

Schornsteinhöhenberechnung nach TA Luft

Heizzentrale mit 2 Biomassekesseln

Auftraggeber:	Bioenergie Schwochow GbR Schwenningerstraße 1 72510 Stetten a.k.M.
Art der Anlage:	Heizzentrale: 1 x Biomasse-Heizkessel mit 1,5 MW Feuerungswärmeleistung 1 x Biomasse-Heizkessel mit 0,8 MW Feuerungswärmeleistung nach Nummer 1.2.1 gemäß Anhang 1 der 4. BImSchV
Standort:	Schwenningerstraße 72510 Stetten am kalten Markt (Baden-Württemberg)
Zuständige Behörde:	Gemeinde Stetten a.k.M.
Projektnummer:	553463249
Durchgeführt von:	DEKRA Automobil GmbH Industrie, Bau und Immobilien M. Eng. Silva de Boer Stieghorster Straße 86 - 88 D-33605 Bielefeld Telefon: +49.521.92795-80 E-Mail: silva.de.boer@dekra.com
Auftragsdatum:	28.07.2023
Berichtsumfang:	20 Seiten Textteil und 14 Seiten Anhang
Aufgabenstellung:	Schornsteinhöhenbestimmung nach TA Luft und VDI 3781-4 für eine Heizzentrale mit 2 Biomassekesseln

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Zusammenfassung	3
2 Beauftragung	3
3 Aufgabenstellung	4
4 Berechnungs- und Beurteilungsgrundlagen	5
5 Beschreibung der Örtlichkeiten	6
6 Beschreibung der Anlage	7
6.1 Beurteilungskriterien – Emissionsgrenzwerte Luftschadstoffe	9
6.2 Emissionswerte und S-Werte	9
7 Durchführung der Schornsteinhöhenberechnung	11
7.1 Berechnungsverfahren	11
7.2 Berechnung der Schornsteinmindestbauhöhe	13
8 Schlusswort	20

Anlagen

- 1 Schutzgebiete im Umkreis des 50-fachen der Schornsteinbauhöhe
- 2 Übersichtskarte Anlagenstandort
- 3 Lageplan der geplanten Anlage
- 4 Berechnungsergebnisse für H1 nach VDI 3781-4
- 5 Berechnungsergebnisse für H2 nach VDI 3781-4
- 6 Darstellung des Einwirkungsbereichs der beiden Schornsteine als überlagerte Abgasfahne

1 Zusammenfassung

Der Auftraggeber plant eine Heizzentrale mit zwei Biomasse-Heizkesseln mit einer Feuerungswärmeleistung (FWL) von 800 kW und 1.500 kW am Standort Schwenningerstraße in Stetten a.k.M. zu errichten.

Die Abgase der Holzessel sollen jeweils in einem separaten Schornstein südwestlich des Heizhauses abgeführt werden.

Die Errichtung der Heizzentrale mit zwei Biomasse-Heizkesseln ist gemäß BImSchG [1] in Verbindung mit der 4. BImSchV [4] genehmigungsrechtlich zu beantragen. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist die notwendige Schornsteinhöhe nach Ziffer 5.5 der TA Luft [2] und nach den Vorgaben der VDI 3781 Blatt 4 (Juli 2017) [6] für die geplante Anlage zu ermitteln.

Eine Überprüfung des zusätzlichen Stickstoff- und Säureeintrages entfällt, da kein Gebiet mit gemeinschaftlicher Bedeutung im Einwirkungsbereich der Anlage liegt.

Die Untersuchung kommt zu folgenden Ergebnissen:

Die Mündungshöhe für die Schornsteine der geplanten Heizzentrale ergibt sich gemäß den Anforderungen der Neufassung TA Luft (2021) [2] zu:

H = 19,4 m über Grund

(Höhe Grund \equiv 807,35 m über NHN).

2 Beauftragung

Am 28.07.2023 wurde die DEKRA Automobil GmbH von der Firma Bioenergie Schwochow GbR aus 72510 Stetten a.k.M. mit der Durchführung der vorliegenden Schornsteinhöhenberechnung beauftragt.

3 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant eine Heizzentrale mit zwei Biomasse-Heizkesseln mit einer Feuerungswärmeleistung (FWL) von 800 kW und 1.500 kW am Standort Schwenningerstraße in Stetten a.k.M. zu errichten.

Die Abgase der Holzessel sollen jeweils in einem separaten Schornstein südwestlich des Heizhauses abgeführt werden.

Die Errichtung der Heizzentrale mit zwei Biomasse-Heizkesseln ist gemäß BImSchG [1] in Verbindung mit der 4. BImSchV [4] genehmigungsrechtlich zu beantragen. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist die notwendige Schornsteinhöhe nach Ziffer 5.5 der TA Luft [2] und nach den Vorgaben der VDI 3781 Blatt 4 (Juli 2017) [6] für die geplante Anlage zu ermitteln.

Eine Überprüfung des zusätzlichen Stickstoff- und Säureeintrages entfällt, da kein Gebiet mit gemeinschaftlicher Bedeutung im Einwirkungsbereich liegt.

4 Berechnungs- und Beurteilungsgrundlagen

- | | | |
|------|--------------------|--|
| [1] | BlmSchG | Bundesimmissionsschutzgesetz (BlmSchG) vom 17. Mai 2013 |
| [2] | Neufassung TA-Luft | Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (TA - Luft), 18.08.2021, tritt am 01.12.2021 in Kraft |
| [3] | Beschlussdruck | Beschluss des Bundesrates, Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (TA - Luft), Drucksache 314/21 (Beschluss) vom 28.05.2021 |
| [4] | 4. BlmSchV | Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutz-Gesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BlmSchV) vom 31. Mai 2017 |
| [5] | 44. BlmSchV | Vierundvierzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - 44. BlmSchV – Verordnung über mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen vom 13. Juni 2019 |
| [6] | VDI 3781 - 4 | „Umweltmeteorologie; Ableitbedingungen für Abgase; Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen“ Blatt 4 (07/2017) |
| [7] | Merkblatt | „Merkblatt Schornsteinhöhenberechnung“ (Fachgespräch Ausbreitungsrechnung) (11/2012) |
| [8] | Schutzgebiete | Auszug aus den Geobasisdaten der LUBW © 2023 - Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg |
| [9] | Software | P&K KFA, Schornsteinhöhenberechnung nach VDI 3781 Blatt 4, Petersen und Kade, Version 2.11. (2022-12-02) |
| [10] | BESMIN | BESMIN (1.0.1, IBJpluris 3.1.6), Ingenieurbüro Janicke vom Oktober 2021 |
| [11] | BESMAX | BESMAX (1.0.1, IBJpluris 3.1.6), Ingenieurbüro Janicke vom Oktober 2021 |
| [12] | Lageplan | Fachinhalte: © Geoportal Raumordnung BW; Geobasisdaten: © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, http://www.lgl-bw.de/ , Az.: 2851.9-1/19 |

Es wurden folgende Unterlagen vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt:

- | | | |
|------|------------|--|
| [13] | Pläne | Grundrissansichten, Schnitte und Lagepläne vom Auftraggeber, Planstart Juli/August 2023 |
| [14] | Unterlagen | Kenndaten des Biomasse-Kessels der Marke Heizomat RHK-AK 800 mit Partikelabscheider Heizoclean EF 185 und Multizyklon MC204 und Entaschung |
| [15] | Unterlagen | Kenndaten des Biomasse-Kessels der Marke AGRO KESSELANLAGE AVR 1500 mit Multizyklon und E-Filter |

5 Beschreibung der Örtlichkeiten

Die Lage der Heizzentrale mit zwei Biomasse-Heizkesseln mit einer Feuerungswärmeleistung (FWL) von 800 kW und 1.500 kW am Standort Schwenningerstraße in Stetten a. k. M. ist der Anlage 2 zu entnehmen. Sie befindet sich auf einer geplanten Geländehöhe von ca. 807,35 m über NN mit den UTM-Koordinaten (Rechtswert 505.387 und Hochwert 5.329.580).

Unmittelbar in nordöstlicher Richtung befindet sich ein Technik-Gebäude an der Schwenningerstraße 4. Weiter nördlich befinden sich Gewerbebetriebe mit Büros und möglichen Betriebsleiterwohnhäusern. Im Osten befindet sich eine Wohnsiedlung in ca. 230 m Entfernung. Südlich und westlich um die geplante Anlage herum befindet sich Ackerland und Grünflächen. Nordwestlich in ca. 96 m Entfernung von der Anlage befindet sich eine Seniorenresidenz.

Das Gelände ist aus immissionsschutztechnischer Sicht als eben anzusehen. Eine relevante Hanglage (wie bei einer Schornsteinhöhenberechnung ggf. zu berücksichtigen) ist nicht gegeben.

Gemäß Anhang 8 der Neufassung der TA Luft [2] soll innerhalb des Einwirkungsbereiches eines Emittenten der Jahresmittelwert der Zusatzbelastung für die Stickstoff- und Schwefeldeposition nach Nummer 4.6.4 gebildet werden, auch wenn die Bagatellmassenströme nach 4.6.1.1 eingehalten werden. Das Beurteilungsgebiet nach 4.6.2.5 umfasst eine Kreisfläche mit dem Radius, der dem 50-fachen der tatsächlichen Schornsteinhöhe entspricht und in der die Gesamtzusatzbelastung im Aufpunkt mehr als 3 % des Immissions-Jahreswertes beträgt.

