

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Karlsruhe
Nördliche Hildapromenade 6
76133 Karlsruhe

Telefon +49(721)504379 0
Telefax +49(721)504379 11

www.mbbm-ind.com

Dipl.-Met. Sarah Schmitz
Telefon +49(721)504379 18
sarah.schmitz@mbbm-ind.com

11. September 2023
M176609/01 Version 1 SCS/RLG

Klärschlammverbrennungsanlage Ksva Böblingen

**Ermittlung einer räumlich übertragbaren
meteorologischen Datenbasis für
Immissionsprognosen nach
Anhang 2 der TA Luft**

Bericht Nr. M176609/01

Auftraggeber:

TBF + Partner AG
Altsterarkaden 9
20354 Hamburg

wandschneider + gutjahr
ingenieurgesellschaft mbh
Burchardstraße 17
20095 Hamburg

Bearbeitet von:

Dipl.-Met. Sarah Schmitz

Berichtsumfang:

Insgesamt 24 Seiten.

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Karlsruhe
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk,
Dr. Alexander Ropertz

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
2 Situation und Aufgabenstellung	5
3 Beurteilungsgrundlage	6
4 Anlagenstandort und Umgebung	8
4.1 Allgemeine Beschreibung Anlage und Standort	8
4.2 Naturräumliche Lage und Gliederung, orografische Station	9
5 Erwartungswerte für Wind- und Ausbreitungsbedingungen	11
6 Berücksichtigte Bezugswindstationen	14
7 Detailprüfung	16
8 Fazit	22
9 Literatur und Grundlagen	23

Zusammenfassung

Der Zweckverband Restmüllheizkraftwerk Böblingen (RBB) plant auf einem Teil seines Betriebsgeländes in Böblingen neben dem von ihnen betriebenen Restmüllheizkraftwerk (RMHKW) mit integriertem Biomasseheizkraftwerk (BMHKW) eine Klärschlammverwertungsanlage (KSVA) zu errichten. Errichter und Eigentümer ist die RBB KSVA Vermögensgesellschaft mbh & Co. KG. Pächter und Betreiber der KSVA wird der Zweckverband Klärschlammverwertung Böblingen (kbb) sein.

Die KSVA dient zur thermischen Behandlung des in den Abwasserbehandlungen der Mitglieder des kbb anfallenden Klärschlammes, zur Produktion von phosphorreicher Asche und zur Erzeugung von grüner Fernwärme und grünem Strom. Sie soll für die Verwertung von 4,51 Mg TR/h entwässertem Klärschlamm bei einer Feuerungswärmeleistung von 11,2 MW ausgelegt werden. Die Anlage kann somit der Nummer 8.1.1.3 des Anhangs 1 der 4. BImSchV [7] zugeordnet werden und bedarf eines immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens nach §10 BImSchG [5].

Für die Immissionsprognose werden meteorologische Daten, die die Wind- und Ausbreitungsverhältnisse am Anlagenstandort bzw. einem geeigneten Übertragungspunkt charakteristisch wiedergeben, benötigt. Da am Standort selbst bzw. im Rechengebiet des Immissionsprognosemodells keine meteorologischen Messungen erfolgen, deren Ergebnisse für die vorliegende Aufgabenstellung herangezogen werden können, sind Daten einer geeigneten Station aus dem weiteren Umfeld auf einen Übertragungspunkt zu übertragen.

Die Station, an der Windmessungen durch den Deutschen Wetterdienst oder durch andere erfolgen, ist vorliegend entsprechend Richtlinie VDI 3783 Blatt 20 zu ermitteln.

Die hierzu nachfolgend dokumentierte Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten zur Anwendung im Rahmen der TA Luft basiert auf den Anforderungen der TA Luft sowie der VDI 3783 Blatt 20. Übertragbarkeitsprüfungen meteorologischer Daten zur Anwendung im Rahmen der TA Luft unter Anwendung der VDI 3783 Blatt 20 sind Bestandteil des Akkreditierungsumfanges der Müller-BBM Industry Solutions GmbH nach DIN EN ISO/IEC 17025 im Prüfbereich Umweltmeteorologische Gutachten.

Im Rahmen der vorliegenden Übertragbarkeitsprüfung wurden Antriebsdaten gesucht, die zur Erstellung einer Windfeldbibliothek geeignet sind. Hierzu wurden 69 Windmessstationen des Deutschen Wetterdienstes in Betracht gezogen. Davon zeigen sieben Windmessstationen des DWD mindestens eine hinreichende Übereinstimmung in der Windrichtung oder der Windgeschwindigkeit. Diese Windmessstationen werden in einer Detailprüfung näher untersucht.

Entsprechend der VDI 3783 Blatt 20 wurde die Übereinstimmung der Windrichtungsverteilung und der Windgeschwindigkeit bewertet.

Von den im Detail geprüften Windmessstationen zeigt sich an den Stationen Balingen-Bronnhaupten, Heilbronn/Neckar, Münsingen-Apfelstetten, Pforzheim-Ispringen und Stuttgart-Echterdingen eine gute Übereinstimmung beim Primärmaximum und bei der mittleren Windgeschwindigkeit mit den Erwartungswerten.

Aber lediglich die Stationen Pforzheim-Ispringen und Stuttgart-Echterdingen zeigen auch eine gute Übereinstimmung des Sekundärmaximums mit den TRY-Daten am Standort.

Die stark gerichtete Windrichtungsverteilung in Pforzheim-Ispringen entspricht allerdings nicht der breiten Verteilung der Erwartungswerte am Standort. Die Station Stuttgart-Echterdingen hingegen weist wie die TRY-Daten am Standort auch eine breitere Verteilung auf, die bei den einzelnen Windrichtungen gut mit diesen übereinstimmt.

Unter Beachtung aller Gesichtspunkte sind die meteorologischen Daten der Station Stuttgart-Echterdingen (DWD 4931) unter den geprüften Stationen für die Übertragung auf den Standort als am besten geeignet anzusehen.



Dipl.-Met. Sarah Schmitz
Projektverantwortlicher



Dipl.-Met. Axel Rühling
Qualitätssicherung

Dieser Bericht darf nur in seiner Gesamtheit, einschließlich aller Anlagen, vervielfältigt, gezeigt oder veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf der schriftlichen Genehmigung durch Müller-BBM Industry Solutions GmbH (als Rechtsnachfolgerin der Müller-BBM GmbH). Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Gegenstände.



Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018
akkreditiertes Prüflaboratorium.
Die Akkreditierung gilt nur für den in der
Urkundenanlage aufgeführten Akkreditierungsumfang.

2 Situation und Aufgabenstellung

Der Zweckverband Restmüllheizkraftwerk Böblingen (RBB) plant auf einem Teil seines Betriebsgeländes in Böblingen neben dem von ihnen betriebenen Restmüllheizkraftwerk (RMHKW) mit integriertem Biomasseheizkraftwerk (BMHKW) eine Klärschlammverwertungsanlage (KSV) zu errichten. Errichter und Eigentümer ist die RBB KSV Vermögengesellschaft mbH & Co. KG. Pächter und Betreiber der KSV wird der Zweckverband Klärschlammverwertung Böblingen (kbb) sein.

Die KSV dient zur thermischen Behandlung des in den Abwasserbehandlungen der Mitglieder des kbb anfallenden Klärschlammes, zur Produktion von phosphorreicher Asche und zur Erzeugung von grüner Fernwärme und grünem Strom. Sie soll für die Verwertung von 4,51 Mg TR/h entwässertem Klärschlamm bei einer Feuerungswärmeleistung von 11,2 MW ausgelegt werden. Die Anlage kann somit der Nummer 8.1.1.3 des Anhangs 1 der 4. BImSchV [7] zugeordnet werden und bedarf eines immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens nach §10 BImSchG [5].

