

**Antragsteller: Nahwärmegenossenschaft Prechtal eG  
Schrahöfe 6  
79215 Elzach**

**Prognose der Emissionen und Immissionen sowie  
Ermittlung der erforderlichen Schornsteinhöhe im  
Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens zur  
Errichtung und zum Betrieb einer Heizzentrale in  
Elzach-Prechtal**

**Datum: 22.01.2024**

**Projekt-Nr.: 22-12-07-FR**

**Bearbeiter: Claus-Jürgen Richter Diplom-Meteorologe**

Geschäftsführer, Sachverständiger

**Dr. Frank J. Braun, Diplom-Meteorologe**

Stellvertretender fachlich Verantwortlicher für Ausbreitungsrechnungen

**iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG**

**Eisenbahnstraße 43**

**79098 Freiburg**

**Tel. 0761/ 202 1661**

**Fax. 0761/ 202 1671**

**E-Mail: [richter@ima-umwelt.de](mailto:richter@ima-umwelt.de)**



## INHALT

<b>1</b>	<b>Situation und Aufgabenstellung</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Örtliche Verhältnisse</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Beschreibung der geplanten Nahwärmeversorgungsanlage</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Emissionen</b> .....	<b>9</b>
4.1	Hackschnitzel-befuerter Kessel.....	9
4.1.1	Emissionswerte .....	9
4.1.2	Abgasvolumenströme .....	10
4.1.3	Schadstoffmassenströme.....	10
4.1.4	Zeitlicher Verlauf der Emissionen .....	11
4.1.5	Abgasfahnenüberhöhung.....	12
4.2	Ölbefuerter Reservekessel.....	13
<b>5</b>	<b>Ermittlung der Schornsteinhöhe des Hackschnitzelkessels</b> .....	<b>14</b>
5.1	Zugrunde gelegte Verordnungen und Vorschriften .....	14
5.2	Anforderung der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 .....	14
5.3	Ungestörter Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung .....	14
5.3.1	Berücksichtigung von Gebäudeeinflüssen.....	14
5.3.2	Berücksichtigung des Geländeeinflusses .....	17
5.4	Anforderung nach ausreichender Verdünnung .....	19
5.5	Zusammenfassende Darstellung der Schornsteinhöhenermittlung .....	20
<b>6</b>	<b>Schornsteinhöhe des Reservekessels</b> .....	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>Beurteilungsgrundlagen</b> .....	<b>21</b>
7.1	Immissionswerte.....	21
7.2	Irrelevanzregelung.....	21
<b>8</b>	<b>Meteorologische Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung</b> .....	<b>22</b>
8.1	Mittlere Wind- und Ausbreitungsverhältnisse.....	22
8.2	Nasse Deposition .....	24
8.3	Kaltluftabflüsse .....	24

<b>9</b>	<b>Immissionen .....</b>	<b>27</b>
9.1	Ausbreitungsrechnungen.....	27
9.2	Ergebnis der Ausbreitungsrechnungen .....	27
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung und Empfehlungen.....</b>	<b>29</b>
	<b>Literatur .....</b>	<b>30</b>
	<b>Anhang 1: Ermittlung der Volumenströme.....</b>	<b>31</b>
	<b>Anhang 2: Ausbreitungsrechnungen.....</b>	<b>32</b>
A2.1	Allgemeines .....	32
A2.2	Verwendetes Ausbreitungsmodell.....	33
A2.3	Rechengebiet.....	33
A2.4	Rauigkeitslänge .....	33
A2.5	Berücksichtigung von Geländeunebenheiten .....	34
A2.6	Berücksichtigung von Gebäuden.....	34
A2.7	Quellen .....	34
A2.8	Statistische Unsicherheit des Ausbreitungsmodells.....	35
A2.9	Abgasfahnenüberhöhung .....	35
	<b>Anhang 3: Protokolldateien .....</b>	<b>36</b>

## 1 Situation und Aufgabenstellung

Die Nahwärmegenossenschaft Prechtal eG plant die Errichtung und den Betrieb einer Heizzentrale in Elzach-Prechtal. In der Anlage soll ein hackschnitzelbefuerter Kessel mit einer Feuerungswärmeleistung von 900 kW betrieben werden.

Im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens ist die Schornsteinhöhe zur Ableitung der Abgase zu ermitteln. Da die Anlage in der Nähe von Wohn- und Büronutzungen betrieben werden soll, werden auch die zu erwartenden Emissionen und Immissionen ermittelt.

## 2 Örtliche Verhältnisse

Die Lage der geplanten Nahwärmeversorgungsanlage und deren nähere Umgebung sind in Abbildung 2-2 dargestellt. Die Koordinaten des Schornsteins betragen im UTM-32-Netz in etwa:

Ostwert:	431968
Nordwert:	5337045
Höhe über NN:	ca. 375 m

Die Wärmeversorgungsanlage soll auf dem Flurstück 1509/19 der Gemarkung Prechtal errichtet werden (siehe Abbildung 2-2). Das Grundstück wird derzeit landwirtschaftlich genutzt. Abbildung 2-1 zeigt ein Foto, das vom Gutachter bei der Ortsbesichtigung aufgenommen wurde.



Abbildung 2-1:

*Blick vom Grundstück der geplanten Nahwärmeversorgungsanlage in Richtung Osten zu den nächstgelegenen Wohnhäusern.*

Der Schornstein soll an der Ostseite eines Pultdach-Gebäudes errichtet werden. Die Entfernung zwischen dem Schornstein der Wärmeversorgungsanlage und dem nächstgelegenen Wohnhaus beträgt etwa 30 m. Weitere Wohnhäuser schließen sich östlich und nord-östlich an.

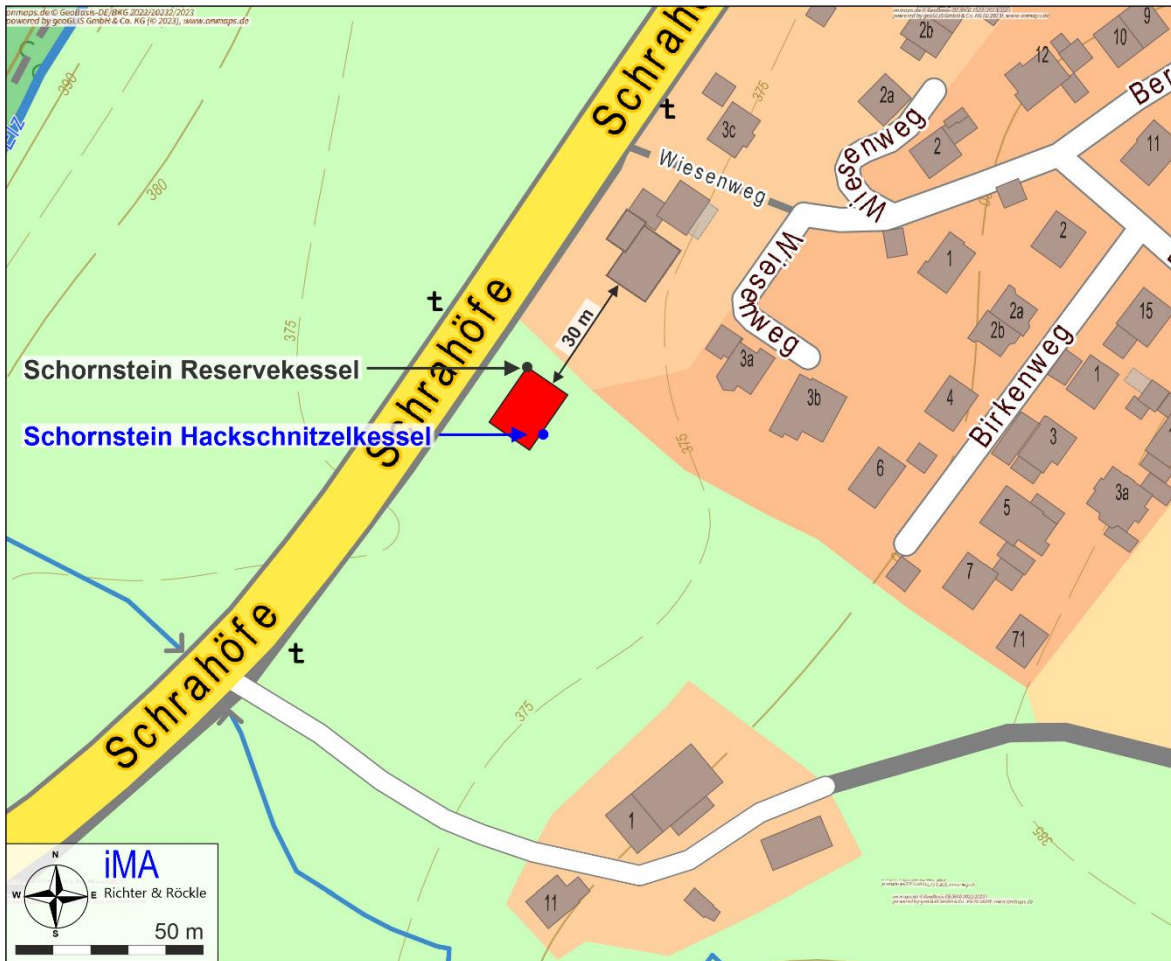


Abbildung 2-2: Lage der geplanten Nahwärmeversorgungsanlage (rot unterlegt) in der topografischen Karte.  
(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2023)



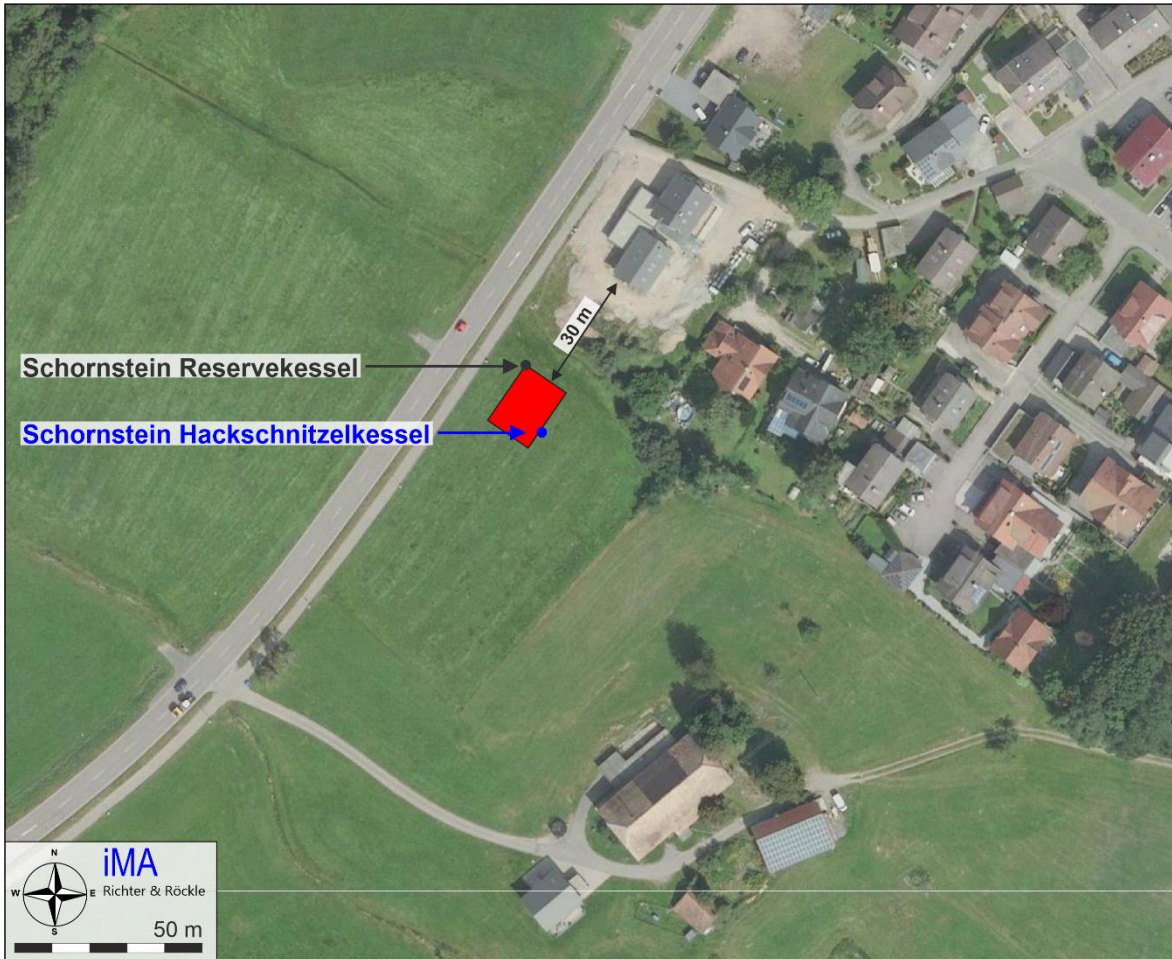


Abbildung 2-3: Lage der geplanten Nahwärmeversorgungsanlage (rot unterlegt) im Luftbild.  
(Luftbildgrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2022/2023 © Hexagon)

Die orographischen Verhältnisse sind in Abbildung 2-4 dargestellt. Das Betriebsgrundstück befindet sich im Elztal, das hier von Nordosten nach Südwesten verläuft. Das Gelände steigt vom Talgrund der Elz, die etwa 130 m westlich des Betriebsgeländes fließt, in Richtung Südosten flach an.

