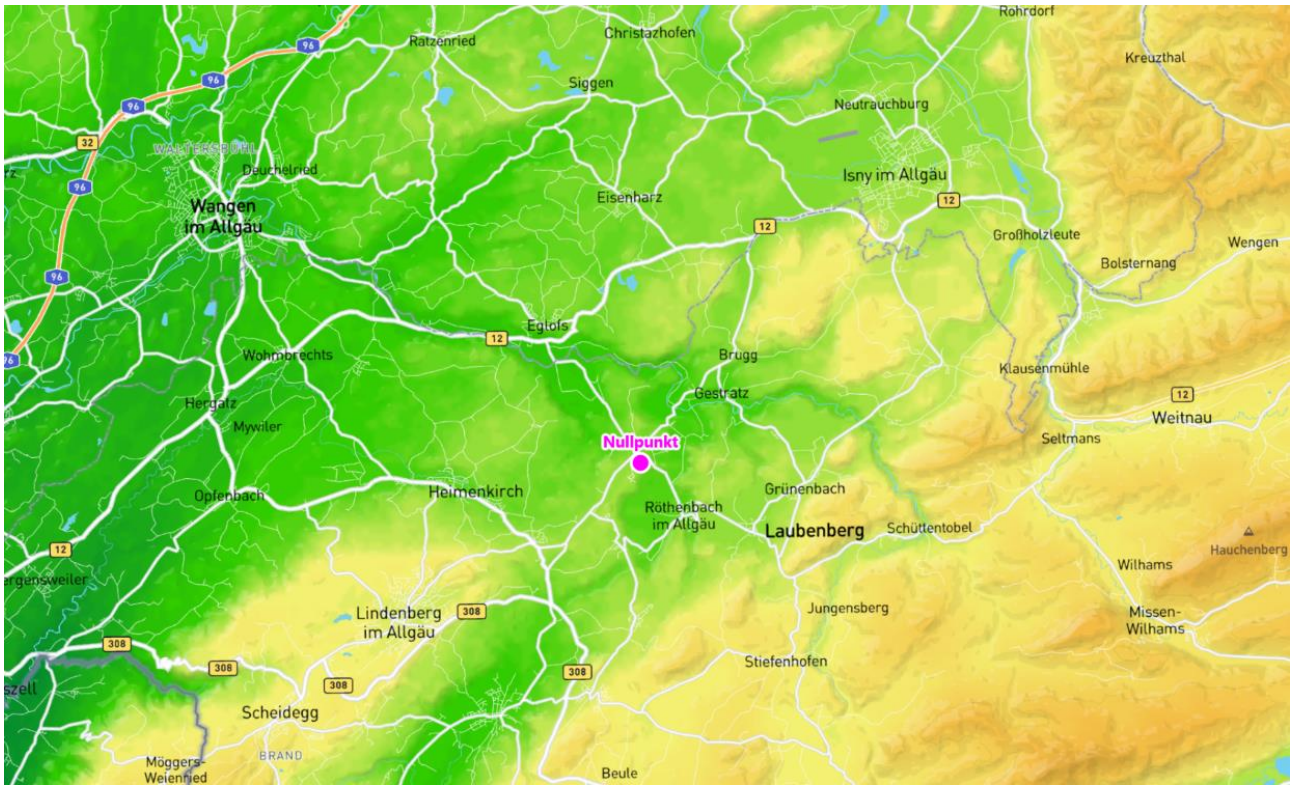
IFU GmbH
PRIVATES INSTITUT FÜR ANALYTIK

Windfeldberechnung bei steilem Gelände für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft

an einem Anlagenstandort bei Steinegaden



Auftraggeber:	Hoock & Partner Sachverständige PartG mbB – Beratende Ingenieure Immissionsschutz – Bauphysik – Akustik Am Alten Viehmarkt 5 84028 Landshut	Tel.: 0871 9656373-43
Bearbeiter:	Dipl.-Phys. Thomas Köhler Tel.: 037206 8929-44 Email: Thomas.Koehler@ifu-analytik.de	Dr. Ralf Petrich Tel.: 037206 8929-40 Email: Ralf.Petrich@ifu-analytik.de
Aktenzeichen:	PWL.20240319-01	
Ort, Datum:	Frankenberg, 10. April 2024	
Anzahl der Seiten:	26	
Anlagen:	-	

IFU GmbH
Privates Institut für Analytik
An der Autobahn 7
09669 Frankenberg/Sa.

tel +49 (0) 37206.89 29 0
fax +49 (0) 37206.89 29 99
e-mail info@ifu-analytik.de
www.ifu-analytik.de

HRB Chemnitz 21046
USt-ID DE233500178
Geschäftsführer Axel Delan

iban DE27 8705 2000 3310 0089 90
bic WELADED1FGX
bank Sparkasse Mittelsachsen

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 2
Abbildungsverzeichnis 3
Tabellenverzeichnis 3
1 Aufgabenstellung 4
2 Beschreibung des Anlagenstandortes 5
2.1 Lage 5
2.2 Landnutzung 7
2.3 Orographie 8
3 Bestimmung der Ersatzanemometerposition 11
3.1 Hintergrund 11
3.2 Verfahren zur Bestimmung der Ersatzanemometerposition 11
3.3 Bestimmung der Ersatzanemometerposition im konkreten Fall 12
4 Berechnung der Windfeldbibliothek 15
4.1 Überblick über Windfeldmodelle 15
4.1.1 Diagnostische Windfeldmodelle 16
4.1.2 Prognostische Windfeldmodelle 16
4.2 Konkrete Realisierung der Windfeldberechnung 17
5 Ergebnisse 18
6 Schrifttum 26

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Ortschaft Steinegaden in Bayern....5
Abbildung 2: Lage und Ausdehnung des Rechengebietes bei Steinegaden....6
Abbildung 3: Rauigkeitslänge in Metern im Rechengebiet nach CORINE-Datenbank....7
Abbildung 4: Luftbild des Rechengebietes....8
Abbildung 5: Orographie um den Standort....10
Abbildung 6: Flächenhafte Darstellung des Gütemaßes zur Bestimmung der Ersatzanemometerposition....13
Abbildung 7: Darstellung der Windfelder für Ausbreitungsklasse 1 in 10 m Höhe....21
Abbildung 8: Darstellung der Windfelder für alle Ausbreitungsklassen bei Anströmung aus Osten in 10 m Höhe....22
Abbildung 9: Darstellung der Windfelder für alle Ausbreitungsklassen bei Anströmung aus Süden in 10 m Höhe....23
Abbildung 10: Darstellung der Windfelder für alle Ausbreitungsklassen bei Anströmung aus Westen in 10 m Höhe....24
Abbildung 11: Darstellung der Windfelder für alle Ausbreitungsklassen bei Anströmung aus Norden in 10 m Höhe....25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: UTM-Koordinaten des Rechengebietes....6
Tabelle 2: UTM-Koordinaten der ermittelten Ersatzanemometerposition....13

1 Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft in einem Untersuchungsgebiet nahe der Ortschaft Steinegaden, einem Gemeindeteil der Gemeinde Röthenbach (Allgäu) im bayerisch-schwäbischen Landkreis Lindau (Bodensee) im Freistaat Bayern.

Für Ausbreitungsrechnungen im Bereich des anlagenbezogenen Immissionsschutzes macht die TA Luft Vorgaben und Vorschriften, insbesondere in ihrem Anhang 2. Treten im Rechengebiet Steigungen von mehr als 1:5 auf oder haben Steigungen von mehr als 1:5 maßgeblich Einfluss auf die Immissionssituation an den zu betrachtenden Aufpunkten, so können die zur Ausbreitungsrechnung notwendigen Windfelder in der Regel nicht mehr mit einem mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodell berechnet werden.

VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 [1] beschreibt ein Verfahren zur sachgerechten Berücksichtigung von steilem Gelände in der Ausbreitungsrechnung, insbesondere bei der Windfeldberechnung. Die Richtlinie beschreibt das Konzept und definiert Anforderungen an die prognostischen Modellrechnungen sowie die Übertragung der Ergebnisse in eine Windfeldbibliothek. Darüber hinaus wird erläutert, wie die Anemometerposition zur Bereitstellung meteorologischer Größen für die Ausbreitungsrechnung festzulegen ist, wenn diese Messungen von einem Standort außerhalb in das Rechengebiet übertragen werden müssen.

Im vorliegenden Dokument wird beschrieben, wie für den Standort Steinegaden eine Windfeldbibliothek gemäß VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 erstellt wurde.

2 Beschreibung des Anlagenstandortes

2.1 Lage

Der untersuchte Standort, für den modellierte Daten erstellt werden sollen, befindet sich nahe der Ortschaft Steinegaden in Bayern. Die folgende Abbildung zeigt die Lage des Standortes.

