

DWD

Qualifizierte Prüfung

der Übertragbarkeit einer Zeitreihe
von Ausbreitungsklassen (AK-Term) nach der TA Luft (Stand 2002)
auf einen Standort in 64646 Heppenheim-Sonderbach

Auftraggeber: Müller-BBM GmbH
Kleinbahnweg 4
63589 Linsengericht



Deutscher Wetterdienst

Abteilung

Klima- und Umweltberatung

Essen, den 09.03.2016; Gz.: KU1 EM / 2919-2015



DEUTSCHER WETTERDIENST
Abteilung Klima- und Umweltberatung

AMTLICHES GUTACHTEN

Qualifizierte Prüfung (QPR)
der Übertragbarkeit einer Zeitreihe
von Ausbreitungsklassen (AK-Term) nach TA Luft 2002
auf einen Standort in 64646 Heppenheim-Sonderbach

Auftraggeber: Müller-BBM GmbH
Kleinbahnweg 4
63589 Linsengericht

Wissenschaftliche Bearbeitung: Dipl.-Met. Thomas Kessler-Lauterkorn
Dipl.-Met. Christian Koch

Essen, den 09.03.2016


 (Dienstsiegel)

Dipl.-Met. Christian Koch
Stellv. Leiter des Regionalen
Klimabüros Essen



Dipl.-Met. Thomas Kessler-
Lauterkorn Leiter Sachgebiet
Planungsgutachten



Durch die DAKKS nach DIN EN
ISO/IEC 17025:2005 akkreditier-
tes Prüflaboratorium

Dieses Gutachten ist urheberrechtlich geschützt, außerhalb der mit dem Auftraggeber vertraglich vereinbarten Nutzungsrechte ist seine Vervielfältigung oder Weitergabe an Dritte sowie die Mitteilung seines Inhaltes, auch auszugsweise, nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Deutschen Wetterdienstes gestattet.

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung	3
2	Standortparameter	3
3	Verwendete Unterlagen	3
4	Beurteilungskriterien	4
5	Die topographische Situation im Untersuchungsgebiet	4
6	Einflüsse der Topographie auf die Luftströmung	4
6.1	Allgemeine Erläuterungen	4
6.2	Erwartete Lage der Häufigkeitsmaxima und –minima der Windrichtungsverteilung am Zielort	5
7	Mittlere Häufigkeitsverteilungen von Windrichtung und Windgeschwindigkeit an den Bezugsstationen	6
7.1	Verwendete Bezugswindstationen	6
7.2	Prüfung der Struktur der mittleren Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen	6
7.3	Vergleichende Betrachtung der mittleren Windgeschwindigkeiten und Schwachwindhäufigkeiten	7
7.4	Bewertung	8
8	Abschätzung der lokalen topographischen Einflüsse auf das Windfeld am Zielort	9
9	Berücksichtigung von Bebauung und Geländeunebenheiten	9
10	Ermittlung eines repräsentativen Jahres	9
11	Schlussfolgerungen	10
12	Hinweise für den Anwender	11
13	Literatur	11

Abbildung 1: Windrichtung und Richtungssektoren

Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen in 12 Sektoren zu je 30° Breite an den
Bezugswindstationen

Abbildung 3: Stärkewindrose der Windmessstation Waibstadt

1 Einleitung

Mit Schreiben vom 22.12.2015 beauftragte die Müller-BBM GmbH in Linsengericht den Deutschen Wetterdienst, eine Qualifizierte Prüfung (QPR) der Übertragbarkeit einer Zeitreihe von Ausbreitungsklassen (AK-Term) nach der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft, 2002) auf einen Standort in Heppenheim-Sonderbach, bzw. auf einen Zielort in einem Rechengebiet um den Standort der Anlage durchzuführen.

Die Qualifizierte Prüfung dient der Ermittlung einer auf den Standort übertragbaren repräsentativen Zeitreihe der Ausbreitungsklassen (AK-Term) im Sinne der TA Luft (2002). Die Zeitreihe AK-Term ist so zu wählen, dass sie im Sinne der TA Luft auf den Standort der Anlage oder auf einen Zielort in einem Rechengebiet um den Standort der Anlage übertragbar ist. Für die sachgerechte Verwendung der übertragenen meteorologischen Zeitreihe, z.B. im Rahmen einer Immissionsprognose, ist der Anwender verantwortlich.

Aktuelle Beschreibungen der Verfahren werden auf der Internetseite des DWD bereitgestellt. Wir empfehlen, sich hier regelmäßig zu informieren:

(<http://www.dwd.de/ausbreitungsklassen>).

Die Messwerte des Deutschen Wetterdienstes werden einer fortlaufenden Qualitätskontrolle unterzogen. Dieser Qualifizierten Prüfung liegt der zur Zeit der Erstellung erreichte Qualitätsstatus der Messwerte zugrunde.

2 Standortparameter

Standort der Anlage (Steinbruch mit zugehöriger Anlage): Heppenheim-Sonderbach (PLZ: 64649)

Tabelle 1: Gauß-Krüger-Koordinaten (in m) des Standortes der Anlage*

Rechtswert	Hochwert	Quellhöhe	Höhe über NN
3477 886	5499 615	bodennah bis ca. 39,5 m ü. Gr.	ca. 250 m

* Der Auftraggeber hat die Koordinaten des Standortes der zum Steinbruch zugehörigen Anlage angegeben. Die Anlage besitzt geführte und diffuse Quellen, innerhalb des Steinbruches handelt es sich um diffuse Quellen in einem größeren Bereich. Die UTM-Koordinaten (32. Zone) des Standortes wurden in Gauß-Krüger-Koordinaten (3. Streifen) umgerechnet.

3 Verwendete Unterlagen

Es werden folgende Unterlagen verwendet:

- TOP 50, Maßstab 1 : 50.000, Version 5.0 2008, Herausgeber: Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation
- Windstatistiken der Windmessstellen Frankfurt/M.-Flgh., Lindenfels, Mannheim, Michelstadt-Vielbrunn, Offenbach-Wetterpark und Waibstadt
- Regionalstatistische Erwartungswerte für Windparameter im Bereich des Standortes (Statistisches Windfeldmodell SWM des Deutschen Wetterdienstes)

4 Beurteilungskriterien

Für die QPR werden folgende Beurteilungskriterien herangezogen:

- Abschätzung der vorherrschenden Windrichtungen am Zielort
- Vergleich der vorherrschenden Windrichtungen an den verfügbaren ausgewählten Bezugswindstationen und Abschätzung der räumlichen Repräsentanz
- Vergleich des mittleren Jahresmittels der Windgeschwindigkeit und der Häufigkeiten der Windgeschwindigkeiten kleiner 1 m/s (Schwachwind) an den verfügbaren ausgewählten Bezugswindstationen mit den Sollwerten am Zielort (TA-Luft 2002 Anhang 3, Kapitel 12)
- Abschätzung der lokalen topographischen Einflüsse auf das Windfeld am Zielort.

5 Die topographische Situation im Untersuchungsgebiet

Der Standort in Heppenheim-Sonderbach befindet sich von der naturräumlichen Gliederung her im Bereich des Juchhöh-Odenwaldes, der zum Vorderen Odenwald zwischen Bergstraße und Hessischer Rheinebene im Westen sowie Sandsteinodenwald im Osten zählt (Naturräumliche Gliederung, 1967).

Der Juchhöh-Odenwald ist ein verhältnismäßig niedriges, kuppiges und vielfach bewaldetes Bergland zwischen 250 m und 400 m über NN, nördlich des Weschnitz-Durchbruches in die Oberrheinebene. Etwa 3,5 km östlich des Standortes beginnt der Naturraum des Weschnitztals, ein weites, muldenförmiges Tal mit dicht aufeinanderfolgenden Seitenbächen der Weschnitz. Gut 2 km nördlich – unweit von Heppenheim-Kirschhausen – fängt der Krehberg-Odenwald an, ein ebenfalls kuppiges, waldreiches Bergland bis 600 m über NN Höhe, das von der Bergstraße zwischen Bensheim und Heppenheim nach Osten zu ansteigt und im Osten bis ans Weschnitztal reicht. Die Mittlere Bergstraße setzt rund 3 km westlich des Standortes an, bevor am westlichen Rand von Heppenheim das Südliche Neckarried im Bereich der Hessischen Rheinebene beginnt.

Der Anlagenstandort selbst liegt etwas außerhalb südlich vom Heppenheimer Stadtteil Sonderbach auf einer Höhe von rund 250 m über NN. Weiter südlich befindet sich das weitläufige Gelände des Steinbruches. Insgesamt ist das Gelände in näherer und weiterer Umgebung des Standortes orographisch sehr stark gegliedert, südlich des Steinbruches werden rasch Höhen von über 350 m über NN erreicht, Kuppenlagen im Umfeld weisen zum Teil über 400 m über NN auf, so etwa der Steinkopf (402 m ü. NN) rund 1,5 km südwestlich des Standortes. Das Landschaftsbild ist durch weitläufige Waldgebiete und auch landwirtschaftliche Nutzflächen geprägt. Dichte Bebauung ist im Bereich der Kernstadt von Heppenheim vorzufinden, die gut 3,5 km westnordwestlich beginnt. Die Landesgrenze Hessen–Baden–Württemberg ist nur etwas mehr als 1 km südwestlich vom Standort entfernt.

6 Einflüsse der Topographie auf die Luftströmung

6.1 Allgemeine Erläuterungen

Die großräumige Luftdruckverteilung bestimmt die vorherrschende Richtung des Höhenwindes in einer Region. Im Jahresmittel ergeben sich hieraus für das westliche Deutschland häufige südwestliche bis westliche Windrichtungen. Das Geländere relief hat jedoch einen erheblichen Einfluss sowohl auf die Windrichtung infolge Ablenkung oder Kanalisierung als auch auf die Windgeschwindigkeit durch Effekte der Windabschattung oder Düsenwirkung. Außerdem modifiziert die Beschaffenheit des Untergrundes (Freiflächen, Wald, Bebauung, Wasserflächen) die lokale Windgeschwindigkeit, in geringem Maße aber auch die lokale Windrichtung infolge unterschiedlicher Bodenrauigkeit.

Bei windschwachem und wolkenarmem Wetter können wegen der unterschiedlichen Erwärmung und Abkühlung der Erdoberfläche thermisch induzierte Zirkulationssysteme wie z.B. Flurwinde sowie Berg- und Talwinde entstehen. Besonders bedeutsam ist die Bildung von Kaltluft, die nachts bei klarem und windschwachem Wetter als Folge der Ausstrahlung vorzugsweise an Wiesenhängen entsteht und der Hangneigung folgend – je nach dem Gefälle und der aerodynamischen Rauigkeit mehr oder weniger langsam – abfließt. Diese Kaltluftflüsse haben in der Regel nur eine geringe vertikale Erstreckung und sammeln sich an Geländetiefpunkten zu Kaltluftseen an. Die genannten lokalen Windsysteme können im Allgemeinen durch Messungen am Standort nachgewiesen, im Falle von nächtlichen Kaltluftflüssen aber auch durch Modellrechnungen erfasst werden.

6.2 Erwartete Lage der Häufigkeitsmaxima und –minima der Windrichtungsverteilung am Zielort

Aufgrund der räumlichen Ausdehnung des Steinbruches, der Vielzahl der Quellen sowie der orographisch starken Gliederung des Geländes in der näheren und weiteren Umgebung von Heppenheim-Sonderbach, wird auf die Möglichkeit der TA Luft 2002 zurückgegriffen, innerhalb eines Rechengebietes, in dem der Standort liegt, einen Zielort festzulegen, auf den die Übertragung der Zeitreihe AK-Term einer betrachteten Bezugswindstation erfolgen kann. Der Modellanwender muss dann mit Hilfe eines geeigneten Modells das Windfeld im Rechengebiet simulieren.

Ein solcher Zielort wurde gut 1,5 km nordwestlich des Anlagenstandortes in relativ freier Kuppenlage unweit von Heppenheim-Erbach bei folgenden Gauß-Krüger Koordinaten in ca. 288 m Höhe über NN gefunden:

RW: 3476 610

HW: 5500 370

Es ist zu erwarten, dass im Bereich des Zielortes Wind aus Westsüdwest bevorzugt auftritt. Winde aus dieser Richtung können den Zielort aufgrund seiner Lage relativ ungehindert erreichen. Das sekundäre Maximum der Richtungshäufigkeit ist am Zielort mit Winden aus Ostnordost bis Ost verknüpft. Auch aus diesen Richtungen ist der Zielort recht frei anströmbar, zudem unterstützt eine Leitwirkung des Windes zwischen den bewaldeten Höhenzügen nördlich von Kirschhausen und südlich bzw. östlich von Sonderbach diese Richtungen.

Minimale Richtungshäufigkeiten sind am Zielort zum einen mit Winden aus Nordnordwest bis Nord verknüpft. Winde aus diesen Richtungen werden durch die waldreichen Höhen des Krehberg-Odenwaldes abgeschirmt. Darüber hinaus weisen Winde aus Südsüdost bis Süd ein Richtungsminimum am Zielort auf. Hierbei sorgen die zum Teil über 350 m über NN hohen Erhebungen südlich und südöstlich des Standortes (etwa rund um die Juhöhe) für Abschirmung.

In windschwachen Strahlungsnächten kann sich auf den freien Hangflächen in der Umgebung des Zielortes Kaltluft bilden und der Geländeneigung folgend hangabwärts fließen. Aufgrund der kuppenartigen Lage ist am Zielort jedoch mit keinen relevanten Kaltluftflüssen zu rechnen. Kaltluftbildung und Kaltluftflüsse können nur durch Messungen vor Ort und Modellrechnungen quantifiziert werden.

Tabelle 2: Lage der erwarteten Häufigkeitsmaxima und –minima der Windrichtungen am Zielort (Richtungsangaben siehe Abbildung 1)

Höhe über Störniveau	Richtungsmaximum	Sekundäres Maximum	Richtungsminimum
10 m	West-südwest (240°)	Ostnordost bis Ost (060°-090°)	Nordnordwest bis Nord (330°-360°), Südsüdost bis Süd (150°-180°)

7 Mittlere Häufigkeitsverteilungen von Windrichtung und Windgeschwindigkeit an den Bezugsstationen

7.1 Verwendete Bezugswindstationen

Mehrfährige Datenreihen des Windes (Stundenmittel der Windrichtung und Windgeschwindigkeit) liegen aus der weiteren Umgebung des Standortes vor. In Tabelle 3 sind die verwendeten Windmessstationen mit charakteristischen Stationsangaben aufgeführt.

Tabelle 3: Ausgewählte Angaben zu den verwendeten Windmessstationen (Bezugsstationen)

Station	Stationshöhe über NN	Windgeberhöhe über Grund	Entfernung vom Standort	Zeitraum
Frankfurt-Flughafen	112 m	10 m	44 km	01/2003-12/2012
Lindenfels	341 m	7 m	8 km	01/1992-12/2001
Mannheim	96 m	21 m	19 km	01/1995-12/2004
Michelstadt-Vielbrunn	453 m	10 m	31 km	01/1996-12/2005
Offenbach-Wetterpark	119 m	15 m	49 km	01/2006-12/2013
Waibstadt	237 m	10 m	42 km	01/2008-12/2014

7.2 Prüfung der Struktur der mittleren Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen

Geprüft werden die in Tabelle 3 genannten Windmessstationen. Abbildung 2 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen der Bezugswindstationen in zwölf Sektoren zu je 30° Breite (siehe Abbildung 1). Tabelle 4 enthält die Extrema der Windrichtungsverteilungen dieser Stationen, und Tabelle 5 zeigt den Vergleich mit dem Zielort.

Tabelle 4: Extrema der Windrichtungsverteilungen: Richtungsangaben in 30°-Sektoren (siehe Abbildung 1), Häufigkeiten in % (in Klammern)

Station	Maximum	Sekundäres Maximum	Minima
Frankfurt-Flughafen	210° (21 %)	030° (19 %)	330° (3 %), 120°-150° (je 3 %)
Lindenfels	240° (18 %)	060° (18 %)	360° (2 %), 150°-180° (je 2 %)
Mannheim	180° (19 %)	360° (12 %)	270°-300° (je 4 bis 5 %), 090°-120° (je 4 %)
Michelstadt-Vielbrunn	240° (20 %)	120°-150° (je 10 %)	030° (3 %), 180° (5 %)
Offenbach-Wetterpark	210° (18 %)	360°-030° (je 10 bis 11 %)	300° (3 %), 090° (6 %)
Waibstadt	240° (23 %)	060° (20 %)	360° (3 %), 150°-180° (je 2 %)

Tabelle 5: Extrema der Windrichtungsverteilungen: Vergleich mit den Werten am Zielort

Station	Maximum	Sekundäres Maximum	Minima
Frankfurt-Flughafen	(+)	(+)	+ (+)
Lindenfels	+	+	+ +
Mannheim	—	—	— —
Michelstadt-Vielbrunn	+	—	(+) +
Offenbach-Wetterpark	(+)	—	(+) —
Waibstadt	+	+	+ +

Güte der Übereinstimmung:

- + : Übereinstimmung
- (+): geringe Abweichung (um eine Richtungsklasse)
- : keine Übereinstimmung

Die Hauptwindrichtung am Zielort (West-südwest) wird von den untersuchten Bezugswindstationen Lindenfels, Michelstadt-Vielbrunn und Waibstadt richtig beschrieben. Die Stationen Frankfurt-Flughafen und Offenbach-Wetterpark weichen jeweils um eine Richtungsklasse ab, die Station Mannheim weist eine andere Vorzugsrichtung auf. Das sekundäre Maximum der Richtungshäufigkeit am Zielort mit Wind aus Ostnordost bis Ost wird nur von den Stationen Lindenfels und Waibstadt korrekt erfasst. Die restlichen Bezugswindstationen sind beim sekundären Maximum um mindestens eine Richtungsklasse verschoben.

Die Minima der Windrichtungsverteilung am Zielort werden beide zusammen einmal mehr nur von den betrachteten Bezugswindstationen Lindenfels und Waibstadt richtig wiedergegeben. An den übrigen untersuchten Stationen weicht jeweils mindestens ein Minimum der Richtungsverteilung um einen oder mehr als einen Sektor ab.

Somit beschreiben insgesamt nur die Daten der Stationen Waibstadt und Lindenfels die Charakteristika der Windrichtungsverteilung am Zielort richtig.

7.3 Vergleichende Betrachtung der mittleren Windgeschwindigkeiten und Schwachwindhäufigkeiten

Tabelle 6 enthält die Sollwerte der Windgeschwindigkeit für den Bereich des Zielortes und die Istwerte der Bezugswindstationen. Die Sollwerte für den Zielort wurden mit dem statistischen Windfeldmodell SWM des Deutschen Wetterdienstes berechnet (Mittelwert über die Periode 1971-2000, siehe Gerth 1994).

Tabelle 6: Vergleich der Sollwerte für den Zielort mit den Istwerten der Bezugsstationen (Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeiten und Schwachwindhäufigkeiten)

Standort	Sollwert für Zielortbereich	
Heppenheim-Sonderbach	Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit in 10 m über Grund	Häufigkeit der Windgeschwindigkeiten kleiner 1 m/s
Zielort	2,9 – 3,1 m/s	11 %
Bezugsstation	Istwerte der Bezugsstationen	
	Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit in Messhöhe	Häufigkeit der Windgeschwindigkeiten kleiner 1 m/s
Frankfurt-Flughafen	3,3 m/s	8 %
Lindenfels	2,7 m/s	9 %
Mannheim	2,9 m/s	10 %
Michelstadt-Vielbrunn	3,8 m/s	3 %
Offenbach-Wetterpark	2,4 m/s	17 %
Waibstadt	2,9 m/s	9 %

Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit, die am Zielort erwartet wird (2,9 bis 3,1 m/s), wird von den betrachteten Bezugswindstationen Mannheim und Waibstadt richtig erfasst. Die übrigen Stationen weisen höhere (Frankfurt-Flughafen, Michelstadt-Vielbrunn) oder niedrigere (Lindenfels, Offenbach-Wetterpark) Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeit auf.

Die Häufigkeit von Schwachwinden mit Windgeschwindigkeiten kleiner als 1 m/s beträgt am Zielort ca. 11 %. Dieser Wert wird mit einer Abweichung von 1 % am ehesten von der Station Mannheim (10 % Schwachwindhäufigkeit) erfasst. Mit jeweils 9 % Schwachwindhäufigkeit kommen Waibstadt und Lindenfels dem Zielortwert auch noch recht nahe. Die Angaben der übrigen beiden Stationen weisen niedrigere oder höhere Schwachwindhäufigkeiten auf.

Betrachtet man den Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit und die Schwachwindhäufigkeit zusammen, beschreiben die Daten der Stationen Mannheim und Waibstadt die am Zielort erwarteten Verhältnisse am besten, wobei die Schwachwindhäufigkeit in Mannheim um 1 % und in Waibstadt um 2 % vom Sollwert am Zielort abweicht.

7.4 Bewertung

Die Charakteristik der Windrichtungsverteilung am Zielort wird von den Daten der Bezugsstationen Lindenfels und Waibstadt richtig beschrieben. Zwar treffen in Michelstadt-Vielbrunn auch das Hauptmaximum und ein Richtungsminimum die Bedingungen am Zielort, hier sind aber das Nebenmaximum und das zweite Minimum um mindestens einen Sektor versetzt. An der Station Frankfurt-Flughafen sind Haupt- und Nebenmaximum sowie eines der Minima der Windrichtungsverteilung jeweils um eine Richtungsklasse verschoben. An den übrigen Stationen Mannheim und Offenbach-Wetterpark werden die Verhältnisse am Zielort noch weniger erfasst.

Der Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit am Zielort liegt zwischen 2,9 und 3,1 m/s und die Schwachwindhäufigkeit beträgt 11 %. Diesen Charakteristika des Windfeldes entsprechen die Daten von Mannheim und Waibstadt am besten, wobei an diesen beiden Stationen die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in dem Bereich liegt, der für den Zielort erwartet wird. Die Schwachwindhäufigkeit am Zielort weicht in Mannheim um 1 % und in Waibstadt um 2 % vom Sollwert ab.

Betrachtet man Windrichtungsverhältnisse und die Windgeschwindigkeit gemeinsam, spiegeln die Daten der Station Waibstadt die Bedingungen am Zielort am besten wider.

Bei einer Berechnung im Sinne der TA Luft 2002 ist somit die Verwendung einer Zeitreihe von Ausbreitungsklassen (AK-Term) der Station Waibstadt für den ausgewählten Zielort hinreichend charakteristisch. Abbildung 3 zeigt von dieser Station die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit (1,0-m/s-Klasseneinteilung) in Abhängigkeit von der Windrichtung (zwölf Sektoren zu je 30° Breite) im Bezugszeitraum 2008 bis 2014 (Stärkewindrose).

8 Abschätzung der lokalen topographischen Einflüsse auf das Windfeld am Zielort

Aus der topographischen Lage des Zielortes und der Abschätzung von Kaltluftbildung und Kaltluftabfluss bei nächtlichen Strahlungswetterlagen (siehe Kapitel 6.2) ergibt sich, dass Kaltluftflüsse aufgrund der kuppenartigen Lage des Zielortes keinen relevanten Einfluss auf das horizontale Ausbreitungsverhalten von Emissionen haben.

Einflüsse thermisch induzierter, lokaler Zirkulationssysteme (z. B. Flurwinde) auf die Windverhältnisse in 10 m über Grund werden als nicht erheblich eingeschätzt (s. auch: TA Luft, Anhang 3, Nr. 11).