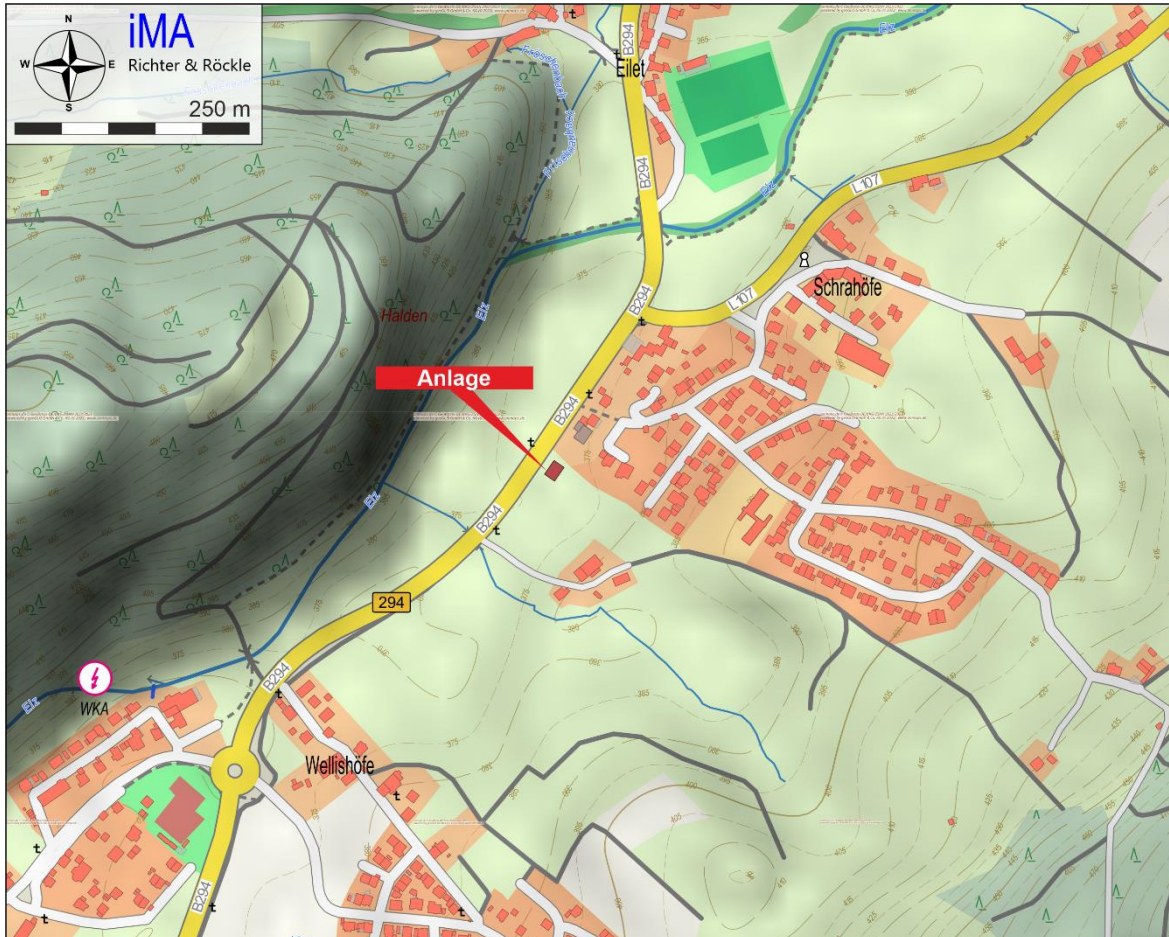


Abbildung 2-4: Ausschnitt aus der topografischen Karte mit Lage der geplanten Nahwärmeversorgungsanlage (rotes Rechteck).  
(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2023)

Am 29.04.2023 wurden die Örtlichkeiten vom Gutachter besichtigt. Dabei wurden alle für die Aufgabenstellung relevanten Umgebungsbedingungen erfasst.

### 3 Beschreibung der geplanten Nahwärmeversorgungsanlage

Eine detaillierte Beschreibung der geplanten Anlage kann dem von der Hölken-Berghoff GmbH angefertigten Genehmigungsantrag entnommen werden. Im Folgenden werden nur diejenigen Anlagenteile beschrieben, die für die Ermittlung der Schornsteinhöhe und der Emissionen und Immissionen erforderlich sind.

Auf dem Flurstück 1509/19 soll eine Kesselanlage mit einer Feuerungswärmeleistung von 900 kW errichtet und betrieben werden. Als Brennstoff sollen Hackschnitzel aus naturbelassenem Holz eingesetzt werden. Der Jahreswärmebedarf beträgt etwa 2.400 MWh/a.



Die Abgase aus der Feuerungsanlage werden mit einem Saugzuggebläse erfasst und einem Elektrofilter zugeführt. Das entstaubte Abgas wird über einen Schornstein, der an der Südostseite der Heizzentrale errichtet werden soll, senkrecht nach oben abgeleitet.

*Tabelle 3-1: Kenndaten der geplanten Anlage*

Feuerungswärmeleistung	0,9 MW
Hersteller	Kohlbach Energieanlagen GmbH, A- 9400 Wolfsberg
Brennstoff	Hackschnitzel aus naturbelassenem Holz (1. BImSchV, § 3, Nr. 4 und 5)
Brennstofffeuchte	ca. 30 % - 45 %
Abgastemperatur	ca. 160 °C

Bei Störungen oder Revisionsarbeiten des hackschnitzel-befeuerten Kessels soll ein Heizöl-El-befuenerter Reservekessel mit einer Feuerungswärmeleistung von ca. 1.600 kW betrieben werden. Erfahrungsgemäß findet der Betrieb dieser Kessel während deutlich weniger als 200 Stunden pro Jahr statt (üblicherweise < 100 h/a).

Ein gleichzeitiger Betrieb des hackschnitzel-befeuerten Kessels und der Reservekessel findet nicht statt.

## 4 Emissionen

### 4.1 Hackschnitzel-befuenerter Kessel

#### 4.1.1 Emissionswerte

Nachfolgend wird der Betrieb des hackschnitzel-befeuerten Kessels betrachtet, da dieser gegenüber dem Reservekessel höhere Emissionen aufweist und den weitaus größten Teil des Energiebedarfs abdeckt.

Die Anlage unterliegt den Anforderungen der 1. BImSchV (2020), dort § 5 in Verbindung mit § 3. In Tabelle 4-1 sind die Emissionsgrenzwerte zusammengefasst.

*Tabelle 4-1: Emissionsgrenzwerte im Abgas des Heizwerks*

Stoff	Einheit	Wert	1. BImSchV
Bezugssauerstoffgehalt	%	13	§ 4, Absatz 2
CO	g/m <sup>3</sup>	0,4	§ 5, Absatz 1, Stufe 2
Staub	g/m <sup>3</sup>	0,02	§ 5, Absatz 1, Stufe 2
NO <sub>x</sub> , angegeben als NO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	200	s. Erläuterung

Erläuterungen zur Tabelle 4-1:

NO<sub>x</sub> ist in der 1. BImSchV nicht begrenzt. Die NO<sub>x</sub>-Emissionskonzentration wird hilfsweise aus § 10, Absatz 4 der 44. BImSchV (2021) abgeleitet und auf einen Restsauerstoffgehalt im Abgas von 13 % umgerechnet. Dieser Emissionswert wurde auch vom Anlagenhersteller angegeben.

Zur Berechnung der Massenströme wird die Rundungsregel angesetzt. D.h., eine CO-Emissionswert von 0,4 g/m<sup>3</sup> ist auch bei einer Konzentration von knapp 450 mg/m<sup>3</sup> noch eingehalten.

Die Staubkonzentration wird vom Hersteller mit 15 mg/m<sup>3</sup> garantiert. Konservativ setzen wir den höheren Emissionswert der 1. BImSchV von 0,02 g/m<sup>3</sup> an.

#### 4.1.2 Abgasvolumenströme

Die Abgasvolumenströme wurden von uns über eine Verbrennungsrechnung ermittelt (siehe Anhang 1). Sie betragen beim Bezugssauerstoffgehalt von 13 % und einer Holzfeuchte von 40 %:

Trockener Volumenstrom im Normzustand: 2.300 m<sup>3</sup>/h (Sauerstoffgehalt: 13 %)

Feuchter Volumenstrom im Normzustand: 2.770 m<sup>3</sup>/h (Sauerstoffgehalt: 13 %)

Die tatsächlichen Volumenströme sind geringer, da der Restsauerstoffgehalt im Abgas laut Angabe des Herstellers bei etwa 7,5 % liegt. Damit ergeben sich folgende Volumenströme einer Holzfeuchte von 40 %:

Trockener Volumenstrom im Normzustand: 1.360 m<sup>3</sup>/h (Sauerstoffgehalt: 7,5 %)

Feuchter Volumenstrom im Normzustand: 1.760 m<sup>3</sup>/h (Sauerstoffgehalt: 7,5 %)

Auf die Massenströme haben die niedrigeren Volumenströme keinen Einfluss, da eine Umrechnung auf einen Sauerstoffgehalt von 13 % erfolgt.

Der trockene Volumenstrom stimmt mit dem vom Hersteller angegebenen Volumenstrom mit einer Abweichung < 2 % überein, wenn eine Holzfeuchte von 30 % angesetzt wird. Bei der von uns angesetzten Holzfeuchte von 40 % errechnen sich etwas höhere Volumenströme, wodurch die Schadstoffmassenströme höher sind.

#### 4.1.3 Schadstoffmassenströme

In Tabelle 4-2 sind die Schadstoffmassenströme, die sich aus dem Produkt des trockenen Abgasvolumenstroms i.N. beim Bezugssauerstoffgehalt von 13 % (2.300 m<sup>3</sup>/h) und den Schadstoffkonzentrationen nach Tabelle 4-1 ergeben, aufgeführt. Zur Berechnung der Massenströme wird die Rundungsregel angewendet, d.h., ein Emissionswert von 0,4 g/m<sup>3</sup> ist auch bei einer Konzentration von knapp 450 mg/m<sup>3</sup> noch eingehalten.

Tabelle 4-2: Schadstoffmassenströme sowie Bagatellmassenströme gemäß Tabelle 7 der TA Luft.

Stoff	Massenstrom in kg/h	Bagatellmassenstrom in kg/h
CO	1,03	–
Staub	0,06	0,8 / 0,5 *
NO <sub>x</sub>	0,46	15

\* 0,8 kg/h für PM<sub>10</sub> bzw. 0,5 kg/h für PM<sub>2,5</sub>

In der letzten Spalte der Tabelle 4-2 sind die Bagatellmassenströme nach Nr. 4.6.1.1 der TA Luft (2021) angegeben. Hieraus geht hervor, dass diese unterschritten werden.

Für Kohlenmonoxid (CO) ist in der TA Luft kein Bagatellmassenstrom ausgewiesen. Da das Verhältnis Massenstrom : S-Wert deutlich kleiner als bei NO<sub>2</sub> ist (siehe Anhang 7 der TA Luft), ist die immissionsseitige Relevanz geringer als von NO<sub>2</sub>.

Da die Bagatellmassenströme unterschritten werden, ist gemäß Nr. 4.1 der TA Luft davon auszugehen, dass vom Heizwerk keine schädliche Umwelteinwirkungen ausgehen, soweit sich nicht wegen der besonderen örtlichen Lage oder besonderer Umstände etwas anderes ergibt.

Aufgrund der Nähe der Wohnbebauung wird trotz Unterschreitung der Bagatellmassenströme eine Ausbreitungsrechnung zur Ermittlung der NO<sub>2</sub>- und Staubimmissionen durchgeführt. Dies erfolgt in Kapitel 9.

#### 4.1.4 Zeitlicher Verlauf der Emissionen

Der zeitliche Verlauf der Emissionen wird anhand der vom Antragsteller prognostizierten Auslastung der Feuerungsanlagen ermittelt, wobei von uns konservativ ein Zuschlag von 30 % angewendet wird. Zusätzlich wird ein feuerungstechnischer Wirkungsgrad von 85 % angesetzt, woraus sich die Brennstoffleistung zu 3.670 MWh/a ergibt. Die jahreszeitliche Verteilung der Feuerungswärmeleistungen ist in Tabelle 4-3 aufgeführt.

Tabelle 4-3: Monatliche Verteilung der Brennstoffleistung

Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Feuerungswärmeleistung in MWh/Monat:</b>											
424	395	339	226	141	113	85	85	113	226	282	395
<b>Feuerungswärmeleistung in MWh/Monat unter Berücksichtigung eines Zuschlags von 30 %:</b>											
551	514	440	294	184	147	110	110	147	294	367	514

Um die Emissionen zu ermitteln, werden Emissionsfaktoren gebildet. Sie errechnen sich durch Division der in Tabelle 4-2 aufgeführten Schadstoffmassenströme durch die Feuerungswärmeleistung von 0,9 MW. Die Emissionsfaktoren sind in Tabelle 4-4 dargestellt. Sie

beruhen auf den exakten (ungerundeten) Massenströmen. CO wird nicht betrachtet, da dieser Stoff immissionsseitig keine Rolle spielt.

Tabelle 4-4: Emissionsfaktoren, bezogen auf die Feuerungswärmeleistung

Kessel	Einheit	NO <sub>x</sub>	Staub
Kessel	kg/MWh	0,51	0,064

Auf Basis der mittleren monatlichen Feuerungswärmeleistungen (Tabelle 4-3, letzte Zeile) und der o.g. Emissionsfaktoren errechnen sich die in Tabelle 4-5 dargestellten Schadstoffmassenströme.

Tabelle 4-5: Jahreszeitlicher Verlauf der mittleren Schadstoffmassenströme aus dem Schornstein

		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
NO <sub>x</sub>	kg/h	0,377	0,377	0,302	0,208	0,126	0,104	0,078	0,075	0,104	0,201	0,260	0,352
Staub	kg/h	0,047	0,047	0,038	0,026	0,016	0,013	0,010	0,009	0,013	0,025	0,033	0,044

Der Staubmassenstrom aus dem Schornstein wird folgenden Korngrößenklassen zugeordnet:

- Korngrößenklasse < 2,5 µm: 30 %
- Korngrößenklasse 2,5 bis 10 µm: 70 %

Diese Korngrößenverteilung soll gemäß TA Luft (2021) bei nicht bekannter Korngrößenverteilung angesetzt werden.

Bei den Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) wird davon ausgegangen, dass 10 % in Form von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) emittiert werden.

#### 4.1.5 Abgasfahnenüberhöhung

Aufgrund ihrer Austrittsgeschwindigkeit und Temperatur steigt die Abgasfahne noch einige Meter oberhalb der Schornsteinmündung hoch. Zur Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung werden folgende Ansätze getroffen:

- Der Mündungsdurchmesser wird mit 350 mm angesetzt.
- Die Abgastemperatur wird mit 120 °C angesetzt.
- Die Austrittsgeschwindigkeit wird gemäß Tabelle 4-6 angesetzt. Sie errechnet sich aus der mittleren monatlichen Feuerungswärmeleistung (Tabelle 4-3). Es werden die Volumenströme verwendet, die sich beim Restsauerstoffgehalt von 7,5 % im Abgas errechnen.

Tabelle 4-6: Jahreszeitlicher Verlauf der mittleren Austrittsgeschwindigkeit

Einheit	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
m/s	4,6	4,6	3,7	2,5	1,5	1,3	0,9	0,9	1,3	2,5	3,2	4,3

Weitere Details zur Ausbreitungsrechnung können Anhang 2 dieses Gutachtens entnommen werden.

