

**IMA**

Richter & Röckle  
Immissionen  
Meteorologie



Durch die DAkkS nach  
DIN EN ISO/IEC 17025  
akkreditiertes Prüflaboratorium.  
Die Akkreditierung gilt für die in der  
Urkunde aufgeführten Prüfverfahren

Akkreditiert für  
Ausbreitungsrechnung  
n. TA Luft und GIRL  
Messstelle n. § 29b BImSchG

**Auftraggeber**                    **SWT Anstalt des öffentlichen Rechts der  
Stadt Trier  
Ostallee 7-13  
54290 Trier**

## **Prognostische Windfeldbibliothek für den Bereich Trier**

**Bericht-Nr.:**                    **23-11-09-S-pWFB**  
**Umfang:**                        **19 Seiten**  
**Datum:**                         **17. Juli 2024**  
**Bearbeiter:**                   **Dr. Markus Hasel, Dipl.-Met.  
Katharina Knapp, Dipl.-Math.**

**IMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG**  
**Hauptstraße 54**  
**70839 Gerlingen**

**Tel.: 07156 / 4389-16**

**Fax: 07156 / 5026-18**

**Email: [hasel@ima-umwelt.de](mailto:hasel@ima-umwelt.de)**

**Internet: <http://www.ima-umwelt.de/>**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Hintergrund</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Modellgebiet und Rechengitter</b> .....	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Verfahrensablauf</b> .....	<b>8</b>
5.1	Prognostische Modellrechnungen .....	8
5.2	Ost-Anströmung bei Ausbreitungsklasse I.....	9
5.3	Südwestliche Anströmung bei Ausbreitungsklasse III/1 .....	10
5.4	Interpolation im Parameterraum .....	12
5.5	Interpolation auf das Gitter der Ausbreitungsrechnung.....	12
5.6	Objektive Bestimmung der EAP für prognostische Windfelder.....	13
<b>6</b>	<b>Meteorologische Daten</b> .....	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Berücksichtigung lokaler Windsysteme</b> .....	<b>15</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>18</b>
	<b>Literatur</b> .....	<b>19</b>

## 1 Aufgabenstellung

Die SWT Anstalt des öffentlichen Rechts der Stadt Trier plant die Errichtung und den Betrieb einer Klärschlammverwertungsanlage in Form einer Monoverbrennungsanlage nordöstlich der bestehenden Kläranlage am Standort Ruwerer Straße in Trier.

Das Gelände rund um den im Tal der Mosel gelegenen Standort weist stellenweise steile Flanken auf, die das Steigungskriterium der TA Luft (2021), Anhang 2, Abschnitt 12 von 1:5 übersteigen.

Die iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG wurde daher mit der Erstellung einer prognostischen Windfeldbibliothek gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) für die Ausbreitungsrechnungen für den Standort bei Trier beauftragt.

## 2 Hintergrund

Die TA Luft (2021) fordert in Anhang 2 Abschnitt 12, Abs. 3 *„Sind die in Absatz 2 genannten Bedingungen [Steigung 1:5 wird nicht überschritten] nicht erfüllt, können die Geländeunebenheiten in der Regel mit Hilfe eines prognostischen mesoskaligen Windfeldmodells berücksichtigt werden, das den Anforderungen der Richtlinie VDI 3783 Blatt 7 (Ausgabe Mai 2017) entspricht. Dabei sind die Verfahrensregeln der Richtlinie VDI 3783 Blatt 16 (Ausgabe Juni 2015) zu beachten.“*

Die VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 wurde zwischenzeitlich aktualisiert (Ausgabe 2020-10).

Prognostische Windfeldmodelle unterliegen keinen physikalischen Einschränkungen in der Berücksichtigung der Orographie. Im Vergleich zu diagnostischen Windfeldmodellen können sie die Strömung auch in sehr steilem Gelände realistisch nachbilden.

Aufgrund der stark gegliederten Topografie im Untersuchungsgebiet mit großen Geländesteigungen sollten gemäß den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle – Verfahren zu Anwendung in Genehmigungsverfahren nach TA Luft“ prognostisch berechnete Windfelder als Basis für die Ausbreitungsrechnung dienen.

Die Windfelder wurden dabei mit dem prognostischen Modell METRAS-PCL berechnet und in einer Windfeldbibliothek so aufbereitet, dass sie als Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnungen mit AUSTAL bzw. LASAT dienen. Das hierfür entwickelte Verfahren (Bigalke & Rau (2007), Hasel, Kost & Nielinger (2009)) ist in der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) ausführlich dokumentiert.

Das Konzept der „Prognostischen Windfeldbibliothek“ gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) erlaubt die Verwendung der Informationen des prognostischen Modells in einer klassischen Ausbreitungsrechnung. Es basiert auf einer Bibliothek, deren Windfelder mit einem prognostischen mesoskaligen Strömungsmodell berechnet wurden. Dabei werden statt der diagnostisch berechneten Windfelder, die z.B. von AUSTAL ermittelt werden, universell anwendbare prognostische Windfelder in eine Bibliothek eingestellt. Die eigentliche Ausbreitungsrechnung bleibt unverändert. Damit sind die Vorgaben der TA Luft erfüllt und eine Ausbreitungsrechnung ist auch in steilem, topographisch stark gegliedertem Gelände möglich.

### 3 Grundlagen

Im diagnostischen Ansatz der TA Luft besteht eine Windfeldbibliothek aus Basiswindfeldern, aus deren Linearkombination die in der Immissionsprognose verwendeten Windfelder in stündlicher Auflösung bestimmt werden.

In prognostischen Strömungsmodellen werden die vollständigen dreidimensionalen Bewegungsgleichungen für die Berechnung der Strömung gelöst. Zum Einsatz kommt das prognostische Modell METRAS-PCL (Version 5.0), das an der Universität Hamburg entwickelt und validiert wurde (Schlünzen et al. (1996), Schlünzen et al. (2018)). Das Windfeldmodell erfüllt die Anforderungen der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 7 (2017).

Der Aufbau der prognostischen Windfeldbibliothek erfolgt in 10°-Schritten der Windrichtung analog zum Standardverfahren. Die resultierende prognostische Windfeldbibliothek besteht unter den genannten Voraussetzungen aus 36 dreidimensionalen Windfeldern in 10°-Schritten je Ausbreitungsklasse, also insgesamt 216 Windfeldern je Gitter. Diese wurden wie in der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) vorgesehen aus insgesamt 72 prognostischen Modellrechnungen gemäß den Anforderungen der VDI-Richtlinie bezüglich der Modellparameter ermittelt. Die Ergebnisse der Simulationen wurden einzeln auf Plausibilität sowie die Konsistenz im Parameterraum überprüft.

Die Übertragung vom Modellgebiet des prognostischen Modells auf das TA Luft-Modell erfolgte richtlinienkonform durch ein aufwändiges Interpolationsverfahren (VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020)).