Für die Immissionsprognose werden meteorologische Daten, die die Wind- und Ausbreitungsverhältnisse am Anlagenstandort bzw. einem geeigneten Übertragungspunkt charakteristisch wiedergeben, benötigt. Im Rahmen der vorliegenden Übertragbarkeitsprüfung werden im Speziellen Antriebsdaten für die Verwendung einer prognostischen Windfeldbibliothek gesucht. Da am Standort selbst bzw. im Rechengebiet des Immissionsprognosemodells keine meteorologischen Messungen erfolgen, deren Ergebnisse für die vorliegende Aufgabenstellung herangezogen werden können, sind Daten einer geeigneten Station aus dem weiteren Umfeld auf einen Übertragungspunkt zu übertragen. Diese Station ist vorliegend entsprechend Richtlinie VDI 3783 Blatt 20 [13] zu ermitteln.

Im vorliegenden Gutachten soll geprüft werden, von welcher meteorologischen Messstation die erhobenen Daten eine ausreichend hohe Ähnlichkeit der charakteristischen Merkmale zu der am Übertragungspunkt erwarteten Windverteilung aufweisen, um diese Messdaten auf den Übertragungspunkt zu übertragen. Stehen mehrere für eine Übertragung auf den Standort bzw. in das Rechengebiet grundsätzlich geeignete Stationen zur Verfügung, ist diejenige zu ermitteln, welche am besten geeignet erscheint.

3 Beurteilungsgrundlage

Ausbreitungsrechnungen sollen nach Anhang 3 der TA Luft [6] entweder auf Basis einer

- meteorologischen Zeitreihe (AKTerm) mit Stundenmitteln von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Schichtungsstabilität (Obukhov-Länge, ersatzweise Ausbreitungsklasse nach Klug/Manier) [10],

oder einer

- Ausbreitungsklassenstatistik (AKS), d. h. einer Häufigkeitsverteilung von stündlichen Ausbreitungssituationen, festgelegt durch Windrichtungssektor, Windgeschwindigkeitsklasse und Stabilitätsklasse nach Klug/Manier

erfolgen.

Ferner kann in Betracht kommen, anstelle messtechnisch ermittelter Ausbreitungsklassenstatistiken oder meteorologischer Zeitreihen durch geeignete Modellrechnungen ermittelte synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken (oder -zeitreihen) zu verwenden.

Die Entscheidung, ob mit einer meteorologischen Zeitreihe oder einer AKS gerechnet wird, hängt von der Datenverfügbarkeit und der betrachteten Situation ab. Generell ist die Verwendung einer meteorologischen Zeitreihe vorzuziehen, da hiermit Korrelationen zwischen Emissionszeitgängen und der Meteorologie berücksichtigt werden können und auch nicht auf eine Klassierung der meteorologischen Eingangsdaten zurückgegriffen wird.

Zur Verwendung einer AKS sind die Vorgaben der TA Luft, Anhang 2, Nr. 13 [6] zu berücksichtigen. Insbesondere darf eine AKS nur verwendet werden, sofern Windgeschwindigkeiten von weniger als 1 m/s im Stundenmittel am Übertragungspunkt bzw. am Standort der Anlage in weniger als 20 % der Jahresstunden auftreten.

Die verwendeten Daten sollen für den Übertragungspunkt charakteristisch bzw. auf diesen räumlich übertragbar sein. Ferner ist bei der Verwendung einer meteorologischen Zeitreihe deren zeitliche Repräsentanz zu prüfen.

Die vorliegende Ermittlung einer räumlich übertragbaren meteorologischen Datenbasis für eine Immissionsprognose nach Anhang 2 der TA Luft [6] erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [13] auf Basis der folgenden Kriterien:

- Empirische Abschätzung der markanten Strukturen der Windrichtungsverteilung (Maxima, Minimum) am Standort, Auswertung topographischer Karten sowie Windfeldmodellergebnissen.
- Vergleich dieser Erwartungswerte mit den markanten Strukturen der Windrichtungsverteilung an den ausgewählten verfügbaren Bezugswindstationen und Abschätzung der räumlichen Repräsentanz.
- Vergleich der mittleren Windgeschwindigkeit und der relativen Häufigkeiten von Windgeschwindigkeiten < 1 m/s (Schwachwind) in der entsprechenden Messhöhe mit den entsprechenden Sollwerten am Übertragungsort einschließlich Schwachwindhäufigkeit in 10 m über Grund.

- Abschätzung der lokalen topographischen Einflüsse auf das Windfeld am Übertragungsort.

Bei der Ermittlung einer geeigneten, räumlich übertragbaren meteorologischen Datenbasis ist nicht nur die Übereinstimmung der Windverhältnisse am Messort mit denen am Zielort der Übertragung maßgeblich, sondern insbesondere auch das zur Anwendung vorgesehene Windfeldmodell. Grundsätzlich müssen die meteorologischen Daten alle relevanten Prozesse enthalten, die nicht durch die Windfeldmodellierung erfasst werden und umgekehrt [11].

In begründeten Einzelfällen ist nach VDI 3783 Blatt 13 [11] ferner die Verwendung meteorologischer Daten zulässig, die aufgrund ihrer Eigenschaften eine konservative Abschätzung der Immissionszusatzbelastung entsprechend der Aufgabenstellung gewährleisten. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn sich Schutzobjekte ausschließlich in einem eindeutig definierten Richtungssektor in Bezug auf die Anlage befinden.

Vor diesem Hintergrund werden im Zuge des vorliegenden Gutachtens ggf. verschiedene Möglichkeiten zur modelltechnischen Bearbeitung der prognostischen Fragestellung aufgezeigt und diskutiert.

4 Anlagenstandort und Umgebung

4.1 Allgemeine Beschreibung Anlage und Standort

Das Betriebsgelände des RBB liegt im Naturraum Schönbuch und Glemswald im Schwäbischen Keuper-Lias-Land östlich der Stadt Böblingen in einem ausgedehnten Waldgebiet.

Die Anlage liegt auf einer Höhe von ca. 490 m über NHN. Das umliegende Gelände ist leicht orographisch gegliedert. Südlich und nördlich des Anlagenstandorts steigt das Gelände leicht an, auf eine Höhe von ca. 510 bis 520 m über NHN.

Die geografischen Koordinaten und weitere Angaben zum Betriebsgelände sind Tabelle 1 zu entnehmen. Die Lage des Betriebsgeländes kann dem Kartenauszug der nachfolgenden Abbildung 1 entnommen werden. Die von der Anlage verursachten, im Zuge der zu erstellenden Prognosen zu berücksichtigenden Emissionen werden aus gefassten sowie bodennahen diffusen Quellen freigesetzt.

Tabelle 1. Koordinaten des Betriebsgeländes und Quellcharakteristik der Anlage.