## 4.2 Ölbefuerter Reservekessel

Der Reservekessel wird nur während weniger Stunden pro Jahr betrieben.

Die Schadstoffmassenströme des ölbefeuerten Reservekessels und des hackschnitzelbefeuerten Kessels sind in Tabelle 4-7 gegenübergestellt. Die Emissionswerte des ölbefeuerten Kessels wurden aus der 44. BImSchV entnommen.

Hieraus ergibt sich, dass die Schadstoffmassenströme des ölbefeuerten Kessels niedriger als des hackschnitzelbefeuerten Kessels sind. Zur Einordnung der Relevanz der Emissionsmassenströme enthält Tabelle 4-7 auch die Bagatellmassenströme nach Nr. 4.6.1.1 der TA Luft.

Tabelle 4-7: Schadstoffmassenströme des hackschnitzelbefeuerten Kessels und des ölbefeuerten Kessels

Stoff	Einheit	Ölbefuerter Kessel	Hackschnitzelkessel
Feuerungswärmeleistung	MW	1,6	0,9
Bezugssauerstoffgehalt	%	3	13
Trockener Volumenstrom im Normzustand beim Bezugssauerstoffgehalt	m <sup>3</sup> /h	1.640	2.300
Emissionskonzentration Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	mg/m <sup>3</sup>	200	200
Emissionsmassenstrom Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	kg/h	0,33	0,46
Bagatellmassenstrom Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	kg/h	15	
Emissionskonzentration Staub	mg/m <sup>3</sup>	5*	25
Emissionsmassenstrom Staub	kg/h	0,01	0,10
Bagatellmassenstrom Staub	kg/h	0,5	

\* In der 44. BImSchV ist die Rußzahl auf 1 begrenzt. In der Literatur wird bei dieser Rußzahl eine Staubkonzentration von 1 mg/m<sup>3</sup> angegeben. Konservativ setzen wir 5 mg/m<sup>3</sup> an.



## 5 Ermittlung der Schornsteinhöhe des Hackschnitzelkessels

### 5.1 Zugrunde gelegte Verordnungen und Vorschriften

Zur Ermittlung der erforderlichen Schornsteinhöhe werden folgende Vorschriften, Regelwerke und Berechnungsmodelle zugrunde gelegt:

1. BImSchV (2020): Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen. Ausfertigungsdatum: 26.01.2010, zuletzt geändert durch Art. 1 der Verordnung vom 13.10.2021.
2. TA Luft (2021): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz vom 18.08.2021.
3. VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017): Ableitbedingungen für Abgase. Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen, Juli 2017.
4. WinSTACC: Programm zur Berechnung der Schornsteinhöhe nach VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017), Version 1.0.7.8, WinSTACC (2022). Ing.-Büro Lohmeyer.

Gemäß § 19, Absatz 1, vorletzter Satz der 1. BImSchV wird zur Ermittlung der Schornsteinhöhe die VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 herangezogen.

In Kapitel 5.2 bis 5.4 wird die Schornsteinhöhe des hackschnitzel-befeuerten Kessels ermittelt. Auf die Schornsteinhöhe des Reservekessels wird in Kapitel 5.5 eingegangen.

### 5.2 Anforderung der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4

Gemäß Nr. 5.1 der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 muss zur Vermeidung schädlicher Umwelteinwirkungen die Lage und Höhe der Mündung eines Schornsteins so festgelegt werden, dass

1. der ungestörte Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung und
2. eine ausreichende Verdünnung der Abgase

gewährleistet ist. Diese Vorgaben werden nachfolgend dargestellt.

### 5.3 Ungestörter Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung

#### 5.3.1 Berücksichtigung von Gebäudeeinflüssen

Gemäß Nr. 5.5.2 der TA Luft 2021 sind Abgase so abzuleiten, dass ein ungestörter Abtransport mit der freien Luftströmung ermöglicht wird

Danach soll der Schornstein mindestens

- a) eine Höhe von 10 m über dem Grund und
- b) eine den Dachfirst um drei Meter überragende Höhe haben und

c) die Oberkanten von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen der zum ständigen Aufenthalt von Menschen bestimmten Räume in einem Umkreis von 50 m um 5 m überragen.

Die Anforderung nach Ableitung in die freie Luftströmung wird in der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 weiter konkretisiert.

Danach muss der Schornstein den gedachten First eines Satteldachs, das eine Neigung von  $20^\circ$  aufweist, um mindestens 1 m überragen (vgl. Tabelle 1 der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4, Feuerungswärmeleistung  $< 1$  MW).

Bei Pultdächern – wie im vorliegenden Fall – ist das Satteldach auf die maximale Dachhöhe des Pultdachs aufzusetzen und dessen Firshöhe zu berechnen (siehe Abbildung 5-1). Die Schornsteinhöhe errechnet sich dann in Abhängigkeit vom Abstand des Schornsteins zum First.

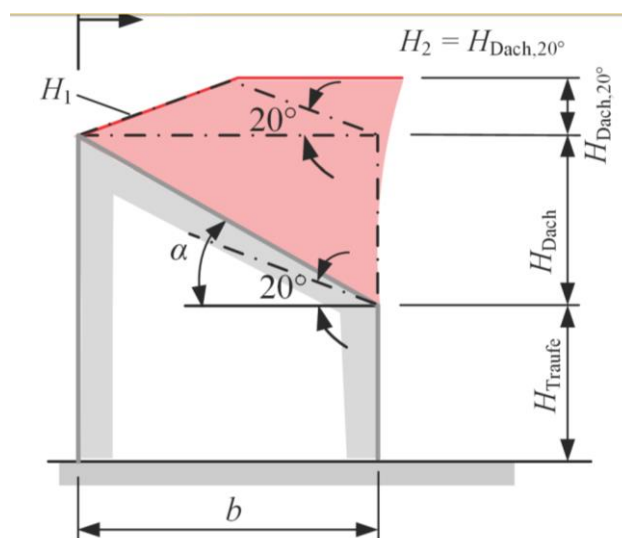


Abbildung 5-1: Prinzipskizze zur Ausdehnung der Rezirkulationszone eines Pultdaches (aus: VDI 3781, Blatt 4)

Die Formeln zur Berechnung der Höhe der Rezirkulationszone sind in Nr. 6.2.1.2.5 der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 aufgeführt. Gemäß Nr. 5.2 der Richtlinie soll der Schornstein die Rezirkulationszone um einen additiven Term  $H_{\bar{u}}$  überragen, da die Berandung der Rezirkulationszone keine scharfe Grenzfläche ist, sondern aufgrund der turbulenten Scherschicht eine gewisse Dicke aufweist.

Gemäß Tabelle 1 in Kapitel 5.2 der VDI 3781, Blatt 4 ist im vorliegenden Fall  $H_{\bar{u}} = 1$  m anzusetzen.

Die Schornsteinhöhen werden mit dem Programm WinSTACC (Version 1.0.7.8), das die Formeln der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 umsetzt, berechnet.

Abbildung 5-2 zeigt die Höhenstruktur des Betriebsgebäudes und die Lage des Schornsteins. Weitere Gebäude spielen für die Berechnung aufgrund ihrer Entfernung keine Rolle.



Abbildung 5-2: Trauf- und Firsthöhe der Nahwärmeversorgungsanlage. Die Firsthöhe wurde von 10,6 m auf 11 m gerundet.

Abbildung 5-3 zeigt eine perspektivische Ansicht des Betriebsgebäudes (grün) und der Rezirkulationszone (ockerfarbig).

Es errechnet sich eine Schornsteinhöhe von 15,2 m über Grund, bei der ein ungestörter Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung vorliegt (siehe Protokolldatei in Anhang 3).

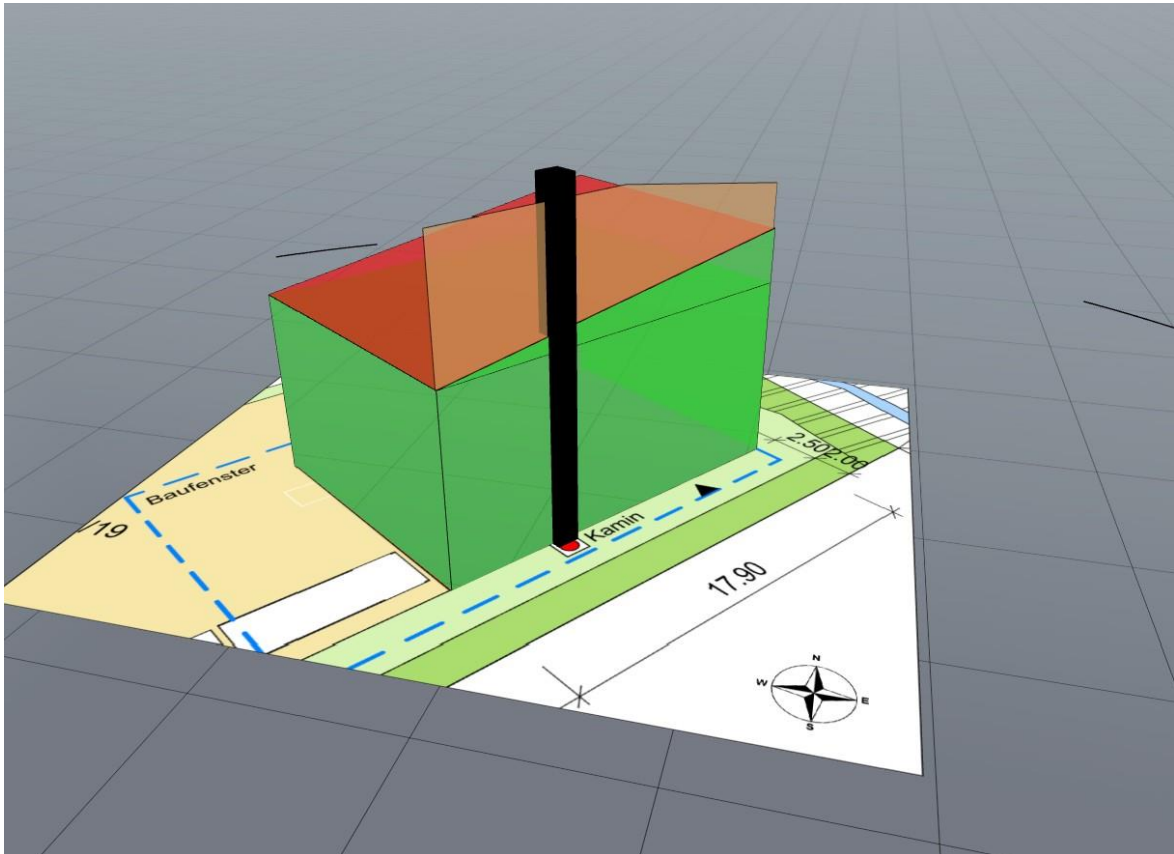


Abbildung 5-3: Blick in Richtung Nordwesten zum Schornstein (schwarzer Balken am grünen Gebäude). Die Rezirkulationszone ist ockerfarbig ausgefüllt. Aus: WinSTACC.

### 5.3.2 Berücksichtigung des Geländeeinflusses

Der Einfluss des unebenen Geländes wird in Nr. 5.5.2.3 der TA Luft 2021 behandelt:

*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 so weit erhöht werden, bis dieser Winkel kleiner oder gleich 15 Grad ist.*

Diese Vorgabe entspricht weitgehend der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 2. Ein Auszug aus der VDI-Richtlinie ist Abbildung 5-4 dargestellt.

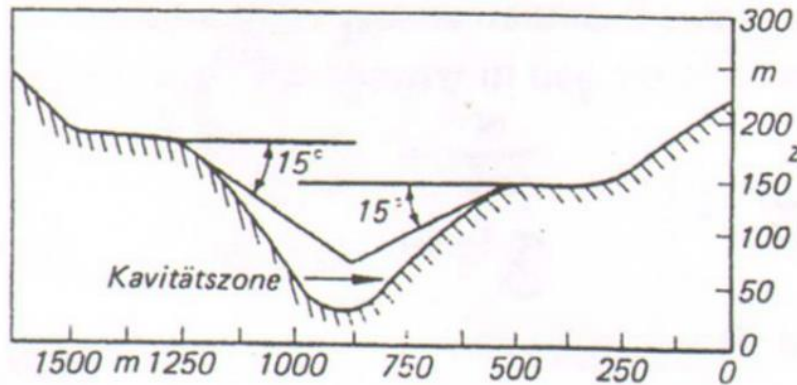


Abbildung 5-4: Bei senkrechter Anströmung eines Hügels kann sich eine Kavitätszone (Abriss mit Rückströmwirbel) an der Hangoberkante ausbilden. Die Grenze der Kavitätszone ist durch einen Winkel von 15 Grad gegen die Horizontale definiert. Aus: VDI-Richtlinie 3781, Blatt 2.

Um zu prüfen, ob die Geländeerhebungen einen Einfluss haben, zeigt Abbildung 5-5 ein Horizontogramm um die Mündung des geplanten Schornsteins. Der Winkel von 15 Grad wird in allen Richtungen unterschritten, so dass kein Zuschlag aufgrund des unebenen Geländes erforderlich ist.

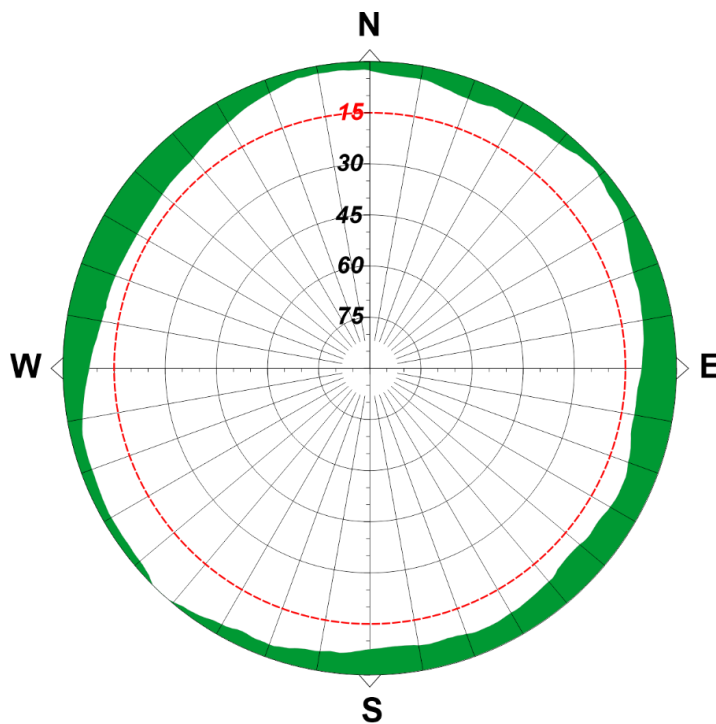


Abbildung 5-5: Horizontogramm um die Mündung des Schornsteins. Dargestellt ist die Horizonteinschränkung in Grad (Silhouetten der umgebenden Hügel, grün). Der 15-Grad-Winkel ist rot gestrichelt gekennzeichnet.



