

Antragsteller: Sewald GmbH & Co. KG
Fahrbichlstr. 20
83530 Schnaitsee

**Prognose der Emissionen und Immissionen im
Rahmen des immissionsschutzrechtlichen
Genehmigungsverfahrens für die Errichtung eines
Satelliten-BHKW der Naturenergie Buch GmbH &
Co.KG i.G. in 74575 Schrozberg**

Datum: 02.04.2025
Projekt-Nr.: 24-12-06-FR
Berichtsumfang: 67 Seiten
Bearbeiter: **Gabriel Hinze, Diplom-Meteorologe**
Sachverständiger, Projektleiter
Anaïs Dittrich, M.Sc. Umweltwissenschaften
Sachverständige
Claus-Jürgen Richter, Diplom-Meteorologe
Sachverständiger, Geschäftsführer

IMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG
Eisenbahnstraße 43
79098 Freiburg
Tel. 0761/ 4000 77 04
Fax. 0761/ 4000 77 08
E-Mail: hinze@ima-umwelt.de

INHALT

1	Aufgabenstellung	6
2	Vorgehensweise	6
3	Beurteilungsgrundlagen	7
3.1	Prüfung der Schutzpflicht	7
3.2	Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit	8
3.3	Immissionswerte zum Schutz vor erheblichen Nachteilen, insbesondere Schutz der Vegetation, von Ökosystemen sowie sehr empfindlicher Tiere, Pflanzen und Sachgüter.....	8
3.3.1	Schwefeldioxid, Stickstoffoxide	8
3.3.2	Stickstoffdeposition	9
3.4	Stickstoff- und Säuredeposition in FFH-Gebieten.....	10
3.5	Schutz vor erheblichen Belästigungen durch Geruchsimmissionen	10
3.5.1	Immissionswerte.....	10
3.5.2	Beurteilungsflächen.....	11
3.5.3	Irrelevanzregelung.....	11
4	Örtliche Verhältnisse	11
5	Beschreibung der geplanten Anlage.....	13
6	Schadstoffemissionen und -immissionen	15
6.1	Allgemeines	15
6.2	Emissionsgrenzwerte	15
6.3	Abgasrandbedingungen	15

6.4	Emissionsmassenströme	16
7	Ermittlung der Schornsteinhöhe zur Ableitung der Abgase.....	18
7.1	Zugrunde gelegte Verordnungen und Vorschriften	18
7.2	Ableitung in die freie Luftströmung (Nr. 5.5.2.1 der TA Luft)	19
7.2.1	Berücksichtigung von Gebäudeeinflüssen	19
7.2.2	Berücksichtigung von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen	22
7.3	Ausreichende Verdünnung der Abgase (Nrn. 5.5.2.2 und 5.5.2.3 TA Luft)	23
7.3.1	Allgemeines	23
7.3.2	Prüfung der Einhaltung der S-Werte	23
7.3.3	Zuschlag aufgrund der Bebauung und des Bewuchses	27
7.3.4	Zuschlag aufgrund von unebenem Gelände	28
7.4	Zusammenfassung der Schornsteinhöhenberechnung	29
8	Ermittlung der Immissionen.....	30
8.1	Allgemeines	30
8.2	Emissionsseitige Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung	30
8.2.1	Geruchsemissionen.....	30
8.2.2	Stickstoff- und säurehaltige Emissionen	31
8.3	Meteorologische Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung.....	32
8.3.1	Wind- und Ausbreitungsverhältnisse.....	32
8.3.2	Niederschlag.....	34
8.3.3	Kaltluftabflüsse	34
8.4	Immissionen	35

8.4.1	Allgemeines	35
8.4.2	Prüfung des Schutzes vor erheblichen Belästigungen durch Geruchsimmissionen.....	36
8.4.3	Prüfung des Schutzes vor erheblichen Nachteilen, insbesondere des Schutzes der Vegetation, von Ökosystemen sowie sehr empfindlicher Tiere, Pflanzen und Sachgüter	36
9	Zusammenfassung	38
9.1	Schornsteinhöhe zur Ableitung der Abgase	39
9.2	Schutz der menschlichen Gesundheit.....	39
9.3	Schutz der Vegetation und Ökosysteme	39
9.4	Schutz vor erheblichen Belästigungen durch Geruchsimmissionen	39
	Literatur	41
	Anhang 1: Flächenhafte Verteilung der Immissionen	44
	Anhang 2: Durchführung der Ausbreitungsrechnung	46
A2.1	Allgemeines	46
A2.2	Verwendetes Programmsystem	46
A2.3	Berechnung der Stickstoffdeposition.....	46
A2.4	Berechnung der Säuredeposition.....	48
A2.5	Rechengebiet	49
A2.6	Geländeeinfluss.....	50
A2.7	Berücksichtigung von Gebäudeeinflüssen	51
A2.8	Lage und Konfiguration der Emissionsquellen	52
A2.9	Rauigkeitslänge	53
A2.10	Windfeldmodell	53

A2.11 Abgasfahnenüberhöhung	54
Anhang 3: Protokolldatei des Programms WinSTACC	55
Anhang 4: Ermittlung des repräsentativen Jahres.....	57
Anhang 5: Protokolldateien von AUSTAL	58
Anhang 6: Ermittlung der Volumenströme	64
Anhang 7: Protokolldatei des Kaltluftabflussmodells.....	65

1 Aufgabenstellung

Die Naturenergie Buch GmbH & Co.KG i.G. plant die Errichtung und den Betrieb eines Satelliten-BHKW am Standort Gemmhagen 6 in 74575 Schrozberg. Die installierte Feuerungswärmeleistung ist mit 2.886 kW_{FWL} vorgesehen. Sie soll auf 2.000 kW_{FWL} gedrosselt werden.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach § 4 BImSchG ist auf Anforderung des Landratsamts Schwäbisch Hall eine Prognosegutachten zu den Emissionen und Immissionen zu erstellen. Ferner ist die Schornsteinhöhe zur Ableitung der Abgase aus dem BHKW zu ermitteln.

Die iMA Richter & Röckle GmbH & Co.KG, Messstelle nach § 29b BImSchG (2024) und akkreditiert nach DIN 17025 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft (2021), wurde von der Sewald GmbH & Co. KG mit der Erstellung des Gutachtens beauftragt.

2 Vorgehensweise

Das Gutachten gliedert sich in folgende Kapitel:

- Darstellung der Beurteilungsgrundlagen (Kapitel 3)
- Darstellung der örtlichen Verhältnisse (Kapitel 4)
- Kurzbeschreibung der geplanten Anlage (Kapitel 5)
- Schadstoffemissionen und -immissionen (Kapitel 6)
- Ermittlung der erforderlichen Schornsteinhöhe zur Ableitung der Abgase aus dem BHKW-Motor (Kapitel 7)
- Ermittlung der Immissionen (Kapitel 8)
- Zusammenfassung der Ergebnisse (Kapitel 9).

3 Beurteilungsgrundlagen

3.1 Prüfung der Schutzpflicht

Nach Nr. 4.1 der TA Luft (2021) ist zu prüfen, ob beim Betrieb der Anlage der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen sichergestellt ist.

Danach kann bei Schadstoffen, für die Immissionswerte in den Nummern 4.2 bis 4.5 TA Luft festgelegt sind, auf die Bestimmung von Immissionskenngrößen verzichtet werden, wenn

- a) die Emissionsmassenströme gering sind (Unterschreitung der Bagatellmassenströme)
- b) die Vorbelastung gering ist oder
- c) die Gesamtzusatzbelastung irrelevant ist.

In diesen Fällen kann davon ausgegangen werden, dass schädliche Umwelteinwirkungen durch die Anlage nicht hervorgerufen werden, es sei denn, trotz geringer Massenströme nach Buchstabe a) oder geringer Vorbelastung nach Buchstabe b) liegen hinreichende Anhaltspunkte für eine Sonderfallprüfung nach Nummer 4.8 der TA Luft vor. Bei einer irrelevanten Gesamtzusatzbelastung nach Buchstabe c) ist immer davon auszugehen, dass von der Anlage keine schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen verursacht werden.

Eine irrelevante Gesamtzusatzbelastung nach Buchstabe c) liegt vor, wenn:

- die Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit um nicht mehr als drei Prozent ausgeschöpft werden.
- die Gesamtzusatzbelastung durch Geruchsimmissionen den Wert 0,02 (2 %) nicht überschreitet.
- die Immissionswerte zum Schutz der Vegetation und von Ökosystemen zu nicht mehr als 10 Prozent ausgeschöpft werden.

Nachfolgend werden nur diejenigen Schadstoffe betrachtet, die beim Betrieb der geplanten Anlage von Bedeutung sind. Dies betrifft Stickoxide (NO_2 , NO_x) und Schwefeldioxid (SO_2). Weitere Stoffe wie Kohlenmonoxid und Gesamt-Kohlenstoff sind zwar ein Maß für die Güte der Verbrennung, spielen immissionsseitig jedoch keine Rolle (siehe hierzu Ausführungen in Kapitel 6).

Darüber hinaus sind die von der Anlage ausgehenden Geruchsemissionen zu bewerten (siehe Kapitel 3.5).

Für Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung (FFH-Gebiete) sind ferner die in Anhang 8 der TA Luft angegebenen Abschneidekriterien für die Stickstoff- und Säureeinträge zu beachten.

3.2 Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit

Die Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit sind in Tabelle 3-1 zusammengestellt.

Tabelle 3-1: Immissionswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit

Schadstoff	Immissionswert	Einheit	Zeitbezug	Literaturquelle
NO ₂	40	µg/m ³	Jahresmittelwert	Nr. 4.2.1, TA Luft (2021)
SO ₂	50	µg/m ³	Jahresmittelwert	Nr. 4.2.1, TA Luft (2021)

Irrelevanzschwelle

Der Immissionsbeitrag einer Anlage wird als „irrelevant“ bezeichnet, wenn die Immissionsbeurteilungswerte – bezogen auf den Jahresmittelwert – zu weniger 3 % ausgeschöpft werden. Liegen die Immissionsbeiträge der geplanten Anlage am Beurteilungspunkt maximaler Beaufschlagung unterhalb der Irrelevanzschwelle, so ist – unabhängig von der Vorbelastung – sichergestellt, dass von der geplanten Anlage keinen schädlichen Umwelteinwirkungen verursacht werden. Die Vorbelastung muss in diesem Fall nicht ermittelt werden (vgl. auch Ausführungen in Kapitel 3.1).

3.3 Immissionswerte zum Schutz vor erheblichen Nachteilen, insbesondere Schutz der Vegetation, von Ökosystemen sowie sehr empfindlicher Tiere, Pflanzen und Sachgüter

3.3.1 Schwefeldioxid, Stickstoffoxide

Die Immissionswerte zum Schutz der Vegetation und von Ökosystemen sind in Tabelle 3-2 zusammengefasst.

Tabelle 3-2: Immissionswerte zum Schutz der Vegetation und von Ökosystemen

Stoff	Immissionswert	Einheit	Statistische Definition	Erläuterung
Schwefeldioxid (SO ₂)	20	µg/m ³	Jahresmittelwert und Mittelwert über das Winterhalbjahr	Schutz von Ökosystemen und der Vegetation (Nr. 4.4.1 TA Luft)
Stickstoffoxide, angegeben als	30	µg/m ³	Jahresmittelwert	Schutz von Ökosystemen und der Vegetation

Stoff	Immissionswert	Einheit	Statistische Definition	Erläuterung
Stickstoffdioxid (NO _x)				(Nr. 4.4.1 TA Luft)

Für Ammoniak ist in der TA Luft nur eine Irrelevanzschwelle angegeben (siehe Tabelle 3-3). Ansonsten wird Ammoniak zur Ermittlung der Stickstoff- und Säuredeposition berücksichtigt (siehe Kapitel 3.3.2 und Kapitel 3.4).

Irrelevanzschwellen

Die Irrelevanzschwellen für Stickstoffoxide (NO_x), Schwefeldioxid (SO₂) und Ammoniak (NH₃) sind in Tabelle 3-3 aufgeführt.

Tabelle 3-3: Irrelevanzschwellen für Stickstoffoxide, Schwefeldioxid und Ammoniak

Stoff	Irrelevanzschwelle	Einheit	Statistische Definition	Fundstelle
NO _x	3	µg/m ³	Jahresmittelwert	Nr. 4.4.3 TA Luft
SO ₂	2	µg/m ³	Jahresmittelwert	Nr. 4.4.3 TA Luft
NH ₃	2	µg/m ³	Jahresmittelwert	Anhang 1 TA Luft

3.3.2 Stickstoffdeposition

Zur Prüfung, ob der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme durch Stickstoffdeposition gewährleistet ist, soll gemäß Nr. 4.8 der TA Luft Anhang 9 herangezogen werden. Gemäß Anhang 9 der TA Luft ist zunächst zu prüfen, ob empfindliche Pflanzen und Ökosysteme im Beurteilungsgebiet vorhanden sind.

Das Beurteilungsgebiet ergibt sich in der Regel als Kreis mit einem Radius von 1 km um die Anlage. Darüber hinaus ist der Bereich, in dem die Zusatzbelastung mehr als 5 kg N/(ha a) beträgt, in das Beurteilungsgebiet einzubeziehen. Im Umkehrschluss kann diese Bewertung so interpretiert werden, dass bei Unterschreitung einer Gesamtzusatzbelastung von 5 kg N/(ha a) keine Beurteilung der Gesamtstickstoffdeposition erforderlich ist.

Für Ammoniak gilt ein Bagatellmassenstrom von 0,1 kg NH₃/h. Gemäß Anhang 9 der TA Luft kann bei Unterschreitung des NH₃-Bagatellmassenstrom davon ausgegangen werden, dass die Anlage zu keinen schädlichen Umwelteinflüssen bzgl. der Stickstoffeinträge führt. Somit kann bei Unterschreitung des Bagatellmassenstroms auf eine Ausbreitungsrechnung zur Ermittlung der Stickstoffdeposition verzichtet werden.

3.4 Stickstoff- und Säuredeposition in FFH-Gebieten

Zur Beurteilung der Stickstoff- und Säuredeposition in Gebieten von gemeinschaftlicher Bedeutung (FFH-Gebieten) wird in Nr. 4.8 der TA Luft auf den Anhang 8 verwiesen.

Danach ist zunächst die vorhabenbedingte Zusatzbelastung an Stickstoffeinträgen zu prüfen. Der Einwirkungsbereich der Anlage umfasst diejenige Fläche, in der das Abschneidekriterium von 0,3 kg N/(ha a) bzw. 0,04 keq Seq/(ha·a) überschritten ist. Liegen Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung (FFH-Gebiete) innerhalb des Einwirkungsbereichs, so ist für diese Gebiete eine Prüfung gemäß § 34 BNatSchG durchzuführen.

3.5 Schutz vor erheblichen Belästigungen durch Geruchsimmissionen

3.5.1 Immissionswerte

Zur Beurteilung der Geruchsimmissionen ist der Anhang 7 der TA Luft (2021) heranzuziehen. Danach wird der Belästigungsgrad durch Gerüche anhand der mittleren jährlichen Häufigkeit von „Geruchsstunden“ beurteilt. Eine „Geruchsstunde“ liegt vor, wenn anlagen-typischer Geruch während mindestens 6 Minuten innerhalb der Stunde wahrgenommen wird.

Auf den Beurteilungsflächen (Definition siehe Kapitel 3.5.2) sind die in Tabelle 3-4 aufgeführten Immissionswerte einzuhalten. Wenn diese Werte eingehalten werden, ist üblicherweise von keinen erheblichen und somit keinen schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des BImSchG auszugehen.

Tabelle 3-4: Immissionswerte für Geruch entsprechend TA Luft: Relative Häufigkeiten von Geruchsstunden pro Jahr

Nutzungskategorie	Immissionswert
Wohn-/Mischgebiete	10 %
Gewerbe-/Industriegebiete mit zugelassenen Wohnnutzungen (z.B. Betriebsleiterwohnungen)	15 %
Dorfgebiete	15 %
Landwirtschaftlicher Außenbereich (Wohnen)	20 %*

* bis 25 % abhängig vom Einzelfall möglich

Die Immissionswerte für den Außenbereich gelten prinzipiell nur für Gerüche aus Tierhaltungsanlagen. Sie dokumentieren jedoch, dass einzelnstehenden Wohnhäusern im Außenbereich ein geringerer Schutzanspruch als Wohngebieten zukommt.

Ferner ist in Nr. 2 des Anhangs 7 der TA Luft ein Vorsorgewert von 6 % aufgeführt. Danach ist die Schornsteinmindesthöhe in der Regel so zu bemessen, dass die Kenngröße der zu

erwartenden Zusatzbelastung auf keiner Beurteilungsfläche, für die Immissionswerte gelten, den Wert 6 % überschreitet.

3.5.2 Beurteilungsflächen

Nach Ziffer 4.4.3 des Anhangs 7 der TA Luft ist zur Beurteilung von Geruchsimmissionen ein Netz aus quadratischen Beurteilungsflächen über das Untersuchungsgebiet zu legen, deren Seitenlänge bei weitgehend homogener Geruchsbelastung i. d. R. 250 m beträgt. Bei sehr inhomogener Verteilung sollen die Flächen verkleinert werden.

3.5.3 Irrelevanzregelung

In Nr. 3.3 des Anhangs 7 der TA Luft (2021) wird ausgeführt, dass die Genehmigung einer Anlage auch bei Überschreitung der Immissionswerte aus Tabelle 3-4 nicht versagt werden soll, wenn der Immissionsbeitrag des zu beurteilenden Vorhabens (Zusatzbelastung) irrelevant ist. Eine Zusatzbelastung wird als irrelevant bezeichnet, wenn sie auf keiner Beurteilungsfläche den Wert von 2 % überschreitet. Bei Einhaltung dieses Wertes ist davon auszugehen, dass die Anlage die belästigende Wirkung einer etwaigen vorhandenen Belastung nicht relevant erhöht. In der Praxis bedeutet dies, dass die Vorbelastung, die durch andere Geruchsemissionen hervorgerufen wird, nicht ermittelt werden muss.

Sofern eine übermäßige Kumulation, z.B. durch bestehende Betriebe, vorliegt, kann eine irrelevante Zusatzbelastung ggf. nicht mehr hinnehmbar sein. Eine irrelevante Gesamtzusatzbelastung ist jedoch nach Nr. 3.3 des Anhangs 7 der TA Luft auch in diesen Fällen zulässig.

Im vorliegenden Fall darf auf Anforderung des Landratsamts Schwäbisch Hall wegen der hohen Vorbelastung eine maximale Gesamtzusatzbelastung von gerundet 0 % nicht überschritten werden.

4 Örtliche Verhältnisse

Das geplante Satelliten-BHKW soll auf dem Flurstück 963, etwa 100 m nordwestlich des Ortsteils Buch der Gemeinde Rot am See, errichtet werden. Die Lage des geplanten BHKW und dessen nähere Umgebung können dem Luftbild in Abbildung 4-1 entnommen werden.

Die Koordinaten des Satelliten-BHKW betragen im UTM-32-System in etwa:

Rechtswert:	582 023
Hochwert:	5 463 595
Höhe über NHN:	ca. 440 m



Abbildung 4-1: Luftbild der näheren Umgebung des Satelliten-BHKW (rot umrandet).
Luftbildgrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2025 © Hexagon.

Das Betriebsgelände ist vor allem von landwirtschaftlich genutzten Flächen umgeben. Etwa 100 m südöstlich beginnt die Bebauung des Ortsteils Buch.

Die orografischen Verhältnisse sind in Abbildung 4-2 dargestellt. Die nähere Umgebung des Betriebsgeländes ist durch eine leicht hügelige Struktur mit nur geringen Höhenunterschieden gekennzeichnet.

Am 21.01.2025 wurden die Örtlichkeiten von uns besichtigt. Dabei wurden alle für die Aufgabenstellung relevanten Umgebungsbedingungen erfasst.