Geogr. Breite	Geogr. Länge	Geländehöhe (ü. NHN)	Quellhöhen	Quellarten
48,6927° N	9,0625° E	490 m	Bodennah und gefasst bis 55 m	Diffuse Quellen und Schornsteine

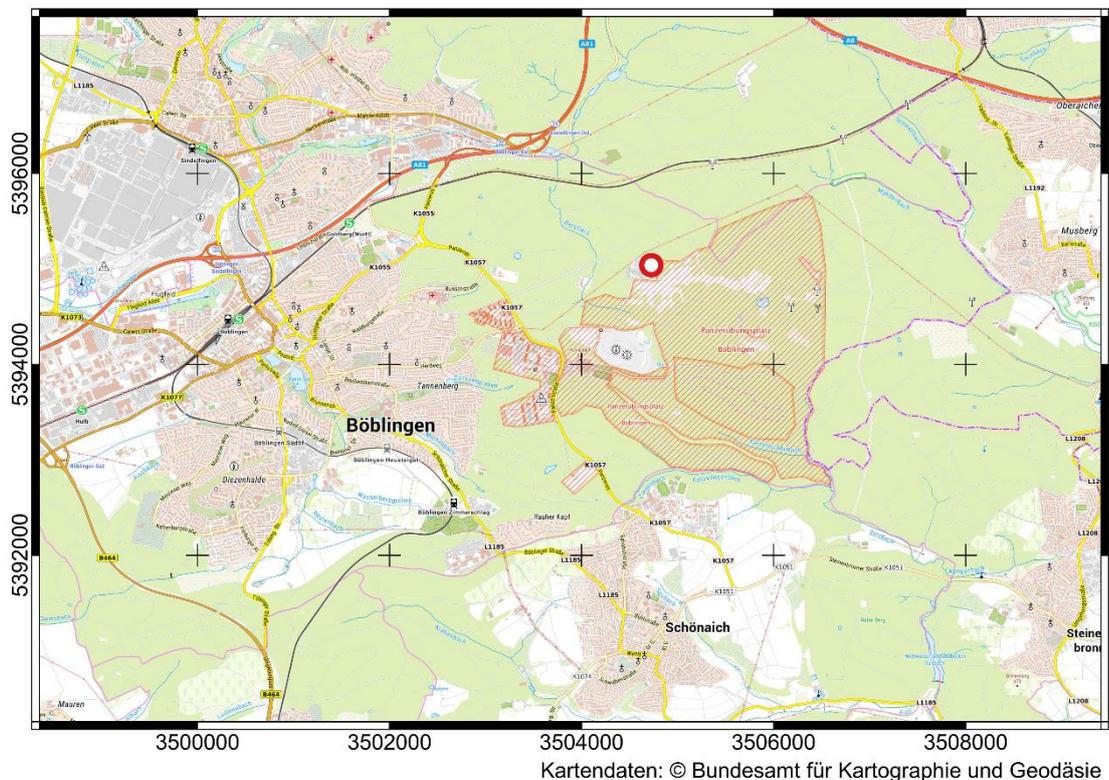


Abbildung 1. Lageplan zum Umfeld des Betriebsgeländes (rote Markierung); Karte genordet. Kartenhintergrund: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie [8].

4.2 Naturräumliche Lage und Gliederung, orografische Station

Das Betriebsgelände befindet sich mit seiner Lage im Naturraum „Schwäbisches Keuper-Lias-Land“ in der Haupteinheit „Schönbuch und Glemswald“ (104).

Die Position des Standorts und die weitere, großregionale naturräumliche Gliederung kann Abbildung 2 entnommen werden.

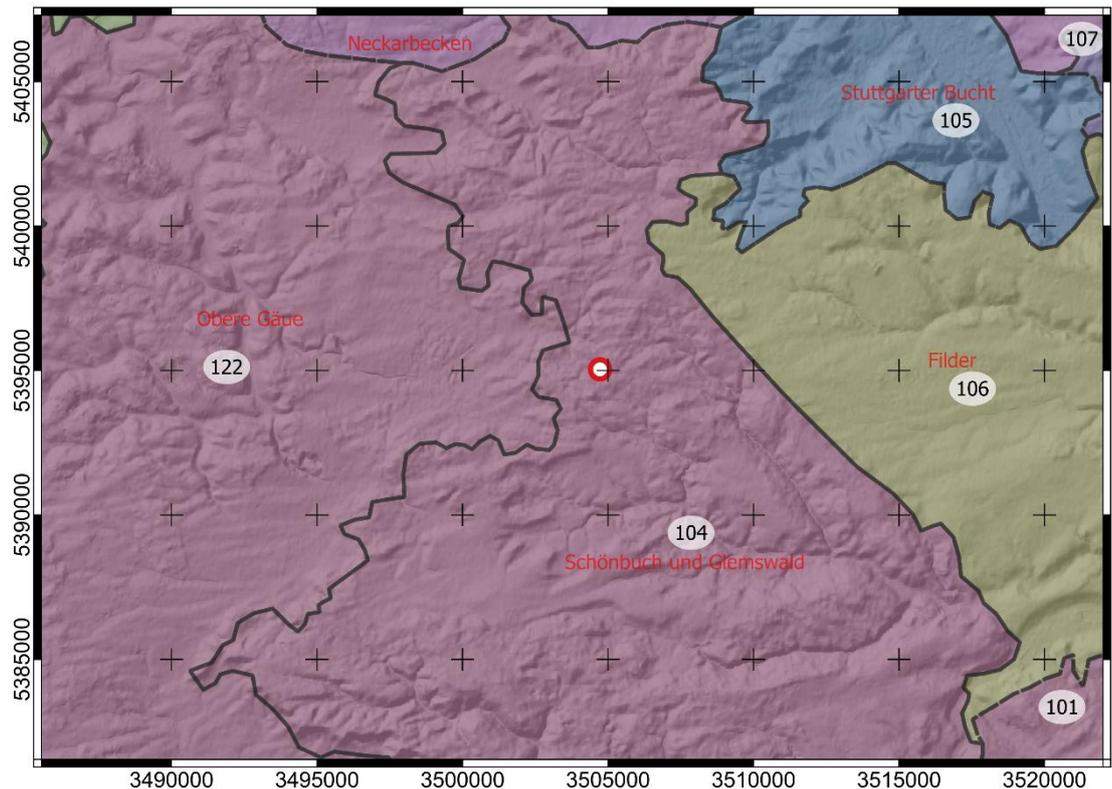


Abbildung 2. Naturräumliche großregionale Gliederung [16] mit Nummern der Haupteinheiten. Die Markierung zeigt die Lage des Standorts (roter Punkt). Karte genordet. Kartenhintergrund: EU-DEM [15]; Koordinatensystem: GK-3.

Die Anlage liegt auf einer Höhe von ca. 490 m über NHN. Das umliegende Gelände ist leicht orographisch gegliedert. Südlich und nördlich des Anlagenstandorts steigt das Gelände leicht an, auf eine Höhe von ca. 510 bis 520 m über NHN.

Die Geländestruktur in der Umgebung des Standortes ist in Abbildung 3 dargestellt.