#### 5.4 Anforderung nach ausreichender Verdünnung

Die Anforderung nach ausreichender Verdünnung ist gemäß Kapitel 6.3 der VDI 3781, Blatt 4 gewährleistet, wenn die Oberkanten von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen der zum ständigen Aufenthalt von Menschen bestimmten Räume im Einwirkungsbereich der Anlage um eine vorgegebene Mindesthöhe überragt werden.

Hierfür ist zunächst der Einwirkungsbereich zu bestimmen. Dieser ergibt sich gemäß Tabelle 3 der VDI-Richtlinie im vorliegenden Fall zu 50 m.

Die Mindesthöhe, um die die Oberkanten von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen der zum ständigen Aufenthalt von Menschen bestimmten Räume überragt werden muss, ergibt sich nach Bild 14 der VDI-Richtlinie zu 5 m.

Der Kreis mit einem Radius von 50 m um den Schornstein ist in Abbildung 5-6 dargestellt.

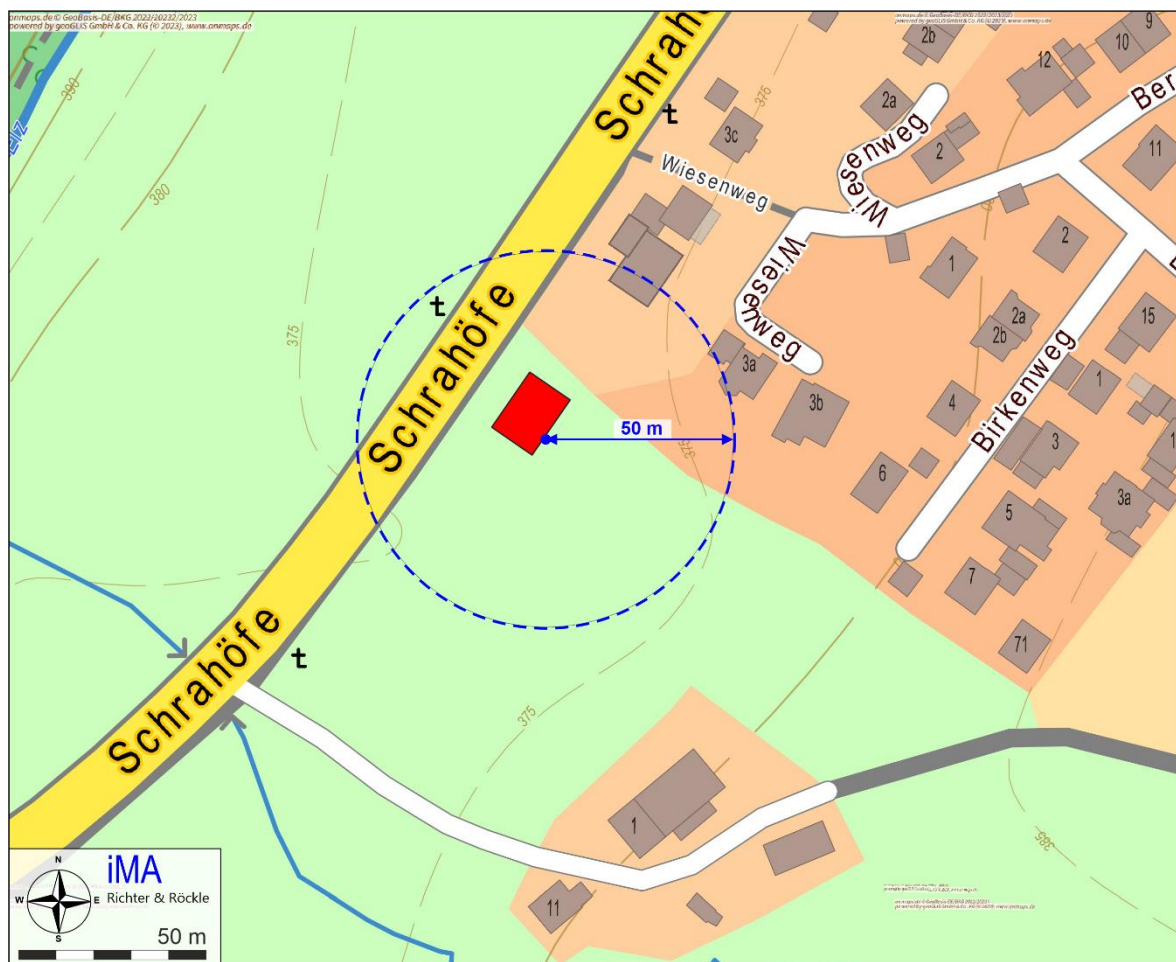


Abbildung 5-6: Kreis (blau) um den geplanten Schornstein mit einem Radius von 50 m.

Der Kreis tangiert ein ost-nordöstlich gelegenes Wohnhaus (Birkenweg 3a) sowie Teile eines nordöstlich gelegenen neu gebauten Wohnhauses. Die Höhe der Oberkante des obersten Fensters des Wohnhauses Birkenweg 3a kann mit 12 m, bezogen auf das Niveau des geplanten Schornsteins, abgeschätzt werden. Das neu gebaute Wohnhaus ist niedriger.

Damit ist eine Schornsteinhöhe von  $12\text{ m} + 5\text{ m} = 17\text{ m}$  über dem Niveau des geplanten Schornsteins erforderlich.

### **5.5 Zusammenfassende Darstellung der Schornsteinhöhenermittlung**

Aus den Kapiteln 5.3 und 5.4 ergibt sich eine Schornsteinhöhe von 17 m. Aufgrund der nahegelegenen Wohnbebauung und zur Minimierung kurzzeitiger Geruchsmissionen bei Anfahrzuständen, empfehlen wir für den hackschnitzelbefeuerten Kessel eine Schornsteinhöhe von

**20 m über Grund**

zu realisieren. Das Bezugsniveau ist die Erdgleiche am Schornstein.

## **6 Ermittlung der Schornsteinhöhe des Reservekessels**

Für den Reservekessel ist aufgrund der geringen Emissionszeiten ( $< 300\text{ h/a}$ , üblicherweise  $< 100\text{ h/a}$  laut Mitteilung der Hölken-Berghoff GmbH) und geringen Emissionsmassenströme (siehe Tabelle 4-7) aus gutachtlicher Sicht eine geringere Höhe ausreichend.

In Anlehnung an Nr. 5.5 der TA Luft wird auf der hohen Seite des Pultdaches ein 20-Grad-Satteldach aufgesetzt. Der First des gedachten Satteldaches sollte vom Schornstein um 1 m überragt werden.

Aus der Breite des Betriebsgebäudes ( $B = 13,1\text{ m}$ ) errechnet sich die die Höhe des gedachten Firstes zu ca. 2,4 m über Pultdach. Die Pultdachhöhe beträgt 10,6 m über Grund (exakter Wert), woraus sich die gedachte Firsthöhe zu 13 m über Grund ergibt. Da diese Höhe um 1 m überragt werden sollte, errechnet sich eine Höhe von **14 m** über Grund, entsprechend 3,4 m über dem First des Pultdaches.

Der Radius des Einwirkungsbereichs beträgt 40 m (siehe Tabelle 4 der VDI 3781, Blatt 4). Da die Oberkanten der höchsten Fenster im Einwirkungsbereich niedriger als 9 m sind, werden sie um mehr als 5 m überragt.

Sollte zukünftig eine Bebauung des nördlich gelegenen erfolgen, ist die Schornsteinhöhe des Reservekessels ggf. anzupassen.

## 7 Beurteilungsgrundlagen

Die maßgebenden Schadstoffe unterschreiten den zugehörigen Bagatellmassenstrom (siehe Kapitel 4.1.3). Dennoch werden die Schadstoffimmissionen ermittelt, da in der Nachbarschaft des Heizwerks ein Wohngebiet besteht. Hierzu werden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt.

Als Leitkomponenten werden Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Staub betrachtet.

### 7.1 Immissionswerte

In der TA Luft sind Immissionsgrenzwerte aufgeführt, die zur Vermeidung von Gesundheitsgefahren nicht überschritten werden sollen. Sie sind in Tabelle 7-1 zusammengestellt.

Tabelle 7-1: Immissionsgrenzwerte nach TA Luft

Stoff	Immissionswert	Einheit	Statistische Definition	Fundstelle
NO <sub>2</sub> (Stickstoffdioxid)	40	µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert	Nr. 4.2.1 TA Luft
	200	µg/m <sup>3</sup>	Konzentration, die von maximal 18 Stundenmittelwerten pro Jahr überschritten werden darf	
Partikel (PM <sub>10</sub> )	40	µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert	Nr. 4.2.1 TA Luft
	50	µg/m <sup>3</sup>	Tagesmittelwert, der maximal 35 mal pro Jahr überschritten werden darf	
Partikel (PM <sub>2,5</sub> )	25	µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert	Nr. 4.2.1 TA Luft

### 7.2 Irrelevanzregelung

Der Immissionsbeitrag einer Anlage wird als „irrelevant“ bezeichnet, wenn die Immissionswerte – bezogen auf den Jahresmittelwert – zu weniger 3,0 % ausgeschöpft werden (siehe Nr. 4.2.2 der TA Luft). Liegen die Immissionsbeiträge einer Anlage am Beurteilungspunkt maximaler Beaufschlagung unterhalb der Irrelevanzschwelle, so ist gemäß Nr. 4.1 der TA Luft – unabhängig von der Vorbelastung – sichergestellt, dass von der Anlage keinen schädlichen Umwelteinwirkungen verursacht werden.

## 8 Meteorologische Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung

### 8.1 Mittlere Wind- und Ausbreitungsverhältnisse

Die Ausbreitung der Luftschadstoffe wird wesentlich von den meteorologischen Parametern Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Turbulenzzustand der Atmosphäre bestimmt. Der Turbulenzzustand der Atmosphäre wird durch Ausbreitungsklassen beschrieben, die ein Maß für das „Verdünnungsvermögen“ der Atmosphäre sind. Die Eigenschaften der Ausbreitungsklassen sind in Tabelle 8-1 beschrieben.

Tabelle 8-1: Eigenschaften der Ausbreitungsklassen

Ausbreitungsklasse	Atmosphärischer Zustand, Turbulenz
I	sehr stabile atmosphärische Schichtung, ausgeprägte Inversion, geringes Verdünnungsvermögen der Atmosphäre
II	stabile atmosphärische Schichtung, Inversion, geringes Verdünnungsvermögen der Atmosphäre
III <sub>1</sub>	stabile bis neutrale atmosphärische Schichtung, zumeist windiges und bewölktetes Wetter
III <sub>2</sub>	leicht labile atmosphärische Schichtung
IV	mäßig labile atmosphärische Schichtung
V	sehr labile atmosphärische Schichtung, starke vertikale Durchmischung der Atmosphäre

Für die Ausbreitungsrechnung sind die meteorologischen Randbedingungen in Form einer Zeitreihe (AKTerm) oder einer Häufigkeitsverteilung (AKS) der Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Ausbreitungsklasse erforderlich, die einen ganzjährigen Zeitraum repräsentieren.

Bei Verwendung einer Zeitreihe ist es möglich, die jahreszeitliche Verteilung der Emissionen und die daran gekoppelten meteorologischen Ausbreitungssituationen zu berücksichtigen. Dies ist im vorliegenden Fall erforderlich.

Aktuelle Messungen liegen im Untersuchungsgebiet nicht vor, jedoch sind für Baden-Württemberg modellierte Daten verfügbar, die im Auftrag der LUBW berechnet wurden. Für die Erstellung der AKTerm werden topografische und meteorologisch-statistische Informationen sowie Ergebnisse von Modellrechnungen zusammengeführt. Die Erstellung erfolgte mit dem prognostischen mesoskaligen Modell METRAS PC.

Ein Bezugspunkt, für den eine meteorologische Zeitreihe vorliegt, befindet sich etwa 300 m südlich des geplanten Schornsteins bei Ostwert 431951, Nordwert 5336805 im UTM-32-System.

Abbildung 8-1 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen. Die Länge der Strahlen gibt an, wie häufig der Wind aus der jeweiligen Richtung weht. Die Verteilung zeichnet sich durch zwei ausgeprägte Maxima bei Winden aus südwestlichen und nord-nordöstlichen Richtungen aus. Ein weiteres Maximum liegt bei südöstlichen Windrichtungen vor.

Diese Verteilung kommt dem Kanalisierungseffekt des Elztals im Untersuchungsgebiet zustande. Das Nebenmaximum bei südöstlichen Windrichtungen ist auf einen Kaltluftabfluss, der bei wolkenarmen Wetterlagen während der ersten Nachtstunden wirksam ist, zurückzuführen

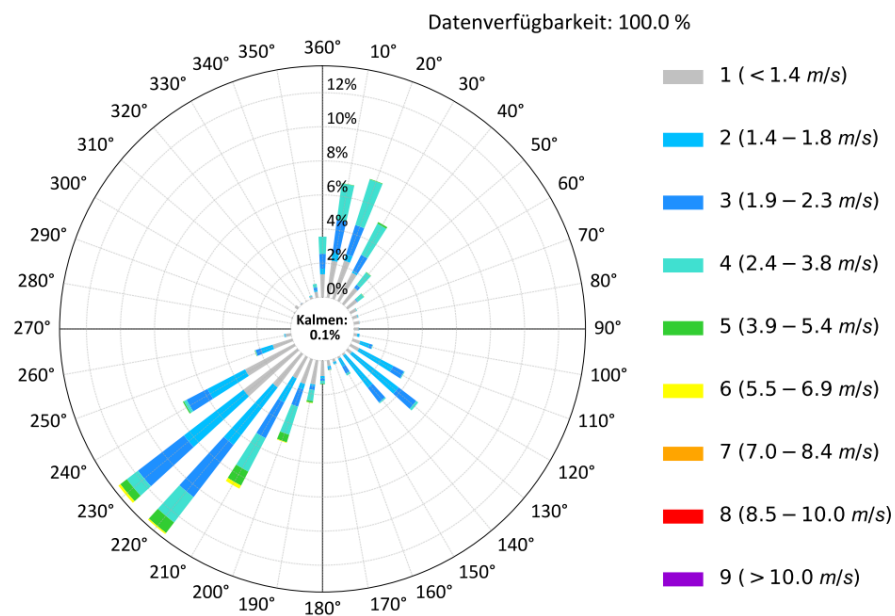


Abbildung 8-1: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen.