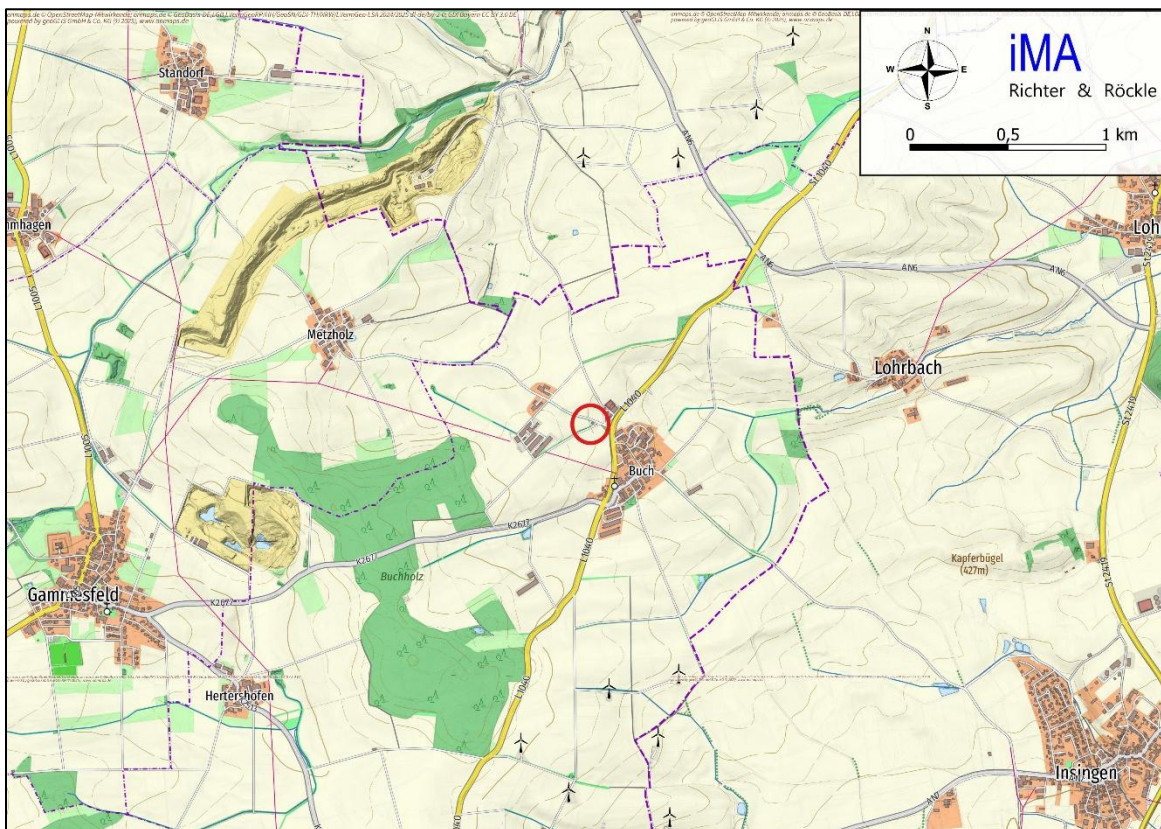


Abbildung 4-2: Topografische Karte mit Lage des geplanten Satelliten-BHKW (roter Kreis). Kartengrundlage: onmaps.de (c) GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2025.

5 Beschreibung der geplanten Anlage

Eine ausführliche Beschreibung der geplanten Anlage kann dem von der Sewald GmbH & Co. KG erstellten Genehmigungsantrag entnommen werden. Nachfolgend werden diejenigen Betriebsdaten dargestellt, die zur Ermittlung der Emissionen und der Schornsteinhöhe erforderlich sind.

Die Anlage besteht aus einem BHKW mit einer Feuerungswärmeleistung von $2.886 \text{ kW}_{\text{FWL}}$, die auf $2.000 \text{ kW}_{\text{FWL}}$ gedrosselt werden soll. Im vorliegenden Gutachten wird konservativ die maximale Feuerungswärmeleistung von $2.886 \text{ kW}_{\text{FWL}}$ angesetzt. Die technischen Daten des Verbrennungsmotors sind in Tabelle 5-1 zusammengefasst.

Tabelle 5-1: Technische Daten des Verbrennungsmotors

BHKW	Motor
Hersteller	JENBACHER
Typ	JMS 416 GS-B.LC

BHKW	Motor
Motorart	Gas-Otto-Motor
Brennstoff	Biogas
Elektrische Leistung P_{el}	1.248 kW _{el}
Elektrische Leistung gedrosselt P_{el}	864 kW _{el}
Feuerungswärmeleistung P_{zu}	2.886 kW _{FWL}
Feuerungswärmeleistung gedrosselt P_{zu}	2.000 kW _{FWL}
Abgastemperatur an der Schornsteinmündung	ca. 180° C

Der Schornstein des BHKW wird an der nordöstlichen Seite des BHKW-Containers errichtet (siehe Abbildung 5-1). Die erforderlichen Schornsteinhöhe wird in Kapitel 7 ermittelt.

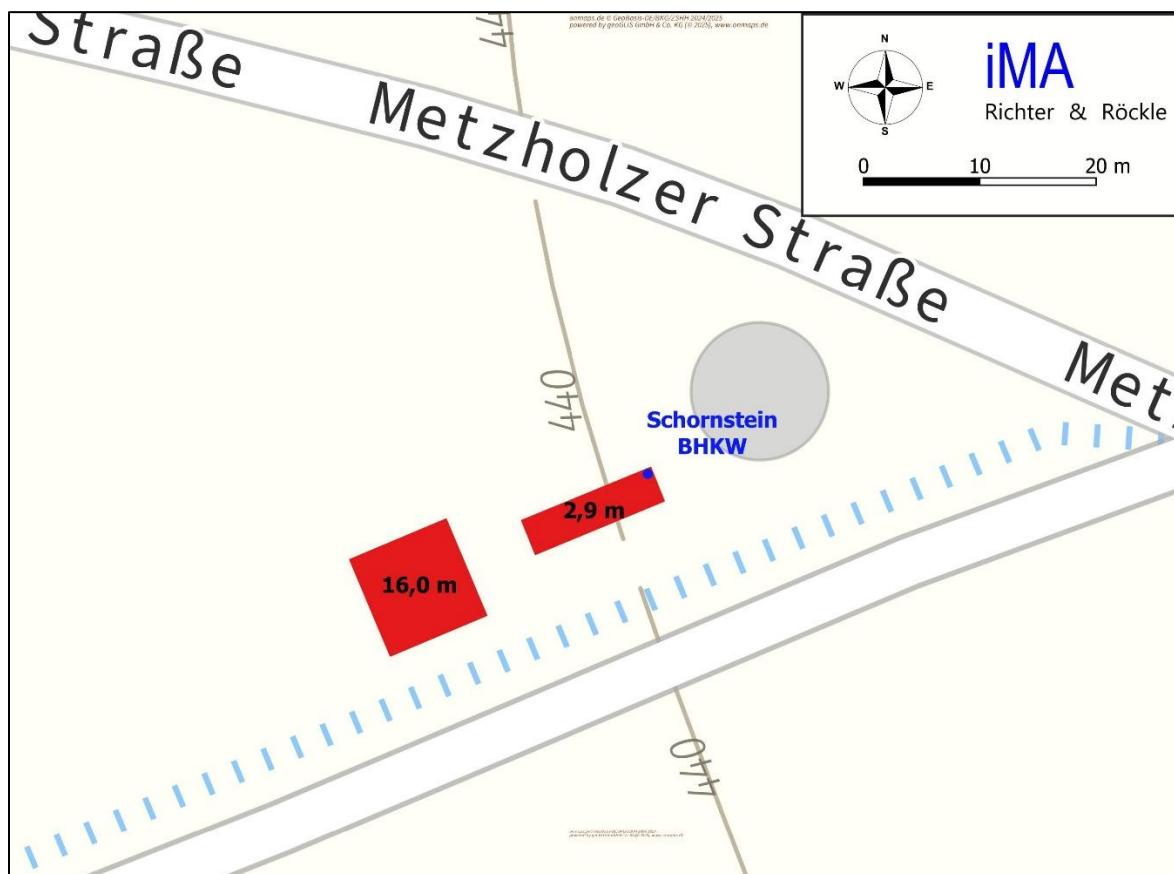


Abbildung 5-1: Draufsicht auf das Betriebsgelände. Die Gebäudehöhen sind eingetragen.

Als Nebeneinrichtung wird ein Warmwasserpufferspeicher und eine Trafostation errichtet.

Der beim Betrieb des Verbrennungsmotors erzeugte Strom wird in das Versorgungsnetz des regionalen Energieversorgers eingespeist.

Die erzeugte Leistung (Wärme) wird direkt in das bestehende lokale Nahwärmenetz der „Nahwärme Buch GbR“, eingeleitet.

6 Schadstoffemissionen und -immissionen

6.1 Allgemeines

Die maßgebenden Emissionen gehen vom Schornstein des BHKW aus. Weitere Emissionen, z.B. von Anlieferfahrzeugen, sind gering.

6.2 Emissionsgrenzwerte

Aufgrund der Feuerungswärmeleistung von mehr als 1 MW_{FWL} sind die Emissionsgrenzwerte nach § 16 der 44. BImSchV heranzuziehen. Der Bezugssauerstoffgehalt im Abgas ist in § 3 der 44. BImSchV mit 5 % festgelegt.

Tabelle 6-1 enthält die Emissionsgrenzwerte für das geplante BHKW.

Tabelle 6-1: Emissionsgrenzwerte für das geplante BHKW

Stoff	Einheit	Grenzwert	Fundstelle in der 44. BImSchV
Bezugs-O ₂	%	5	§ 3
CO	g/m ³	0,50	§ 16, Absatz 6, Nr. 2)
NO _x , angegeben als NO ₂	g/m ³	0,1	§ 16, Absatz 7, Nr. 3).
SO _x angegeben als SO ₂	mg/m ³	90	§ 16, Absatz 9, Satz 1
Formaldehyd	mg/m ³	20	§ 16, Absatz 10, Nr. 1)
Ammoniak (NH ₃)	mg/m ³	30	§ 9
Gesamtkohlenstoff (C _{ges})	g/m ³	1,3	§ 39, Absatz 7

Hinweis: Angaben mit „§“ beziehen sich auf die 44. BImSchV

6.3 Abgasrandbedingungen

Gemäß Nr. 5.5.3 der TA Luft sind die Emissionen für den bestimmungsgemäßen Betrieb unter Berücksichtigung der für die Luftreinhaltung ungünstigsten Betriebsbedingungen zu ermitteln.

Die höchsten Emissionen werden bei Volllastbetrieb des Verbrennungsmotors ermittelt, da hierbei der höchste Abgasvolumenstrom vorliegt. Unter der Annahme, dass die

Emissionsgrenzwerte vollständig ausgeschöpft werden, ergeben sich damit die höchsten Schadstoffmassenströme.

Die Abgasrandbedingungen sind zusammenfassend in Tabelle 6-2 dargestellt. Die Abgasvolumenströme des BHKW wurden aus dem Datenblatt des Lieferanten (Fa. JENBACHER) entnommen¹. Unsere Verbrennungsrechnung ergab vergleichbare Werte (Abweichung < 1 %), sofern ein Restsauerstoffgehalt im Abgas von 7,5 % vorausgesetzt wird. Dieser entspricht dem Betriebssauerstoffgehalt. Die zugehörige Verbrennungsrechnung kann Anhang 6 entnommen werden.

Tabelle 6-2: Abgasrandbedingungen beim Volllastbetrieb des BHKW

Parameter	Einheit	Wert
Elektrische Leistung	kW _{el}	1.248
Feuerungswärmeleistung	kW	2.886
Abgasvolumenstrom i.N. trocken	m³/h	4.502
Abgasvolumenstrom i.N. feucht	m³/h	5.062
Abgastemperatur	°C	180
Schornstein-Innendurchmesser	m	0,3
Austrittsfläche	m²	0,071
Austrittsgeschwindigkeit	m/s	33

6.4 Emissionsmassenströme

In Tabelle 6-3 sind die Schadstoffmassenströme, die beim Volllastbetrieb des BHKW vorliegen, zusammengefasst. Die Schadstoffmassenströme werden aus dem Produkt der Abgasvolumenströme i.N.tr. aus Tabelle 6-2 und der Emissionsgrenzwerte aus Tabelle 6-1 ermittelt. Da die Volumenströme für einen Restsauerstoffgehalt 7,5 % gelten, werden die Schadstoffmassenströme um etwa 15 % überschätzt.

Zur Ermittlung der Massenströme wird die Rundungsregel angewendet. Beispielsweise ist der NO_x-Emissionswert von 0,1 g/m³ noch bei einer Konzentration von knapp 150 mg/m³ eingehalten.

In der letzten Zeile der Tabelle sind die Bagatellmassenströme aus Nr. 4.6.1.1 der TA Luft angegeben.

¹ JENBACHER: Technische Beschreibung BHKW JMS 416 GS-B.LC

Tabelle 6-3: Schadstoffmassenströme des BHKW sowie Bagatellmassenströme gemäß Tabelle 7 der TA Luft.

	CO [kg/h]	NO _x [kg/h]	SO ₂ [kg/h]	Formalde- hyd [kg/h]	NH ₃ [kg/h]	C _{ges} [kg/h]
BHKW	2,3	0,68	0,41	0,09	0,14	5,9
Bagatell- massenstrom	--	15	15	--	0,1	-

Aus Tabelle 6-3 wird ersichtlich, dass die NO_x- und SO₂- Emissionsmassenströme den zugehörigen Bagatellmassenstrom deutlich unterschreiten. Da keine Hinweise auf eine besondere örtliche Lage oder besondere Umstände vorliegen, kann gemäß Nr. 4.1 der TA Luft bei Unterschreitung der Bagatellmassenströme davon ausgegangen werden, dass schädliche Umwelteinwirkungen durch die Anlage nicht hervorgerufen werden können.

Für CO, Formaldehyd und Gesamt-C sind in der TA Luft (2021) keine Bagatellmassenströme angegeben, da diese Stoffe immissionsseitig nicht begrenzt werden. Gemäß Nr. 4.8 der TA Luft (2021) ist daher zu prüfen, ob Anhaltspunkte bestehen, dass durch diese Schadstoffe schädliche Umwelteinwirkungen hervorgerufen werden können.

Die emissions- und immissionsseitige Relevanz von CO und Formaldehyd kann aus den Q/S-Verhältnissen (Massenstrom / S-Wert) in Tabelle 7-1 auf Seite 24 abgeleitet werden. Je größer das Q/S-Verhältnis, umso gesundheitsschädlicher ist der Stoff. Da die Q/S-Verhältnisse von CO und Formaldehyd deutlich geringer von NO₂ sind, ist aus gutachterlicher Sicht auch für CO und Formaldehyd keine Ermittlung der Immissionskenngrößen erforderlich.

Bei Ammoniak ist der Immissionsgrenzwert für (140 µg/m³ als Jahresmittelwert, abgeleitet nach LAI aus dem Arbeitsplatzgrenzwert) deutlich höher als bei NO₂ (40 µg/m³). Da zusätzlich der Emissionsgrenzwert von Ammoniak geringer als für Stickstoffdioxid ist, spielt Ammoniak immissionsseitig ebenfalls keine Rolle.

Der Gesamtgehalt an organisch gebundenen Kohlenwasserstoffen (Gesamt-C) dient zur Ausweisung des Methanschlupfes. Für diesen Summenparameter existieren keine Immissionswerte. Gesamt-C wird daher ebenfalls nicht betrachtet.

Für Ammoniak (NH₃) ist im Textteil unter Nr. 4.6.1.1 der TA Luft ein Bagatellmassenstrom von 0,1 kg/(NH₃) aufgeführt. Dieser soll zur Prüfung gemäß Anhang 9 der TA Luft, ob der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme gewährleistet ist, herangezogen werden. Ammoniak unterschreitet den Bagatellmassenstrom, so dass die Ermittlung der NH₃-Immissionen und der Stickstoffdeposition außerhalb der FFH-Gebiete entfallen kann.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Schadstoffemissionen der BHKW-Anlage als gering anzusehen sind. Vor diesem Hintergrund ist die Ermittlung der Schadstoffimmissionen aus gutachterlicher Sicht nicht erforderlich.

Dennoch wird eine Ausbreitungsrechnung durchgeführt, da die Stickstoff- und Säureeinträge in den benachbarten FFH-Gebieten zu ermitteln sind. Dies ist gemäß Anhang 8 der TA Luft auch dann erforderlich, wenn die stickstoffhaltigen Gase (NH_3 und NO_x) den Bagatellmassenstrom unterschreiten. Ebenso sind die Geruchsmissionen zu ermitteln. Diese Ermittlungen erfolgen in Kapitel 8.

7 Ermittlung der Schornsteinhöhe zur Ableitung der Abgase

7.1 Zugrunde gelegte Verordnungen und Vorschriften

Im Folgenden wird die Schornsteinhöhe zur Ableitung der Abgase aus dem BHKW-Motor ermittelt. Hierzu werden folgende Vorschriften, Regelwerke und Berechnungsmodelle zugrunde gelegt:

1. 44. BImSchV (2022): Vierundvierzigste Verordnung zur Durchführung des Bundesgesetzes vom 13.06.2019 (BGBl. I S. 804), zuletzt geändert durch Artikel 3 Absatz 1 der Verordnung vom 06.07.2021 (BGBl. I S. 2514)
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. BESTAL: Hilfsprogramme BESMIN und BESMAX zur TA Luft, Version 1.2.0. UBA (2024), Dessau-Roßlau u. Ingenieurbüro Janicke, Überlingen.
5. WinSTACC: Programm zur Berechnung der Schornsteinhöhe nach VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 (2017), Version 1.0.8.8, WinSTACC (2024). Ing.-Büro Lohmeyer.

Gemäß § 19 der 44. BImSchV (2022) sind Abgase in kontrollierter Weise so abzuleiten, dass ein ungestörter Abtransport mit der freien Luftströmung ermöglicht wird. Zur Ermittlung der Ableitungshöhen sind gemäß Absatz 3 der 44. BImSchV die Anforderungen der TA Luft heranzuziehen.

7.2 Ableitung in die freie Luftströmung (Nr. 5.5.2.1 der TA Luft)

7.2.1 Berücksichtigung von Gebäudeeinflüssen

Nach Nr. 5.5.2.1 der TA Luft (2021) sind Abgase so abzuleiten, dass ein ungestörter Abtransport mit der freien Luftströmung ermöglicht wird. Demnach soll der Schornstein mindestens

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

Bei einer Dachneigung von weniger als 20 Grad soll die Höhe des Dachfirstes unter Zugrundelegung einer Neigung von 20 Grad berechnet werden. Als weitere Bedingung soll die Schornsteinhöhe die doppelte Gebäudehöhe nicht überschreiten.

Die Anforderung nach Ableitung in die freie Luftströmung wird in der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 weiter konkretisiert. Danach sind auch die Rezirkulationszonen von vorgelagerten Gebäuden zu berücksichtigen. In Lee von Gebäuden bzw. vom First eines Gebäudes bildet sich eine Rezirkulationszone aus, die vom Abgasschornstein überragt werden muss. Eine Prinzipskizze für ein Anlagengebäude mit Satteldach (Dachneigung $< 20^\circ$) und für ein vorgelagertes Gebäude ist in Abbildung 7-1 dargestellt.

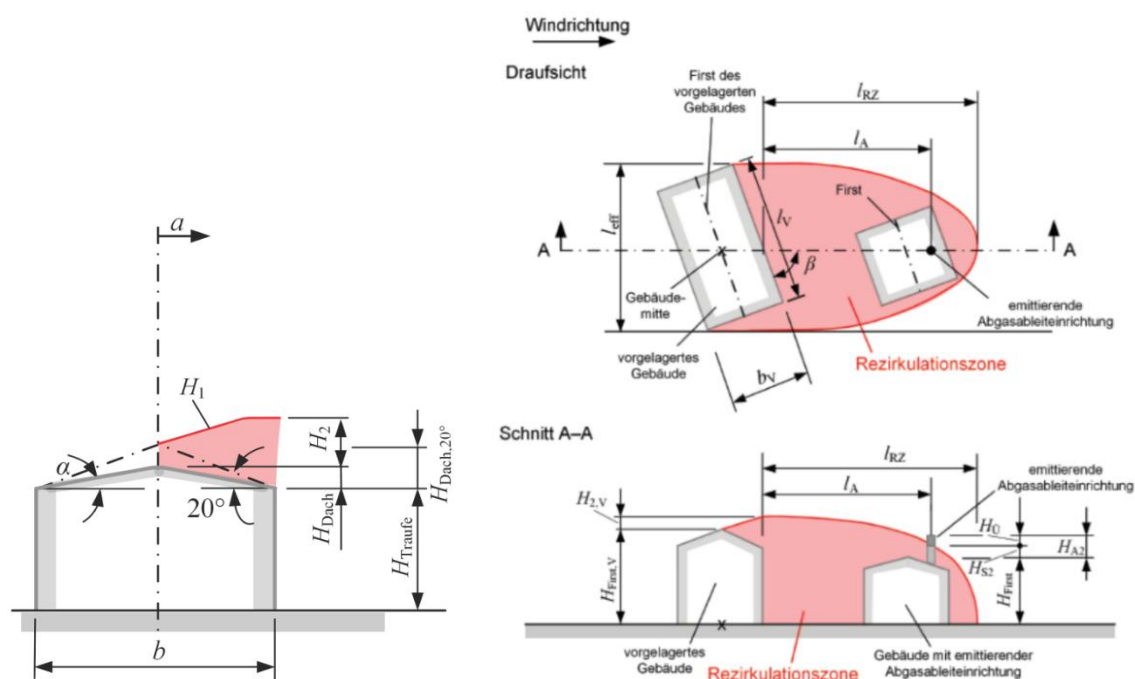


Abbildung 7-1: Prinzipskizze zur Ausdehnung der Rezirkulationszone am Anlagengebäude mit Giebeldach $< 20^\circ$ Dachneigung (links) und am vorgelagerten Gebäude (rechts). Aus: VDI 3781, Blatt 4.