Weitere Details des Verfahrens werden im Folgenden dargestellt und sind ausführlich in der Literatur geschildert (VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020)).

### 4 Modellgebiet und Rechengitter

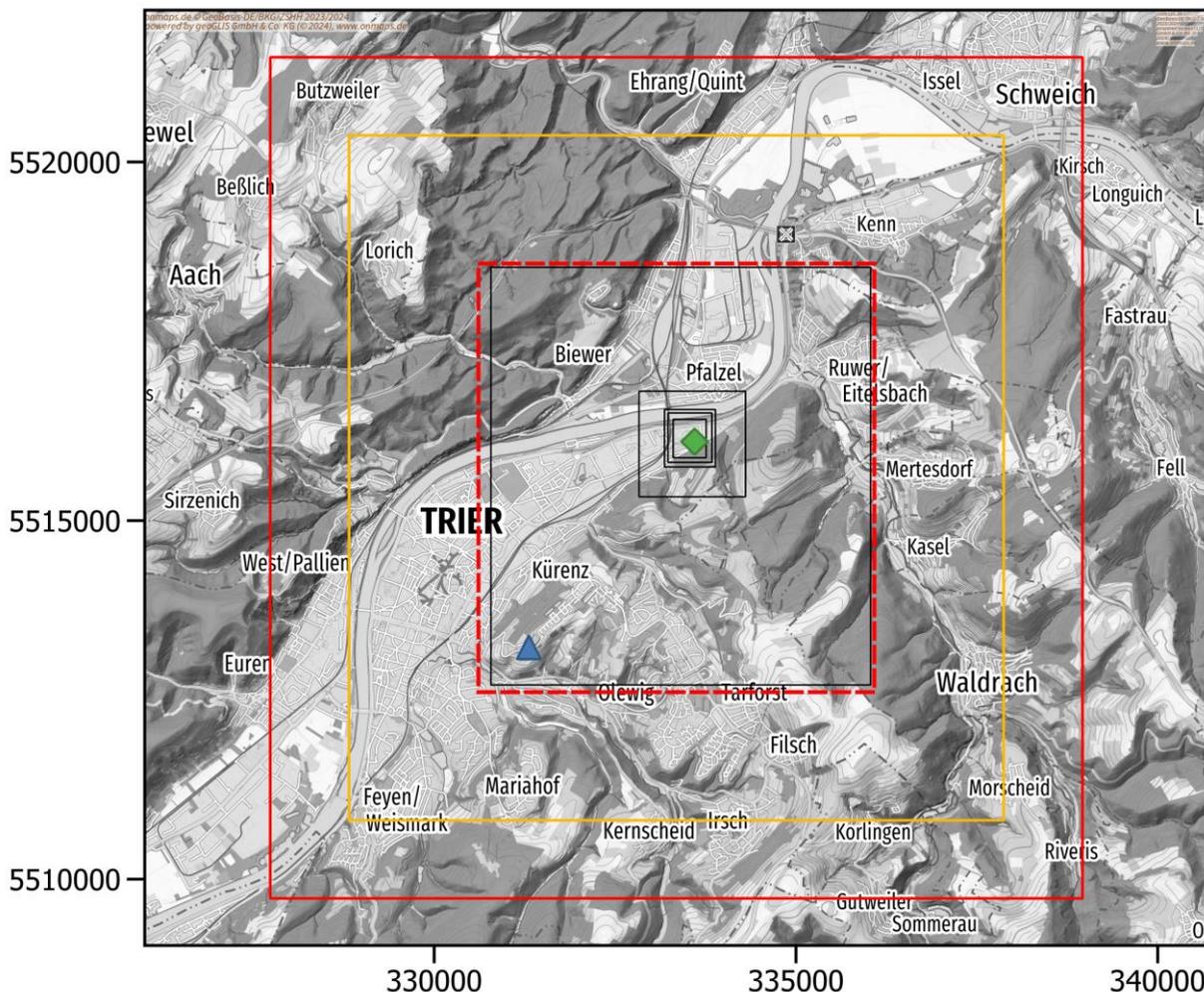
Das Modellgebiet für die prognostischen Berechnungen muss die topographischen Strukturen umfassen, welche sich auf die Strömung im Beurteilungsgebiet maßgeblich auswirken können. Dazu zählen insbesondere markante Höhenzüge und Talsysteme. Derartige Geländeformationen modifizieren die Strömung z.B. in Form von Kanalisierungen, Beschleunigungen auf Geländerücken und Verzögerungen in Tallagen.

Das Simulationsgebiet für die prognostische Strömungssimulation umfasst einen wesentlich größeren Bereich als das eigentliche Beurteilungsgebiet nach TA Luft. Im inneren Teilgebiet des Modells wurde die horizontale Maschenweite mit 72 m gewählt, um auch die steilen Hangstrukturen sachgerecht aufzulösen. Darüber hinaus wird ein gestrecktes Gitter verwendet, bei dem die Maschenweiten bis auf 99 m zu den Rändern hin anwachsen.

In der Vertikalen beginnt das Gitter mit einer Maschenweite von 20 m und nimmt ab einer Höhe von 100 m sukzessive zu. Insgesamt erstreckt es sich bis auf rund 7 500 m Höhe.

Mittels Testrechnungen wurde überprüft, ob die gewählte Modellgebietsgröße die erwarteten Strömungsstrukturen im Rechengebiet der Ausbreitungsrechnung hinreichend erfasst.

Im vorliegenden Fall stehen geeignete Windmessungen einer Station in geringer Entfernung vom Plangebiet zur Verfügung. Diese Daten enthalten bereits die Einflüsse der großräumigen Geländestrukturen im Untersuchungsgebiet, weshalb das Gesamt-Modellgebiet für die prognostischen Modellrechnungen mit rund 11,3 km x 11,8 km Modellgebiet entsprechend Nr. 5.2 der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) etwas kleiner als die Standardgröße (15 km x 15 km) gewählt wurde. Der innere, äquidistante Bereich des METRAS-Modellgebiets umfasst das Rechengebiet für die Ausbreitungsrechnungen dabei vollständig (Abbildung 4-1).



