

## **Schornsteinhöhenberechnung für die Errichtung des neuen Kessels 7 der Steinbeis Energie GmbH**

### **Revision Nr. 3**

Auftraggeber: Steinbeis Energie GmbH  
Stadtstraße 20  
25348 Glückstadt

TÜV-Auftrags-Nr.: 8000682143 / 122IPG102\_Rev03

Revision Nr. 3: Redaktionelle Änderungen

Umfang des Berichtes: 29 Seiten

Bearbeiter: M.Sc. Susann Zickler  
Tel.: 040/8557-2558  
E-Mail: szickler@tuev-nord.de  
Mobil 0160 888 2558

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Zusammenfassung .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Aufgabenstellung.....</b>	<b>5</b>
2.1 Ausgangssituation.....	5
2.2 Vorgehensweise .....	5
<b>3 Anlage und Umgebungsverhältnisse .....</b>	<b>6</b>
3.1 Anlage .....	6
3.2 Umgebungsverhältnisse.....	6
<b>4 Beurteilungsgrundlagen.....</b>	<b>9</b>
<b>5 Vorschriften zur Ermittlung der Schornsteinhöhe .....</b>	<b>10</b>
<b>6 Ermittlung der Ableithöhen für den Schornstein.....</b>	<b>10</b>
6.1 Schornsteinhöhe nach TA Luft 2021 .....	10
6.1.1 Berücksichtigung von Bebauung und Bewuchs sowie unebenem Gelände.....	13
6.2 Anforderungen der VDI 3781 Blatt 4 .....	15
6.2.1 Ungestörter Abtransport der Abgase.....	15
6.2.2 Anforderungen zur ausreichenden Verdünnung der Abgase.....	17
6.3 Zusammenfassung Schornsteinhöhe.....	17
<b>7 Quellenverzeichnis .....</b>	<b>18</b>
<b>8 Anhang .....</b>	<b>A</b>

## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Google Earth Übersicht, in Gelb das Firmengelände .....	6
Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Lageplan, Ansicht aus südwestlicher Richtung .....	8
Abbildung 3: Aufstellungsplan, in Rot neue Anlage .....	8
Abbildung 4: 268,5 m Radius um den Schornsteinstandort, in Gelb der Schornsteinstandort .....	14
Abbildung 5: Rezirkulationszone (aus /6/) .....	15
Abbildung 6: WinSTACC-Modellierung.....	16
Abbildung 7: 3D Ansicht der WinSTACC-Modellierung.....	16

## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Daten des geplanten und der bestehenden Kessel.....	7
Tabelle 2: Emissionsgrenzwerte für den geplanten Kessel 7 , sowie der Kessel 3 und 4.....	9
Tabelle 3: Schornsteinhöhen nach BESMAX.....	11
Tabelle 4: Eingabedaten BESMAX.....	11

## 1 Zusammenfassung

Die Firma Steinbeis Energie GmbH betreibt in Glücksstadt ein Heizwerk, dessen Aufgabe es ist, die Papierproduktion der Steinbeis Papier GmbH mit Prozessdampf zu versorgen. Durch das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung wird außerdem elektrische Energie erzeugt.

Das Heizwerk besteht zurzeit aus einem Ersatzbrennstoffkessel (Kessel 6), einem kohlebefeuernden Kessel (Kessel 5) mit vorgeschaltetem Etagenofen sowie vier mit leichtem Heizöl (HEL) betriebenen Großwasserraumkesseln (Kessel 1, 2, 3, und 4).

Geplant ist die Errichtung einer weiteren Kesselanlage (Kessel 7, stationäre Wirbelschichtfeuerung) zur Gewährleistung der Entsorgungssicherheit von Papierfaserreststoffen aus der Papierproduktion sowie zur endgültigen Ablösung des vorhandenen Kohlekessels (Kessel 5) inklusive vorgeschaltetem Etagenofen.

Im Zug der Erneuerung wird ebenfalls der bestehende 99 m hohe Schornstein, über den derzeit die Abgase des Kessels 5 sowie die Abgase der Kessel 3 und 4 abgeführt werden, zurückgebaut. Die Abgase der bestehenden Kessel 3 und 4 sollen zukünftig mit den Abgasen des neuen Kessels 7 über einen gemeinsamen, dreizügigen Schornstein abgeführt werden.

Die Steinbeis Energie GmbH beauftragte uns, im Rahmen der Bestimmungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes die erforderliche Höhe für den neuen dreizügigen Schornstein für die Abgase des Kessels 7 sowie für die Abgase der bestehenden Kessel 3 und 4 zu ermitteln.

Der Kessel 7 bzw. das zu ändernde Heizkraftwerk (HKW) ist gemäß der 4. BImSchV, Nr. 8.1.1.3 sowie Nr. 1.1 eine genehmigungsbedürftige Anlage. Die Emissionsgrenzwerte für den neuen Kessel 7 richten sich nach der 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen).

Die Ermittlung der Schornsteinhöhe erfolgt nach § 11 der 17. BImSchV und ist nach den Anforderungen der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft durchzuführen.

Allgemein gilt nach Nr. 5.5.2.1 Absatz 1 TA Luft, dass die Lage und die Höhe der Schornsteinmündung den Anforderungen der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 (Ausgabe Juli 2017) genügen muss. Darüber hinaus muss die Schornsteinhöhe die Anforderungen der Nr. 5.5.2.2 und Nr. 5.5.2.3 erfüllen.

Nach Nr. 5.5.2.2 der TA Luft wird zur Bestimmung der Schornsteinhöhe als Maßstab für eine ausreichende Verdünnung der Abgase die maximale bodennahe Konzentration jedes emittierten, in Anhang 6 TA Luft aufgeführten Stoffes in einer stationären Ausbreitungssituation betrachtet. Die Schornsteinhöhe ist demnach so zu bestimmen, dass diese Konzentration den S-Wert nicht überschreitet. Unter Berücksichtigung von drei unterschiedlichen Abgastemperaturen für Kessel 7 (140 °C, 115 °C, 90 °C) beträgt die emissionsbedingte Schornsteinhöhe 17,9 m über Flur bei einer Abgastemperatur von 90 °C. Bei höheren Abgastemperaturen für Kessel 7 ist die emissionsbedingte Schornsteinhöhe niedriger. Nach 5.5.2.3 TA Luft ist die emissionsbedingte Schornsteinhöhe um die ermittelte Verdrängungshöhe zu erhöhen. Im vorliegenden Fall richtet sich die Verdrängungshöhe nach der umliegenden Bebauung und wird auf 35 m festgesetzt.

Nach Nr. 5.5.2.2 und 5.5.2.3 TA Luft ergibt sich im ungünstigsten Fall (Abgastemperatur von 90 °C) eine Schornsteinhöhe von:

$$H = 17,9 \text{ m} + 35 \text{ m} = 52,9 \text{ m über Flur.}$$

Die nach Nummer 5.5.2 TA Luft bestimmte Schornsteinhöhe ist die erforderliche Bauhöhe. Sie darf durch die tatsächliche Bauhöhe um maximal 10 Prozent überschritten werden und beträgt:

$$H = 58,19 \text{ m.}$$

Bei einer Abgastemperatur von 140 °C und 115 °C ergeben sich Schornsteinhöhen von 52,5 m bzw. 52,7 m bzw. bei Berücksichtigung von 10 %- Zuschlag 57,75 m und 57,97 m.

Die Vorgaben zum ungestörten Abtransport der Abgase mit der Freien Luftströmung sowie die der ausreichenden Verdünnung nach der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 wurden gemäß TA Luft geprüft und ergeben keine weiteren Anforderungen an die Schornsteinhöhe.

Aus bautechnischen Gründen wurde eine Schornsteinbauhöhe von 57 m gewählt. Sie liegt damit im Bereich der nach 5.5.2 TA Luft ermittelten Schornsteinhöhe.

Sachverständige der TÜV NORD Umweltschutz GmbH & Co. KG

## 2 Aufgabenstellung

### 2.1 Ausgangssituation

Die Firma Steinbeis Energie GmbH betreibt in Glücksstadt ein Heizwerk, dessen Aufgabe es ist, die Papierproduktion der Steinbeis Papier GmbH mit Prozessdampf zu versorgen. Durch das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung wird außerdem elektrische Energie erzeugt.

Im bestehenden Ersatzbrennstoffkessel (Kessel 6), eine zirkulierende Wirbelschichtfeuerung, wird neben dem Ersatzbrennstoff (EBS) auch ein Teil des am Standort als Abfall anfallenden Papierfaserreststoffes (PFR) zur thermischen Energieerzeugung verwendet. Zusätzlich zum Ersatzbrennstoffkessel umfasst die Anlage zurzeit einen kohlegefeuerten Kessel (Kessel 5) mit vorgeschaltetem Etagenofen sowie vier mit leichtem Heizöl (HEL) betriebene Großwasserraumkessel (Kessel 1, 2, 3, und 4).

Geplant ist die Errichtung einer weiteren Kesselanlage (Kessel 7, stationäre Wirbelschichtfeuerung) zur Gewährleistung der Entsorgungssicherheit von Papierfaserreststoffen aus der Papierproduktion sowie zur endgültigen Ablösung des vorhandenen Kohlekessels inklusive vorgeschalteten Etagenofens.