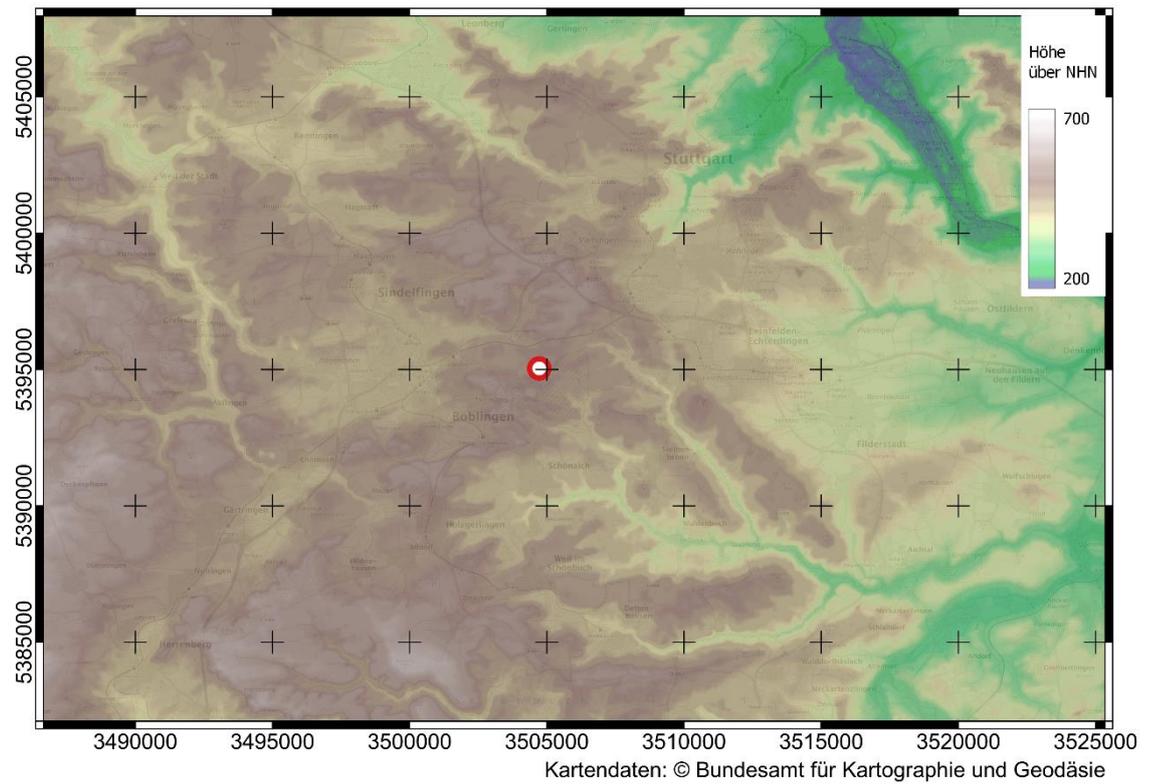


Abbildung 3. Geländestructur im Umfeld des Standorts (roter Punkt); Topografische Darstellung mit Datenbasis EU-DEM [15]. Karte genordet. Kartenhintergrund © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie [8]; Koordinatensystem: GK-3.

5 Erwartungswerte für Wind- und Ausbreitungsbedingungen

Die Windrichtungsverteilung an einem Standort wird primär durch die großräumige Druckverteilung geprägt. Die Strömung in der vom Boden unbeeinflussten Atmosphäre (ab ca. 1.500 m über NHN) hat in Mitteleuropa ein Maximum bei südwestlichen bis westlichen Richtungen. Ein zweites Maximum, das vor allem durch die Luftdruckverteilung in Hochdruckgebieten bestimmt wird, ist bei Winden aus Ost bis Nordost zu erwarten. In Bodennähe, wo sich der Hauptteil der lokalen Ausbreitung von Schadstoffen abspielt, kann die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung jedoch durch die topographischen Strukturen (Orografie, Landnutzung) modifiziert sein.

Wie in Kapitel 4 beschrieben befindet sich der Anlagenstandort in einer leicht gegliederten Umgebung. Es wird erwartet, dass der lokale, bodennahe Wind in erster Linie von den großräumigen Windverhältnissen geprägt ist. In zweiter Linie können die lokalen, orografischen Bedingungen zu einer Modulation der Windbedingungen führen.

Es ist zu erwarten, dass sich im Bereich des Standorts aufgrund der großräumigen Strömungsverhältnisse im Zusammenwirken mit den orographischen Gegebenheiten, eine West-Ost geprägte Verteilung ergibt. Ein Maximum der Windverteilung wird entsprechend der großräumigen Druckverteilung aus West bis Südwesten erwartet und ein wenig ausgeprägtes sekundäres Maximum aus Osten.

Um die am Standort und in der Region abgeschätzten Hauptwindrichtungen qualitativ zu verifizieren, wird ergänzend auf die Daten des Testreferenzjahrs¹ (TRY) des Deutschen Wetterdienstes [9] zurückgegriffen. Dabei handelt es sich um Datensätze, die für den Zeitraum 1995 bis 2012 zu jeder Stunde eines Jahres und in einem Raster mit einer Auflösung von einem Kilometer vorliegen. Aus den Basisdaten des TRY-Datensatzes wurden die langjährigen Mittelwerte der Windrichtungsverteilung ermittelt. Die TRY-Daten enthalten Erwartungswerte für die Windrichtungsverteilung.

Die Windrosen aus den TRY Daten in der unmittelbaren Umgebung des Standortes sind in Abbildung 4 eingetragen. Die Windrosen bestätigen die Hauptwindrichtung mit primärem Maximum mit Wind aus Süd-Westen und sekundärem Maximum mit Wind aus östlicher Richtung.

¹ abgekürzt TRY (test reference year)

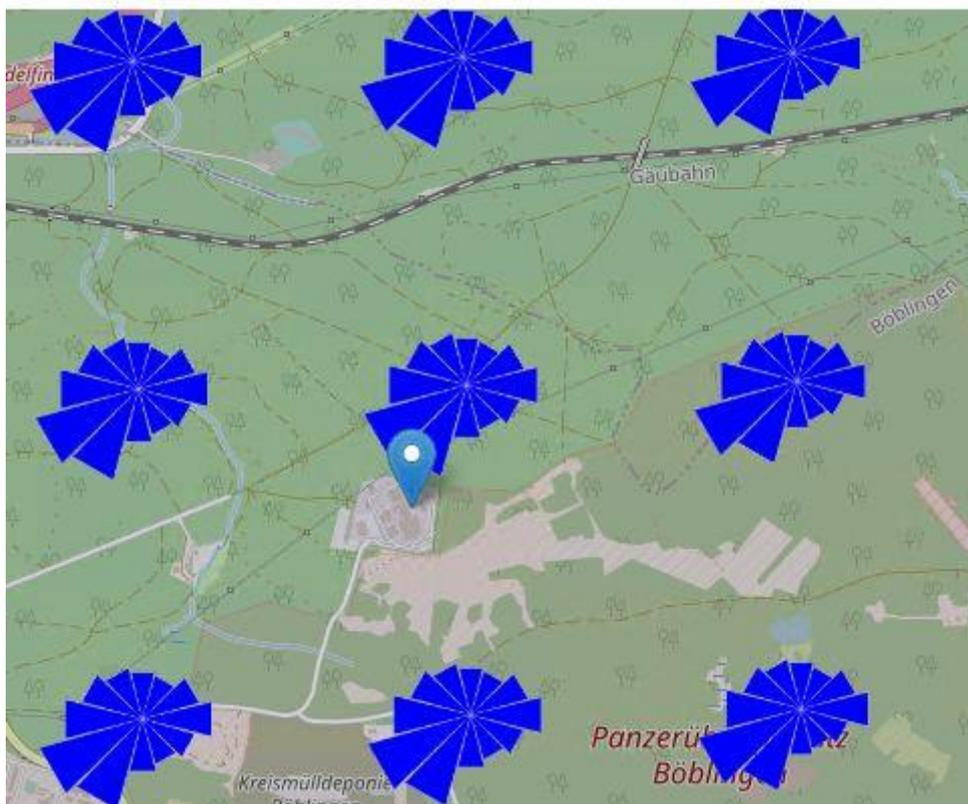


Abbildung 4. Darstellung der Windrosen aus den TRY Daten in unmittelbarer Umgebung des Standortes (blaue Markierung). Karte genordet, ohne Maßstab. Kartenhintergrund: © Bundesamt für Kartografie und Geodäsie [8].