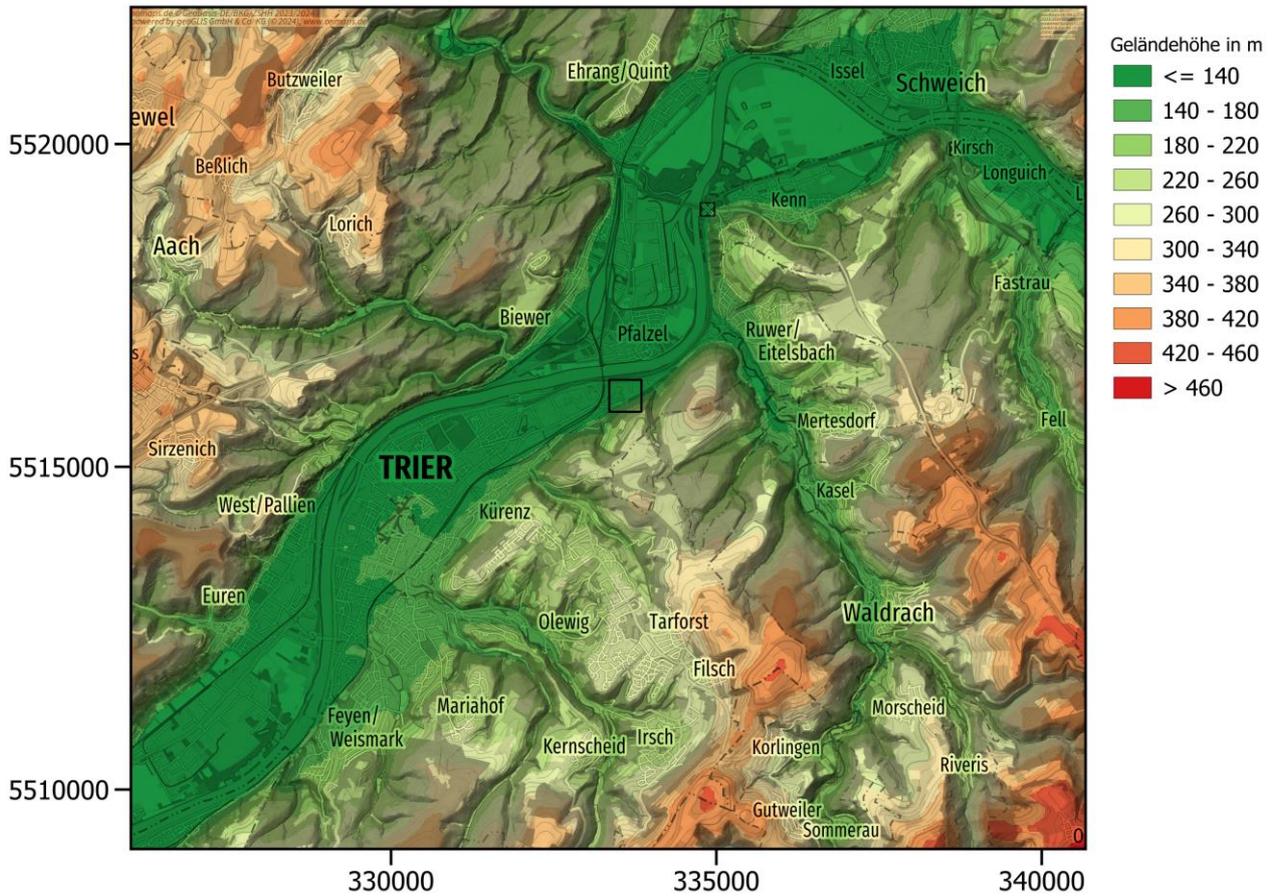
**Abbildung 4-1:** Modellgebiet der prognostischen Windfeldberechnung (rot), innerer äquidistanter Bereich (rot gestrichelt), innere Grenze der Rand-Glättung (gelb) und Modellgitter der Ausbreitungsrechnung (schwarz). Ein blaues Dreieck markiert die Anemometer-Position. Der Bereich des Anlagenstandorts befindet sich an der grünen Raute. (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2024).

**Tabelle 4-1:** Eigenschaften des prognostischen Modellgitters (LUE: linke untere, ROE rechte obere Ecke in UTM-Koordinaten).

	<b>LUE</b> RW/HW	<b>ROE</b> RW/HW	<b>Ausdehnung</b> m	<b>Maschenweiten</b> m
Prognostisches Gesamt-Modellgebiet	327685 5509681	339011 5521511	11326 x 11830	72-99
Inneres Teilgebiet	330576 5512572	336120 5518620	5544 x 6048	72

Für die Modellrechnungen wurde ein digitales Höhenmodell auf Basis von EU-DEM-Daten und Landnutzungs- und Rauigkeitsdaten auf Basis von LBM-DE2012-Daten (Grawe & H. Schlünzen (2018)) erstellt (Abbildung 4-2).

Entsprechend den Angaben der Nr. 5.2 der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) wurde der Randbereich der Geländedaten mittels des in der Richtlinie genannten Filters geglättet. Die Vorgabe von mindestens zehn randparallelen Reihen des Modellgitters (Glättungsbereich: 11 Reihen) auf der halben Strecke zwischen TA-Luft-Rechengebiet und dem äußeren Modellrand ist erfüllt (Abbildung 4-1, gelbe Markierung).



**Abbildung 4-2:** Geländehöhe im Modellgebiet in der Umgebung von Trier. Der Bereich des Anlagenstandorts ist mit einem schwarzen Rechteck markiert. (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2024)

## **5 Verfahrensablauf**

### **5.1 Prognostische Modellrechnungen**

Die prognostischen Modellrechnungen werden richtlinienkonform für 18 Windrichtungen in 20°-Schritten, beginnend mit einer geostrophischen Anströmung aus Nord (360°), jeweils für die Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier I, II, III/1 und V durchgeführt. Die Ausbreitungsklasse wurde gemäß Tabelle 1 der VDI Richtlinie 3783, Blatt 16 mit dem bodennahen Temperaturgradienten parametrisiert, darüber die ICAO-Standard-Atmosphäre angesetzt. Somit ergeben sich 72 prognostische Windfelder.