Im Zug der Erneuerung wird ebenfalls der bestehende 99 m hohe Schornstein, über den derzeit die Abgase des Kessels 5 sowie die Abgase der Kessel 3 und 4 abgeführt werden, zurückgebaut. Die Abgase der bestehenden Kessel 3 und 4 sollen zukünftig mit den Abgasen des neuen Kessels 7 über einen dreizügigen Schornstein abgeführt werden.

Weiterhin am Standort vorhanden sind die Kessel 1, 2 und 6 deren Abgase über einen 67 m hohen Schornstein abgeführt werden. An diesen Bestandsanlagen sind keine Maßnahmen geplant.

Die Steinbeis Energie GmbH beauftragte uns, im Rahmen der Bestimmungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG /1/) die erforderliche Höhe für den neuen dreizügigen Schornstein für die Abgase des Kessels 7 sowie für die Abgase der bestehenden Kessel 3 und 4 zu ermitteln.

Die erforderlichen Unterlagen wurden uns mit Stand Januar 2023 zur Verfügung gestellt /2/. Die in // gestellten Ziffern beziehen sich auf das Kapitel „Quellenverzeichnis“.

### 2.2 Vorgehensweise

Zur Ermittlung der Schornsteinhöhe wird folgendermaßen vorgegangen:

- Ortsbesichtigung zur Feststellung der Abström- und Umgebungsverhältnisse,
- Festlegung des Rechenweges in Abhängigkeit von den Leistungen der Kessel, den Emissionen und Umgebungsverhältnissen,
- Durchführung der Berechnung und Prüfung, ob wegen der spezifischen Situation des vorliegenden Falles weitere Ermittlungen erforderlich sind,
- Ggf. Durchführung der weiteren Ermittlungen,
- Festlegung der erforderlichen Schornsteinhöhe.

## 3 Anlage und Umgebungsverhältnisse

### 3.1 Anlage

Die Abgasparameter der bestehenden Kessel 3 und 4 sowie des neuen Kessels 7 wurden uns vom Betreiber bzw. vom Planungsbüro eproplan /2/ mitgeteilt.

Für den geplanten Kessel 7 kommen als Hauptbrennstoffe Ersatzbrennstoffe und Papierfaserreststoffe (PFR) zum Einsatz. Die bestehenden Kessel 1, Kessel 2, Kessel 3 sowie der Kessel 4 werden mit Heizöl EL betrieben. Bei dem Kessel 6 handelt es sich um einen Wirbelschichtkessel der mit Ersatzbrennstoffen, Papierstoffresten, Steinkohle, Heizöl und Erdgas betrieben werden kann. Der zugelassene Brennstoffdurchsatz des Kessels 6 beträgt 15 t/h Steinkohle, 25 t/h Papierfaserreststoffe und 30 t/h Sekundärbrennstoffe. Heizöl EL oder Erdgas dienen dem Kessel 6 nur als Anfahrbräunstoffe.

Die Daten der für die Schornsteinhöhenberechnung relevanten Aggregate sind in Tabelle 1 angegeben.

### 3.2 Umgebungsverhältnisse

Das Gelände der Steinbeis Energie GmbH befindet sich südlich in Glücksstadt gelegen (Abbildung 1). Das Gelände ist flach.

Auf dem Werksgelände des Unternehmens sind verschieden große Werkshallen vorhanden (Abbildung 1). Abbildung 2 zeigt eine seitliche Ansicht der geplanten Anlage.

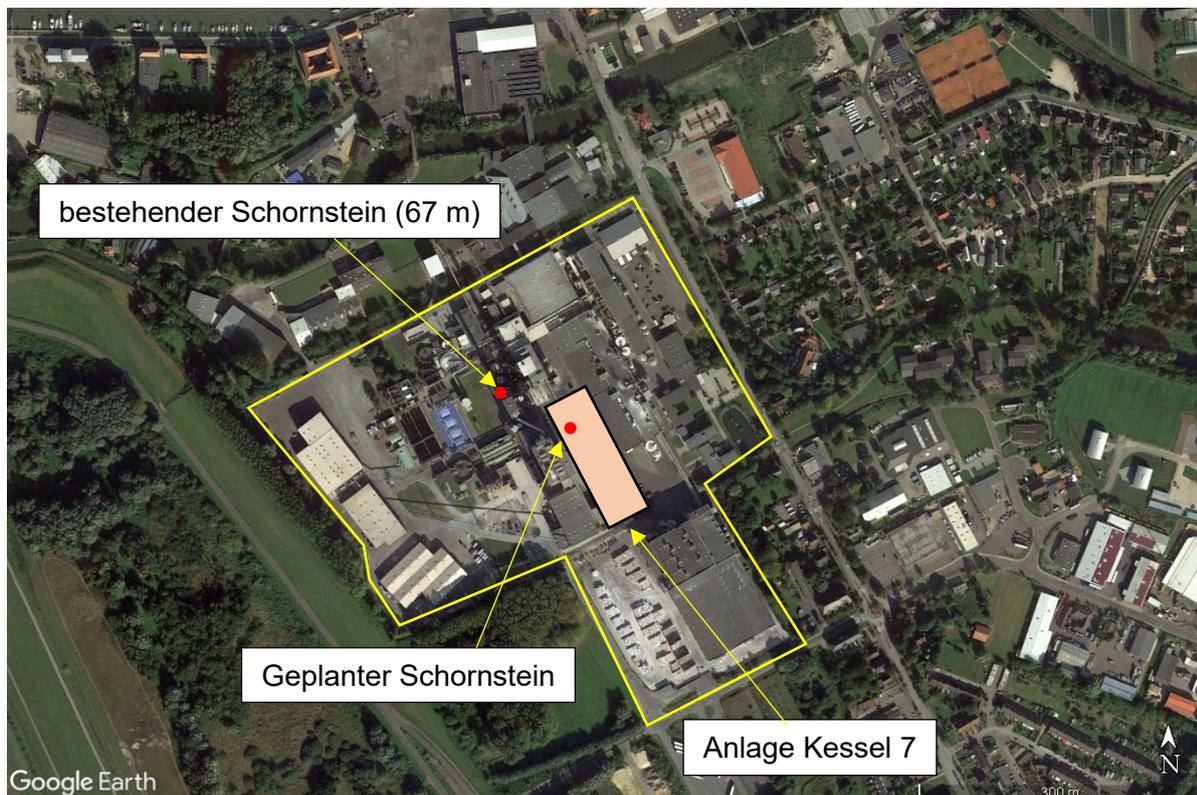


Abbildung 1: Google Earth Übersicht, in Gelb das Firmengelände

Tabelle 1: Daten des geplanten und der bestehenden Kessel

	Einheit	Reststoff- kessel 7	Kessel 3	Kessel 4	Kessel 6	Kessel 1	Kessel 2
Anzahl	-	1	1	1	1	1	1
Feuerungswärmeleistung	MW	29,9	28	28	95	21	21
Heizölverbrauch ( $H_u = 11,86 \text{ kWh/kg}$ )	kg/h	-	2.479	2.479	-	1.847	1.847
Betriebssauerstoffgehalt	%	8,0	3,6	2,9	7,9	4,4	3,5
Bezugssauerstoffgehalt	%	11,0	3,0	3,0	11,0	3,0	3,0
Abgasmengen im Betrieb: i.N. trocken i.N. feucht	$\text{m}^3/\text{h}$	55.265	29.467	30.187	160.344	24.934	23.334
	$\text{m}^3/\text{h}$	74.471	32.728	33.606	195.425	27.670	25.968
Wassergehalt	Vol. %	25,79	9,96	10,17	17,95	9,89	10,14
Abgastemperatur an der Mündung	$^{\circ}\text{C}$	115	210	170	138	179	194
Zugquerschnittsfläche Mündungsdurchmesser	$\text{m}^2$	1,33	0,95	0,95	3,14	1,13	1,13
	m	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
Abgasaustrittsgeschwindigkeit	m/s	22,11	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91



Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Lageplan, Ansicht aus südwestlicher Richtung