Die Formeln zur Berechnung der Höhe der Rezirkulationszone sind in Nr. 6.2 der VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 für verschiedene Dachformen 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.

Nach VDI-Richtlinie 3781, Blatt 4 ist im vorliegenden Fall, aufgrund einer Feuerungswärmeleistung von 2.886 kW, der Term $H_{\bar{u}} = 3 \text{ m}$ anzusetzen.

Die Schornsteinhöhen wurden mit dem Programm WinSTACC (Version 1.0.8.8), das die Formeln der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 umsetzt, berechnet.

Abbildung 7-2 zeigt die Höhen der Gebäude auf dem Betriebsgelände und der näheren Umgebung des geplanten BHKW. Weitere Gebäude, auch außerhalb des Betriebsgeländes, spielen für die Berechnung aufgrund ihrer großen Entfernung keine Rolle. Der Warmwasserspeicher wird als quadratisches Gebäude angenähert, da runde Gebäude in der VDI-Richtlinie 3781 Blatt 4 nicht vorgesehen sind.

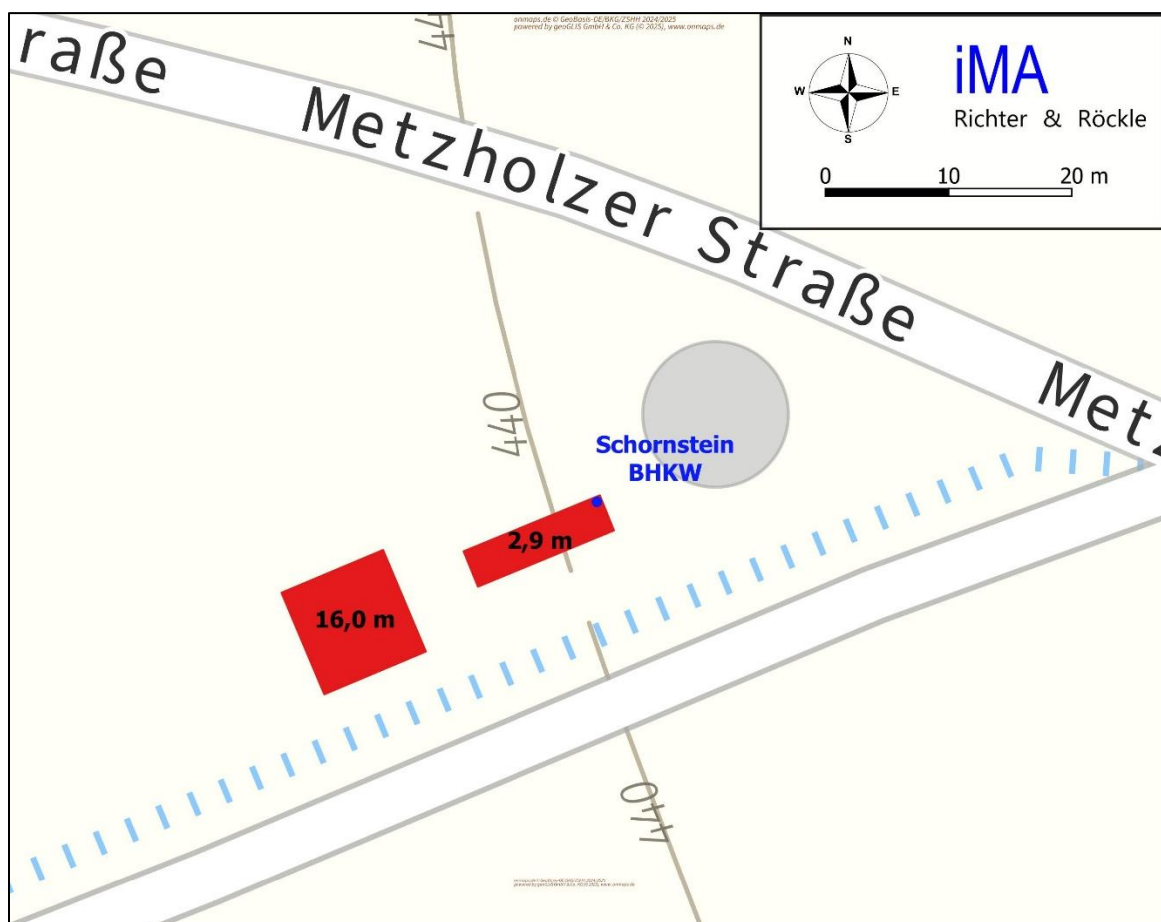


Abbildung 7-2: Gebäude in der Umgebung des Schornsteins des BHKW. Die Zahlen stellen die Gebäudehöhen in Meter über Grund dar.

Die Gebäudestruktur, die den Berechnungen des Programms WinSTACC zugrunde liegt, ist in Abbildung 7-3 dargestellt.

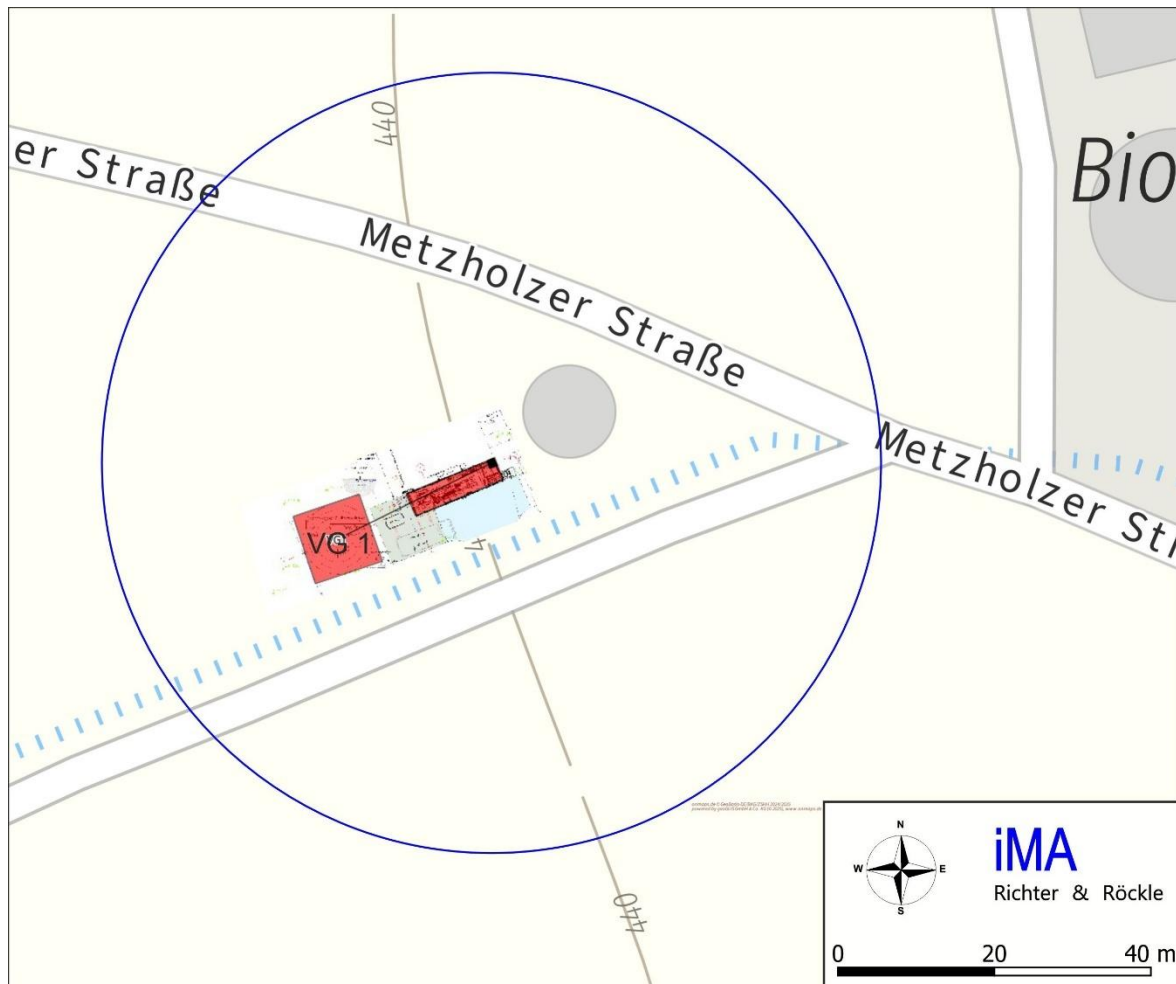


Abbildung 7-3: Gebäudestruktur (rot) als Grundlage für die Berechnungen mit WinSTACC. VG1 = vorgelagertes Gebäude 1. Der blaue Kreis besitzt einen Radius von 50 m um den Schornstein

Abbildung 7-4 enthält die Höhenermittlung für den Schornstein des BHKW in grafischer Form. Die Protokolldatei des Programms, aus dem die Berechnungsgrundlagen hervorgehen, ist in Anhang 3 aufgeführt.

Es errechnet sich eine Schornsteinhöhe von

10 m über Grund,

bei der ein ungestörter Abtransport der Abgase mit der freien Luftströmung sichergestellt ist.

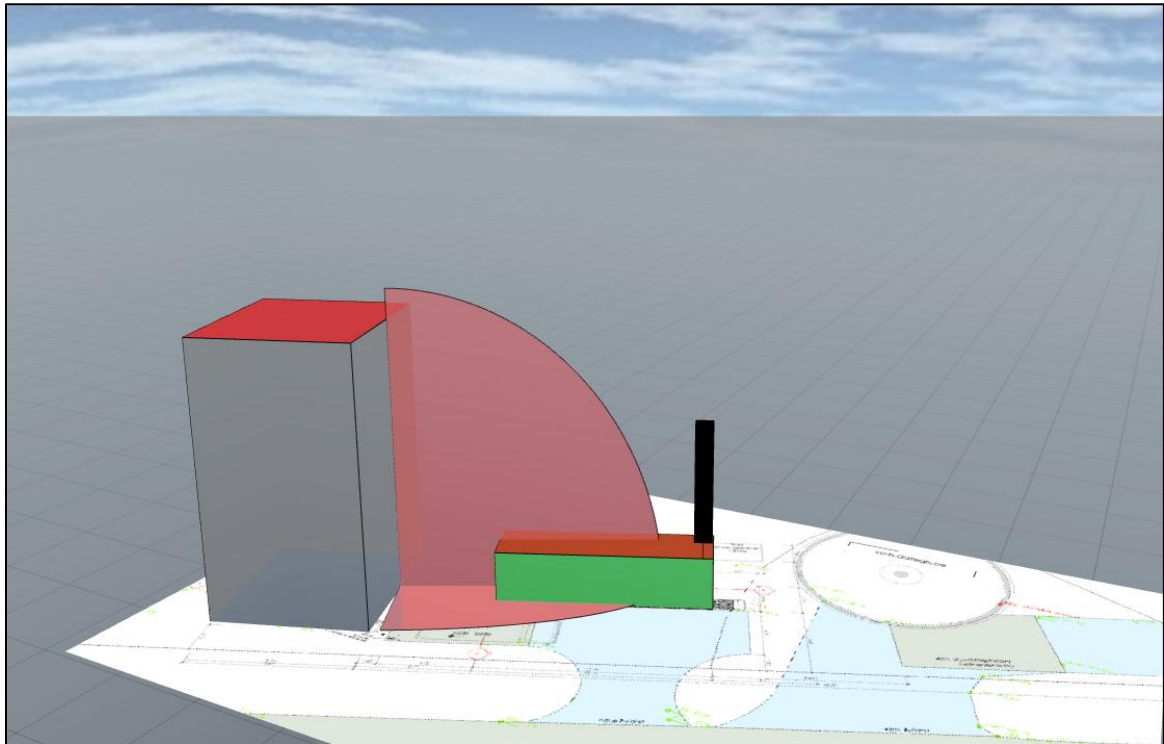


Abbildung 7-4: Blick in Richtung Nordwesten zum Schornstein des BHKW (schwarzer Balken auf grünem Gebäude). Die Rezirkulationszone des benachbarten Warmwasserspeichers ist rosa ausgefüllt. Aus: WinSTACC.

7.2.2 Berücksichtigung von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen

Zusätzlich ist gemäß 5.5.2.1 der TA Luft 2021 zu prüfen, ob die Oberkanten von Zuluftöffnungen, Fenstern und Türen der zum ständigen Aufenthalt von Menschen bestimmten Räume im Einwirkungsbereich der Anlage um mindestens 5 m überragt werden.

Hierfür ist zunächst der Einwirkungsbereich zu bestimmen. Dieser ergibt sich gemäß 5.5.2.1 der TA Luft 2021 zu 50 m.

Der Kreis mit einem Radius von 50 m um den Schornstein ist in Abbildung 7-3 auf Seite 21 dargestellt. Innerhalb des Einwirkungsbereiches befinden sich keine Wohnhäuser oder sonstige Aufenthaltsräume. Somit ist die in Kapitel 7.2.1 ermittelte Schornsteinhöhe von 10 m über Grund ausreichend.

7.3 Ausreichende Verdünnung der Abgase (Nrn. 5.5.2.2 und 5.5.2.3 TA Luft)

7.3.1 Allgemeines

Zusätzlich zu den in Nr. 5.5.2.1 der TA Luft definierten Mindestanforderungen muss die Schornsteinhöhe auch den Anforderungen der Nummern 5.5.2.2 und 5.5.2.3 – sowie bei mehreren Schornsteinen der Nr. 5.5.2.1, Absatz 5 – genügen, um eine ausreichende Verdünnung der Abgase zu gewährleisten.

Der Maßstab für eine ausreichende Verdünnung der Abgase ist die maximale bodennahe Konzentration der relevanten Schadstoffe. Hierzu sind Ausbreitungsrechnungen nach Anhang 2 der TA Luft unter Berücksichtigung der Festlegungen nach Anhang 2, Nr. 14 für eine Vielzahl von meteorologischen Einzelsituationen² durchzuführen. Maßgebend ist der Fall mit der höchsten bodennahen Konzentration. Für den S-Wert sind die in Anhang 6 der TA Luft festgelegten Werte einzusetzen.

7.3.2 Prüfung der Einhaltung der S-Werte

Die Höhe eines Schornsteins ist so zu bestimmen, dass die maximale Konzentration den S-Wert nicht überschreitet. Für die Ausbreitungsrechnungen ist das Programm BESMIN des Umweltbundesamtes zu verwenden.

Folgende Parameter werden zur Ermittlung der Schornsteinhöhe benötigt:

- Innendurchmesser des Schornsteins an der Schornsteinmündung
- Abgastemperatur an der Schornsteinmündung
- Emissionsmassenstrom des maßgebenden Schadstoffs
- Abgasgeschwindigkeit an der Schornsteinmündung
- Wasserbeladung (kg Wasserdampf und Flüssigwasser pro kg trockener Luft) des Abgases an der Schornsteinmündung.

Für die Schornsteinhöhenberechnung ist nicht das emissionsseitig begrenzte NO_x, sondern NO₂ zu betrachten, da im Anhang 6 der TA Luft nur für NO₂ ein S-Wert angegeben ist. NO_x wird als Stickstoffmonoxid (NO) und als Stickstoffdioxid (NO₂) emittiert. Der Anteil, der direkt als NO₂ freigesetzt wird, wird als „Primär-NO₂-Anteil“ p bezeichnet. Bei BHKW-Motoren wird der NO₂-Massenstrom üblicherweise unter der Annahme berechnet, dass 10 % ($p = 0,1$) der primär emittierten Stickoxide in Form von NO₂ vorliegen. Da beim geplanten BHKW aufgrund des Einsatzes eines SCR-Katalysators mit einem höheren NO₂-Primäranteil zu rechnen ist, setzen wir $p = 0,3$ (30 % NO₂-Primäranteil) an. Bei den NO-Emissionen ist

² In der Datenbank sind 72 Windrichtungen, 4 Ausbreitungsklassen und 9 Windgeschwindigkeiten berücksichtigt.

gemäß Nr. 5.5.2.2 Abs. 5 der TA Luft ein Umwandlungsgrad NO in NO₂ von 60 % anzusetzen.

Fasst man beide Anforderungen zusammen, so ergibt sich der Emissionsmassenstrom für NO₂ aus dem Emissionsmassenstrom von NO_x mit der Gleichung:

$$NO_2 = (0,6 + 0,4 \cdot p) \cdot NO_x = 0,72 \cdot NO_x$$

In Tabelle 7-1 sind die Emissionsmassenströme (Q), die für die Schornsteinhöhenberechnung herangezogen werden, zusammengefasst. Die Massenströme entsprechen weitestgehend den Angaben in Tabelle 6-3 auf Seite 17. Nur für die Stickstoffoxide ist zur Schornsteinhöhenberechnung der NO₂-Massenstrom anzuwenden.

Tabelle 7-1 und Tabelle 7-2 enthalten weiterhin die S-Werte nach Anhang 6 der TA Luft sowie die Q:S-Verhältnisse. Da die Schadstoffimmissionen direkt proportional zu den Schadstoffemissionen sind, ist der Schadstoff mit dem größten Q:S-Verhältnis für die Schornsteinhöhenberechnung maßgebend. Für alle anderen Schadstoffe werden geringere Schornsteinhöhen berechnet (vgl. Merkblatt Schornsteinhöhenermittlung, LAI (2023)).

Für Ammoniak (NH₃) ist in der TA Luft kein S-Wert angegeben. Da der Immissionsgrenzwert für Ammoniak (140 µg/m³ als Jahresmittelwert, abgeleitet nach LAI aus dem Arbeitsplatzgrenzwert) deutlich höher als für NO₂ (40 µg/m³) ist und zusätzlich der Emissionsgrenzwert von Ammoniak geringer als für Stickstoffdioxid ist, spielt Ammoniak für die Schornsteinhöhenberechnung keine Rolle.

Gesamt-C soll zur Ermittlung der Schornsteinhöhe von BHKW nicht herangezogen werden (vgl. Nr. 5.5.2.2 der TA Luft, letzter Absatz).

Tabelle 7-1: Schadstoffmassenströme des BHKW, S-Werte und Q:S-Verhältnisse.

Stoff	BHKW	S-Wert	Q:S
	kg/h	mg/m ³	
NO _x	0,68	–	–
NO ₂	0,486	0,1	4,7
CO	2,27	7,5	0,3
SO ₂	0,41	0,14	2,9
Formaldehyd	0,090	0,025	3,6

NO₂ weist das höchste Q:S-Verhältnis auf und ist somit für die Schornsteinhöhenberechnung maßgebend.

Tabelle 7-2 enthält die Eingangsdaten für das Programm BESMIN auf Basis der Emissionen der Tabelle 7-1.