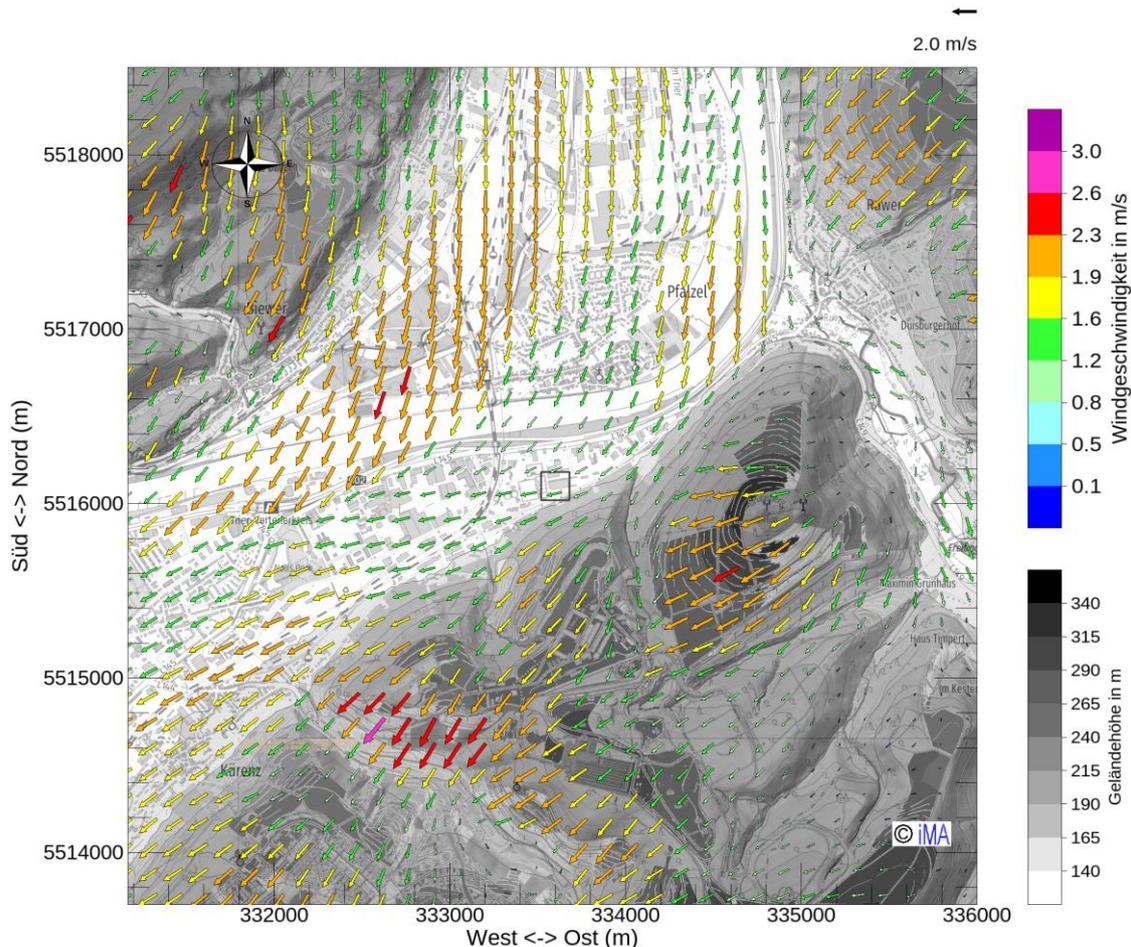
Für jede der 72 Kombinationen aus Windrichtung und Ausbreitungsklasse erfolgte die Rechnung über einen simulierten Modellzeitraum von bis zu 6 Stunden. Die Windfelder wurden ausgegeben, visualisiert und - nach einer Einzelprüfung jeder Modellrechnung auf Plausibilität und Störeinflüsse - die für die Erstellung der Windfeldbibliothek geeigneten Windfelder nach VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) ermittelt. Eine Konsistenzprüfung der Windfelder im Parameterraum wurde durchgeführt.

Exemplarisch werden im Folgenden die berechneten Windfelder für zwei übergeordnete Anströmungen innerhalb der Ausbreitungsklassen I (stabil) und III/1 (neutral) dargestellt.

## 5.2 Ost-Anströmung bei Ausbreitungsklasse I

Die Abbildung 5-1 zeigt das METRAS-Windfeld in ca. 10 m über Grund bei einer östlichen Anströmung bei Ausbreitungsklasse I (stark stabil).

Diese Situation tritt vor allem während der Nachtstunden auf. In der Regel liegen dabei geringe Windgeschwindigkeiten vor. Das Windfeld ist bodennah deutlich strukturiert.



**Abbildung 5-1:** Ausschnitt des METRAS-Windfelds in ca. 10 m über Grund für die Ausbreitungsklasse I bei einer östlichen Anströmung. Dargestellt ist jeder zweite Windvektor. Der Bereich des Anlagenstandorts ist schwarz markiert (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG2024).

Die höchsten Windgeschwindigkeiten treten über höher gelegenen Gelände auf, wo auch die östliche Orientierung der Windrichtung dominiert (z.B. Grüneberg östlich des Anlagenstandorts). Der Wind in den Tallagen wird sehr stark durch die umgebenden Höhenzüge bestimmt. Hinter größeren Hindernissen wird die Geschwindigkeit stark verringert und es bilden sich Rezirkulationszonen (hier z.B. im Bereich des Ruwertals im östlichen Kartenteil). Die Strömungsrichtung orientiert sich an der Talführung, sehr gut sichtbar hier z.B. im Bereich südlich von Pfalzel, wo sich die Richtung von Nord auf Ostnordost ändert. Die Strömung kann dabei stark von der übergeordneten Windrichtung abweichen. Am Anlagenstandort selbst ist die Strömung für diese Situation – wie an den kurzen

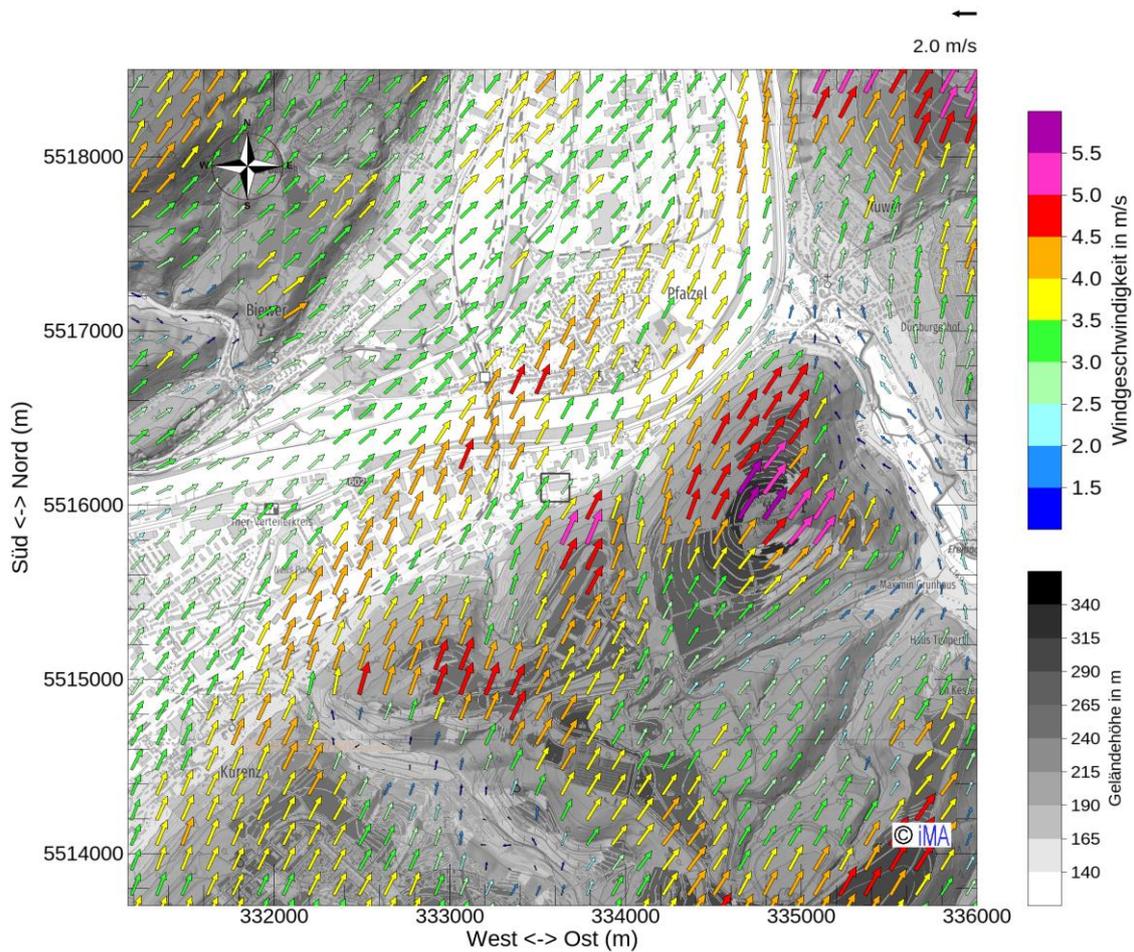
Windvektoren ersichtlich – abgeschwächt. Bei stabilen Wetterlagen ist die Strömungssituation in den Tallagen somit komplex strukturiert.