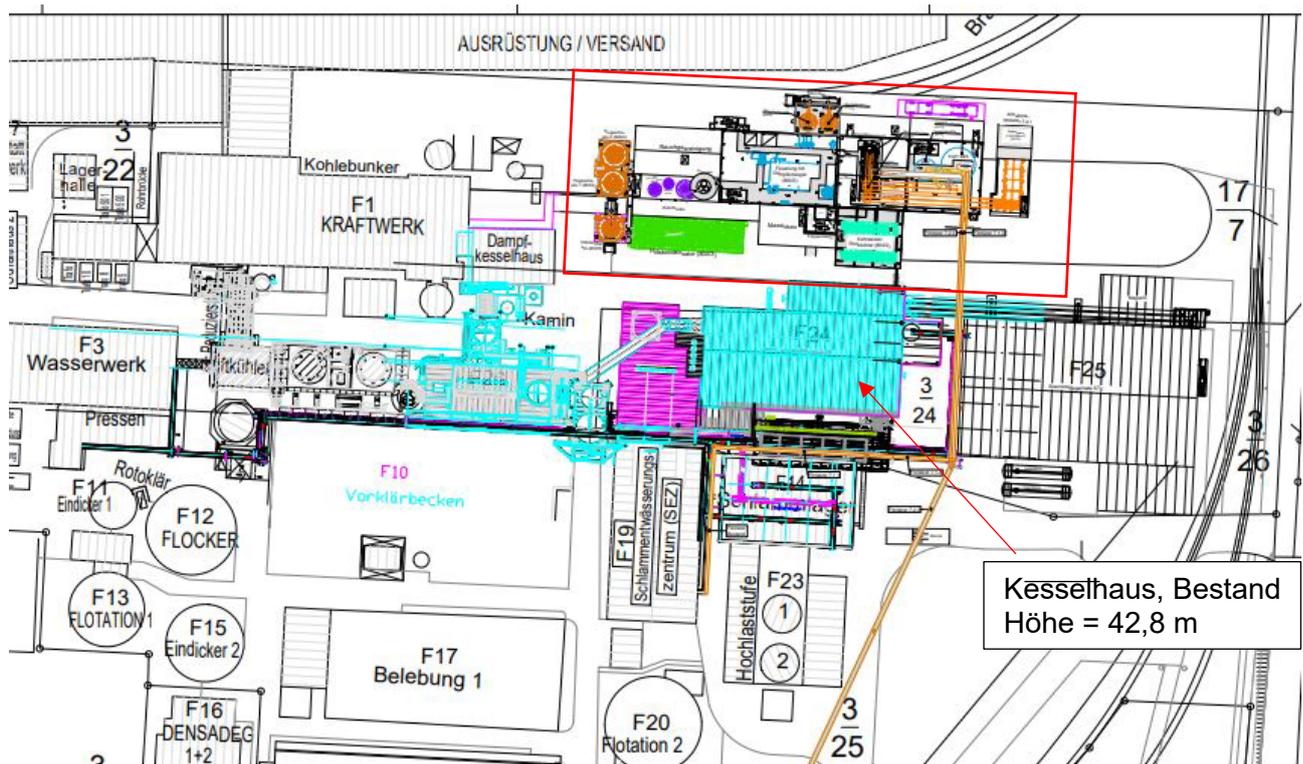


Abbildung 3: Aufstellungsplan, in Rot neue Anlage

## 4 Beurteilungsgrundlagen

Der Kessel 7 ist nach der 4. BImSchV, Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen /3/, Nr. 8.1.1.3 eine Anlage „zur Beseitigung oder Verwertung fester, flüssiger oder in Behälter gefasster gasförmiger Abfälle, Deponiegas oder anderer flüssiger Stoffe mit brennbaren Bestandteilen durch thermische Verfahren, insbesondere Entgasung, Plasmaverfahren, Pyrolyse, Vergasung, Verbrennung oder eine Kombination dieser Verfahren mit einer Durchsatzkapazität von 3 Tonnen nicht gefährlichen Abfällen oder mehr je Stunde“.

Ebenso ist der Kessel 7 in Verbindung mit dem zu ändernden HKW nach der 4. BImSchV, Nr. 1.1 eine „Anlage zur Erzeugung von Strom, Dampf, Warmwasser, Prozesswärme oder erhitztem Abgas durch den Einsatz von Brennstoffen in einer Verbrennungseinrichtung (wie Kraftwerk, Heizkraftwerk, Heizwerk, Gasturbinenanlage, Verbrennungsmotoranlage, sonstige Feuerungsanlagen) einschließlich zugehöriger Dampfkessel mit einer Feuerungswärmeleistung von 50 Megawatt oder mehr“ einzuordnen.

Die Gesamtfeuerungswärmeleistung am Standort beträgt 222,9 MW.

Die Emissionsgrenzwerte für den neuen Kessel 7 richten sich nach der 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen – 17. BImSchV /4/). Die Emissionsbegrenzungen der 17. BImSchV /4/ sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Emissionsgrenzwerte für den geplanten Kessel 7 , sowie der Kessel 3 und 4

	Einheit	Kessel 7	Kessel 3	Kessel 4
Bezugssauerstoffgehalt	%	11	3	3
Gesamtstaub	mg/m <sup>3</sup>	10	-	-
organische Stoffe, angegeben als Gesamtkohlenstoff	mg/m <sup>3</sup>	10	-	-
gasförmige anorganische Chlorverbindungen, angegeben als Chlorwasserstoff	mg/m <sup>3</sup>	10	-	-
gasförmige anorganische Fluorverbindungen, angegeben als Fluorwasserstoff,	mg/m <sup>3</sup>	1	-	-
Schwefeldioxid, gerechnet als SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	50	20	20
Stickoxidkonzentration, gerechnet als NO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	200**	170	170
Quecksilber und seine Verbindungen, angegeben als Quecksilber,	mg/m <sup>3</sup>	0,03	-	-
Kohlenmonoxid	mg/m <sup>3</sup>	50	80	80
Ammoniak	mg/m <sup>3</sup>	10	-	-
Cadmium und Thallium	mg/m <sup>3</sup>	0,05*	-	-
As, B(a)P, Cd, Co, Cr	mg/m <sup>3</sup>	0,05*	-	-
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	mg/m <sup>3</sup>	0,5*	-	-
Dioxine und Furane	ng/m <sup>3</sup>	0,1	-	-

\*konservative Betrachtung; ggfs. ergeben sich durch die Immissionsprognose geringere Emissionswerte

\*\*Tagesmittelwert, gemäß § 8, Abs. 2, Satz 1 der 17. BImSchV

## 5 Vorschriften zur Ermittlung der Schornsteinhöhe

Gemäß des § 11 der 17. BImSchV sind die Abgase in kontrollierter Weise so abzuleiten, dass ein ungestörter Abtransport mit der freien Luftströmung ermöglicht wird. Zu Ermittlung der Ableithöhe sind die Anforderungen der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft /5/ zu berücksichtigen. Die näheren Bestimmungen sind in der Genehmigung festzulegen.

Allgemein gilt nach Nr. 5.5.2.1 Absatz 1 TA Luft 2021 /5/, dass die Lage und die Höhe der Schornsteinmündung den Anforderungen der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 (Ausgabe Juli 2017) /6/ genügen muss. Darüber hinaus muss die Schornsteinhöhe den Anforderungen der Nr. 5.5.2.2 und Nr. 5.5.2.3 genügen.

Ausschlaggebend ist die größte jeweils nach der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 sowie nach 5.5.2.2 und 5.5.2.3 TA Luft ermittelte Schornsteinhöhe.

## 6 Ermittlung der Ableithöhen für den Schornstein

### 6.1 Schornsteinhöhe nach TA Luft 2021

Nach Nr. 5.5.2.2 der TA Luft 2021 /5/ wird zur Bestimmung der Schornsteinhöhe als Maßstab für eine ausreichende Verdünnung der Abgase die maximale bodennahe Konzentration jedes emittierten, in Anhang 6 der TA Luft aufgeführten Stoffes in einer stationären Ausbreitungssituation betrachtet. Die Schornsteinhöhe ist demnach so zu bestimmen, dass diese Konzentration den jeweiligen S-Wert nicht überschreitet.

Bei mehreren Schornsteinen der Anlage ist die Einhaltung des S-Wertes gemäß Nr. 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 Schornsteinhöhe ist nun so zu bestimmen, dass die bodennahe Konzentration der jeweiligen Schadstoffe den in Anhang 6 der TA Luft genannten schadstoffspezifischen S-Wert nicht überschreitet.

Die Emissionsmassenströme können Tabelle 4 entnommen werden, die Emissionsgrenzwerte Tabelle 2. Der Emissionsmassenstrom von Kohlenmonoxid der Kessel 6 und 7 wird über den Abgasvolumenstrom bei Bezugssauerstoffgehalt gebildet, da dieser Parameter nicht in der Abgasreinigung behandelt wird. Alle anderen Emissionsmassenströme von Kessel 6 und 7 werden über den Abgasvolumenstrom bei Betriebssauerstoffgehalt gebildet. Die Emissionsmassenströme für die für die Kessel 1, 2, 3 und 4 wurden mit dem Abgasvolumenstrom bei Bezugssauerstoffgehalt berechnet.

Die Schornsteinhöhenberechnung basiert auf drei verschiedenen Abgastemperaturen für Kessel 7: 140 °C, 115 °C und 90 °C. Die Betriebsweise mit einer Abgastemperatur von 140 °C ist der Basisfall. Niedrigere Abgastemperaturen stellen sich bei der Auskopplung von Niedertemperatur- oder Fernwärme ein.

Gemäß den Vorgaben der TA Luft /5/ wurden die bestehenden Kessel 1, 2 und Kessel 6 mit dem halben Emissionsmassenstrom berücksichtigt.

Die Berechnung erfolgt mit dem Programmsystem BESTAL in dem das Programm BESMAX /7/ integriert ist. Jeder Kessel wird dabei einzeln in das Programm eingegeben.

Mit dem Programm **BESMAX** (Bestimmung der maximalen Konzentration) wird gemäß TA Luft für den Fall mehrerer Schornsteine, die Einhaltung des S-Wertes durch die Überlagerung der Konzentrationsfahnen geprüft. Das Programm BESMAX führt diese Überlagerungen durch und weist den maximalen, bodennahen Konzentrationswert aus, der mit dem S-Wert verglichen werden kann. Die Eingangsdaten sind in Tabelle 4 aufgeführt. Die Protokolle der Ergebnisse sind im Anhang gelistet.

Die Schornsteinhöhe wird iterativ mit der Ausbreitungsrechnung des Programms BESMAX ermittelt. Sie wird dabei solange erhöht bis die bodennahe Konzentration den S-Wert nicht überschreitet. Die Ergebnisse sind im Anhang dargestellt. Ausschlaggebend ist der Schadstoff **NO<sub>2</sub>**.