In einem Abstand von ca. 710 m von der Anlage befindet sich das Vogelschutzgebiet Nr. 7820441 „Südwestalb und Oberes Donautal“ und in ca. 1,5 km Abstand befindet sich ein FFH-Gebiet Nr. 7820342 „Truppenübungsplatz Heuberg“, wie Anlage 1 zeigt. Aufgrund der geringen Menge an Emissionen, die von der Anlage ausgehen, liegt keines der Gebiet mit gemeinschaftlicher Bedeutung im Einwirkungsbereich der Anlage (siehe auch Anlage 6).

6 Beschreibung der Anlage

Die Bioenergie Schwochow GbR plant den Betrieb einer Biomasse-Heizzentrale in 72510 Stetten a.k.M. zur dezentralen Wärmeerzeugung, wie in Abbildung 6.1 zu sehen ist. Folgende Heizkessel werden installiert:

- 1 x Biomasse-Heizkessel – 0,8 MW (FWL)
- 1 x Biomasse-Heizkessel – 1,5 MW (FWL)

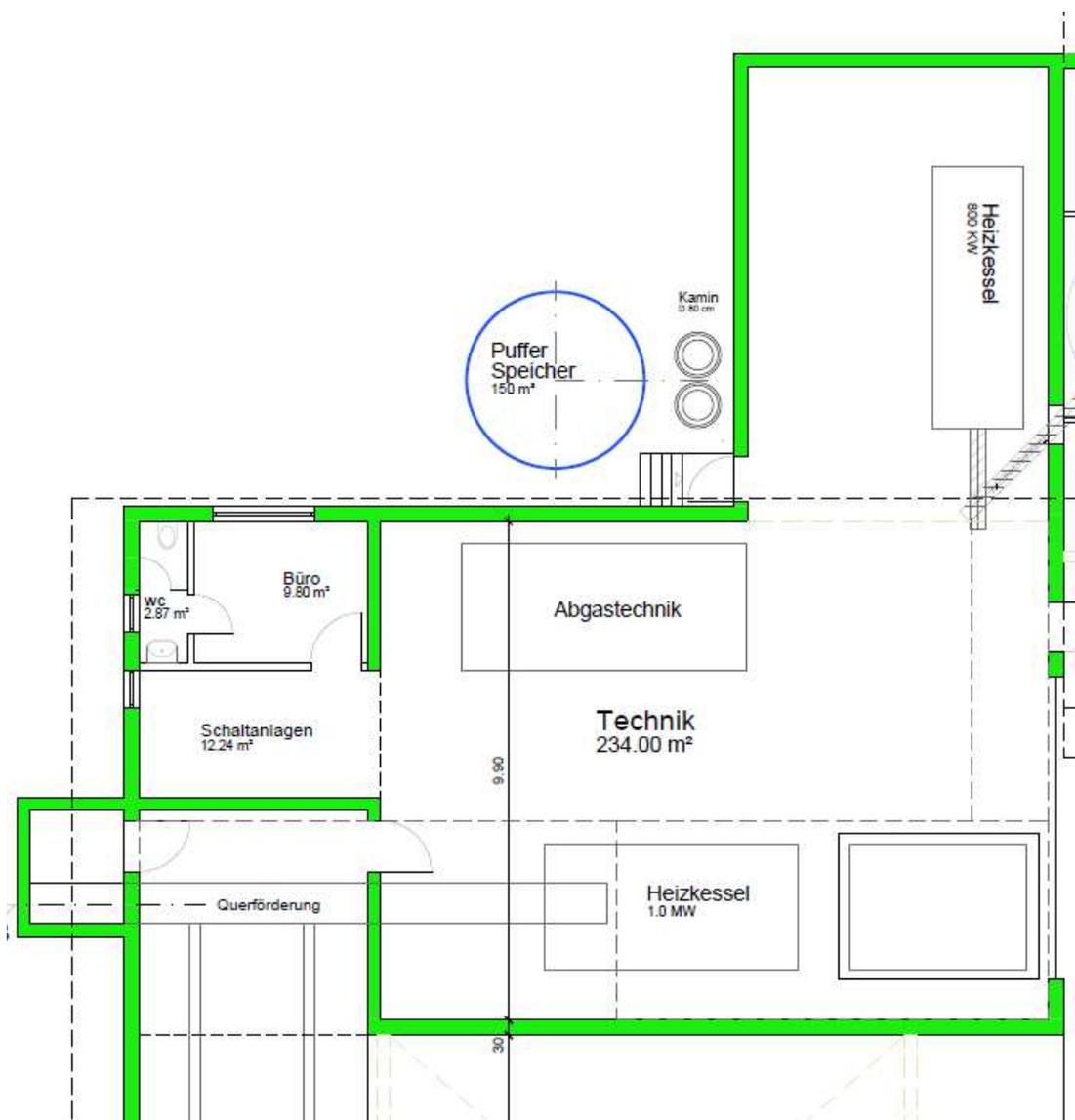


Abbildung 6.1: Grundriss Biomasse-Heizzentrale mit geplanten Holzheizkesseln

In der folgenden Tabelle 6.1 sind die Daten der geplanten Feuerungsanlagen aufgeführt.

Tabelle 6.1: Technische Daten Feuerungsanlagen [14],[15]

Technische Daten	Einheit	K 1 Holzkessel	K 2 Holzkessel
Art		Warmwasserkessel mit Vorschubrostfeuerung	Warmwasserkessel mit Vorschubrostfeuerung
Hersteller		Heizomat	AGRO-VR
Typ		RHK-AK 800	AVR 1500
Brennstoff		naturbelassenes Holz	naturbelassenes Holz
Nennwärmeleistung	kW	800	1.500
Feuerungswärmeleistung	kW	920	1.725
Abgastemperatur	°C	150	180
Volumenstrom, Betrieb, feucht	Bm³/h	2.436	3.585
Volumenstrom Norm trocken	Nm³/h	1.468	2.830
Durchmesser Innenzug	mm	400	500

Hinweis:

Es wird empfohlen den Schornsteindurchmesser der Anlage 1 auf 400 mm und den Schornsteindurchmesser der Anlage 2 auf 500 mm zu reduzieren, um eine Abgas-Austrittsgeschwindigkeit von mind. 7 m/s zu gewährleisten.

Ableitung der Emissionen und Emissionsminderung

Das Rauchgas des Holzkessels 1 wird zur Entstaubung über einen Partikelabscheider / Multizyklon und das Rauchgas des Holzkessels 2 wird über einen Partikelabscheider / Multizyklon und einen Elektrofilter geführt. Die Abgase der neuen Holzkessel sollen in separate Schornsteine senkrecht nach oben abgeleitet werden (Abbildung 6.1).

Betriebszeiten

Die Betriebszeit der Heizzentrale ist ganzjährig an 8.760 Stunden im Jahr geplant. Die Anlagen werden nach Anforderung aus dem Wärmenetz bedarfsorientiert gefahren. Der mögliche Anforderungszeitraum der Erzeuger liegt aufgrund dieser Fahrweise ganzjährig zwischen 0:00 und 24:00 Uhr. Überwiegend wird die Betriebszeit in der üblichen Heizperiode liegen. Die detaillierten Planungen können dem Genehmigungsantrag entnommen werden.

6.1 Beurteilungskriterien – Emissionsgrenzwerte Luftschadstoffe

Die Emissionen der Holzkessel unterliegen den Anforderungen der 44. BImSchV [5]. In der Tabelle 6.2 sind die Emissionsgrenzwerte eingetragen.

Tabelle 6.2: Emissionswerte [5] und Bagatellmassenströme [2]

Parameter	Holzkessel 1	Holzkessel 2	Bagatellmassenstrom TA Luft [2]
FWL	≥ 1 MW und < 5 MW	≥ 1 MW und < 5 MW	-
Brennstoff	Holz	Holz	-
Verordnung	44. BImSchV	44. BImSchV	-
Nummer	§ 10	§ 10	4.6.1.1
Sauerstoffbezug	6%	6%	keine Angabe
Kohlenmonoxid	0,22 g/m ³	0,22 g/m ³	keine Angabe
NO _x als NO ₂	0,37 g/m ³	0,37 g/m ³	15 kg/h
SO _x als SO ₂	--	--	15 kg/h
Gesamt-C	10 mg/m ³	10 mg/m ³	keine Angabe
Gesamtstaub	35 mg/m ³	35 mg/m ³	0,8 kg/h

Liegen die maximalen Emissionsmassenströme der Luftschadstoffe unter dem jeweiligen Bagatellmassenstrom nach 4.6.1.1, Tabelle 7, TA Luft, ist die Bestimmung der Immissionskenngrößen im Genehmigungsverfahren für diesen Schadstoff nach 4.6.1.1 TA Luft in der Regel nicht erforderlich.

6.2 Emissionswerte und S-Werte

Für die Berechnung der Emissionen ausgehend von den Betriebsdaten der Anlage (Tabelle 6.1) und den Emissionsgrenzwerten (Tabelle 6.2) ergeben sich folgende Emissionsmassenströme und Q/S-Verhältnisse (Tabelle 6.3).

Zur Berechnung der Abgasmassenströme wird davon ausgegangen, dass im Abgas 90 % als Stickstoffmonoxid (NO) und 10 % als Stickstoffdioxid (NO₂) vorliegen. Nach TA Luft [2] ist eine Umwandlungsrate von NO zu NO₂ auf dem Pfad von der Emission zur Immission von 60 % zu berücksichtigen. Der Schadstoff Gesamt-C ist nicht für die Schornsteinhöhenberechnung heranzuziehen [2].