### **5.3 Südwestliche Anströmung bei Ausbreitungsklasse III/1**

Die Abbildung 5-2 zeigt das METRAS-Windfeld bei einer Anströmung aus Südwesten und Ausbreitungsklasse III/1 (neutral).

Neutrale Austauschverhältnisse treten in den verwendeten meteorologischen Daten am häufigsten auf (siehe Kap. 6). Sie weisen im Mittel höhere Windgeschwindigkeiten auf als die Situationen in den anderen Ausbreitungsklassen.

Das Windfeld ist im Vergleich zu den stabilen Schichtungen in tieferen Lagen weniger strukturiert. Auch sind Strömungseffekte wie Staupunkte vor Hindernissen oder lokale Rückströmungen im Lee von Erhebungen geringer ausgeprägt. Die Leitwirkung des Geländes ist aber nach wie vor deutlich erkennbar, wie zum Beispiel im Ruwertal und an der Verteilung der Windgeschwindigkeiten im Moseltal.



**Abbildung 5-2:** Ausschnitt des METRAS-Windfelds in ca. 10 m über Grund für die Ausbreitungsklasse III/1 bei einer südwestlichen Anströmung. Dargestellt ist jeder zweite Windvektor. Der Bereich des Anlagenstandorts ist schwarz markiert (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2024).

#### **5.4 Interpolation im Parameterraum**

Eine Windfeldbibliothek besteht in der Regel aus 216 Windfeldern, die sich aus Kombinationen der Windrichtungen in 10°-Schritten und den sechs Ausbreitungsklassen zusammensetzen.

Von METRAS-PCL wurden 72 Lösungsfelder berechnet. Anhand dieser Stützstellen können alle 216 Kombinationen von Ausbreitungsklasse und Windrichtung, die für eine Windfeldbibliothek in der Ausbreitungsrechnung erforderlich sind, interpoliert werden. Die Interpolation der Windfelder in diesem aus Windrichtung und Ausbreitungsklasse aufgespannten Parameterraum erfolgt entsprechend den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020).

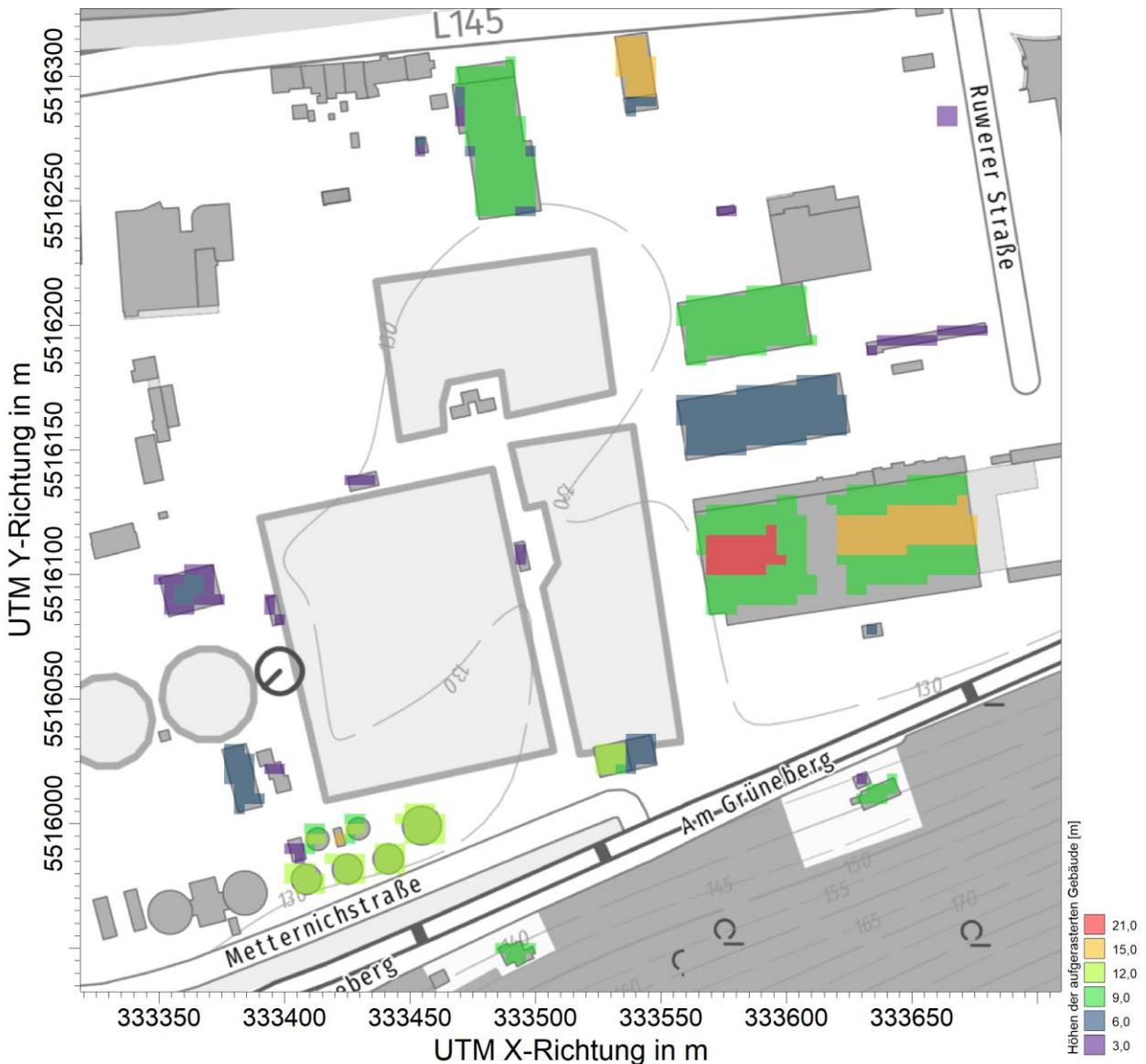
Nach diesem Schritt liegt eine vorläufige Windfeldbibliothek vor, deren Windvektoren aber noch auf dem METRAS-Horizontal- und Vertikalgitter definiert sind. Daher wird diese vorläufige Windfeldbibliothek anschließend richtlinienkonform auf das Gitter des TA Luft-Modells interpoliert (siehe nächstes Kapitel 5.5).