Tabelle 7-2: Eingangsdaten zur Berechnung der Schornsteinhöhe H_b mit dem Programm BESMIN

Parameter	Einheit	Wert
Massenstrom NO_2	kg/h	0,486
S-Wert	mg/m ³	0,10
Mündungsdurchmesser	m	0,3
Feuchter Abgasvolumenstrom im Normzustand	m ³ /h	5.062
Trockner Abgasvolumenstrom im Normzustand	m ³ /h	4.502
Flüssigwassergehalt	kg/kg	0,0774
Abgastemperatur an der Mündung	°C	180
Austrittsgeschwindigkeit	m/s	33

Das Berechnungsergebnis ist in Abbildung 7-5 dargestellt. Die Schornsteinbauhöhe h_b errechnet sich zu **6 m**.

Seite 26 von 67

7.3.3 Zuschlag aufgrund der Bebauung und des Bewuchses

Gemäß Nr. 5.5.2.3 der TA Luft soll die Wirkung der Bebauung und des Bewuchses im Umfeld des Schornsteins durch Zuschläge berücksichtigt werden, da diese zu einer Verdrängung der Windströmung führen.

Die Bebauung und der Bewuchs sind in einem Radius um den Schornstein zu berücksichtigen, der dem 15-fachen der nach Nummer 5.5.2.2 bestimmten Schornsteinhöhe, mindestens aber dem Radius 150 m, entspricht. Da $h_B = 6 \text{ m}$ ist, beträgt der Radius 150 m.

Innerhalb dieses Kreises ist der Bereich mit geschlossener vorhandener oder nach einem Bebauungsplan zulässiger Bebauung oder geschlossenem Bewuchs zu ermitteln, der 5 Prozent der Fläche des genannten Kreises umfasst und in dem die Bebauung oder der Bewuchs die größte mittlere Höhe über Grund aufweist.

Abbildung 7-6 zeigt einen Kreis mit einem Radius von 150 m um den geplanten Schornstein.

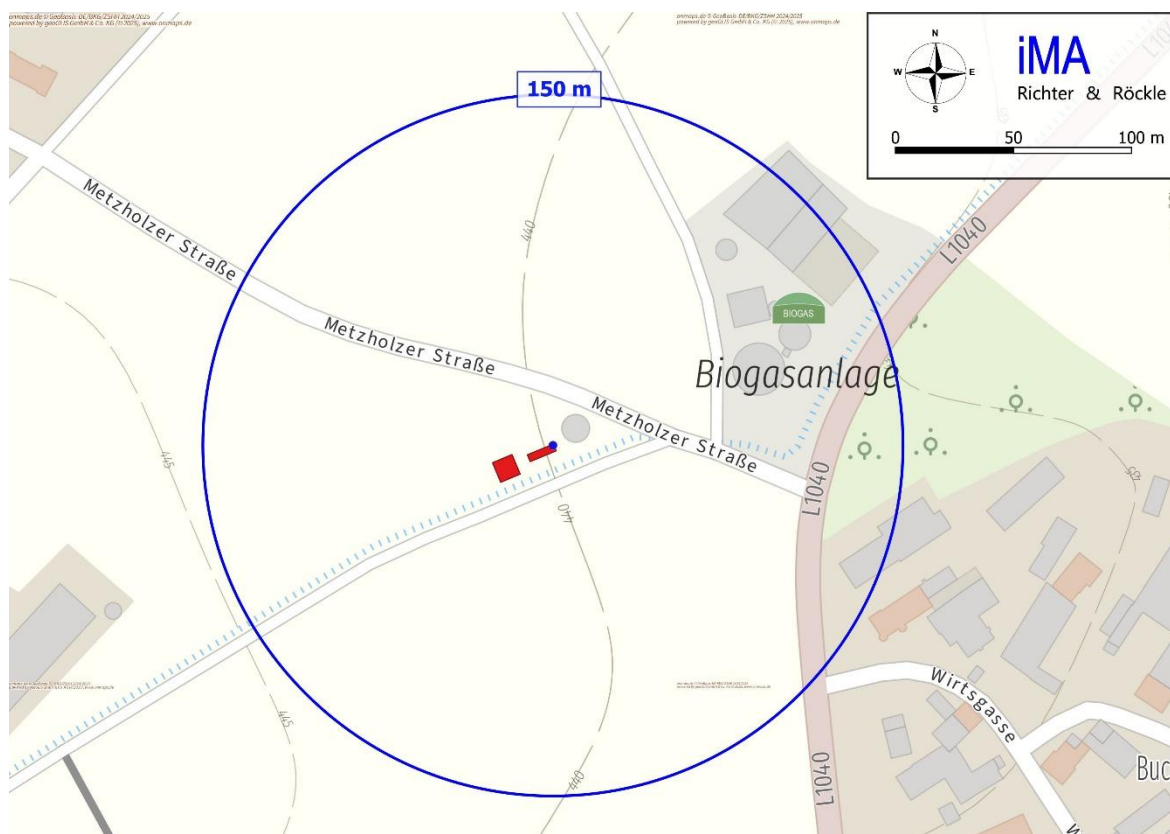


Abbildung 7-6: Kreis mit einem Radius von 150 m zur Festlegung des Zuschlags aufgrund von Bebauung und Bewuchs um des Schornstein des geplanten BHKW (blau dargestellt).

Im Umkreis von 150 m befindet sich keine geschlossene Bebauung oder geschlossener Bewuchs. Ein Zuschlag für Bebauung oder Bewuchs ist somit nicht erforderlich.

7.3.4 Zuschlag aufgrund von unebenem Gelände

Zur Berücksichtigung des unebenen Geländes enthält Nr. 5.5.2.3 der TA Luft 2021 folgende Vorgabe:

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.

Um zu prüfen, ob dieses Kriterium erfüllt ist, zeigt Abbildung 7-7 das Horizontogramm am Ort des geplanten Schornsteins.

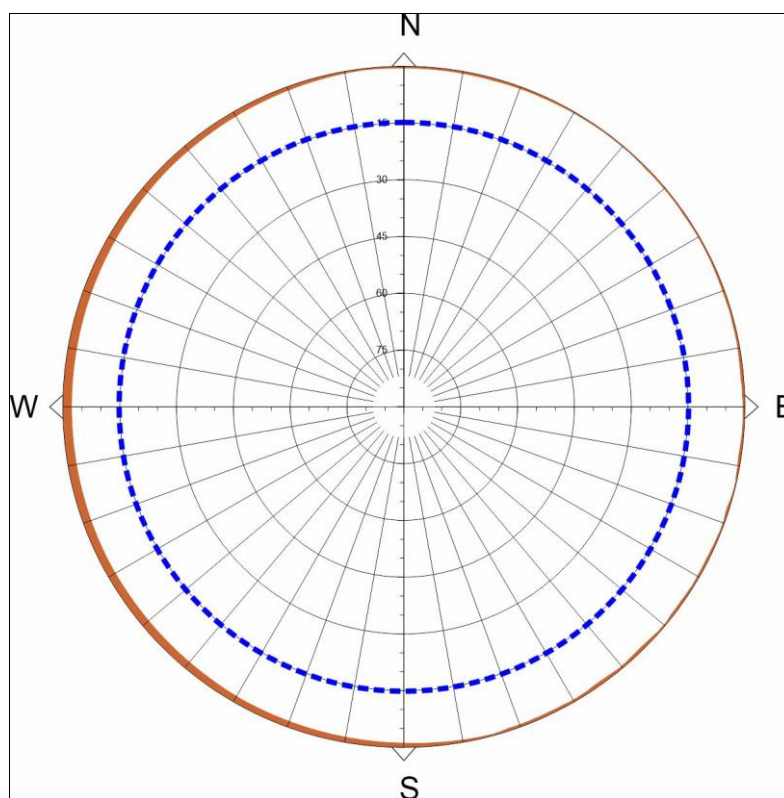


Abbildung 7-7: Horizontogramm um den Fuß des Schornsteins. Dargestellt ist die Horizonteinschränkung in Grad (Silhouetten der umgebenden Hügel). Der 15-Grad-Winkel ist blau gestrichelt gekennzeichnet.

Der Winkel von 15 Grad wird bereits am Fuß des Schornsteins in allen Richtungen unterschritten, so dass kein Zuschlag aufgrund des unebenen Geländes erforderlich ist.

7.4 Zusammenfassung der Schornsteinhöhenberechnung

Die Schornsteinmindesthöhe ist die größte Schornsteinhöhe, die sich aus den Ermittlungsschritten nach den Nrn. 5.5.2.1, 5.5.2.2 und 5.5.2.3 der TA Luft ergibt.

In Tabelle 7-3 sind die Schornsteinhöhen der einzelnen Ermittlungsschritte zusammengefasst. In vorliegendem Fall ergibt sich die maßgebende Schornsteinhöhe nach den Anforderungen der Nrn. 5.5.2.1 und 5.5.2.2 der TA Luft.

Tabelle 7-3: Schornsteinhöhen aus den einzelnen Ermittlungsschritten in m über Grund.

	Nr. 5.5.2.1 der TA Luft (VDI-Richtlinie 3781/4) Kapitel 7.2	Nr. 5.5.2.2 der TA Luft Kapitel 7.3
BHKW	10	6

Im vorliegenden Fall ist auf Anforderung des Landratsamts Schwäbisch Hall eine maximale Zusatzbelastung der Geruchsmissionen von gerundet 0 % erforderlich. Um dies zu gewährleisten, ist die Abluft in einer Höhe von

15 m über Grund

abzuleiten (siehe Kapitel 8.4.2).

Hinweis: Üblicherweise soll eine Immissionsminderung nicht durch eine Erhöhung des Schornsteins bewerkstelligt werden. Hiervon wird im vorliegenden Fall abgewichen, da die emissionsmindernden Maßnahmen nach Stand der Technik ausgeschöpft sind. So werden die Abgase mit einem SCR-Katalysator behandelt, der die Stickoxidemissionen reduziert. Als zusätzliche Maßnahme ist ein Oxidationskatalysator nachgeschaltet, mit dem weitere Geruchsträger (Ammoniak, Kohlenwasserstoffe) abgebaut werden.

Zu beachten ist ferner, dass die angesetzte Geruchsstoffkonzentration von 3.000 GE/m³ (siehe Kapitel 8.2.1 auf S. 30) auf Messungen aus dem Jahr 2008 beruht. Zu dieser Zeit wurden bei Biogas-BHKW noch keine SCR- und Oxidationskatalysatoren eingesetzt. Tatsächlich ist von einer geringeren Geruchsstoffkonzentration auszugehen.

8 Ermittlung der Immissionen

8.1 Allgemeines

Die SO₂- und NO_x-Massenströme unterschreiten die zugehörigen Bagatellmassenströme, so dass nach TA Luft (2021) Nr. 4.6.1.1 die Bestimmung der Immissions-Kenngrößen im Genehmigungsverfahren nicht erforderlich ist (vgl. Kapitel 6 auf Seite 15).

Dennoch ist eine Ausbreitungsrechnung durchzuführen, da die Stickstoff- und Säureeinträge in benachbarten FFH-Gebieten zu ermitteln sind. Ebenso sind die Geruchsimmissionen zu ermitteln.

8.2 Emissionsseitige Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung

8.2.1 Geruchsemissionen

Als Eingangsgröße für die Geruchsausbreitungsrechnung ist der Geruchsstoffstrom, d.h. die Emission von Gerüchen pro Zeiteinheit, von allen geruchsrelevanten Anlagenteilen zu ermitteln. Der Geruchsstoffstrom wird in Geruchseinheiten³ (GE) pro Stunde angegeben.

Im vorliegenden Fall, ist der Schornstein des BHKW-Motors zu berücksichtigen. Gemäß Nr. 2.5 e) der TA Luft ist der Geruchsstoffstrom das Produkt aus der Geruchsstoffkonzentration im Abgas und dem Volumenstrom bei 293,15 K und 1.013 hPa vor Abzug des Feuchtegehaltes. Die Geruchsstoffkonzentration im Abgas wird gemäß der Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaats Sachsen LfULG (2008) konservativ mit 3.000 GE/m³ angesetzt.

In Tabelle 8-1 ist die Ermittlung des Geruchsstoffstroms des BHKW dargestellt.

Tabelle 8-1: Ermittlung des Geruchsstoffstroms des BHKW

Größe	Einheit	BHKW
Abgasvolumenstrom i.N.f.	m ³ /h	5.062
Abgasvolumenstrom i.N.f. bei 20°C	m ³ /h	5.433
Geruchsstoffkonzentration	GE/m ³	3.000
Geruchsstoffstrom	MGE/h	16,3

³ Eine Geruchseinheit ist die Konzentration eines Geruchsstoffs an der Geruchswahrnehmungsschwelle.

Größe	Einheit	BHKW
Geruchsstoffstrom	GE/s	4.527
Emissionszeit	h/a	8.760
Schornsteinhöhe	m	15
Abgastemperatur	°C	180
Mündungsinwenddurchmesser	m	0,3
Abgasaustrittsgeschwindigkeit	m/s	33
Wasserbeladung	kg/kg	0,0774

Aufgrund ihres Wärmestroms und ihrer Austrittsgeschwindigkeit steigen die Abgase nach Verlassen der Schornsteinmündung weiter auf (Abgasfahnenüberhöhung). Die Eingangsdaten zur Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung sind ebenfalls in Tabelle 8-1 aufgeführt. Für die Ausbreitungsrechnung wird von einem ganzjährigen kontinuierlichen Betrieb des BHKW ausgegangen.

8.2.2 Stickstoff- und säurehaltige Emissionen

Zur Ermittlung der Stickstoff- und Säuredeposition im FFH Gebiet müssen die Emissionen an Stickoxiden, Schwefeldioxid und Ammoniak ermittelt werden.

In Tabelle 8-2 sind die zur Ermittlung der Stickstoff- und Säuredeposition erforderlichen Schadstoffmassenströme zusammengefasst. Der Berechnung liegt die Annahme zugrunde, dass 30 % der Stickoxidemissionen direkt als NO₂ emittiert werden. Die Umwandlung von NO zu NO₂ während der Ausbreitung wird vom Ausbreitungsmodell berücksichtigt. In der Ausbreitungsrechnung wird ein ganzjährig kontinuierlicher Betrieb (8.760 h/a) des BHKW-Motors berücksichtigt.

Tabelle 8-2: Stickoxid- und Ammoniakemissionen des geplanten BHKW

Quelle	NO _x [kg/h]	NO ₂ [kg/h]	NO [kg/h]	NH ₃ [kg/h]	SO ₂ [kg/h]
BHKW	0,675	0,203	0,309	0,135	0,405

* Der Massenström für Stickoxide wird als NO₂ angegeben. Zur Berechnung des NO Massenströms muss daher der entsprechende Anteil (hier 70 %) mit dem Verhältnis der Molekülmassen von 30/46 multipliziert werden.

Die Lage der Emissionsquelle ist in Abbildung 5-1 auf Seite 14 dargestellt.

8.3 Meteorologische Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung

8.3.1 Wind- und Ausbreitungsverhältnisse

Die Ausbreitung der Gerüche und Gase 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. Eine Beschreibung ist in Tabelle 8-3 zusammengefasst.

Tabelle 8-3: 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 ₁	stabile bis neutrale atmosphärische Schichtung, zumeist windiges Wetter
III ₂	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 Parameter in Form einer Zeitreihe (AKTerm) erforderlich, die einen ganzjährigen Zeitraum repräsentieren. Bei Verwendung einer Zeitreihe ist es u. a. möglich, die tageszeitliche Verteilung der Emissionen und die daran gekoppelten meteorologischen Ausbreitungssituationen zu berücksichtigen.

Da in der näheren Umgebung des Untersuchungsgebiets keine meteorologischen Messungen durchgeführt werden, die als Grundlage für Ausbreitungsrechnungen geeignet sind, wird auf eine Zeitreihe der Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Ausbreitungsklassen zurückgegriffen, die im Rahmen eines von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) finanzierten Projekts berechnet wurden. Ein Bezugspunkt, für den eine meteorologische Zeitreihe vorliegt, befindet sich direkt südlich der Anlage. Dieser Bezugspunkt liegt innerhalb des Simulationsgebiets des Ausbreitungsmodells.

Das repräsentative Jahr wurde nach den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 20 (2017) aus dem 10-jährigen Bezugszeitraum 2011 bis 2020 ermittelt. Dieser Zeitraum liegt den synthetischen Daten zugrunde. Die Herleitung des repräsentativen Jahres ist in Anhang 4 dargestellt.

Abbildung 8-1 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und -geschwindigkeiten in Form einer Windrose. Die Länge der Strahlen gibt an, wie häufig der Wind aus der jeweiligen Richtung weht.

Die Verteilung zeichnet sich durch ein ausgeprägtes Maximum bei Winden aus westlichen bis südwestlichen Richtungen aus. Ein weiteres Maximum liegt bei nordöstlichen Richtungen. Das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit beträgt ca. 3,2 m/s.

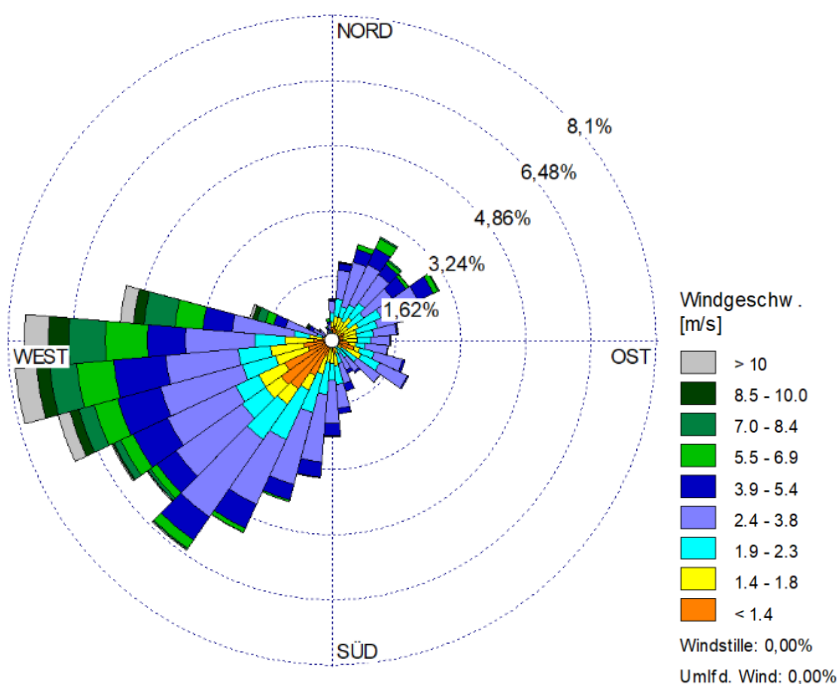


Abbildung 8-1: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen.

Die Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen ist in Abbildung 8-2 dargestellt. Die neutralen Ausbreitungsklassen (III/1 + III/2) sind mit ca. 62 % am stärksten vertreten, gefolgt von den stabilen Ausbreitungsklassen (I + II), deren Häufigkeit etwa 26 % beträgt. Labile atmosphärische Verhältnisse (IV + V) kommen mit ca. 13 % am seltensten vor.

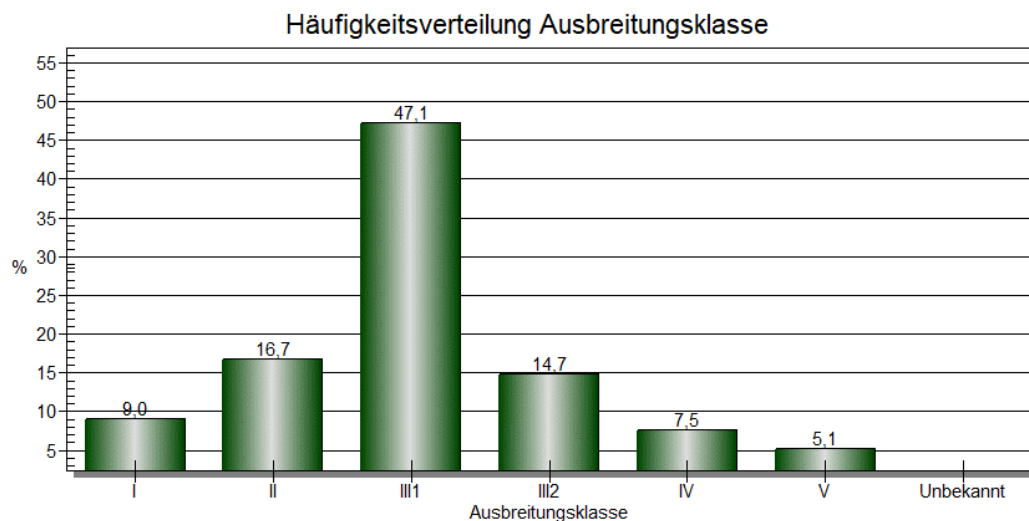


Abbildung 8-2: Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen

8.3.2 Niederschlag

Zur Berücksichtigung der nassen Deposition (Auswaschen von stickstoffhaltigen Gasen durch Niederschlag) soll entsprechend Anhang 2, Nr. 9.1 eine Zeitreihe der Niederschlagsintensität, die vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt wird, verwendet werden. Die Zeitreihe soll für das Bezugsjahr der meteorologischen Daten und den Standort gültig sein.