Zur Veranschaulichung des Erwartungswerts dieser Übertragungsprüfung wird der TRY Datensatz an der in Tabelle 2 genannten Position genutzt. Dieser Punkt liegt am nächsten zum Standort, dem Aufpunkt der Übertragungsprüfung. Die ausgewählte Windrose ist in Abbildung 5 dargestellt.

Tabelle 2. Bezugskordinaten des ausgewählten test reference year (TRY) Datensatzes.

	Bezugskordinaten (WGS84)	
TRY Datensatz	48,6963° N	9,0651° E
Aufpunkt	48,6927° N	9,0625° E

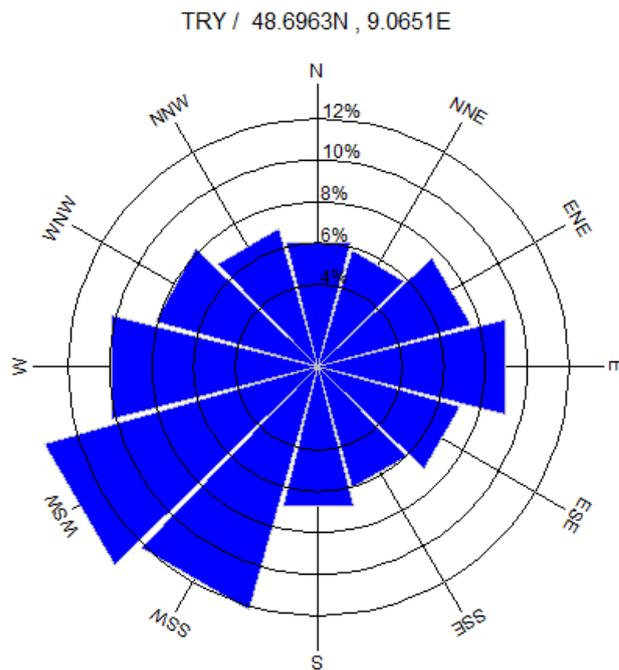


Abbildung 5. Darstellung der Windrose aus den TRY-Daten an den für die Anlage repräsentativen Bezugskordinaten.

Die TRY-Daten zeigen ein breit gefächertes primäres Maximum aus Richtung Südwesten (SW) bis Nordwesten (NW) und ein sekundäres Maximum aus östlicher Richtung (E). Ausgeprägte Minima treten nicht auf. Die geringsten Häufigkeiten sind bei Nordnordost (NNE) und Südsüdost (SSE) zu finden.

Zur Ermittlung der mittleren Windgeschwindigkeit und der Schwachwindsituation am Übertragungspunkt werden die Daten des statistischen Windfeldmodells des DWD [2] für einen Vergleich herangezogen. Das statistische Windfeldmodell zeigt am Übertragungspunkt die mittlere Windgeschwindigkeit und Schwachwindhäufigkeit, wie in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3. Ergebnisse aus dem statistischen Windfeldmodell des DWD am Übertragungspunkt.

Statistisches Windfeldmodell	
Geografische Länge	9,0625 E
Geografische Breite	48,6927 N
Mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m ü. Grund	2,5 m/s
Schwachwindhäufigkeit in 10 m ü. Grund	19 %

6 Berücksichtigte Bezugswindstationen

Die Auswahl der Windmessstationen folgt den Kriterien der VDI 3783 Blatt 20 [13]. Demnach sollte der Beginn des jüngsten zusammenhängenden, mindestens 5-jährigen Datenerhebungszeitraums nicht länger als 15 Jahre zurückliegen. Die Verfügbarkeit der Daten muss in jedem Jahr über 90 % liegen, und die Daten müssen für mindestens fünf aufeinander folgende Jahre vorhanden sein.

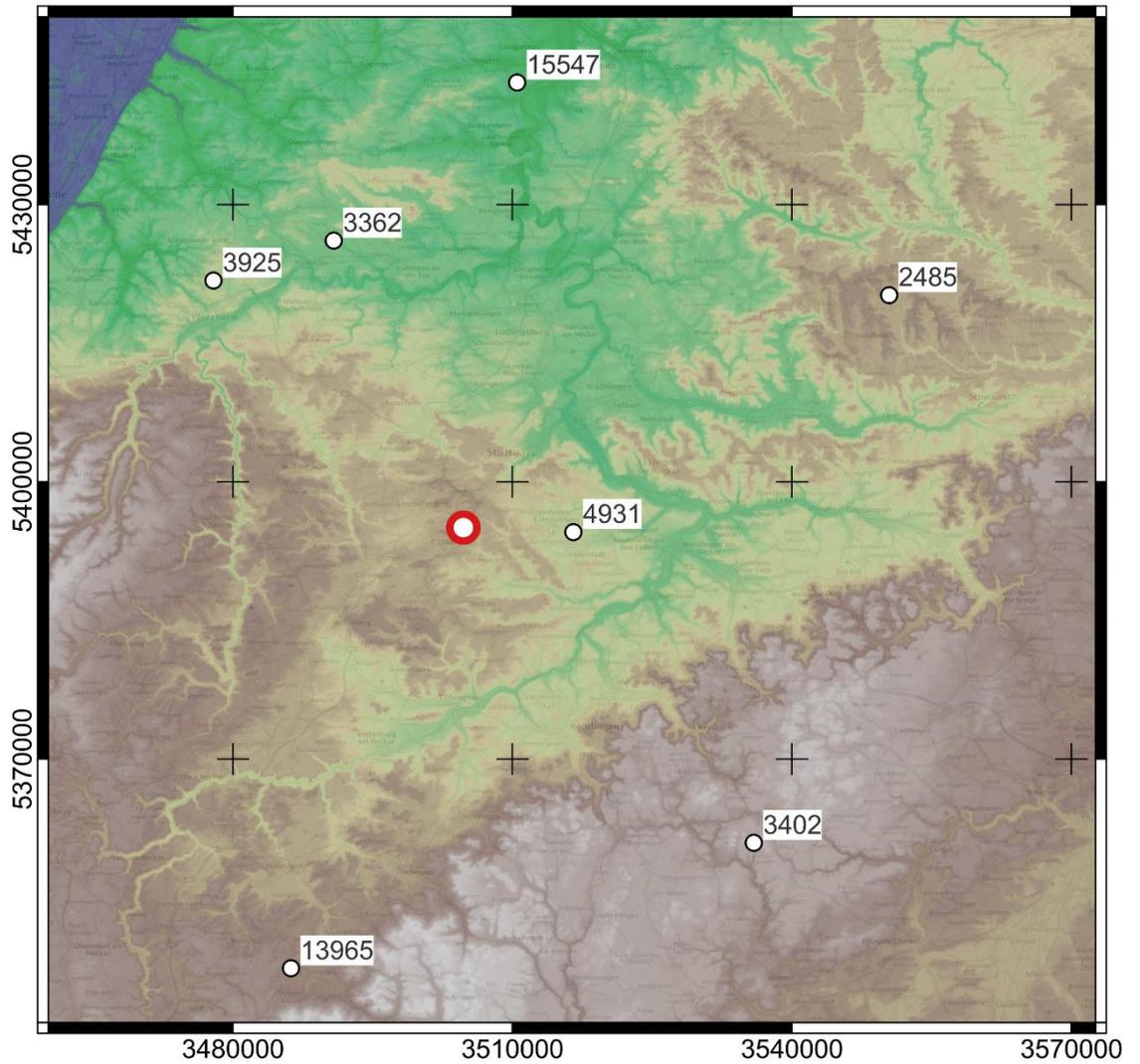
Zusätzlich werden nur solche Windstationen berücksichtigt, deren auf die Bedingungen des Standorts bezogene Windgeschwindigkeit mit der erwarteten Windgeschwindigkeit mindestens hinreichend übereinstimmt, sowie nur solche Windstationen, deren Hauptmaximum der Windrichtung mindestens hinreichend mit der erwarteten Hauptwindrichtung der ausgewählten TRY Daten übereinstimmt. Die genannten Kriterien werden später noch im Detail erläutert.