#### **5.5 Interpolation auf das Gitter der Ausbreitungsrechnung**

Gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 werden im ersten Schritt die METRAS-Ergebnisfelder vertikal auf das TA Luft-Gitter linear interpoliert. Danach erfolgt die Horizontalinterpolation bzw. -mittelung auf die geschachtelten Gitter der Ausbreitungsrechnung nach den Vorgaben der Richtlinie (bilinear bzw. flächengewichtet je nach Auflösung).

Für die untersten Modellschichten von LASAT ist eine Interpolation zwischen Erdboden und der ersten Rechenfläche von METRAS erforderlich. Für diese Schichten werden gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) stabilitätsabhängige logarithmische Windprofile berücksichtigt.

Die Divergenzfreiheit der interpolierten Windfelder wurde abschließend mit dem Modell Lprwnd aus dem Programmpaket LASAT, Version 3.4 (Ingenieurbüro Janicke) hergestellt. Hierbei wurden gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020), Kap. 5.6 auch die Baulichkeiten berücksichtigt, die vom Auftraggeber für den Planfall bereitgestellt wurden (Abbildung 5-3).



**Abbildung 5-3:** Aufrasterung der in der Ausbreitungsrechnung berücksichtigten Gebäude im inneren Berechnungsgitter (Kartengrundlage: onmaps.de © GeoBasis-DE/BKG 2024).

### 5.6 Objektive Bestimmung der EAP für prognostische Windfelder

In der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) ist ein Verfahren zur objektiven Bestimmung der Ersatz-Anemometer-Position (EAP, Ansatzpunkt für die meteorologischen Eingangsdaten in der Ausbreitungsrechnung) bei Nutzung von prognostisch berechneten Windfeldern beschrieben.

Da im Modellgebiet der Ausbreitungsrechnung Windmessungen vorliegen, musste im vorliegenden Fall keine Ersatz-Anemometerposition und -höhe festgelegt werden. Allerdings ist gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) ein Anemometerstandort nur dann geeignet, wenn die Windrichtung der Bibliotheks-Windfelder am Standort der meteorologischen Messung gleichsinnig mit der

übergeordneten Anströmung dreht. Dieses Verhalten wurde überprüft und ist für den Messstandort gegeben.

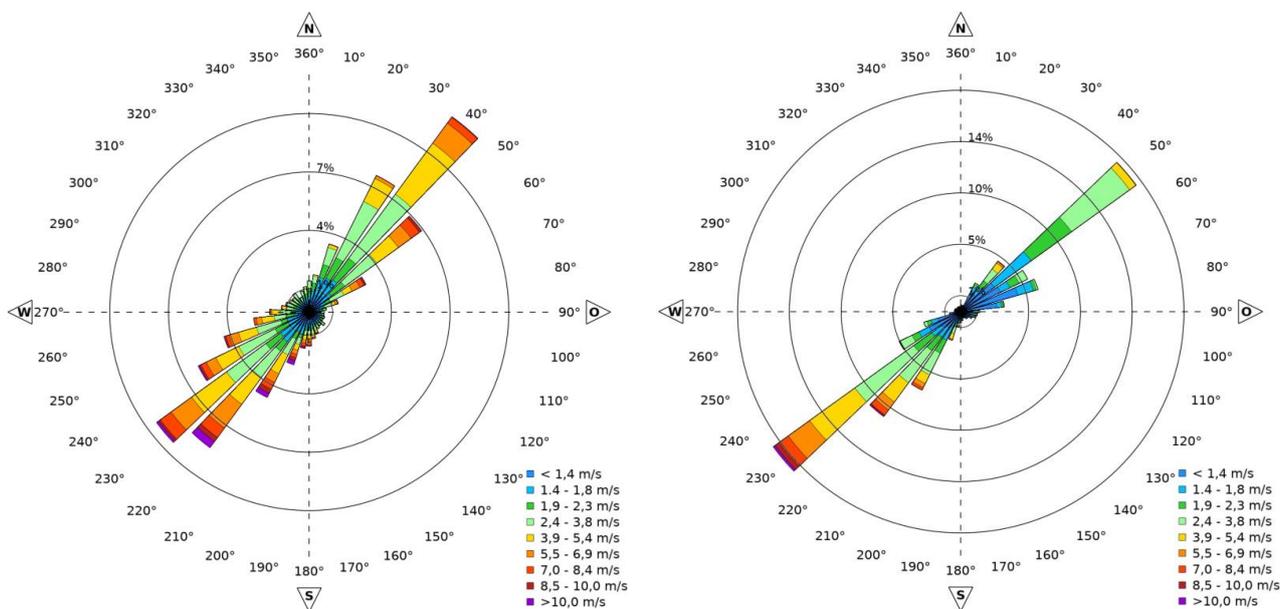
**Tabelle 5-1:** Koordinaten und Messhöhe der DWD-Messtation Trier-Petrisberg.

Koordinaten		Anemometerhöhe
RW	HW	m
331309	5513233	18,8

## 6 Meteorologische Daten

Die verwendeten meteorologischen Daten der DWD-Station Trier-Petrisberg 2010 repräsentieren die regionalen topografischen Einflüsse und beinhalten stundenfeine Daten der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit und des Turbulenzzustands. Die ersten beiden Informationen geben Auskunft über die Verlagerung mit dem Wind, die Turbulenz steuert maßgeblich die Verdünnung eines Luftschadstoffes.