Derzeit liegt beim Umweltbundesamt nur der Zeitraum 2006 bis 2015 vor, so dass die Zeitreihe des Jahres 2012 verwendet werden kann. Der Gesamtniederschlag beträgt 793 mm. Regenereignisse liegen während 985 Stunden vor. Dabei wurde die stündlich ermittelte Niederschlagsmenge des Jahres 2012 so skaliert, dass die Jahressumme des Niederschlags dem langjährigen Mittel am Standort der geplanten Anlage entspricht.

8.3.3 Kaltluftabflüsse

Für die Ausbreitung der Gerüche können lokale Windsysteme, insbesondere Kaltluftabflüsse, von besonderer 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 Kaltluft 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 Luftströmungen aus, die aufgrund ihrer vertikalen Temperaturverteilung eine geringe vertikale Durchmischung aufweisen. Gerüche können so über größere Strecken transportiert werden.

Da Kaltluftabflüsse in den Zeitreihen der LUBW nicht immer enthalten sind, müssen Sonderuntersuchungen durchgeführt werden. Insbesondere ist zu klären, ob die Kaltluftabflüsse Gerüche zur umliegenden Wohnbebauung verfrachten können. Um dies zu prüfen, wurden Simulationen mit dem Kaltluftabfluss-Modell GAK (‚Geruchsausbreitung in Kaltluftabflüssen‘) durchgeführt. Dieses Modell wurde von uns im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg entwickelt und wird in mehreren Bundesländern eingesetzt (Röckle & Richter (2000), Röckle & Richter (2005), Röckle, Höfl & Richter (2012)).

Die Berechnungen wurden für eine typische wolkenarme Nacht durchgeführt. Das Modell liefert, abhängig von Orographie und Landnutzung, die vertikal gemittelten Strömungsgeschwindigkeiten und die Kaltluftmächtigkeit im Untersuchungsgebiet.

Die Simulationen zeigen, dass der Kaltluftabfluss am Standort der Anlage aufgrund des schwach gegliederten Geländes während der gesamten Nacht eine Fließgeschwindigkeit von maximal 0,3 m/s erreicht (siehe Protokolldatei in Anhang 7). Dies bedeutet, dass die Kaltluftströmung bereits durch geringe übergeordnete Winde aufgelöst wird und somit in der Geruchsprognose keine Rolle spielt. Dies geht auch aus der Protokolldatei des Kaltluftabflussmodells hervor. Darüber hinaus beträgt die vertikale Ausdehnung der Kaltluft fast durchweg geringer als 15 m, sodass sie für die Emissionen des BHKW keine Rolle spielt.

8.4 Immissionen

8.4.1 Allgemeines

Die vom geplanten BHKW verursachten Immissionen werden mittels Ausbreitungsrechnungen gemäß den Anforderungen des Anhangs 2 der TA Luft ermittelt. Detaillierte Angaben zum verwendeten Ausbreitungsmodell und zur Durchführung der Ausbreitungsrechnung können Anhang 2 entnommen werden.

Eingangsdaten für das Ausbreitungsmodell sind:

- Die Schornsteinhöhe und Abgasrandbedingungen (vgl. Kapitel 7)
- Die vom Schornstein ausgehenden Emissionen (vgl. Kapitel 8.2)
- Die meteorologischen Eingangsdaten (vgl. Kapitel 8.3)
- Die Geländestruktur in Form eines digitalen Höhenmodells (vgl. Anhang 4, Abschnitt A2.5)
- Die Lage von Gebäuden und Hindernissen (vgl. Anhang 4, Abschnitt A2.7)
- Die Lage des Schornsteins (vgl. Anhang 4, Abschnitt A2.8)

- Die Abgasfahnenüberhöhung (vgl. Anhang 4, Abschnitt A2.11).

8.4.2 Prüfung des Schutzes vor erheblichen Belästigungen durch Geruchsimmissionen

Das Ergebnis der Ausbreitungsrechnung ist in Abbildung A-1 im Anhang 1 dargestellt. Hieraus wird ersichtlich, dass die Geruchsstundenhäufigkeiten an allen Beurteilungspunkten bei < 0,5 % (gerundet: 0%) liegen. Damit wird die Irrelevanzschwelle von 2 % unterschritten. Gemäß TA Luft ist somit davon auszugehen, dass die geplante Anlage an den Beurteilungspunkten keinen relevanten Beitrag zur Geruchsbelastung liefert.

Auch die Anforderung des Landratsamts Schwäbisch Hall, dass aufgrund der hohen Vorbelastung eine maximale Zusatzbelastung von gerundet 0 % nicht überschritten werden darf, wird erfüllt.

8.4.3 Prüfung des Schutzes vor erheblichen Nachteilen, insbesondere des Schutzes der Vegetation, von Ökosystemen sowie sehr empfindlicher Tiere, Pflanzen und Sachgüter

Die NH_3 -, SO_2 - und NO_x -Massenströme unterschreiten die zugehörigen Bagatellmassenströme, so dass die Bestimmung der Immissions-Kenngrößen dieser Stoffe nicht erforderlich ist. Dies gilt auch für die Stickstoffdeposition außerhalb der FFH-Gebiete.

Hingegen sind die von der Anlage verursachten Stickstoff- und Säuredepositionen in den nächstgelegenen FFH-Gebieten zu ermitteln. Detaillierte Angaben zum Ausbreitungsmodell und zur Durchführung der Ausbreitungsrechnung können Anhang 2 entnommen werden.

8.4.3.1 Beurteilungspunkte

Die Depositionen werden am höchst beaufschlagten Ort der nächstgelegenen FFH-Gebiete ermittelt. In allen weiter entfernten Bereichen sind die Depositionen geringer. Die Lage der Aufpunkte ist in Abbildung 8-3 dargestellt.

Tabelle 8-4: Beschreibung und Lage der Beurteilungspunkte in FFH-Gebieten

Beurteilungspunkt	Beschreibung	Ost-/Nordwert (UTM-32)
1	Nordöstliche Hohenloher Ebene (Nr. 6726341)	579637 / 5463792
2	Taubertal nördlich Rothenburg und Steinbachtal (Nr. 6627-371)	581676 / 5465554

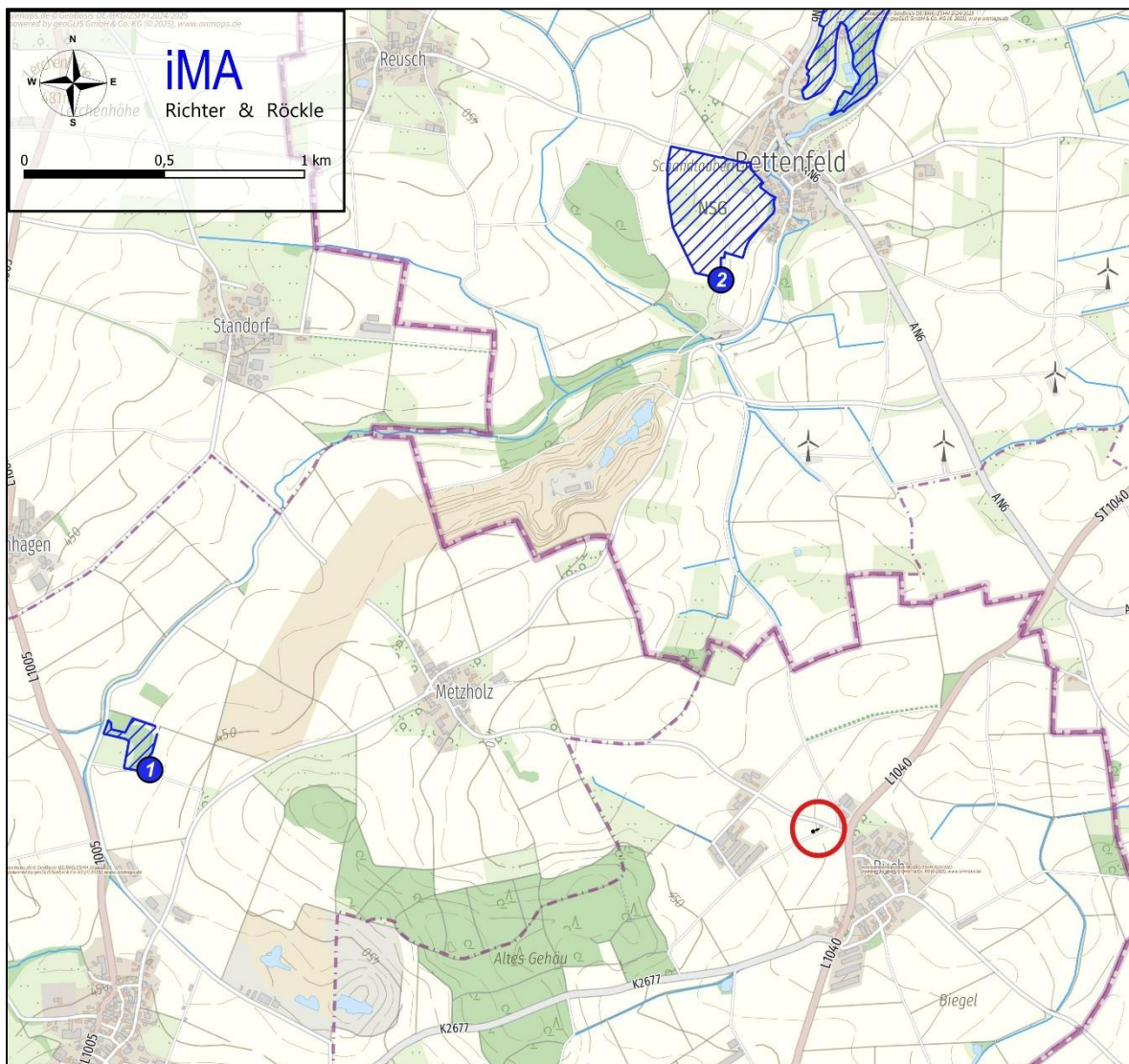


Abbildung 8-3: Lage der Aufpunkte (blaue Kreise), an denen die höchsten Stickstoffdepositionen in den umliegenden FFH-Gebieten (blau gestrichelt) ermittelt werden.
Kartengrundlage: onmaps.de (c)GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2025.

8.4.3.2 Stickstoffdeposition

Zur Ermittlung der Stickstoffdeposition sind zunächst die trockene und nassen Deposition der Stoffe NH_3 , NO_2 und NO zu bestimmen. Anschließend sind die Beiträge zu addieren. Die Berechnungsmethode ist in Anhang 2, Abschnitt A2.3 aufgeführt.

Tabelle 8-5 enthält die Zusatzbelastung der Stickstoffdeposition an den Beurteilungspunkten. Diese wurde um den Beitrag der statistischen Unsicherheit des Ausbreitungsmodells erhöht. Abbildung A1-2 auf Seite 45 zeigt die flächenhafte Verteilung der

Stickstoffdeposition in der Umgebung der Anlage. Die Säuredeposition breitet sich in gleicher Weise aus. Die Beurteilungspunkte sind in der Abbildung dargestellt.

Tabelle 8-5: Vorhabenbedingte Stickstoffdeposition in kg/(ha · a) an den Beurteilungspunkten im FFH-Gebiet (in den anderen Teilflächen der FFH-Gebiete ist die Stickstoffdeposition geringer)

Aufpunkt	Stickstoffdeposition in kg/(ha · a)
1	0,009
2	0,015
Abschneidekriterium	0,3

Das Abschneidekriterium von 0,3 kg/(ha a) wird in beiden FFH-Gebieten unterschritten.

8.4.3.3 Säuredeposition

Zur Ermittlung der Säuredeposition werden die Depositionsbeiträge von NO₂, NO, NH₃ und SO₂ ermittelt. Anschließend werden die Beiträge addiert. Die Berechnungsmethode ist in Anhang 2 Abschnitt A2.4 dargestellt.

Es errechnen sich der in Tabelle 8-6 dargestellte vorhabenbedingte Säure-Depositionsbeitrag der Anlage in den FFH-Gebieten. Der Wert wurde um den Beitrag der statistischen Unsicherheit des Ausbreitungsmodells erhöht.

Tabelle 8-6: Vorhabenbedingte Säuredepositionen an den Aufpunkten der FFH-Gebiete

Aufpunkt	Säuredeposition in keq/(ha·a)
1	0,0012
2	0,0021
Abschneidekriterium	0,04

Das Abschneidekriterium von 0,04 keq(N+S)/(ha a) wird unterschritten.

9 Zusammenfassung

Die Naturenergie Buch GmbH & Co.KG i.G. plant die Errichtung und den Betrieb eines Satelliten-BHKW am Standort Gemmhagen 6 in 74575 Schrozberg. Die installierte Feuerungswärmeleistung ist mit 2.886 kW_{FWL} vorgesehen. Sie soll auf 2.000 kW_{FWL} gedrosselt werden. Im vorliegenden Gutachten wurde konservativ die installierte Feuerungswärmeleistung von 2.886 kW_{FWL} angesetzt.

9.1 Schornsteinhöhe zur Ableitung der Abgase

Die Schornsteinhöhe zur Ableitung der Abgase wurde gemäß Nr. 5.5 der TA Luft ermittelt. Zusätzlich wurde die Anforderung des Landratsamts Schwäbisch Hall, dass wegen der hohen Vorbelastung eine maximale Zusatzbelastung von gerundet 0 % nicht überschritten werden darf, berücksichtigt.

Damit ergibt sich für den Schornstein des geplanten BHKW eine Höhe von

15 m über Grund.

9.2 Schutz der menschlichen Gesundheit

Alle Schadstoffe unterschreiten die zugehörigen Bagatellmassenströme, so dass die Bestimmung der Immissions-Kenngrößen nicht erforderlich war. Die gesundheitliche Relevanz der Stoffe, für die in der TA Luft keine Bagatellmassenströme ausgewiesen sind, ist ebenfalls gering. Gemäß Nr. 4.1 der TA Luft ist somit davon auszugehen, dass die geplante Anlage keine Gefahren für die menschliche Gesundheit verursacht.

9.3 Schutz der Vegetation und Ökosysteme

Die NH_3 -, SO_2 - und NO_x -Massenströme unterschreiten die zugehörigen Bagatellmassenströme, so dass die Bestimmung der Immissions-Kenngrößen nicht erforderlich ist.

Die vorhabenbedingte Zusatzbelastung an Stickstoffeinträgen in den umliegenden FFH-Gebieten unterschreitet das Abschneidekriterium von 0,3 kg N/(ha a).

Dies gilt auch für die vorhabenbedingte Zusatzbelastung an Säureeinträgen, die das Abschneidekriteriums von $0,04 \text{ keq} \cdot S_{\text{eq}}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ in den FFH-Gebieten unterschreitet.

9.4 Schutz vor erheblichen Belästigungen durch Geruchsimmissionen

Das Ergebnis der Geruchsprognosen zeigt, dass die Geruchsstundenhäufigkeiten an allen Beurteilungspunkten bei < 0,5 % (gerundet: 0%) liegen. Damit wird die Irrelevanzschwelle von 2 % unterschritten.

Auch die Anforderung des Landratsamts Schwäbisch Hall, dass aufgrund der hohen Vorbelastung eine maximale Zusatzbelastung von gerundet 0 % erforderlich ist, wird erfüllt.

Die verwaltungsrechtliche Bewertung bleibt der Genehmigungsbehörde vorbehalten.

Für den Inhalt



Gabriel Hinze
Diplom-Meteorologe
Projektleiter, Sachverständiger



Anaïs Dittrich
M.Sc. Umweltwissenschaften
Sachverständige



Claus-Jürgen Richter
Diplom-Meteorologe
Geschäftsführer

Freiburg, den 02.04.2025

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

- 44. BImSchV** (2022): Verordnung über mittelgroße Feuerungs- Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen vom 13. Juni 2019 (BGBl. I S. 804), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1801) geändert worden ist.
- BImSchG** (2024): Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 3. Juli 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 225) geändert worden ist.
- Janicke, U.** (2024): AUSTAL – Programmbeschreibung zu Version 3.3. Stand 2024-03-22. Ingenieurbüro Janicke (Umweltbundesamt, Dessau).
- Janicke, U. & L. Janicke** (2021): AUSTAL – Programmbeschreibung zu Version 3.1. Stand 2021-08-09. Ingenieurbüro Janicke (Umweltbundesamt, Dessau).
- LAI** (2023): Merkblatt Schornsteinhöhenbestimmung zur TA Luft 2021; Juli 2023.
- LBM-DE** (2012): Bundesamt für Kartographie und Geodäsie: Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland: LBM-DE2012, Stand der Dokumentation: 07.01.2016.
- LfULG** (2008): Gerüche aus Abgasen bei Biogas-BHKW, Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaats Sachsen. Heft 35/2008.
- Röckle, R., H.-C. Höfl & C.-J. Richter** (2012): Ausbreitung von Gerüchen in Kaltluftabflüssen. Immissionsschutz (2)2012.
- Röckle, R. & C.-J. Richter** (2000): GAK - ein Screening-Modell zur Standort-Beurteilung von Geruchsemitenten bei Kaltluftabflusssituationen in Baden-Württemberg. Forschungsbericht im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg.
- Röckle, R. & C.-J. Richter** (2005): GAK - ein Screening-Modell zur Standort-Beurteilung von Geruchsemitenten bei Kaltluftabflusssituationen in Nordrhein-Westfalen. Forschungsbericht im Auftrag des Landesumweltamtes NRW.
- TA Luft** (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021.
- UBA** (2024): Umweltbundesamt: Rechenprogramme Besmin und Besmax (kurz BESTAL) für die Schornsteinhöhenbestimmung nach der Nummer 5.5 der TA Luft (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.
- VDI-Richtlinie 3782, Blatt 5** (2006): Umweltmeteorologie. Atmosphärische Ausbreitungsmodelle. Depositionsparameter.

VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13 (2010): Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsprognose - Anlagenbezogener Immissionsschutz - Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft. VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13:2010-01.

VDI-Richtlinie 3783, Blatt 20 (2017): Umweltmeteorologie - Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten zur Anwendung im Rahmen der TA Luft. VDI-Richtlinie 3783, Blatt 20:2017-03.

WinSTACC (2024): PC-Programm für Richtlinie VDI 3781 Blatt 4 „Ableitbedingungen für Abgase - Kleine und mittlere Feuerungsanlagen sowie andere als Feuerungsanlagen“.