Tabelle 6.3: Emissionswerte und S-Werte

Anlage	Emissionswert [mg/m ³]	Abgasmassenstrom Q [kg/h]	Bagatellmassenstrom TA Luft / Neufassung [kg/h]	S-Wert Anhang 7 TA Luft [mg/m ³]	Q/S [kg/h]
Holzessel 1 – 1468 Nm³/h Abgasvolumenstrom					
Kohlenmonoxid	220	0,32	--	7,5	0,04
NO _x als NO ₂ ¹⁾	237 (370)	0,35 (0,54)	15	0,1	3,48
Gesamt-C	10	0,01	--	0,1	0,15
Gesamtstaub	35	0,05	0,8	0,08	0,64
Holzessel 2 – 2830 Nm³/h Abgasvolumenstrom					
Kohlenmonoxid	220	0,62	--	7,5	0,08
NO _x als NO ₂ ¹⁾	237 (370)	0,67 (1,05)	15	0,1	6,70
Gesamt-C	10	0,03	--	0,1	0,28
Gesamtstaub	35	0,10	0,8	0,08	1,24

1) Hinweis: Die Umwandlungsrate von NO zu NO₂ wurde berücksichtigt.

Der Bagatellmassenstrom wird für Gesamtstaub, NO_x und SO_x unterschritten und somit ist in der Regel die Bestimmung der Immissionskenngrößen im Genehmigungsverfahren nach Ziff. 4.6.1.1 TA Luft für diese emittierten Schadstoffe nicht erforderlich (Tabelle 6.2).

Für die Berechnungen der Schornsteinmindesthöhe nach TA Luft Ziffer 5.5.2.2 ist der Luftschadstoff Stickstoffdioxid mit dem höchsten Q/S-Verhältnis die bestimmende Größe (Tabelle 6.3).

7 Durchführung der Schornsteinhöhenberechnung

In der 44. BImSchV [5] werden unter § 19 die Ableitbedingungen für Abgase festgelegt. Danach sollen die Ableitungshöhen für genehmigungsbedürftige Anlagen anhand der Anforderungen der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft in der jeweils zum Zeitpunkt der Errichtung der Anlage geltenden Fassung) ermittelt werden. Nachfolgend wird deshalb die erforderliche Schornsteinhöhe entsprechend der Neufassung der TA Luft (2021) [2] bestimmt.

7.1 Berechnungsverfahren

Nach 5.5.1 der Neufassung der TA Luft [2] sind Abgase so abzuleiten, dass ein ungestörter Abtransport mit der freien Luftströmung und ausreichende Verdünnung ermöglicht wird. In der Regel ist eine Ableitung über Schornsteine erforderlich. Gemäß 5.5.2.1 soll die Lage und Höhe der Schornsteinmündung den Anforderungen der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 (Ausgabe Juli 2017) [6] genügen. Nach der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 [6] sind zwei Höhen für die Abgasmündung zu berechnen, die Höhe H_A für den ungestörten Abtransport und die Höhe H_E für die ausreichende Verdünnung. Folgende Anforderungen werden an die Höhe der Schornsteinmündung gestellt:

1. eine Mindesthöhe über Gelände von 10 m (Abschnitt 6.3.1.2).
2. eine den Dachfirst um 3 m überragende Höhe H_U (Abschnitt 5.2). Bei einer Dachneigung von weniger als 20 Grad ist die Höhe des Dachfirstes unter Zugrundelegung einer Neigung von 20 Grad zu berechnen; die Schornsteinhöhe soll jedoch das Zweifache der Gebäudehöhe nicht übersteigen und
3. die Oberkanten von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen der zum ständigen Aufenthalt von Menschen bestimmten Räume (Bezugsniveau) um den additiven Term (H_B) 5 m zu überragen (Abschnitt 6.3.4) in einem Umkreis R von 50 m (Abschnitt 6.3.2).

Darüber hinaus soll die Schornsteinhöhe die Anforderungen der Neufassung der TA Luft Nummer 5.5.2.2 (Ausbreitungsrechnung mit BESMIN nach Anhang 2) und Nummer 5.5.2.3 (Berücksichtigung von Bebauung und Bewuchs sowie unebenem Gelände) erfüllen [2]. Zur Berechnung der notwendigen Schornsteinhöhe nach Anhang 2 der Neufassung der TA Luft [2] mit Hilfe des Programms BESMIN (Bestimmung der minimalen Schornsteinhöhe) werden die S-Werte (maximale bodennahe Konzentration) der emissionsrelevanten Schadstoffe gemäß Anhang 6 der TA Luft [2] herangezogen.

Weitere Parameter sind der Schornsteindurchmesser d , die Abgastemperatur T an der Schornsteinmündung, die Wasserbeladung x sowie der Abgasmassenstrom Q . Bei mehreren Schornsteinen der Anlage ist die Einhaltung des S -Wertes mit dem Ausbreitungsprogramm BESMAX (Bestimmung der maximalen Konzentration) nach Anhang 2 der Neufassung der TA Luft [2] zu prüfen.

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 [2].

Die Bebauungs- und Bewuchshöhe ist innerhalb eines Kreises mit dem Radius der 15-fachen Schornsteinhöhe um den Schornsteinstandort, aber mindestens 150 m, strömungsmechanisch maßgeblich und entsprechend zu berücksichtigen.

Bei unebenen Geländeformen muss für die Berechnung der notwendigen Schornsteinhöhe die Geometrie der Geländeform berücksichtigt werden. Die Schornsteinmündung soll oberhalb der Kavitätszone des Tales liegen, um eine Schadgasanreicherung innerhalb des Tales zu verhindern. Diese Zone lässt sich durch eine von der Taloberkante ausgehende Linie mit 15° Neigung gegen die Horizontale abgrenzen. Die nach der Nummer 5.5.2.2 [2] bestimmte Schornsteinhöhe ist so weit zu erhöhen, bis die Schornsteinmündung diese Linie schneidet.

Zur besseren Verteilung der Abgase ist eine Austrittsgeschwindigkeit von mindestens 7 m/s an der Schornsteinmündung anzustreben.

7.2 Berechnung der Schornsteinmindestbauhöhe

Berechnung nach VDI 3781 Blatt 4

Gemäß 5.5.2.1 der TA Luft [2] soll die Lage und Höhe der Schornsteinmündung den Anforderungen der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 (Ausgabe Juli 2017) [6] genügen. Der additive Wert $H_{\bar{U}}$ nimmt bei genehmigungsbedürftigen Anlagen den Wert 3 m an (VDI 3781 Bl. 4 Tabelle 1). Der Radius des Einwirkungsbereichs um die Schornsteinanlage beträgt 50 m und die Mündungshöhe H_B über Bezugsniveau 5 m (VDI 3781 Bl. 4 Tabelle 3). Alle Höhenangaben über dem Grund (Gebäude-, Trauf-, Firsthöhen) beziehen sich auf $\pm 0,00$ Fußbodenhöhe bzw. 807,35 NN der Biomasse Heizzentrale. Die Dokumentation der Berechnungen nach der VDI 3781 Blatt 4 [6] befindet sich im Anhang 4 und 5.

Berechnung der Höhen H_{A1} - Gebäude mit Schornsteinanlage

Die zwei separaten Schornsteine werden südwestlich in der Gebäudeecke der geplanten Vorratsgebäude und Heizräume errichtet (Abbildung 6.1). Die Biomasse Heizzentrale liegt an einem Südhang (Abbildung 7.1). Das Gelände steigt von Südwest nach Nordost von 804,00 m über NN auf 807,35 m über NN an. Die Mindestanforderung für die Schornsteinhöhe von 10 m über Gelände ist im vorliegenden Fall auf die geplante Geländehöhe an der Südwestseite des Gebäudes zu beziehen.

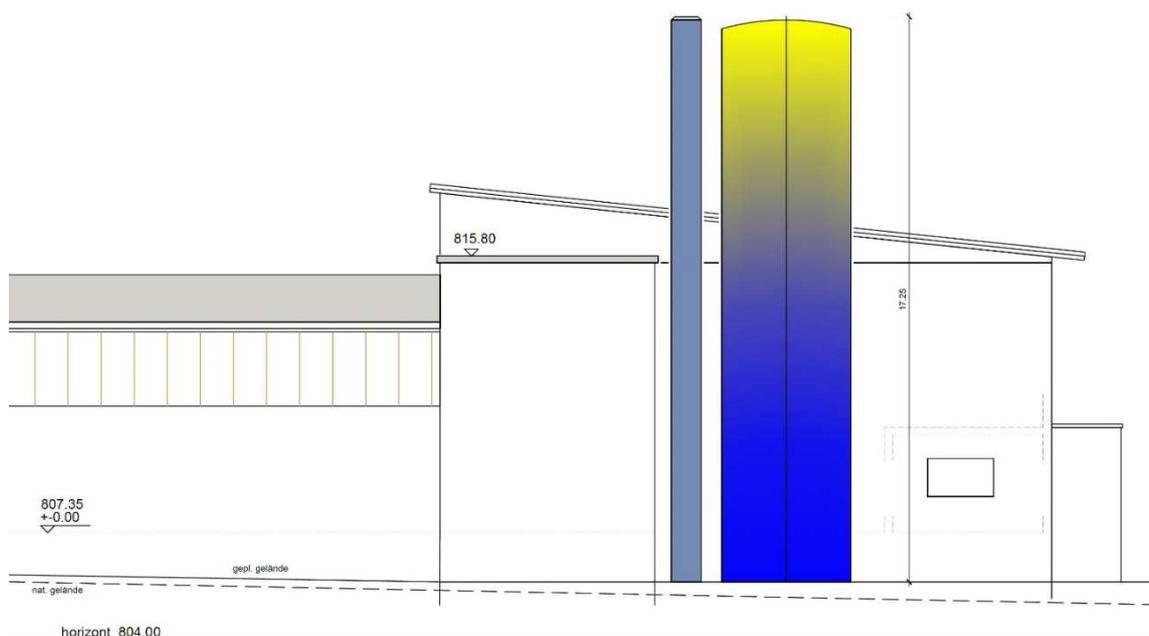


Abbildung 7.1: Geländehöhen Schornsteinhöhenberechnung – Ansicht von Westen (Skizze)