Im Umkreis von 60 km um die zu betrachtenden Anlage befinden sich 69 Messstationen des DWD. Aus diesen Messstationen werden nur die in die nähere Auswahl gezogen, die sämtliche oben genannten Kriterien erfüllen. Alle anderen Stationen der Messnetzte werden nicht weiter berücksichtigt.

Aus der genannten Vorauswahl wurden sieben Windmessstationen des Deutschen Wetterdienstes zur nächsten Prüfung zugelassen. In Tabelle 4 sind die Stationskoordinaten sowie die Lage- und Betriebsangaben aufgeführt. Ihre räumliche Verteilung ist in Abbildung 6 dargestellt.

Tabelle 4. Betrachtete Windmessstationen – Positionsangaben und Betriebsdaten der DWD Stationen nach [1].

Stationsname	Stationsnummer	Betreiber	Geberhöhe [m]	Stationshöhe über NHN [m]	geogr. Länge	geogr. Breite	Abstand zum Standort [km]	Zeitraum
Balingen-Bronnhaupten	13965	DWD	12	619	8,8134	48,2639	51	2008 - 2022
Heilbronn/Neckar	15547	DWD	10	215	9,1428	49,1259	49	2016 - 2022
Kaisersbach-Cronhuetten	2485	DWD	12	489	9,6871	48,917	52	2011 - 2022
Muehlacker	3362	DWD	12	243	8,8735	48,9721	34	2006 - 2022
Muensingen-Apfelstetten	3402	DWD	10	755	9,4837	48,3851	46	2008 - 2022
Pforzheim-Ispringen	3925	DWD	12	332	8,6973	48,9329	38	1989 - 2022
Stuttgart-Echterdingen	4931	DWD	10	371	9,2235	48,6883	12	1953 - 2022



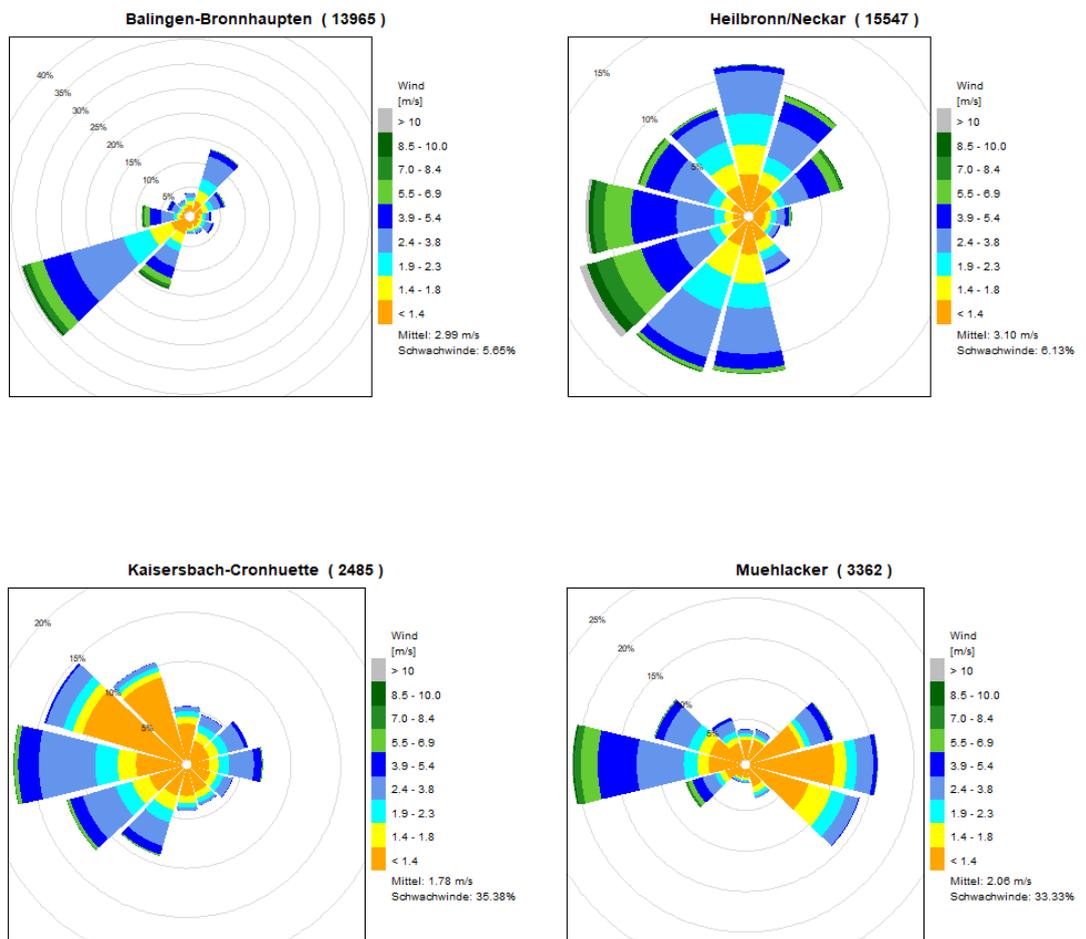
Kartendaten: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie

Abbildung 6. Windmessstationen mit Stationsnummern und Standort (roter Punkt).
 Topografische Darstellung mit Datenbasis EU-DEM [15]. Karte genordet. Kartenhintergrund
 © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie [8]; Koordinatensystem: GK-3.

7 Detailprüfung

Das wichtigste Beurteilungskriterium für die Übertragbarkeit der vorliegenden Windmessungen auf den Zielort ist die Windrichtungsverteilung. Sie muss die wesentlichen Merkmale der am Zielort zu erwartenden Verteilung, wie sie in Abschnitt 4 beschrieben wurden, widerspiegeln.

In Abbildung 7 sind die Windrosen der ausgewählten Stationen dargestellt und Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die primären und sekundären Windrichtungsmaxima sowie der Minima der Windrichtungsverteilungen.