Anhang:

Anhang 1: Flächenhafte Verteilung der Immissionen

Anhang 2: Durchführung der Ausbreitungsrechnung

Anhang 3: Protokolldatei des Programms WinSTACC

Anhang 4: Ermittlung des repräsentativen Jahres

Anhang 5: Protokolldateien von AUSTAL

Anhang 6: Ermittlung der Volumenströme

Anhang 7: Protokolldatei des Kaltluftabflussmodells

Anhang 1: Flächenhafte Verteilung der Immissionen

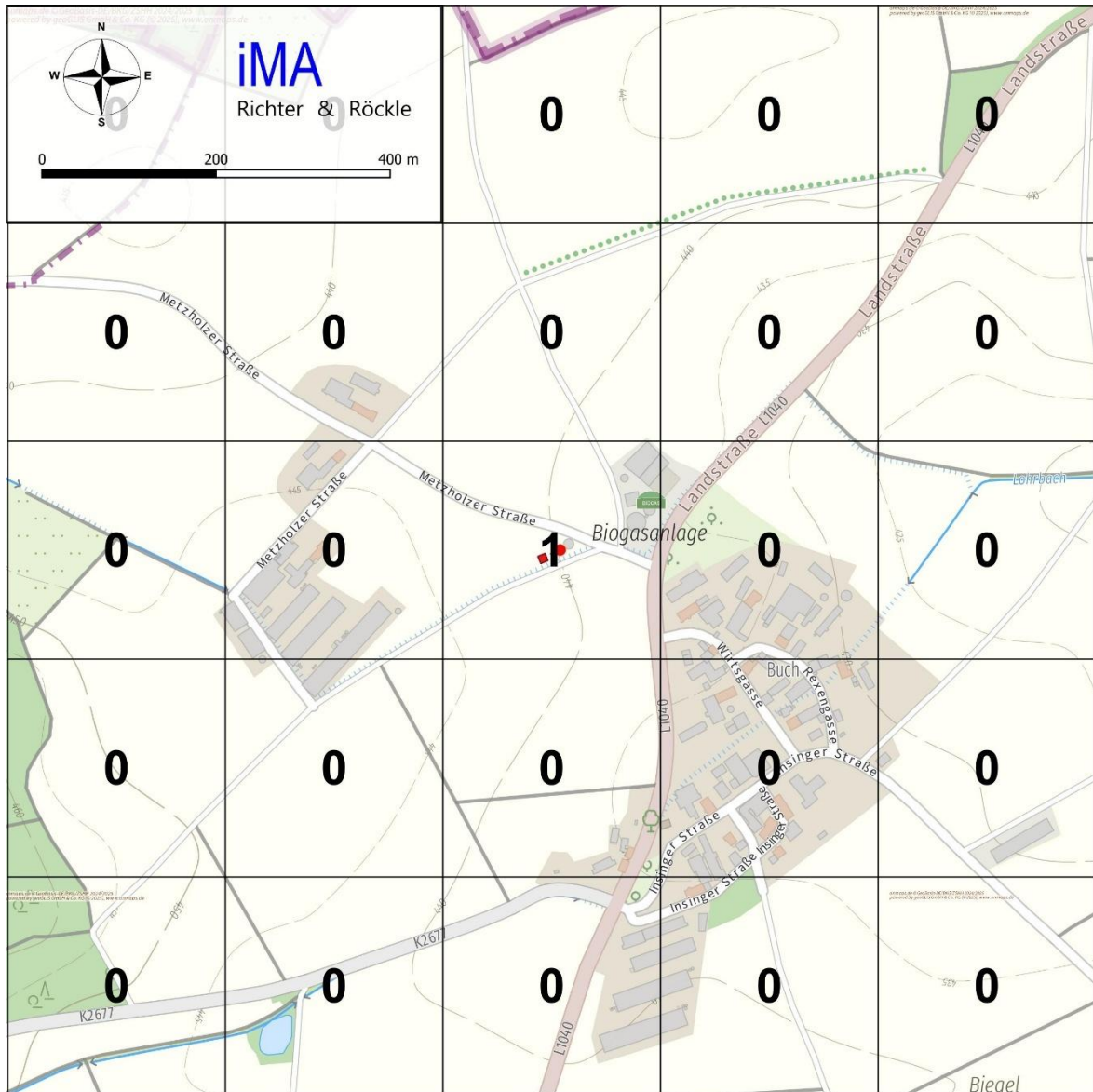


Abbildung A-1: Geruchsstundenhäufigkeiten (in %) in der Umgebung des geplanten Satelliten-BHKW (rot). Gesamtzusatzbelastung der geplanten Anlage. Die Irrelevanzschwelle beträgt 2 %.

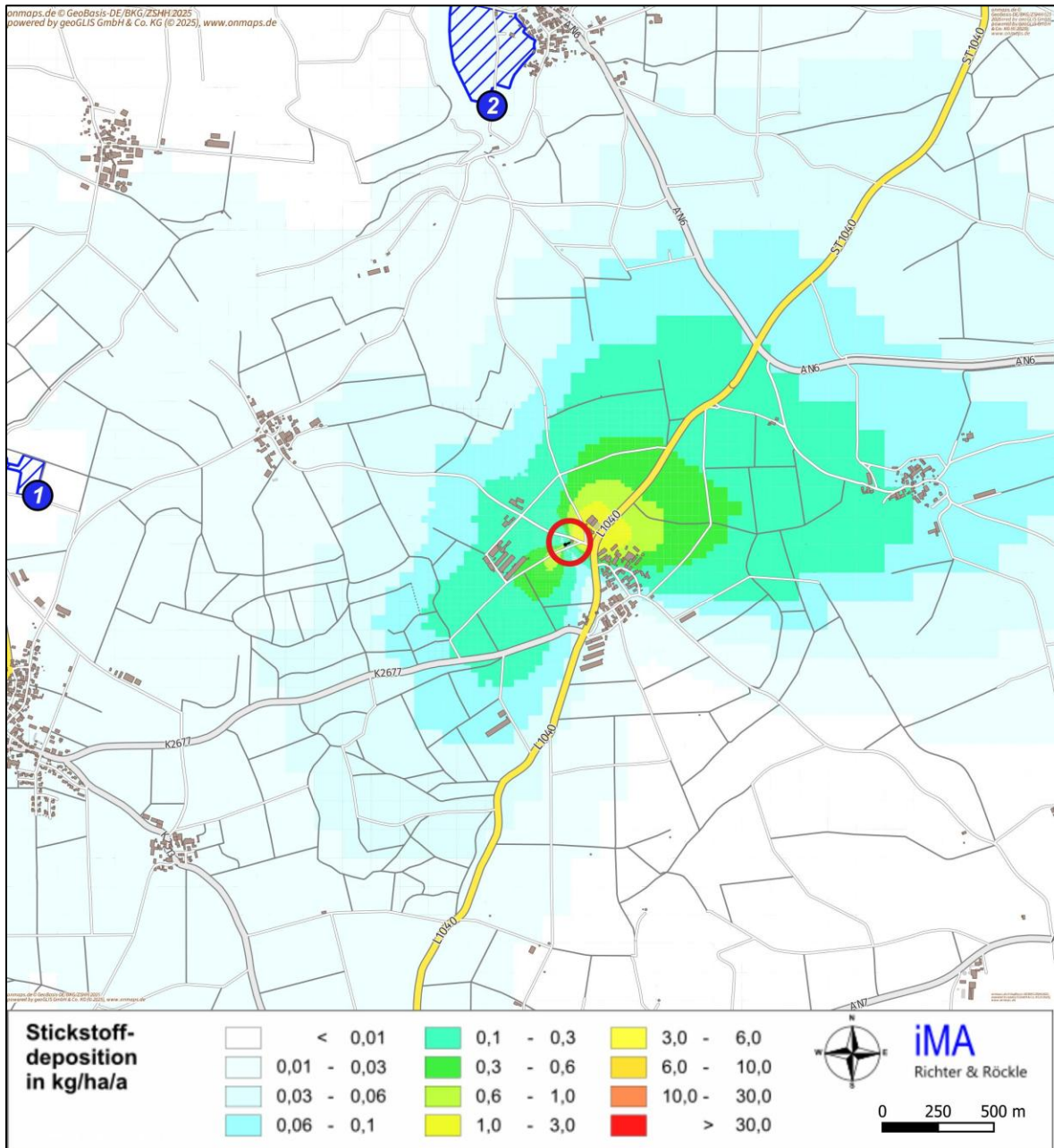


Abbildung A1-2: Stickstoff-Deposition in kg/(ha a): Immissionsbeitrag der geplanten Anlage
Abschneidekriterium: 0,3 kg/(ha a). Die FFH-Gebiete sind blau schraffiert. Die Lage des Satelliten-BHKW ist rot umrandet. Die Aufpunkte sind als blaue Kreise eingetragen.
(Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2025)

Anhang 2: Durchführung der Ausbreitungsrechnung

A2.1 Allgemeines

Die Immissionen werden mit Hilfe von Ausbreitungsrechnungen gemäß TA Luft ermittelt. Eingangsdaten für das Ausbreitungsmodell sind:

- Die von den Quellen ausgehenden Emissionen (vgl. Kapitel 8.2)
- Die Geländestruktur (vgl. Kapitel A2.6)
- Die Lage von Gebäuden und Hindernissen (vgl. Kapitel A2.7)
- Die Lage der Quellen und die Quellhöhen (vgl. Kapitel A2.8)
- Die meteorologischen Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnung (vgl. Kapitel 8.3)

Die Ausbreitungsrechnungen werden entsprechend der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13 (2010) zur „Qualitätssicherung in der Immissionsprognose“ erstellt.

A2.2 Verwendetes Programmsystem

Die Ausbreitungsrechnungen werden mit dem Ausbreitungsmodell „AUSTAL“ (Janicke (2024)), Version 3.3.0-WI-x vom 22.03.2024, durchgeführt. Dieses Modell entspricht den Anforderungen des Anhangs 2 der TA Luft (2021).

Das Ausbreitungsmodell wird

- mit der Qualitätsstufe +2 und
- mit der NOSTANDARD-Option WETDRIFT zur Berücksichtigung der Tropfenverdriftung bei der Ausweisung der nassen Deposition

betrieben.

A2.3 Berechnung der Stickstoffdeposition

Zur Ermittlung der Stickstoffdeposition sind zunächst die trockenen und nassen Depositionen der Stoffe NH_3 , NO_2 und NO zu bestimmen. Anschließend sind die Beiträge zu addieren. Hierbei ist nur der Stickstoffanteil der Moleküle zu berücksichtigen.

Entsprechend der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 5 (2006) sind zur Ermittlung der trockenen Depositionen die in Tabelle A2-1 aufgeführten Depositionsgeschwindigkeiten zu verwenden.

Tabelle A2-1: Depositionsgeschwindigkeit v_d (trockene Deposition)

Stoff	Depositionsgeschwindigkeit v_d in m/s	Literaturquelle
Stickstoffdioxid (NO ₂)	0,003	TA Luft
Stickstoffmonoxid (NO)	0,0005	TA Luft
Ammoniak (NH ₃)	0,010	TA Luft
	0,015	VDI 3782 Bl. 5, Wiese
	0,020	VDI 3782 Bl. 5, Wald

Da die FFH-Gebiete teilweise bewaldet sind, wird für Ammoniak die Depositionsgeschwindigkeit von 0,02 m/s aus der VDI-Richtlinie 3782 Blatt 5 angewendet. Hierzu sind die berechneten Beiträge der trockenen Deposition durch Ammoniak mit dem Faktor 2 zu multiplizieren (Hinweis: Das Ausbreitungsmodell AUSTAL berechnet die NH₃-Deposition mit einer Depositionsgeschwindigkeit von 0,01 m/s).

Die nasse Deposition wird mit Hilfe einer stoffspezifischen Auswaschrates beschrieben. Der Ansatz lautet:

$$A = f \cdot (I / I_r)^e \cdot s^{-1}$$

mit

- A: Auswaschrates (in s⁻¹)
- f: stoffspezifischer Faktor (Zahlenwert)
- I: Niederschlagsintensität (in mm/h)
- I_r: 1 mm/h
- e: Exponent (Zahlenwert)

Die in der Ausbreitungsrechnung verwendeten Zahlenwerte für f und e entstammen der VDI 3782 Blatt 5 und sind stoffspezifisch in Tabelle A2-2 aufgelistet. Die Niederschlagsintensität I liegt für jede Stunde des Jahres in der meteorologischen Zeitreihe vor. Die Daten sind jeweils auf das langjährige Mittel der Niederschlagssumme skaliert. Die Jahressumme des Niederschlags im Jahr 2012 beträgt ca. 793 mm (siehe auch Kapitel 8.4.2).

Tabelle A2-2: Stoffspezifische Größen zur Berücksichtigung der Auswaschrates bei der Berechnung der nassen Deposition. Die Auswaschrates für NO ist laut VDI 3782 Bl. 5 Null.

Stoff	Faktor f	Exponent e
NO ₂	$1 \cdot 10^{-7}$	1
NH ₃	$1,2 \cdot 10^{-4}$	0,6

Der Stickstoff-Anteil aus der NO-Deposition errechnet sich durch Anwendung eines Faktors 14/30 (Massenanteil des Stickstoffs am NO-Molekül), aus der NO₂-Deposition durch Verwendung des Faktors 14/46 (Massenanteil des Stickstoffs am NO₂-Molekül) und aus der NH₃-Deposition mit einem Faktor 14/17 (Massenanteil des Stickstoffs am NH₃-Molekül). Die Summe der jeweiligen Stoffbeiträge ergibt die Gesamt-Stickstoffdeposition (N_{Dep}).

A2.4 Berechnung der Säuredeposition

Zur Ermittlung der Stickstoffdeposition sind zunächst die trockenen und nassen Depositionen der Stoffe NO₂, NO und Ammoniak zu bestimmen. Anschließend sind die Beiträge zu addieren. Hierbei ist nur der Stickstoff- und der Schwefelanteil der Moleküle zu berücksichtigen.

Zur Ermittlung der Säuredeposition werden die Depositionsbeiträge von NO₂, NO und SO₂ ermittelt. Anschließend werden die Beiträge addiert.

Die Berechnung erfolgt analog zur Stickstoffdeposition, wobei die in Tabelle A2-3 und Tabelle A2-4 aufgeführten Werte zu verwenden sind.

Tabelle A2-3: Depositionsgeschwindigkeit v_d (trockene Deposition)

Stoff	Depositionsgeschwindigkeit v_d in m/s	Literaturquelle
Stickstoffdioxid (NO ₂)	0,003	TA Luft
Stickstoffmonoxid (NO)	0,0005	TA Luft
Schwefeldioxid (SO ₂)	0,010	VDI 3782 Bl. 5, Mesoskala
	0,010	VDI 3782 Bl. 5, Wiese
	0,015	VDI 3782 Bl. 5, Wald
Ammoniak (NH ₃)	0,010	TA Luft
	0,015	VDI 3782 Bl. 5, Wiese
	0,020	VDI 3782 Bl. 5, Wald

Da die FFH-Gebiete teilweise bewaldet sind, wird hier für Schwefeldioxid die Depositionsgeschwindigkeit von 0,015 m/s aus der VDI-Richtlinie 3782 Blatt 5 angewendet. Somit werden die Beiträge der trockenen Deposition durch Schwefeldioxid aufgrund der teilweise bewaldeten Flächen mit dem Faktor 1,5 zu multiplizieren (Hinweis: Das Ausbreitungsmodell AUSTAL berechnet die SO₂-Deposition mit einer Depositionsgeschwindigkeit von 0,01 m/s). Für Ammoniak wird analog zu Kapitel A2.3 vorgegangen.

Tabelle A2-4: Stoffspezifische Größen zur Berücksichtigung der Auswaschraten bei der Berechnung der nassen Deposition

Stoff	Faktor f	Exponent e
NO ₂	$1 \cdot 10^{-7}$	1
SO ₂	$2 \cdot 10^{-5}$	1
NH ₃	$1,2 \cdot 10^{-4}$	0,6

Das Säureäquivalent wird in der Einheit keq N+S/(ha Jahr) bestimmt als:

$$N_{\text{Dep}} / 14 + S_{\text{Dep}} / 16 \quad (N = \text{Stickstoff}, S = \text{Schwefel})$$

wobei N_{Dep} und S_{Dep} in kg/(ha Jahr) angegeben sind.

A2.5 Rechengebiet

Die Ausbreitungsrechnung wird für ein Rechengebiet von 2,0 km x 2,0 km durchgeführt. Das Rechengebiet wurde automatisch über AUSTAL generiert.

Das Rechengebiet wurde so gewählt, dass die Windmessstation sowie die für die Ausbreitung wesentlichen topografischen Gegebenheiten enthalten sind.

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 Gebietsgröße der einzelnen Gitter wird automatisch von AUSTAL entsprechend den Anforderungen des Anhangs 2 der TA Luft erzeugt. Die Dimensionierung der Rechengitter ist in Tabelle A2-5 aufgeführt.

Tabelle A2-5: Dimensionierung der Modellgitter.

Gitter	Maschenweite	Gebietsgröße	Gitterpunkte
1	4 m	192 m x 200 m	48 x 50
2	8 m	368 m x 384 m	46 x 48
3	16 m	736 m x 736 m	46 x 46
4	32 m	1472 m x 1472 m	46 x 46
5	64 m	2048 m x 2048 m	32 x 32

A2.6 Geländeeinfluss

Nach Nr. 12, Anhang 2 der TA Luft sind in der Ausbreitungsrechnung die Geländestrukturen zu berücksichtigen, falls innerhalb des Rechengebietes Höhendifferenzen zum Emissionsort von mehr als dem 0,7-fachen der Schornsteinbauhöhe und Steigungen von mehr als 1:20 auftreten. Die Steigung soll dabei als Höhendifferenz über eine Strecke bestimmt werden, die dem 2-fachen der Quellhöhe entspricht. Im betrachteten Untersuchungsgebiet treffen die Kriterien nach TA Luft zu.

Als Grundlage zur Erzeugung eines digitalen Höhenmodells werden die Daten des Höhenmodells GlobDEM50 im 50-Meter-Raster verwendet. GlobDEM50 basiert auf Rohdaten der Shuttle Radar Topography Mission von NASA, NIMA, DLR und ASI aus dem Jahr 2000.

Gemäß Anhang 2, Nr. 12 der TA Luft können Geländeunebenheiten mit Hilfe des in AUSTAL integrierten mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodells berücksichtigt werden, wenn die Steigung des Geländes den Wert 1:5 (0,2) nicht überschreitet.

Dieser Wert wird im vorliegenden Fall im gesamten Simulationsgebiet unterschritten.

Der Geländeeinfluss kann daher mit dem zu AUSTAL gehörenden Windfeldmodell TALdia (Version 3.3.0-WI-x) berechnet werden.

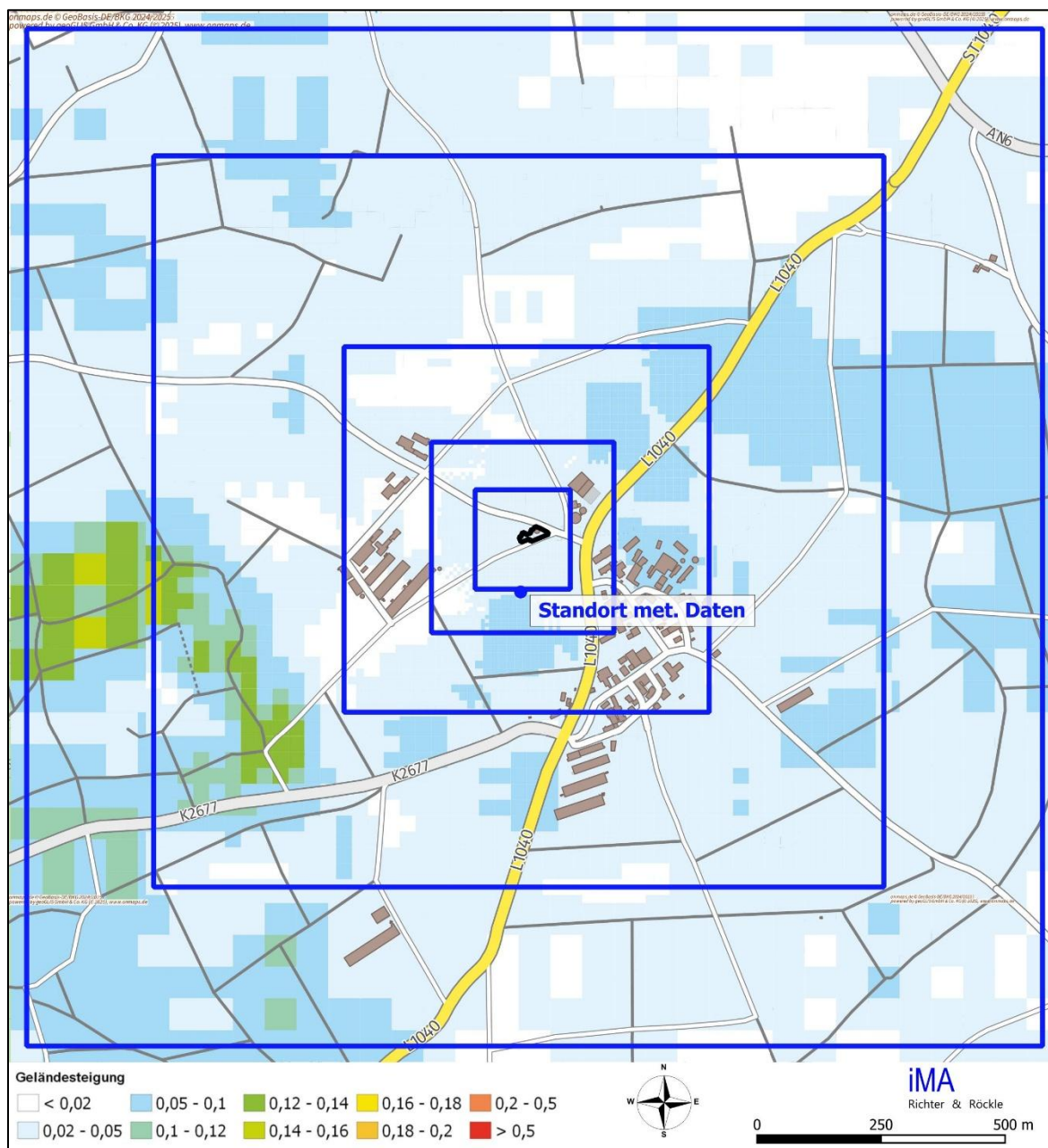


Abbildung A2-1: Geländesteigung im Simulationsgebiet und Lage der Rechengitter (blau). Die Lage des Plangebiets ist schwarz umrandet.