9 Berücksichtigung von Bebauung und Geländeunebenheiten

Bei Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft (2002) ist zu beachten:

1. Wenn die Schornsteinbauhöhe/Quellhöhe das 1,2-fache, aber nicht das 1,7-fache der zu berücksichtigenden Gebäudehöhen oder Bewuchshöhen überschreitet, können die Einflüsse mit Hilfe eines diagnostischen Windfeldmodells für Gebäudeüberströmung berücksichtigt werden (siehe TA Luft 2002, Anhang 3, Kapitel 10).

2. Falls im Rechengebiet Höhendifferenzen von mehr als dem 0,7-fachen der Emissionshöhe und Steigungen von mehr als 1:20, aber nicht über 1:5 vorkommen, sind orographische Einflüsse (siehe Kapitel 6) mit Hilfe eines mesoskaligen Windfeldmodells zu berücksichtigen. Die Steigung ist dabei aus der Höhendifferenz über eine Strecke zu bestimmen, die dem 2-fachen der Emissionshöhe entspricht (siehe TA Luft 2002, Anhang 3, Kapitel 11).

Nach Kartenlage treten in der Umgebung des Standortes gebietsweise Steigungen über 1:20 und vereinzelt auch von mehr als 1:5 auf.

10 Ermittlung eines repräsentativen Jahres

Die Ausbreitungsrechnung nach der TA Luft (2002), Anhang 3, Ziffer 1, ist als Zeitreihenberechnung über jeweils ein Jahr oder auf der Basis einer Häufigkeitsverteilung durchzuführen. In Ziffer 4.6.4.1 der TA Luft (2002) wird ausgeführt, dass – im Falle einer Zeitreihenberechnung – die Berechnungen auf der Basis einer repräsentativen Jahreszeitreihe durchzuführen sind.

Für die Station Waibstadt wurde aus einer 7-jährigen Reihe (Bezugszeitraum 2008 bis 2014) ein „für Ausbreitungszwecke repräsentatives Jahr“ ermittelt. Das repräsentative Jahr wird in einem standardisierten Verfahren festgestellt. Die Hauptkriterien zur Auswahl in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit sind:

1. Häufigkeiten der Windrichtungsverteilung und ihre Abweichungen
2. Monatliche und jährliche mittlere Windgeschwindigkeit
3. Berücksichtigung von Nacht- und Schwachwindauswahl

4. Häufigkeiten der Großwetterlagen nach Hess/Brezowski („Katalog der Großwetterlagen Europas“, Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 113, Offenbach a.M., 1969)

Es wird das Jahr ausgewählt, das in der Windrichtungsverteilung der langjährigen Bezugsperiode am nächsten liegt. Dabei werden zuerst primäre und sekundäre Maxima der Windrichtung verglichen. Alle weiteren Windrichtungen werden in der Reihenfolge ihrer Häufigkeiten mit abnehmender Gewichtung ebenso verglichen und bewertet. Monatliche und jährliche mittlere Windgeschwindigkeiten werden ebenso auf ihre Ähnlichkeiten im Einzeljahr mit der langjährigen Bezugsperiode verglichen. Das Jahr mit der niedrigsten Abweichungssumme wird ermittelt.

Diese Bewertungen werden für das Gesamtkollektiv und für die Auswahl der Nacht- und Schwachwindlagen durchgeführt. Das so primär aus Windrichtung und sekundär aus Windgeschwindigkeit ermittelte „ähnlichste Jahr“ wird nun verglichen auf Übereinstimmung in den Großwetterlagen.

Für die Station Waibstadt wurde aus der oben genannten Bezugsperiode und nach den aufgeführten Kriterien **das Jahr 2009 als repräsentativ** ausgewählt.

11 Schlussfolgerungen

Aufgrund der räumlichen Ausdehnung des Steinbruches, der Vielzahl der Quellen sowie der orographisch starken Gliederung des Geländes in der näheren und weiteren Umgebung von Heppenheim-Sonderbach, wird auf die Möglichkeit der TA Luft 2002 zurückgegriffen, innerhalb eines Rechengebietes, in dem der Standort liegt, einen Zielort festzulegen, auf den die Übertragung der Zeitreihe AK-Term einer betrachteten Bezugswindstation erfolgen kann. Der Modellanwender muss dann mit Hilfe eines geeigneten Modells das Windfeld im Rechengebiet simulieren.

Ein solcher Zielort wurde gut 1,5 km nordwestlich des Anlagenstandortes in relativ freier Kuppenlage unweit von Heppenheim-Erbach bei den Gauß-Krüger Koordinaten RW: 3476 610 und HW: 5500 370 in ca. 288 m Höhe über NN gefunden. Im Bereich des Zielortes kommt der Wind am häufigsten aus Westsüdwest, ein sekundäres Maximum der Windrichtungsverteilung ist bei Winden aus Ostnordost bis Ost zu erwarten. Am seltensten weht der Wind aus Nordnordwest bis Nord sowie aus Südsüdost bis Süd. Das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit liegt zwischen 2,9 und 3,1 m/s, und die Schwachwindhäufigkeit beträgt 11 %.

Diese Charakteristika des Windfeldes werden am besten von den Daten der Station Waibstadt (Bezugszeitraum Januar 2008 bis Dezember 2014) erfasst, wobei die Schwachwindhäufigkeit um 2 % vom Sollwert des Zielortes abweicht.

Von der Station Waibstadt wurde aus dem betrachteten Bezugszeitraum das Jahr 2009 als repräsentativ ausgewählt. Diese Zeitreihe der Ausbreitungsklassen (AK-Term) der Messstation Waibstadt ist somit für den gut 1,5 km nordwestlich des Standortes gelegenen Zielort im Sinne der TA Luft 2002 hinreichend charakteristisch und kann im Rahmen einer Ausbreitungsrechnung nach der TA Luft verwendet werden.

12 Hinweise für den Anwender

Die Daten der Windmessstation Waibstadt können auf den Zielort übertragen werden. Bei den Modellrechnungen zur Immissionsprognose nach der TA Luft ist darauf zu achten, dass der Zielort in geeigneter Weise in das Rechengitter eingebunden wird, sich der Zielort im Rechengebiet befindet und ein geeignetes Windfeldmodell verwendet wird.

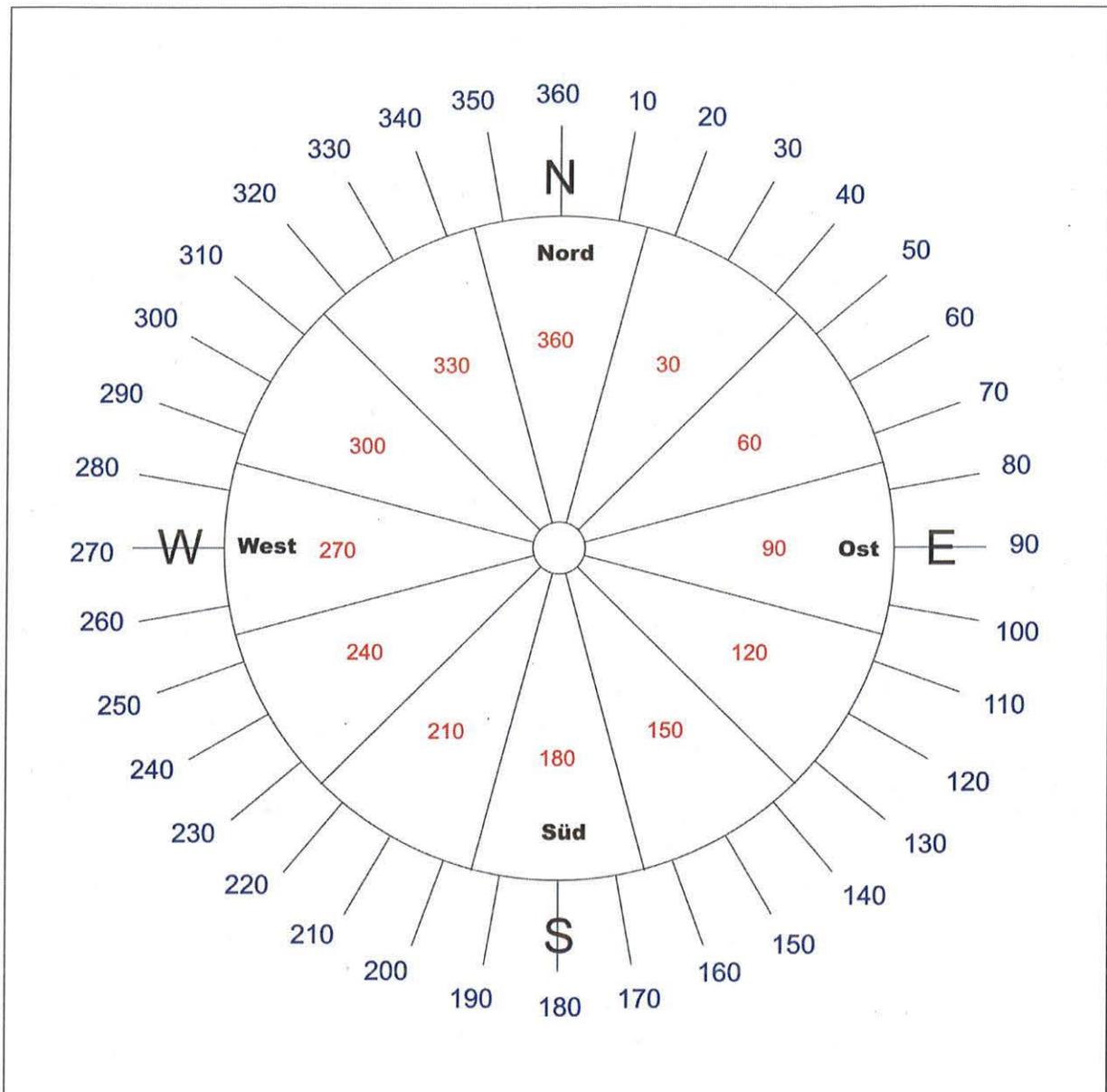
13 Literatur

Gerth, W.-P. und Christoffer, J., 1994: Windkarten von Deutschland, Meteorologische Zeitschrift, NF 3, S. 67-77

Naturräumliche Gliederung Deutschlands: Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 151 Darmstadt, 1967, Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Selbstverlag, Bad Godesberg

Hess, Paul und Brezowski, Helmuth, 1969, Katalog der Großwetterlagen Europas, Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 113, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes Offenbach am Main

TA Luft 2002, Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24.07.2002 (GMBI S. 511)



Windtafel

Außen: 10° - Einteilung
 Innen: 30° - Sektoren

Abbildung 1: Windrichtungen in Sektoren zu je 30°-Breite (Nord: 346° – 15°, Ost: 76° – 105°, ...); z.B. wird durch den Sektor 30° der Richtungssektor „Nordnordost“ (Sektorgrenzen: 16° – 45°) gekennzeichnet; Angaben in Grad (°) nach der 360°-Skala

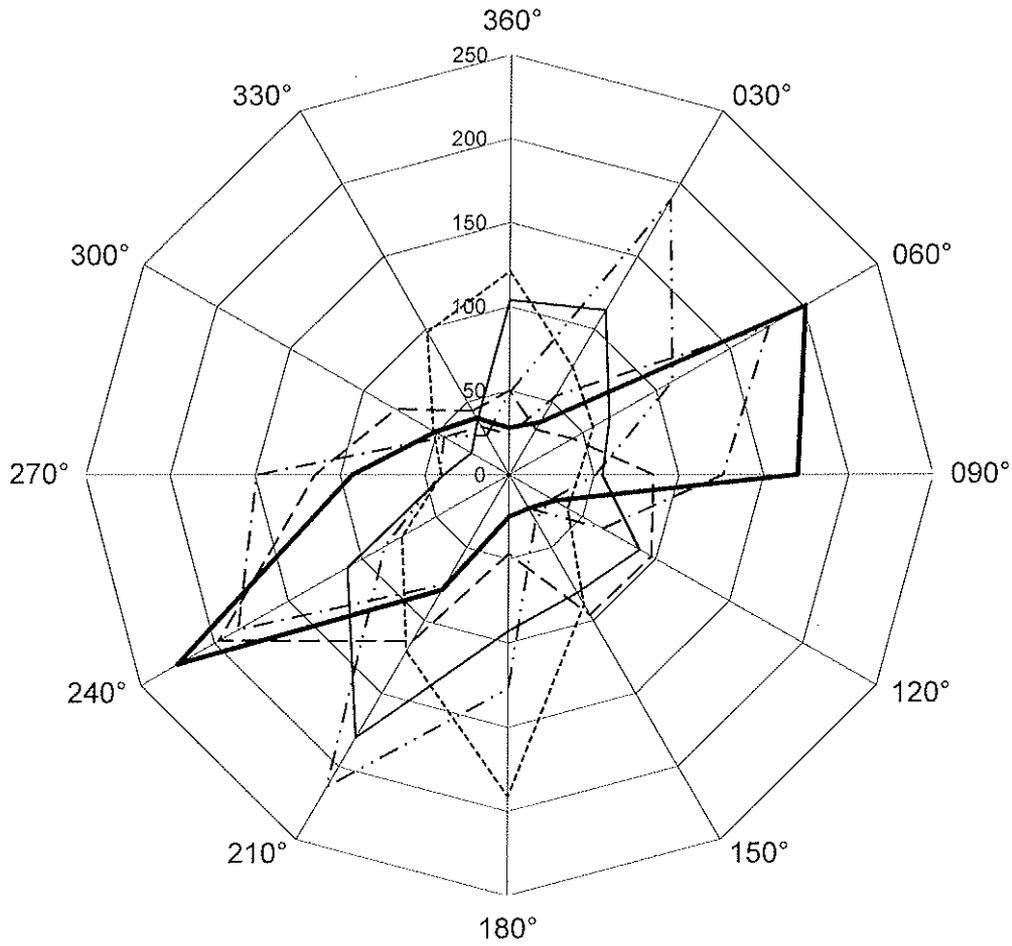


Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen in 12 Sektoren zu je 30° Breite an den Bezugswindstationen, Bezugszeiträume siehe Tabelle 3
Häufigkeitsangaben in Promille

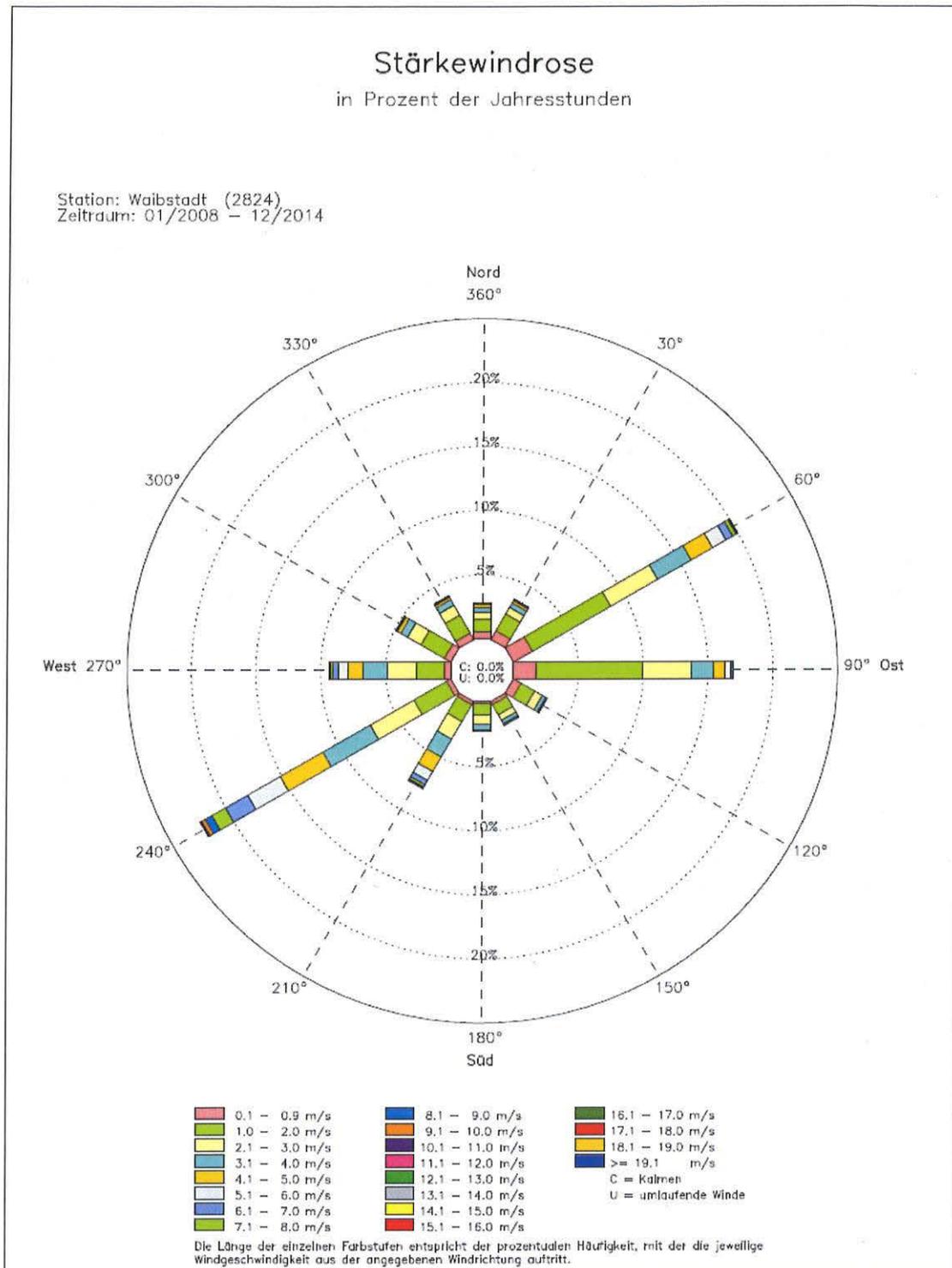


Abbildung 3: Stärkewindrose der Windmessstation Waibstadt

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Frankfurt
Kleinbahnweg 4
63589 Linsengericht

Telefon +49(6051)6183 0
Telefax +49(6051)6183 11

www.MuellerBBM.de

Dr. rer. nat. Jens Dahlhausen
Telefon +49(6051)6183 27
Jens.Dahlhausen@mbbm.com

23. Januar 2019
M147295/01 DHL/DHL

Bestimmung des repräsentativen Jahres DWD-Station Waibstadt

**Ermittlung
des repräsentativen Jahres
der DWD-Station Waibstadt
im Bezugszeitraum 2009-2018**

Bericht Nr. M147295/01

Stations ID	Name	Geo. Länge [Grad]	Geo. Breite [Grad]	Stationshöhe [m]	Geberhöhe ü. Grund [m]
13674	Waibstadt	8.91	49.29	236	10

Metadaten abgerufen unter [3].

Statistische Ermittlung eines repräsentativen Jahres

Für die Ermittlung eines repräsentativen Jahres einer mehrjährigen meteorologischen Zeitreihe wird die VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 [2] herangezogen.

Das nachfolgend vorgestellte Verfahren beruht auf der objektiven statistischen Bestimmung des repräsentativen Jahres anhand der Methode B aus Anhang A3.2 gemäß VDI 3783 Bl. 20. Dabei wird aus den meteorologischen Stundenzeitreihen der Messjahre einer Station eine Klassierung der Windrichtung in 30°-Sektoren vorgenommen.

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Frankfurt
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk, Dr. Alexander Ropertz,
Stefan Schierer, Elmar Schröder

Die Windgeschwindigkeit wird entsprechend den Klassen aus Tabelle 18, Anhang 3 TA Luft [1] klassiert. Die Klassierung wird mit den Stundenwerten der Einzeljahre n als auch mit dem vieljährigen Gesamtzeitraum der meteorologischen Reihe vorgenommen. Für alle Einzeljahre n wird aus den relativen Anteilen nach Gleichung A5 [2] das Abweichungsmaß A_n (bezogen auf das langjährige Mittel) für beide Parameter bestimmt. Das Abweichungsmaß A_n für einen Parameter ist darstellbar als:

$$A_n = \sum (p_{m,i} - p_{n,i})^2$$

mit p_x Häufigkeit des Sektors/Klasse
 m langjähriges Mittel
 i Windrichtungssektor/Windgeschwindigkeitsklasse
 n Einzeljahr

Bezogen auf das Einzeljahr mit dem geringsten Abweichungsmaß werden im Anschluss die Abweichungsmaße A_n der Einzeljahre je Parameter i auf den Wert 100 normiert. Zur Beurteilung der Parameter Windrichtung und Windgeschwindigkeit werden die normierten Abweichungsmaße A_n im Verhältnis 3:1 gewichtet addiert und ergeben die Beurteilungsgröße (BG_n):

$$BG_n = \frac{3}{4} \cdot A_{n,wr} + \frac{1}{4} A_{n,wg}$$

mit $A_{n,wr}$ Abweichungsmaß der Windrichtung
 $A_{n,wg}$ Abweichungsmaß der Windgeschwindigkeit

Bei entsprechender Sortierung der Einzeljahre über die Beurteilungsgröße wird ersichtlich, welche Einzeljahre dem gesamten Bezugszeitraum am ähnlichsten sind (bei höherer Wichtung der Windrichtung).

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Rangfolge der Einzeljahre mit oben genannter Normierung des Abweichungsmaßes auf 100 für das kleinste ermittelte Abweichungsmaß aus den Parametern Windrichtung $A_{n,wr}$ und Windgeschwindigkeit $A_{n,wg}$ sowie der gewichteten Gesamtbewertung (3 : 1) für den Bezugszeitraum 2009-2018 der DWD-Station Waibstadt [3].

Die Windgeschwindigkeit beträgt im Mittel des Bezugszeitraums 2009-2018 2,9 m/s.

Tabelle 1. Bestimmung des repräsentativen Jahres für die Station Waibstadt [3].

Jahr	Windrichtung $A_{n,wr}$ (normiert auf 100)	Windgeschwindigkeit $A_{n,wg}$ (normiert auf 100)	Beurteilungsgröße BG_n	mittlere Windgeschwindigkeit in m/s
2016	112	432	192	2,8
2013	100	492	198	3,0
2014	129	558	236	2,8
2012	181	441	246	3,1
2015	443	100	357	3,0
2009	168	1122	407	2,7
2011	364	754	462	3,1
2018	1026	227	826	3,0
2017	1243	314	1011	3,0
2010	2087	224	1621	2,9

Entsprechend der Beurteilungsgröße BG_n ist das Jahr 2016 als repräsentativ anzusehen, da dieses die geringsten Abweichungen vom langjährigen Mittel 2009-2018 aufweist.

Nachfolgend sind graphisch die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen (in 10-Grad-Schritten) des repräsentativen Einzeljahres 2016 sowie im gesamten Bezugszeitraum (2009-2018) dargestellt.