Die Biomasse Heizzentrale teilt sich in drei Gebäude (siehe Anhang). Das nördliche Gebäude ist das Vorratslager für Hackschnitzel mit einer Grundfläche von 30,5 m auf 13,0 m und einem Pultdach mit einer Traufhöhe von 6,4 m bezogen auf die tiefer liegende Westseite. Das Hackschnitzellager (südöstliches Gebäude) hat eine Grundfläche von 28,0 m auf 18,45 m mit einem Pultdach mit einer Traufhöhe von 8,5 m bezogen auf die tiefer liegende Südseite. Die Heizzentrale (südwestliches Gebäude), die die Lagergebäude verbindet, hat eine Grundfläche von 9,2 m auf 6,0 m und ein Flachdach mit einer Traufhöhe von 8,5 m. An diesem Gebäude sind südlich die zwei Schornsteine geplant. Südlich von den Schornsteinen ist ein freistehender Pufferspeicher mit ca. 150 m³ Inhaltvolumen mit einem Durchmesser von 3,9 m und einer Höhe von 15,8 m geplant.

Die Mündungshöhe für den ungestörten Abtransport über das höchste Objekt den Pufferspeicher beträgt

$$H_{A1} = H_{S1} + H_{\bar{U}} = 0,62 \text{ m} + 3 \text{ m} = 3,62 \text{ m} \quad (\text{VDI 3781 Bl. 4, Gl. 4})$$

aber maximal die doppelte Gebäudehöhe (TA Luft, Nr. 5.5.2.1).

Berechnung der Höhen H_{A2} - vorgelagerte Einzelgebäude

Der geplanten Schornsteine befinden sich nicht in der Rezirkulationszone des vorgelagerten Technik-Gebäudes Schwenninger Str. 43 (Höhe ca. 10,6 m), wie in Abbildung 7.2 zu sehen ist.

$$H_{A2} = H_{S2} + H_{\bar{U}} \quad (\text{VDI 3781 Bl. 4, Gl. 19})$$

$$H_{S2} = 0,0 \text{ m}$$

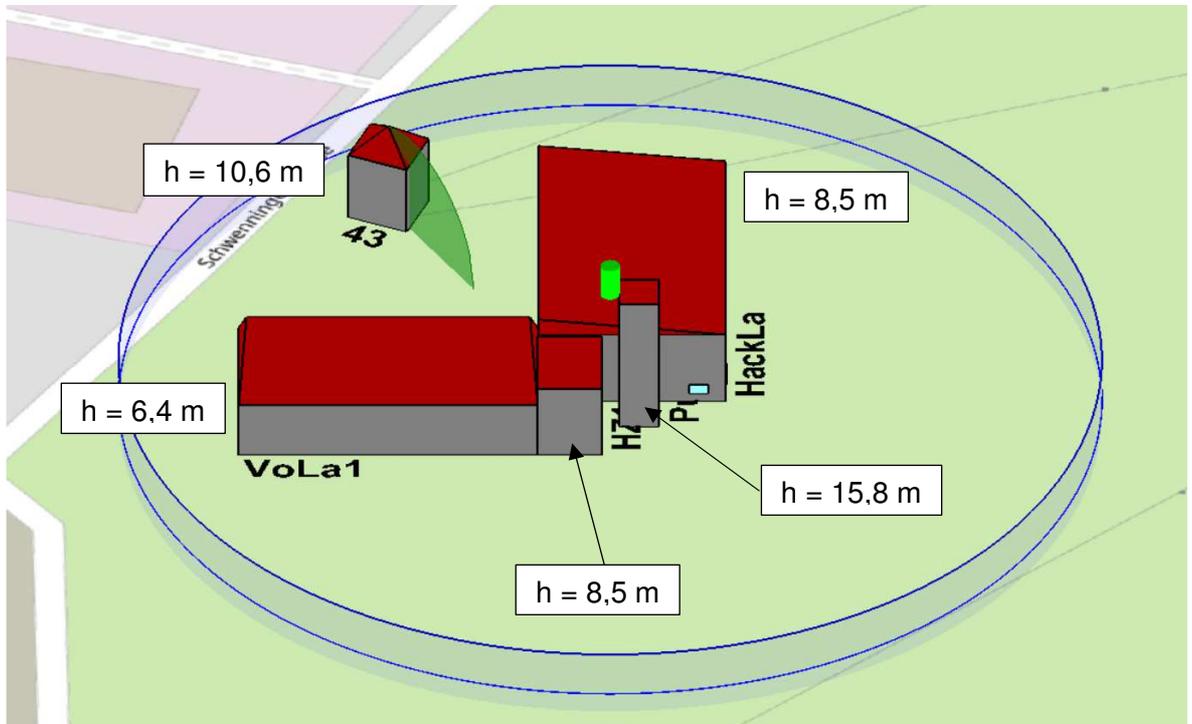


Abbildung 7.2: Schematische Darstellung (3-D-Ansicht von Westen) der Lage der Biomasse Heizzentrale mit Standort der Schornsteine, der Einwirkungsbereich mit Radius 50 m (blaue Linien), Dachflächen (rot); aus [9]

Berechnung der Höhe H_E - Fenster-, Zuluftöffnungen

Oberkanten von Fensteröffnungen oder Zuluftöffnungen für Frischluftansaugungen auf den Dachflächen der umgebenden Gebäude im Radius von 50 m müssen um 5 m überragt werden. Im Radius von 50 m um den Schornsteinstandort gibt es keine Fenster oder Zuluftöffnungen (Abbildung 7.2). Die Seniorenresidenz befindet sich außerhalb des Einwirkungsbereichs.

$$H_{E2} = (H_F - H_{First}) + H_B \quad (\text{VDI 3781 Bl. 4, Gl. 22})$$

Die Mündungshöhe für die Quelle der Holzessel ergibt sich entsprechend den Anforderungen der VDI 3781 Blatt 4 zu:

$$H_{\text{Gebäude}} = H_{\text{First}} + \max(H_{A1}; H_{A2}; H_{E2}) \quad (\text{VDI 3781 Bl. 4, Bild 2})$$

$$H_{\text{Gebäude}} = 15,75 \text{ m} + \max(3,62 \text{ m}; \text{-- m}; \text{-- m}) = 19,37 \text{ m über Gelände (bez. auf 807,35 m NN)}$$

**Berechnung BESMIN / BESMAX
TA Luft 5.5.2.2 - BESMIN**

Mit dem Ausbreitungsprogramm BESMIN wird die Schornsteinhöhe für jede einzelne Quelle berechnet, bei der die maximale bodennahe Konzentration den S-Wert des betrachteten Stoffes; hier Stickstoffdioxid mit dem höchsten Q/S-Verhältnis, unterschreitet.

Die Eingangsgrößen und das Ergebnis der Berechnungen (BESMIN) finden sich in der nachfolgenden Abbildung 7.3. Die emissionsbedingte Mindesthöhe für die Quelle H1 (Holzkessel 1) beträgt 6,0 m und für die Quelle H2 (Holzkessel 2) 6,0 m.