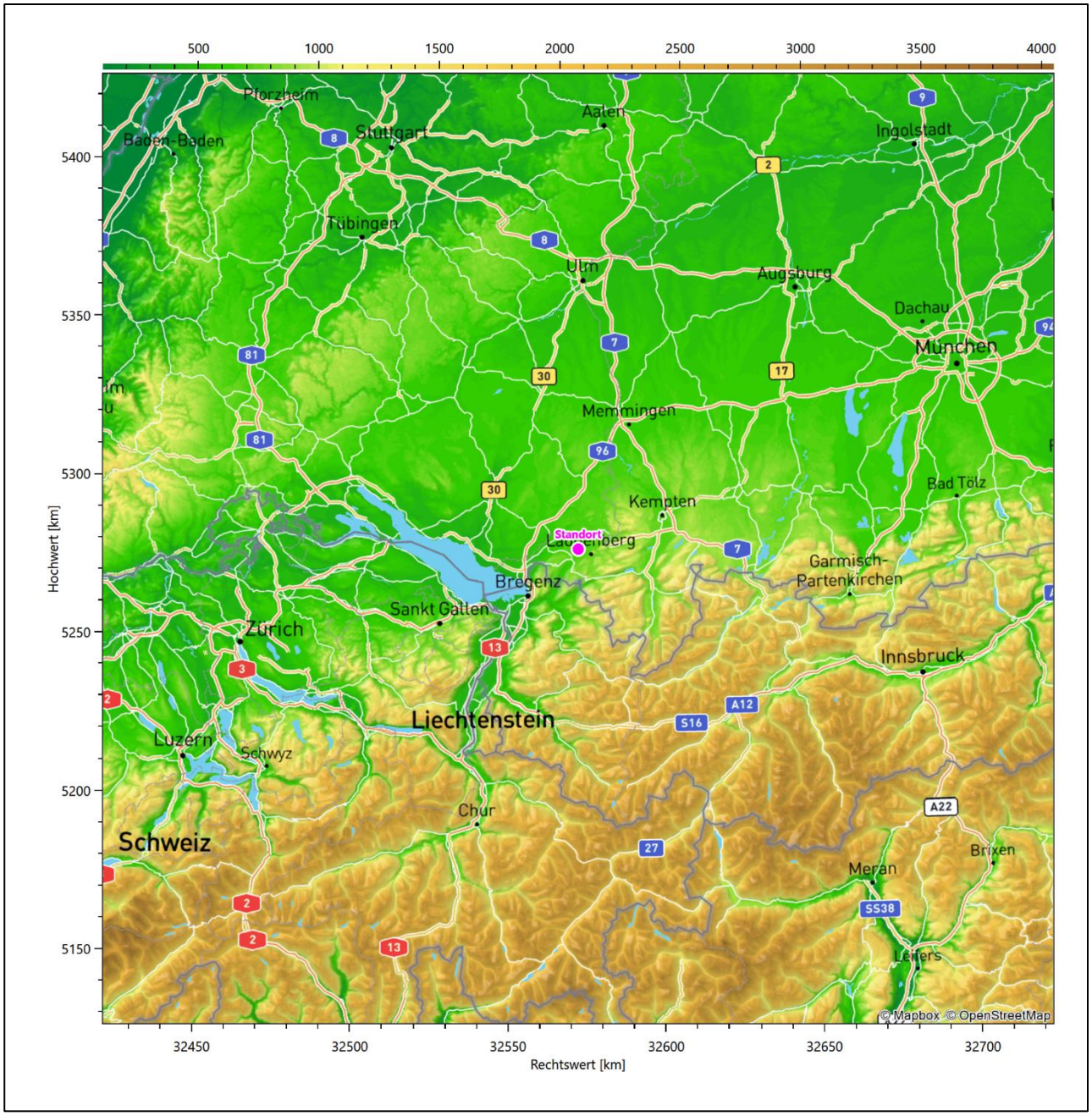


Abbildung 1: Lage der Ortschaft Steinegaden in Bayern

Die Lage und Ausdehnung des untersuchten Rechengebietes bei Steinegaden ist anhand des folgenden Auszuges aus der topographischen Karte ersichtlich.

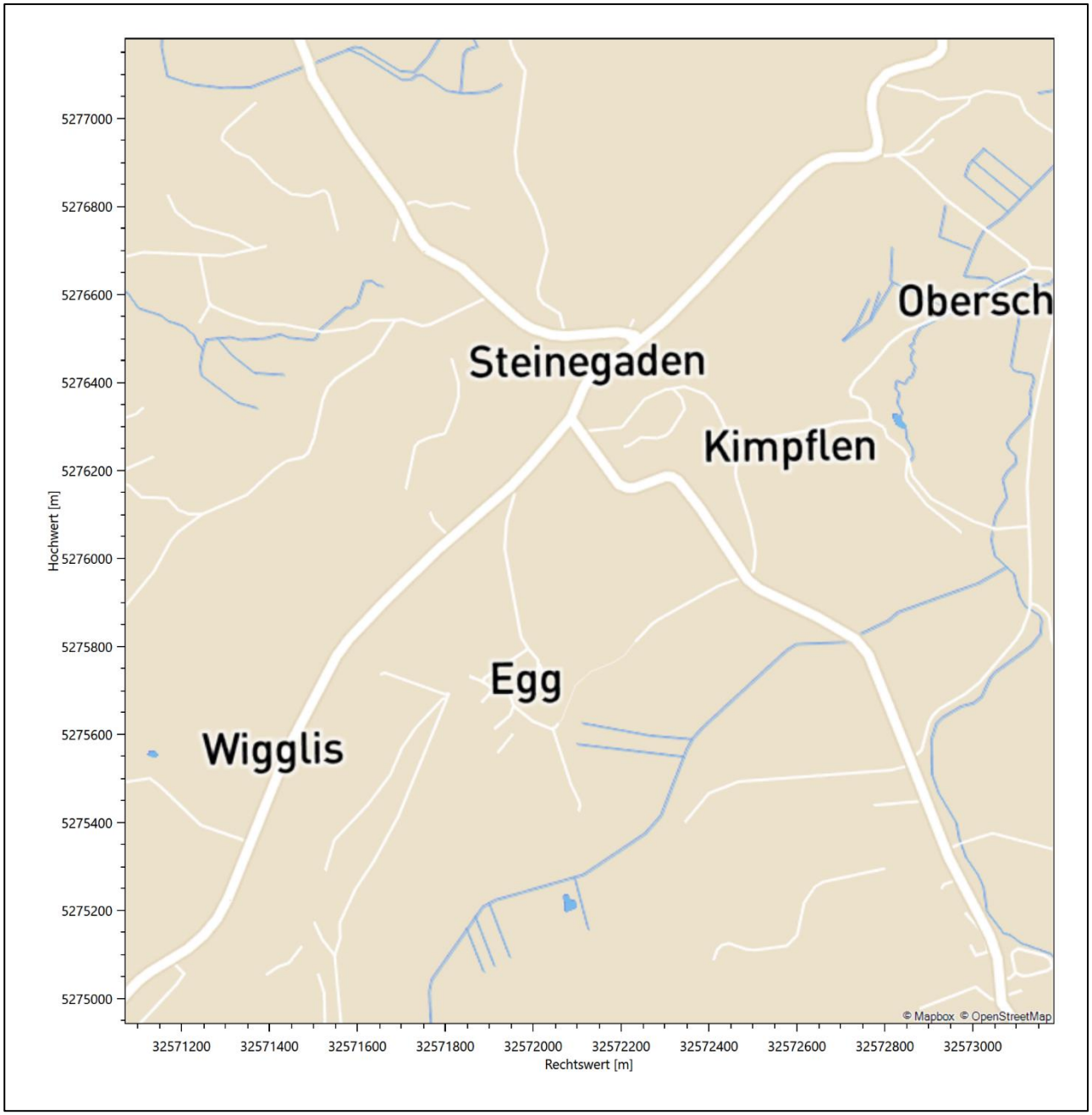


Abbildung 2: Lage und Ausdehnung des Rechengebietes bei Steinegaden

Das Rechengebiet besitzt eine Größe von 2,176 × 2,304 km^2. In der folgenden Tabelle sind die Koordinaten seiner SW- und seiner NO-Ecke angegeben.

Tabelle 1: UTM-Koordinaten des Rechengebietes

	Rechtswert	Hochwert
SW-Ecke	32571071	5274942
NO-Ecke	32573247	5277246

2.2 Landnutzung

Der Standort selbst liegt im südlichen Anschluss an die kleine Ortschaft Steinegaden, auf dem Gelände einer Deponie. Die Umgebung des Standortes ist durch eine wechselnde Landnutzung geprägt. Unterschiedlich dicht bebautes Siedlungsgebiet wechselt sich mit Waldgebieten, landwirtschaftlichen Flächen, Wasserflächen (Schwarzenbach, Röthenbach, Harratrieder Bach, Obere Argen mittelbar) und einer vor Ort ländlichen Verkehrswegeinfrastruktur ab.

Eine Verteilung der Bodenrauigkeit innerhalb des Rechengebietes ist aus der folgenden Abbildung ersichtlich. Die Daten wurden dem CORINE-Kataster [2] entnommen.