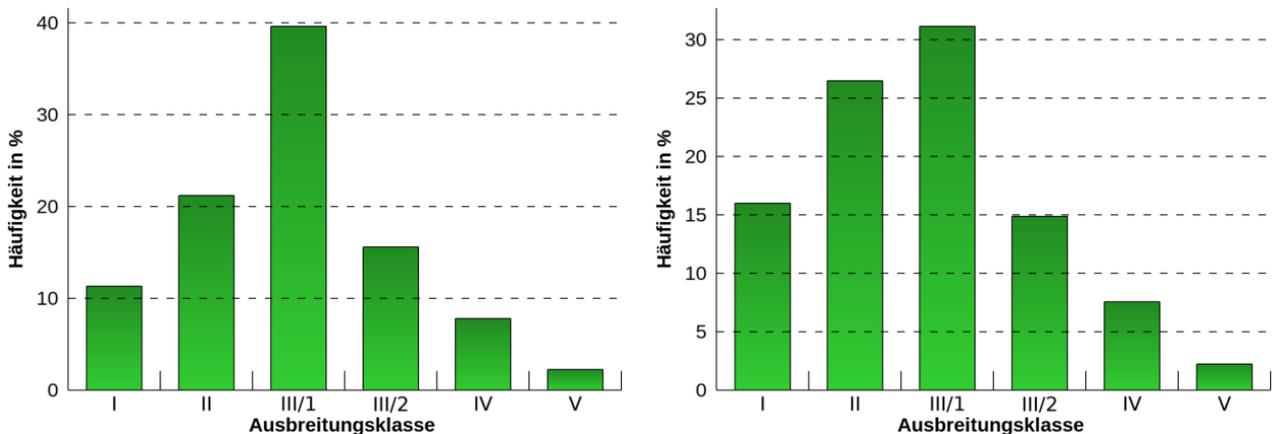
Am Messort sind südwestliche und nordöstliche Windrichtungen am häufigsten vertreten (Abbildung 6-1, links). Im Bereich des Anlagenstandorts wird die Strömung durch die Tallage parallel zum Hangverlauf noch stärker kanalisiert (Abbildung 6-1, rechts). Gleichzeitig liegt dort die Windgeschwindigkeit mit einem Wert von 2,2 m/s im Mittel deutlich niedriger als am höher gelegenen Messort mit 3,3 m/s.



**Abbildung 6-1:** Windrichtungshäufigkeitsverteilung der verwendeten meteorologischen Daten (links) und die resultierende Verteilung am Anlagenstandort (rechts).

Die Turbulenzinformation der meteorologischen Daten ist in Form von sechs Ausbreitungsklassen definiert, wobei die Klassen I und II stabilen, die Klassen III/1 und III/2 neutralen und die Klassen IV und V labilen Austauschverhältnissen entsprechen.

Die Daten der Station Trier-Petrisberg weisen überwiegend neutrale Stabilitätsklassen auf (Abbildung 6-2, links). Wie z.B. an den Windrichtungsverteilungen oben ersichtlich, werden im vorliegenden Fall am Anlagenstandort durch die Tallage die meteorologischen Bedingungen beeinflusst (Windrichtungsverteilung, aber auch geringere Windgeschwindigkeiten und daher auch andere Turbulenzverhältnisse). Daher wurde die Verteilung der Ausbreitungsklassen gemäß VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020), Kap. 6.1 nach dem Verfahren von Kolb (1976) auf den Anlagenstandort übertragen (Abbildung 6-2, rechts) und in der Ausbreitungsrechnung verwendet. Dies ermöglicht auch eine sachgerechte Berücksichtigung von Kaltluftströmungen in der Ausbreitungsrechnung.



**Abbildung 6-2:** Häufigkeitsverteilung der Ausbreitungsklassen der meteorologischen Daten Trier-Petrisberg (links) und die resultierende Verteilung nach Übertragung auf den Anlagenstandort (rechts).

## 7 Berücksichtigung lokaler Windsysteme

Kaltluftströmungen entstehen in wolkenarmen Nächten bei großräumig windschwachen Wetterlagen. Über Grünland und Ackerland kühlt die Luft deutlich stärker ab als über Wald- und Siedlungsgebieten. Die kühlere Luft setzt sich, da sie schwerer ist, zunächst dem lokalen Geländegefälle folgend hangabwärts in Bewegung (Kaltluftabfluss). Mehrere solcher Kaltluftabflüsse können sich zu Kaltluftströmungen und Kaltluftströmungssystemen zusammenschließen, die auch in ebenes Gelände hineinreichen und niedrige Hügel überströmen können.

Kaltluftströmungen gelten als turbulenzarm und können bevorzugt bei austauscharmen Wetterlagen entstehen (insbesondere Ausbreitungsklasse I). In ihnen werden Luftbeimengungen über längere Strecken relativ wenig verdünnt transportiert. Aufgrund der Natur der Kaltluftströmungen sind dabei auch geländebedingte Richtungswechsel während der Verlagerung möglich.

Aufgrund der im vorliegenden Fall ausgeprägten Tallagen im Berechnungsgebiet sind Einflüsse lokaler thermischer Windsysteme möglich. Sie lassen sich durch geeignete Einbindung in die

Windfeldmodellierung berücksichtigen, allerdings existieren derzeit noch keine Richtlinien, die sich mit der expliziten Vorgehensweise befassen.

Im hier gewählten Verfahren wurden Kaltluftwindfelder durch die Anwendung des prognostischen Windfeldmodells METRAS-PCL berechnet. Entsprechend der Geländeneigung, der Landnutzung und Strukturen wie Tälern werden komplexe Kaltluftströmungen verschiedener Intensität berechnet. Sie werden bei entsprechenden meteorologischen Bedingungen in der Ausbreitungsrechnung berücksichtigt. Dazu werden in den stundenfeinen meteorologischen Eingangsdaten Phasen mit möglichen Kaltluftströmungen identifiziert.