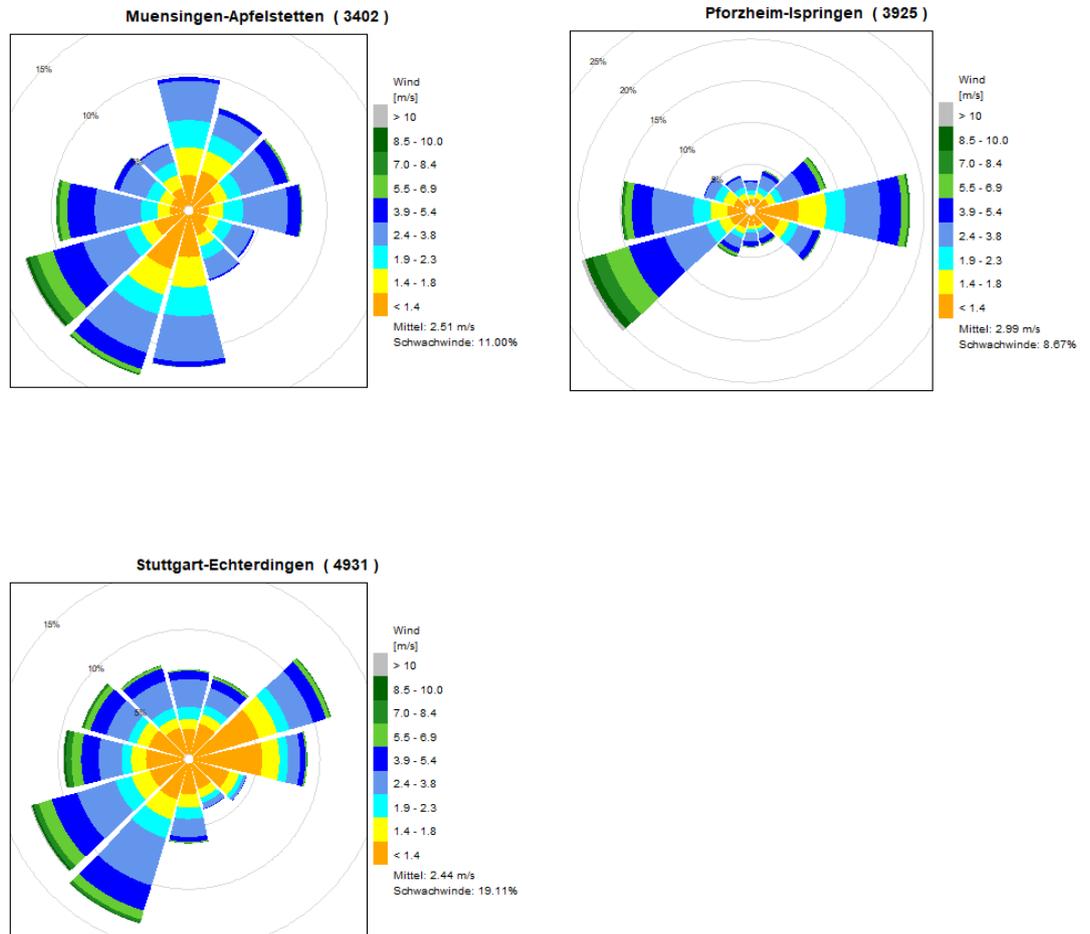


Abbildung 7. Vergleich der Messdaten aus den untersuchten Windmessstationen. Dargestellt sind die Windrosen mit Messdaten aus dem Zeitraum 2005 - 2022. Die Windrosen sind in 30°-Sektoren unterteilt.

Tabelle 5. Charakteristika der Windrichtungsverteilungen an den Messstationen.

Stationsname	Hauptmaximum	Nebenmaximum	Minimum
Standort der Anlage	WSW bis SSW	E bis ENE	NNE und SSE
Balingen-Bronnhaupten	SSW	NNE	S
Heilbronn/Neckar	W bis S	N	ESE
Kaisersbach-Cronhuette	W bis WNW	E	SSE
Muehlacker	W	E	S
Muensingen-Apfelstetten	SW	N	ESE
Pforzheim-Ispringen	WSW	E	N und S
Stuttgart-Echterdingen	WSW bis SSW	E bis ENE	SSE

Neben der Windrichtungsverteilung spielt auch die Statistik der Windgeschwindigkeiten eine Rolle für die Übertragbarkeit von Winddaten auf einen Standort. Für die Bewertung der Windgeschwindigkeit müssen die Messdaten der Stationen auf eine einheitliche Rauiglängelänge, die der Rauigkeit des Standorts entspricht, sowie eine Geberhöhe von 10 m und einer zusätzlichen Höhe, die nach VDI 3783 Blatt 20 [13] mit dem 12-fachen der Rauiglängelänge angegeben wird, bezogen werden. Für die Berechnung des Faktors wird die folgende Formel verwendet [3] und die Rauiglängelänge an den Messstationen wird nach Namyslo [4] bestimmt.

$$f_{\text{red}} = \left[\frac{\ln\left(\frac{h_{\text{ref}} - d_{0s}}{Z_{0s}}\right)}{\ln\left(\frac{h_{\text{as}} - d_{0s}}{Z_{0s}}\right)} \right] \times \left[\frac{\ln\left(\frac{h_a - d_0}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_{\text{ref}} - d_0}{Z_0}\right)} \right] \quad (1)$$

Es bedeuten:

- f_{red} Faktor zur Normierung der Windgeschwindigkeit
- h_{as} Anemometerhöhe über Grund an der Windmessstation
- Z_{0s} mesoskaliges Z_0 für einen 30°-Sektor an der Windmessstelle
- d_{0s} Verdrängungshöhe an der Windmessstation (6-fache von z_0)
- h_{ref} Referenzhöhe von 100 m zur mesoskaligen Übertragung von Windgeschwindigkeiten über ebenem Gelände nach WIERINGA (1976)
- h_a Vergleichshöhe über Grund am Ort der Ausbreitungsrechnung (hier: 10 m + 12 × z_0)
- Z_0 Rauiglängelänge am Ort der Ausbreitungsrechnung
- d_0 Verdrängungshöhe am Ort der Ausbreitungsrechnung

Die nachfolgende Tabelle 6 fasst die Bedingungen am Standort und den Stationen zusammen. Am Standort wird die Windgeschwindigkeit und die Häufigkeit von Schwachwinden dem Statistischen Windfeld-Modell des DWD entnommen. Die Windgeschwindigkeiten an den verschiedenen Stationen wird nach obiger Formel aus den an den Stationen gemessenen Windgeschwindigkeiten ermittelt und die Häufigkeit von Schwachwinden unmittelbar aus den Messwerten.

Tabelle 6. Vergleich der Windgeschwindigkeiten. Datenbasis: DWD Stationsdaten [1], DWD Statistisches Windfeld-Modell [2].

Stationsname	Mittlere Geschwindigkeit in Geberhöhe [m/s]	Normierte mittlere Geschwindigkeit ¹ [m/s]	Häufigkeit Schwachwinde [%]	Geberhöhe [m]	z_0 [m]	f_{red}
Standort		2,5	19		1,27	
Balingen-Bronnhaupten	3	2,8	6	12	0,15	0,93
Heilbronn/Neckar	3,1	2,9	6	10	0,1	0,93
Kaisersbach-Cronhuette	1,8	2,3	35	12	0,77	1,31
Muehlacker	2,1	2,3	33	12	0,47	1,1
Muensingen-Apfelstetten	2,5	3,2	11	10	0,54	1,26
Pforzheim-Ispringen	3	2,7	9	12	0,1	0,89
Stuttgart-Echterdingen	2,4	2,3	19	10	0,12	0,95

- 1) Mittlere Windgeschwindigkeit normiert auf eine Vergleichshöhe von 10 m plus dem 12-fachen der Rauigkeitslänge am Standort.

Die Übertragbarkeit wird mit folgenden Kriterien beurteilt:

- Eine *gute Übereinstimmung* liegt vor, wenn das Hauptmaximum und das größte Nebenmaximum der Windmessstation und der Erwartungswert jeweils im gleichen Sektor liegen und wenn das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit vom Erwartungswert um nicht mehr als $\pm 0,5$ m/s vom Messwert abweicht.
- Eine *hinreichende Übereinstimmung* liegt vor, wenn das Hauptmaximum und das größte Nebenmaximum der Windstation und der Erwartungswert jeweils in benachbarten Sektoren liegen und wenn das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit vom Erwartungswert um nicht mehr als $\pm 1,0$ m/s vom Messwert abweicht.