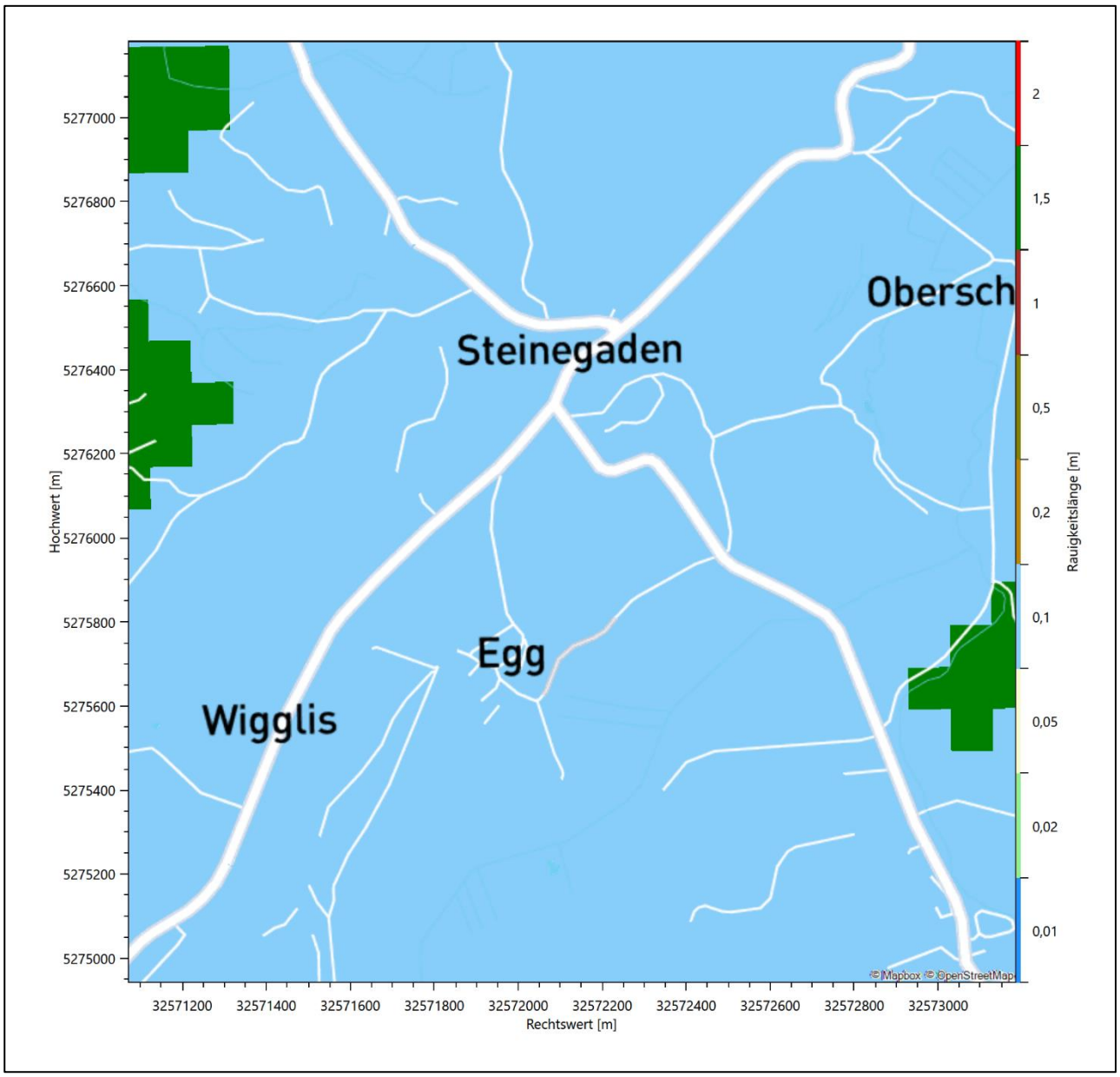


Abbildung 3: Rauigkeitslänge in Metern im Rechengebiet nach CORINE-Datenbank

Das folgende Luftbild verschafft einen detaillierten Überblick über die Nutzung im Rechengebiet.

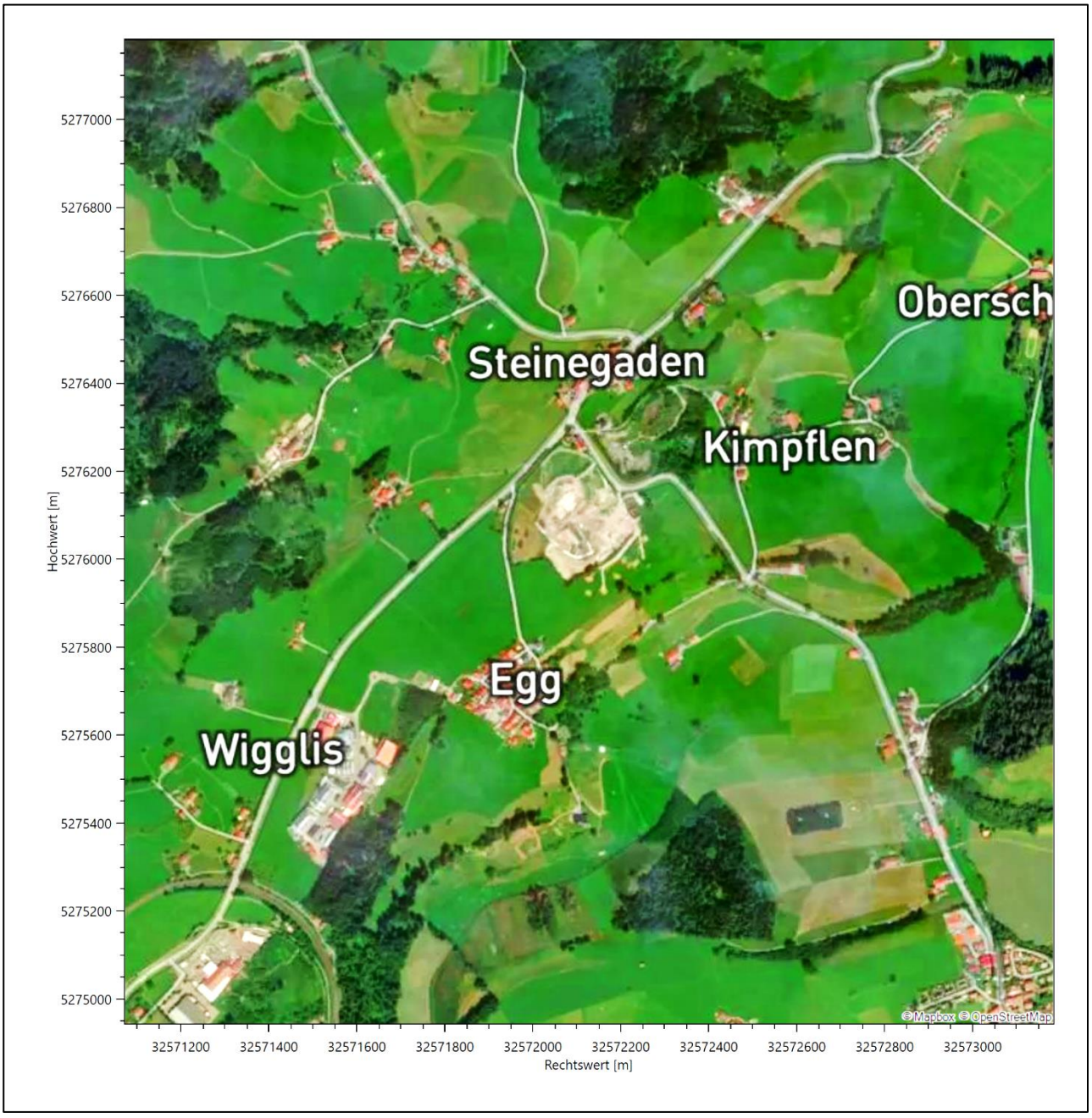


Abbildung 4: Luftbild des Rechengebietes

2.3 Orographie

Der Standort liegt auf einer Höhe von etwa 693 m über NHN. Die Umgebung ist orographisch moderat gegliedert. Naturräumlich liegt Steinegaden in einem südöstlichen Ausläufer des *Westallgäuer Hügellandes*.

Das Westallgäuer Hügelland ist Teil der von Vorlandgletschern geprägten Jungmoränenlandschaft des Südwestdeutschen Hügellandes. Das von eiszeitlichen Ablagerungen und Relieferscheinungen geprägte Gebiet wird im Norden durch eine Endmoräne und im Westen durch das Bodenseebecken begrenzt. Innerhalb der Landschaft wechseln sich Drumlins, Riede und Moore, Moränenwälle und dazwischenliegende Seen ab.

Ehemalige Schmelzwasserrinnen und die Täler der Oberen und Unteren Argen gliedern die Landschaft zusätzlich. Das Hügelland erstreckt sich über eine Höhe von 500 bis 700 m über NHN. Der ausgeprägte Offenlandcharakter wird gebietsweise durch Wälder unterbrochen.

Der Standort liegt auf einem NO-SW-streichenden Höhenrücken. 1,9 km nördlich trifft man auf die Niederungen der Oberen Argen, einem der beiden Quellflüsse der Argen, die hier großräumiger gemittelt eine OSO-WNW-Orientierung einnimmt und ein Niveau von nur noch 608 m über NHN aufweist. .600 m südöstlich des Standortes fließt der Schwarzenbach nach Nordosten. Aus ähnlicher Richtung kommend, entwässert der Röthenbach 1,6 km nordöstlicher Distanz in die Obere Argen; dies auf einem Niveau von 623 m über NHN. Auf der westlichen Seite des Höhenzugs strebt der Harratrieder Bach nach Nord-Nordwesten der Oberen Argen zu. Der Höhenrücke steigt nach Südwesten leicht an. Den größten Geländeabfall gibt es zur Oberen Argen hin. In der mittelbaren Standortumgebung gibt es Höhenunterschiede von bis zu 140 m.

Die nachfolgende Abbildung verschafft einen Überblick über das Relief.