Die Berechnungen mit dem Programm BESMAX wurden mit den Abgastemperaturen von 140 °C, 115 °C sowie 90 °C für den geplanten Kessel 7 durchgeführt.

Die nach **BESMAX** ermittelten Schornsteinhöhen für die betrachteten Abgastemperaturen des Kessel 7 sind in Tabelle 3 dargestellt. Ausschlaggebend ist die ermittelte Schornsteinhöhe für eine Abgastemperatur von 90 °C.

Tabelle 3: Schornsteinhöhen nach BESMAX

Abgastemperaturen Kessel 7	BESMAX Schornsteinhöhen
140 °C	17,5 m
115 °C	17,7 m
<b>90 °C</b>	<b>17,9 m</b>

Tabelle 4: Eingabedaten BESMAX

	Einheit	K 7	K 3	K 4	K 6	K 1	K 2
Innendurchmesser	m	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
Abgasgeschwindigkeit	m/s	23,53 / 22,11 / 20,68	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91
Temperatur des Abgases	°C	140/115/90	210	170	138	179	194
Wasserbeladung	kg/kg	0,26	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1
Volumenstrom im Betrieb, feucht	m³/h	112.700 (140°C) 105.800 (115°C) 99.000 (90°C)	57.900	55.123	294.200	45.800	44.400
Volumenstrom, im Normzustand, trocken, bei Betriebssauerstoff	Nm³/h	55.265	-	-	160.344	-	-

Volumenstrom, im Normzustand, trocken, bei Bezugssauerstoff	Nm³/h	71.800	28.500	30.400	210.100	23.000	22.700
<b>Partikel PM<sub>10</sub> (Staub)</b>							
Em.-strom Staub	kg/h	0,553	-	-	0,802	-	-
Halber Em.-strom Staub	kg/h	-	-	-	0,401	-	-
<b>Gesamtkohlenstoff</b>							
Em.-strom C <sub>org</sub>	kg/h	0,553	-	-	1,603	-	-
Halber Em.-strom C <sub>org</sub>	kg/h	-	-	-	0,802	-	-
<b>Chlorwasserstoff</b>							
Em.-strom HCl	kg/h	0,553	-	-	1,603	-	-
Halber Em.-strom HCl	kg/h	-	-	-	0,802	-	-
<b>Fluorwasserstoff</b>							
Em.-strom HF	kg/h	0,055	-	-	0,1603	-	-
Halber Em.-strom HF	kg/h	-	-	-	0,080	-	-
<b>Schwefeldioxid</b>							
Em.-strom SO <sub>2</sub>	kg/h	2,763	0,570	0,608	8,017	0,460	0,454
Halber Em.-strom SO <sub>2</sub>	kg/h	-	-	-	4,009	0,230	0,227
<b>Stickstoffdioxid</b>							
Em.-strom NO <sub>2</sub> *	kg/h	7,074	3,101	3,308	15,393	2,502	2,470
Halber Em.-strom NO <sub>2</sub>	kg/h	-	-	-	7,697	1,251	1,235
<b>Quecksilber</b>							
Em.-strom Hg	kg/h	0,002	-	-	0,005	-	-
Halber Em.-strom Hg	kg/h	-	-	-	0,002	-	-
<b>Kohlenstoffmonoxid</b>							
Em.-strom Summe CO	kg/h	3,590	2,280	2,432	10,505	1,840	1,816
Halber Em.-strom CO	kg/h	-	-	-	5,253	0,920	0,908
<b>Cadmium, Thallium</b>							
Em.-strom Summe Cd, Tl	kg/h	0,003	-	-	0,008	-	-
Halber Em.-strom Cd, Tl	kg/h	-	-	-	0,004	-	-
<b>∑ As, B(a)P, Cd, Co, Cr</b>							
Em.-strom Summe ∑ Gruppe	kg/h	0,003	-	-	0,008	-	-
Halber Em.-strom ∑ Gruppe	kg/h	-	-	-	0,004	-	-
<b>∑ Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn</b>							
Em.-strom Summe ∑ Gruppe	kg/h	0,028	-	-	0,080	-	-
Halber Em.-strom ∑ Gruppe	kg/h	-	-	-	0,040	-	-

\* NO<sub>2</sub>-Anteil nach 5.5.3 TA Luft errechnet aus 10 % Direktanteil bei der Verbrennung im Kessel und Umwandlung von 60 % des NO zu NO<sub>2</sub>

## 6.1.1 Berücksichtigung von Bebauung und Bewuchs sowie unebenem Gelände

Die Bestimmung der Schornsteinhöhe nach Nr. 5.5.2.2 /5/ setzt voraus, dass das Windfeld bei der Anströmung des Schornsteins nicht wesentlich durch geschlossene Bebauung oder geschlossenen Bewuchs nach oben verdrängt wird und dass die Schornsteinmündung nicht in einer geländebedingten Kavitätszone des Windfeldes liegt. Gegebenenfalls ist die Schornsteinhöhe nach Nr. 5.5.2.3 /5/ zu korrigieren.

Maßgeblich für die Verdrängung des Windfeldes durch Bebauung oder Bewuchs ist das Innere eines Kreises um den Schornstein mit dem Radius der 15-fachen Schornsteinhöhe gemäß Nr. 5.5.2.2, mindestens aber mit dem Radius 150 m. Im vorliegenden Fall beträgt der Radius 268,5 m (Abbildung 4).

Innerhalb dieses Kreises ist der Bereich mit geschlossener vorhandener oder nach einem Bebauungsplan zulässiger Bebauung oder geschlossenem Bewuchs zu ermitteln, der fünf 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 Nr. 5.5.2.2 bestimmte Schornsteinhöhe um diese Höhe zu erhöhen.

Abbildung 4 zeigt den 268,5 m Radius zur Bestimmung der Verdrängungshöhe. Innerhalb dieses Kreises umfassen die Werkshallen auf dem Gelände der Steinbeis Energie GmbH nordöstlich, östlich sowie südöstlich um den geplanten Schornsteins 5 % der Fläche. Die mittlere Höhe über Grund wird aufgrund des neuen geplanten 33 m hohen Kesselhauses sowie des bestehenden 42,8 m hohen Kesselhauses auf 35 m festgelegt. Damit ist eine Verdrängungshöhe von 35 m festzulegen.

In unebenen Gelände wird der Schornstein mit der nach Nr. 5.5.2.2 bestimmten, ggf. um die Bebauung und Bewuchs korrigierten Schornsteinhöhe betrachtet. 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, soll die Schornsteinhöhe soweit erhöht werden, bis dieser Winkel kleiner oder gleich 15 Grad ist.

Der Landschaftshorizont wurde gemäß Nr. 5.5.2.3 Absatz 5 TA Luft geprüft, eine Korrektur ist nicht erforderlich

Daraus ergibt sich nach Nr. 5.5.2.2 und Nr. 5.5.2.3 der TA Luft 2021 eine Schornsteinhöhe von

$$H = 17,9 \text{ m} + 35 \text{ m} = 52,9 \text{ m.}$$

Die nach Nummer 5.5.2 TA Luft bestimmte Schornsteinhöhe ist die erforderliche Bauhöhe. Sie darf durch die tatsächliche Bauhöhe um maximal 10 Prozent überschritten werden.