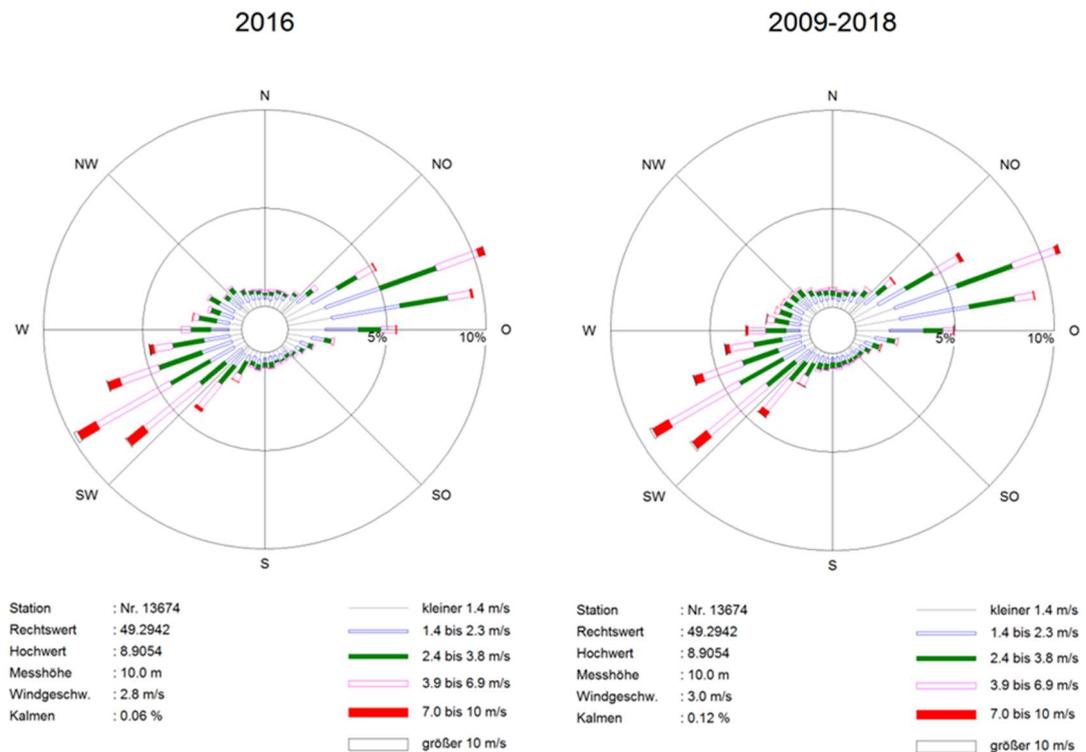


Abbildung 1. Häufigkeitsverteilung in % der Windrichtung des repräsentativen Einzeljahres 2016 (links) und des langjährigen Mittels im Bezugszeitraum 2009-2018 (rechts).

Quellen

- [1] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft), (GMBI Nr. 25-29 (53), S. 509; vom 30. Juli 2002).
- [2] VDI 3783 Blatt 20, Umweltmeteorologie, Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten zur Anwendung im Rahmen der TA Luft, März 2017.
- [3] meteorologische Zeitreihen (Wind) abgerufen am 22.01.2019 unter: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/hourly/wind/historical/
meteorologische Zeitreihen (Bedeckung) abgerufen am 22.01.2019 unter: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/hourly/cloudiness/historical/

Dokumentation

Erstellung prognostisch berechneter
Windfeldbibliotheken zur Verwendung in
Immissionsprognosen nach TA Luft für die
Röhrig granit GmbH, Werk Sonderbach

Auftraggeber:

Müller-BBM GmbH

Kleinbahnweg 4

63589 Linsengericht

Pinneberg, den 08. April 2016

Version 1.0

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1. Aufgabenstellung	4
2. Berechnungsmethodik prognostische Windfeldbibliothek	7
3. Umsetzung für den Anlagenstandort Sonderbach	10
3.1. Eingangsdaten	10
3.2. METRAS-Modellgitter	11
3.3. Stationäre Modellrechnungen dynamisch induzierter Windsysteme	13
3.4. Prognostische Windfeldbibliothek	16
3.5. Anemometerstandort	16
4. Ergebnisse	20
5. Datenlieferung	24
Abbildungen	25
Literatur	41
Anhang A: Topographieanalyse	43
Anhang B: Checkliste nach VDI 3783 Blatt 16	47

Zusammenfassung

Für die Röhrig granit GmbH in Sonderbach sind Immissionsprognosen nach TA Luft durchzuführen. Das Anlagengelände liegt südlich der Ortschaft am nördlichen Hang der „Kohlplatte“. Die nähere und weitere Anlagenumgebung ist durch einen Steinbruch und das natürliche Geländere relief des Odenwalds mit mehreren, teilweise steil eingeschnittenen Tälern geprägt. Das umgebende Gelände weist daher flächendeckend erhebliche bis extreme Steigungen auf, die die meteorologischen Ausbreitungsbedingungen beeinflussen. Daher kann das Standardverfahren nach TA Luft, nach dem Geländeeinflüsse auf das Windfeld mit einem diagnostischen Modell berechnet werden, nicht eingesetzt werden. Dagegen sind lokale thermische Windsysteme in der Immissionsprognose nicht zu berücksichtigen.

Ein alternatives Lösungskonzept zum Standardverfahren nach TA Luft und dessen Umsetzung auf den vorliegenden Anwendungsfall werden in dieser Dokumentation beschrieben: Auf der Grundlage einer beschränkten Anzahl prognostischer Modellrechnungen mit dem Modell METRAS PC und einer Interpolation der Modellergebnisse einerseits im Parameterraum der Antriebsdaten und andererseits auf verschiedene Modellgitter wird eine LASAT-Windfeldbibliothek für sechs genestete Modellgebiete erstellt. Das Verfahren entspricht den Berechnungsvorschriften der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 „Prognostische Windfeldmodelle. Verfahren zur Anwendung in Genehmigungsverfahren nach TA Luft.“.

Die Bibliothek enthält Windfelder auf prognostischer Berechnungsgrundlage in 10° Windrichtungsschritten für alle 6 Ausbreitungsklassen. Mit Hilfe dieser Bibliothek können Immissionsprognosen mit LASAT oder auch mit AUSTAL2000 ohne Anwendung des darin enthaltenen diagnostischen Windfeldmodells durchgeführt werden. Anwendungseinschränkungen z.B. hinsichtlich der Quellkonfiguration bestehen nicht.

1. Aufgabenstellung

Die Röhrig granit GmbH plant an ihrem Standort in Sonderbach eine Anlagenänderung. Die Müller-BBM GmbH wurde beauftragt, die Immissionsprognose für das Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz durchzuführen.

Sonderbach ist eine zur Stadt Heppenheim (Bergstraße) gehörende kleine Ortschaft im westlichen Odenwald. Sie befindet sich in einem kleinen Seitental südlich des Stadtbachs, dessen tief eingeschnittenes Tal bei Heppenheim in die Oberrheinische Tiefebene mündet. Der Stadtbach fließt westlich der Stadt in die Weschnitz, die wiederum rund 20 km weiter westlich bei Biblis in den Rhein mündet. Das Splittwerk der Röhrig granit GmbH befindet sich 500 m südlich von Sonderbach. Der zugehörige Granitsteinbruch schneidet sich hier von Norden her über eine Fläche von bisher ca. 17 ha in die „Kohlplatte“, einem Teil des Höhenzuges, der das Stadtbachtal nach Süden abschließt. Die Sohle des Steinbruchs liegt auf knapp 200 m NHN, die „Kohlplatte“ weist oberhalb des Steinbruchs eine Höhe von etwa 370 m NHN auf.

Sowohl die nähere als auch die großräumigere Umgebung von Sonderbach ist durch komplexe topographische Strukturen geprägt. Zunächst bildet der Steinbruch selbst bei einer maximalen Ausdehnung über fast 500 m x 500 m und einer Höhendifferenz von bis zu 170 m eine extrem steil eingeschnittene Geländevertiefung. Das Sonderbachtal verläuft über 1 ½ km von Südost nach Nordwest, wobei die Talsohle um 40 m abfällt. Die flankierenden Höhenzüge sind typischerweise 50 m höher. Das von Ost nach West verlaufende Tal des Stadtbachs ist dagegen bei Höhendifferenzen zwischen Talsohle und Randhöhen von über 100 m sehr steil eingeschnitten. In 1 km Entfernung südlich verläuft nahezu parallel das Erbachtal, das ebenfalls recht steil in das Gelände eingeschnitten ist. Großräumig relevant ist die scharfe Geländekante zwischen Odenwald und Oberrheinischer Tiefebene sowie das Weschnitz- und das Gersprenztal, die den Odenwald von Südwest nach Nordost teilen.

Die Abbildung 1 zeigt einen Blick aus der Vogelperspektive in östliche Richtung auf das Anlagengelände (gelbe Markierung oberhalb der Bildmitte). Sonderbach ist die im Bild nicht beschriftete Ortschaft links des Anlagengeländes. Im Vordergrund sind die beiden Täler von Stadtbach (links) und Erbach (rechts) deutlich zu erkennen. In ihren jeweils oberen Abschnitten liegen die Ortschaften Kirschhausen bzw. Erbach. Im Hintergrund des Bildes ist bereits das Weschnitztal zu erkennen, das sich von Nordost nach Südwest zieht.

Die geführten Quellen der Anlage werden voraussichtlich Kaminhöhen zwischen 13 m und 40 m aufweisen und um die UTM-Koordinaten 32 477 850 / 5 497 850 liegen. In unmittelbarer

Nachbarschaft existieren weitere, diffuse Quellen. Nach Auskunft des Auftraggebers sind die Betriebsgebäude in Umgebung der Quellen für die Ausbreitungsbedingungen von untergeordneter Bedeutung und brauchen in Ausbreitungsrechnungen nicht explizit berücksichtigt werden.

Die Vorgehensweise zur Berechnung der Zusatzbelastung ist in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) geregelt und stützt sich auf Ausbreitungsrechnungen mit einem Lagrangeschen Partikelmodell. Gebäudeeinflüsse auf das Strömungsfeld im quellnahen Bereich können explizit mit einem diagnostischen Modellansatz berücksichtigt werden, wenn die Schornsteinhöhe zwischen dem 1,2 und 1,7-fachen der Gebäudehöhe liegt. Einflüsse von Geländeunebenheiten auf die Ausbreitungsbedingungen sind zu berücksichtigen, wenn im Rechengebiet Geländesteigungen von mehr als 1:20 und Höhendifferenzen von mehr als der 0,7fachen Schornsteinbauhöhe auftreten. Hierzu können in der Regel diagnostische Windfeldmodelle eingesetzt werden, solange die Steigungen Werte von 1:5 nicht überschreiten und lokale (thermische) Windsysteme keine Rolle spielen. Die TA Luft legt nicht fest, wie in Fällen eines steileren Geländes, bei Vorliegen lokaler Windsysteme oder komplexeren Bebauungsverhältnissen zu verfahren ist.

Eine vorab durchgeführte Topographieanalyse (Anhang A) in einem Beurteilungsgebiet von 20 km² um die Anlage weist auf einem Flächenanteil von 96 % Steigungen größer als 1:20 aus. Auf 58 % der Fläche sind die Steigungen sogar größer als 1:5. Nach TA Luft Anhang 3 ist somit wegen der Geländesteigungen die Immissionsprognose unter Berücksichtigung des Geländeeinflusses durchzuführen. Das im Standardverfahren nach TA Luft integrierte diagnostische Windfeldmodell kann jedoch aufgrund der erheblichen Gebietsanteile mit Geländesteigungen größer als 1:5 nicht mehr verwendet werden. Erschwerend kommt hinzu, dass sich mit den Steinbruchwänden die steilsten Hänge mit bis zu 79° Steigung auch in direkter Nachbarschaft zum Anlagengelände befinden.¹

Thermische Windsysteme sind nach Angaben des Auftraggebers am Standort Sonderbach von untergeordneter Bedeutung und brauchen in den Ausbreitungsrechnungen nicht berücksichtigt zu werden.

¹ Alle genannten Steigungen wurden bei einer Rasterauflösung von 10 m berechnet. Die Steigungskriterien der TA Luft beziehen sich auf Steigungen auf Distanzen der 2-fachen Schornsteinbauhöhe, was bei den gefassten Quellen auf Distanzen zwischen 26 m und 80 m führt. Auch die verwendeten Strömungs- und Ausbreitungsmodelle lösen das Gelände nur auf Rasterweiten von mindestens 30 m auf. Daher sind die angegebenen Steigungen als Maximalabschätzungen zu verstehen.

Im folgenden Abschnitt wird eine Berechnungsmethodik erläutert, mit der die Einflüsse auch steilen Geländes auf die Ausbreitungsverhältnisse im Rahmen von Immissionsprognosen nach TA Luft berücksichtigt werden können. Es lehnt sich verfahrenstechnisch an das Konzept der TA Luft an, ohne dessen Einschränkungen unterworfen zu sein. Die Methodik ist von uns vor gut zehn Jahren entwickelt und seitdem regelmäßig angewendet worden. Sie ist mit geringen Modifikationen in die VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 „Umweltmeteorologie. Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle. Verfahren zur Anwendung in Genehmigungsverfahren nach TA Luft.“ [1] aufgenommen worden, die kürzlich im Weißdruck erschienen ist.

Die Methodik ist den topographischen Gegebenheiten in steilem Gelände physikalisch angemessen und ermöglicht eine genauere Einschätzung sowohl von dynamischen Geländeeinflüssen als auch, in Erweiterung des in der Richtlinie beschriebenen Verfahrens, von thermischen Windsystemen auf die Zusatzbelastung. Sie baut auf dem Rechenkonzept auf, das in den Programmsystemen AUSTAL2000 bzw. LASAT implementiert ist, die beide eine programmtechnische Umsetzung des TA Luft-Standards darstellen. Soweit nicht ausdrücklich anders erwähnt, wird im Folgenden LASAT als Synonym für ein entsprechendes Programmsystem verwendet.

2. Berechnungsmethodik prognostische Windfeldbibliothek

Die nachfolgend beschriebene und im Rahmen dieser Untersuchung angewendete Berechnungsmethodik entspricht den Vorgaben der VDI 3783 Blatt 16. Im Anhang B findet sich zur Dokumentation und Kontrolle die ausgefüllte Checkliste der VDI-Richtlinie.

In dem Standardfall einer Immissionsprognose in moderat strukturiertem Gelände wird von LASAT zunächst eine Windfeldbibliothek aufgebaut. Je nach Komplexität der Situation besteht diese Bibliothek aus 2-36 Basiswindfeldern pro Stabilitätsklasse. Während der Ausbreitungsrechnung wird das für den gerade betrachteten Zeitschritt aktuelle Windfeld unter Berücksichtigung des gemessenen Anemometerwindes einer meteorologischen Zeitreihe (oder Statistik) durch Linearkombination der zwei Basiswindfelder erzeugt, deren Windrichtungen am Anemometerort die gemessene Windrichtung einhüllen.

Die nach VDI 3783 Blatt 16 angewendete Methodik lehnt sich an diese Standard-Vorgehensweise an. Allerdings wird die Windfeldbibliothek nicht auf Basis diagnostischer Windfeldberechnungen erstellt, sondern aus Berechnungen mit dem prognostischen Strömungsmodell METRAS PC abgeleitet. Im Gegensatz zu diagnostischen Modellen, die physikalisch nur auf dem Prinzip der Massenerhaltung beruhen, werden in METRAS PC Erhaltungsgleichungen für Impuls, Masse, Temperatur und weitere Größen physikalisch weitgehend vollständig gelöst. Daher sind prognostische Modelle wie METRAS PC in der Lage, sämtliche in der Atmosphäre relevante Prozesse physikalisch angemessen zu berücksichtigen sowie alle dynamisch und thermodynamisch bedingten Strömungssysteme in topographisch komplex gegliedertem Gelände realitätsnah zu simulieren. Detaillierte Informationen zu Grundlagen und Anwendungen des Modells METRAS finden sich in [2], [3], [4] und [5].

Die VDI-Richtlinie 3783 Blatt 7 „Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle. Evaluierung für dynamisch und thermisch bedingte Strömungsfelder.“ ist erst Ende 2015 im Gründruck erschienen. Daher gibt es noch kein vollständig nach der Richtlinie evaluiertes Modell. METRAS wurde jedoch bereits im Rahmen der Veröffentlichung [6] vergleichbar zur jetzt veröffentlichten Methodik evaluiert.

Sowohl aus technischen als auch aus modell-physikalischen Gründen ist es nicht möglich, jede mögliche meteorologische Situation auf allen LASAT-Modellgittern unterschiedlicher räumlicher Auflösung prognostisch zu berechnen. Daher werden mit METRAS PC Strömungsberechnungen für eine ausgewählte Anzahl meteorologischer Situationen durchgeführt. Die meteorologischen Situationen werden so ausgewählt, dass alle Stabilitäts- und Windsituationen in ausreichend

repräsentativer Weise abgedeckt werden. Diese Modellrechnungen werden stationär durchgeführt, d. h. ohne die Berechnung von tageszeitabhängigen Energieflüssen. Sie repräsentieren damit die dynamischen Einflüsse des Geländes (wechselnde Höhen und Rauigkeiten) auf die Windverhältnisse.

Mit Hilfe eines Interpolationsverfahrens im Parameterraum der Antriebsdaten von METRAS PC werden aus der beschränkten Anzahl von Modellrechnungen (in der Regel 72 Rechnungen) prognostische Lösungsfelder für beliebige meteorologische Antriebssituationen abgeleitet. Die Interpolation erfolgt bilinear zwischen den Stützstellen, die von den Modellrechnungen gebildet werden. Auf dieser Basis wird eine temporäre prognostische Windfeldbibliothek erstellt, die Windfelder für jede Stabilitätssituation bereitstellt. Die temporäre Bibliothek gilt zunächst nur für das Modellgitter von METRAS PC. Aufgrund der Modellphysik liegt die minimale horizontale Auflösung bei etwa 50 m, was ggf. von der Auflösung der LASAT-Modellgitter abweicht. Die einzelnen Windfelder enthalten zudem Restdivergenzen, da sie nicht direkt aus den Modellrechnungen, sondern aus der Interpolation der Lösungsfelder im Parameterraum stammen.

In einem dritten Verarbeitungsschritt werden die Felder der temporären Windfeldbibliothek auf die in LASAT zu verwendenden Modellgitter bei höher auflösendem Zielgitter bilinear interpoliert, bei geringer auflösendem Zielgitter flächengewichtet gemittelt. In der Vertikalen erfolgt die Interpolation zwischen den Modellebenen linear, zwischen Boden und unterster METRAS-Modellschicht jedoch gemäß dem logarithmischen Windprofil bei neutraler Schichtung [7]. Anschließend werden Restdivergenzen aus den interpolierten Windfeldern beseitigt. Hierzu wird der Lösungsalgorithmus des diagnostischen Windfeldmodells *Lprwnd* des Programmsystems LASAT in der Version 3.3 verwendet [9]. Diese Vorgehensweise bietet zudem den Vorteil, dass im gleichen Rechenschritt bei Bedarf die Bibliotheks-Windfelder zusätzlich um Gebäudeeinflüsse ergänzt werden können.

Sofern notwendig, können für ausgewählte meteorologische Situationen, in denen thermodynamische Windsysteme im Untersuchungsgebiet eine Rolle spielen, zusätzlich zu den stationären Modellrechnungen einzelne instationäre Modellrechnungen durchgeführt werden. Dabei werden Tagesgänge des Windes unter dem Einfluss zeitabhängiger Randbedingungen (Einstrahlung, Bodenwärmeflüsse, usw.) berechnet und die Ergebnisfelder zusätzlich in die Windfeldbibliothek aufgenommen. Da im vorliegenden Fall Kaltlufteinflüsse für die Ausbreitung nicht von Bedeutung sind, wurden entsprechende Rechnungen nicht durchgeführt.

Nach Abschluss aller Bearbeitungsschritte stehen Windfeldbibliotheken mit folgenden Eigenschaften zur Verfügung:

- prognostisch berechnete Windfelder, in denen – im Gegensatz zu diagnostischen Windfeldern – alle dynamisch bedingten Einflüsse der Topographie (Geländere relief, Landnutzungen) sowie thermische Windsysteme physikalisch angemessen berücksichtigt sind; enthalten sind die Einflüsse aller Geländestrukturen, die von dem verwendeten Gitter aufgelöst werden können
- diagnostisch berechnete Gebäudeeinflüsse auf den beiden feinsten Modellgittern
- Möglichkeit der direkten Verwendung in anschließenden Ausbreitungsrechnungen mit dem Modell LASAT ohne zusätzliche Anpassung von Eingangsdaten
- Windfeldbibliotheken für alle geschachtelten Modellgitter

Der beschriebene Lösungsansatz erfüllt die Anforderungen der TA Luft nach einer angemessenen Berücksichtigung der topographischen Situation mit großen Geländesteigungen und thermischer Windsysteme und ist physikalisch angemessen sowie plausibel und nachvollziehbar.

Darüber hinaus bietet das Lösungsverfahren den Vorteil, dass es allgemein gültig ist und in analoger Weise auch auf andere Standorte anwendbar, d. h. frei von Kalibrierungen bezogen auf spezielle Quellkonfigurationen oder andere Standorteigenschaften ist. Die Windfeldbibliotheken können somit auch für alternative Quellkonfigurationen unverändert angewendet werden.

3. Umsetzung für den Anlagenstandort Sonderbach

In diesem Abschnitt wird die Umsetzung der in Abschnitt 2 allgemein beschriebenen Lösungsmethodik für den konkreten Fall der Röhrig granit GmbH in Sonderbach erläutert.

3.1. Eingangsdaten

Als Eingangsdaten standen zur Verfügung:

- Definitionsdateien für zwei geschachtelte AUSTAL2000/LASAT-Modellgitter als *zg01.dmna* und *zg02.dmna* (vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt)
- UTM-Koordinaten der Hauptemittenten (vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt)
- als Antriebsdatensatz für die Ausbreitungsrechnungen die AKTerm des Deutschen Wetterdienstes von Waibstadt 2009 sowie ein zugehöriger Übertragungsort (vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt)
- aktuelles CORINE-Kataster der Landnutzung [10]
- Geländehöhen des GlobDEM50-Kataster (metSoft GbR, Heilbronn)
- hoch auflösende Geländehöhen des Betreibers (5 m Auflösung) und des Landesamtes (10 m Auflösung) (vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt)

Das CORINE-Kataster von 2006 stellt derzeit den Standard der großräumig flächendeckend frei verfügbaren Landnutzungsdaten dar. Der verwendete Rasterdatensatz enthält eine Auflösung von 100 m und liegt damit in vergleichbarer Größenordnung zur Auflösung der prognostischen Modellrechnungen (siehe unten). Die großräumigen Daten zur Geländehöhe liegen auf einem 50 m-Raster vor und entsprechen in ihrer Auflösung ungefähr der des prognostischen Modellgitters. Das Anlagengelände wird durch die Daten des Betreibers und die weitere Umgebung durch die Landesdaten hervorragend aufgelöst, so dass im Rahmen der Modellgitterauflösung die bestmögliche Abbildung des Geländes erzielt wird.

Das vom Auftraggeber gewählte Rechengebiet hat eine Ausdehnung von 4.480 m x 4.480 m und entspricht damit etwas mehr als dem Doppelten des nach TA Luft erforderlichen Radius der 50-fachen Schornsteinbauhöhen, der bei maximal 2.000 m liegt. Mit Gitterweiten von 16 m bis 32 m wird der Bereich zu erwartenden maximalen Immissionsbelastung im Sinne der TA Luft genügend

fein aufgelöst. Innerhalb der 10-fachen Schornsteinbauhöhe überschreitet die Gitterweite nicht bzw. nur geringfügig die Schornsteinhöhe.

Die Parameter der beiden Modellgitter mit ihren relativen Koordinaten bzgl. eines Referenzpunktes bei den UTM-Koordinaten 32 477 814 / 5 497 846 sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

Netzlevel	Gitterweite [m]	Xmin [m]	Xmax [m]	Ymin [m]	Ymax [m]	Nx	Ny
1	32	-2.240	2.240	-2.272	2.208	140	140
2	16	-704	768	-992	608	92	100

Beide Modellgebiete enthalten vertikal 19 Modellebenen mit Gitterweiten zwischen 3 m am Boden bis zu 300 m am Oberrand in 1500 m über Grund.