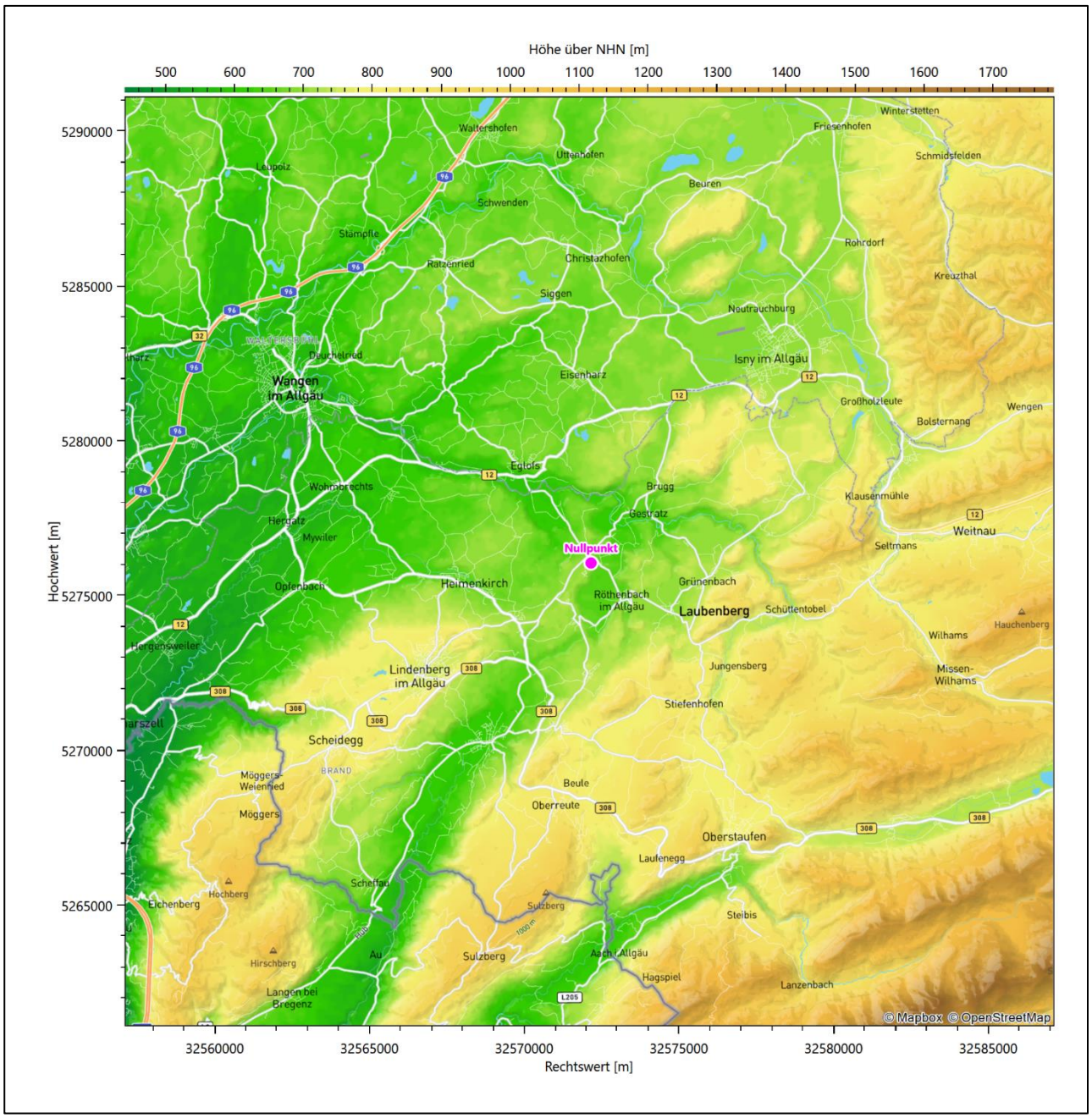


Abbildung 5: Orographie um den Standort

3 Bestimmung der Ersatzanemometerposition

3.1 Hintergrund

Bei Ausbreitungsrechnungen in komplexem Gelände ist der Standort eines Anemometers anzugeben, wodurch die verwendeten meteorologischen Daten ihren Ortsbezug im Rechengebiet erhalten. Werden meteorologische Daten einer entfernteren Messstation in ein Rechengebiet übertragen, so findet die Übertragung hin zu dieser Ersatzanemometerposition (EAP) statt.

Um sicherzustellen, dass die übertragenen meteorologischen Daten repräsentativ für das Rechengebiet sind, ist es notwendig, dass sich das Anemometer an einer Position befindet, an der die Orografie der Standortumgebung keinen oder nur geringen Einfluss auf die Windverhältnisse ausübt. Nur dann ist sichergestellt, dass sich mit jeder Richtungsänderung der großräumigen Anströmung, die sich in den übertragenen meteorologischen Daten widerspiegelt, auch der Wind an der Ersatzanemometerposition im gleichen Drehsinn und Maß ändert. Eine sachgerechte Wahl der EAP ist also Bestandteil des Verfahrens, mit dem die Übertragbarkeit meteorologischer Daten geprüft wird.

In der Vergangenheit wurde die EAP nach subjektiven Kriterien ausgewählt. Dabei fiel die Auswahl häufig auf eine frei angeströmte Kuppenlage, auf eine Hochebene oder in den Bereich einer ebenen, ausgedehnten Talsohle. Mit Erscheinen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 [1] wurde erstmals ein Verfahren beschrieben, mit dem die Position der EAP objektiv durch ein Rechenverfahren bestimmt werden kann. Dieses Verfahren ist im folgenden Abschnitt kurz beschrieben.

3.2 Verfahren zur Bestimmung der Ersatzanemometerposition

Ausgangspunkt des Verfahrens ist das Vorliegen einer Bibliothek mit Windfeldern für alle Ausbreitungsklassen und Richtungssektoren von 10° Breite. Die einzelnen Schritte werden für alle Modellebenen unterhalb von 100 m über Grund und jeden Modell-Gitterpunkt durchgeführt:

1. Es werden nur Gitterpunkte im Inneren des Rechengebiets ohne die drei äußeren Randpunkte betrachtet. Gitterpunkte in unmittelbarer Nähe (etwa 100 m) von Bebauung, die als umströmtes Hindernis berücksichtigt wurde, werden nicht betrachtet.

2. Es werden alle Gitterpunkte aussortiert, an denen sich der Wind nicht mit jeder Drehung der Anströmrichtung gleichsinnig dreht oder an denen die Windgeschwindigkeit kleiner als 0,5 m/s ist. Die weiteren Schritte werden nur für die verbleibenden Gitterpunkte durchgeführt.

3. An jedem Gitterpunkt werden die Gütemaße g_d (für die Windrichtung) und g_f (für die Windgeschwindigkeit) über alle Anströmrichtungen und Ausbreitungsklassen berechnet, siehe dazu VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 [1], Abschnitt 6.1. Die Gütemaße g_d und g_f werden zu einem Gesamtmaß $g = g_d \cdot g_f$ zusammengefasst. Die Größe g liegt immer in dem Intervall [0,1], wobei 0 keine und 1 die perfekte Übereinstimmung mit den Daten der Anströmung bedeutet.

4. Innerhalb jedes einzelnen zusammenhängenden Gebiets mit gleichsinnig drehender Windrichtung werden die Gesamtmaße g aufsummiert zu G.

5. In dem zusammenhängenden Gebiet mit der größten Summe G wird der Gitterpunkt bestimmt, der den größten Wert von g aufweist. Dieser Ort wird als EAP festgelegt.

Das beschriebene Verfahren ist objektiv und liefert, sofern mindestens ein Gitterpunkt mit gleichsinnig drehendem Wind existiert, immer eine eindeutige EAP. Es ist auf jede Windfeldbibliothek anwendbar, unabhängig davon, ob diese mit einem prognostischen oder diagnostischen Windfeldmodell berechnet wurde.

3.3 Bestimmung der Ersatzanemometerposition im konkreten Fall

In der Umgebung des Standortes wurde mit dem zu VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 [1] gehörenden und vom VDI bereitgestellten Tool das Gütemaß g ausgerechnet. Die folgende Abbildung zeigt die dabei gefundenen Ergebnisse unter Anwendung der für den Standort als repräsentativ befundenen Ausbreitungsklassenzeitreihe.

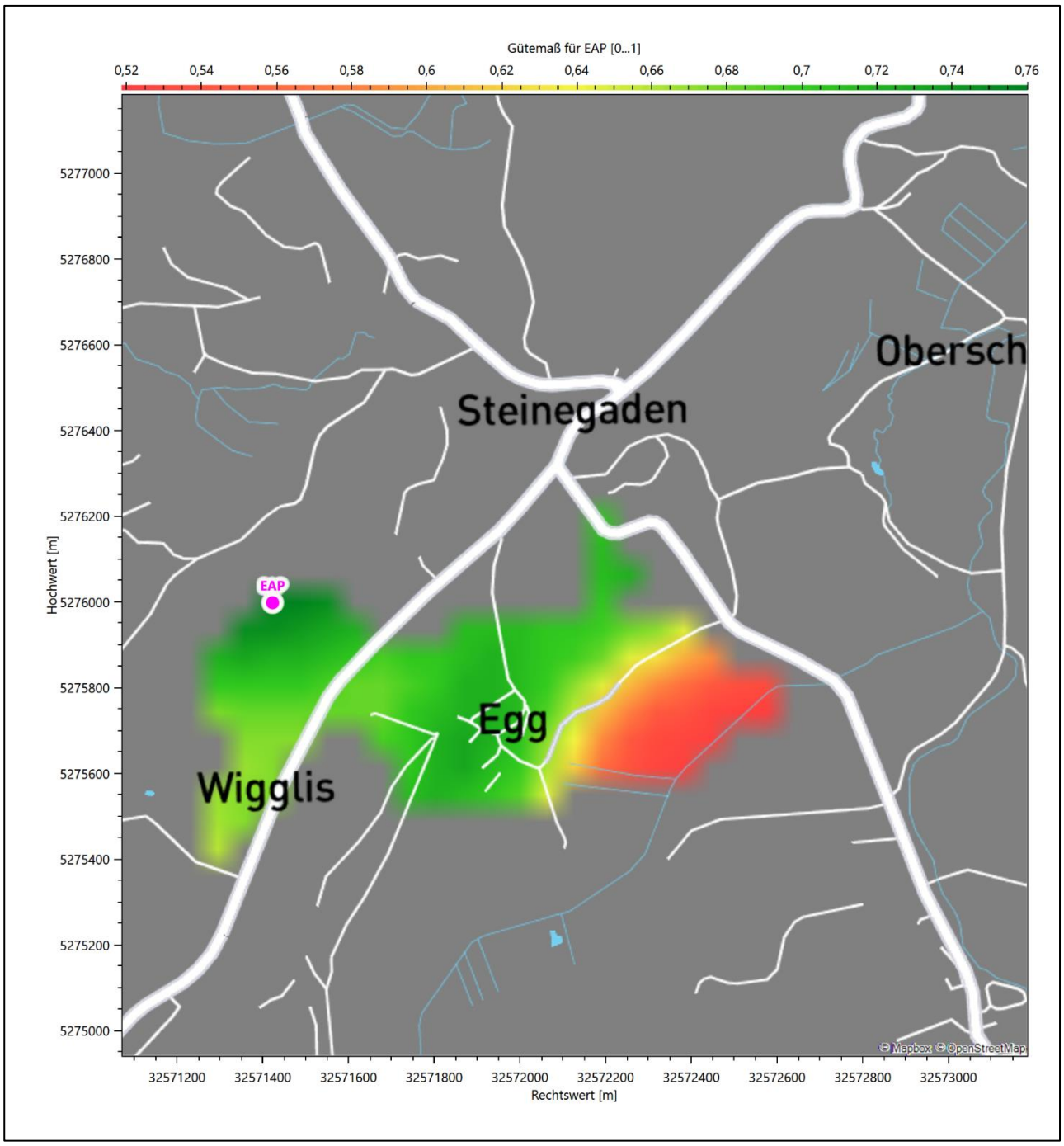


Abbildung 6: Flächenhafte Darstellung des Gütemaßes zur Bestimmung der Ersatzanemometerposition

Es ist erkennbar, dass in ungünstigen Positionen das Gütemaß bis auf Werte von 0,52 absinkt. Maximal wird ein Gütemaß von 0,76 erreicht. Diese Position ist in Abbildung 6 mit EAP gekennzeichnet. Die genauen Koordinaten sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Tabelle 2: UTM-Koordinaten der ermittelten Ersatzanemometerposition

Rechtswert	32571423
Hochwert	5275998

Von der oben empfohlenen EAP kann abgewichen werden, wenn sich im Vorfeld der Ausbreitungsrechnung für das dabei verwendete Windfeld eine ähnlich gut geeignete Position finden lässt.