- *Keine Übereinstimmung* liegt vor, wenn das Hauptmaximum und das größte Nebenmaximum der Windstation und der Erwartungswert nicht im jeweils gleichen oder in benachbarten Sektoren liegen und wenn das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit vom Erwartungswert um mehr als $\pm 1,0$ m/s vom Messwert abweicht.

Sowohl die Station Pforzheim-Ispringen als auch die Stationen Mühlacker und Balingen-Bronnhaupten zeigen eine ausgeprägte zweigipfelige Windrichtungsverteilung, im Gegensatz zu der breiter gefächerten Verteilung der TRY-Daten am Standort. Dabei liegt bei Balingen-Bronnhaupten und Pforzheim-Ispringen das Primärmaximum bei südwestlichen Richtungen, was eine gute Übereinstimmung mit den TRY-Daten am Standort bedeutet. Aber lediglich Pforzheim-Ispringen zeigt auch beim Sekundärmaximum aus Ost noch eine gute Übereinstimmung mit den TRY-Daten.

Die Station Kaiserbach-Cronhütte hat ihr Primärmaximum bei westlichen bis west-nordwestlichen Richtungen und nicht wie die TRY-Daten bei südwestlichen Richtungen.

Die Stationen Heilbronn/Neckar und Münsingen-Apfelstetten zeigen beide ein breit gefächertes Primärmaximum aus den Richtungen West bis Süd. Der Südanteil ist damit ausgeprägter als bei den TRY-Daten am Standort. Desweiteren haben beide Stationen ihr Sekundärmaximum bei nördlichen Richtungen und nicht wie die TRY-Daten bei östlichen Richtungen.

Die Station Stuttgart Echterdingen zeigt sowohl beim Primär- als auch beim Sekundärmaximum eine gute Übereinstimmung mit den TRY-Daten.

Das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit zeigt bei allen Stationen eine gute Übereinstimmung. Nur bei der Station Münsingen-Apfelstetten weicht der Wert um mehr als 0,5 m/s vom Erwartungswert ab.

In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Detailprüfung zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 7. Zusammenfassende Bewertung der Messstationen.
 Bewertungskriterien: + gute Übereinstimmung; 0 hinreichende Übereinstimmung;
 - keine Übereinstimmung.

Station	Stations-ID	Bewertung Haupt-Windrichtung	Bewertung Neben-Windrichtung	Bewertung Windgeschwindigkeit
Balingen-Bronnhaupten	13965	+	0	+
Heilbronn/Neckar	15547	+	-	+
Kaisersbach-Cronhuette	2485	0	+	+
Muehlacker	3362	0	+	+
Muensingen-Apfelstetten	3402	+	0	0
Pforzheim-Ispringen	3925	+	+	+
Stuttgart-Echterdingen	4931	+	+	+

8 Fazit

Bei der Bewertung der Windrichtungsverteilung zeigen die Stationen Balingen-Bronnhaupten, Heilbronn/Neckar, Münsingen-Apfelstetten, Pforzheim-Ispringen und Stuttgart-Echterdingen eine gute Übereinstimmung mit den TRY-Daten am Standort.

Die Stationen Heilbronn/Neckar und Münsingen-Apfelstetten haben allerdings ein sehr breit gefächertes Primärmaximum, womit der Südanteil bei beiden Stationen deutlich größer ist als bei den TRY-Daten am Standort. Desweiteren zeigen diese beide Stationen und auch die Station Balingen-Bronnhaupten beim Sekundärmaximum keine gute Übereinstimmung mit den TRY-Daten. Alle drei Stationen sind somit nicht für die Übertragung auf den Standort geeignet.

Die Stationen Pforzheim-Ispringen und Stuttgart-Echterdingen zeigen neben der guten Übereinstimmung beim Primärmaximum auch eine gute Übereinstimmung beim Sekundärmaximum und bei der mittleren Windgeschwindigkeit.

Allerdings entspricht die stark gerichtete Windrichtungsverteilung in Pforzheim-Ispringen nicht der breiten Verteilung der Erwartungswerte am Standort. Die Station Stuttgart-Echterdingen hingegen weist wie die TRY-Daten am Standort auch eine breitere Verteilung auf, die bei den einzelnen Windrichtungen gut mit diesen übereinstimmt.

Die meteorologischen Daten der Station Stuttgart-Echterdingen (DWD 4931) sind unter den geprüften Stationen und für die unter Kapitel 1 beschriebene Aufgabenstellung am besten für die Übertragung zum Zwecke einer Immissionsprognose für die geplante Klärschlammverbrennungsanlage auf dem Betriebsgelände des Zweckverbands Restmüllheizkraftwerk Böblingen in Böblingen geeignet.

9 Literatur und Grundlagen

- [1] Deutscher Wetterdienst DWD, Offenbach: Stationsdaten;
ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/.
- [2] Deutscher Wetterdienst DWD, Offenbach: Statistisches Windfeldmodell;
https://www.dwd.de/DE/leistungen/windkarten/deutschland_und_bundeslaender.html.
- [3] DWD, Merkblatt Bestimmung der in Austal2000 anzugebenden Anemometerhöhe, J. Namyslo, 15.10.2014.
- [4] DWD, Merkblatt Bestimmung effektiver Rauigkeitslängen an Windmessstationen aus topografischen Karten. J. Namyslo, Koßmann M., 18.04.2019
- [5] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz (Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der aktuellen Fassung.
- [6] Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), Gemeinsames Ministerialblatt Nr. 48-54, 14. 9. 2021.
- [7] Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV) in der aktuellen Fassung.
- [8] TopoPlusOpen P25. © Bundesamt für Kartografie und Geodäsie. Datenquellen:
https://sq.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf.
- [9] Krähenmann, S., Walter, A., Brienens, S., Imbery, F., Matzarakis, A.: Stündliche Raster der Windrichtung für Deutschland (Projekt TRY-Weiterentwicklung), Version V001, DWD Climate Data Center (CDC), DOI:10.5676/DWD_CDC/TRY_Basis_v001, 2016.
- [10] VDI 3782 Blatt 6: Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle – Bestimmung der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier. 2017-04.
- [11] VDI 3783 Blatt 13: Umweltmeteorologie – Qualitätssicherung in der Immissionsprognose – Anlagenbezogener Immissionsschutz – Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft. 2010-01.
- [12] VDI 3783 Blatt 16: Umweltmeteorologie – Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle – Verfahren zur Anwendung in Genehmigungsverfahren TA Luft. 2020-10.
- [13] VDI 3783 Blatt 20: Umweltmeteorologie – Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten zur Anmeldung im Rahmen der TA-Luft. 2017-03.
- [14] VDI 3783 Blatt 21: Umweltmeteorologie Qualitätssicherung meteorologischer Daten für die Ausbreitungsrechnung nach TA Luft und GIRL. 2017-03.
- [15] EU-DEM v1.1. European Environment Agency (EEA) under the framework of the Copernicus programme.
- [16] Bundesamt für Naturschutz. Naturräumliche Gliederung Deutschlands nach Meynen / Schmithüsen, 2009.

- [17] EU-Hydro – River Network Database, Version 1.3. European Environment Agency (EEA) under the framework of the Copernicus programme. 2019.