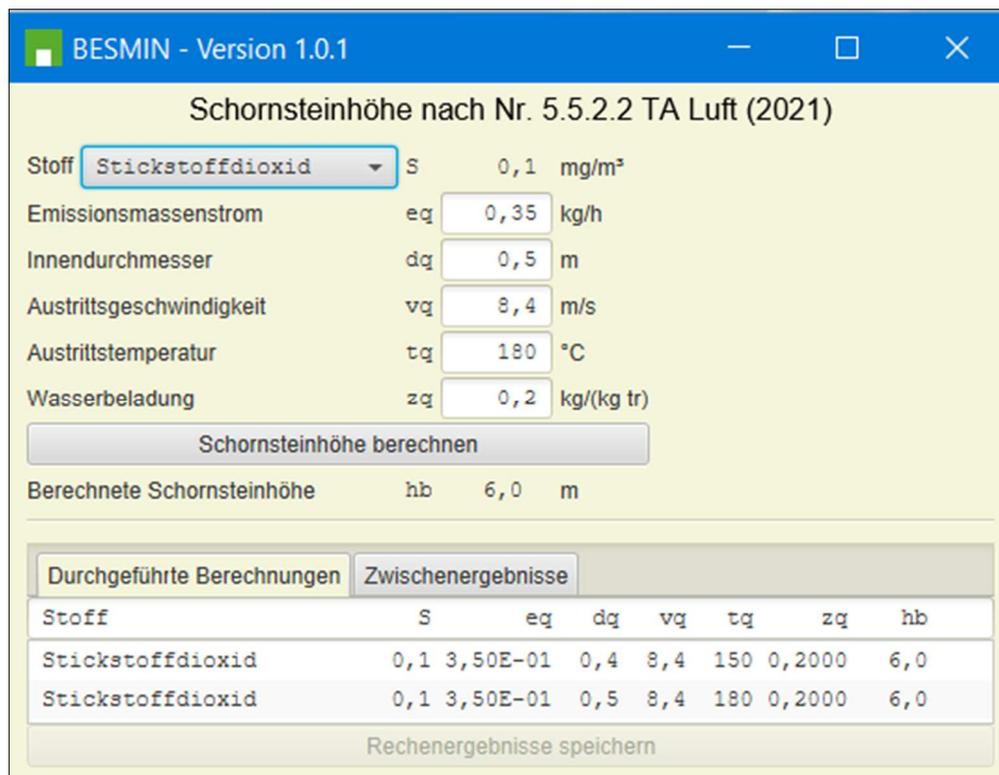
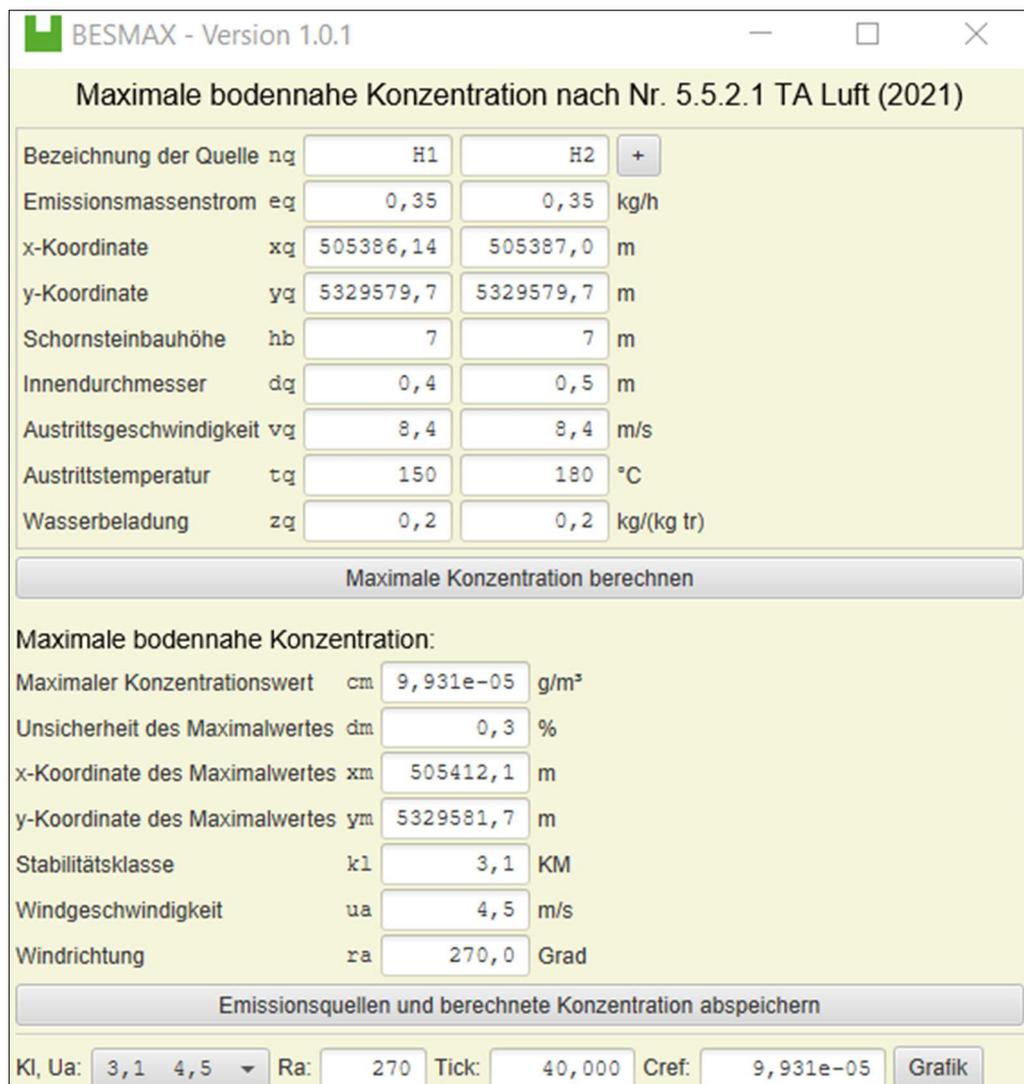


Abbildung 7.3: Ein- und Ausgaben BESMIN für die Quellen H1 und H2

TA Luft 5.5.2.2 – BESMAX Überlagerung der Abgasfahnen

Die mit BESMIN ermittelten Schornsteinhöhen werden mit dem Ausbreitungsprogramm BESMAX (Überlagerung der Abgasfahnen aller Quellen) überprüft. Damit wird die emissionsbedingte Schornsteinmindesthöhe über Grund errechnet, bei der der S-Wert von 0,10 mg/m³ für Stickstoffdioxid am Aufpunkt mit der maximalen Belastung eingehalten wird. Die Eingangsdaten und das Ergebnis der Berechnung sowie die Abbildung der Ausbreitung der Abgasfahne ist in Abbildung 7.4 und im Anhang 6 dargestellt.

Bei einer Mündungshöhe von 7,0 m für beide Schornsteine wird der S-Wert 0,10 mg/m³ für Stickstoffdioxid eingehalten.



BESMAX - Version 1.0.1

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

Bezeichnung der Quelle	nq	H1	H2	+
Emissionsmassenstrom	eq	0,35	0,35	kg/h
x-Koordinate	xq	505386,14	505387,0	m
y-Koordinate	yq	5329579,7	5329579,7	m
Schornsteinbauhöhe	hb	7	7	m
Innendurchmesser	dq	0,4	0,5	m
Austrittsgeschwindigkeit	vq	8,4	8,4	m/s
Austrittstemperatur	tq	150	180	°C
Wasserbelastung	zq	0,2	0,2	kg/(kg tr)

Maximale Konzentration berechnen

Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert	cm	9,931e-05	g/m ³
Unsicherheit des Maximalwertes	dm	0,3	%
x-Koordinate des Maximalwertes	xm	505412,1	m
y-Koordinate des Maximalwertes	ym	5329581,7	m
Stabilitätsklasse	k1	3,1	KM
Windgeschwindigkeit	ua	4,5	m/s
Windrichtung	ra	270,0	Grad

Emissionsquellen und berechnete Konzentration abspeichern

Kl, Ua: 3,1 4,5 Ra: 270 Tick: 40,000 Cref: 9,931e-05 Grafik

Abbildung 7.4: Ausgabe BESMAX

TA Luft 5.5.2.3 – Bebauung und Bewuchs sowie unebenes Gelände

Die Umgebung der Biomasse Heizzentrale ist durch lockere Bebauung, Gewerbebetriebe und landwirtschaftliche Flächen geprägt (Anhang 1). Die Bebauungs- und Bewuchshöhe ist innerhalb einer Fläche der 15-fachen Schornsteinhöhe gemäß Nr. 5.5.2.2 (mindestens 150 m) strömungsmechanisch maßgeblich. Die Korrektur für die Verdrängung wird mit 11 m berücksichtigt.

Das Gelände um den Standort ist, bis auf den Geländesprung von Ost nach West um ca. 3,35 m nahezu eben. Die Schornsteinhöhe muss nicht gemäß der TA Luft Nr. 5.5.2.3 (Kavitätszone) korrigiert werden.

7.3 Fazit und Empfehlungen

In der nachfolgenden Tabelle 7.1 sind die Berechnungsschritte für die Bestimmung der Schornsteinmündungshöhen zusammengefasst.

Tabelle 7.1: Ergebnis Schornsteinhöhenberechnung

TA Luft Nr. 5.5 Berechnungsschritte	Gemeinsamer Schornstein	
	H1 Holzkessel	H2 Holzkessel
Nr. 5.5.2.1 Mindestanforderung: H_{mn}	10,0 m	
Nr. 5.5.2.1 VDI 3781 Bl. 4: $H_{Gebäude}$	19,4 m (807,35 m NN)	
Nr. 5.5.2.2 BSEMIN: h_b	6,0 m	6,0 m
Nr. 5.5.2.2 BESMAX: h	7,0 m	
Nr. 5.5.2.3 mittlere Bebauungs- und Bewuchshöhe: J'	11,0 m	
Geländekorrektur: k	- m	
Nr. 5.5.2.2 $H' = h + J' + k$	18,0 m	
$H = \max (H_{min}; H_{Gebäude}; H')$	19,4 m (807,35 m NN)	

Gemäß den Anforderungen der TA Luft (2021) beträgt die erforderliche Mindestmündungshöhe für die geplanten Feuerungsanlagen:

Schornsteine (Holzkessel 1 und Holzkessel 2)

$H = 19,4 \text{ m}$

über geplanter Geländehöhe ($\pm 0,00$ Fußbodenhöhe bzw. 807,35 NN)

bzw.

$H = 20,9 \text{ m}$

über geplanter Geländehöhe an der Südwestseite des Gebäudes (805,85 NN)

Diese Schornsteinhöhe ist für beider Schornsteine auszuführen und gewährleistet eine freie Abströmung sowie eine ausreichende Verdünnung der Abgase.

Der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen ist sichergestellt.