Als Anemometerhöhe ergibt sich aus der zu verwendenden Bodenrauigkeit von 0,2 m der Wert von 17 m.

4 Berechnung der Windfeldbibliothek

4.1 Überblick über Windfeldmodelle

Unter Windfeldmodell ist hier ein Algorithmus zu verstehen, der bei Bereitstellung verschiedener Eingangsdaten (beispielsweise Geländemodell, Bodenrauhigkeit) Windfelder liefert, die zur Durchführung einer Ausbreitungsrechnung verwendet werden können.

Für immissionsschutzrechtliche Fragestellungen spielen gegenwärtig hauptsächlich diagnostische und prognostische Windfeldmodelle eine Rolle. Beide unterscheiden sich hinsichtlich des Umfanges und des Detaillierungsgrades, mit dem die meteorologischen und physikalischen Prozesse in der Atmosphäre modelliert werden. Diagnostische Windfeldmodelle gehen von Schätzungen (Initialisierungswindfelder) aus, für die dann unter Einfluss von Geländeunebenheiten und gegebenenfalls umströmten Hindernissen Divergenzfreiheit hergestellt wird. Prognostische Windfeldmodelle können darüber hinaus über Modellansätze die Erhaltung von Impuls und Energie berücksichtigen, wobei je nach Detaillierungsgrad bestimmte meteorologische Phänomene besser modelliert werden können als mit diagnostischen Windfeldmodellen. Zu diesen meteorologischen Phänomenen zählen beispielsweise Verwirbelungen in steilem Gelände oder im Lee-Bereich von umströmten Hindernissen, aber auch lokale Besonderheiten wie Kaltluftabflüsse.

Die gegenwärtig hauptsächlich für Ausbreitungsrechnungen eingesetzten Softwarepakete AUSTAL 2000 und LASAT enthalten jeweils ein diagnostisches Windfeldmodell.

Unter Windfeld ist ein Datensatz zu verstehen, der für jede Gitterzelle bei einer Ausbreitungsrechnung den dort anzutreffenden Wind beschreibt. Somit sind diese Datensätze dreidimensionale Felder, die das Rechengebiet abbilden. Für jede Gitterzelle sind drei Komponenten der vektoriellen Windgeschwindigkeit abgelegt.

Windfelder sind zumeist Dateien, die nach einem bestimmten Ordnungsprinzip in Windfeldbibliotheken oder Windfeldzeitreihen zusammengefasst sein können.

Unter Windfeldbibliothek ist die Sammlung von Windfeldern zu verstehen, die zur Verwendung für eine Ausbreitungsrechnung meist nach Anströmrichtung und Ausbreitungsklasse vorsortiert sind.

Um die Ausbreitungsrechnung für eine konkrete meteorologische Situation (Anströmrichtung, Ausbreitungsklasse, Windgeschwindigkeit) durchzuführen, wird beispielsweise in der Windfeldbibliothek ein passendes Windfeld gesucht, das möglichst gut mit der konkreten Anströmrichtung und der konkreten Ausbreitungsklasse übereinstimmt. Dieses Windfeld wird dann auf die konkrete Windgeschwindigkeit skaliert und für die Ausbreitungsrechnung verwendet. Meist wird zur besseren Repräsentation der konkreten Anströmrichtung nicht nur das am besten passende Windfeld einer Windfeldbibliothek verwendet, sondern eine gewichtete Überlagerung von zwei Windfeldern gebildet, die die konkrete Anströmrichtung „einrahmen“.

Im Standardfall zur Berücksichtigung von Geländeunebenheiten und umströmten Hindernissen arbeiten die Softwarepakete AUSTAL 2000 und LASAT mit Windfeldbibliotheken, die Windfelder für 6 Ausbreitungsklassen und 36 Anströmrichtung beinhalten, insgesamt also 216 Bibliotheks-Windfelder.

Windfeldbibliotheken haben den Vorteil, dass bei Ausbreitungsrechnungen, die für einen größeren Zeitraum und damit für viele einzelne konkrete meteorologische Situationen durchgeführt werden, nicht für jede konkrete Situation ein separates Windfeld vorhanden sein muss. Beispielsweise müssen für die Berechnung einer Jahreszeitreihe mit stündlicher Auflösung nicht 8760 Windfelder berechnet und vorgehalten werden, sondern nur die (beispielweise) 216 Bibliothekswindfelder. Für jede der 8760 konkreten meteorologischen

Situationen (Stunden eines Jahres) werden dann je nach Anströmrichtung und Ausbreitungsklasse die passenden Vertreter aus der Windfeldbibliothek entnommen, mit der Windgeschwindigkeit skaliert und für die Ausbreitungsrechnung verwendet.

Modellrechnungen haben gezeigt, dass die dabei hinzunehmenden Genauigkeitseinbußen so gering sind, dass sich die Verwendung von Windfeldbibliotheken lohnt.

Windfeldbibliotheken können durch diagnostische und prognostische Rechenverfahren erzeugt werden.

Eine übersichtliche Darstellung zu Windfeldmodellen und deren Verwendung für Ausbreitungsrechnung wurde von Zenger [3] veröffentlicht. Aus dieser Veröffentlichung wurde die im Folgenden dargelegte Übersicht zu Windfeldmodellen entnommen.

4.1.1 Diagnostische Windfeldmodelle

Diagnostische Windfeldmodelle modifizieren ein vorgegebenes Windfeld unter Berücksichtigung der Topographie oder einer Gebäudeanordnung derart, dass eine massenkonsistente (divergenzfreie) Strömung erreicht wird. Aufbauend auf ersten grundlegenden Arbeiten von Sasaki (1970) entwickelte Sherman (1978) ein numerisches Modell, das ein geschätztes Windfeld so variiert, daß eine divergenzfreie Strömung resultiert.

Ziel ist es dabei, das "geschätzte", ursprüngliche Windfeld so zu modifizieren, daß eine divergenzfreie Strömung entsteht. Fordert man, dass diese Korrektur keinen Einfluss auf die Rotation (Wirbelstärke) des Windfeldes hat, so kann man ableiten, dass das Korrekturfeld als Gradient eines Skalarfeldes und des ursprünglichen Windfeldes darstellbar sein muss. Detaillierte Aussagen und eine Darstellung des Formelapparates sind in [3] zu finden.

Die schrittweise Modifikation des ursprünglichen Windfeldes hin zur divergenzfreien und damit massenkonsistenten Strömung erfolgt mit Hilfe eines Iterationsverfahrens.

Als Ergebnis steht ein divergenzfreies Windfeld zur Verfügung, welches dem ursprünglich geschätzten Initialisierungswindfeld möglichst ähnlich ist.

4.1.2 Prognostische Windfeldmodelle

Im Gegensatz zu den diagnostischen Modellen werden in prognostischen Windfeldmodellen die strömungsdynamischen Grundgleichungen verwendet. Im Wesentlichen sind dies die Gleichungen für die

- Impulserhaltung (Bewegungsgleichung)
- Massenerhaltung (Kontinuitätsgleichung)
- Energieerhaltung (erster Hauptsatz der Thermodynamik)
- Erhaltungsgleichung für die Feuchte

Eine ausführliche Beschreibung der strömungsdynamischen Grundgleichungen findet sich z. B. in Pielke (2013) [4]. Der Gleichungssatz wird in den prognostischen Strömungsmodellen jedoch oft nicht vollständig behandelt. Welche Prozesse in einem prognostischen Modell noch berücksichtigt werden, hängt im Wesentlichen von der Skala des betrachteten Problems, der geforderten Genauigkeit sowie der verfügbaren Rechnerleistung ab. Je nach Problemstellung ist es möglich, bestimmte Näherungen vorzunehmen und den Satz der zu lösenden Gleichungen damit zu reduzieren.

Die Lösungen des vollständigen Satzes der Grundgleichungen beinhalten sämtliche strömungsdynamischen Prozesse, die in der Atmosphäre auftreten können. Dazu gehören z.B. auch Schallwellen, die sich über Druckschwankungen aus der prognostischen Kontinuitätsgleichung ergeben.

Die sehr hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwellen erfordert bei der numerischen Lösung der Grundgleichungen sehr kleine Zeitschritte und vervielfacht dadurch den Rechenaufwand. Da Schallwellen meteorologisch jedoch nicht relevant sind, versucht man sie als mögliche Lösungen der Differentialgleichungen auszuschließen. Dies geschieht durch eine Filterung, die z. B. dadurch erreicht werden kann, dass man lokale zeitliche Änderungen der Dichte gegenüber der Divergenz des Massenflusses vernachlässigt.

Die strömungsdynamischen Grundgleichungen können numerisch nicht an jedem Punkt und in beliebig kleinen Zeitschritten, sondern nur auf einem finiten Differenzengitter gelöst werden. Alle subskaligen Prozesse, d. h. Änderungen der Variablen in Bereichen, die kleiner als der Abstand des Rechengitters sind, werden hierdurch nicht erfasst. Deshalb versucht man, diese subskaligen Prozesse unter Verwendung geeigneter Verfahren zu parametrisieren. Hierzu spaltet man die Variablen in einen mittleren und einen fluktuierenden Anteil auf. So wird beispielsweise die Turbulenz als subskaliger Prozess in der Modellierung berücksichtigt, ohne dabei die Gitterabstände auf die Größenordnung der Turbulenzphänomene verringern zu müssen.

Für weitere Details zur prognostischen Windfeldmodellierung sei auf die Veröffentlichung von Pielke [4] verwiesen.