Die Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen ist in Abbildung 8-2 dargestellt.



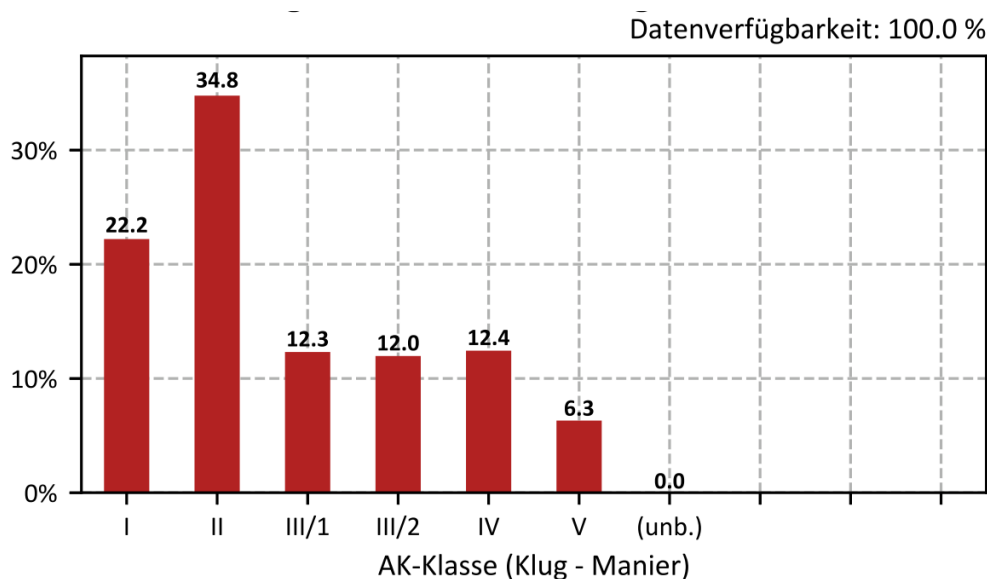


Abbildung 8-2: Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen

Die stabilen Klassen (I + II) sind mit 57 % am stärksten vertreten. Neutrale Ausbreitungsklassen (III<sub>1</sub> + III<sub>2</sub>) treten in ca. 24 % der Fälle auf, während die labilen Ausbreitungsklassen (IV + V) eine Häufigkeit von etwa 19 % aufweisen.

## 8.2 Nasse Deposition

Die nasse Deposition durch das Auswaschen bei Regenniederschlag wird nicht berücksichtigt. Hierdurch werden etwas höhere Immissionen berechnet.

## 8.3 Kaltluftabflüsse

Für die Ausbreitung der Schadstoffe können lokale Windsysteme, insbesondere Kaltluftabflüsse, von Bedeutung sein. Kaltluftabflüsse bilden sich in klaren, windschwachen Abenden, Nächten und Morgenstunden aus, wenn die Energieabgabe der Boden- und Pflanzenoberflächen aufgrund der Wärmeausstrahlung größer als die Gegenstrahlung der Luft ist. Dieser Energieverlust verursacht eine Abkühlung der Boden- und Pflanzenoberfläche, sodass die Bodentemperatur niedriger als die Lufttemperatur ist. Durch den Kontakt zwischen dem Boden und der Umgebungsluft bildet sich eine bodennahe Kaltluftschicht.

In ebenem Gelände bleibt die bodennahe Kaltluflthaut an Ort und Stelle liegen. In geneigtem Gelände setzt sie sich infolge von horizontalen Dichteunterschieden (kalte Luft besitzt eine höhere Dichte als warme Luft) hangabwärts in Bewegung. Es bilden sich dann flache, oftmals nur wenige Meter mächtige Windströmungen aus, die aufgrund ihrer vertikalen Temperaturverteilung eine geringe vertikale Durchmischung aufweisen. Schadstoffe können so über größere Strecken transportiert werden.

Da es sich um ein örtliches Phänomen handelt, sind Kaltluftabflüsse in den übertragenen meteorologischen Daten nicht immer enthalten. Um die Relevanz und die Fließrichtung der Kaltluftabflüsse zu ermitteln, wird eine Untersuchung mit dem Kaltluftabfluss-Modell GAK („Geruchsausbreitung in Kaltluftabflüssen“) durchgeführt. Dieses Modell wurde von uns im Auftrag der LUBW entwickelt und zeigt eine gute Übereinstimmung mit Messungen (Röckle, Höfl & Richter (2012)).

Die Berechnungen werden für eine typische wolkenarme Nacht ohne übergeordneten Wind durchgeführt. Das Modell liefert, abhängig von Orographie und Landnutzung, die vertikal gemittelten Strömungsgeschwindigkeiten und die Kaltluftmächtigkeit im Simulationsgebiet.

Die Protokolldatei der Simulation ist in Anhang 3 aufgeführt.

Der Kaltluftabfluss ist schon zu Beginn der Nacht deutlich ausgeprägt. Während der ersten 20 Minuten strömt die Kaltluft zunächst von den Seitenhängen des Elztals in Richtung Talboden. Bereits nach 30 Minuten etabliert sich eine talabwärts in Richtung Elzach gerichtete Kaltluftströmung, die der Nacht weitgehend erhalten bleibt (siehe Abbildung 8-3 für die erste Stunde der Nacht). Im weiteren Verlauf der Nacht schwächt sich die Strömung mit dem Ansteigen der Kaltfluthöhe im Tal zunehmend ab.

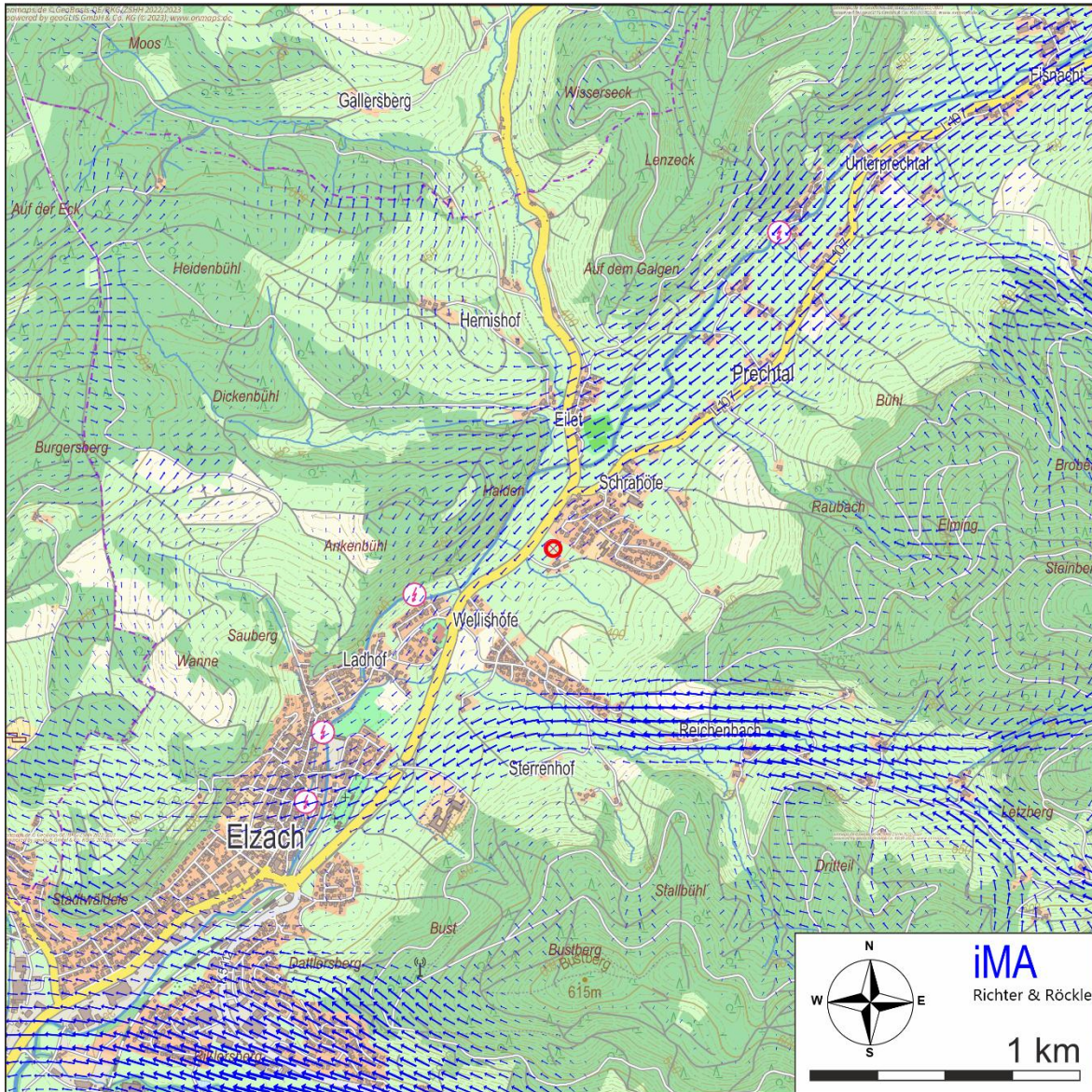


Abbildung 8-3: Simulationsergebnisse mit dem Kaltluftabflussmodell GAK, eine Stunde nach Einsetzen der Kaltluftabflüsse.  
Roter Kreis: Standort des Heizwerks. (Kartengrundlage: onmaps.de (c) GeoBasis-DE/BKG 2023)

Aufgrund der Fließrichtung von Nord-Nordost in Richtung Süd-Südwest ist die nordöstlich benachbarte Wohnbebauung nicht von Kaltluftabflüssen betroffen. Der landwirtschaftliche Hof in Hanglage südwestlich ist ebenfalls nicht betroffen.

Der Vergleich mit der Windrichtungsverteilung in Abbildung 8-1 zeigt eine höhere Häufigkeit von Schwachwindlagen aus Südwest, so dass unter Verwendung dieser Windrichtungsverteilung die Immissionen im Wohngebiet nordöstlich konservativ abgeschätzt werden.



## 9 Immissionen

### 9.1 Ausbreitungsrechnungen

Die von der geplanten Anlage verursachten Immissionen werden mit Hilfe von Ausbreitungsrechnungen ermittelt. Detaillierte Angaben zum Ausbreitungsmodell und zur Durchführung der Ausbreitungsrechnung können Anhang 2 entnommen werden.

Eingangsdaten für das Ausbreitungsmodell sind:

- Die von den Quellen ausgehenden Emissionen (vgl. Kapitel 4)
- Die Schornsteinhöhe (siehe Kapitel 5)
- Die meteorologischen Eingangsdaten (vgl. Kapitel 8)
- Der Geländeeinfluss (vgl. Anhang 2, Kapitel A2.5)
- Die Lage der Gebäude und die Gebäudehöhen (vgl. Anhang 2, Kapitel A2.6).
- Die Lage der Emissionsquelle (vgl. Anhang 2, Kapitel A2.7)

### 9.2 Ergebnis der Ausbreitungsrechnungen

Die Schadstoffimmissionen werden am Ort des maximalen Immissionsbeitrags betrachtet. Dieser liegt im nordöstlich benachbarten Wohngebiet im Bereich des Wohnhauses Wiesenweg 2a.

Abbildung 9-1 zeigt beispielhaft die flächenhafte Verteilung der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen. Die Staubimmissionen (Partikel PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) verhalten sich analog.

Die maximalen Schadstoffkonzentrationen sind in Tabelle 9-1 aufgeführt.

*Tabelle 9-1: Immissionsbeitrag der geplanten Nahwärmeversorgungsanlage (Jahresmittelwerte in µg/m<sup>3</sup>). Es werden die absoluten Maxima ausgewiesen. (Überschreitungen der Irrelevanzschwelle sind gelb unterlegt)*

Stoff	Immissionsbeitrag (µg/m <sup>3</sup> )	Irrelevanz (µg/m <sup>3</sup> )	Grenzwert (µg/m <sup>3</sup> )
NO <sub>2</sub>	0,20	1,2	40
PM <sub>10</sub>	0,18	1,2	40
PM <sub>2,5</sub>	0,06	0,75	25

Die Immissionen unterschreiten die Irrelevanzschwelle nach Nr. 4.2.2 der TA Luft (2021) , so dass nach Nr. 4.1 Buchstabe c) der TA Luft (2021) davon ausgegangen werden kann, dass schädliche Umwelteinwirkungen durch die Anlage nicht hervorgerufen werden. Die Ermittlung der Vorbelastung und Gesamtbelastung kann somit entfallen.