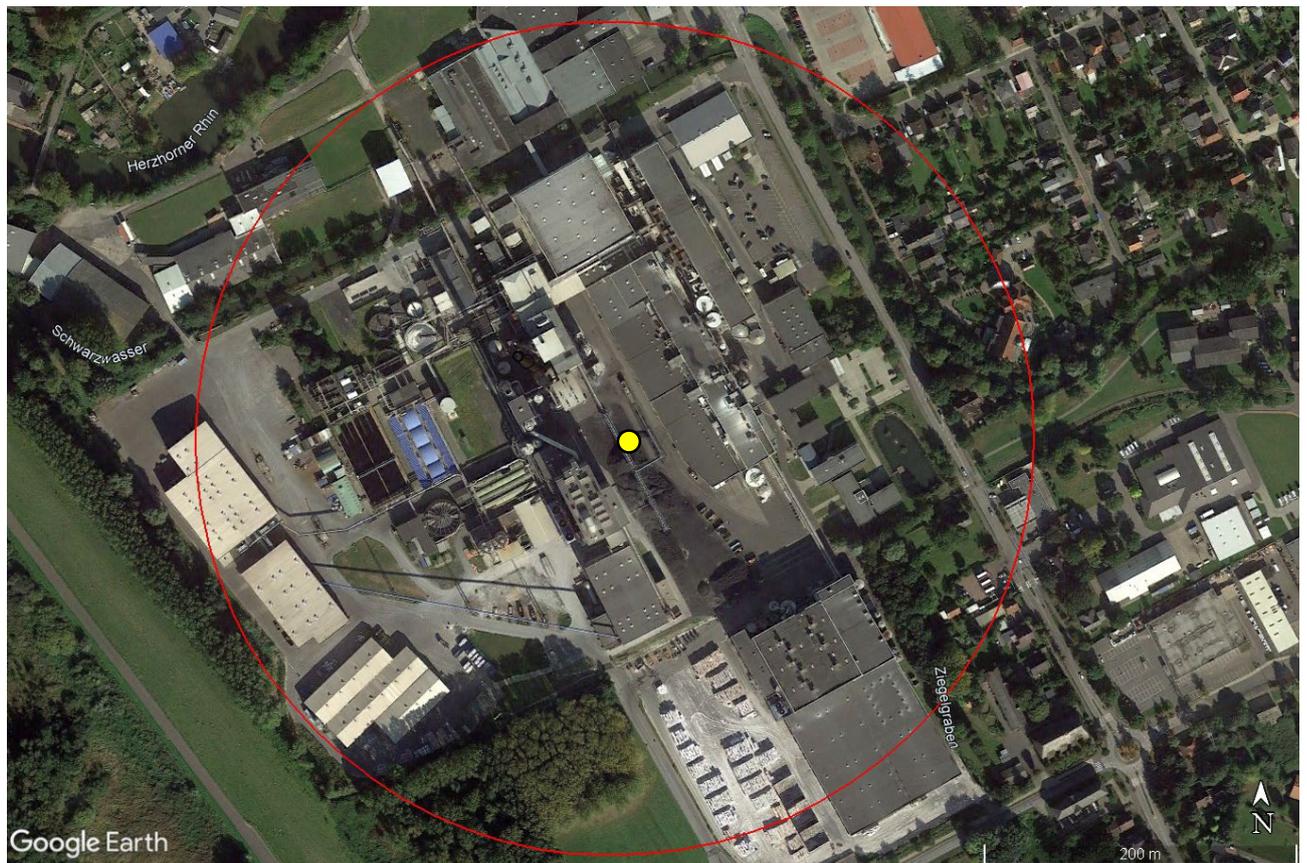


Abbildung 4: 268,5 m Radius um den Schornsteinstandort, in Gelb der Schornsteinstandort

## 6.2 Anforderungen der VDI 3781 Blatt 4

### 6.2.1 Ungestörter Abtransport der Abgase

Befinden sich in der Umgebung eines Schornsteins höhere Gebäude oder höherer Bewuchs können sie die freie Abgasabströmung behindern, da sich an ihrer windabgewandten Seite eine Nachlaufzone (Leewirbel) ausbildet (Abbildung 5).

Abgase, die innerhalb dieser Nachlaufzone emittiert werden, werden in Richtung Boden transportiert, so dass die Schadstoffkonzentration in der Nachlaufzone deutlich höher sein kann, als sie bei ungehinderter Abgasabströmung bei gleicher Quellentfernung wäre. Die Schornsteinmündung soll daher aus der Rezirkulationszone herausragen.

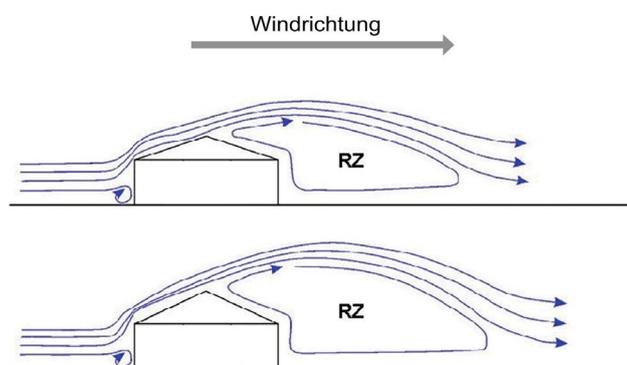


Abbildung 5: Rezirkulationszone (aus /6/)

Die Berandung der Rezirkulationszone ist keine scharfe Linie im Vertikalschnitt und keine scharfe Grenzfläche im Raum, sondern hat aufgrund der sich einstellenden turbulenten Scherschicht eine gewisse Dicke. Dies wird bei der Berechnung der Mündungshöhen durch einen additiven Term  $H_{\text{Ü}}$  berücksichtigt. Bei „anderen Anlagen als Feuerungsanlagen“ im Sinne der VDI 3781 Blatt 4 wird  $H_{\text{Ü}}$  mit  $H_{\text{Ü}} = 3,0 \text{ m}$  festgelegt.

Die Berechnungen werden mit dem Programm WINSTAC /8/ durchgeführt. Die Ergebnisdatei ist dem Anhang beigelegt.

Der Schornstein wurde als freistehender Schornstein auf einem 1 m hohem fiktiven Gebäude modelliert. Aufgrund der Übersichtlichkeit wurden nur die höheren Gebäude in der näheren Umgebung des geplanten Schornsteins modelliert. Dabei handelt es sich um die ca. 30 m hohen Flugaschesilos (VG1 in Abbildung 6), die ca. 17 m hohe Filteranlage (VG2 in Abbildung 6), das 35 m hohe Kesselhaus des Kessels 7 (VG3 in Abbildung 6), ein bis zu 23 m hoher angrenzender Massivbau (VG4 in Abbildung 6), das 42,8 m hohe bestehende Kesselhaus (VG5 in Abbildung 6), sowie das 37 m hohe Treppenturm in dem sich der u.a. der Aufzug befindet (VG6 in Abbildung 6).

Für die freie Abströmung der Abgase aufgrund der Bebauung ergibt sich damit eine Schornsteinhöhe  $H_A$  von 43,3 m über First des fiktiven 1 m hohen Einzelgebäudes. Dies führt zu einer Schornsteinhöhe über Flur von:

$$H_A = 43,3 \text{ m} + 1 \text{ m} = 44,3 \text{ m über Flur.}$$

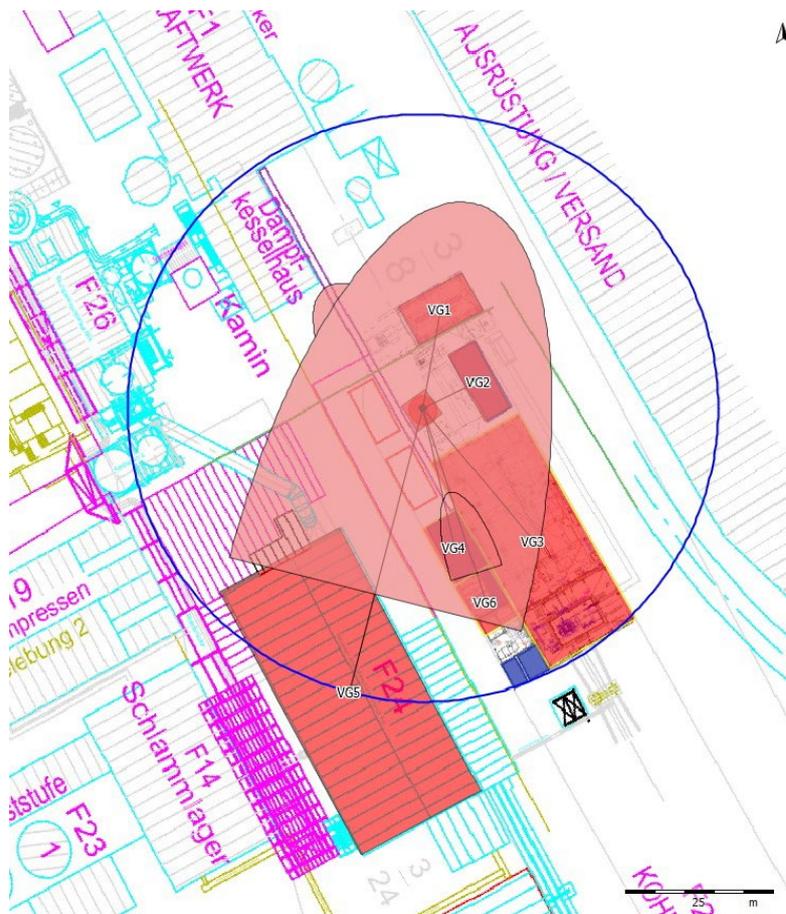


Abbildung 6: WinSTACC-Modellierung

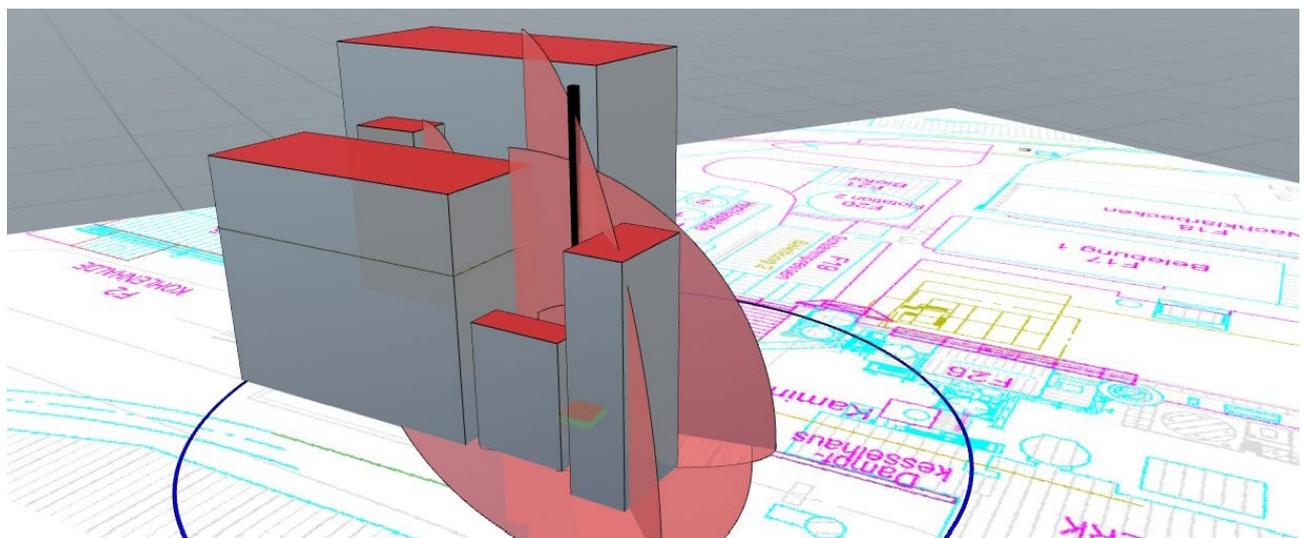


Abbildung 7: 3D Ansicht der WinSTACC-Modellierung

## 6.2.2 Anforderungen zur ausreichenden Verdünnung der Abgase

Im Einwirkungsbereich einer Abgasableiteinrichtung ist bei ungestörtem Abtransport der Abgase von einer ausreichende Verdünnung der Abgase bis zur benachbarten Bebauung auszugehen, wenn der Schornstein nach Nr. 6.3.2 der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 /6/ das Bezugsniveau in einem Umkreis um den Schornstein (Einwirkbereich) um eine Mindesthöhe überragt. Bei dem geplanten Schornstein der Anlage erfolgt die Einstufung als „anderen Anlagen als Feuerungsanlagen“ im Sinne der VDI 3781 Blatt 4. Damit beträgt der Einwirkungsbereich 50 m.