4.2 Konkrete Realisierung der Windfeldberechnung

Mit Erscheinen von VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 gibt es eine Verfahrensbeschreibung, Windfeldberechnungen zur Berücksichtigung von steilem Gelände mit mesoskaligen prognostischen nicht-hydrostatischen Modellen gemäß der Richtlinie VDI 3783 Blatt 7 durchzuführen. Dieser Modelltyp ist aufgrund des zugrundeliegenden physikalisch-mathematischen Gleichungssystems besonders für Strömungsberechnungen in steilem Gelände geeignet.

VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 gibt jedoch nicht vor, welches prognostische, nicht-hydrostatische Modell zu verwenden ist. In der Fachwelt sind hierzulande verschiedene Modelle gebräuchlich:

- METRAS (Schlünzen)
- FITNAH (Groß)
- PROWIMO (Ingenieurbüro Lohmeyer)
- GRAMM (Amt der steiermärkischen Landesregierung)
- LM (Deutscher Wetterdienst)

Diese Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Für den vorliegenden Fall wurde das Modell GRAMM eingesetzt, das am Amt der steiermärkischen Landesregierung entwickelt wurde und nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 7 evaluiert ist.

5 Ergebnisse

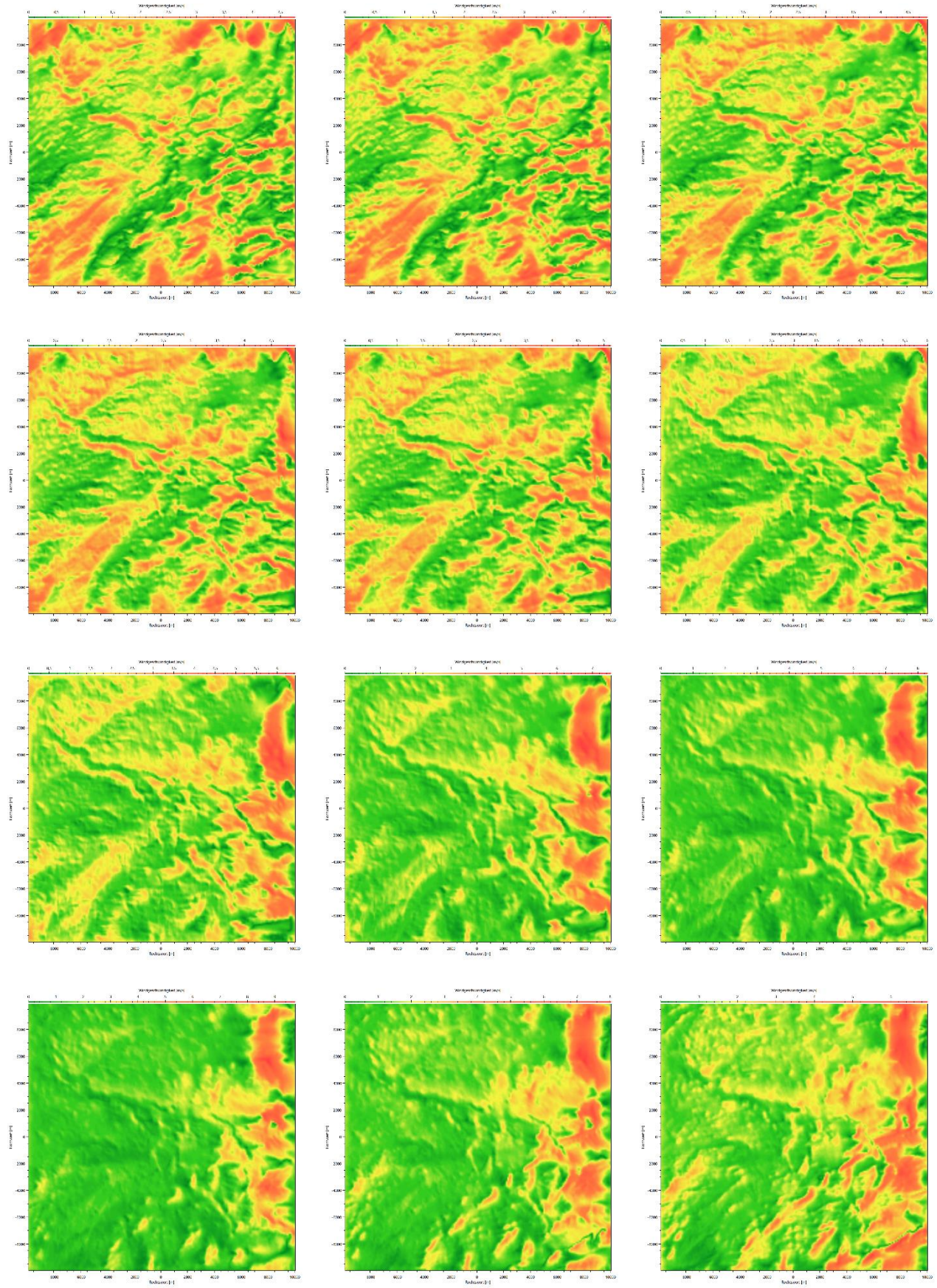
Nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 wurde in einem Modellgebiet von 20 km × 20 km und 11 km Höhe ein Satz prognostischer Windfelder berechnet. Dieser wurde auf die vom Auftraggeber vorgegebenen Rechengitter interpoliert. Die Gitterweite für die prognostische Modellierung betrug 100 m.

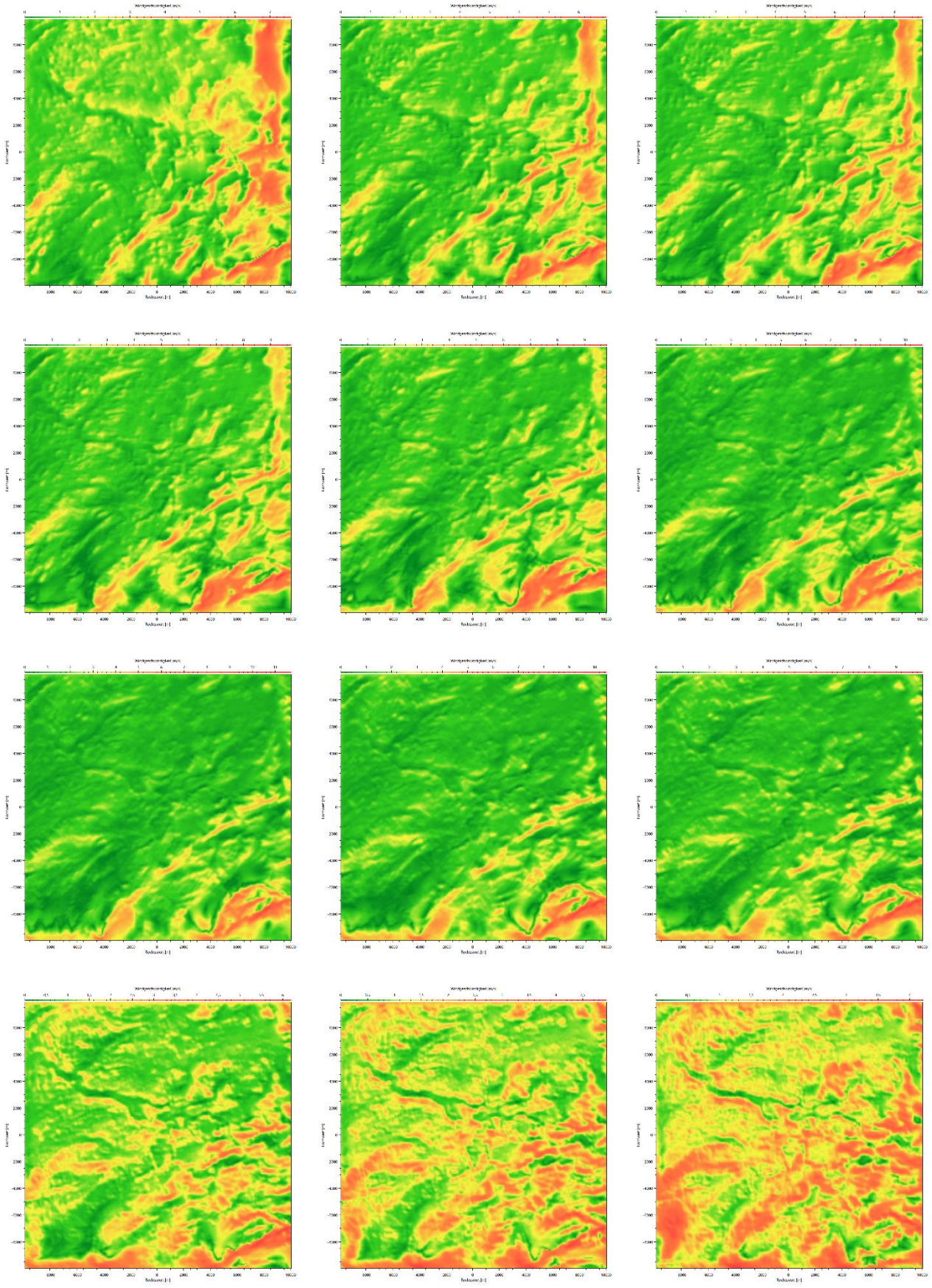
Zur Entfernung der verbleibenden Divergenz aus den interpolierten Windfeldern wurde das Programm LPRWND aus dem Programmpaket LASAT des Ingenieurbüros Janicke verwendet. Ebenfalls mit diesem Programm wurde die Aufprägung der vom Auftraggeber bereitgestellten digitalen Rasterung von umströmten Hindernissen vorgenommen.

Nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 16 sind die Ergebnisse auf Plausibilität zu prüfen. In Anlehnung an diese Richtlinie werden die Windgeschwindigkeiten der einzelnen Felder in 10 m Höhe graphisch dargestellt. Dies erfolgt zunächst für die Felder der Ausbreitungsklasse 1, bei denen die räumliche Strukturierung am deutlichsten ist. Die Anströmrichtung wird für 36 Richtungen in 10°-Schritten variiert. Links oben beginnt die Darstellung mit 10° und wird spaltenweise inkrementiert.