8 Schlusswort

Eine abschließende immissionsschutzrechtliche Beurteilung bleibt der zuständigen Behörde vorbehalten.

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannte Anlage im beschriebenen Zustand. Eine Übertragung auf andere Anlagen ist nicht zulässig.

Eine auszugsweise Vervielfältigung des Berichtes darf nur nach schriftlicher Genehmigung der DEKRA Automobil GmbH erfolgen.

Bielefeld, **24.08.2023**

DEKRA Automobil GmbH
Industrie, Bau und Immobilien

Projektleiterin

Sachverständige

M. Eng. Silva de Boer

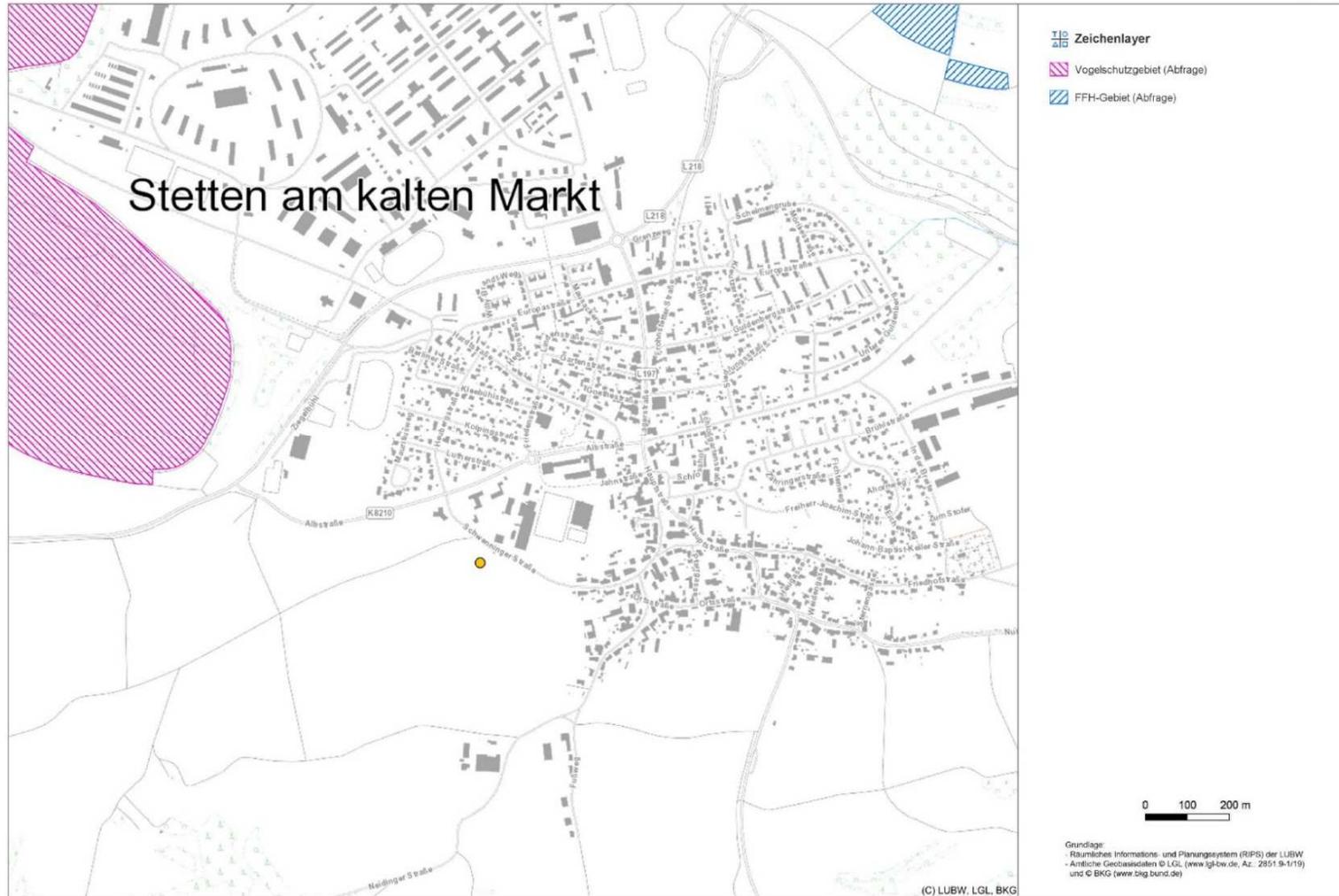
Dipl.-Met. Corinna Humpert-Zerulla

Dieser Bericht wurde vom Projektleiter fachinhaltlich autorisiert und ist ohne Unterschrift gültig.

Bericht- Nr.: 21486/A49472/553463249-B01

Anlage
zum Bericht 553463249-B01 vom 24.08.2023

Hintergrundkarte





Geoportál Raumordnung
Baden-Württemberg

Druckausgabe





Berechnung für die Abgasableitinrichtung 'H1 bzw. Q1'

Details für Ableitgebäude 'PuSp' - Flachdach

Größe	Parameter	Wert
Bodenhöhe über Koordinatenursprung (Abschnitt 6.2.4, Bild 10)	• h	0,00 m
Firshöhe	H_{First}	15,75 m
Traufhöhe (Bild 4)	H_{Traufe}	15,75 m
Breite Gebäudeschmalseite (Abschnitt 6.2.1.2.6)	b	4,08 m
Höhe der Rezirkulationszone für ein Dachneigung von 0° (Gleichung 6)	H_1, H_2, H_{S1} $= H_{\text{Dach},20^\circ}$	0,74 m
Horizontaler Ausdehnung der Rezirkulationszone (Gleichung 15, Bild 8)	l_{RZ}	8,00 m
Effektive Länge eines vorgelagerten Gebäudes (Gleichung 16, Bild 8)	l_{eff}	4,93 m
Winkel zwischen der Giebelseite des vorgelagerten Gebäudes und der Richtung zur Abgasableitinrichtung (Abschnitt 6.2.2.1, Bild 8)	•	11,37 °
Horizontale Entfernung der Abgasableitinrichtung vom vorgelagerten Gebäude (Bild 8)	l_{A}	0,94 m
Erforderliche Abgasableitinrichtungshöhe bei vorgelagerten Gebäuden über First von 'PuSp' (Gleichung 17, Bild 8)	H_{S2}	0,63 m

Details für Gebäude '43' - Zeltdach

Größe	Parameter	Wert
Bodenhöhe über Koordinatenursprung (Abschnitt 6.2.4, Bild 10)	• h	0,00 m
Firsthöhe	H_{First}	10,55 m
Traufhöhe (Bild 4)	H_{Traufe}	7,90 m
Reale Dachhöhe (Bild 4, Abschnitt 6.2.1.2.2)	H_{Dach}	2,65 m
Breite der dem Austritt abgewandten Giebelhalbseite. Bei symmetrischem Dach ist dies b/2 sonst b1	b_{Luv}	2,88 m
Horizontaler Abstand zwischen der Mitte des Austrittsquerschnitts und dem First (Bild 4)	a	22,89 m
Dachneigungswinkel (Bild 4)	•	42,62 °
Dachneigungskorrektur (interpoliert nach Tabelle 2)	•	8,41 °
Faktor zur Bestimmung von H_2 (interpoliert nach Tabelle 2)	f	0,53
Höhe der Rezirkulationszone für den Abstand a vom First (Gleichung 1) Reduktion um 40% (Abschnitt 6.2.1.2.7)	H_1	9,34 m
Maximale Höhe der Rezirkulationszone (Gleichung 2) Reduktion um 40% (Abschnitt 6.2.1.2.7)	H_2	0,85 m
Berechnete Höhe der Abgasableitinrichtung über First (Gleichung 3)	H_{S1}	0,85 m
Horizontaler Ausdehnung der Rezirkulationszone (Gleichung 15, Bild 8)	l_{RZ}	12,21 m
Effektive Länge eines vorgelagerten Gebäudes (Gleichung 16, Bild 8)	l_{eff}	8,36 m
Winkel zwischen der Giebelseite des vorgelagerten Gebäudes und der Richtung zur Abgasableitinrichtung (Abschnitt 6.2.2.1, Bild 8)	•	56,18 °
Horizontale Entfernung der Abgasableitinrichtung vom vorgelagerten Gebäude (Bild 8)	l_{A}	37,25 m
Abgasableitinrichtung ist außerhalb der Rezirkulationszone	H_{S2}	0,00 m

Details für Gebäude 'VoLa1' - Pultdach • < 20°

Größe	Parameter	Wert
Bodenhöhe über Koordinatenursprung (Abschnitt 6.2.4, Bild 10)	• h	0,00 m
Firsthöhe	H_{First}	7,79 m
Traufhöhe (Bild 4)	H_{Traufe}	6,42 m
Reale Dachhöhe (Bild 4, Abschnitt 6.2.1.2.2)	H_{Dach}	1,37 m
Breite der Giebelseite (Bild 4)	b	13,20 m
Dachneigungswinkel (Bild 4)	•	5,93 °
Horizontaler Abstand zwischen der Mitte des Austrittsquerschnitts und dem First (Bild 4)	a	5,76 m
Interpolationsparameter für Pultdach (Gleichungen 11 und 12)	c	0,59
Höhe der Rezirkulationszone für den Abstand a vom First (Gleichung 9)	H_1	2,31 m
Maximale Höhe der Rezirkulationszone (Gleichung 10)	H_2	2,40 m
Berechnete Höhe der Abgasableitinrichtung über First (Gleichung 3)	H_{S1}	2,31 m
Höhe der Rezirkulationszone auf dem First (Gleichungen 12 und 9 für a=0)	$H_{1,\text{First}}$	1,69 m
Horizontaler Ausdehnung der Rezirkulationszone (Gleichung 15, Bild 8)	l_{RZ}	21,52 m
Effektive Länge eines vorgelagerten Gebäudes (Gleichung 16, Bild 8)	l_{eff}	20,32 m
Winkel zwischen der Giebelseite des vorgelagerten Gebäudes und der Richtung zur Abgasableitinrichtung (Abschnitt 6.2.2.1, Bild 8)	•	75,66 °
Horizontale Entfernung der Abgasableitinrichtung vom vorgelagerten Gebäude (Bild 8)	l_A	7,56 m
Erforderliche Abgasableitinrichtungshöhe bei vorgelagerten Gebäuden über First von 'PuSp' (Gleichung 17, Bild 8)	H_{S2}	-6,21 m

