangaben = Kilowatt

[EmittierendeAnlage]
Anlagentyp = Feuerungsanlage
Brennstoff = gasförmig
Nennwärmeleistung_Q_N = 80
Feuerungswärmeleistung_Q_F = 200
H_Ü aus Tabelle 1 Abschnitt 5.2 (Feuerungsanlage)
H_Ü = 0.4
Radius des Einwirkungsbereichs R für flüssige und gasförmige Brennstoffe aus Tabelle 4 Abschnitt
6.3.2
R = 9

[Einzelgebäude]
Länge_l = 9.6
Breite_b = 2
Traufhöhe_H_Traufe = 2.2
Firsthöhe_H_First = 2.2
Dachform = Flachdach
Dachhöhe_H_Dach = 0
BreiteGiebelseite_b = 2
HorizontalerAbstandMündungFirst_a = 1.7
Berechnung von H_A1...
Glg. 8
H_A1F = 2.6
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 = 0.8
Berechnung von H_E1...
Q_F < 1 MW
H_E1 = 0

[VorgelagertesGebäude1]
Länge_l = 20.5
Breite_b = 20.5
Traufhöhe_H_Traufe = 17.2
Firsthöhe_H_First = 17.2
Dachform = Flachdach
Dachhöhe_H_Dach = 0
BreiteGiebelseite_b = 20.5
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
HöheObersteFensterkante_H_F = 0
WinkelGebäudeMündung_beta = 2
AbstandGebäudeMündung_l_A = 26.5
Hanglage = nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
GeschlosseneBauweise = nein
Berechnung von H_A2
Glg. 16
l_eff = 21.2
Glg. 15
l_RZ = 28.4
Glg. 18
p = 0.36
alpha = 0

```

Glg. 7
f = 0

Glg. 6
H_2V = 3.7

Glg. 17
H_S2 = 5.3

Glg. 19
H_A2 = 5.7

H_E für VorgelagertesGebäude1 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.
H_E2 = 0

[VorgelagertesGebäude2]
Länge_l = 30.7
Breite_b = 30.7
Traufhöhe_H_Traufe = 17.2
Firsthöhe_H_First = 17.2
Dachform = Flachdach
Dachhöhe_H_Dach = 0
BreiteGiebelseite_b = 30.7
H_2V_mit_H_AlF_begrenzen = nein
HöheObersteFensterkante_H_F = 0
WinkelGebäudeMündung_beta = 2
AbstandGebäudeMündung_l_A = 59.7
Hanglage = nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2
Glg. 16
l_eff = 31.8

Glg. 15
l_RZ = 38

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 = 5.6

[VorgelagertesGebäude3]
Länge_l = 17.1
Breite_b = 17.1
Traufhöhe_H_Traufe = 17.5
Firsthöhe_H_First = 20.3
Dachform = Zeltdach
Dachhöhe_H_Dach = 2.8
BreiteGiebelseite_b = 17.1
BreiteDachhälfte_b1 = 8.5
HöheObersteFensterkante_H_F = 0
WinkelGebäudeMündung_beta = 1
AbstandGebäudeMündung_l_A = 44.4
Hanglage = nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2
Glg. 16
l_eff = 17.4

Glg. 15
l_RZ = 25.1

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 = 18

Glg. 7
f = 0.77

Glg. 6
H_2V = 2.7

[VorgelagertesGebäude4]
Länge_l = 17.1
Breite_b = 17.1
Traufhöhe_H_Traufe = 17.5

Firsthöhe_H_First = 20.3
 Dachform = Zeltdach
 Dachhöhe_H_Dach = 2.8
 BreiteGiebelseite_b = 17.1
 BreiteDachhälfte_b1 = 8.5
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 3
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 31.2
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein
 Berechnung von H_A2
 Glg. 16
 l_eff = 18
 Glg. 15
 l_RZ = 25.8
 VorgelagertesGebäude4 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.
 H_E für VorgelagertesGebäude4 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.
 H_E2 = 0
 alpha = 18
 Glg. 7
 f = 0.77
 Glg. 6
 H_2V = 2.7

 [VorgelagertesGebäude5]
 Länge_l = 24
 Breite_b = 25
 Traufhöhe_H_Traufe = 6.5
 Firsthöhe_H_First = 11.1
 Dachform = AsymSatteldach
 Dachhöhe_H_Dach = 4.6
 BreiteGiebelseite_b = 25
 BreiteDachhälfte_b1 = 7.5
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 34
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 29.6
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein
 Berechnung von H_A2
 Glg. 16
 l_eff = 34.1
 Glg. 15
 l_RZ = 33.8
 Glg. 18
 p = 0.48
 alpha = 32
 Faktor f interpoliert aus Tabelle 2 Abschnitt 6.2.1.2.2
 f = 0.67
 Glg. 2
 H_2V = 3.1
 Glg. 17
 H_S2 = 4.6
 Glg. 19
 H_A2 = 5
 H_E für VorgelagertesGebäude5 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.
 H_E2 = 0

 [VorgelagertesGebäude6]
 Länge_l = 26
 Breite_b = 16.5
 Traufhöhe_H_Traufe = 17.3
 Firsthöhe_H_First = 19.5
 Dachform = SymSatteldach
 Dachhöhe_H_Dach = 2.2
 BreiteGiebelseite_b = 16.5
 BreiteDachhälfte_b1 = 8.2
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 3
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 36.5
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein
 Berechnung von H_A2

Glg. 16
 $l_{eff} = 17.8$

Glg. 15
 $l_{RZ} = 25.4$

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 = 15

Glg. 7
 $f = 0.64$

Glg. 6