3.2. METRAS-Modellgitter

Das Modellgitter des prognostischen Windfeldmodells muss alle wesentlichen topographischen Strukturen erfassen, die sich auf die Strömung im Rechengebiet der Ausbreitungsrechnung auswirken können, soweit solche Auswirkungen nicht explizit in den Antriebsdaten vorgegeben werden. Die Abbildung 2 verdeutlicht die großräumigen topographischen Strukturen um den Anlagenstandort. Ergänzend sind das gewählte Rechengebiet der Ausbreitungsrechnung („TAL-Gebiet“) und das nach VDI-Richtlinie erforderliche Mindestgebiet der prognostischen Modellrechnungen (3-fache Größe des TAL-Gebietes bzw. mindestens 15 x 15 km²) eingezeichnet.

Als wesentliche topographische Strukturen mit Einfluss auf die Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet sind neben Odenwald und Oberrheinischer Tiefebene das Weschnitztal sowie der west-östlich verlaufende Einschnitt des Odenwaldes nördlich des Anlagengeländes zu nennen. Letzterer besteht wesentlich aus den beiden Tälern von Stadtbach und Erbach. Das Mindestgebiet deckt diese Strukturen bereits weitgehend ab. Allerdings wird durch die Begrenzung nach Süden und Osten das Weschnitztal noch nicht hinreichend abgebildet. Da die gegenüberliegenden Randhöhen nur knapp angeschnitten werden, kann die im Talverlauf zu erwartende Kanalisierung dort nur schlecht modelliert werden. Daher ist eine Vergrößerung des Mindestgebietes in diese Richtungen erforderlich.

Bei weiterer Vergrößerung nach Westen oder Nordosten kämen keine neuen topographischen Strukturen hinzu, aufgrund derer Auswirkungen auf die Windverhältnisse im TAL-Gebiet zu erwarten wären.

Nach Nordwesten würde bei Vergrößerung des Modellgebietes zwar die Einbuchtung der Oberrheinischen Tiefebene bei Bensheim größerräumig erfasst. Das eventuell auftretende Umlenken der Strömung von der Rheinebene in die Bucht ist jedoch auch bei der Mindestgröße bereits möglich und dürfte auch bei einem größeren Modellgebiet zumindest im Bereich des TAL-Gebiets keine wesentlichen Auswirkungen mehr haben.

Dagegen könnte eine Erweiterung nach Nordosten eventuell sinnvoll sein, weil sich dort das Weschnitztal über einen Sattel in das Gersprenztal fortsetzt. Für die Strömungsverhältnisse auch im TAL-Gebiet könnte es einen Unterschied machen, ob das Weschnitztal durch den Rand des Modellgebiets bei niedriger Sohle und großer Breite geschnitten wird oder ob das Tal schmaler wird, ansteigt und dann wieder in ein breiteres Tal nach Osten abfällt.

Diese Effekte sind im Rahmen von Testrechnungen (siehe Abschnitt 3.3) mit vier Modellgebieten untersucht worden

Nach der VDI-Richtlinie sollten alle relevanten Geländestrukturen in der näheren Anlagenumgebung mit mindestens drei Gitterpunkten aufgelöst werden. Dabei handelt es sich um folgende Strukturen:

- Steinbruch im künftigen Ausbaustadium:
Ausdehnung ca. 500 m x 300 m
- Kohlplatte südl. Steinbruch:
> 500 m
- Salzkopf nordöstlich Steinbruch:
Breite etwa 300 m
- Steinkopf südwestlich Steinbruch:
Breite etwa 200-400 m
- Talverlauf Steinbruch nach Sonderbach:
Breite Talsohle etwa 200 m - 300 m
- Fortsetzung des Tals nach Norden:
Breite ca. 150 m

Darüber hinaus existiert eine Vielzahl weiterer kleinräumiger Strukturen, aber in größerer Entfernung zum Anlagengelände. Sie sind für die Ausbreitungsverhältnisse weniger relevant, weil in größeren Quellentfernungen die Konzentrationsgradienten nur noch gering sind.

Limitierend ist daher das von Sonderbach nach Norden verlaufende Tal mit einer Breite der Talsohle von 150 m.

Das Gitter der Ausbreitungsrechnung weist auf Netzlevel 1 eine Gitterweite von 32 m auf. Diese Gitterweite liegt für das prognostische Modell METRAS unterhalb der zulässigen Auflösung, die bei minimal 50 m begrenzt ist. Außerdem wäre wegen der gleichzeitig großen Gebietsgröße von mindestens 15 x 15 km² (Mindestgröße nach VDI-RL) eine so große Anzahl Gitterpunkte notwendig, dass hierfür die Rechnerressourcen nicht ausreichen. Daher wurde die für eine gute Deckungsgleichheit mit dem TAL-Gitter nächstmögliche Auflösung von 64 m gewählt. Auch bei dieser Auflösung können die feinsten topographischen Strukturen gerade noch hinreichend abgebildet werden.

Aus den vorstehenden Überlegungen hinsichtlich Gebietsgröße und Auflösung heraus wurden für Testrechnungen vier METRAS-Modellgitter erzeugt, die sich in ihrer Ausdehnung nach Süden, Osten und Norden unterscheiden. In einem inneren Gebiet, das in jede Richtung um drei Gitterzellen größer als das TAL-Gebiet ist, sind alle Modellgitter äquidistant mit einer Gitterweite von 64 m. Das entspricht der doppelten Gitterweite des Netzlevels 1 der Ausbreitungsrechnungen. Somit fällt jeder zweite Gitterpunkt des Netzlevels 1 mit einem METRAS-Gitterpunkt zusammen. Außerhalb dieses Kerngebiets wächst die Gitterweite bis auf maximal 256 m an. Vertikal liegen die Gitterweiten bei 20 m bodennah und nehmen bis auf 1 km in 6 km Höhe zu. Der Oberrand der Modellgebiete liegt bei 8 km, darüber schließen sich fünf Randpunkte mit numerischen Dämpfungsschichten an.

Die Geländehöhen der Modellgebiete wurden mit dem zur VDI 3783 Blatt 16 gehörenden Programm *filter2dxnurRand.exe* über 10 Randreihen 20-mal gefiltert.

3.3. Stationäre Modellrechnungen dynamisch induzierter Windsysteme

72 Produktionsrechnungen wurden stationär, d.h. mit zeitunabhängigen Impuls- und Wärmeflüssen an den Modellrändern durchgeführt. Diese Modellergebnisse enthalten somit die dynamisch induzierten Effekte des Geländes (wechselnde Geländehöhe und -rauigkeiten) auf

die Windverhältnisse, aber keine thermodynamisch bedingten Windsysteme, wie z. B. nächtliche Kaltluftabflüsse. Die meteorologischen Antriebsdaten dieser Rechnungen setzen sich gemäß [1] aus Kombinationen der Stabilitätsklassen I, II, III/1 und V (nach Klug-Manier) und 20°-Klassen der Windrichtung zusammen.

Die Stabilitätsklassen werden charakterisiert durch den vertikalen potentiellen Temperaturgradienten innerhalb der Grenzschicht (bis ca. 1500 m Höhe ü. Gr.), darüber wird in allen Rechnungen die leicht stabil geschichtete Standardatmosphäre (0.0035 K/m) angenommen. Die Temperaturgradienten innerhalb der Grenzschicht sowie die zugehörigen charakteristischen geostrophischen Windgeschwindigkeiten (ein anderes Maß für den horizontalen Druckgradienten) resultieren aus einer vergleichenden statistischen Analyse 10-jähriger Zeitreihen von NCAR-Reanalysedaten [7] mit Ausbreitungsklassenstatistiken der gleichen Zeiträume für die sechs DWD-Stationen Hamburg, Berlin, Düsseldorf, Frankfurt, Stuttgart und München:

Klasse	potentieller Temperaturgradient [K/m]	geostrophische Windgeschwindigkeit [m/s]
I	0.0080	1.6
II	0.0057	2.5
III/1	0.0032	7.8
III/2	0.0012	5.6
IV	0.0003	4.2
V	0.0000	3.8

Diese Zuordnung von Temperaturgradienten zu AK-Klassen erfüllt nicht die lehrbuchmäßige Erwartung eines verschwindenden potentiellen Temperaturgradienten bei den AK-Klassen III/1 bzw. III/2 für neutrale Schichtung und negativer Werte bei labiler Schichtung. Die angegebenen Temperaturgradienten entsprechen aber den tatsächlich im Bereich zwischen Boden und etwa 850 hPa, im Prinzip also im Bereich der atmosphärischen Grenzschicht, im Mittel auftretenden Temperaturgradienten in den Reanalysedaten. Diese Daten sind für die Initialisierung des prognostischen Modells besser geeignet als extremere Temperaturgradienten, die in der Regel nur in der bodennahen Prandtl-schicht von wenigen Dekametern Mächtigkeit auftreten.

Zur Auswahl geeigneter Modellgitter wurden insgesamt 186 METRAS-Rechnungen unter Verwendung der vier Test-Modellgitter (Abschnitt 3.2) durchgeführt. Auf zwei Gittern wurden alle Windrichtungen und Stabilitätsklassen getestet, auf zwei Gittern zusätzliche Fälle mit südöstlichen geostrophischen Anströmrichtungen. Bei den beiden stabilen Ausbreitungsklassen

sind die auf beiden Gittern berechneten Strömungsstrukturen nahezu identisch oder sehr ähnlich. Im Falle der neutralen und instabilen Ausbreitungsklassen liefern die Rechnungen auf dem kleinsten der Modellgitter vor allem bei östlichen Anströmrichtungen gelegentlich nicht völlig plausible Strömungsstrukturen oder tendenziell zu hohe Windgeschwindigkeiten. Plausible Strukturen bei gleichzeitig passendem Geschwindigkeitsniveau lassen sich mit einem nach Nordosten erweiterten Modellgebiet erzielen, das über den Sattel hinaus bis in das Gersprenztal hinein reicht. Damit wird ein realistischerer Strömungsvorlauf aus Osten auf das eigentliche TAL-Gebiet erreicht.

Für die Produktionsrechnungen der Ausbreitungsklassen I und II wurde das kleinere der beiden Modellgitter, für die der Ausbreitungsklassen III-1 und V das in Abbildung 3 dargestellte größere Modellgebiet verwendet.

Die Ergebnisse der 72 Produktionsrechnungen wurden in jedem Einzelfall durch Kontrolle von Zeitreihen und bodennahen Strömungsfeldern zu jeweils vollen Stunden Simulationszeitraum auf Plausibilität und mögliche Störeinflüsse geprüft. Aus diesen Einzelkontrollen wurden Simulationszeitpunkte festgelegt, zu denen die Strömungsfelder als stationär angesehen und für den Aufbau der Windfeldbibliothek verwendet werden können.

Nach Einzelauswertung jeder Modellrechnung wurde eine Konsistenzprüfung aller Modellrechnungen im Parameterraum durchgeführt. Aufgrund dieser Konsistenzprüfung wurde ein Windfeld der Ausbreitungsklasse II gegen das entsprechende Windfeld zu einem anderen Simulationszeitpunkt ausgetauscht. In diesem Fall zeigt sich, dass sich das Windfeld des neu ausgewählten Auswertzeitpunkts konsistenter und stetiger in die wechselnden Strömungsstrukturen innerhalb des Parameterraums der Antriebsdaten einfügt.

Das Windfeld für die neutrale Ausbreitungsklasse III-1 bei 140° geostrophischer Anströmung wurde aufgrund der Konsistenzprüfung von der weiteren Verarbeitung ausgeschlossen. Hintergrund ist, dass sich im Bereich der südöstlichen Anströmung die Kanalisierung in den West-Ost verlaufenden Stadtbach- und Erbachtätern um 180° umstellt. Bei mehreren Anströmrichtungen werden ähnliche bodennahe Strömungsstrukturen berechnet. In solchen Situationen kann auch auf den Höhenzügen im Modellgebiet nicht immer eine stetige Drehung des Windes mit Drehung der geostrophischen Anströmung sichergestellt werden. Diese ist jedoch zwingend notwendig, um eine geeignete EAP im Sinne der VDI 3783 Blatt 16 festlegen zu können (siehe Abschnitt 3.5). Ohne Verwendung des Windfeldes von Ausbreitungsklasse III-1 bei 140° kann die stetige Winddrehung sichergestellt werden.

3.4. Prognostische Windfeldbibliothek

Die prognostische Windfeldbibliothek wurde gemäß dem in Abschnitt 2 beschriebenen Verfahren nach VDI 3783 Blatt 16 durch

- Interpolation im Parameterraum der Antriebsdaten
- Interpolation auf die geschachtelten LASAT-Gitter
- Beseitigung von Restdivergenzen in den temporären Bibliotheksfeldern unter Einbeziehung von Gebäudeeinflüssen

abschließend erzeugt.

Die resultierende Windfeldbibliothek liegt zusammenhängend in einem Verzeichnis „lib“ vor und besteht aus den Bibliotheks-Windfelddateien „wNNN*li*.“. Darin steht **NNNN** für die AK-Klasse und Windrichtung, z.B. bedeutet „3009“ die AK-Klasse 3 und die Windrichtung 90°. **li** bezeichnet Gitterlevel und -index entsprechend der LASAT-Nomenklatur. „11“ bezieht sich auf das größere Modellgebiet mit der Gitterweite 32 m, „21“ auf das feinere Modellgebiet mit 16 m Gitterweite.

3.5. Anemometerstandort

Zur Durchführung einer Ausbreitungsrechnung mit LASAT ist als Antriebsdatensatz eine meteorologische Zeitreihe (AKTerm) bzw. Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) von einem Messstandort innerhalb des Modellgebietes erforderlich. Während der Rechnung werden von LASAT aus der Windfeldbibliothek die beiden Windfelder gleicher Stabilitätsklasse herausgesucht, die die am Anemometerort gemessene Windrichtung von beiden Seiten einschließen. Das aktuell verwendete Windfeld wird durch Linearkombination der beiden ausgewählten Felder so berechnet, dass der Anemometerwind exakt reproduziert wird.

Für eine bijektive Zuordnung zwischen Anemometerwind und Anströmsituation ist es notwendig, dass sich das Anemometer an einer Position befindet, an der die Orographie der Standortumgebung keinen oder nur einen geringen Einfluss auf die Windverhältnisse ausübt. Nur dann ist sichergestellt, dass sich mit jeder Richtungsänderung der großräumigen Anströmung auch der Wind am Anemometerort im gleichen Drehsinn ändert. Liegt beispielsweise der Standort in einem Tal und wird hier eine Windmessung vorgenommen, so ist diese Windmessung zur Verwendung in der Ausbreitungsrechnung ungeeignet, weil der Wind in dem Tal kanalisiert wird.

In einem Tal kann es vorkommen, dass sich die bodennahe Windrichtung auch bei großen Drehungen des Höhenwindes nicht ändert, bei einer kleinen weiteren Höhenwinddrehung aber plötzlich eine entgegengesetzte Richtung einnimmt. Eine Windmessung von einer Hochebene oder sanften Kuppenlage ist in der Regel geeigneter, sofern an dem Messort keine Beschleunigung („Speed-up“) der Windgeschwindigkeit aufgrund einer zu exponierten Kuppenlage zu verzeichnen ist. Im AUSTAL2000-Handbuch² wird diesem Umstand mit der Forderung „dass das Anemometer möglichst frei angeströmt wird“ Rechnung getragen.

Nach der Vorschrift der TA Luft Anhang 3 wird in einem Radius der 10-fachen Emissionshöhe um den Standort eine mittlere Rauigkeitslänge z_0 bestimmt. In der Ausbreitungsrechnung werden die Grenzschichtprofile von Wind und Turbulenz auf Basis dieser gebietsgemittelten Rauigkeit bestimmt. Daneben dient diese Rauigkeit standardmäßig auch zur Festlegung der Anemometerhöhe, die einer unter anderen Rauigkeitsbedingungen gemessenen AKTerm (oder AKS) zugewiesen wird. Diese Vorgehensweise ist insbesondere dann gerechtfertigt, wenn die Windfelder für die Ausbreitungsrechnung mit dem diagnostischen Modellansatz erzeugt werden. Im diagnostischen Modell wird das Windfeld entsprechend der mittleren Rauigkeit horizontal homogen initialisiert und dann durch Um- und Überströmung dem Gelände angepasst. Horizontale Gradienten in der Windgeschwindigkeit können sich nur aufgrund der Orographiestruktur einstellen, nicht aber aufgrund wechselnder Rauigkeitsstrukturen.

Da das prognostische Windfeldmodell METRAS PC in jeder Gitterzelle die prozentualen Landnutzungsanteile berücksichtigt und u.a. auf dieser Basis die lokale Rauigkeitslänge bestimmt, variieren die prognostisch berechneten Windfelder nicht nur mit der Orographiestruktur, sondern auch mit der lokalen Rauigkeit des Untergrundes. Über den glatten Bereichen des Rechengebietes stellen sich bodennah höhere Windgeschwindigkeiten ein als über den rauerer Bereichen. Unter ungünstigen Bedingungen, wenn nämlich die in den prognostischen Modellrechnungen berücksichtigte lokale Rauigkeit am Anemometerstandort erheblich von der nach TA Luft bestimmten mittleren Rauigkeit des Rechengebietes abweicht, kann es im Rahmen der Ausbreitungsrechnung zu einer systematischen Unter- oder Überschätzung der Windgeschwindigkeit kommen. Diesem Effekt kann dadurch entgegengesteuert werden, dass zur Bestimmung der Anemometerhöhe nicht die nach TA Luft gemittelte Rauigkeit, sondern eine Rauigkeit verwendet wird, die eher den Bedingungen in der Umgebung des Anemometerstandortes (Radius ca. 200 m) entspricht.

² In der Version 2.6 vom 24.2.2014 im Abschnitt 3.6.3 auf S. 38

In der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 ist ein Berechnungsverfahren zur Bestimmung einer objektiven Ersatz-Anemometerposition (EAP) und zugehöriger Anemometerhöhe beschrieben. Das Verfahren bezieht sich immer auf eine existierende Windfeldbibliothek und berücksichtigt u.a. die oben erläuterte Notwendigkeit einer bijektiven Zuordnung zwischen Anemometerwind und Anströmsituation sowie die Abhängigkeit der Anemometerhöhe von der lokalen Rauigkeit.

Eine QPR des Deutschen Wetterdienstes (DWD) empfiehlt laut Auftraggeber die Verwendung einer AKTerm vom Standort Waibstadt als Antrieb für die Ausbreitungsrechnung.

Ersatz-Anemometerpositionen, die mit der prognostischen Windfeldbibliothek verwendbar sind, wurden mit dem mit der Richtlinie veröffentlichten EAP-Programm „*TAL_Anemo.exe*“ bestimmt. Hierzu wurden eindimensionale Referenzprofile der Windgeschwindigkeit mit METRAS PC für die Landnutzungsclassen „Wiese/Weide“ und alle Ausbreitungsklassen berechnet und dem EAP-Programm zusammen mit der Windfeldbibliothek als Input vorgegeben. Das Programm berechnet daraus für unterschiedliche Höhenbereiche die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen EAPs. Zu jeder möglichen EAP wurde die Rauigkeitslänge im Umkreis von 200 m mit dem Hilfsprogramm *RLInter* (aus dem Programmpaket AUSTAL2000) berechnet. Weil der darin enthaltene Datensatz der Landnutzungen schon älter ist, wurde die Rauigkeit zusätzlich aus den aktuellsten Google Earth-Luftbildern abgeschätzt. In der letzten Spalte sind die Anemometerhöhen angegeben, die in der AKTerm Waibstadt zu den jeweiligen Rauigkeitslängen z_0 angegeben sind.

Höhenbereich Modellebene	UTM-Koordinaten laut EAP-Programm	mittleres z_0 um EAP aus <i>RLInter</i> aus GoogleEarth	zu z_0 gehörige Ersatzanemometerhöhe laut AKTerm Waibstadt
0 – 3 m	keine EAP gefunden	-	=
3 – 6 m	keine EAP gefunden	-	-
6 – 10 m	32 476 582 / 5 496 934	1,5 m 1,5 m	22,5 m 22,5 m
10 – 16 m	32 476 550 / 5 496 870	1,5 m 1,5 m	22,5 m 22,5 m
16 – 25 m	32 476 710 / 5 497 110	1,5 m 1,5 m	22,5 m 22,5 m
25 – 40 m	32 476 710 / 5 497 094	1,5 m 1,5 m	22,5 m 22,5 m

In der grün markierten Zeile der Tabelle fallen die Ersatzanemometerhöhen der AKTerm genau in den Höhenbereich der jeweiligen Modellebene. Die UTM-Koordinate 32 476 710 / 5 497 110 befindet sich 1,3 km südwestlich der Anlage auf rund 380 m NHN auf dem „Steinkopf“. Der gesamte Höhenzug ist bewaldet und weist daher eine große Rauigkeit auf. Die Anpassung des Geschwindigkeitsniveaus der Messungen an diese Rauigkeit erfolgt über die größere Anemometerhöhe von 22,5 m.

Die QPR des DWD empfiehlt als Anemometerstandort für die Übertragung der Messung einen Standort nördlich von Erbach am Hang der Wilhelmshöhe in 288 m NHN. Dieser liegt rund 1,5 km nordwestlich der Anlage.

In Abbildung 4 sind beide Positionen, die vom DWD empfohlene sowie die objektiv bestimmte EAP, vor dem Hintergrund der Geländehöhen dargestellt.

Der vom DWD empfohlene Anemometerstandort lässt sich mit der prognostischen Windfeldbibliothek *nicht* verwenden. Grundsätzlich ist es nach VDI 3783 Blatt 16 aus fachlichen Gründen zwar möglich, von der objektiv bestimmten EAP abzuweichen. Das setzt allerdings voraus, dass andere Punkte im Modellgebiet vorhanden sind, die – ggf. mit schlechteren Gütemaßen gegenüber der objektiv bestimmten EAP - ebenfalls eine bijektive Zuordnung zwischen Anemometerwind und Anströmsituation erlauben.

Die Analyse der prognostischen Bibliothek mit dem Programm TAL-Anemo hat jedoch ergeben, dass nur in einem Gebiet um den „Steinkopf“ diese Voraussetzungen gegeben sind, nicht jedoch auf der Wilhelmshöhe. Diese liegt zwischen den von Erbach und Stadtbach relativ tief eingeschnittenen, von Ost nach West verlaufenden Tälern, die häufig zu einer Kanalisierung der Strömung in Richtung der Talachsen führen. Auch der dazwischen liegende Höhenzug wird deshalb nicht immer regional ungestört angeströmt.

Mit zunehmender Höhe gibt es zwar mehr und mehr zusammenhängende Gebiete, in denen die bijektive Zuordnungsmöglichkeit gegeben wäre. Innerhalb eines sinnvollen Höhenbereichs für die Anemometerhöhe treten solche Gebiete jedoch nur auf den südlichen Hängen des „Steinkopfs“ und damit noch entfernter von der DWD-Position auf.

Als Ersatzanemometerposition kann daher bei Verwendung der prognostischen Windfeldbibliothek nur eine Position um die UTM-Koordinate 32 476 710 / 5 497 110 bei einer Anemometerhöhe von 22,5 m verwendet werden.

4. Ergebnisse

Die mit METRAS PC berechneten dreidimensionalen Windfelder unter allen Antriebssituationen und die daraus über die verschiedenen Zwischenschritte abgeleiteten Daten sind zu umfangreich, um in dieser Dokumentation auch nur zusammengefasst dargestellt werden zu können – insgesamt wurde ein Datenvolumen von mehr einigen Hundert Gigabyte erzeugt. An dieser Stelle werden daher nur exemplarisch Ergebnisse der METRAS-Rechnungen sowie daraus abgeleitete Bibliotheks-Windfelder anhand weniger Antriebssituationen dargestellt. Den METRAS-Windfeldern liegt eine Gitterauflösung von 64 m zugrunde. Die Koordinaten in diesen Feldern beziehen sich auf einen Referenzpunkt des METRAS-Modellgebietes und sind nicht deckungsgleich mit den relativen Modellkoordinaten der Bibliotheksfelder.