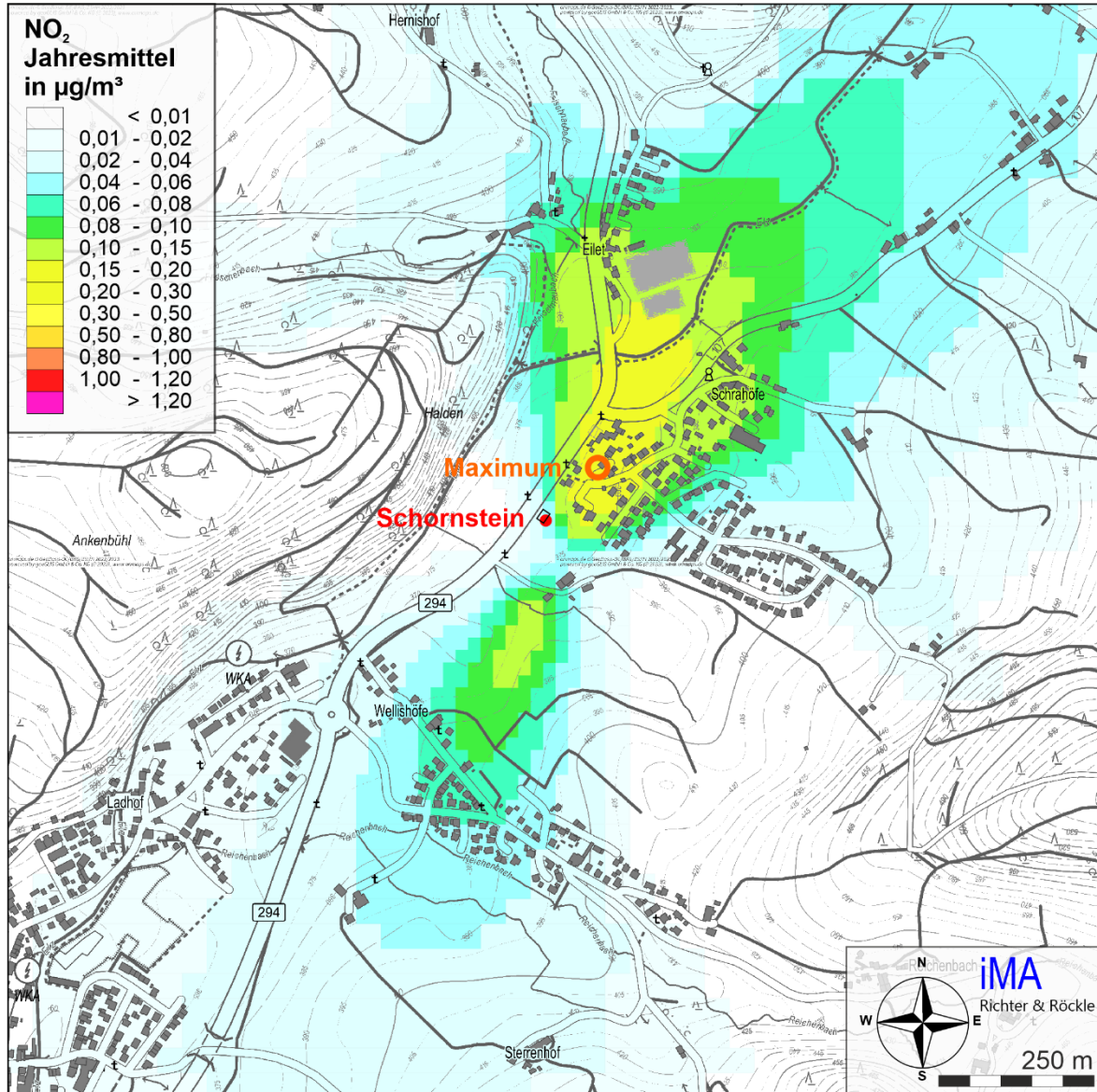


Abbildung 9-1: Immissionsbeitrag der geplanten Nahwärmeversorgungsanlage: Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in µg/m<sup>3</sup>. Der orangefarbige Punkt kennzeichnet das maximal beaufschlagte Wohnhaus. Die Lage des Schornsteins ist rot markiert. Grenzwert nach TA Luft: 40 µg/m<sup>3</sup>. Irrelevanzschwelle: 1,2 µg/m<sup>3</sup>.



## 10 Zusammenfassung und Empfehlungen

Die Nahwärmegenossenschaft Prechtal eG plant die Errichtung einer Heizzentrale in Elzach-Prechtal. In der Anlage soll ein hackschnitzelbefeuerter Kessel mit einer Feuerungs-wärmeleistung von 900 kW betrieben werden.

Im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens wurde die Schornsteinhöhe zur Ableitung der Abgase zu ermitteln. Da die Anlage in der Nähe von Wohn- und Büronutzungen betrieben werden soll, werden auch die zu erwartenden Emissionen und Immissionen ermittelt.

Zur Ableitung der Abgase des hackschnitzelbefeuereten Kessels empfehlen wir eine Schornsteinhöhe von

### 20 m über Grund

zu realisieren. Das Bezugsniveau ist die Erdgleiche am Schornstein.

Für den Heizöl-EL-befeuereten Reservekessel ist eine Schornsteinhöhe von 14 m über Grund aus gutachterlicher Sicht ausreichend.

Die Ausbreitungsrechnungen zeigen, dass die Stickoxid- und Staubimmissionen die Irrelevanzschwelle an den umgebenden Wohnhäusern einhalten. Somit gehen von der geplanten Anlage keine Gesundheitsgefahren aus. Um etwaige Geruchsemissionen zu minimieren, empfehlen wir folgende Maßnahmen zu beachten:

- Die Zuluft für die Feuerungsanlage sollte aus dem Vorratslager für Hackschnitzella-ger nachgeführt werden.
- Es sollte für eine gleichmäßige Brennstoffqualität gesorgt werden.
- Es sollten möglichst trockene Hackschnitzel (Feuchte < 35 %) ohne Schmutzanhaf-tungen eingesetzt werden.
- An- und Abfahrvorgänge sollten minimiert werden.

Für den Inhalt



Dr. Frank J. Braun  
Diplom-Meteorologe  
Projektleiter, Stellvertretender fachlich  
Verantwortlicher für Ausbreitungsrechnungen



Claus-Jürgen Richter  
Diplom-Meteorologe  
Geschäftsführer

*Dieser Bericht wurde nach den Anforderungen unseres Qualitätsmanagementsystems nach DIN 17025 erstellt. Der Bericht oder Teile daraus dürfen nur für das vorliegende Projekt vervielfältigt oder weitergegeben werden.*

## Literatur

- 1. BImSchV (2020):** Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen vom 26. Januar 2010 (BGBl. I S. 38), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. Oktober 2021 (BGBl. I S. 4676) geändert worden ist.
- 44. BImSchV (2021):** Verordnung über mittelgroße Feuerungs- Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen vom 13. Juni 2019 (BGBl. I S. 804), die durch Artikel 3 Absatz 1 der Verordnung vom 6. Juli 2021 (BGBl. I S. 2514) geändert worden ist.
- Janicke, U. & L. Janicke (2021):** AUSTAL – Programmbeschreibung zu Version 3.1. Stand 2021-08-09. Ingenieurbüro Janicke (Umweltbundesamt, Dessau).
- Röckle, R., H.-C. Höfl & C.-J. Richter (2012):** Ausbreitung von Gerüchen in Kaltluftabflüssen. Immissionsschutz (2)2012.
- TA Luft (2021):** Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021.
- VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017):** Umweltmeteorologie - Ableitung für Abgase - Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen. VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4:2017-07.
- WinSTACC (2022):** PC-Programm für Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 „Ableitbedingungen für Abgase - Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen“.

## Anhang 1: Ermittlung der Volumenströme

Nachfolgend wird die Volumenstromberechnung dargestellt.

Tabelle A1-1: Ermittlung der Volumenströme

Anlage	Einheit	Kessel
Feuerungswärmeleistung	MW	0,9
Brennstoff		Hackschnitzel
Brennstofffeuchte	%	40
Heizwert Hu	kWh/kg	2,85
Brennstoffdurchsatz	kg/h	316
O <sub>2</sub> -Gehalt im Abgas beim Betrieb	%	7,5
Spez. Abgasvolumenstrom (tr.) i. N.	m <sup>3</sup> /kg	4,3
Verbrennungswasser	m <sup>3</sup> /kg	1,3
trockener Abgasvolumenstrom i. N. beim Betriebs- O <sub>2</sub> -Gehalt	m <sup>3</sup> /h	1.360
feuchter Abgasvolumenstrom i. N. beim Betriebs- O <sub>2</sub> -Gehalt	m <sup>3</sup> /h	1.760
Bezugs-O <sub>2</sub> -Gehalt	%	13
trockener Abgasvolumenstrom i. N. beim Bezugs-O <sub>2</sub> -Gehalt	m <sup>3</sup> /h	2.300
feuchter Abgasvolumenstrom i. N. beim Bezugs-O <sub>2</sub> -Gehalt	m <sup>3</sup> /h	2.770

## Anhang 2: Ausbreitungsrechnungen

### A2.1 Allgemeines

Die von der geplanten Anlage verursachten Immissionen werden mit Hilfe von Ausbreitungsrechnungen ermittelt. Als Erkenntnisquelle wird die VDI-Richtlinie 3783 Blatt 13 zur „Qualitätssicherung in der Immissionsprognose“ berücksichtigt. Eingangsdaten für das Ausbreitungsmodell sind:

- Die von der Anlage ausgehenden Emissionen (vgl. Kapitel 4)
- Die Höhe des Schornsteins (vgl. Kapitel 5)
- Die meteorologischen Randbedingungen in Form einer Ausbreitungsklassen-Zeitreihe (vgl. Kapitel 8)
- Der Geländeeinfluss (vgl. Abschnitt A2.5)
- Die Lage der Gebäude und die Gebäudehöhen (vgl. Abschnitt A2.6).
- Die Lage der Quellen und die Quellhöhen (vgl. Abschnitt A2.7)
- Die Abgasfahnenüberhöhung (vgl. Abschnitt A2.9)

Die Emissionen werden für die Ausbreitungsrechnung in Form einer Zeitreihe entsprechend Abschnitt 4.1.4 freigesetzt.

Zur Ermittlung der Staubimmissionen sind gemäß Nummer 4 des Anhangs 2 der TA Luft (2021) die trockene Deposition und die Sedimentation zu berücksichtigen. Die Berechnung ist für die in Tabelle 14 des Anhangs 2 der TA Luft angegebenen Größenklassen der Korngrößenverteilung der Stäube durchzuführen, wobei jeweils die angegebenen Werte von Depositionsgeschwindigkeit und Sedimentationsgeschwindigkeit, zu verwenden sind. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle A4-1 zusammengefasst.

Tabelle A4-1: Korngrößenabhängige Depositions- und Sedimentationsgeschwindigkeit

	< 2,5 µm	2,5 bis 10 µm	> 10 µm
Staub-Klasse nach Anhang 2 der TA Luft	pm-1	pm-2	pm-u
Depositionsgeschwindigkeit in m/s	0,001	0,01	0,07
Sedimentationsgeschwindigkeit in m/s	0	0	0,06

Auf die Berechnung der nassen Deposition wird konservativ verzichtet. Dadurch werden höhere Beiträge der Schadstoffkonzentrationen berechnet.

Zur Berechnung des Staubbiederschlags werden die für jede Korngrößenklasse berechneten Depositionen addiert. Die PM<sub>10</sub>-Konzentration wird durch Summierung der Konzentrationen der Korngrößenklassen pm-1 und pm-2 ermittelt.

Bei der Ausbreitungsrechnung für Stickoxide wird ebenfalls nur die trockene Deposition berücksichtigt. Die Werte der Depositionsgeschwindigkeit sind in Tabelle A4-1 zusammengefasst.

Tabelle A4-2: Depositionsgeschwindigkeit

	NO	NO <sub>2</sub>
Depositionsgeschwindigkeit in m/s	0,0005	0,003

## A2.2 Verwendetes Ausbreitungsmodell

Die Ausbreitungsrechnungen werden mit dem Ausbreitungsmodell „AUSTAL“ (Janicke & Janicke (2021)), Version 3.1.2-WI-x vom 09.08.2021, durchgeführt. Dieses Modell entspricht den Anforderungen des Anhangs 2 der TA Luft (2021).

Das Ausbreitungsmodell wird mit der Qualitätsstufe +1 betrieben.

## A2.3 Rechengebiet

Die Ausbreitungsrechnung wird für ein Rechengebiet von etwa 2 km x 2 km durchgeführt.

Um die statistische Unsicherheit des Berechnungsverfahrens in größerer Entfernung zur Quelle zu reduzieren, wird das so genannte Nesting-Verfahren angewendet. Dazu wird das Rechengebiet in mehrere ineinander verschachtelte Rechengebiete aufgeteilt.

Die Dimensionierung der Rechengitter ist in Tabelle A2-3 dargestellt.

Tabelle A2-3: Dimensionierung der Modellgitter.

Gitter	Maschenweite	Gebietsgröße	Gitterpunkte
1	20 m	880 m x 880 m	44 x 44
2	40 m	1760 m x 1760 m	44 x 44
3	80 m	2240 m x 2240 m	28 x 28

## A2.4 Rauigkeitslänge

Als Maß für den Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit auf das bodennahe Windprofil wird die Rauigkeitslänge  $z_0$  verwendet. Es handelt sich um eine Größe, die im Wesentlichen durch die Landnutzung bestimmt wird. Im Rahmen der Ausbreitungsrechnung nach TA Luft ist die Rauigkeitslänge entsprechend Anhang 2, Tabelle 15 der TA Luft aus Landnutzungs-klassen des Landbedeckungsmodells Deutschland (LBM-DE) des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie zu bestimmen.

Im vorliegenden Fall wird sie mit im Mittel mit  $z_0 = 0,5$  m bestimmt. Dabei ist die Bebauung auf dem Betriebsgelände und in der unmittelbaren Nachbarschaft nicht vollständig berücksichtigt. Zur Berücksichtigung der geplanten Bebauung wird die Rauigkeitslänge auf  $z_0 = 1,0$  m angehoben. Eine Vergleichsrechnung mit einer Rauigkeit von  $z_0 = 0,5$  m zeigt, dass damit geringere Immissionsbeiträge berechnet werden, so dass diese Vorgehensweise konservativ ist.

### **A2.5 Berücksichtigung von Geländeunebenheiten**

Nach Nr. 12, Anhang 2 der TA Luft (2021) sollen in der Ausbreitungsrechnung die Geländestrukturen berücksichtigt werden, falls innerhalb des Rechengebietes Höhendifferenzen zum Emissionsort von mehr als dem 0,7-fachen der Schornsteinbauhöhe (hier: Quellhöhe) und Steigungen von mehr als 1:20 auftreten. Im vorliegenden Fall trifft dies zu, Geländeunebenheiten wurden bei der Berechnung berücksichtigt.

### **A2.6 Berücksichtigung von Gebäuden**

Abhängig von der Anströmrichtung können sich an den Gebäuden Wirbel mit abwärts gerichteten Komponenten, Kanalisierungen, Düseneffekten und anderen strömungsdynamischen Effekten ergeben. Die Ausbreitung der Schadstoffe und Gerüche kann somit wesentlich von den umgebenden Gebäuden beeinflusst werden.

Entsprechend Anhang 2, Nr. 11 TA Luft müssen Gebäude explizit berücksichtigt werden, wenn sich diese in einer Entfernung von weniger als dem 6-fachen der Quellhöhe befinden und die Schornsteinbauhöhe weniger als das 1,7-fache der Gebäudehöhen aufweist. Dieses Kriterium trifft im vorliegenden Fall auf keine der umliegenden Gebäude zu, so dass Gebäudeeffekte nicht explizit zu berücksichtigen sind und eine Berücksichtigung über die sachgerechte Wahl der Rauigkeitslänge erfolgen kann (siehe Kapitel A2.4).