A2.7 Berücksichtigung von Gebäudeeinflüssen

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

Entsprechend Anhang 2, Nr. 11 TA Luft (2021) 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. Der Schornstein des BHKW weist im vorliegenden Fall eine Höhe auf, die geringer als die 1,7-fache Höhe des höchsten Gebäudes ist. Maßgeblich für die Beurteilung der Gebäudehöhen sind dabei alle Bauwerke, deren Abstand von der Emissionsquelle geringer ist als das 6-fache der Gebäudehöhe. Im vorliegenden Fall trifft dieses Kriterium auf den Warmwasserpufferspeicher zu. Er ist mit den in Tabelle A2-6 angegebenen Höhendaten digitalisiert. Die Lage kann Abbildung A2-2 entnommen werden.

Tabelle A2-6: Gebäudedimensionen, relativ zum Koordinatenursprung bei RW 32582030 HW 5463589 (UTM-32-Koordinaten-System).

Gebäude	Ursprung [m]		Ausdehnung [m]			Drehwinkel [°]
			horizontal		vertikal	
	x-Wert	y-Wert	a	b	c	
GEB_001	-27,48	-8,43	9	9	16	22,83

A2.8 Lage und Konfiguration der Emissionsquellen

Der Schornstein des BHKW wird als Punktquelle berücksichtigt.

Die Lage und Konfiguration der Emissionsquelle ist in Tabelle A2-7 aufgeführt. Die Koordinaten sind relativ zum Ursprung des Rechengebiets angegeben. Abbildung A2-2 enthält die Lage der im Modell berücksichtigten Emissionsquelle.

Tabelle A2-7: Quelldimensionen, relativ zum Koordinatenursprung bei RW 32582030, HW 5463589 (UTM-32-Koordinaten-System).

Quelle		Ursprung [m]		Höhe Unter- kante [m]	Ausdehnung [m]			Dreh- winkel [°]
					Horizontal		verti- kal	
		x-Wert	y-Wert		a	b	c	
BHKW_NEU	BHKW	-5,33	7,23	15	0	0	0	0



Abbildung A2-2: Lage der im Modell berücksichtigten Geruchs-Emissionsquellen des Betriebs (orange) und Gebäude (grün).
Kartengrundlage: onmaps.de (c)GeoBasis-DE/BKG/ZSHH 2025.

A2.9 Rauigkeitslänge

Ein Maß für die Bodenrauigkeit im Beurteilungsgebiet ist die mittlere Rauigkeitslänge. Nach Nr. 6, Anhang 2 TA Luft (2021) soll die mittlere Rauigkeitslänge aus dem Landbedeckungsmodell Deutschland LBM-DE (2012) des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie bestimmt werden.

Vom Modell Austal, das das Landbedeckungsmodell beinhaltet, wird ein gerundeter Mittelwert von 0,2 m für das Simulationsgebiet berechnet. Die Umgebung ist gekennzeichnet von landwirtschaftlichen Flächen. Daher ist die Rauigkeit für den Standort plausibel.

A2.10 Windfeldmodell

Die Windfeldberechnung mit Berücksichtigung von Gelände und Gebäuden wurde mit dem diagnostischen Windfeldmodell TALdia in der Version 3.3.0-WI-x durchgeführt.

Zur Anwendung des Windfeldmodells sollte die maximale skalierte Restdivergenz nicht größer als 0,05 sein (Janicke & Janicke (2021)). Im vorliegenden Fall wird die maximale Restdivergenz mit 0,015 ausgewiesen. Die mit dem diagnostischen Windfeldmodell

berechneten Windfelder sind daher gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13 (2010) für die Ausbreitungsrechnung geeignet.

A2.11 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 Quelhöhe mindestens 10 m über der Flur beträgt
und
- die Mündung außerhalb der Rezirkulationszone von Strömungshindernissen (Gebäude, Vegetation, usw.) liegt

Die Emissionsparameter der geplanten BHKW erfüllen die Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13. Daher wird für die Abgase des BHKW-Motors eine Abgasfahnenüberhöhung berücksichtigt.

Die Abgasvolumenströme, der Geruchsstoffstrom und die Parameter für die Abgasfahnenüberhöhung (Abgastemperatur, Mündungsdurchmesser, Abgasaustrittsgeschwindigkeit, Wasserbeladung) sind in Tabelle 8-1 auf Seite 30 zusammengefasst.

Anhang 3: Protokolldatei des Programms WinSTACC

BHKW:

```

***** WinSTACC - Lohmeyer GmbH
*****
***** Programmbibliothek VDI 3781 Blatt 4 - Ableitbedingungen für Abgase
*****
    Programmversion           = 1.0.8.8
    dll-Version               = 1.0.5.1

[Start]
    Datum Rechnung           = 07.02.2025 09:48
    Steuerdatei              = C:\LOHMEYER\WinSTACC\VDI_Input.ini
    Längenangaben           = Meter
    Winkelangaben           = Grad
    Leistungsangaben        = Kilowatt

[EmittierendeAnlage]
    Anlagentyp               = Feuerungsanlage
    Brennstoff               = gasförmig
    Nennwärmeleistung_Q_N    = 2886
    Feuerungswärmeleistung_Q_F = 2886
H_Ü aus Tabelle 1 Abschnitt 5.2 (Feuerungsanlage)
    H_Ü                     = 3
Radius des Einwirkungsbereichs R für flüssige und gasförmige Brennstoffe aus Tabelle 4 Abschnitt 6.3.2
    R                       = 50

[Einzelgebäude]
    Länge_l                 = 12.2
    Breite_b                = 3
    Traufhöhe_H_Traufe      = 3
    Firsthöhe_H_First       = 3
    Dachform                = Flachdach
    Dachhöhe_H_Dach         = 0
    BreiteGiebelseite_b     = 3
    HorizontalerAbstandMündungFirst_a = 2.5
Berechnung von H_A1...
Glg. 8
    H_A1F                   = 5.7
    a                       = 0
    alpha                   = 0
Glg. 5
    H_1                     = 0.5
Glg. 7
    f                       = 0
Glg. 6
    H_2                     = 0.5
Glg. 3
    H_S1                    = 0.5
Glg. 4
    H_A1``                  = 3.5
H_A1 ist größer als die Höhe von Einzelgebäude und wird daher auf diese Höhe begrenzt:
    H_A1                    = 3
Berechnung von H_E1...
    H_E1                    = 7

[VorgelagertesGebäude1]
    Länge_l                 = 9
    Breite_b                = 9
    Traufhöhe_H_Traufe      = 16
    Firsthöhe_H_First       = 16
    Dachform                = Flachdach
    Dachhöhe_H_Dach         = 0
    BreiteGiebelseite_b     = 9
    H_2V mit H_A1F begrenzen = nein
    HöheObersteFensterkante_H_F = 0

```

```

WinkelGebäudeMündung_beta          = 7
AbstandGebäudeMündung_l_A          = 17.5
Hanglage                            = nein
HöhendifferenzZumEinzelgebäude_Delta_h = 0
GeschlosseneBauweise                = nein
Berechnung von H_A2
Glg. 16
  l_eff                              = 10
Glg. 15
  l_RZ                              = 15.2
H_A2 für VorgelagertesGebäudel wird nicht berücksichtigt, da Abstand zur Mündung größer
gleich Länge seiner RZ.
H_E2 bzw. H_E2T für VorgelagertesGebäudel wird nicht berücksichtigt, da für die oberste
Fensterkante Null eingegeben wurde.
Es wird damit für VorgelagertesGebäudel kein Fenster oder Lüftungsschlitz im Einwirkungsbe-
reichs berücksichtigt.
  alpha                              = 0
Glg. 7
  f                                  = 0
Glg. 6
  H_2V                              = 1.6

[Ergebnis]
Berechnung der Mündungshöhe H_A für den ungestörten Abtransport der Abgase...
  H_A                                = 3
Berechnung der Mündungshöhe H_E für die ausreichende Verdünnung der Abgase...
  H_E                                = 7

  H_M - Mündungshöhe über First      = 7
  H_M - Mündungshöhe über Dach       = 7
  ---- Mündungshöhe über Grund       = 10
*****
*****

```

Anhang 4: Ermittlung des repräsentativen Jahres

Von der Fa. metsoft, die im Auftrag der LUBW die synthetischen Ausbreitungsklassenzeitreihen erstellt, wurde uns das nachfolgende Dokument geliefert:

Auswahl eines repräsentativen Jahres nach VDI 3783 Blatt 20 (Ausgabe März 2017) - Prüfbescheinigung -

metSoft
Meteorologische Software

Standortbezeichnung: *Buch (Rot am See)*
Produkt: *SynAKTerm*

Zeitraum: *01.01.2011 - 31.12.2020* Dateiname: *E32582000-N5463500_Buch (Rot am See)_2011-2020_Syn.akt*

Prüfzeitraum: *01.01.2011 - 31.12.2020*

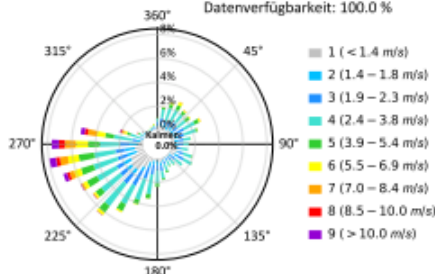
Repräsentatives Einzeljahr: *01.01.2012 - 31.12.2012* *E32582000-N5463500_Buch (Rot am See)_2012_Syn.akt*

Das repräsentative Jahr wurde auf Basis der in VDI 3783 Blatt 20 Anhang A3 beschriebenen objektiven Auswahlverfahren mit dem Programm AKRep bestimmt. Das AKRep-Rechenprotokoll ist Bestandteil dieser Prüfbescheinigung. In Einzelfällen führen die objektiven Auswahlverfahren zu keinen eindeutigen Ergebnissen. Dann erfolgt die Auswahl des repräsentativen Jahres unter Einbeziehung weiterer Prüfkriterien, insbesondere aus dem Vergleich der unten protokollierten Kenngrößen je Einzeljahr und Verfahren sowie der ebenfalls protokollierten Datenverfügbarkeit je Einzeljahr.

Repräsentatives Einzeljahr

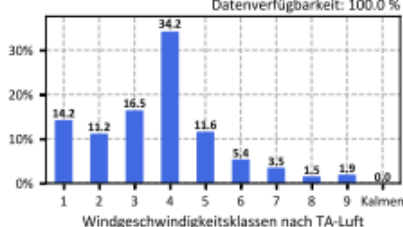
Verteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit

Datenverfügbarkeit: 100.0 %



Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen in %

Datenverfügbarkeit: 100.0 %

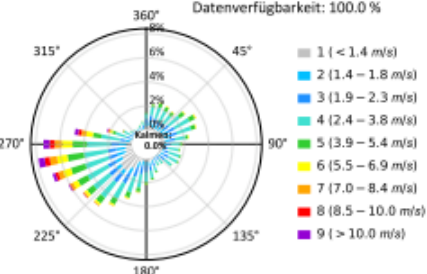


mittlere Windgeschwindigkeit:
- mit tatsächlichen Werten: 3.2 m/s
- mit TA-Luft-Rechengeschwindigkeit: 3.1 m/s
Schwachwind (< 1 m/s): 8.2 %

Prüfzeitraum

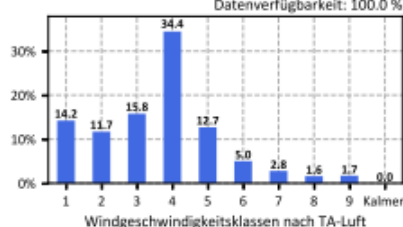
Verteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit

Datenverfügbarkeit: 100.0 %



Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen in %

Datenverfügbarkeit: 100.0 %



mittlere Windgeschwindigkeit:
- mit tatsächlichen Werten: 3.1 m/s
- mit TA-Luft-Rechengeschwindigkeit: 3.1 m/s
Schwachwind (< 1 m/s): 8.1 %

metSoftGmbH
Bottwarbahnstraße 4 * 74081 Heilbronn * Telefon: +49 (0) 7131 39070 90
www.metsoft.de * E-Mail: vertrieb@metsoft.de

Erzeugt am: 07.01.2025
Datenblatt Version 2.2
© Copyright: metSoft GbR 2025

Anhang 5: Protokolldateien von AUSTAL

Windfeldberechnung (Datei 'taldia.log'):

```

2025-02-07 13:26:46 -----
TwnServer:G:/24-12-06-FR-Naturenergie/5-Simulation/Ausbreitung/Fall06.03NDEP_Logdatei
TwnServer:-B~/lib
TwnServer:-w30000

2025-02-07 13:26:46 TALdia 3.3.0-WI-x: Berechnung von Windfeldbibliotheken.
Erstellungsdatum des Programms: 2024-03-22 08:43:28
Das Programm läuft auf dem Rechner "BODENSEE".
===== Beginn der Eingabe =====
> ti "AustalVew" 'Projekt-Titel
> ux 32582030 'x-Koordinate des Bezugspunktes
> uy 5463589 'y-Koordinate des Bezugspunktes
> qs 2 'Qualitätsstufe
> az "E32582000-N5463500_Buch_2012_Syn.akt" 'AKT-Datei
> xa -28.00 'x-Koordinate des Anemometers
> ya -110.00 'y-Koordinate des Anemometers
> ri ?
> dd 4.0 8.0 16.0 32.0 64.0 128.0
'Zellengröße (m)
> x0 -120.0 -208.0 -384.0 -768.0 -1024.0 -2560.0 'x-
Koordinate der l.u. Ecke des Gitters
> nx 48 46 46 46 32 39 'Anzahl
Gitterzellen in X-Richtung
> y0 -104.0 -192.0 -352.0 -704.0 -1024.0 -2176.0 'y-
Koordinate der l.u. Ecke des Gitters
> ny 50 48 46 46 32 38 'Anzahl
Gitterzellen in Y-Richtung
> nz 11 25 25 25 25 25 'Anzahl
Gitterzellen in Z-Richtung
> os +NOSTANDARD+SCINOTAT+WETDRIFT
> hh 0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 40.0 65.0 100.0 150.0 200.0
300.0 400.0 500.0 600.0 700.0 800.0 1000.0 1200.0 1500.0
> gh "AustalVew.grid" 'Gelände-Datei
> xq -5.33
> yq 7.23
> hq 15.00
> aq 0.00
> bq 0.00
> cq 0.00
> wq 0.00
> dq 0.30
> vq 33.00
> tq 180.00
> lq 0.0000
> rq 0.00
> zq 0.0774
> sq 0.00
> rf 1.0000
> so2 0.11255
> no 0.08582
> no2 0.05628
> nh3 0.0375
> odor 4527.368
> xp -2393.00 -354.00
> yp 218.00 1965.00
> hp 1.50 1.50
> xb -27.48
> yb -8.43
> ab 9.00
> bb 9.00
> cb 16.00
> wb 22.83
===== Ende der Eingabe =====

```


>>> Abweichung vom Standard (Option NOSTANDARD)!

Die maximale Gebäudehöhe beträgt 16.0 m.
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 1 ist 0.05 (0.05).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 2 ist 0.08 (0.08).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 3 ist 0.08 (0.07).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 4 ist 0.14 (0.14).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 5 ist 0.18 (0.17).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 6 ist 0.17 (0.13).
Existierende Geländedateien zg0*.dmna werden verwendet.

Standard-Kataster z0-utm.dmna (e9ea3bcd) wird verwendet.
Aus dem Kataster bestimmter Mittelwert von z0 ist 0.291 m.
Der Wert von z0 wird auf 0.20 m gerundet.

AKTerm "G:/24-12-06-FR-Naturenergie/5-Simulation/Ausbreitung/Fall106.03NDEP_Log-datei/E32582000-N5463500_Buch_2012_Syn.akt" mit 8784 Zeilen, Format 3
Es wird die Anemometerhöhe ha=4.1 m verwendet.
Verfügbarkeit der AKTerm-Daten 100.0 %.

Prüfsumme AUSTAL 4b33f663
Prüfsumme TALDIA adcc659c
Prüfsumme SETTINGS b853d6c4
Prüfsumme AKTerm 770bff98
2025-02-07 13:26:47 Restdivergenz = 0.010 (1001 11)
2025-02-07 13:26:48 Restdivergenz = 0.006 (1001 21)
2025-02-07 13:26:50 Restdivergenz = 0.013 (1001 31)
2025-02-07 13:26:52 Restdivergenz = 0.012 (1001 41)
2025-02-07 13:26:55 Restdivergenz = 0.008 (1001 51)
DMK: Durch Testen bestimmt Rj=0.99433249 (0.99748111)
2025-02-07 13:26:56 Restdivergenz = 0.000 (1001 61)
2025-02-07 13:26:57 Restdivergenz = 0.010 (1002 11)
2025-02-07 13:26:58 Restdivergenz = 0.006 (1002 21)
2025-02-07 13:27:00 Restdivergenz = 0.013 (1002 31)
2025-02-07 13:27:02 Restdivergenz = 0.014 (1002 41)
2025-02-07 13:27:05 Restdivergenz = 0.009 (1002 51)
2025-02-07 13:27:06 Restdivergenz = 0.003 (1002 61)
2025-02-07 13:27:07 Restdivergenz = 0.010 (1003 11)
2025-02-07 13:27:08 Restdivergenz = 0.006 (1003 21)
2025-02-07 13:27:10 Restdivergenz = 0.013 (1003 31)
2025-02-07 13:27:12 Restdivergenz = 0.014 (1003 41)
2025-02-07 13:27:14 Restdivergenz = 0.010 (1003 51)
2025-02-07 13:27:15 Restdivergenz = 0.002 (1003 61)
2025-02-07 13:27:17 Restdivergenz = 0.010 (1004 11)
2025-02-07 13:27:18 Restdivergenz = 0.005 (1004 21)
2025-02-07 13:27:20 Restdivergenz = 0.013 (1004 31)
2025-02-07 13:27:22 Restdivergenz = 0.015 (1004 41)
2025-02-07 13:27:24 Restdivergenz = 0.010 (1004 51)
2025-02-07 13:27:25 Restdivergenz = 0.002 (1004 61)
2025-02-07 13:27:26 Restdivergenz = 0.010 (1005 11)
2025-02-07 13:27:27 Restdivergenz = 0.006 (1005 21)
2025-02-07 13:27:29 Restdivergenz = 0.014 (1005 31)

.....
2025-02-07 14:08:14 Restdivergenz = 0.001 (6026 61)
2025-02-07 14:08:15 Restdivergenz = 0.006 (6027 11)
2025-02-07 14:08:16 Restdivergenz = 0.003 (6027 21)
2025-02-07 14:08:20 Restdivergenz = 0.004 (6027 31)
2025-02-07 14:08:23 Restdivergenz = 0.005 (6027 41)
2025-02-07 14:08:27 Restdivergenz = 0.004 (6027 51)
2025-02-07 14:08:29 Restdivergenz = 0.001 (6027 61)
2025-02-07 14:08:30 Restdivergenz = 0.006 (6028 11)
2025-02-07 14:08:31 Restdivergenz = 0.003 (6028 21)
2025-02-07 14:08:34 Restdivergenz = 0.004 (6028 31)
2025-02-07 14:08:38 Restdivergenz = 0.005 (6028 41)
2025-02-07 14:08:42 Restdivergenz = 0.004 (6028 51)
2025-02-07 14:08:43 Restdivergenz = 0.001 (6028 61)
2025-02-07 14:08:45 Restdivergenz = 0.006 (6029 11)