Bei den absoluten Werten der Windgeschwindigkeiten ist zu beachten, dass sie während der Ausbreitungsrechnung anhand der Referenzgeschwindigkeit an der Ersatzanemometerposition skaliert werden.

Unstetigkeiten in der Windgeschwindigkeit sind nicht zu erkennen.





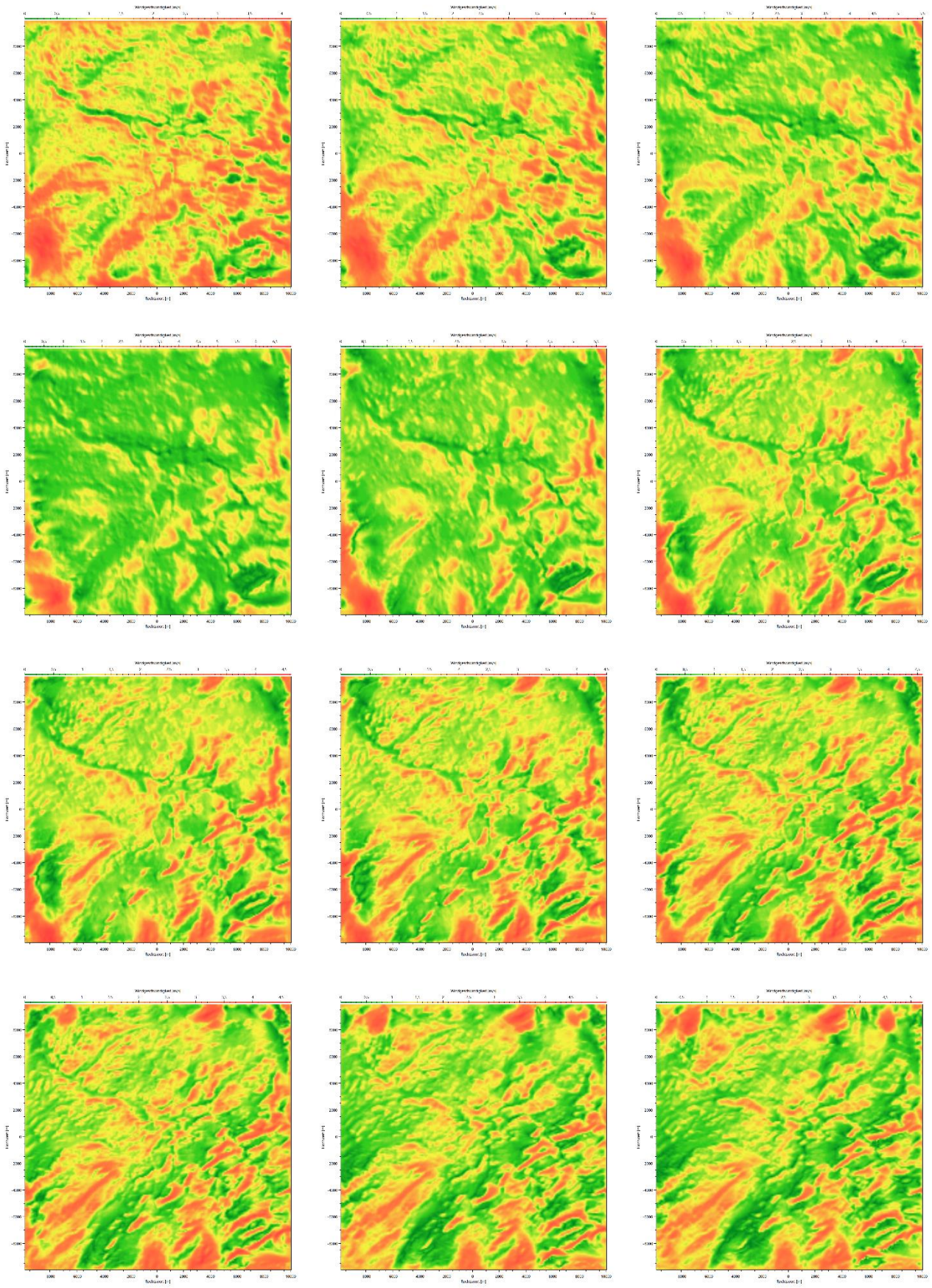


Abbildung 7: Darstellung der Windfelder für Ausbreitungsklasse 1 in 10 m Höhe

Weiterhin wird visualisiert, wie sich ausgewählten Anströmrichtungen (Norden, Osten, Süden, Westen) das Windfeld in 10 m Höhe für verschiedene Ausbreitungsklassenzeitreihen ändert.

Auch hier sind beim Übergang der Ausbreitungsklassen keine Sprünge oder Unstetigkeiten zu erkennen. Die räumliche Strukturierung nimmt erwartungsgemäß mit sinkender Stabilität ab.

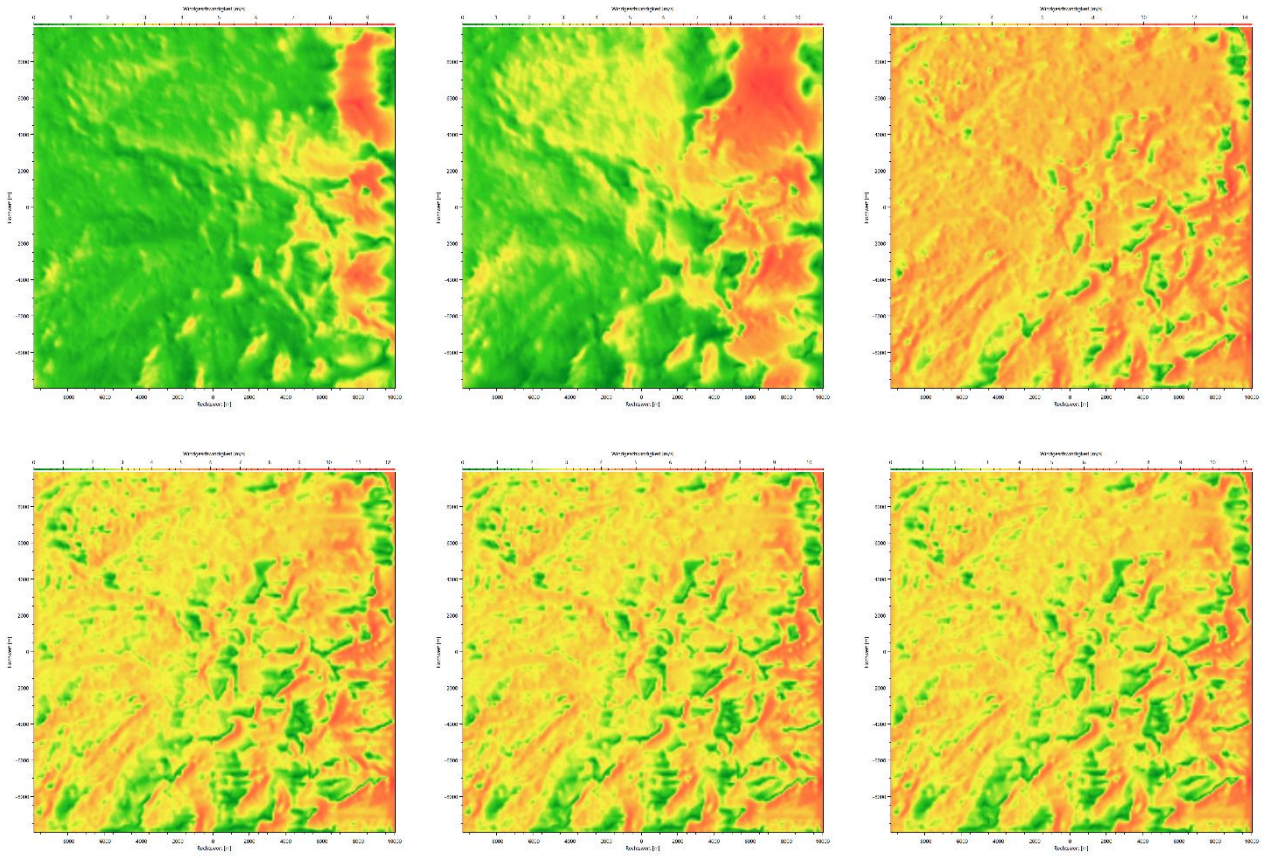


Abbildung 8: Darstellung der Windfelder für alle Ausbreitungsklassen bei Anströmung aus Osten in 10 m Höhe