Die höchste Oberkante von Zuluftöffnungen (Lüftungsöffnungen) sowie von Fenstern und Türen der zum ständigen Aufenthalt von Menschen bestimmten Räume im Einwirkungsbereich der Abgasableiteinrichtungen definiert das Bezugsniveau.  $H_F$  ist die Höhe des Bezugsniveaus über der für die Abgasableiteinrichtung maßgeblichen Geländeoberfläche.

Die Mündung der Abgasableiteinrichtung muss das Bezugsniveau mindestens um die Höhe  $H_B$  überragen. Bei „anderen Anlagen als Feuerungsanlagen“ im Sinne der VDI 3781 Blatt 4 beträgt  $H_B = 5$  m.

Abbildung 6 zeigt, dass sich mehrere Gebäude im 50 m Einwirkbereich des Schornsteines befinden. Ausschlaggebend ist die höchste Oberkante von Zuluftöffnungen sowie von Fenstern und Türen. Diese befindet sich in 36 m Höhe am Treppenturm welcher Teil des Massivbaues ist in dem auch Besprechungs- und Aufenthaltsräume geplant sind.

Die erforderliche Mündungshöhe über Geländeniveau zur ausreichenden Verdünnung der Abgase für den Schornstein berechnet sich nach Nr. 6.3 der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 damit über Grund zu

$$H_E = 36 \text{ m} + 5 \text{ m} = 41 \text{ m über Flur.}$$

Die nach Nr. 6.2 „Strömungsmechanische Anforderungen für den ungestörten Abtransport der Abgase“ der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 berechneten Schornsteinhöhe  $H_A$  ist höher als die nach Nr. 6.3 „Anforderungen zur ausreichenden Verdünnung“ der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 bestimmten Schornsteinhöhe  $H_E$ .

## 6.3 Zusammenfassung Schornsteinhöhe

Zur Bestimmung der erforderlichen Höhe für den Schornstein ist die höchste Ableithöhe aus den Anwendungsvorschriften der TA Luft sowie der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 (Kapitel 6) heranzuziehen. Die erforderliche Schornsteinhöhe über Geländeniveau ergibt sich aus den Anforderungen der TA Luft (Kapitel 6.1) und beträgt bei einer Abgastemperatur des Kessels 7 von 90 °C:

$$H = 52,9 \text{ m über Flur.}$$

Die nach Nummer 5.5.2 TA Luft bestimmte Schornsteinhöhe ist die erforderliche Bauhöhe. Sie darf durch die tatsächliche Bauhöhe um maximal 10 Prozent überschritten werden und beträgt:

$$H = 58,19 \text{ m über Flur.}$$

Aus bautechnischen Gründen wurde eine Schornsteinbauhöhe von 57 m gewählt. Sie liegt damit im Bereich der nach 5.5.2 TA Luft ermittelten Schornsteinhöhe.

## 7 Quellenverzeichnis

- 1 Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - 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 3 des Gesetzes vom 19. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1792) geändert worden ist.
- 2 Unterlagen Steinbeis Energie GmbH und Eproplan GmbH, Stand Januar 2023
- 3 Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 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"
- 4 Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen - 17. BImSchV) "Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 1021, 1044, 3754), die durch Artikel 2 der Verordnung vom 6. Juli 2021 (BGBl. I S. 2514) geändert worden ist"
- 5 Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 18. August 2021 GMBI. Ausgabe 48-54, Seite 1050; ausgegeben am 14. September 2021
- 6 VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4: Ableitbedingungen für Abgase - Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen, Juli 2017
- 7 BESTAL – Schornsteinhöhe nach TA Luft 2021, Version 1.0.1, Stand: 11.10.2021, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau; Ingenieurbüro Janicke, Überlingen.
- 8 WinSTACC – softwaretechnische Umsetzung der Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 Programmversion 1.0.7.0

## 8 Anhang

### BESMAX:

Anmerkungen zu der Berechnung mit BESMAX:

Die Abgase der bestehenden Kessel 1, 2 und 6 der Quelle „Q Bestand“ werden über einen bestehenden 67 m hohen Schornstein abgeführt. Ausgehend von einem Verdrängungsniveau von 35 m entspricht die Eingabegröße „hb“ im Programm BESMAX für die bestehenden Kessel 32 m.

### **BESMAX – Abgastemperatur Kessel 7 – 140 °C – Partikel PM<sub>10</sub>**

2023-06-27 08:18:41 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	K 7	K 3	K 4	K 6	K 1	K 2
Emissionsmassenstrom kg/h	eq	0,553	0	0	0,401	0	0
x-Koordinate m	xq	528098	528098	528098	528025	528025	528025
y-Koordinate m	yq	5959272	5959272	5959272	5959307	5959307	5959307
Schornsteinbauhöhe m	hb	6	6	6	32	32	32
Innendurchmesser m	dq	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
Austrittsgeschwindigkeit m/s	vq	23,53	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91
Austrittstemperatur °C	tq	140	210	170	138	179	194
Wasserbeladung kg/(kg tr)	zq	0,26	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1

Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert	cm	1,560e-05 g/m <sup>3</sup>
Unsicherheit des Maximalwertes	dm	0,4 %
x-Koordinate des Maximalwertes	xm	528130,6 m
y-Koordinate des Maximalwertes	ym	5959257,2 m
Stabilitätsklasse	kl	3,2 KM
Windgeschwindigkeit	ua	12,0 m/s
Windrichtung	ra	295,0 Grad

### **BESMAX – Abgastemperatur Kessel 7 – 140 °C – C org**

2023-06-27 08:20:00 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	K 7	K 3	K 4	K 6	K 1	K 2
Emissionsmassenstrom kg/h	eq	0,553	0	0	0,802	0	0
x-Koordinate m	xq	528098	528098	528098	528025	528025	528025
y-Koordinate m	yq	5959272	5959272	5959272	5959307	5959307	5959307
Schornsteinbauhöhe m	hb	6	6	6	32	32	32
Innendurchmesser m	dq	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
Austrittsgeschwindigkeit m/s	vq	23,53	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91
Austrittstemperatur °C	tq	140	210	170	138	179	194
Wasserbeladung kg/(kg tr)	zq	0,26	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1

Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert	cm	1,579e-05 g/m <sup>3</sup>
Unsicherheit des Maximalwertes	dm	0,4 %
x-Koordinate des Maximalwertes	xm	528130,6 m

y-Koordinate des Maximalwertes ym 5959257,2 m  
 Stabilitätsklasse kl 3,2 KM  
 Windgeschwindigkeit ua 12,0 m/s  
 Windrichtung ra 295,0 Grad

**BESMAX – Abgastemperatur Kessel 7 – 140 °C – HCl**

2023-06-27 08:21:07 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	K 7	K 3	K 4	K 6	K 1	K 2
Emissionsmassenstrom kg/h	eq	0,553	0	0	0,802	0	0
x-Koordinate m	xq	528098	528098	528098	528025	528025	528025
y-Koordinate m	yq	5959272	5959272	5959272	5959307	5959307	5959307
Schornsteinbauhöhe m	hb	6	6	6	32	32	32
Innendurchmesser m	dq	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
Austrittsgeschwindigkeit m/s	vq	23,53	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91
Austrittstemperatur °C	tq	140	210	170	138	179	194
Wasserbeladung kg/(kg tr)	zq	0,26	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1

Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert cm 1,579e-05 g/m<sup>3</sup>  
 Unsicherheit des Maximalwertes dm 0,4 %  
 x-Koordinate des Maximalwertes xm 528130,6 m  
 y-Koordinate des Maximalwertes ym 5959257,2 m  
 Stabilitätsklasse kl 3,2 KM  
 Windgeschwindigkeit ua 12,0 m/s  
 Windrichtung ra 295,0 Grad