 $H_{2V} = 2.7$

[VorgelagertesGebäude7]

Länge_l = 25.7
Breite_b = 9.5
Traufhöhe_H_Traufe = 10
Firsthöhe_H_First = 10
Dachform = Flachdach
Dachhöhe_H_Dach = 0
BreiteGiebelseite_b = 9.5
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen = nein
HöheObersteFensterkante_H_F = 0
WinkelGebäudeMündung_beta = 14
AbstandGebäudeMündung_l_A = 37.3
Hanglage = nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 $l_{eff} = 15.4$

Glg. 15
 $l_{RZ} = 19.5$

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
 $H_{2V} = 1.7$

[VorgelagertesGebäude8]

Länge_l = 28.5
Breite_b = 12.8
Traufhöhe_H_Traufe = 12.3
Firsthöhe_H_First = 14
Dachform = SymSatteldach
Dachhöhe_H_Dach = 1.7
BreiteGiebelseite_b = 12.8
BreiteDachhälfte_b1 = 6.4
HöheObersteFensterkante_H_F = 0
WinkelGebäudeMündung_beta = 81
AbstandGebäudeMündung_l_A = 63
Hanglage = nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 $l_{eff} = 30.2$

Glg. 15
 $l_{RZ} = 34.3$

VorgelagertesGebäude8 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.
H_E für VorgelagertesGebäude8 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

H_E2 = 0
alpha = 15

Glg. 7
 $f = 0.64$

Glg. 6
 $H_{2V} = 2.1$

[VorgelagertesGebäude9]

Länge_l	= 10
Breite_b	= 10
Traufhöhe_H_Traufe	= 8
Firsthöhe_H_First	= 9.4
Dachform	= Zeltdach
Dachhöhe_H_Dach	= 1.4
BreiteGiebelseite_b	= 10
BreiteDachhälfte_b1	= 5
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 0
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 18.3
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein
Berechnung von H_A2	
Glg. 16	
l_eff	= 10
Glg. 15	
l_RZ	= 13.8
VorgelagertesGebäude9 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.	
H_E für VorgelagertesGebäude9 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.	
H_E2	= 0
alpha	= 16
Glg. 7	
f	= 0.68
Glg. 6	
H_2	= 1.7
Giebel schaut zum Schornstein: Betrachtung der RZ auch auf andere Dachseite notwendig	
H_2V	= 1.7
[VorgelagertesGebäude10]	
Länge_l	= 326
Breite_b	= 201
Traufhöhe_H_Traufe	= 6.2
Firsthöhe_H_First	= 6.2
Dachform	= Sheddach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 201
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
WinkelGebäudeMündung_beta	= 90
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 71.3
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= ja
Berechnung von H_A2	
Abschnitt 6.2.2.2: Geschlossene Bauweise	
l_RZ	= 37.2
VorgelagertesGebäude10 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.	
H_E für VorgelagertesGebäude10 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	= 36.6
Glg. 16	
l_eff	= 326
[VorgelagertesGebäude11]	
Länge_l	= 124
Breite_b	= 20
Traufhöhe_H_Traufe	= 5.5
Firsthöhe_H_First	= 8.2
Dachform	= SymSatteldach
Dachhöhe_H_Dach	= 2.7
BreiteGiebelseite_b	= 20
BreiteDachhälfte_b1	= 10
HöheObersteFensterkante_H_F	= 5.5
WinkelGebäudeMündung_beta	= 26
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 109.6
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 $l_{eff} = 72.3$
 Glg. 15
 $l_{RZ} = 39.5$

VorgelagertesGebäude11 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E für VorgelagertesGebäude11 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

$H_{E2} = 0$
 $\alpha = 15$
 Glg. 7
 $f = 0.64$
 Glg. 6
 $H_{2V} = 3.3$

[VorgelagertesGebäude12]

Länge_l = 12.2
 Breite_b = 12.2
 Traufhöhe_H_Traufe = 10
 Firsthöhe_H_First = 10
 Dachform = Flachdach
 Dachhöhe_H_Dach = 0
 BreiteGiebelseite_b = 12.2
 H_2V_mit_H_AlF_begrenzen = nein
 HöheObersteFensterkante_H_F = 0
 WinkelGebäudeMündung_beta = 6
 AbstandGebäudeMündung_l_A = 93.6
 Hanglage = nein
 HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
 GeschlosseneBauweise = nein

Berechnung von H_A2

Glg. 16
 $l_{eff} = 13.4$
 Glg. 15
 $l_{RZ} = 17.6$

VorgelagertesGebäude12 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.

H_E für VorgelagertesGebäude12 wird nicht berücksichtigt, da das Gebäude außerhalb des Einwirkungsbereichs des Schornsteins liegt.

$H_{E2} = 0$
 $\alpha = 0$
 Glg. 7
 $f = 0$
 Glg. 6
 $H_{2V} = 2.2$

[Ergebnis]

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

$H_A = 5.7$

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

$H_E = 0$

H_M - Mündungshöhe über First = 5.7

H_M - Mündungshöhe über Dach = 5.6

----- Mündungshöhe über Grund = 7.9