Die Abbildungen 5 bis 7 zeigen exemplarisch drei charakteristische Strömungssysteme, die bei sehr stabilen Schichtungsverhältnissen (Ausbreitungsklasse I) in der näheren Umgebung des Anlagenstandortes berechnet werden.

Vorherrschend für die charakteristischen Strömungsverhältnisse in weiterer Anlagenumgebung sind vor allem der etwa 5 km lange Höhenzug mit der zentral gelegenen „Kohlplatte“ südlich der Anlage sowie die nördlich dazu parallel verlaufenden Täler von Stadtbach und Erbach. Sie führen häufig auf eine Kanalisierung in westliche oder östliche Windrichtungen.

Bei einer geostrophischen Anströmung aus 160° (Südsüdost) liegt in weiten Bereichen des niedrigeren Geländes ein bodennaher Wind um Ost vor (Abb. 5). Über den Höhen von „Kohlplatte“ und „Steinkopf“ weht der Wind, weniger stark gegenüber der geostrophischen Anströmung gedreht, aus Südost.

Mit Drehung der geostrophischen Anströmung um 20° auf Süd (180° , Abb. 6) stellt sich das gesamte Strömungsregime um. Über den Höhen weht Südwind. Die Tallagen werden dagegen von den quer zur Anströmung verlaufenden Höhen effektiv abgeschirmt und weisen nur geringe Windgeschwindigkeiten bei wechselnden Windrichtungen auf.

Dreht der Höhenwind um weitere 40° (Abb. 7), so hat sich die Kanalisierung in den Tälern vollständig umgestellt und dort weht ein wieder ein kräftigerer Wind aus West.

An diesen drei Beispielen ist auch deutlich zu erkennen, dass der vom DWD vorgeschlagene Standort (relative Koordinaten hier bei etwa 1000 m / 3000 m) in einem Gebiet liegt, das deutlich den Leitwirkungen durch den Talverlauf unterliegt und in den Modellrechnungen nicht die Charakteristik eines frei angeströmten Standortes zeigt.

Neben den erläuterten grundlegenden Strömungscharakteristiken mit Drehung der Anströmrichtung lassen sich weitere kleinräumige Strömungsdetails erkennen. Besonders bei der Anströmung aus 160° (Abb. 5) sind in etlichen Seitentälern weitere Kanalisierungseffekte zu beobachten. Auf der Vorderseite des größten Höhenzuges treten sowohl auf der westlichen als auch der östlichen Seite des Sattels bodennahe Strömungen fast gegen die großräumige Anströmung auf.

Bei einem großräumigen Südsüdwestwind (Abb. 7) tritt der gleiche Effekt innerhalb des Steinbruchs auf. Darin weht der Wind aus Ostnordost und dürfte an der Südwestflanke des Steinbruchs zu kräftigen Aufwinden führen. An der Oberkante trifft dieser Aufwind dann auf einen kräftigen Südwestwind, der sich dann auf der gegenüberliegenden, östlichen Seite des Steinbruchs weiter fortsetzt.

Die hier diskutierten sowie weitere komplexe Strömungsmuster und ihre Wechselwirkung miteinander spielen in topographisch stark gegliedertem Gelände wie hier bei Sonderbach und insbesondere in direkter Umgebung des Steinbruchs eine dominante Rolle und lassen sich nur mit prognostischen Modellen und adäquater räumlicher Auflösung berechnen. Aus diesem Grunde sind diagnostische Modelle, auch nach den Vorschriften der TA Luft, nur bei geringen Geländesteigungen ein geeignetes Simulationswerkzeug.

Anhand der Abbildungen 8 bis 10 wird der Übergang von den METRAS-Windfeldern auf die genesteten Gitter der Windfeldbibliothek illustriert. Dargestellt ist jeweils der bodennahe Wind (ca. 13 m über Grund) bei 160° (Abb. 8), 180° (Abb. 9) und 220° (Abb. 10) und stabiler AK I auf den Gittern 11 (jeweils oben) und 21 (jeweils unten).

Mit dem Übergang von Gitter 11 zu 21 werden einige Feinheiten des Geländes und ihre Auswirkungen auf die bodennahen Strömungsverhältnisse deutlicher sichtbar. Nördlich des Steinbruchs auf halbem Weg nach Sonderbach befindet sich ein kleiner Höhel mit einer Höhendifferenz von rund 10 m zur Umgebung. Bei stabiler Schichtung und 160° geostrophischem Wind wird dieser Hügel im feinsten Gitter leicht antizyklonal umströmt. Eine antizyklonale Winddrehung findet auch im Bereich des Werksgeländes nordwestlich des Steinbruchs statt.

An den Steilwänden des Steinbruchs bilden sich bei der hohen Gitterauflösung besonders starke Gradienten im Wind aus. Besonders an West- und Ostflanke findet auf wenigen Metern eine Umkehr der Strömungsrichtung statt. Insgesamt sind die Strömungsverhältnisse innerhalb des Steinbruchs sehr inhomogen. Dies zeigt sich besonders im Fall des Südwindes (Abb. 9). An der südlichen Abbaukante liegt im Steinbruch ein deutlicher Nordwind vor, der in einen Aufwind an

der Wand übergehen muss. Oberhalb der Abbaukante trifft dieser auf einen Süd- bis Südwestwind. Im mittleren Bereich des Steinbruchs liegt in der gleichen Situation nahezu Windstille vor und im nördlichen Abschnitt stellt sich dann bereits ein leichter Südwind ein.

Besonders scharf sind die Kontraste zwischen dem Wind auf der Kohlplatte und im Steinbruch bei 220° geostrophischem Wind (Abb. 10). Während oberhalb des Steinbruchs ein kräftiger Südwestwind weht, kommt dieser fast im gesamten Steinbruch mit vergleichbarer Windgeschwindigkeit aus Nordost. Nur im äußersten Nordosten geht der Nordostwind in Windstille und im weiteren Verlauf in einen schwächeren Südwestwind über.

Die Abbildungen 11 bis 13 demonstrieren im Vergleich zu den Abbildungen 5 bis 7, wie sich die atmosphärische Schichtung auf die bodennahen Windfelder auswirkt. In der indifferenten Grenzschicht (AK-Klasse III-1) bildet sich über weite Flächen des Modellgebietes eine deutlich homogenere Strömung mit höheren Windgeschwindigkeiten aus. Die vielen kleinräumig variablen, ans Gelände angepassten Strukturen fehlen in den höheren Lagen weitgehend, dort stellt sich überwiegend eine reibungsbedingt gegen die großräumige Anströmrichtung mehr oder weniger gedrehte bodennahe Strömung ein. Dass hier auch auf den Höhenzügen keine vollständig ungestörte Anströmung vorliegt, ist daran zu erkennen, dass die Drehung gegen die geostrophische Anströmung zwischen etwa 0° (bei Südwind, Abb. 12) und etwa 80° (bei Südsüdostwind, Abb. 11) liegen kann. Ursächlich dürften die auf einer noch größeren Skala wirkenden Leitwirkungen der regionalen Topographie (Rheintal, Untermainebene, Odenwald, usw.) sein.

Obwohl sich insgesamt die Verhältnisse bei der neutralen Schichtung homogener darstellen, wirken sich einige kleinräumige Geländestrukturen dennoch kräftig auf die bodennahen Windverhältnisse aus. Insbesondere im Steinbruch sind in allen dargestellten Situationen die Strömungsabrisse an den Steinbruchkanten sowie Strömungsumkehr gegen die oberhalb des Steinbruchs vorherrschende Windrichtung zu erkennen.

Darüber hinaus finden sich auch bei neutraler Schichtung in Abhängigkeit von der Anströmrichtung in verschiedenen Tallagen Strömungskanalisationen (Abb. 11 oben links), Staupunkte vor Hängen (Abb. 12 unten links) oder angedeutete „cavity zones“ (Abb. 13 oben links).

Analog zu den Abbildungen 8 bis 10 illustrieren die Abbildungen 14 bis 16 den Übergang auf die feineren Gitter. In der näheren Anlagenumgebung dominieren hier klar die inhomogenen

Strömungszustände im Bereich des Steinbruchs, während in der sonstigen Umgebung die Windverhältnisse relativ homogen sind.

Insgesamt zeigen sich somit nicht nur bei stabiler Schichtung, sondern bei allen Schichtungszuständen aufgrund der steilen und komplexen Topographie im und um das Untersuchungsgebiet sehr vielfältige Strömungsphänomene, die in dieser Komplexität mit einfacheren Modellieransätzen nicht zu erfassen sind.

Analog zu den hier exemplarisch dargestellten Fällen wurden für die Windfeldbibliothek insgesamt 432 Windfelder für die zwei LASAT-Modellgitter erzeugt.

5. Datenlieferung

Die Windfeldbibliothek und weitere Daten wurden dem Auftraggeber auf einem ftp-Server in der folgenden Datenstruktur zum Download bereitgestellt:

Verzeichnis	Inhalte
lib	Prognostische Windfeldbibliothek im dmna / dmnb-Format (864 Dateien)
EAP	EAP-Programm und Protokolle, 1d-Referenzprofile (4 Dateien)
input	LASAT-Gitterdateien (srf*.dmna), aus der AKTerm Waibstadt 2009 abgeleitete Antriebszeitreihe (meteo.def) und Beispielinput (param.def) (4 Dateien)
Dokumentation	Bericht und Checkliste nach VDI 3783 Blatt 16 (2 Dateien)

Zur Durchführung einer Immissionsprognose mit LASAT oder AUSTAL2000 und der prognostisch berechneten Windfeldbibliothek ist das Verzeichnis *lib* mit den Windfeldern als Unterverzeichnis des aktuellen Rechenfalls anzulegen. Alternativ kann über den Parameter *Windlib* ein anderes Verzeichnis eingestellt werden. Die weiteren Inputdateien sind in das Laufverzeichnis zu kopieren und (param.def) an den jeweiligen Fall anzupassen.

Unabdingbare Voraussetzung für die Anwendung der Bibliothek ist, dass diese mit den bereitgestellten Modellgittern betrieben werden.

Die Funktionsfähigkeit der prognostischen Windfeldbibliothek wurde anhand von LASAT-Testrechnungen für Quellhöhen von 10 m, 50 m und 100 m unter Verwendung der aus der AKTerm Waibstadt 2009 erzeugten Datei *meteo.def* erfolgreich geprüft.

Abbildungen



Abbildung 1: Topographische Lage von Sonderbach aus der Vogelperspektive mit Blick in Richtung Osten. Der Anlagenstandort ist gelb markiert (Quelle: GoogleEarth). Das Geländere relief ist mit einer Höhenverstärkung „3“ in Google Earth dargestellt.

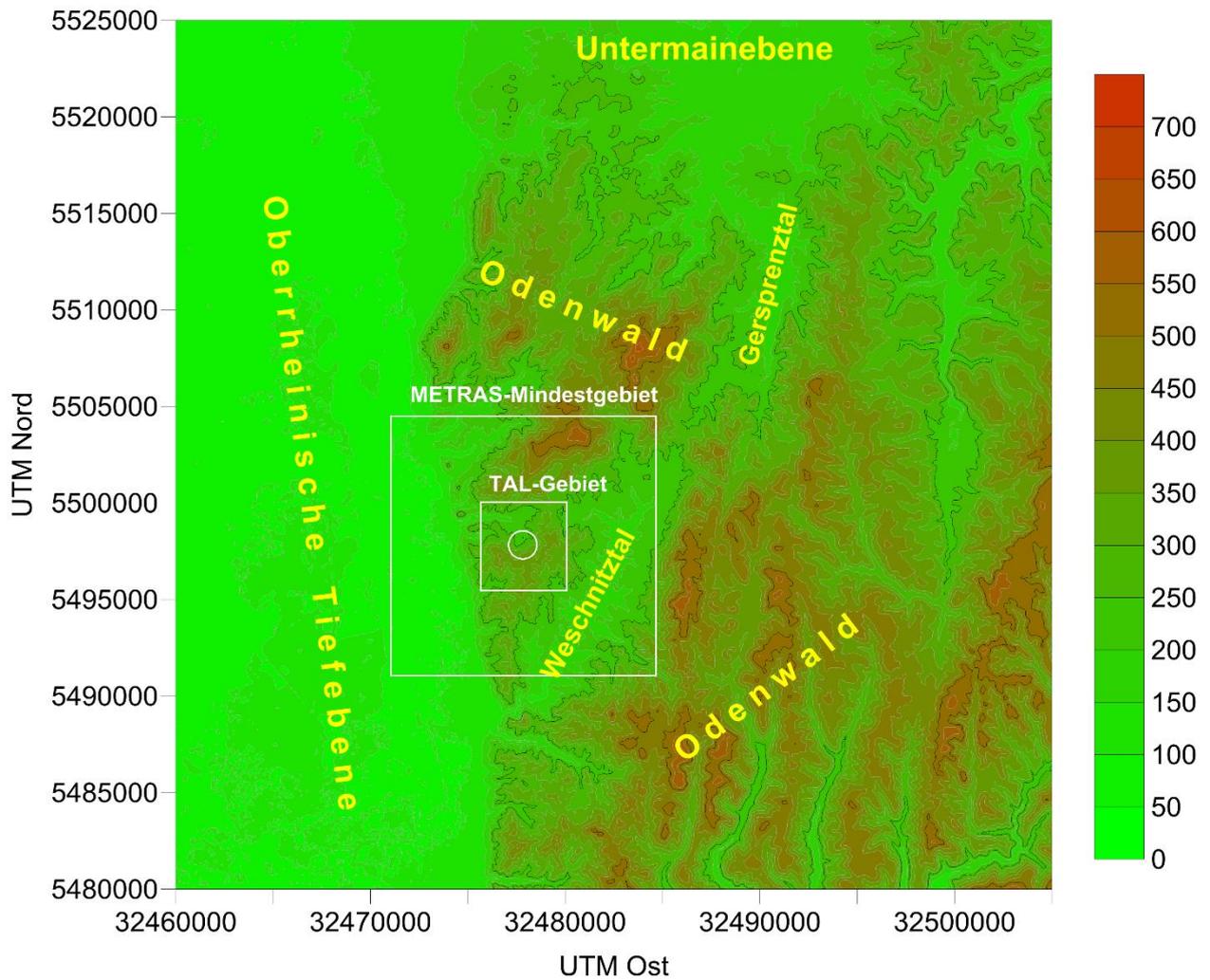


Abbildung 2: Großräumige topographische Strukturen (Höhen NHN) um den Anlagenstandort und Modellgebietsausschnitte.

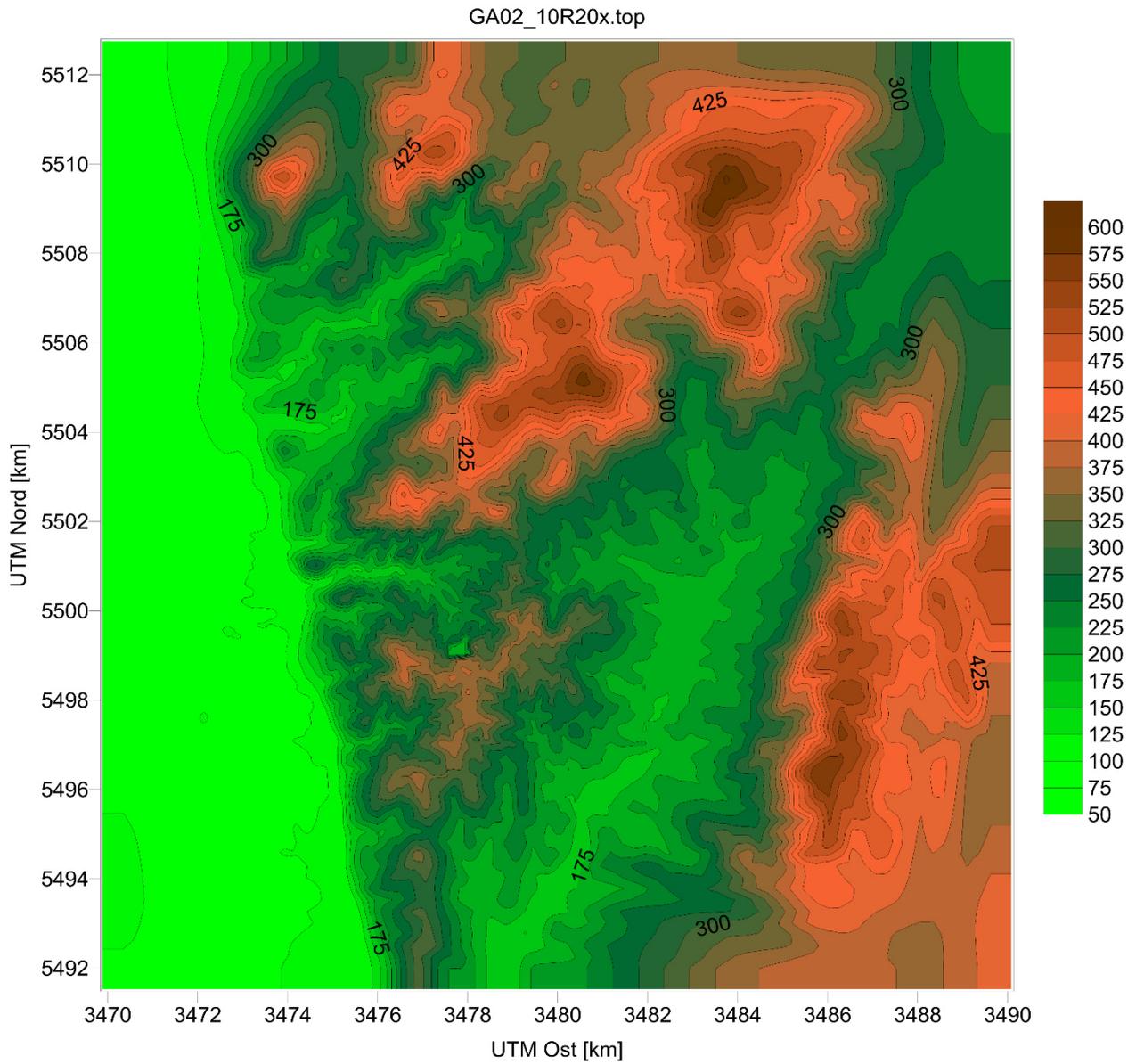


Abbildung 3: Modellgebiet der METRAS-Rechnungen mit Geländehöhen in m NHN. Das Gelände ist im Randbereich gemäß VDI 3783 Blatt 16 geglättet.

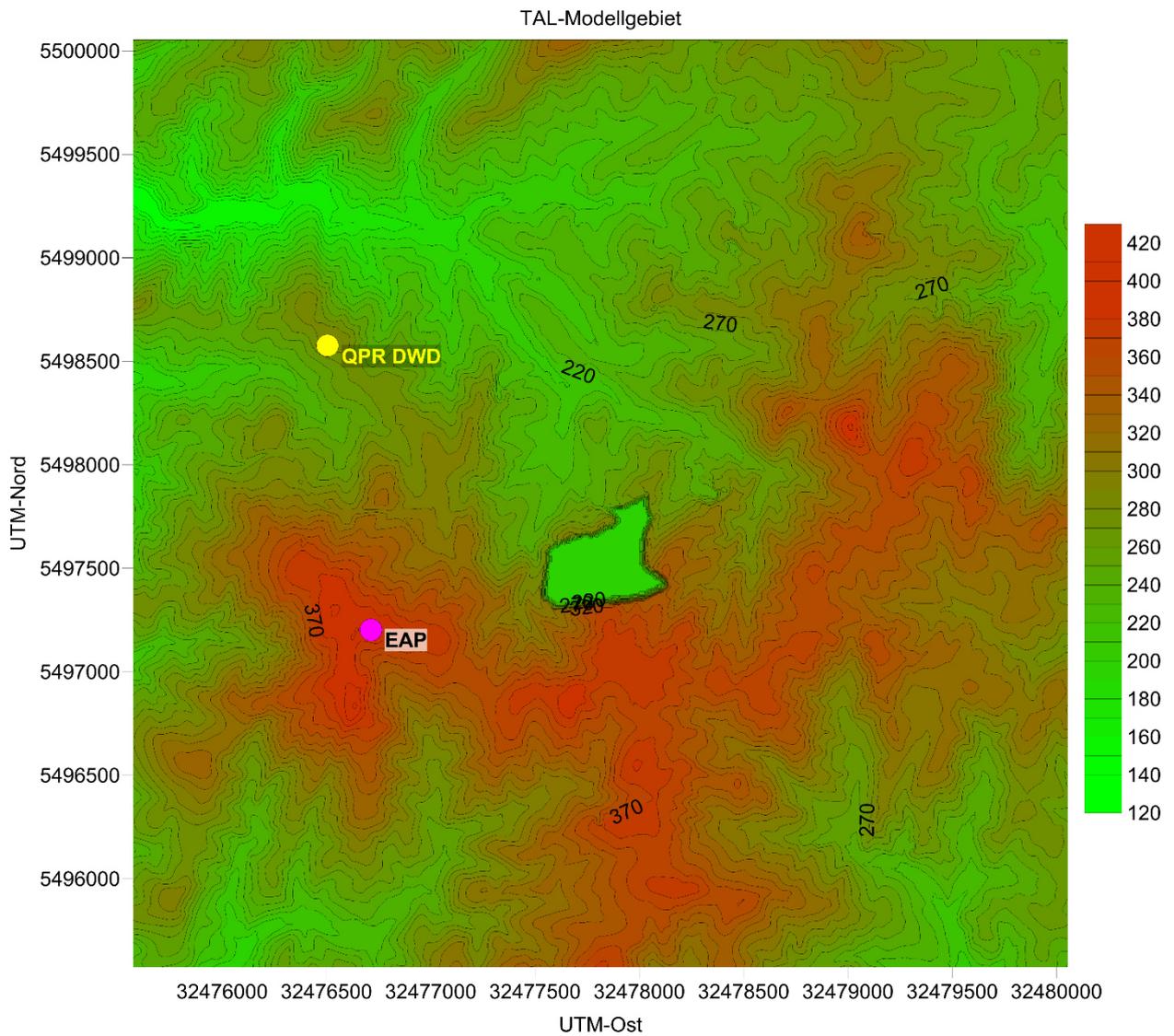


Abbildung 4: Modellgebiet der Ausbreitungsrechnungen mit Geländehöhen in m NHN. Die aus der prognostischen Windfeldbibliothek nach VDI 3783 Blatt 16 bestimmte Ersatzanemometerposition (EAP) und die Anemometerposition gemäß QPR des DWD sind markiert.