**BESMAX – Abgastemperatur Kessel 7 – 140 °C – HF**

2023-06-27 08:22:44 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	K 7	K 3	K 4	K 6	K 1	K 2
Emissionsmassenstrom kg/h	eq	0,055	0	0	0,0802	0	0
x-Koordinate m	xq	528098	528098	528098	528025	528025	528025
y-Koordinate m	yq	5959272	5959272	5959272	5959307	5959307	5959307
Schornsteinbauhöhe m	hb	6	6	6	32	32	32
Innendurchmesser m	dq	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
Austrittsgeschwindigkeit m/s	vq	23,53	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91
Austrittstemperatur °C	tq	140	210	170	138	179	194
Wasserbeladung kg/(kg tr)	zq	0,26	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1

Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert cm 1,571e-06 g/m<sup>3</sup>  
 Unsicherheit des Maximalwertes dm 0,4 %  
 x-Koordinate des Maximalwertes xm 528130,6 m  
 y-Koordinate des Maximalwertes ym 5959257,2 m  
 Stabilitätsklasse kl 3,2 KM  
 Windgeschwindigkeit ua 12,0 m/s  
 Windrichtung ra 295,0 Grad

## BESMAX – Abgastemperatur Kessel 7 – 140 °C – SO<sub>2</sub>

2023-06-27 08:24:43 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	K 7	K 3	K 4	K 6	K 1	K 2
Emissionsmassenstrom kg/h	eq	2,763	0,570	0,608	4,009	0,230	0,227
x-Koordinate m	xq	528098	528098	528098	528025	528025	528025
y-Koordinate m	yq	5959272	5959272	5959272	5959307	5959307	5959307
Schornsteinbauhöhe m	hb	7	7	7	32	32	32
Innendurchmesser m	dq	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
Austrittsgeschwindigkeit m/s	vq	23,53	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91
Austrittstemperatur °C	tq	140	210	170	138	179	194
wasserbeladung kg/(kg tr)	zq	0,26	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1

### Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert	cm	1,152e-04	g/m <sup>3</sup>
Unsicherheit des Maximalwertes	dm	0,3	%
x-Koordinate des Maximalwertes	xm	528131,8	m
y-Koordinate des Maximalwertes	ym	5959259,4	m
Stabilitätsklasse	kl	3,1	KM
windgeschwindigkeit	ua	12,0	m/s
windrichtung	ra	295,0	Grad

## BESMAX – Abgastemperatur Kessel 7 – 140 °C – NO<sub>2</sub>

2023-06-27 08:26:13 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	K 7	K 3	K 4	K 6	K 1	K 2
Emissionsmassenstrom kg/h	eq	7,074	3,101	3,308	7,697	1,251	1,235
x-Koordinate m	xq	528098	528098	528098	528025	528025	528025
y-Koordinate m	yq	5959272	5959272	5959272	5959307	5959307	5959307
Schornsteinbauhöhe m	hb	17,5	17,5	17,5	32	32	32
Innendurchmesser m	dq	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
Austrittsgeschwindigkeit m/s	vq	23,53	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91
Austrittstemperatur °C	tq	140	210	170	138	179	194
wasserbeladung kg/(kg tr)	zq	0,26	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1

### Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert	cm	9,994e-05	g/m <sup>3</sup>
Unsicherheit des Maximalwertes	dm	0,3	%
x-Koordinate des Maximalwertes	xm	528247,8	m
y-Koordinate des Maximalwertes	ym	5959216,2	m
Stabilitätsklasse	kl	3,2	KM
windgeschwindigkeit	ua	6,0	m/s
windrichtung	ra	290,0	Grad

## BESMAX – Abgastemperatur Kessel 7 – 140 °C – Hg

Umweltschutz GmbH & Co. KG

TÜV-Auftrags-Nr.: 8000682143 / 122IPG102\_Rev03

Stand: 06.07.2023

Anhang

Projekt/Kunde: Schornsteinhöhenberechnung Kessel 7 | Steinbeis Energie GmbH

Seite C

2023-06-27 08:27:51 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	K 7	K 3	K 4	K 6	K 1	K 2
Emissionsmassenstrom	eq	0,002	0	0	0,002	0	0
kg/h							
x-Koordinate	xq	528098	528098	528098	528025	528025	528025
m							
y-Koordinate	yq	5959272	5959272	5959272	5959307	5959307	5959307
m							
Schornsteinbauhöhe	hb	6	6	6	32	32	32
m							
Innendurchmesser	dq	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
m							
Austrittsgeschwindigkeit	vq	23,53	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91
m/s							
Austrittstemperatur	tq	140	210	170	138	179	194
°C							
Wasserbeladung	zq	0,26	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1
kg/(kg tr)							

Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert	cm	5,669e-08	g/m <sup>3</sup>
Unsicherheit des Maximalwertes	dm	0,4	%
x-Koordinate des Maximalwertes	xm	528130,6	m
y-Koordinate des Maximalwertes	ym	5959257,2	m
Stabilitätsklasse	kl	3,2	KM
Windgeschwindigkeit	ua	12,0	m/s
Windrichtung	ra	295,0	Grad

**BESMAX – Abgastemperatur Kessel 7 – 140 °C – CO**

2023-06-27 08:29:08 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	K 7	K 3	K 4	K 6	K 1	K 2
Emissionsmassenstrom	eq	3,590	2,280	2,432	5,253	0,920	0,908
kg/h							
x-Koordinate	xq	528098	528098	528098	528025	528025	528025
m							
y-Koordinate	yq	5959272	5959272	5959272	5959307	5959307	5959307
m							
Schornsteinbauhöhe	hb	6	6	6	32	32	32
m							
Innendurchmesser	dq	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
m							
Austrittsgeschwindigkeit	vq	23,53	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91
m/s							
Austrittstemperatur	tq	140	210	170	138	179	194
°C							
Wasserbeladung	zq	0,26	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1
kg/(kg tr)							

Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert	cm	3,837e-04	g/m <sup>3</sup>
Unsicherheit des Maximalwertes	dm	0,2	%
x-Koordinate des Maximalwertes	xm	528115,8	m
y-Koordinate des Maximalwertes	ym	5959260,8	m
Stabilitätsklasse	kl	3,2	KM
Windgeschwindigkeit	ua	12,0	m/s
Windrichtung	ra	295,0	Grad

**BESMAX – Abgastemperatur Kessel 7 – 140 °C –Cd, T1**

2023-06-27 08:30:41 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	K 7	K 3	K 4	K 6	K 1	K 2
Emissionsmassenstrom	eq	0,003	0	0	0,004	0	0
kg/h							
x-Koordinate	xq	528098	528098	528098	528025	528025	528025
m							
y-Koordinate	yq	5959272	5959272	5959272	5959307	5959307	5959307
m							
Schornsteinbauhöhe	hb	9	9	9	32	32	32
m							
Innendurchmesser	dq	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
m							
Austrittsgeschwindigkeit	vq	23,53	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91
m/s							
Austrittstemperatur	tq	140	210	170	138	179	194
°C							
wasserbeladung	zq	0,26	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1
kg/(kg tr)							

Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert	cm	4,946e-08	g/m <sup>3</sup>
Unsicherheit des Maximalwertes	dm	0,5	%
x-Koordinate des Maximalwertes	xm	528145,6	m
y-Koordinate des Maximalwertes	ym	5959240,3	m
Stabilitätsklasse	kl	3,2	KM
windgeschwindigkeit	ua	12,0	m/s
windrichtung	ra	300,0	Grad

**BESMAX – Abgastemperatur Kessel 7 – 140 °C – Σ As, B(a)P, Cd, Co, Cr**

2023-06-27 08:33:15 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	K 7	K 3	K 4	K 6	K 1	K 2
Emissionsmassenstrom	eq	0,003	0	0	0,004	0	0
kg/h							
x-Koordinate	xq	528098	528098	528098	528025	528025	528025
m							
y-Koordinate	yq	5959272	5959272	5959272	5959307	5959307	5959307
m							
Schornsteinbauhöhe	hb	9	9	9	32	32	32
m							
Innendurchmesser	dq	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
m							
Austrittsgeschwindigkeit	vq	23,53	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91
m/s							
Austrittstemperatur	tq	140	210	170	138	179	194
°C							
wasserbeladung	zq	0,26	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1
kg/(kg tr)							

Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert	cm	4,946e-08	g/m <sup>3</sup>
Unsicherheit des Maximalwertes	dm	0,5	%
x-Koordinate des Maximalwertes	xm	528145,6	m
y-Koordinate des Maximalwertes	ym	5959240,3	m
Stabilitätsklasse	kl	3,2	KM
windgeschwindigkeit	ua	12,0	m/s
windrichtung	ra	300,0	Grad

**BESMAX – Abgastemperatur Kessel 7 – 140 °C – Σ Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn**

2023-06-27 08:36:11 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	K 7	K 3	K 4	K 6	K 1	K 2
Emissionsmassenstrom	eq	0,028	0	0	0,040	0	0
kg/h							

x-Koordinate m	xq	528098	528098	528098	528025	528025	528025
y-Koordinate m	yq	5959272	5959272	5959272	5959307	5959307	5959307
Schornsteinbauhöhe m	hb	6	6	6	32	32	32
Innendurchmesser m	dq	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
Austrittsgeschwindigkeit m/s	vq	23,53	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91
Austrittstemperatur °C	tq	140	210	170	138	179	194
Wasserbeladung kg/(kg tr)	zq	0,26	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1

Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert	cm	7,993e-07	g/m <sup>3</sup>
Unsicherheit des Maximalwertes	dm	0,4	%
x-Koordinate des Maximalwertes	xm	528130,6	m
y-Koordinate des Maximalwertes	ym	5959257,2	m
Stabilitätsklasse	kl	3,2	KM
Windgeschwindigkeit	ua	12,0	m/s
Windrichtung	ra	295,0	Grad