### **A2.7 Quellen**

Der Schornstein wird als eine Punktquelle digitalisiert. Die Lage des Schornsteins kann Abbildung 2-2 auf Seite 6 entnommen werden.

Die Quellkoordinaten sind in Tabelle A4-4 zusammengefasst.



Tabelle A4-4: Quelldimensionen, relativ zum Koordinatenursprung bei Ostwert 431968 und Nordwert 5337045 (UTM-32)

Quelle	Ursprung [m]		Höhe Unterkante [m]	Ausdehnung [m]			Drehwinkel [°]
	x-Wert	y-Wert		horizontal		vertikal	
				a	b	c	
<b>Schornstein:</b>							
Schornstein	0	0	20	0	0	0	0

### A2.8 Statistische Unsicherheit des Ausbreitungsmodells

Die statistische Streuung der Berechnungsergebnisse hält an den Beurteilungspunkten die in Nr. 10, Anhang 2 TA Luft (2021) definierte Bedingung von höchstens 3 von Hundert des Jahresimmissionswerts ein.

Die statistische Unsicherheit kann der Protokolldatei 'austal.log' in Anhang 3 entnommen werden.

### A2.9 Abgasfahnenüberhöhung

Eine Abgasfahnenüberhöhung kann berücksichtigt werden, wenn ein ungestörter Abtransport in der freien Luftströmung gewährleistet ist. Dies ist gemäß VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017) der Fall, wenn:

- die Quellhöhe mindestens 10 m über der Flur beträgt  
und
- die Mündung außerhalb der Rezirkulationszone von Strömungshindernissen (Gebäude, Vegetation, usw.) liegt

Die angesetzten Parameter sind Kapitel 4.1.5 zu entnehmen.

## Anhang 3: Protokolldateien

### Protokolldatei des Programms WinStacc:

```

***** WinSTACC - Lohmeyer GmbH *****
***** Programmibliothek VDI 3781 Blatt 4 - Ableitbedingungen für Abgase *****
  Programmversion           = 1.0.7.8
  dll-Version               = 1.0.4.8

[Start]
  Datum Rechnung           = 16.05.2023 19:10
  Steuerdatei              = C:\LOHMEYERWinSTACC\VDI_Input.ini
  Längenangaben           = Meter
  Winkelangaben           = Grad
  Leistungsangaben        = Kilowatt

[EmittierendeAnlage]
  Anlagentyp               = Feuerungsanlage
  Brennstoff                = fest
  Nennwärmeleistung_Q_N    = 800
  Feuerungswärmeleistung_Q_F = 900
H_Ü aus Tabelle 1 Abschnitt 5.2 (Feuerungsanlage)
  H_Ü                       = 1

[Einzelgebäude]
  Länge_l                  = 13.2
  Breite_b                 = 17.8
  Traufhöhe_H_Traufe       = 8.5
  Firsthöhe_H_First        = 11
  Dachform                  = Pultdach
  Dachhöhe_H_Dach          = 2.5
  BreiteGiebelseite_b      = 17.8
  HorizontalerAbstandMündungFirst_a = 12.3
Berechnung von H_A1...
  Glg. 12
  c                         = -2
  Glg. 9
  H_1                       = 3.7
  Glg. 10
  H_2                       = 3.2
  Glg. 3
  H_S1                      = 3.2
  Glg. 4
  H_A1                      = 4.2
Berechnung von H_E1...
  Q_F < 1 MW
  H_E1                      = 0

[Ergebnis]
  Berechnung der Mündungshöhe H_A für den ungestörten Abtransport der Abgase...
  H_A                       = 4.2
  Berechnung der Mündungshöhe H_E für die ausreichende Verdünnung der Abgase...
  H_E                       = 0

  H_M - Mündungshöhe über First = 4.2
  H_M - Mündungshöhe über Dach = 6
  ----- Mündungshöhe über Grund = 15.2
*****

```

**Protokolldatei des Ausbreitungsmodells (Datei 'austal.log'):**

2023-05-26 10:14:09 -----  
TalServer:.

Ausbreitungsmodell AUSTAL, Version 3.1.2-WI-x  
Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2021  
Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2021

Arbeitsverzeichnis: ./.

Erstellungsdatum des Programms: 2021-08-09 08:20:41  
Das Programm läuft auf dem Rechner "FRANKFURT".

```
===== Beginn der Eingabe =====
> ti      "Prechtal"
> gh      ".../DHM/Prechtal.DHM"
> az      ".../4-Meteorologie/E3432000-N5338500_Prechtal_SynRep.akt"
> xa      -17      'Lage des Anemometers
> ya      -240
> qs      1          'Qualitätsstufe
> qb      0
> os      NESTING+SCINOTAT
> z0      1
> ux      431968
> uy      5337045
> xq      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
> yq      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
> aq      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
> bq      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
> hq      20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0
20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0
20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0
20.0
> cq      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
> wq      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
> odor ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?
```

```

> no      ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?
          ?  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
          0  0
> no2    ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?
          ?  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
          0  0
> pm-1   ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?
          ?  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
          0  0
> pm-2   ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?
          ?  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
          0  0
> pm25-1 ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?  ?
          ?  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
          0  0  0
> dq     0.600 0.600 0.600 0.600 0.600 0.600 0.600 0.600 0.600 0.600 0.600
          0.600 0.600 0.600 0.600 0.600 0.600 0.600 0.600 0.600 0.600
          0.600 0.600
> vq     3.311 3.107 2.800 2.260 1.366 0.965 0.886 0.871 1.196 1.542 2.422
          3.275 3.311 3.107 2.800 2.260 1.366 0.965 0.886 0.871 1.196 1.542
          2.422 3.275
> tq     120.0 120.0 120.0 120.0 120.0 120.0 120.0 120.0 120.0 120.0 120.0
          120.0 120.0 120.0 120.0 120.0 120.0 120.0 120.0 120.0 120.0
          120.0 120.0
> zq     0.150 0.150 0.150 0.150 0.150 0.150 0.150 0.150 0.150 0.150 0.150
          0.150 0.150 0.150 0.150 0.150 0.150 0.150 0.150 0.150 0.150
          0.150 0.150
> xp     31      7      19     33
> yp     64     88     105    125
> hp     1.5     1.5     1.5     1.5
===== Ende der Eingabe =====

```

Festlegung des Rechennetzes:

```

dd      20      40      80
x0     -440    -880   -1120
nx       44      44      28
y0     -440    -880   -1120
ny       44      44      28
nz       19      19      19
-----

```

Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 1 ist 0.54 (0.53).  
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 2 ist 0.52 (0.48).  
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 3 ist 0.48 (0.40).  
Existierende Geländedateien zg0\*.dmna werden verwendet.  
Die Zeitreihen-Datei "../zeitreihe.dmna" wird verwendet.  
Es wird die Anemometerhöhe ha=21.6 m verwendet.  
Die Angabe "az ../../../../4-Meteorologie/E3432000-N5338500\_Prechtal\_SynRep.akt" wird ignoriert.

```

Prüfsumme AUSTAL  5a45c4ae
Prüfsumme TALDIA  abbd92e1
Prüfsumme SETTINGS d0929e1c
Prüfsumme SERIES  813b8d6f

```

=====

TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "no2"

TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 0)  
TMT: Datei "../no2-j00z01" geschrieben.  
TMT: Datei "../no2-j00s01" geschrieben.  
TMT: Datei "../no2-depz01" geschrieben.  
TMT: Datei "../no2-deps01" geschrieben.  
TMT: Datei "../no2-j00z02" geschrieben.  
TMT: Datei "../no2-j00s02" geschrieben.  
TMT: Datei "../no2-depz02" geschrieben.  
TMT: Datei "../no2-deps02" geschrieben.  
TMT: Datei "../no2-j00z03" geschrieben.  
TMT: Datei "../no2-j00s03" geschrieben.  
TMT: Datei "../no2-depz03" geschrieben.  
TMT: Datei "../no2-deps03" geschrieben.  
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "no"  
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 0)  
TMT: Datei "../no-depz01" geschrieben.  
TMT: Datei "../no-deps01" geschrieben.  
TMT: Datei "../no-depz02" geschrieben.  
TMT: Datei "../no-deps02" geschrieben.  
TMT: Datei "../no-depz03" geschrieben.  
TMT: Datei "../no-deps03" geschrieben.  
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "pm"  
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 0)  
TMT: Datei "../pm-j00z01" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-j00s01" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t35z01" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t35s01" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t35i01" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t00z01" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t00s01" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t00i01" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-depz01" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-deps01" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-j00z02" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-j00s02" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t35z02" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t35s02" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t35i02" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t00z02" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t00s02" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t00i02" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-depz02" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-deps02" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-j00z03" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-j00s03" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t35z03" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t35s03" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t35i03" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t00z03" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t00s03" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-t00i03" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-depz03" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm-deps03" geschrieben.  
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "pm25"  
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 0)  
TMT: Datei "../pm25-j00z01" geschrieben.  
TMT: Datei "../pm25-j00s01" geschrieben.

```
TMT: Datei "../pm25-j00z02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm25-j00s02" geschrieben.
TMT: Datei "../pm25-j00z03" geschrieben.
TMT: Datei "../pm25-j00s03" geschrieben.
TMT: Auswertung der Ausbreitungsrechnung für "odor"
TMT: 365 Mittel (davon ungültig: 0)
TMT: Datei "../odor-j00z01" geschrieben.
TMT: Datei "../odor-j00s01" geschrieben.
TMT: Datei "../odor-j00z02" geschrieben.
TMT: Datei "../odor-j00s02" geschrieben.
TMT: Datei "../odor-j00z03" geschrieben.
TMT: Datei "../odor-j00s03" geschrieben.
TMT: Dateien erstellt von AUSTAL_3.1.2-WI-x.
TQL: Berechnung von Kurzzeit-Mittelwerten für "no2"
TQL: Datei "../no2-s18z01" geschrieben.
TQL: Datei "../no2-s18s01" geschrieben.
TQL: Datei "../no2-s00z01" geschrieben.
TQL: Datei "../no2-s00s01" geschrieben.
TQL: Datei "../no2-s18z02" geschrieben.
TQL: Datei "../no2-s18s02" geschrieben.
TQL: Datei "../no2-s00z02" geschrieben.
TQL: Datei "../no2-s00s02" geschrieben.
TQL: Datei "../no2-s18z03" geschrieben.
TQL: Datei "../no2-s18s03" geschrieben.
TQL: Datei "../no2-s00z03" geschrieben.
TQL: Datei "../no2-s00s03" geschrieben.
TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "no2"
TMO: Datei "../no2-zbpz" geschrieben.
TMO: Datei "../no2-zbps" geschrieben.
TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "pm"
TMO: Datei "../pm-zbpz" geschrieben.
TMO: Datei "../pm-zbps" geschrieben.
TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "pm25"
TMO: Datei "../pm25-zbpz" geschrieben.
TMO: Datei "../pm25-zbps" geschrieben.
TMO: Zeitreihe an den Monitor-Punkten für "odor"
TMO: Datei "../odor-zbpz" geschrieben.
TMO: Datei "../odor-zbps" geschrieben.
```

Auswertung der Ergebnisse:

=====

DEP: Jahresmittel der Deposition  
 J00: Jahresmittel der Konzentration/Geruchsstundenhäufigkeit  
 Tnn: Höchstes Tagesmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen  
 Snn: Höchstes Stundenmittel der Konzentration mit nn Überschreitungen

Maximalwerte, Deposition

=====

```
NO2      DEP : 1.929e-01 kg/(ha*a) (+/- 0.3%) bei x= 70 m, y= 110 m (1: 26, 28)
NO       DEP : 1.512e-01 kg/(ha*a) (+/- 0.3%) bei x= 70 m, y= 110 m (1: 26, 28)
PM       DEP : 1.109e-04 g/(m²*d) (+/- 0.3%) bei x= 70 m, y= 110 m (1: 26, 28)
```

=====

Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m

=====



NO2 J00 : 2.042e-01 µg/m³ (+/- 0.3%) bei x= 70 m, y= 130 m (1: 26, 29)  
 NO2 S18 : 1.669e+00 µg/m³ (+/- 6.9%) bei x= -70 m, y= -170 m (1: 19, 14)  
 NO2 S00 : 3.054e+00 µg/m³ (+/- 9.0%) bei x= -740 m, y= -60 m (2: 4, 21)  
 PM J00 : 1.846e-01 µg/m³ (+/- 0.3%) bei x= 70 m, y= 110 m (1: 26, 28)  
 PM T35 : 5.480e-01 µg/m³ (+/- 2.9%) bei x= 70 m, y= 130 m (1: 26, 29)  
 PM T00 : 1.123e+00 µg/m³ (+/- 2.4%) bei x= -50 m, y= -110 m (1: 20, 17)  
 PM25 J00 : 5.991e-02 µg/m³ (+/- 0.3%) bei x= 70 m, y= 110 m (1: 26, 28)

Maximalwert der Geruchsstundenhäufigkeit bei z=1.5 m

ODOR J00 : 3.288e+00 % (+/- 0.0 ) bei x= 100 m, y= 180 m (2: 25, 27)

Auswertung für die Beurteilungspunkte: Zusatzbelastung

PUNKT		01		02		03		04		
xp		31		7		19		33		
yp		64		88		105		125		
hp		1.5		1.5		1.5		1.5		
NO2	DEP	1.392e-01	0.4%	1.009e-01	0.5%	1.023e-01	0.5%	1.399e-01	0.4%	kg/(ha*a)
NO2	J00	1.493e-01	0.3%	1.074e-01	0.4%	1.088e-01	0.4%	1.497e-01	0.3%	µg/m³
NO2	S18	1.018e+00	10.1%	8.922e-01	10.8%	9.455e-01	5.1%	1.158e+00	7.1%	µg/m³
NO2	S00	1.252e+00	9.2%	1.514e+00	19.0%	1.333e+00	12.6%	1.495e+00	7.8%	µg/m³
NO	DEP	1.126e-01	0.4%	7.979e-02	0.4%	8.001e-02	0.4%	1.093e-01	0.4%	kg/(ha*a)
PM	DEP	8.379e-05	0.4%	5.869e-05	0.4%	5.816e-05	0.4%	7.881e-05	0.4%	g/(m²*d)
PM	J00	1.410e-01	0.3%	9.825e-02	0.3%	9.756e-02	0.3%	1.336e-01	0.3%	µg/m³
PM	T35	4.272e-01	3.2%	2.864e-01	3.2%	2.834e-01	3.6%	4.012e-01	3.2%	µg/m³
PM	T00	7.355e-01	2.5%	5.365e-01	3.0%	5.327e-01	3.1%	6.411e-01	3.3%	µg/m³
PM25	J00	4.527e-02	0.3%	3.184e-02	0.3%	3.188e-02	0.3%	4.387e-02	0.3%	µg/m³
ODOR	J00	2.751e+00	0.0	2.420e+00	0.0	2.397e+00	0.0	2.751e+00	0.0	%

2023-05-26 13:59:59 AUSTAL beendet.