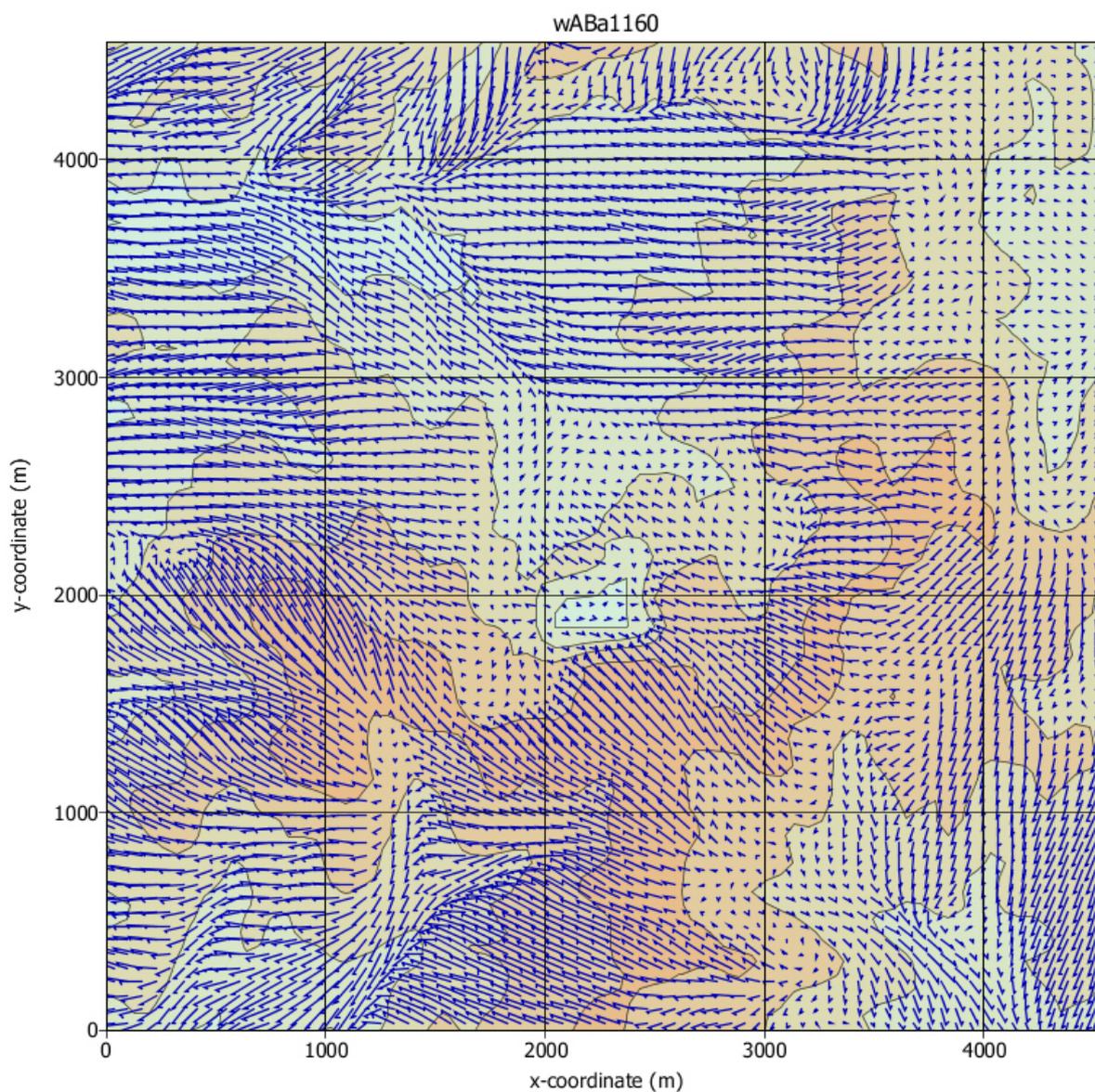


Abbildung 5: METRAS-Windfeld in ca. 13 m Höhe über Grund für die AK-Klasse I bei einer geostrophischen Anströmung von 160°.

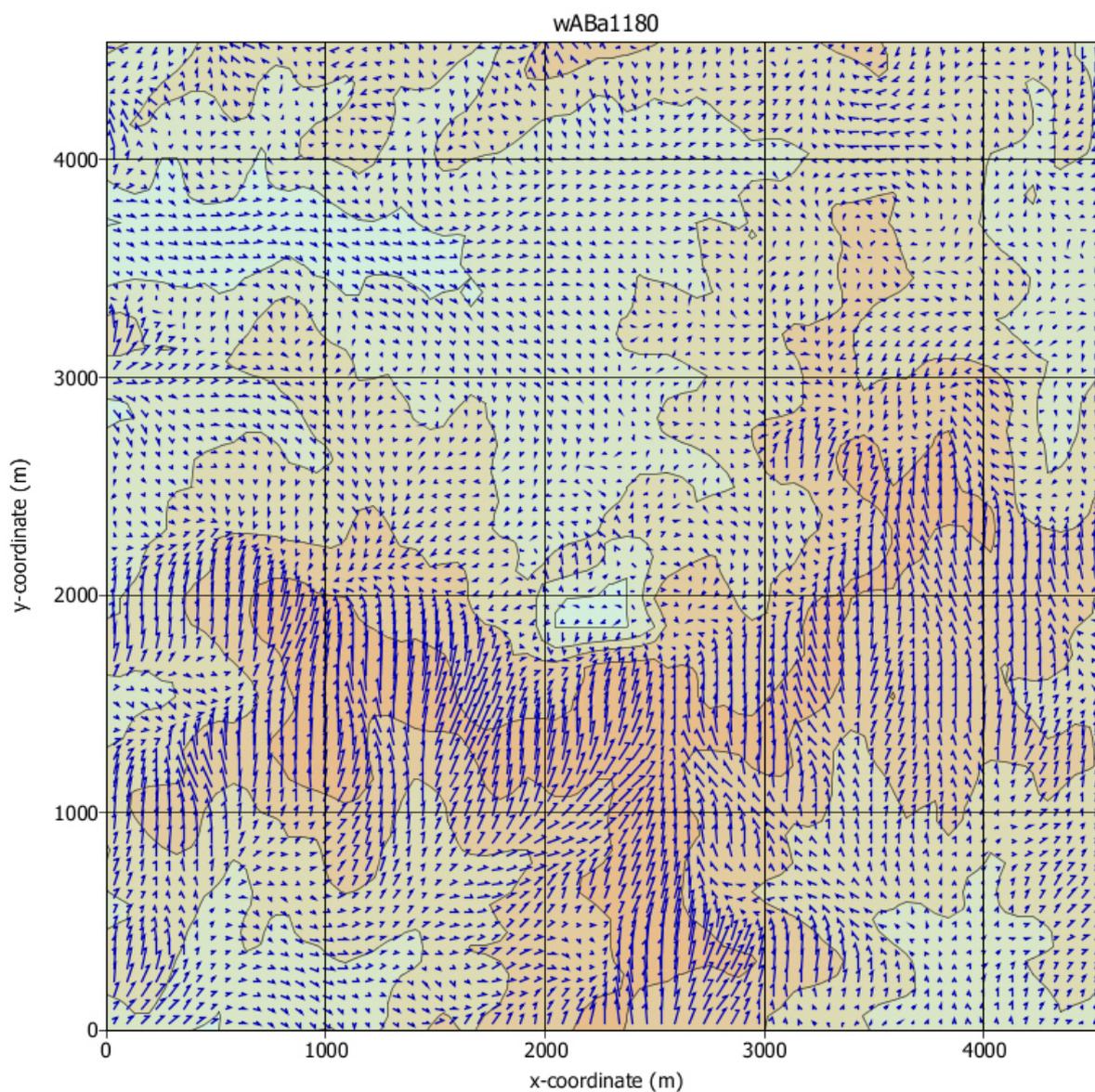


Abbildung 6: METRAS-Windfeld in ca. 13 m Höhe über Grund für die AK-Klasse I bei einer geostrophischen Anströmung von 180°.

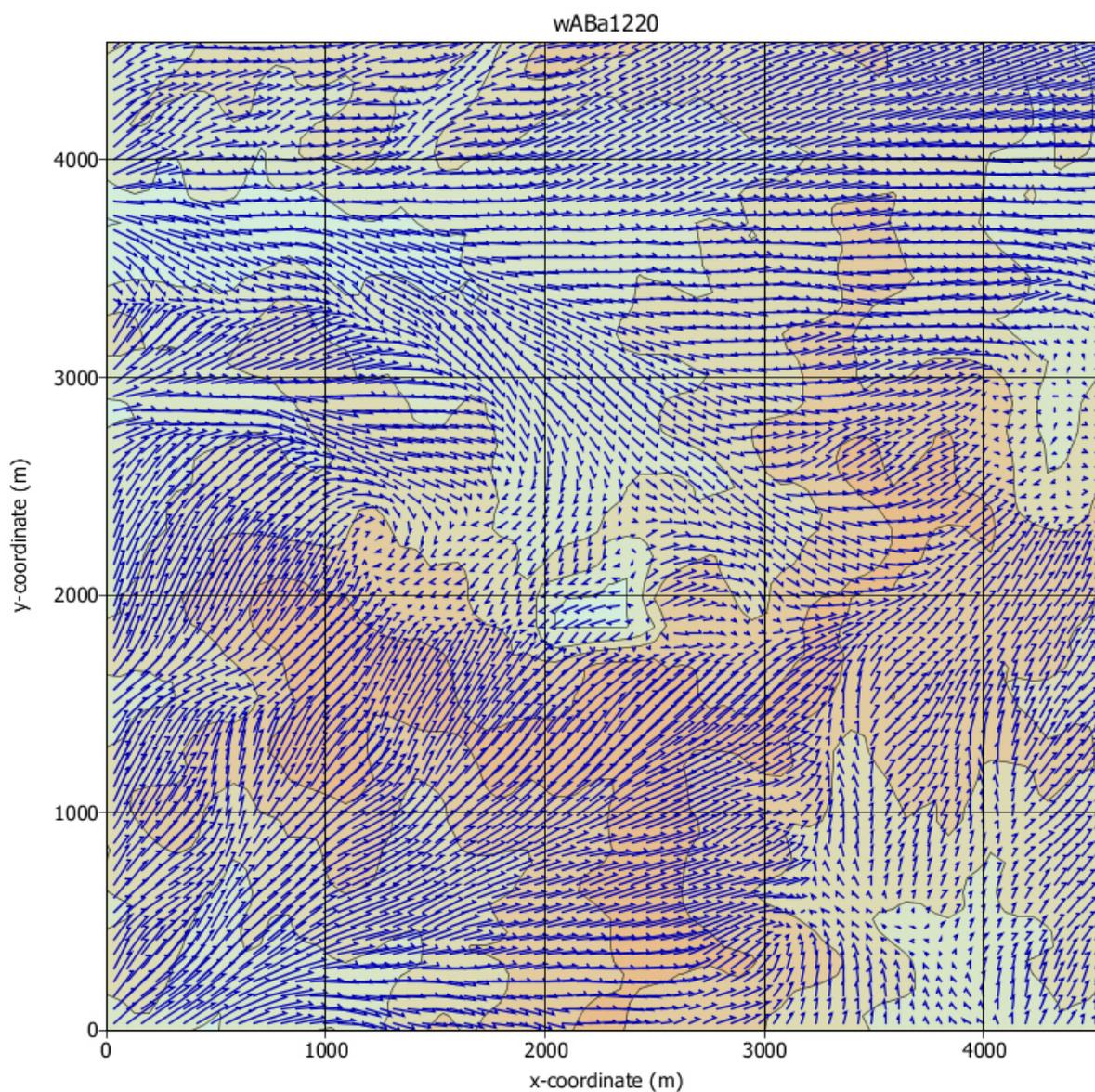


Abbildung 7: METRAS-Windfeld in ca. 13 m Höhe über Grund für die AK-Klasse I bei einer geostrophischen Anströmung von 220°.

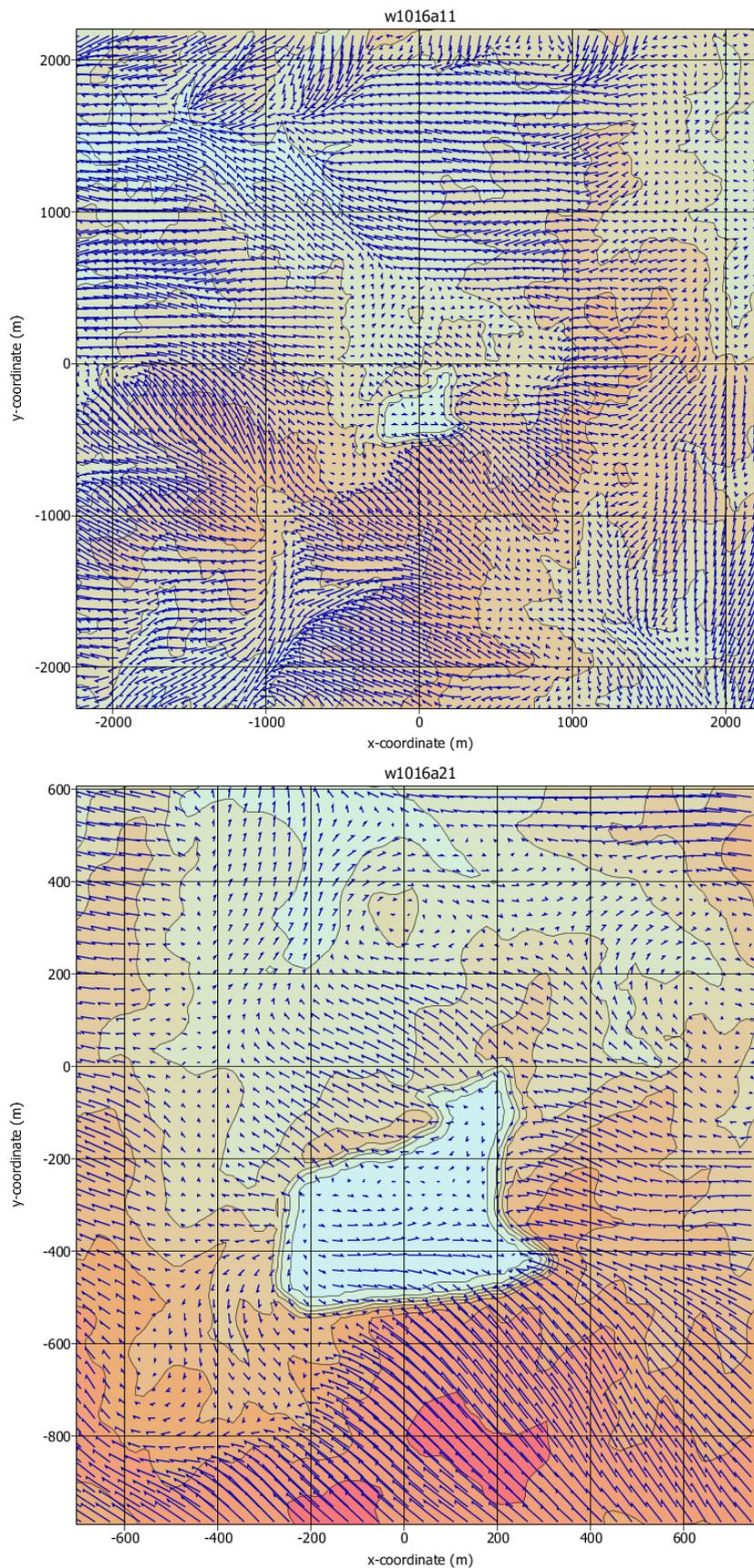


Abbildung 8: Bibliothekswindfelder in ca. 13 m Höhe über Grund für die AK-Klasse I bei geostrophischen Anströmungen von 160° auf den Gittern 11 (oben) und 21 (unten).

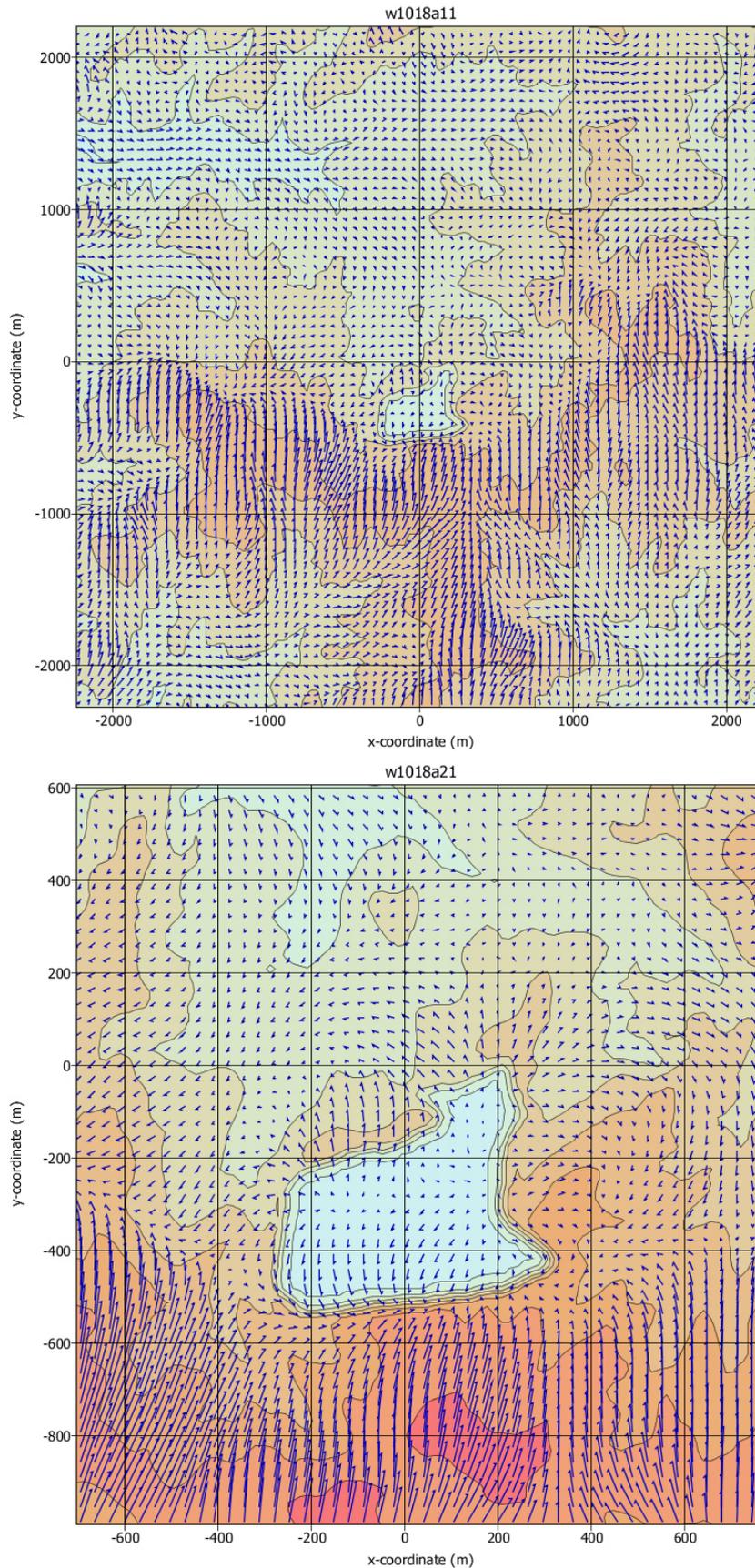


Abbildung 9: Bibliothekswindfelder in ca. 13 m Höhe über Grund für die AK-Klasse I bei geostrophischen Anströmungen von 180° auf den Gittern 11 (oben) und 21 (unten).

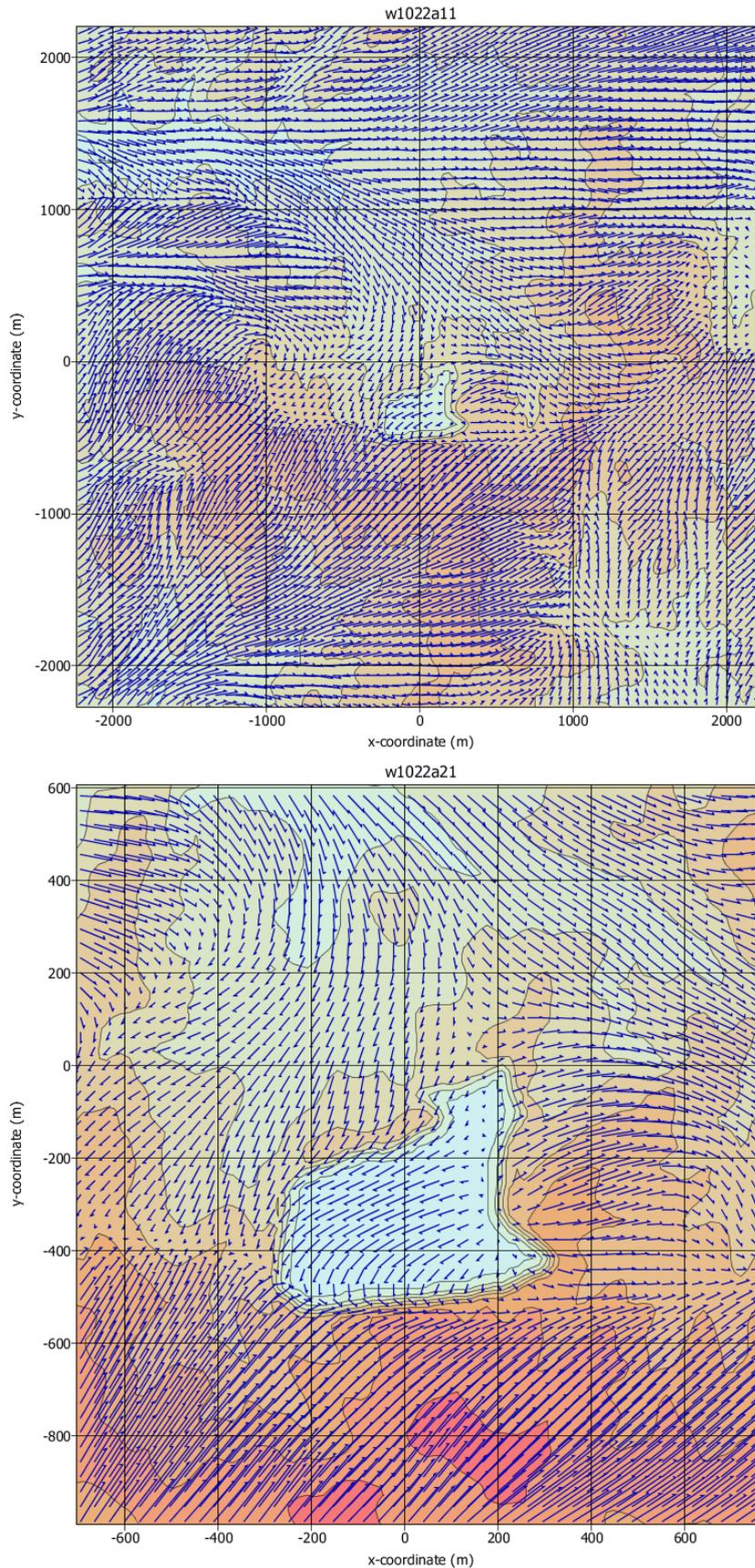


Abbildung 10: Bibliothekswindfelder in ca. 13 m Höhe über Grund für die AK-Klasse I bei geostrophischen Anströmungen von 220° auf den Gittern 11 (oben) und 21 (unten).