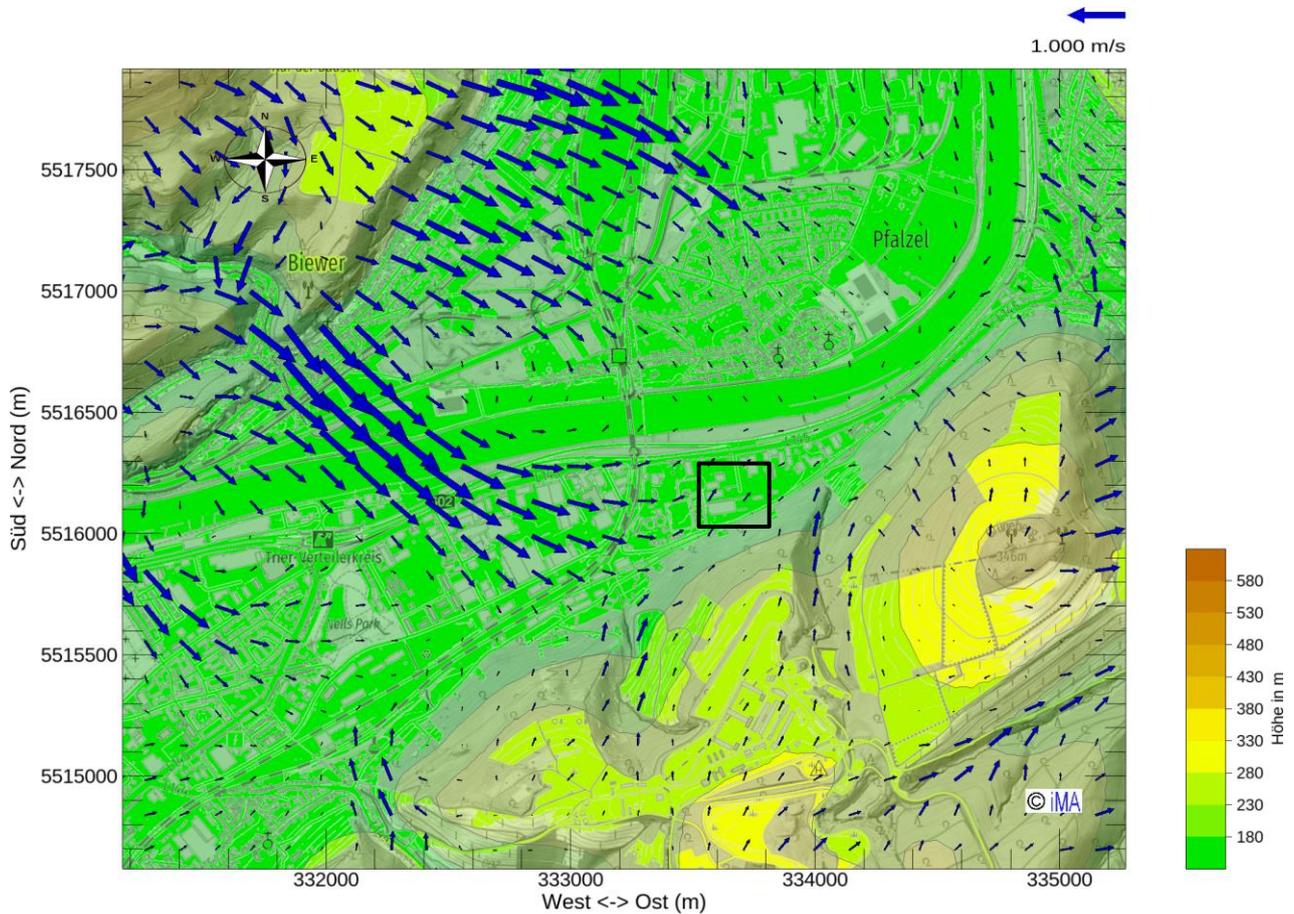
Für diese Phasen werden die Windfelder mit übergeordnetem Wind (Ergebnis der zuvor beschriebenen prognostischen Berechnungen der 3D-Windfelder) mit den prognostisch berechneten 3-dimensionalen Kaltluftströmungsfeldern kombiniert. Je geringer die übergeordnete Windgeschwindigkeit, desto dominanter treten dabei die Kaltluftströmungen in den Vordergrund.

Da das Kaltluftströmungsmodell auch die zeitliche Entwicklung von Kaltluftströmungen berechnet, werden je nach Zeitpunkt innerhalb einer Kaltluft-Phase zeitabhängige Kaltluft-Strömungsfelder überlagert.

Die Windfeldbibliothek enthält nach dieser Vorgehensweise für jedes Berechnungsgitter und für jede der Kaltluftphasen ein dreidimensionales Windfeld, in denen die lokalen Kaltluftströmungen zeitabhängig enthalten sind.

Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch bei einer sich entwickelnden Kaltluftsituation die Strömung im Bereich um den Anlagenstandort.

Zum dargestellten frühen Zeitpunkt der Kaltluft-Entwicklung strömt die Luft allgemein hangabwärts. An den Hängen und Seitentälern der Mosel bilden sich dadurch Kaltluftabflüsse, deren Struktur und Stärke auch von jeweiligen Landnutzung abhängt. Im Moseltal bildet sich im Bereich der Anlage eine talabwärts gerichtete Strömung, die zu einem Transport Richtung Nordosten führt. Die Strömungsgeschwindigkeiten sind dort allerdings gering.



**Abbildung 7-1:** Ausschnitt eines METRAS-Windfelds in einer nächtlichen Kaltluftsituation. Die Strömungsrichtung ist durch die Pfeile markiert, die Geschwindigkeit ist an der Länge der Pfeile ablesbar. Der Bereich des Anlagenstandorts ist Schwarz markiert.

## 8 Zusammenfassung

Entsprechend der Anforderungen der TA Luft (2021), Anhang 2, Nr. 12, Abs. 3 wurde für den Bereich Trier die zu einer Ausbreitungsrechnung erforderliche Windfeldbibliothek mit einem prognostischen Strömungsmodell unter Berücksichtigung der Verfahrensregeln der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16 (2020) und mit Berücksichtigung von Kaltluftströmungen berechnet.

Gerlingen, den 17. Juli 2024



Dr. Markus Hasel  
(Diplom-Meteorologe)

Sachverständiger



Katharina Knapp  
(Diplom-Mathematikerin)

Sachverständige

## Literatur

- Bigalke, K. & M. Rau** (2007): Immissionsprognosen nach TA Luft in komplexem Gelände mit prognostisch berechneten Windfeldern. Immissionsschutz (1): 24–30.
- Grawe, D. & H. Schlünzen** (2018): Preparation of land–cover and orography data for GRITOP-L, Meteorologisches Institut, CEN, Universität Hamburg.
- Hasel, M., W.-J. Kost & J. Nielinger** (2009): Ausbreitungsrechnungen in steilem Gelände – Prognostische Windfeldbibliotheken. METTOOLS VII, 01.-03. September 2009, Hamburg
- Kolb, H.** (1976): Vergleich verschiedener Methoden der Übertragung von Statistiken der Ausbreitungsverhältnisse in orographisch modifiziertem Gelände. (Arch. Met. Geophys. Biokl., Ser. B, Band 24): 57–68.
- Schlünzen, H., K. Bigalke, C. Lüpkes, U. Niemeier & K. von Salzen** (1996): Concept and realisation of the mesoscale transport- and fluid-model ‚METRAS‘, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg.
- Schlünzen, H., D. Grawe, R. Petrik, E. Schenk & O. Weiner** (2018): Referenzimplementierung eines prognostischen mesoskaligen Windfeldmodells für die Ausbreitungsrechnung nach Anhang 3 der TA Luft zur Berücksichtigung von Geländeunebenheiten bei Steigungen 1:5.
- TA Luft** (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021.
- VDI-Richtlinie 3783, Blatt 7** (2017): Umweltmeteorologie - Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für dynamisch und thermisch bedingte Strömungsfelder. VDI-Richtlinie 3783, Blatt 7:2017-05.
- VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16** (2020): Umweltmeteorologie - Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle - Verfahren zur Anwendung in Genehmigungsverfahren nach TA Luft. VDI-Richtlinie 3783, Blatt 16:2020-10.