### Protokolldatei des Windfeldmodells (Datei 'taldia.log'):

```

2023-05-26 10:14:09 -----
TwnServer:./.
TwnServer:-B~/lib
TwnServer:-w30000

2023-05-26 10:14:09 TALdia 3.1.2-WI-x: Berechnung von Windfeldbibliotheken.
Erstellungsdatum des Programms: 2021-08-09 08:20:50
Das Programm läuft auf dem Rechner "FRANKFURT".
===== Beginn der Eingabe =====
> ti      "Prechtal"
> gh      ".././DHM/Prechtal.DHM"
> az      ".././././4-Meteorologie/E3432000-N5338500_Prechtal_SynRep.akt"
> xa      -17      'Lage des Anemometers
> ya      -240
> qs      1          'Qualitätsstufe
> qb      0
> os      NESTING+SCINOTAT
> z0      1
> ux      431968
> uy      5337045
> xq      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
> yq      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
> aq      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
> bq      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
> hq      20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0
20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0
20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0     20.0
20.0
> cq      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
> wq      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0      0.0
0.0
> odor   ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?
> no     ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
?      0      0      0      0      0      0      0      0      0
0      0

```

```

> no2  ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
        ?      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0
        0      0
> pm-1 ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
        ?      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0
        0      0
> pm-2 ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
        ?      0      0      0      0      0      0      0      0      0      0
        0      0
> pm25-1  ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?      ?
        ?      ?      0      0      0      0      0      0      0      0      0
        0      0
> dq    0.600  0.600  0.600  0.600  0.600  0.600  0.600  0.600  0.600  0.600  0.600
        0.600  0.600  0.600  0.600  0.600  0.600  0.600  0.600  0.600  0.600  0.600
        0.600  0.600
> vq    3.311  3.107  2.800  2.260  1.366  0.965  0.886  0.871  1.196  1.542  2.422
        3.275  3.311  3.107  2.800  2.260  1.366  0.965  0.886  0.871  1.196  1.542
        2.422  3.275
> tq    120.0  120.0  120.0  120.0  120.0  120.0  120.0  120.0  120.0  120.0  120.0
        120.0  120.0  120.0  120.0  120.0  120.0  120.0  120.0  120.0  120.0
        120.0  120.0
> zq    0.150  0.150  0.150  0.150  0.150  0.150  0.150  0.150  0.150  0.150  0.150
        0.150  0.150  0.150  0.150  0.150  0.150  0.150  0.150  0.150  0.150
        0.150  0.150
> xp    31      7      19      33
> yp    64      88      105     125
> hp    1.5     1.5     1.5     1.5

```

===== Ende der Eingabe =====

Festlegung des Rechnernetzes:

```

dd    20     40     80
x0   -440   -880  -1120
nx    44     44     28
y0   -440   -880  -1120
ny    44     44     28
nz    19     19     19

```

-----

Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 1 ist 0.54 (0.53).

Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 2 ist 0.52 (0.48).

Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 3 ist 0.48 (0.40).

Existierende Geländedateien zg0\*.dmna werden verwendet.

Die Zeitreihen-Datei "../zeitreihe.dmna" wird verwendet.

Es wird die Anemometerhöhe ha=21.6 m verwendet.

Die Angabe "az ../../4-Meteorologie/E3432000-N5338500\_Prechtal\_SynRep.akt" wird igno-  
riert.

Prüfsumme AUSTAL 5a45c4ae

Prüfsumme TALDIA abbd92e1

Prüfsumme SETTINGS d0929e1c

Prüfsumme SERIES 813b8d6f

2023-05-26 10:14:10 Restdivergenz = 0.005 (1018 11)

2023-05-26 10:14:12 Restdivergenz = 0.003 (1018 21)

2023-05-26 10:14:14 Restdivergenz = 0.008 (1018 31)

2023-05-26 10:14:15 Restdivergenz = 0.005 (1027 11)

2023-05-26 10:14:17 Restdivergenz = 0.016 (1027 21)

2023-05-26 10:14:19 Restdivergenz = 0.026 (1027 31)

2023-05-26 10:14:20 Restdivergenz = 0.005 (2018 11)

2023-05-26 10:14:22 Restdivergenz = 0.003 (2018 21)  
2023-05-26 10:14:24 Restdivergenz = 0.007 (2018 31)  
2023-05-26 10:14:24 Restdivergenz = 0.005 (2027 11)  
2023-05-26 10:14:26 Restdivergenz = 0.013 (2027 21)  
2023-05-26 10:14:28 Restdivergenz = 0.021 (2027 31)  
2023-05-26 10:14:29 Restdivergenz = 0.003 (3018 11)  
2023-05-26 10:14:31 Restdivergenz = 0.002 (3018 21)  
2023-05-26 10:14:33 Restdivergenz = 0.005 (3018 31)  
2023-05-26 10:14:33 Restdivergenz = 0.003 (3027 11)  
2023-05-26 10:14:35 Restdivergenz = 0.008 (3027 21)  
2023-05-26 10:14:37 Restdivergenz = 0.015 (3027 31)  
2023-05-26 10:14:38 Restdivergenz = 0.003 (4018 11)  
2023-05-26 10:14:40 Restdivergenz = 0.002 (4018 21)  
2023-05-26 10:14:42 Restdivergenz = 0.004 (4018 31)  
2023-05-26 10:14:42 Restdivergenz = 0.003 (4027 11)  
2023-05-26 10:14:44 Restdivergenz = 0.006 (4027 21)  
2023-05-26 10:14:46 Restdivergenz = 0.011 (4027 31)  
2023-05-26 10:14:47 Restdivergenz = 0.006 (5018 11)  
2023-05-26 10:14:48 Restdivergenz = 0.003 (5018 21)  
2023-05-26 10:14:50 Restdivergenz = 0.004 (5018 31)  
2023-05-26 10:14:51 Restdivergenz = 0.006 (5027 11)  
2023-05-26 10:14:53 Restdivergenz = 0.006 (5027 21)  
2023-05-26 10:14:55 Restdivergenz = 0.011 (5027 31)  
2023-05-26 10:14:55 Restdivergenz = 0.007 (6018 11)  
2023-05-26 10:14:57 Restdivergenz = 0.003 (6018 21)  
2023-05-26 10:14:59 Restdivergenz = 0.004 (6018 31)  
2023-05-26 10:14:59 Restdivergenz = 0.007 (6027 11)  
2023-05-26 10:15:01 Restdivergenz = 0.006 (6027 21)  
2023-05-26 10:15:03 Restdivergenz = 0.010 (6027 31)  
Eine Windfelddbibliothek für 12 Situationen wurde erstellt.  
Der maximale Divergenzfehler ist 0.026 (1027).  
2023-05-26 10:15:03 TALdia ohne Fehler beendet.

**Protokolldatei des Programm GAK:**GAK-Baden-Württemberg V3.95 01.06.2023 11:58  
-----

Projekt: Prechtal  
Betrachtete Quelle 1 Quellbezeichnung: Kamin  
Punktquelle  
Lage UTM32: Ostwert 431968 Nordwert 5337045  
Höhe der Quelle über Grund: 20.0 m

Untersuchungsgebiet  
Linke untere Ecke: 427949. 5333024.  
Rechte obere Ecke: 435975. 5341050.

Ergebnis:  
----------  
Kaltluftsituation ist bei Immissionsprognosen zu berücksichtigen.  
-----

Details:

1. Termin (0:10):

Quelle: Wind aus OSO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 1.2 m/s; Kaltlufthöhe 19 m  
Umgebung: h=18.1 m; v=1.0 m/s - Mäßige Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H<50 m, v<1 m/s)  
## Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

2. Termin (0:20):

Quelle: Wind aus SSW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 79 m  
Umgebung: h= 76.8 m; v=0.4 m/s - Große Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H>50 m, v<1 m/s)

3. Termin (0:30):

Quelle: Wind aus ONO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.4 m/s; Kaltlufthöhe 111 m  
Umgebung: h=109.5 m; v=0.5 m/s - Große Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H>50 m, v<1 m/s)

4. Termin (0:40):

Quelle: Wind aus NO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 1.2 m/s; Kaltlufthöhe 131 m  
Umgebung: h=127.8 m; v=1.2 m/s - Große Kaltlufthöhe und deutliche Windgeschwindigkeit (H>50 m, v>1 m/s)

5. Termin (0:50):

Quelle: Wind aus NNO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 1.2 m/s; Kaltlufthöhe 147 m  
Umgebung: h=145.4 m; v=1.1 m/s - Große Kaltlufthöhe und deutliche Windgeschwindigkeit (H>50 m, v>1 m/s)

6. Termin (1:00):

Quelle: Wind aus NO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 1.1 m/s; Kaltlufthöhe 155 m  
Umgebung: h=153.2 m; v=1.1 m/s - Große Kaltlufthöhe und deutliche Windgeschwindigkeit (H>50 m, v>1 m/s)

## Kaltluft überragt Gelände im näheren Umfeld -  
## bodennah kann Richtung und Geschwindigkeit von Simulation abweichen!

7. Termin (1:10):

Quelle: Wind aus NO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 1.2 m/s; Kaltlufthöhe 176 m  
Umgebung: h=173.9 m; v=1.2 m/s - Große Kaltlufthöhe und deutliche Windgeschwindigkeit (H>50 m, v>1 m/s)

## Kaltluft überragt Gelände im näheren Umfeld -  
## bodennah kann Richtung und Geschwindigkeit von Simulation abweichen!

8. Termin (1:20):

Quelle: Wind aus ONO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 1.2 m/s; Kaltlufthöhe 185 m  
Umgebung: h=182.8 m; v=1.2 m/s - Große Kaltlufthöhe und deutliche Windgeschwindigkeit (H>50 m, v>1 m/s)

## Kaltluft überragt Gelände im näheren Umfeld -  
## bodennah kann Richtung und Geschwindigkeit von Simulation abweichen!

9. Termin (1:30):

Quelle: Wind aus ONO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 1.1 m/s; Kaltlufthöhe 198 m  
Umgebung: h=196.1 m; v=1.1 m/s - Große Kaltlufthöhe und deutliche Windgeschwindigkeit (H>50 m, v>1 m/s)

## Kaltluft überragt Gelände im näheren Umfeld -  
## bodennah kann Richtung und Geschwindigkeit von Simulation abweichen!

10. Termin (1:40):

Quelle: Wind aus ONO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.9 m/s; Kaltlufthöhe 204 m  
Umgebung: h=202.5 m; v=0.9 m/s - Große Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H>50 m, v<1 m/s)

## Kaltluft überragt Gelände im näheren Umfeld -  
## bodennah kann Richtung und Geschwindigkeit von Simulation abweichen!

11. Termin (1:50):

Quelle: Wind aus O, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.5 m/s; Kaltlufthöhe 212 m  
Umgebung: h=210.0 m; v=0.6 m/s - Große Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H>50 m, v<1 m/s)

## Kaltluft überragt Gelände im näheren Umfeld -  
## bodennah kann Richtung und Geschwindigkeit von Simulation abweichen!

12. Termin (2:00):

Quelle: Wind aus ONO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.4 m/s; Kaltlufthöhe 216 m  
Umgebung: h=213.5 m; v=0.5 m/s - Große Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H>50 m, v<1 m/s)

## Kaltluft überragt Gelände im näheren Umfeld -  
## bodennah kann Richtung und Geschwindigkeit von Simulation abweichen!

13. Termin (2:30):

Quelle: Wind aus NO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.8 m/s; Kaltlufthöhe 219 m  
Umgebung: h=218.0 m; v=0.8 m/s - Große Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H>50 m, v<1 m/s)

## Kaltluft überragt Gelände im näheren Umfeld -  
## bodennah kann Richtung und Geschwindigkeit von Simulation abweichen!

14. Termin (3:00):

Quelle: Wind aus NO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.6 m/s; Kaltlufthöhe 224 m  
Umgebung: h=222.6 m; v=0.6 m/s - Große Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H>50 m, v<1 m/s)

## Kaltluft überragt Gelände im näheren Umfeld -



## bodennah kann Richtung und Geschwindigkeit von Simulation abweichen!

15. Termin (4:00):

Quelle: Wind aus SO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 244 m  
Umgebung: h=242.1 m; v=0.3 m/s - Große Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H>50 m, v<1 m/s)

## Kaltluft überragt Gelände im näheren Umfeld -

## bodennah kann Richtung und Geschwindigkeit von Simulation abweichen!

## Strömung nicht für bodennahe Verhältnisse repräsentativ!

16. Termin (5:00):

Quelle: Wind aus SW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 261 m  
Umgebung: h=258.9 m; v=0.2 m/s - Große Kaltlufthöhe und geringe Windgeschwindigkeit (H>50 m, v<0,25 m/s)

## Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.

## Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

## Kaltluft überragt Gelände im näheren Umfeld -

## bodennah kann Richtung und Geschwindigkeit von Simulation abweichen!

## Strömung nicht für bodennahe Verhältnisse repräsentativ!

17. Termin (6:00):

Quelle: Wind aus WNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.1 m/s; Kaltlufthöhe 264 m  
Umgebung: h=262.5 m; v=0.1 m/s - Große Kaltlufthöhe und geringe Windgeschwindigkeit (H>50 m, v<0,25 m/s)

## Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.

## Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

## Kaltluft überragt Gelände im näheren Umfeld -

## bodennah kann Richtung und Geschwindigkeit von Simulation abweichen!

18. Termin (7:00):

Quelle: Wind aus SSO, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.1 m/s; Kaltlufthöhe 264 m  
Umgebung: h=261.8 m; v=0.1 m/s - Große Kaltlufthöhe und geringe Windgeschwindigkeit (H>50 m, v<0,25 m/s)

## Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.

## Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

## Kaltluft überragt Gelände im näheren Umfeld -

## bodennah kann Richtung und Geschwindigkeit von Simulation abweichen!