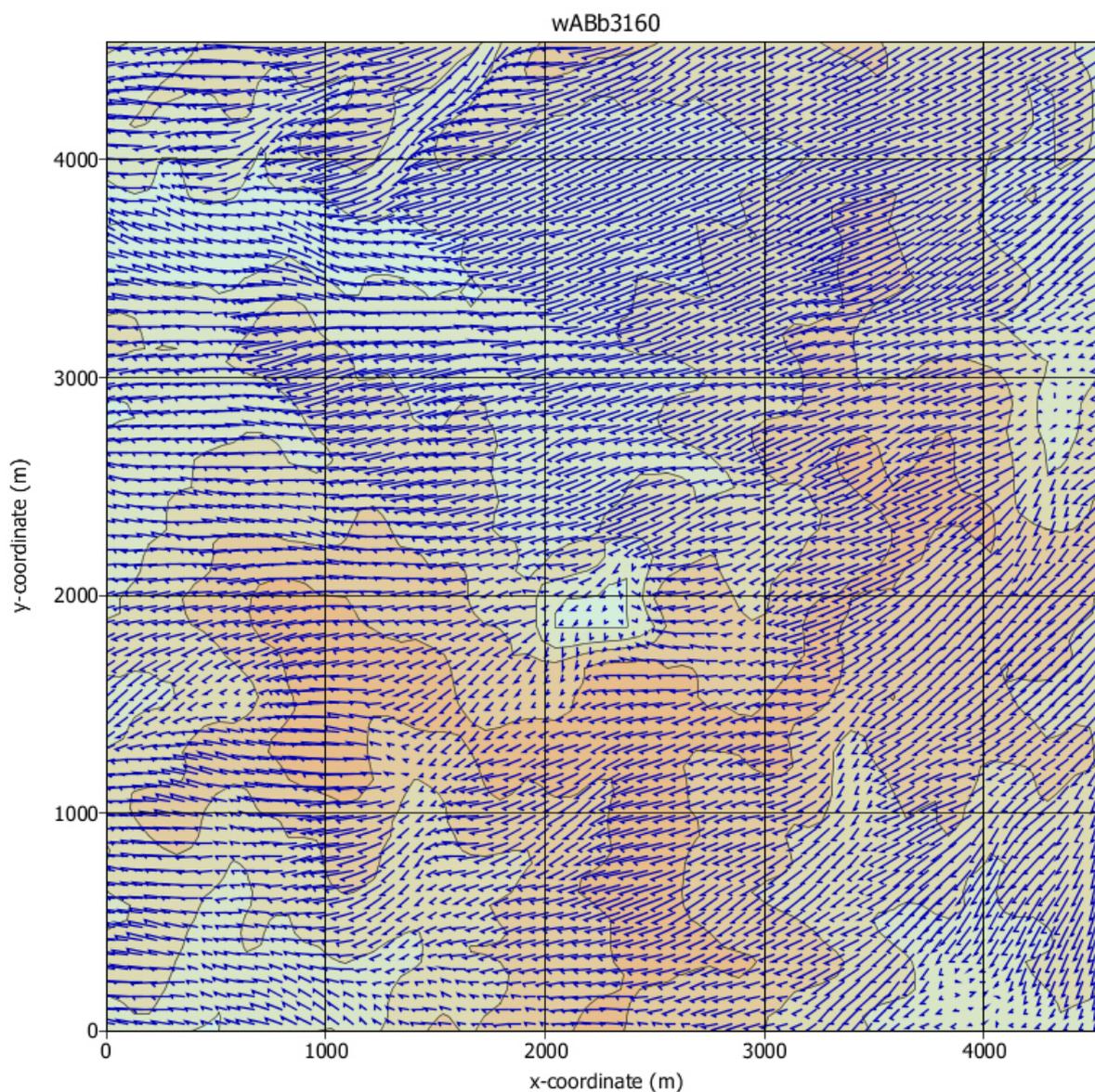


Abbildung 11: METRAS-Windfeld in ca. 13 m Höhe über Grund für die AK-Klasse III-1 bei einer geostrophischen Anströmung von 160°.

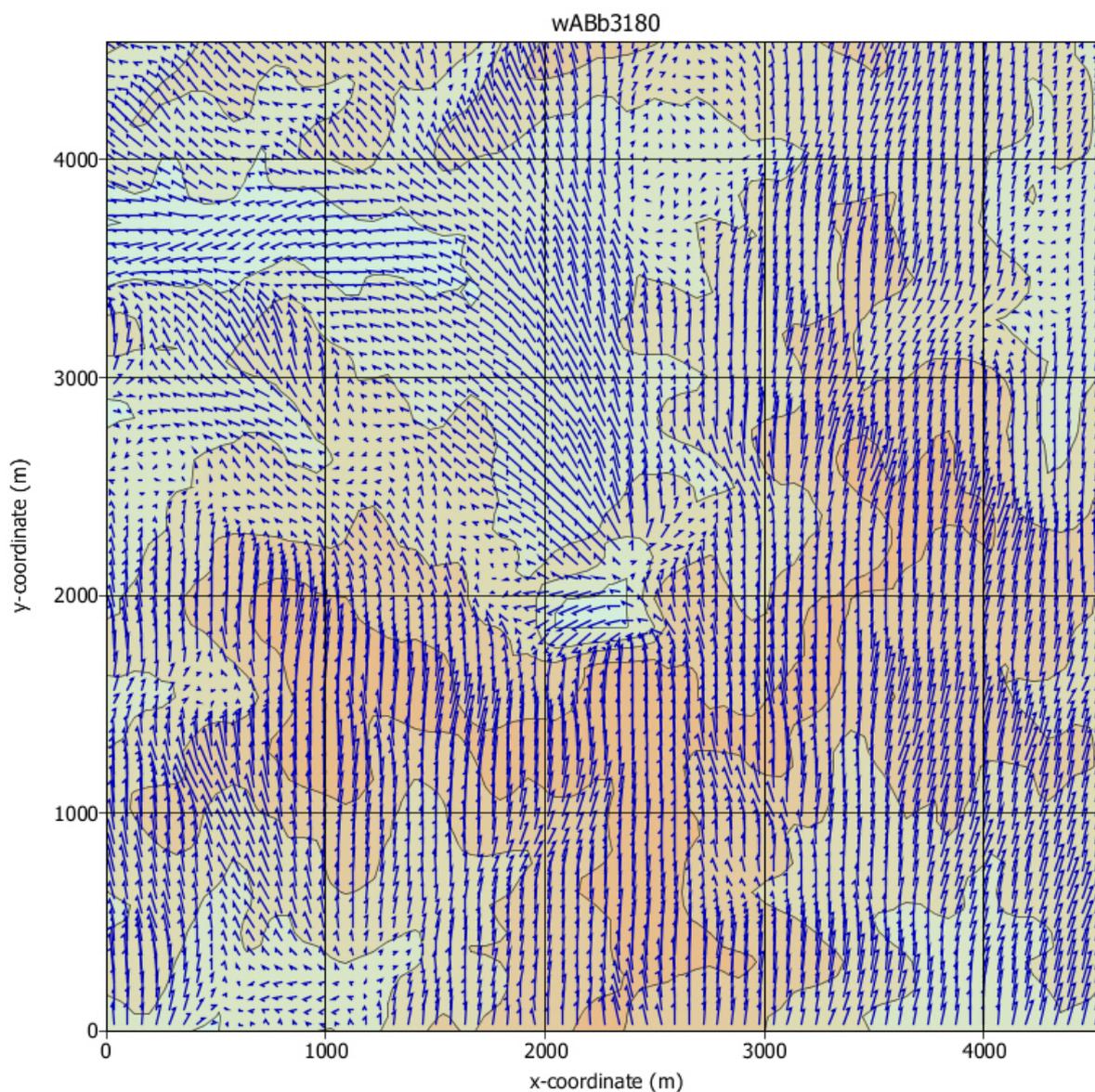


Abbildung 12: METRAS-Windfeld in ca. 13 m Höhe über Grund für die AK-Klasse III-1 bei einer geostrophischen Anströmung von 180°.

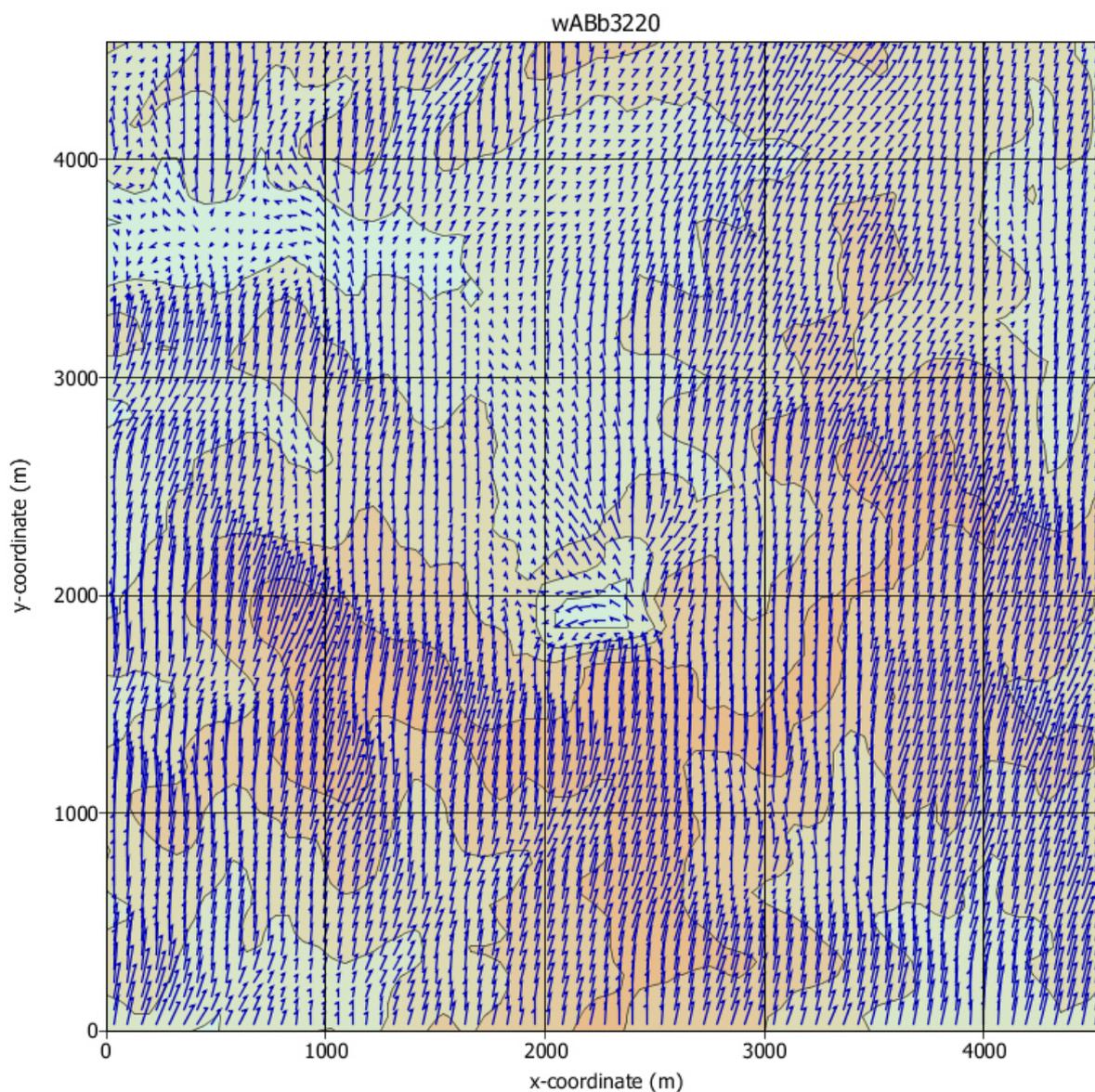


Abbildung 13: METRAS-Windfeld in ca. 13 m Höhe über Grund für die AK-Klasse III-1 bei einer geostrophischen Anströmung von 220°.

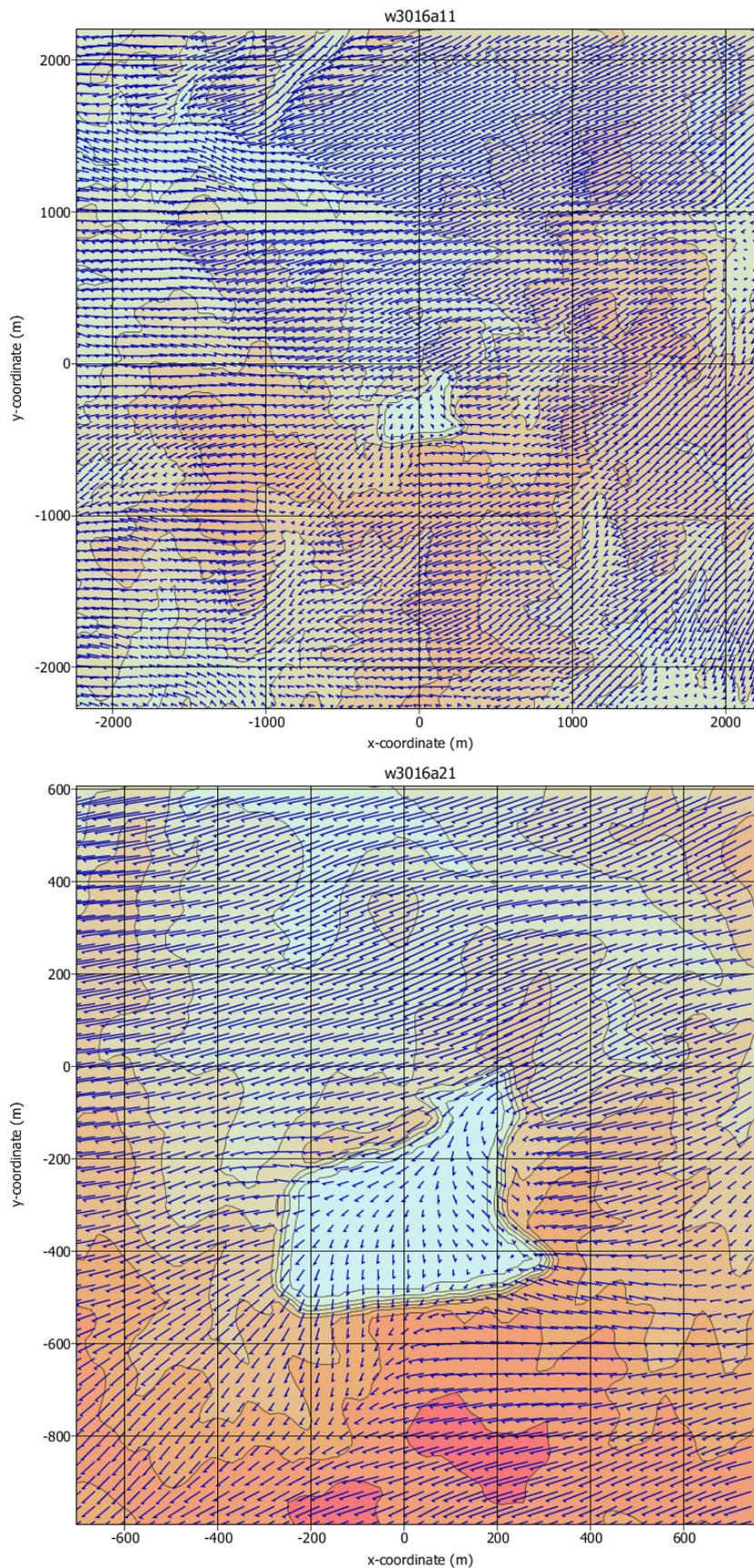


Abbildung 14: Bibliothekswindfelder in ca. 13 m Höhe über Grund für die AK-Klasse III-1 bei geostrophischen Anströmungen von 160° auf den Gittern 11 (oben) und 21 (unten).

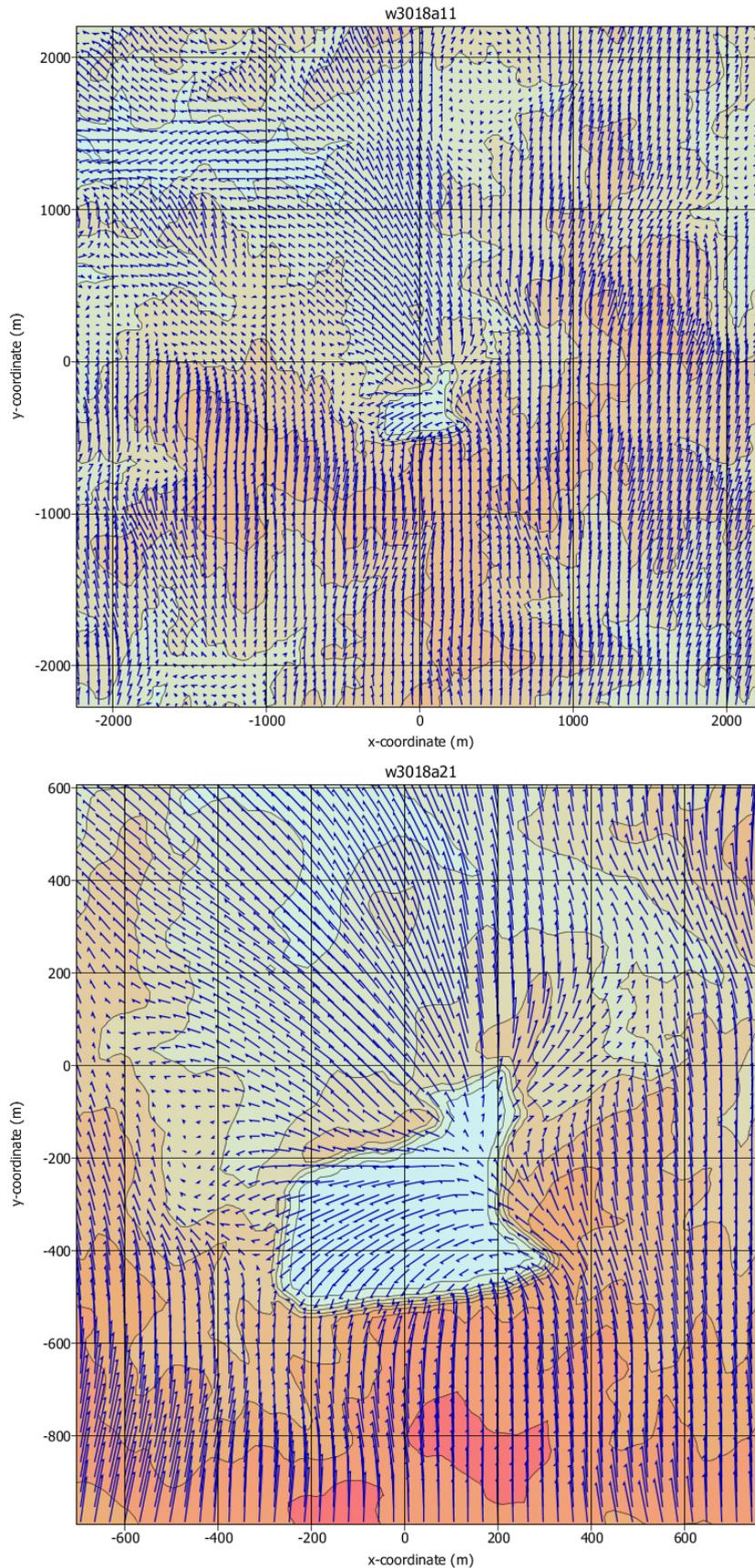


Abbildung 15: Bibliothekswindfelder in ca. 13 m Höhe über Grund für die AK-Klasse III-1 bei geostrophischen Anströmungen von 180° auf den Gittern 11 (oben) und 21 (unten).

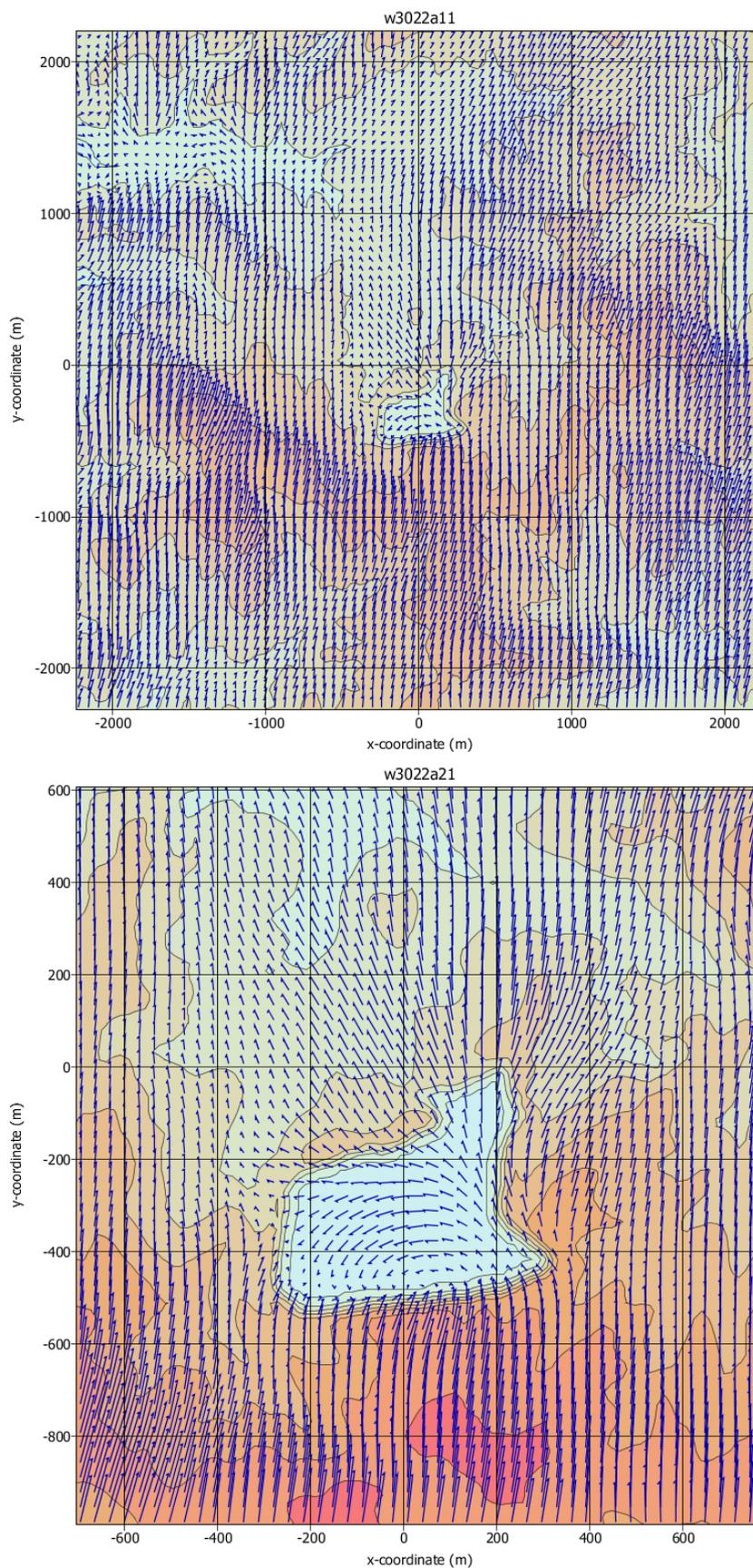


Abbildung 16: Bibliothekswindfelder in ca. 13 m Höhe über Grund für die AK-Klasse III-1 bei geostrophischen Anströmungen von 220° auf den Gittern 11 (oben) und 21 (unten).

Literatur

- [1] VDI (2015): Umweltmeteorologie. Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle. Verfahren zur Anwendung in Genehmigungsverfahren nach TA Luft. *VDI 3783 Blatt 16, Ausgabe Juni 2015, Beuth-Verlag, Berlin.*
- [2] Dierer, S. (1997): Die Validierung des mesoskaligen Transport- und Strömungsmodells METRAS. *Diplomarbeit, Meteorologisches Institut, Universität Hamburg.*
- [3] Schatzmann, M., Schlünzen, K.H., Dierer, S., Pankus, H. (1998): Entwicklung einer allgemein verfügbaren PC-Version des mesoskaligen Modells METRAS. *Bericht an das Umweltbundesamt. FuE Projekt 104 04 354.*
- [4] Schlünzen, K.H. (1988): Das mesoskalige Transport- und Strömungsmodell METRAS – Grundlagen, Validierung, Anwendung. *Hamburger Geophysikalische Einzelschriften, A88.*
- [5] Schlünzen, K.H., Bigalke, K. (1998): METRAS PC, Version 1.0. Benutzerhandbuch. *Herausgeber: Meteorologisches Institut der Universität Hamburg.*
- [6] Schlünzen, K.H.(1996): Validierung hochauflösender Regionalmodelle. *Ber. Zentr. Meeres- u. Klimaforschung HH, A23.*
- [7] VDI (2015): Umweltmeteorologie. Messwertgestützte Turbulenzparametrisierung für Ausbreitungsmodelle. *VDI 3783 Blatt 8E, Beuth-Verlag, Berlin.*
- [8] Kanamitsu, M. et al. (2002): NCEP-DEO AMIP-II Reanalysis (R-2). *Bul. of the Atmos. Met. Soc., Nov.2002, 1631-1643.*
- [9] LASAT (2013): Dispersion Model LASAT. Version 3.3 Reference Book. *Janicke Consulting.*
- [10] CORINE (2006): Corine land cover, provided by European Environment Agency (EEA). http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/ds_resolveuid/ef13cef8-2ef5-49ae-9545-9042457ce4c6 (Permalink, abgerufen am 20. April 2015).
- [11] Wagner, P. (1994): Das Bergwindssystem des Kinzigtals (Nordschwarzwald) und seine Darstellung im mesoskaligen Strömungsmodell MEMO. *Freiburger Geographische Hefte Nr. 45, Institut für Physische Geographie, Universität Freiburg.*

- [12] Stuttgart 21 (1997): Grundlagen zum Stadtklima und zur Planung „Stuttgart 21“ (CD). Hrg. Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie.