Details für Gebäude 'HZ1' - Flachdach

Größe	Parameter	Wert
Bodenhöhe über Koordinatenursprung (Abschnitt 6.2.4, Bild 10)	• h	0,00 m
Firsthöhe	H_{First}	8,45 m
Traufhöhe (Bild 4)	H_{Traufe}	8,45 m
Breite Gebäudeschmalseite (Abschnitt 6.2.1.2.6)	b	6,50 m
Höhe der Rezirkulationszone für ein Dachneigung von 0° (Gleichung 6)	H_1, H_2, H_{S1} = $H_{\text{Dach},20^\circ}$	1,18 m
Horizontaler Ausdehnung der Rezirkulationszone (Gleichung 15, Bild 8)	l_{RZ}	14,62 m
Effektive Länge eines vorgelagerten Gebäudes (Gleichung 16, Bild 8)	l_{eff}	11,10 m
Winkel zwischen der Giebelseite des vorgelagerten Gebäudes und der Richtung zur Abgasableitinrichtung (Abschnitt 6.2.2.1, Bild 8)	•	36,12 °
Horizontale Entfernung der Abgasableitinrichtung vom vorgelagerten Gebäude (Bild 8)	l_A	1,02 m
Erforderliche Abgasableitinrichtungshöhe bei vorgelagerten Gebäuden über First von 'PuSp' (Gleichung 17, Bild 8)	H_{S2}	-6,14 m

Details für Gebäude 'HackLa' - Pultdach • < 20°

Größe	Parameter	Wert
Bodenhöhe über Koordinatenursprung (Abschnitt 6.2.4, Bild 10)	• h	0,00 m
Firsthöhe	H_{First}	10,61 m
Traufhöhe (Bild 4)	H_{Traufe}	8,67 m
Reale Dachhöhe (Bild 4, Abschnitt 6.2.1.2.2)	H_{Dach}	1,94 m
Breite der Giebelseite (Bild 4)	b	19,05 m
Dachneigungswinkel (Bild 4)	•	5,81 °
Horizontaler Abstand zwischen der Mitte des Austrittsquerschnitts und dem First (Bild 4)	a	7,25 m
Interpolationsparameter für Pultdach (Gleichungen 11 und 12)	c	1,61
Höhe der Rezirkulationszone für den Abstand a vom First (Gleichung 9)	H_1	3,23 m
Maximale Höhe der Rezirkulationszone (Gleichung 10)	H_2	3,47 m
Berechnete Höhe der Abgasableitinrichtung über First (Gleichung 3)	H_{S1}	3,23 m
Höhe der Rezirkulationszone auf dem First (Gleichungen 12 und 9 für a=0)	$H_{1, \text{First}}$	2,46 m
Horizontale Ausdehnung der Rezirkulationszone (Gleichung 15, Bild 8)	l_{RZ}	30,36 m
Effektive Länge eines vorgelagerten Gebäudes (Gleichung 16, Bild 8)	l_{eff}	29,35 m
Winkel zwischen der Giebelseite des vorgelagerten Gebäudes und der Richtung zur Abgasableitinrichtung (Abschnitt 6.2.2.1, Bild 8)	•	66,02 °
Horizontale Entfernung der Abgasableitinrichtung vom vorgelagerten Gebäude (Bild 8)	l_A	1,76 m
Erforderliche Abgasableitinrichtungshöhe bei vorgelagerten Gebäuden über First von 'PuSp' (Gleichung 17, Bild 8)	H_{S2}	-1,69 m

Höhe der Rezirkulationszonen vorgelagerter Gebäude an der Ableitinrichtung 'Q1' über First 'PuSp'

Name des Gebäudes	Höhe der Rezirkulationszone H_{S2}
43	--
VoLa1	-6,21 m
HZ1	-6,14 m
HackLa	-1,69 m

**Berechnung für die Abgasableitinrichtung 'Q1' am Gebäude 'PuSp'
Alle Höhen über First**

Größe	Wert
Parameter für andere Emissionen. Einwirkungsbereich: 50 m	
Additiver Term $H_{\text{Ü}}$ (Tabelle 1)	3,00 m
Mindesthöhe über Bezugsniveau H_{B} (Tabelle 3)	5,00 m
Radius des Einwirkungsbereichs R (Tabelle 3)	50,00 m
Ableitgebäude	
Erforderliche Ableithöhe für das Ableitgebäude $H_{\text{A1}} = H_{\text{S1}} + H_{\text{Ü}}$ (Gleichung 4)	3,63 m
Begrenzung der Mündungshöhe für Flachdach $H_{\text{A1,F,8}}$ (Gleichung 8)	11,17 m
Begrenzung auf die doppelte Gebäudehöhe für Flachdach $H_{\text{A1,F,d}}$ (Abschnitt 6.2.1.2.3)	31,50 m
Reduzierte Ableithöhe für das Ableitgebäude $H_{\text{A1}} = \min(H_{\text{A1}}, H_{\text{A1,F,8}}, H_{\text{A1,F,d}})$	3,63 m
Vorgelagerte Gebäude	
Höchste Rezirkulationszone von dem vorgelagerten Gebäude 'HackLa' $H_{\text{A2}} = H_{\text{S2}} + H_{\text{Ü}}$ (Gleichung 19)	1,31 m
Erforderliche Ableithöhe für ungestörten Abtransport $H_{\text{A}} = \max(H_{\text{A1}}, H_{\text{A2}})$ (Bild 2)	3,63 m
Einwirkungsbereich	
Höchste Zuluftöffnung im Einwirkungsbereich R (Gebäude 'HackLa') H_{F}	-13,50 m
Erforderliche Ableithöhe für ausreichende Verdünnung $H_{\text{E}} = H_{\text{F}} + H_{\text{B}}$	-8,50 m
Mindesthöhe für andere als Feuerungsanlagen $H_{\text{E1}} = 10\text{m} - H_{\text{First}}$ (Gleichung 21)	-5,75 m
Erforderliche Ableithöhe für ausreichende Verdünnung $H_{\text{E}} = \max(H_{\text{E}}, H_{\text{E1}})$ (Abschnitt 6.3.1.1)	-5,75 m
Höhe der Abgasableitinrichtung $H_{\text{M}} = \max(H_{\text{A}}, H_{\text{E}})$ über dem First	3,6 m

Berechnung für die Abgasableitinrichtung 'H2 bzw. Q2'

Details für Ableitgebäude 'PuSp' - Flachdach

Größe	Parameter	Wert
Bodenhöhe über Koordinatenursprung (Abschnitt 6.2.4, Bild 10)	• h	0,00 m
Firsthöhe	H_{First}	15,75 m
Traufhöhe (Bild 4)	H_{Traufe}	15,75 m
Breite Gebäudeschmalseite (Abschnitt 6.2.1.2.6)	b	4,08 m
Höhe der Rezirkulationszone für ein Dachneigung von 0° (Gleichung 6)	H_1, H_2, H_{S1} $= H_{\text{Dach}, 20^\circ}$	0,74 m
Horizontaler Ausdehnung der Rezirkulationszone (Gleichung 15, Bild 8)	l_{RZ}	7,51 m
Effektive Länge eines vorgelagerten Gebäudes (Gleichung 16, Bild 8)	l_{eff}	4,61 m
Winkel zwischen der Giebelseite des vorgelagerten Gebäudes und der Richtung zur Abgasableitinrichtung (Abschnitt 6.2.2.1, Bild 8)	•	5,88 °
Horizontale Entfernung der Abgasableitinrichtung vom vorgelagerten Gebäude (Bild 8)	l_{A}	0,92 m
Erforderliche Abgasableitinrichtungshöhe bei vorgelagerten Gebäuden über First von 'PuSp' (Gleichung 17, Bild 8)	H_{S2}	0,62 m