**BESMAX – Abgastemperatur Kessel 7 – 115 °C – NO<sub>2</sub>**

2023-06-27 08:48:21 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	K 7	K 3	K 4	K 6	K 1	K 2
Emissionsmassenstrom kg/h	eq	7,074	3,101	3,308	7,697	1,251	1,235
x-Koordinate m	xq	528098	528098	528098	528025	528025	528025
y-Koordinate m	yq	5959272	5959272	5959272	5959307	5959307	5959307
Schornsteinbauhöhe m	hb	17,7	17,7	17,7	32	32	32
Innendurchmesser m	dq	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
Austrittsgeschwindigkeit m/s	vq	22,11	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91
Austrittstemperatur °C	tq	115	210	170	138	179	194
Wasserbeladung kg/(kg tr)	zq	0,26	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1

Maximale bodennahe Konzentration:

Maximaler Konzentrationswert	cm	9,968e-05	g/m <sup>3</sup>
Unsicherheit des Maximalwertes	dm	0,3	%
x-Koordinate des Maximalwertes	xm	528247,8	m
y-Koordinate des Maximalwertes	ym	5959216,2	m
Stabilitätsklasse	kl	3,2	KM
Windgeschwindigkeit	ua	6,0	m/s
Windrichtung	ra	290,0	Grad

**BESMAX – Abgastemperatur Kessel 7 – 90 °C – NO<sub>2</sub>**

2023-06-27 08:50:40 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	K 7	K 3	K 4	K 6	K 1	K 2
Emissionsmassenstrom kg/h	eq	7,074	3,101	3,308	7,697	1,251	1,235
x-Koordinate m	xq	528098	528098	528098	528025	528025	528025

y-Koordinate m	yq	5959272	5959272	5959272	5959307	5959307	5959307
Schornsteinbauhöhe m	hb	17,9	17,9	17,9	32	32	32
Innendurchmesser m	dq	1,3	1,1	1,1	2,0	1,2	1,2
Austrittsgeschwindigkeit m/s	vq	20,68	16,93	15,95	26,01	11,25	10,91
Austrittstemperatur °C	tq	90	210	170	138	179	194
Wasserbeladung kg/(kg tr)	zq	0,26	0,1	0,1	0,18	0,1	0,1

Maximale bodennahe Konzentration:  
 Maximaler Konzentrationswert cm 9,942e-05 g/m<sup>3</sup>  
 Unsicherheit des Maximalwertes dm 0,3 %  
 x-Koordinate des Maximalwertes xm 528247,8 m  
 y-Koordinate des Maximalwertes ym 5959216,2 m  
 Stabilitätsklasse kl 3,2 KM  
 Windgeschwindigkeit ua 6,0 m/s  
 Windrichtung ra 290,0 Grad

## WinSTACC-Berechnung:

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

Programmversion = 1.0.7.0  
 dll-Version = 1.0.4.6

### [Start]

Datum Rechnung = 04.04.2023 11:18  
 Steuerdatei = C:\LOHMEYER\winSTACC\VDI\_Input.ini  
 Längenangaben = Meter  
 Winkelangaben = Grad  
 Leistungsangaben = Kilowatt

### [EmittierendeAnlage]

Anlagentyp = Keine Feuerungsanlage  
 Input\_R = 50  
 Input\_H\_B = 5  
 Input\_H\_Ue = 3  
 H\_Ü durch Benutzer vorgegeben (keine Feuerungsanlage / andere Anlage)  
 H\_Ü = 3  
 R durch Benutzer vorgegeben (keine Feuerungsanlage / andere Anlage)  
 R = 50  
 H\_B durch Benutzer vorgegeben (keine Feuerungsanlage / andere Anlage)  
 H\_B = 5

### [Einzelgebäude]

Länge\_l = 5  
 Breite\_b = 5  
 Traufhöhe\_H\_Traufe = 1  
 Firsthöhe\_H\_First = 1  
 Dachform = Flachdach  
 Dachhöhe\_H\_Dach = 0  
 BreiteGiebelseite\_b = 5  
 HorizontalerAbstandMündungFirst\_a = 2.8  
 Berechnung von H\_A1...  
 Glg. 8  
 H\_A1F = 4.3  
 a = 0  
 alpha = 0  
 Glg. 5  
 H\_1 = 0.9  
 Glg. 7

f	= 0
Glg. 6	
H_2	= 0.9
Glg. 3	
H_S1	= 0.9
Glg. 4	
H_A1	= 3.9
H_A1 ist größer als die Höhe von Einzelgebäude und wird daher auf diese Höhe begrenzt:	
H_A1	= 1
Berechnung von H_E1...	
H_E1	= 0
[VorgelagertesGebäude1]	
Länge_l	= 12.1
Breite_b	= 7.3
Traufhöhe_H_Traufe	= 30
Firsthöhe_H_First	= 30
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 7.3
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
winkelGebäudeMündung_beta	= 51
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 12.6
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein
Berechnung von H_A2	
Glg. 16	
l_eff	= 14
Glg. 15	
l_RZ	= 21.9
Glg. 18	
p	= 0.82
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 1.3
Glg. 17	
H_S2	= 24.6
Glg. 19	
H_A2	= 27.6
H_E für VorgelagertesGebäude1 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.	
Es wird damit für VorgelagertesGebäude1 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.	
H_E2	= 0
[VorgelagertesGebäude2]	
Länge_l	= 12.7
Breite_b	= 4.8
Traufhöhe_H_Traufe	= 17
Firsthöhe_H_First	= 17
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 4.8
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
winkelGebäudeMündung_beta	= 87
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 8.2
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein
Berechnung von H_A2	
Glg. 16	
l_eff	= 12.9
Glg. 15	

l_RZ	= 19
Glg. 18	
p	= 0.9
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 0.9
Glg. 17	
H_S2	= 15.1
Glg. 19	
H_A2	= 18.1
H_E für vorgelagertesGebäude2 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.	
Es wird damit für vorgelagertesGebäude2 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.	
H_E2	= 0

### [VorgelagertesGebäude3]

Länge_l	= 40.3
Breite_b	= 17
Traufhöhe_H_Traufe	= 33
Firsthöhe_H_First	= 33
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 17
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 23
winkelGebäudeMündung_beta	= 10
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 8.9
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein
Berechnung von H_A2	
Glg. 16	
l_eff	= 23.7
Glg. 15	
l_RZ	= 35.2
Glg. 18	
p	= 0.97
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 3.1
Glg. 17	
H_S2	= 33.9
Glg. 19	
H_A2	= 36.9
Glg. 22	
H_E2	= 27

### [VorgelagertesGebäude4]

Länge_l	= 11
Breite_b	= 6.8
Traufhöhe_H_Traufe	= 23
Firsthöhe_H_First	= 23
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 6.8
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 23
winkelGebäudeMündung_beta	= 17
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 18.7
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein
Berechnung von H_A2	

Glg. 16	
l_eff	= 9.7
Glg. 15	
l_RZ	= 15.4
VorgelagertesGebäude4 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.	
Glg. 22	
H_E2	= 27
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 1.2

#### [VorgelagertesGebäude5]

Länge_l	= 50.6
Breite_b	= 22.9
Traufhöhe_H_Traufe	= 42.8
Firsthöhe_H_First	= 42.8
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 22.9
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 0
winkelGebäudeMündung_beta	= 42
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 32.8
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

#### Berechnung von H\_A2

Glg. 16	
l_eff	= 50.9
Glg. 15	
l_RZ	= 68.6
Glg. 18	
p	= 0.88
alpha	= 0
Glg. 7	
f	= 0
Glg. 6	
H_2V	= 4.2
Glg. 17	
H_S2	= 40.3
Glg. 19	
H_A2	= 43.3

H\_E für VorgelagertesGebäude5 wird nicht berücksichtigt, da für die oberste Fensterkante Null eingegeben wurde.

Es wird damit für vorgelagertesGebäude5 kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbereichs berücksichtigt.

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

#### [VorgelagertesGebäude6]

Länge_l	= 10
Breite_b	= 6.7
Traufhöhe_H_Traufe	= 37
Firsthöhe_H_First	= 37
Dachform	= Flachdach
Dachhöhe_H_Dach	= 0
BreiteGiebelseite_b	= 6.7
H_2V_mit_H_A1F_begrenzen	= nein
HöheObersteFensterkante_H_F	= 36
winkelGebäudeMündung_beta	= 13
AbstandGebäudeMündung_l_A	= 29.6
Hanglage	= nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h	= 0
GeschlosseneBauweise	= nein

#### Berechnung von H\_A2

Glg. 16	
---------	--

l\_eff = 8.8  
Glg. 15  
l\_RZ = 14.5  
VorgelegertesGebäude6 wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer gleich Länge seiner RZ.  
Glg. 22  
H\_E2 = 40  
alpha = 0  
Glg. 7  
f = 0  
Glg. 6  
H\_2V = 1.2

[Ergebnis]

Berechnung der Mündungshöhe H\_A für den ungestörten Abtransport der Abgase...  
H\_A = 43.3  
Berechnung der Mündungshöhe H\_E für die ausreichende Verdünnung der Abgase...  
H\_E = 40

freistehender Schornstein (Firsthöhe kleiner oder gleich 1 m)!

----- Mündungshöhe über Grund = 44.3  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*