Anhang A: Topographieanalyse

Topographieanalyse: Geländeunebenheiten gemäß TA Luft

Standort:

Emissionsort: ca. 32 477 814 UTM-E (m) / 5 497 846 GK-N (m)
Bauhöhe Schornstein: 0 bis 40 m

Analysiertes Gebiet:

Gebietsbezeichnung: Sonderbach
Datengrundlage: Vermessung Land, 5m / 10m Raster
Rasterauflösung¹: 10 m
Koordinatensystem: UTM 32
Gebietsausschnitt: 32 475 570 – 32 480 050 m East
5 495 570 – 5 500 050 m North
Fläche: 20.07 km²

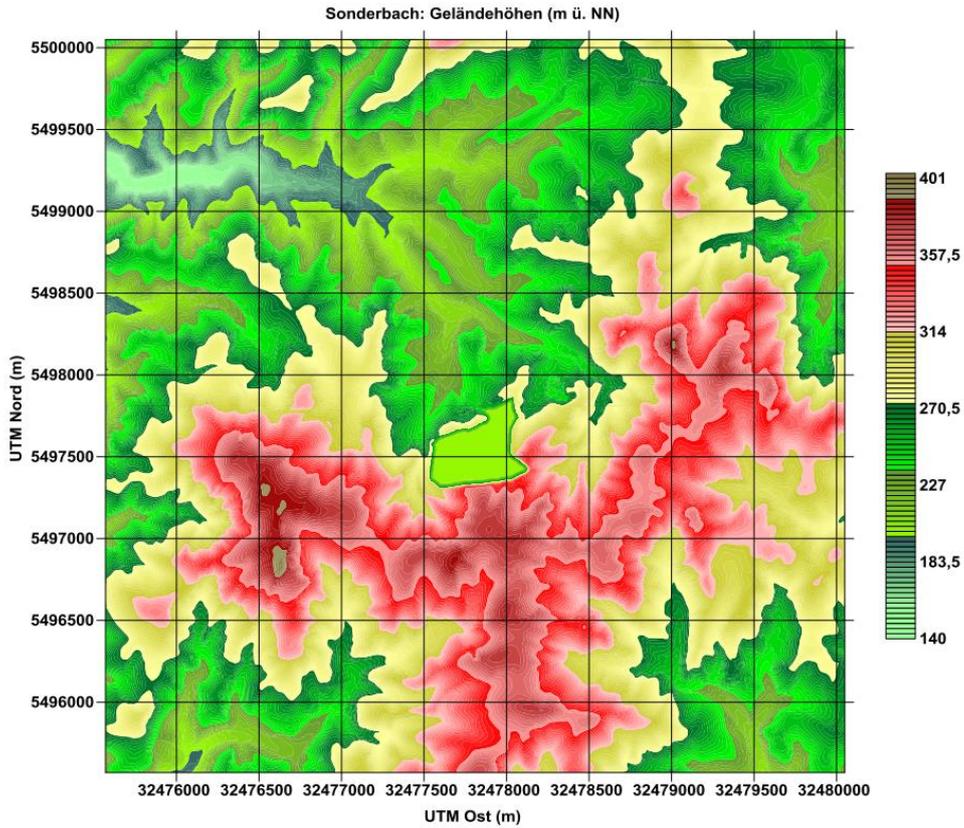
Analyseergebnisse:

Geländehöhen: 140 m – 401 m
max. Höhendifferenz Gelände: 161 m
0,7fache Schornsteinhöhe: 28 m
Steigungen: 0° - 79°
Fläche mit Steigung > 1:20 (> 2,9°): ca. 19,201 km² (ca. 95,7 %)
Fläche mit Steigung > 1:5 (> 11,3°): ca. 11,586 km² (ca. 57,7 %)
Besondere Bemerkungen:

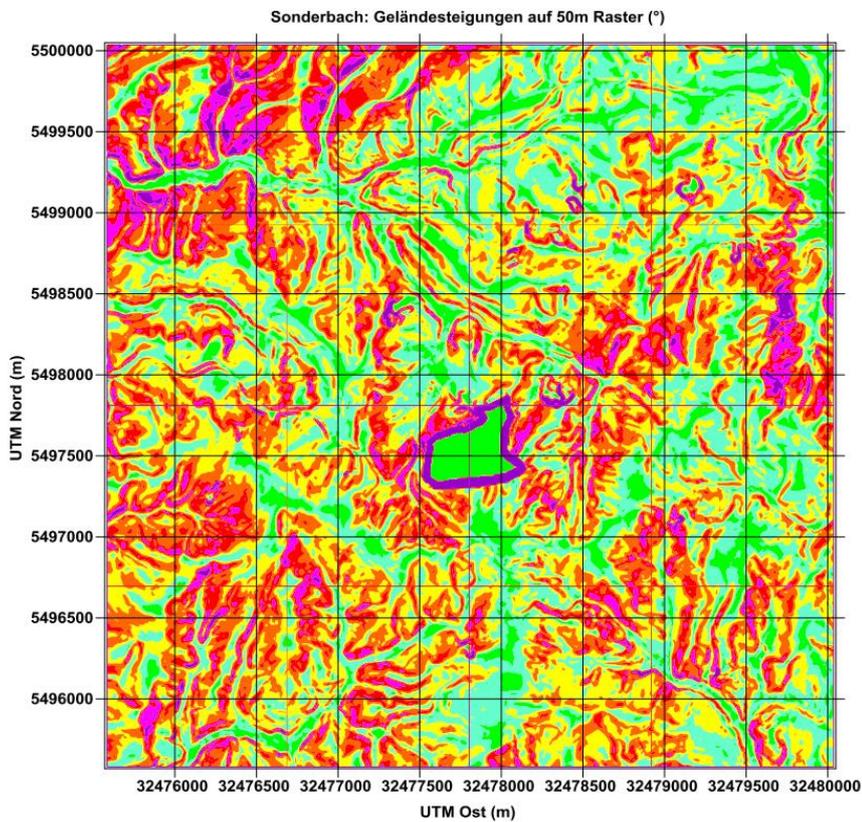
Erstellt durch: METCON Umweltmeteorologische Beratung Dr. K. Bigalke
Jappopweg 9h
D-25421 Pinneberg
Auftraggeber: Müller-BBM, Linsengericht
Datum: 20. Dezember 2015
Unterschrift:



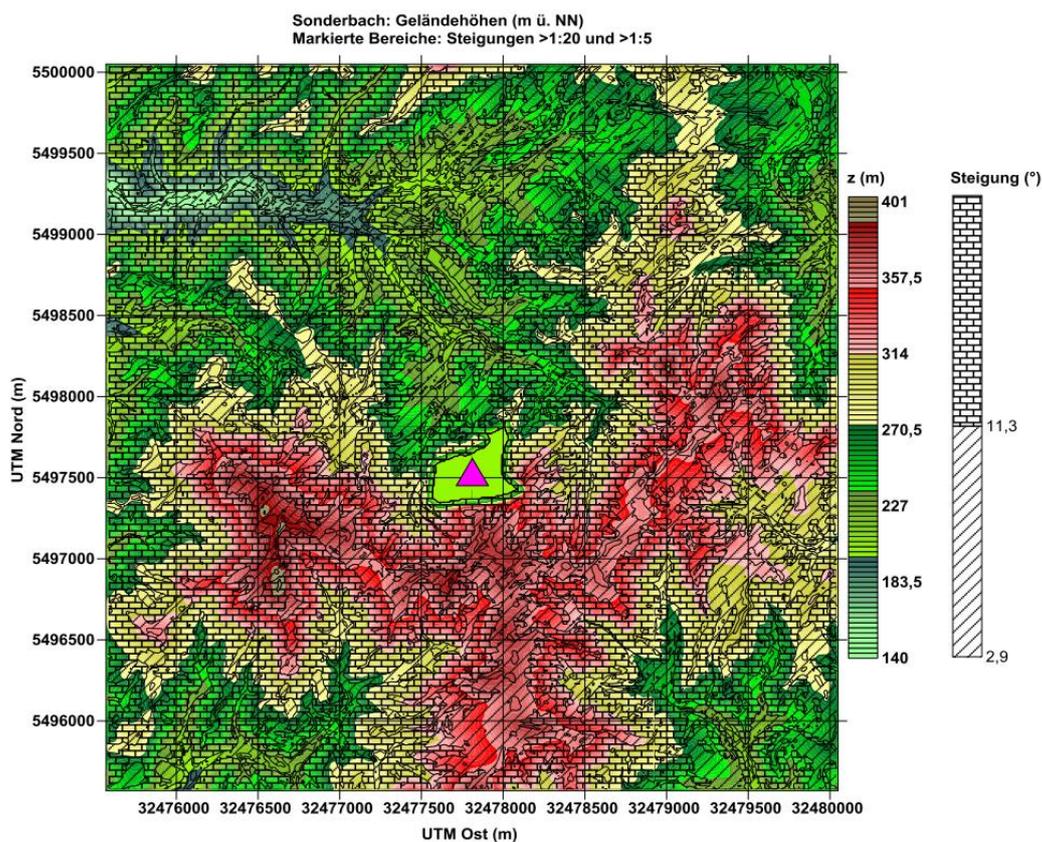
¹ Alle hier angegebenen Steigungen sind bzgl. dieser Rasterauflösung berechnet. Eventuelle Abweichungen der Rasterauflösung von der 2fachen Schornsteinbauhöhe (TA Luft Anhang 3, 11) sind in der Interpretation zu berücksichtigen!



2 (4)



3 (4)



Anhang B: Checkliste nach VDI 3783 Blatt 16

Checkliste nach VDI 3783 Blatt 16

Prüfliste für die Erstellung einer Windfeldbibliothek

Projekt: 15M463-Röhrig granit GmbH Sonderbach Datum: 16.02.2016

Verfasser: Dr. Klaus Bigalke

Abschnitt in VDI 3783 Blatt 16	Prüfpunkt	Entfällt	Zutreffend/ durchgeführt	Abschnitt/ Seite im Gutachten
1	Anwendungsbereich			
	Prognostisches Windfeldmodell			
	Windfeldmodell gemäß Anforderungen der VDI 3783 Blatt 7?		<input checked="" type="checkbox"/>	S. 7
	Sachverstand und umfangreiche Erfahrung mit mesoskaligen prognostischen Windfeldmodellen vorhanden (z. B. Referenzen)?		<input checked="" type="checkbox"/>	
5.2	Prognostische Modellgebiete erstellen und testen			
	Meteorologische Daten			
	Die meteorologischen Daten repräsentieren die regionalen topografischen Einflüsse?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Gitter des TA-Luft-Modells			
	Rechengebiet und Rechengitter für die Immissionsprognose mit dem TA-Luft-Modell gemäß Vorgaben der TA Luft festgelegt?		<input checked="" type="checkbox"/>	S. 10
	Gitter des Windfeldmodells			
	Verwendete Geländehöhen dokumentiert und Wahl des Datensatzes begründet?		<input checked="" type="checkbox"/>	S. 10
	Verwendete Rauigkeitslängen und deren Aktualität dokumentiert und Wahl des Datensatzes begründet?		<input checked="" type="checkbox"/>	S. 10
	Vertikale Ausdehnung des Windfeldmodells mindestens 5 km zuzüglich der Randpunkte?		<input checked="" type="checkbox"/>	S. 13
	Horizontale Gebietsgröße des Windfeldmodells entspricht der dreifachen Ausdehnung des Rechengebiets für die Immissionsprognose nach TA Luft, mindestens aber 15 km x 15 km zuzüglich der Randpunkte?		<input checked="" type="checkbox"/>	S. 13
	Im Gebiet des Windfeldmodells alle wesentlichen topografischen Strukturen erfasst, die sich auf die Strömung im Rechengebiet des TA-Luft-Modells auswirken können, aber nicht in den Daten der meteorologischen Zeitreihe enthalten sind?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Anforderungen der Richtlinie VDI 3783 Blatt 7 hinsichtlich minimaler Gitterweiten beachtet?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Falls Gitterweite des Windfeldmodells größer als die des TA-Luft-Modells: Alle für die Ausbreitung relevanten Geländestrukturen mit mindestens drei Gitterpunkten aufgelöst?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Falls von dem vorgenannten Punkt abgewichen wurde: Abweichung fachlich begründet?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Mindestens zehn randparallele Reihen auf halber Strecke zwischen äußerem Rand des Windfeldmodells und TA-Luft-Rechengebiet?		<input checked="" type="checkbox"/>	

Checkliste nach VDI 3783 Blatt 16

Abschnitt in VDI 3783 Blatt 16	Prüfpunkt	Entfällt	Zutreffend/ durchgeführt	Abschnitt/ Seite im Gutachten
Glättung der Randbereiche				
	Geländehöhe in den Randbereichen des Modellgitters nach Vorgaben der Richtlinie geglättet (Dreipunktfilter, Gewichte wie angegeben, mindestens zehn Anwendungen über mindestens zehn Reihen)?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Fall 1: Glättung mit dem zur Richtlinie herunterladbaren Programm?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Fall 2: Glättung mit anderer Implementierung gemäß Richtlinie?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Test der Modellgebiete				
	Durch Testrechnungen über mehrere Anströmrichtungen und Stabilitäten nachgewiesen, dass mit dem gewählten Modellgitter die erwarteten topografischen Einflüsse auf die Strömung im Rechengebiet des TA-Luft-Modells hinreichend aufgelöst werden und die Rechnungen numerisch stabil verlaufen?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Allgemeine Darstellung ohne Detailergebnisse der Testrechnungen		<input checked="" type="checkbox"/>	S. 14/15
	Vorgaben der Richtlinie VDI 3783 Blatt 7 hinsichtlich Qualitätskontrolle der Modellrechnungen beachtet?		<input checked="" type="checkbox"/>	
5.3	Prognostische Modellrechnungen			
Erzeugung der Stützstellen				
	72 prognostische Modellrechnungen (18 Windrichtungen in 20°-Intervallen, beginnend mit einer Anströmung aus Nord in jeder der Ausbreitungsklassen I, II, III/1 und V) durchgeführt und resultierende Windfelder als Stützstellen für die Interpolation im Parameterraum verwendet?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Abweichende Vorgehensweise begründet?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	S. 15
Antriebsdaten				
	Rechenwerte des potenziellen Temperaturgradienten (unterhalb ca. 1500 m über Grund) und der geostrophische Windgeschwindigkeit aus Tabelle 1 der Richtlinie verwendet?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Oberhalb ca. 1500 m über Grund ICAO-Standardatmosphäre verwendet?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Falls modellspezifisch notwendig: Andere Antriebsdaten erläutert, Konsistenz zu Daten der Tabelle 1 diskutiert?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Qualitätskontrolle				
	Einzelprüfung jeder Modellrechnung auf Plausibilität und Störeinflüsse durchgeführt?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Allgemeine Darstellung ohne Detailergebnisse		<input checked="" type="checkbox"/>	S. 15
	Konsistenzprüfung aller Modellrechnungen im Parameterraum durchgeführt?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Allgemeine Darstellung ohne Detailergebnisse		<input checked="" type="checkbox"/>	S. 15

Checkliste nach VDI 3783 Blatt 16

Abschnitt in VDI 3783 Blatt 16	Prüfpunkt	Entfällt	Zutreffend/ durchgeführt	Abschnitt/ Seite im Gutachten
5.4	Interpolation im Parameterraum			
	Ausreichend viele Stützstellen für bilineare Interpolation im Parameterraum?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Falls Voraussetzungen für bilineare Interpolation erfüllt, fehlende Windfelder durch bilineare Interpolation gemäß Richtlinie erzeugt?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Falls Voraussetzungen für bilineare Interpolation nicht erfüllt, alternative $1/r^2$ -Interpolation gemäß Richtlinie verwendet?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Falls Voraussetzungen für bilineare Interpolation nicht erfüllt, anderes alternatives Interpolationsverfahren verwendet und begründet?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.5	Interpolation auf Gitter des TA-Luft-Modells			
	Gitterdefinition			
	Wurden Windkomponenten der exakten Lage der Gitterpunkte zugeordnet (gegebenenfalls Versatz z. B. bei Arakawa-C-Gitter, nicht äquidistanten Gittern berücksichtigt)?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Vertikale Interpolation			
	Lineare Interpolation der kartesischen Komponenten zwischen den Schichten des Windfeldmodells?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Interpolation zwischen Erdboden und erster Rechenfläche des Windfeldmodells mindestens mit logarithmischem Windprofil bei neutraler Schichtung?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Interpolation zwischen Erdboden und erster Rechenfläche des Windfeldmodells mit stabilitätsabhängigen logarithmischen Windprofilen (z. B. VDI 3783 Blatt 8) dokumentiert?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Horizontale Interpolation			
	Horizontale Interpolation gemäß Richtlinie ausschließlich innerhalb der Modellschichten des TA-Luft-Modells?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Falls Gitterweite im Zielgitter kleiner als die Gitterweite im Ausgangsgitter: bilineare Interpolation der kartesischen Komponenten in x- und y-Richtung?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Falls Gitterweite im Zielgitter größer als die Gitterweite im Ausgangsgitter: flächengewichtete Interpolation der kartesischen Komponenten gemäß Richtlinie?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.6	Berechnung einer endgültigen Windfeldbibliothek			
	Windfeld divergenzfrei gerechnet und Methode benannt?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Modifikation des Windfelds durch Gebäude berücksichtigt und Methode benannt?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Checkliste nach VDI 3783 Blatt 16

Abschnitt in VDI 3783 Blatt 16	Prüfpunkt	Entfällt	Zutreffend/durchgeführt	Abschnitt/Seite im Gutachten
6.1	Festlegung der Ersatzanemometerposition			
	Alternative 1: Verfahren gemäß Richtlinie			
	Referenzprofile mit dem gleichen Modell wie die Windfeldbibliothek gemäß Anforderungen der Richtlinie berechnet?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	EAP mit dem zur Richtlinie herunterladbarem Programm TAL-Anemo bestimmt?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	EAP mit einer anderen Implementierung des Verfahrens laut Richtlinie bestimmt und dokumentiert?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Fall 1: EAP ist damit bereits eindeutig bestimmt und wird so verwendet?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Fall 2: EAP ist noch nicht eindeutig. Endgültige EAP-Bestimmung wird unter Einbeziehung der Ersatzanemometerhöhe gemäß Abschnitt 6.2 bestimmt.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Alternative 2: Anderes Verfahren			
	EAP mit fachlicher Begründung abweichend bestimmt und Verfahren dokumentiert?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Verifiziert, dass an der EAP eine gleichsinnige Drehung des Winds in Anemometerhöhe mit Drehung der Antriebswindrichtung gegeben ist?		<input type="checkbox"/>	
6.2	Festlegung der Ersatzanemometerhöhe			
	Rauigkeiten im Umkreis von 200 m um die unter Abschnitt 6.1 bestimmten EAP (gegebenenfalls unterschiedlich für die Höhenebenen zwischen Boden und 100 m) bestimmt?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Zu jeder Rauigkeit zugehörige Ersatzanemometerhöhe aus der meteorologischen Zeitreihe ausgelesen?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Gültigkeitshöhen der EAP (entsprechend der ausgewerteten Modellebene) und Ersatzanemometerhöhen auf Übereinstimmung geprüft?		<input checked="" type="checkbox"/>	
	Fall 1: Nur eine gültige Kombination von EAP und Ersatzanemometerhöhe festgestellt und diese ausgewählt?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Fall 2: Mehrere gültige Kombinationen von EAP und Ersatzanemometerhöhen gefunden und daraus eine fachlich begründete Auswahl getroffen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Fall 3: Keine gültige Kombination von EAP und Ersatzanemometerhöhe gefunden oder davon abgewichen. Auswahl der endgültigen EAP und Ersatzanemometerhöhe fachlich begründet?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Verwendete EAP			
	Sind EAP und Ersatzanemometerhöhe benannt?		<input checked="" type="checkbox"/>	S. 19



Deutscher Wetterdienst - Wallneyer Str. 10 - 45133 Essen

Müller-BBM GmbH
Kleinbahnweg 4
63589 Linsengericht

Abteilung Klima- und Umweltberatung

Ansprechpartner:
Thomas Kessler-Lauterkorn
Telefon:
069/8062-6880
E-Mail:
klima.essen@dwd.de

Geschäftszeichen:
KU1EM/2919-2015
Fax:
069/8062-6899
UST-ID: DE221793973

Essen, 08. April 2016

Stellungnahme

Unsere QPR der Übertragbarkeit einer Zeitreihe von Ausbreitungsklassen (AK-Term) nach der TA Luft 2002 auf einen Standort in 64646 Heppenheim-Sonderbach vom 09.03.2016

Ihr Schreiben per E-Mail vom 23.03.2016

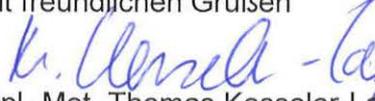
Sehr geehrte Frau Braunmiller,

in unserer Qualifizierten Prüfung für den Standort in Heppenheim-Sonderbach (Bezug oben) hatten wir eine Ersatz-Anemometerposition (EAP, in der QPR „Zielort“ genannt) empfohlen, auf den die Zeitreihe AK-Term der Windmessstation Waibstadt aus dem repräsentativen Jahr 2009 übertragbar ist. Die Gauß-Krüger-Koordinaten (3. Streifen) dieser EAP lauten: RW: 3476 610, HW: 5500 370, umgerechnet in UTM-Koordinaten: RW: 32 476 545, HW: 5 498 610.

Im Rahmen eines von der METCON Umweltmeteorologische Beratung Dr. Klaus Bigalke durchgeführten Berechnungsverfahrens zur Bestimmung einer objektiven Ersatz-Anemometerposition nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 wurde eine EAP bestimmt, die die UTM-Koordinaten RW: 32 476 710, HW: 5 497 110 bei einer Anemometerhöhe von 22,5 m aufweist.

Die oben genannte AK-Term von der Station Waibstadt ist auch auf diese EAP (Anemometerhöhe 22,5 m) übertragbar. Dabei liegt nach dem statistischen Windfeldmodell SWM des Deutschen Wetterdienstes (s. a. QPR) das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit an der Station Waibstadt niedriger als an dieser EAP erwartet. Bei Ausbreitungsrechnungen für die EAP mit der Zeitreihe AK-Term von Waibstadt befindet man sich im Sinne einer konservativen Abschätzung auf der sicheren Seite, da die berechneten Immissionswerte eher überschätzt werden.

Mit freundlichen Grüßen


Dipl.-Met. Thomas Kessler-Lauterkorn
(Regionales Klimabüro Essen)