Details für Gebäude '43' - Zeltdach

Größe	Parameter	Wert
Bodenhöhe über Koordinatenursprung (Abschnitt 6.2.4, Bild 10)	• h	0,00 m
Firsthöhe	H_{First}	10,55 m
Traufhöhe (Bild 4)	H_{Traufe}	7,90 m
Reale Dachhöhe (Bild 4, Abschnitt 6.2.1.2.2)	H_{Dach}	2,65 m
Breite der dem Austritt abgewandten Giebelhalbseite. Bei symmetrischem Dach ist dies b/2 sonst b1	b_{Luv}	2,88 m
Horizontaler Abstand zwischen der Mitte des Austrittsquerschnitts und dem First (Bild 4)	a	23,72 m
Dachneigungswinkel (Bild 4)	•	42,62 °
Dachneigungskorrektur (interpoliert nach Tabelle 2)	•	8,41 °
Faktor zur Bestimmung von H_2 (interpoliert nach Tabelle 2)	f	0,53
Höhe der Rezirkulationszone für den Abstand a vom First (Gleichung 1) Reduktion um 40% (Abschnitt 6.2.1.2.7)	H_1	9,67 m
Maximale Höhe der Rezirkulationszone (Gleichung 2) Reduktion um 40% (Abschnitt 6.2.1.2.7)	H_2	0,85 m
Berechnete Höhe der Abgasableitinrichtung über First (Gleichung 3)	H_{S1}	0,85 m
Horizontaler Ausdehnung der Rezirkulationszone (Gleichung 15, Bild 8)	l_{RZ}	12,24 m
Effektive Länge eines vorgelagerten Gebäudes (Gleichung 16, Bild 8)	l_{eff}	8,38 m
Winkel zwischen der Giebelseite des vorgelagerten Gebäudes und der Richtung zur Abgasableitinrichtung (Abschnitt 6.2.2.1, Bild 8)	•	55,50 °
Horizontale Entfernung der Abgasableitinrichtung vom vorgelagerten Gebäude (Bild 8)	l_{A}	37,97 m
Abgasableitinrichtung ist außerhalb der Rezirkulationszone	H_{S2}	0,00 m

Details für Gebäude 'VoLa1' - Pultdach • < 20°

Größe	Parameter	Wert
Bodenhöhe über Koordinatenursprung (Abschnitt 6.2.4, Bild 10)	• h	0,00 m
Firsthöhe	H_{First}	7,79 m
Traufhöhe (Bild 4)	H_{Traufe}	6,42 m
Reale Dachhöhe (Bild 4, Abschnitt 6.2.1.2.2)	H_{Dach}	1,37 m
Breite der Giebelseite (Bild 4)	b	13,20 m
Dachneigungswinkel (Bild 4)	•	5,93 °
Horizontaler Abstand zwischen der Mitte des Austrittsquerschnitts und dem First (Bild 4)	a	6,66 m
Interpolationsparameter für Pultdach (Gleichungen 11 und 12)	c	-0,04
Höhe der Rezirkulationszone für den Abstand a vom First (Gleichung 9)	H_1	2,41 m
Maximale Höhe der Rezirkulationszone (Gleichung 10)	H_2	2,40 m
Berechnete Höhe der Abgasableitinrichtung über First (Gleichung 3)	H_{S1}	2,40 m
Höhe der Rezirkulationszone auf dem First (Gleichungen 12 und 9 für a=0)	$H_{1,\text{First}}$	1,69 m
Horizontaler Ausdehnung der Rezirkulationszone (Gleichung 15, Bild 8)	l_{RZ}	22,13 m
Effektive Länge eines vorgelagerten Gebäudes (Gleichung 16, Bild 8)	l_{eff}	21,28 m
Winkel zwischen der Giebelseite des vorgelagerten Gebäudes und der Richtung zur Abgasableitinrichtung (Abschnitt 6.2.2.1, Bild 8)	•	73,53 °
Horizontale Entfernung der Abgasableitinrichtung vom vorgelagerten Gebäude (Bild 8)	l_A	7,64 m
Erforderliche Abgasableitinrichtungshöhe bei vorgelagerten Gebäuden über First von 'PuSp' (Gleichung 17, Bild 8)	H_{S2}	-6,19 m

Details für Gebäude 'HZ1' - Flachdach

Größe	Parameter	Wert
Bodenhöhe über Koordinatenursprung (Abschnitt 6.2.4, Bild 10)	• h	0,00 m
Firsthöhe	H_{First}	8,45 m
Traufhöhe (Bild 4)	H_{Traufe}	8,45 m
Breite Gebäudeschmalseite (Abschnitt 6.2.1.2.6)	b	6,50 m
Höhe der Rezirkulationszone für ein Dachneigung von 0° (Gleichung 6)	H_1, H_2, H_{S1} $= H_{\text{Dach},20^\circ}$	1,18 m
Horizontaler Ausdehnung der Rezirkulationszone (Gleichung 15, Bild 8)	l_{RZ}	14,49 m
Effektive Länge eines vorgelagerten Gebäudes (Gleichung 16, Bild 8)	l_{eff}	10,97 m
Winkel zwischen der Giebelseite des vorgelagerten Gebäudes und der Richtung zur Abgasableitinrichtung (Abschnitt 6.2.2.1, Bild 8)	•	26,90 °
Horizontale Entfernung der Abgasableitinrichtung vom vorgelagerten Gebäude (Bild 8)	l_A	0,93 m
Erforderliche Abgasableitinrichtungshöhe bei vorgelagerten Gebäuden über First von 'PuSp' (Gleichung 17, Bild 8)	H_{S2}	-6,14 m

Details für Gebäude 'HackLa' - Pultdach • < 20°

Größe	Parameter	Wert
Bodenhöhe über Koordinatenursprung (Abschnitt 6.2.4, Bild 10)	• h	0,00 m
Firshöhe	H_{First}	10,61 m
Traufhöhe (Bild 4)	H_{Traufe}	8,67 m
Reale Dachhöhe (Bild 4, Abschnitt 6.2.1.2.2)	H_{Dach}	1,94 m
Breite der Giebelseite (Bild 4)	b	19,05 m
Dachneigungswinkel (Bild 4)	•	5,81 °
Horizontaler Abstand zwischen der Mitte des Austrittsquerschnitts und dem First (Bild 4)	a	7,25 m
Interpolationsparameter für Pultdach (Gleichungen 11 und 12)	c	1,61
Höhe der Rezirkulationszone für den Abstand a vom First (Gleichung 9)	H_1	3,23 m
Maximale Höhe der Rezirkulationszone (Gleichung 10)	H_2	3,47 m
Berechnete Höhe der Abgasableitinrichtung über First (Gleichung 3)	H_{S1}	3,23 m
Höhe der Rezirkulationszone auf dem First (Gleichungen 12 und 9 für a=0)	$H_{1,\text{First}}$	2,46 m
Horizontaler Ausdehnung der Rezirkulationszone (Gleichung 15, Bild 8)	l_{RZ}	30,13 m
Effektive Länge eines vorgelagerten Gebäudes (Gleichung 16, Bild 8)	l_{eff}	28,97 m
Winkel zwischen der Giebelseite des vorgelagerten Gebäudes und der Richtung zur Abgasableitinrichtung (Abschnitt 6.2.2.1, Bild 8)	•	67,14 °
Horizontale Entfernung der Abgasableitinrichtung vom vorgelagerten Gebäude (Bild 8)	l_A	2,72 m
Erforderliche Abgasableitinrichtungshöhe bei vorgelagerten Gebäuden über First von 'PuSp' (Gleichung 17, Bild 8)	H_{S2}	-1,73 m

Höhe der Rezirkulationszonen vorgelagerter Gebäude an der Ableitinrichtung 'Q2' über First 'PuSp'

Name des Gebäudes	Höhe der Rezirkulationszone H_{S2}
43	--
VoLa1	-6,19 m
HZ1	-6,14 m
HackLa	-1,73 m

**Berechnung für die Abgasableiteinrichtung 'Q2' am Gebäude 'PuSp'
Alle Höhen über First**

Größe	Wert
Parameter für festen Brennstoff. Nennwärmeleistung: 1500 kW	
Additiver Term H_U (Tabelle 1)	3,00 m
Mindesthöhe über Bezugsniveau H_B (Tabelle 3)	5,00 m
Radius des Einwirkungsbereichs R (Tabelle 3)	50,00 m
Ableitgebäude	
Erforderliche Ableithöhe für das Ableitgebäude $H_{A1} = H_{S1} + H_U$ (Gleichung 4)	3,62 m
Begrenzung der Mündungshöhe für Flachdach $H_{A1,F,8}$ (Gleichung 8)	11,17 m
Begrenzung auf die doppelte Gebäudehöhe für Flachdach $H_{A1,F,d}$ (Abschnitt 6.2.1.2.3)	31,50 m
Reduzierte Ableithöhe für das Ableitgebäude $H_{A1} = \min(H_{A1}, H_{A1,F,8}, H_{A1,F,d})$	3,62 m
Vorgelagerte Gebäude	
Höchste Rezirkulationszone von dem vorgelagerten Gebäude 'HackLa' $H_{A2} = H_{S2} + H_U$ (Gleichung 19)	1,27 m
Erforderliche Ableithöhe für ungestörten Abtransport $H_A = \max(H_{A1}, H_{A2})$ (Bild 2)	3,62 m
Einwirkungsbereich	
Höchste Zuluftöffnung im Einwirkungsbereich R (Gebäude 'HackLa') H_F	-13,50 m
Erforderliche Ableithöhe für ausreichende Verdünnung $H_E = H_F + H_B$	-8,50 m
Mindesthöhe für Leistung • 1 MW $H_{E1} = 10m - H_{First}$ (Gleichung 21)	-5,75 m
Erforderliche Ableithöhe für ausreichende Verdünnung $H_E = \max(H_E, H_{E1})$ (Abschnitt 6.3.1.1)	-5,75 m
Höhe der Abgasableiteinrichtung $H_M = \max(H_A, H_E)$ über dem First	3,6 m

Darstellung des Einwirkbereichs der beiden Schornsteine als überlagerte Abgasfahne