2025-02-07 14:08:46 Restdivergenz = 0.003 (6029 21)
2025-02-07 14:08:49 Restdivergenz = 0.003 (6029 31)
2025-02-07 14:08:52 Restdivergenz = 0.004 (6029 41)
2025-02-07 14:08:56 Restdivergenz = 0.003 (6029 51)
2025-02-07 14:08:58 Restdivergenz = 0.002 (6029 61)
2025-02-07 14:08:59 Restdivergenz = 0.007 (6030 11)
2025-02-07 14:09:00 Restdivergenz = 0.003 (6030 21)
2025-02-07 14:09:04 Restdivergenz = 0.003 (6030 31)
2025-02-07 14:09:07 Restdivergenz = 0.004 (6030 41)
2025-02-07 14:09:11 Restdivergenz = 0.003 (6030 51)
2025-02-07 14:09:13 Restdivergenz = 0.001 (6030 61)
2025-02-07 14:09:14 Restdivergenz = 0.007 (6031 11)
2025-02-07 14:09:15 Restdivergenz = 0.003 (6031 21)
2025-02-07 14:09:18 Restdivergenz = 0.003 (6031 31)
2025-02-07 14:09:22 Restdivergenz = 0.004 (6031 41)
2025-02-07 14:09:26 Restdivergenz = 0.003 (6031 51)
2025-02-07 14:09:27 Restdivergenz = 0.001 (6031 61)
2025-02-07 14:09:28 Restdivergenz = 0.007 (6032 11)
2025-02-07 14:09:29 Restdivergenz = 0.003 (6032 21)
2025-02-07 14:09:33 Restdivergenz = 0.002 (6032 31)
2025-02-07 14:09:36 Restdivergenz = 0.004 (6032 41)
2025-02-07 14:09:40 Restdivergenz = 0.003 (6032 51)
2025-02-07 14:09:42 Restdivergenz = 0.001 (6032 61)
2025-02-07 14:09:43 Restdivergenz = 0.007 (6033 11)
2025-02-07 14:09:44 Restdivergenz = 0.003 (6033 21)
2025-02-07 14:09:47 Restdivergenz = 0.002 (6033 31)
2025-02-07 14:09:50 Restdivergenz = 0.004 (6033 41)
2025-02-07 14:09:54 Restdivergenz = 0.002 (6033 51)
2025-02-07 14:09:56 Restdivergenz = 0.001 (6033 61)
2025-02-07 14:09:57 Restdivergenz = 0.007 (6034 11)
2025-02-07 14:09:58 Restdivergenz = 0.003 (6034 21)
2025-02-07 14:10:01 Restdivergenz = 0.002 (6034 31)
2025-02-07 14:10:05 Restdivergenz = 0.003 (6034 41)
2025-02-07 14:10:08 Restdivergenz = 0.002 (6034 51)
2025-02-07 14:10:10 Restdivergenz = 0.002 (6034 61)
2025-02-07 14:10:11 Restdivergenz = 0.007 (6035 11)
2025-02-07 14:10:12 Restdivergenz = 0.003 (6035 21)
2025-02-07 14:10:15 Restdivergenz = 0.002 (6035 31)
2025-02-07 14:10:19 Restdivergenz = 0.003 (6035 41)
2025-02-07 14:10:23 Restdivergenz = 0.001 (6035 51)
2025-02-07 14:10:24 Restdivergenz = 0.001 (6035 61)
2025-02-07 14:10:25 Restdivergenz = 0.007 (6036 11)
2025-02-07 14:10:26 Restdivergenz = 0.003 (6036 21)
2025-02-07 14:10:30 Restdivergenz = 0.002 (6036 31)
2025-02-07 14:10:33 Restdivergenz = 0.002 (6036 41)
2025-02-07 14:10:37 Restdivergenz = 0.001 (6036 51)
2025-02-07 14:10:38 Restdivergenz = 0.001 (6036 61)
Eine Windfeldbibliothek für 216 Situationen wurde erstellt.
Der maximale Divergenzfehler ist 0.015 (1004).
2025-02-07 14:10:39 TALdia ohne Fehler beendet.

Ausbreitungsrechnung (Datei 'AUSTAL.log'):

2025-02-07 13:26:46 -----
 TalServer:G:/24-12-06-FR-Naturenergie/5-Simulation/Ausbreitung/Fall06.03NDEP_Logdatei/

Ausbreitungsmodell AUSTAL, Version 3.3.0-WI-x
 Copyright (c) Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2002-2024
 Copyright (c) Ing.-Büro Janicke, Überlingen, 1989-2024

Arbeitsverzeichnis: G:/24-12-06-FR-Naturenergie/5-Simulation/Ausbrei-
 tung/Fall06.03NDEP_Logdatei

Erstellungsdatum des Programms: 2024-03-22 08:43:21
 Das Programm läuft auf dem Rechner "BODENSEE".

```
===== Beginn der Eingabe =====
> ti "AustalVieW"                'Projekt-Titel
> ux 32582030                    'x-Koordinate des Bezugspunktes
> uy 5463589                    'y-Koordinate des Bezugspunktes
> qs 2                          'Qualitätsstufe
> az "E32582000-N5463500_Buch_2012_Syn.akt" 'AKT-Datei
> xa -28.00                     'x-Koordinate des Anemometers
> ya -110.00                   'y-Koordinate des Anemometers
> ri ?
> dd 4.0          8.0          16.0          32.0          64.0          128.0
'Zellengröße (m)
> x0 -120.0        -208.0        -384.0        -768.0        -1024.0        -2560.0        'x-
Koordinate der l.u. Ecke des Gitters
> nx 48            46            46            46            32            39            'Anzahl
Gitterzellen in X-Richtung
> y0 -104.0        -192.0        -352.0        -704.0        -1024.0        -2176.0        'y-
Koordinate der l.u. Ecke des Gitters
> ny 50            48            46            46            32            38            'Anzahl
Gitterzellen in Y-Richtung
> nz 11            25            25            25            25            25            'Anzahl
Gitterzellen in Z-Richtung
> os +NOSTANDARD+SCINOTAT+WETDRIFT
> hh 0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 40.0 65.0 100.0 150.0 200.0
300.0 400.0 500.0 600.0 700.0 800.0 1000.0 1200.0 1500.0
> gh "AustalVieW.grid"          'Gelände-Datei
> xq -5.33
> yq 7.23
> hq 15.00
> aq 0.00
> bq 0.00
> cq 0.00
> wq 0.00
> dq 0.30
> vq 33.00
> tq 180.00
> lq 0.0000
> rq 0.00
> zq 0.0774
> sq 0.00
> rf 1.0000
> so2 0.11255
> no 0.08582
> no2 0.05628
> nh3 0.0375
> odor 4527.368
> xp -2393.00        -354.00
> yp 218.00          1965.00
> hp 1.50            1.50
> xb -27.48
> yb -8.43
> ab 9.00
> bb 9.00
> cb 16.00
> wb 22.83
```

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

>>> Abweichung vom Standard (Option NOSTANDARD)!

Die maximale Gebäudehöhe beträgt 16.0 m.
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 1 ist 0.05 (0.05).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 2 ist 0.08 (0.08).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 3 ist 0.08 (0.07).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 4 ist 0.14 (0.14).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 5 ist 0.18 (0.17).
Die maximale Steilheit des Geländes in Netz 6 ist 0.17 (0.13).
Existierende Geländedateien zg0*.dmna werden verwendet.

Standard-Kataster z0-utm.dmna (e9ea3bcd) wird verwendet.
Aus dem Kataster bestimmter Mittelwert von z0 ist 0.291 m.
Der Wert von z0 wird auf 0.20 m gerundet.

AKTerm "G:/24-12-06-FR-Naturenergie/5-Simulation/Ausbreitung/Fall06.03NDEP_Log-datei/E32582000-N5463500_Buch_2012_Syn.akt" mit 8784 Zeilen, Format 3
Niederschlags-Datei G:/24-12-06-FR-Naturenergie/5-Simulation/Ausbreitung/Fall06.03NDEP_Log-datei/niederschlag.dmna eingelesen [1,8784].
Es wird die Anemometerhöhe ha=4.1 m verwendet.
Verfügbarkeit der AKTerm-Daten 100.0 %.

Prüfsumme AUSTAL 4b33f663
Prüfsumme TALDIA adcc659c
Prüfsumme SETTINGS b853d6c4
Prüfsumme AKTerm 770bff98
Gesamtniederschlag 793 mm in 985 h.

Bibliotheksfelder "zusätzliches K" werden verwendet (Netze 1,2).
Bibliotheksfelder "zusätzliche Sigmas" werden verwendet (Netze 1,2).

=====

Auswertung der Ergebnisse:

=====

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

Maximalwerte, Deposition

=====

SO2	DEP :	3.162e+00	kg/(ha*a)	(+/- 0.6%)	bei x=	84 m,	y=	36 m (2: 37, 29)
SO2	DRY :	3.096e+00	kg/(ha*a)	(+/- 0.6%)	bei x=	84 m,	y=	36 m (2: 37, 29)
SO2	WET :	2.886e-01	kg/(ha*a)	(+/- 0.3%)	bei x=	-6 m,	y=	2 m (1: 29, 27)
NO2	DEP :	4.992e-01	kg/(ha*a)	(+/- 0.6%)	bei x=	84 m,	y=	36 m (2: 37, 29)
NO2	DRY :	4.990e-01	kg/(ha*a)	(+/- 0.6%)	bei x=	84 m,	y=	36 m (2: 37, 29)
NO2	WET :	7.229e-04	kg/(ha*a)	(+/- 0.3%)	bei x=	-6 m,	y=	2 m (1: 29, 27)
NO	DEP :	1.256e-01	kg/(ha*a)	(+/- 0.6%)	bei x=	84 m,	y=	36 m (2: 37, 29)
NO	DRY :	1.256e-01	kg/(ha*a)	(+/- 0.6%)	bei x=	84 m,	y=	36 m (2: 37, 29)
NH3	DEP :	1.159e+00	kg/(ha*a)	(+/- 0.5%)	bei x=	84 m,	y=	36 m (2: 37, 29)
NH3	DRY :	1.031e+00	kg/(ha*a)	(+/- 0.6%)	bei x=	84 m,	y=	36 m (2: 37, 29)
NH3	WET :	3.324e-01	kg/(ha*a)	(+/- 0.1%)	bei x=	2 m,	y=	14 m (1: 31, 30)

=====

Maximalwerte, Konzentration bei z=1.5 m

=====

SO2	J00 :	1.011e+00	µg/m³	(+/- 0.3%)	bei x=	84 m,	y=	36 m (2: 37, 29)
SO2	T03 :	5.417e+00	µg/m³	(+/- 4.0%)	bei x=	38 m,	y=	62 m (1: 40, 42)
SO2	T00 :	6.807e+00	µg/m³	(+/- 3.9%)	bei x=	50 m,	y=	74 m (1: 43, 45)
SO2	S24 :	1.130e+01	µg/m³	(+/- 11.1%)	bei x=	54 m,	y=	42 m (1: 44, 37)
SO2	S00 :	1.650e+01	µg/m³	(+/- 14.0%)	bei x=	38 m,	y=	62 m (1: 40, 42)
NO2	J00 :	5.321e-01	µg/m³	(+/- 0.3%)	bei x=	84 m,	y=	36 m (2: 37, 29)
NO2	S18 :	6.109e+00	µg/m³	(+/- 15.0%)	bei x=	54 m,	y=	42 m (1: 44, 37)

NO2 S00 : 8.597e+00 µg/m³ (+/- 14.2%) bei x= 38 m, y= 62 m (1: 40, 42)
 NH3 J00 : 3.370e-01 µg/m³ (+/- 0.3%) bei x= 84 m, y= 36 m (2: 37, 29)

Maximalwert der Geruchsstundenhäufigkeit bei z=1.5 m

ODOR J00 : 5.385e+00 % (+/- 0.1) bei x= 62 m, y= 34 m (1: 46, 35)

Auswertung für die Beurteilungspunkte: Zusatzbelastung

PUNKT		01		02		
xp		-2393		-354		
yp		218		1965		
hp		1.5		1.5		
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----						
SO2	DEP	1.383e-02	4.9%	2.263e-02	3.5%	kg/ (ha*a)
SO2	DRY	1.380e-02	4.9%	2.230e-02	3.6%	kg/ (ha*a)
SO2	WET	3.010e-05	3.2%	3.348e-04	1.5%	kg/ (ha*a)
SO2	J00	4.703e-03	3.5%	7.937e-03	2.7%	µg/m³
SO2	T03	9.196e-02	13.5%	1.024e-01	12.1%	µg/m³
SO2	T00	1.525e-01	11.1%	2.108e-01	9.5%	µg/m³
SO2	S24	3.772e-01	20.4%	5.001e-01	26.1%	µg/m³
SO2	S00	7.763e-01	19.0%	1.367e+00	19.7%	µg/m³
NO2	DEP	3.292e-03	5.1%	5.330e-03	3.7%	kg/ (ha*a)
NO2	DRY	3.292e-03	5.1%	5.329e-03	3.7%	kg/ (ha*a)
NO2	WET	9.822e-08	3.3%	1.019e-06	1.5%	kg/ (ha*a)
NO2	J00	3.587e-03	3.6%	5.967e-03	2.8%	µg/m³
NO2	S18	3.080e-01	40.8%	4.205e-01	25.2%	µg/m³
NO2	S00	5.381e-01	19.4%	9.128e-01	19.1%	µg/m³
NO	DEP	6.746e-04	5.2%	1.112e-03	3.7%	kg/ (ha*a)
NO	DRY	6.746e-04	5.2%	1.112e-03	3.7%	kg/ (ha*a)
NH3	DEP	4.689e-03	4.8%	8.117e-03	3.3%	kg/ (ha*a)
NH3	DRY	4.599e-03	4.9%	7.396e-03	3.6%	kg/ (ha*a)
NH3	WET	9.019e-05	3.4%	7.205e-04	1.3%	kg/ (ha*a)
NH3	J00	1.567e-03	3.5%	2.634e-03	2.7%	µg/m³
ODOR	J00	0.000e+00	0.0	0.000e+00	0.0	%

2025-02-07 18:04:23 AUSTAL beendet.

Anhang 6: Ermittlung der Volumenströme

Nachfolgend wird die Volumenstromberechnung dargestellt.

Tabelle A6-1: Ermittlung der Volumenströme

Anlage	Einheit	BHKW
Feuerungswärmeleistung	MW	2,886
Brennstoff		Biogas
Brennstofffeuchte	%	–
Heizwert Hu	kWh/kg	5
Brennstoffdurchsatz	kg/h	577
O ₂ -Gehalt im Abgas beim Betrieb	%	7,5
Spez. Abgasvolumenstrom (tr.) i. N.	m ³ /kg	7,8
trockener Abgasvolumenstrom i. N. beim Betriebs- O ₂ -Gehalt	m ³ /h	4.502
feuchter Abgasvolumenstrom i. N. beim Betriebs- O ₂ -Gehalt	m ³ /h	5.080
Bezugs-O ₂ -Gehalt	%	5
trockener Abgasvolumenstrom i. N. beim Bezugs- O ₂ -Gehalt	m ³ /h	3.788
feuchter Abgasvolumenstrom i. N. beim Bezugs- O ₂ -Gehalt	m ³ /h	4.365

Anhang 7: Protokolldatei des Kaltluftabflussmodells

GAK-Baden-Württemberg V3.95 03.02.2025 08:07

Projekt: 24-12-06-FR-Naturenergie
Betrachtete Quelle 1 Quellbezeichnung: BHKW
Punktquelle
Lage UTM32: Ostwert 582023 Nordwert 5463595
Höhe der Quelle über Grund: 15.0 m

Untersuchungsgebiet
Linke untere Ecke: 577999. 5459574.
Rechte obere Ecke: 586025. 5467600.

Ergebnis:

Kaltluftsituation ist bei Immissionsprognosen für bodennahe Quellen zu berücksichtigen.

Details:

1. Termin (0:10):

Quelle: Wind aus W, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.4 m/s; Kaltlufthöhe 3 m
Umgebung: h=3.6 m; v=0.3 m/s - Geringe Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H<10 m, v<1 m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

2. Termin (0:20):

Quelle: Wind aus W, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.3 m/s; Kaltlufthöhe 3 m
Umgebung: h=3.3 m; v=0.3 m/s - Geringe Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H<10 m, v<1 m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

3. Termin (0:30):

Quelle: Wind aus SSW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.3 m/s; Kaltlufthöhe 6 m
Umgebung: h=5.3 m; v=0.3 m/s - Geringe Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H<10 m, v<1 m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

4. Termin (0:40):

Quelle: Wind aus SW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.1 m/s; Kaltlufthöhe 8 m
Umgebung: h=6.8 m; v=0.2 m/s - Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering (H<10 m, v<0,25 m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

5. Termin (0:50):

Quelle: Wind aus SW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.1 m/s; Kaltlufthöhe 8 m
Umgebung: h=6.7 m; v=0.2 m/s - Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering (H<10 m, v<0,25 m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

6. Termin (1:00):

Quelle: Wind aus SW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.1 m/s; Kaltlufthöhe 7 m
Umgebung: h=6.5 m; v=0.2 m/s - Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering (H<10 m, v<0,25 m/s)
Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!
Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.
Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

7. Termin (1:10):

Quelle: Wind aus SSW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.1 m/s; Kaltlufthöhe 7 m
Umgebung: h=6.3 m; v=0.2 m/s - Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering (H<10 m, v<0,25 m/s)

Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.

Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

8. Termin (1:20):

Quelle: Wind aus SW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.1 m/s; Kaltlufthöhe 8 m
Umgebung: h=6.6 m; v=0.2 m/s - Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering (H<10 m, v<0,25 m/s)

Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.

Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

9. Termin (1:30):

Quelle: Wind aus WSW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.1 m/s; Kaltlufthöhe 8 m
Umgebung: h=7.1 m; v=0.2 m/s - Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering (H<10 m, v<0,25 m/s)

Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.

Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

10. Termin (1:40):

Quelle: Wind aus WNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.1 m/s; Kaltlufthöhe 9 m
Umgebung: h=7.8 m; v=0.2 m/s - Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering (H<10 m, v<0,25 m/s)

Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.

Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

11. Termin (1:50):

Quelle: Wind aus WNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 9 m
Umgebung: h=8.2 m; v=0.2 m/s - Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering (H<10 m, v<0,25 m/s)

Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.

Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

12. Termin (2:00):

Quelle: Wind aus WNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 9 m
Umgebung: h=8.3 m; v=0.2 m/s - Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering (H<10 m, v<0,25 m/s)

Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.

Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

13. Termin (2:30):

Quelle: Wind aus WNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.3 m/s; Kaltlufthöhe 10 m
Umgebung: h=9.2 m; v=0.3 m/s - Geringe Kaltlufthöhe und mäßige Windgeschwindigkeit (H<10 m, v<1 m/s)

Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

14. Termin (3:00):

Quelle: Wind aus WNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.3 m/s; Kaltlufthöhe 10 m
Umgebung: h=9.1 m; v=0.2 m/s - Kaltlufthöhe und Windgeschwindigkeit sind gering (H<10 m, v<0,25 m/s)

Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.

Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

15. Termin (4:00):

Quelle: Wind aus WNW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 12 m
Umgebung: h=11.5 m; v=0.2 m/s - Mäßige Kaltlufthöhe und geringe Windgeschwindigkeit (H<50 m, v<0,25 m/s)

Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.

Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

16. Termin (5:00):

Quelle: Wind aus W, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.2 m/s; Kaltlufthöhe 14 m
Umgebung: h=13.6 m; v=0.1 m/s - Mäßige Kaltlufthöhe und geringe Windgeschwindigkeit (H<50 m, v<0,25 m/s)

Quelle 1 liegt oberhalb der Kaltluftschicht!

Ausbreitung wird bereits durch geringe übergeordnete Strömungen gestört.

Ausbreitungsrichtung kann von der Kaltluftfließrichtung deutlich abweichen.

17. Termin (6:00):

Quelle: Wind aus SW, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.0 m/s; Kaltlufthöhe 17 m
Umgebung: h=16.2 m; v=0.1 m/s - Mäßige 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.

18. Termin (7:00):

Quelle: Wind aus S, mittlere Windgeschwindigkeiten um 0.0 m/s; Kaltlufthöhe 18 m
Umgebung: h=17.2 m; v=0.0 m/s - Mäßige 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.