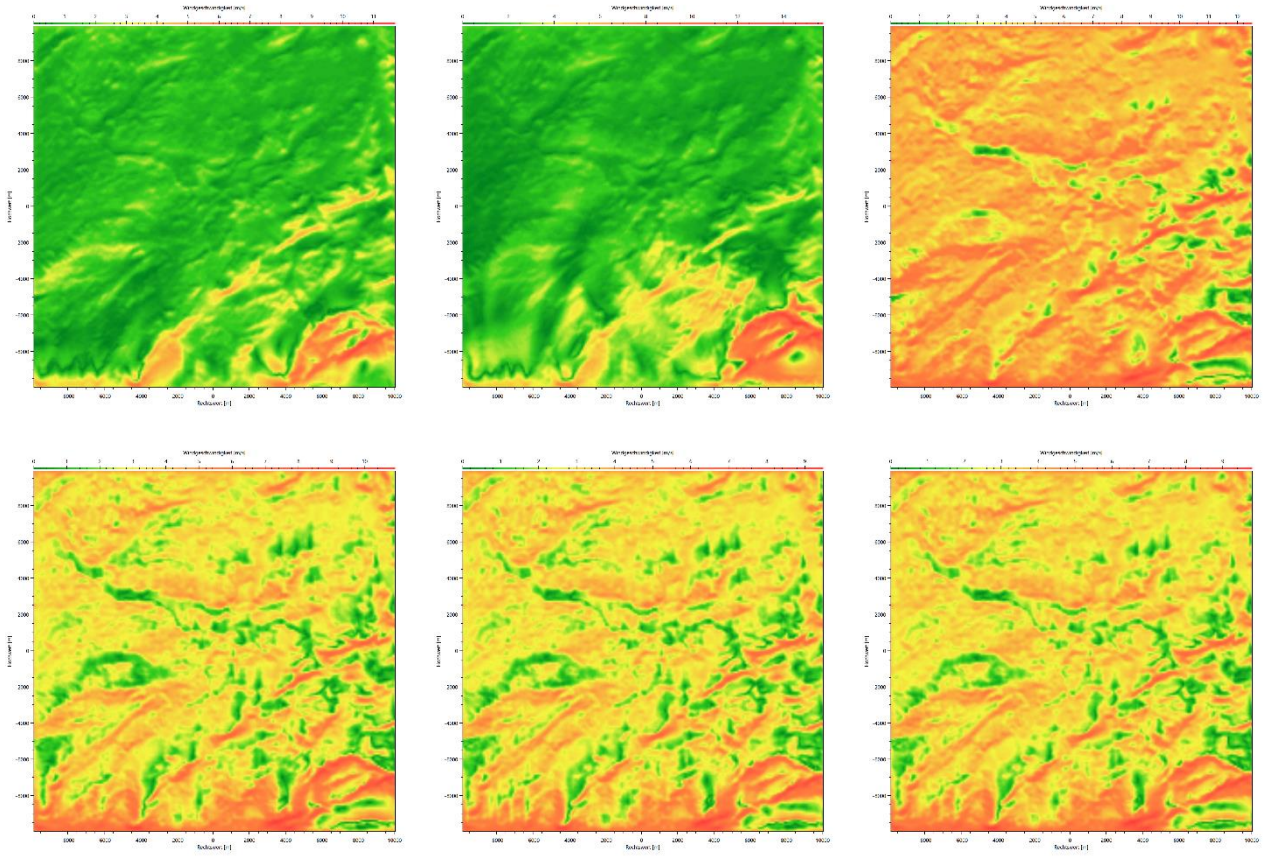


Abbildung 9: Darstellung der Windfelder für alle Ausbreitungsklassen bei Anströmung aus Süden in 10 m Höhe

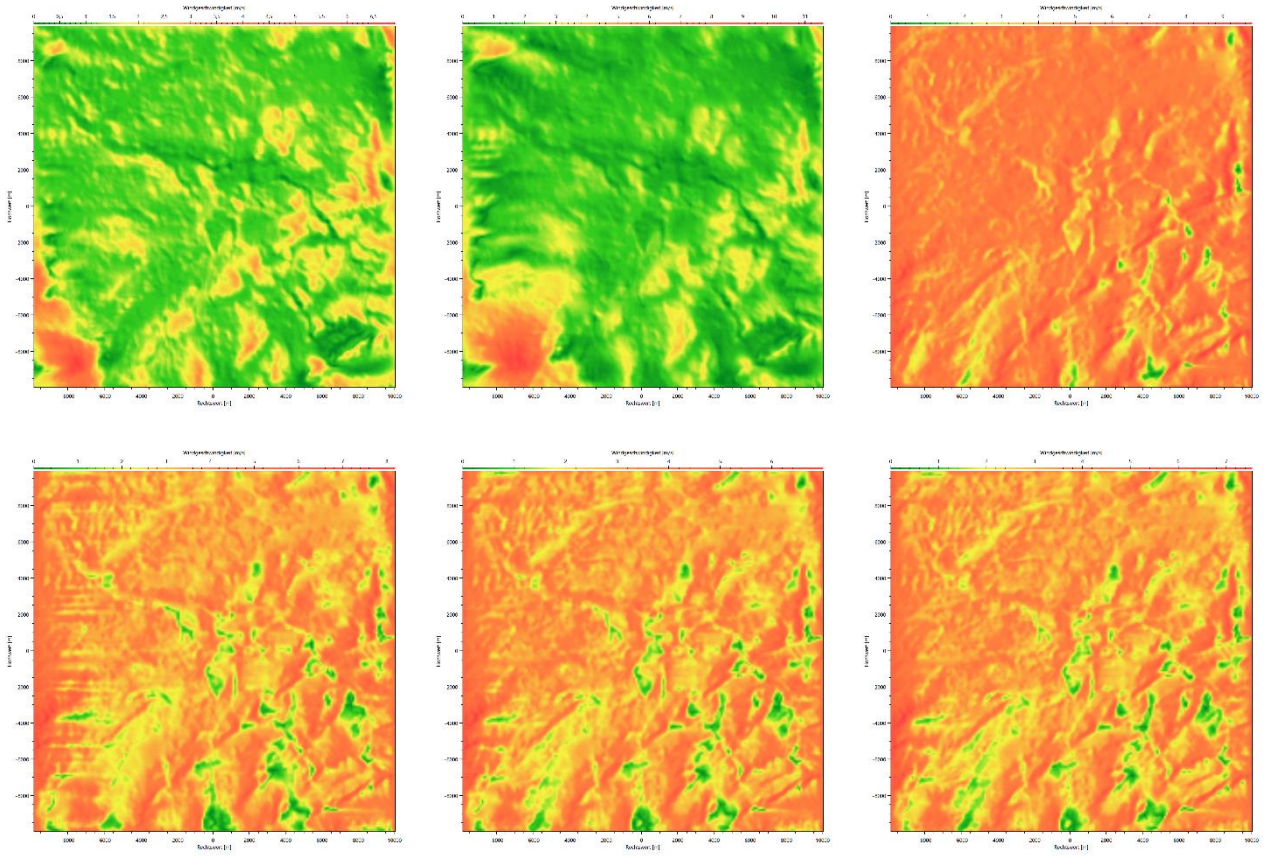


Abbildung 10: Darstellung der Windfelder für alle Ausbreitungsklassen bei Anströmung aus Westen in 10 m Höhe

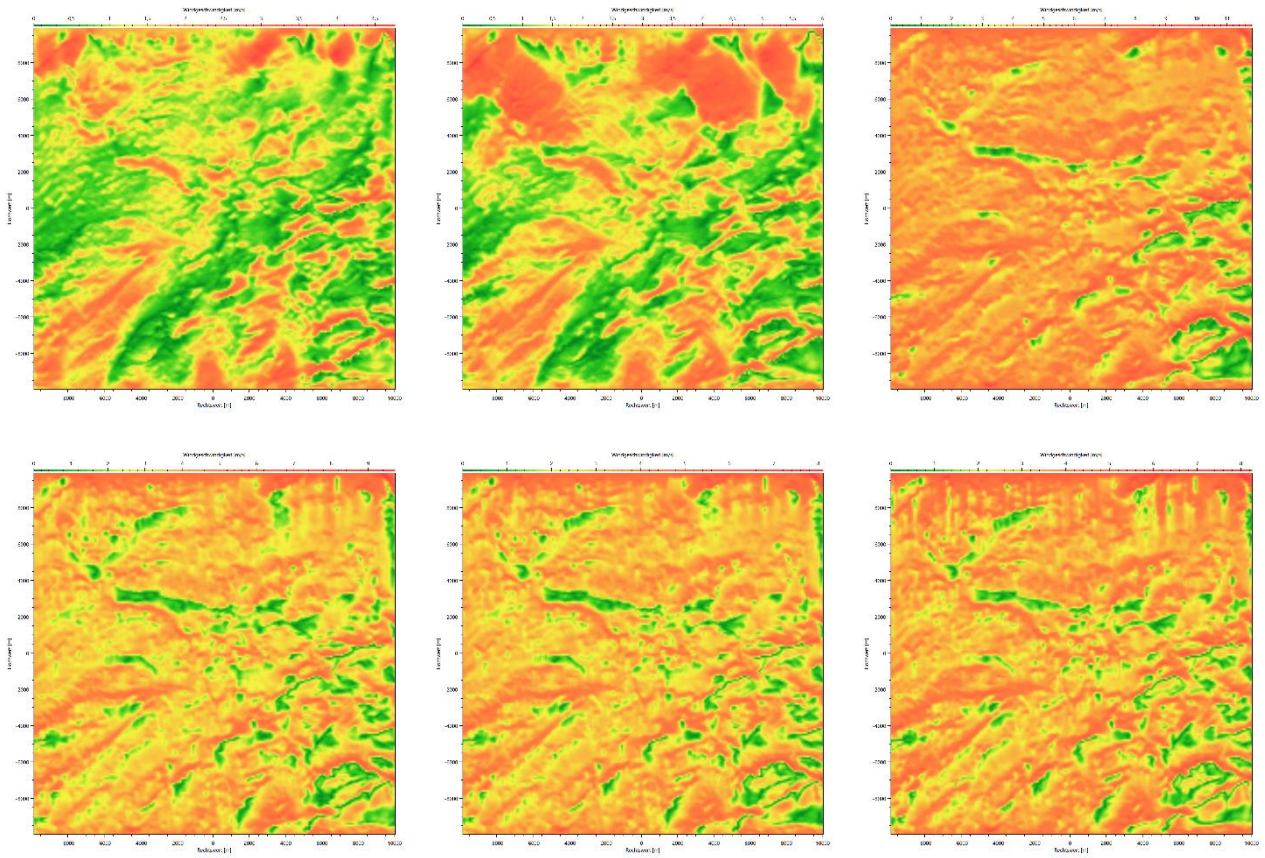


Abbildung 11: Darstellung der Windfelder für alle Ausbreitungsklassen bei Anströmung aus Norden in 10 m Höhe

Wie aus den Grafiken hervorgeht, sind in den berechneten Windfeldern keine Anhaltspunkte für unplausible Daten vorhanden.

Frankenberg, am 10. April 2024

Dipl.-Phys. Thomas Köhler
- erstellt -

Dr. Ralf Petrich
- freigegeben -

6 Schrifttum

[1] VDI 3783 Blatt 16 - Verein Deutscher Ingenieure e.V., *Umweltmeteorologie - Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle - Verfahren zur Anwendung in Genehmigungsverfahren nach TA Luft,* Berlin: Beuth-Verlag, vom März 2017; in aktueller Fassung.

[2] Statistisches Bundesamt, *Daten zur Bodenbedeckung für die Bundesrepublik Deutschland,* Wiesbaden.

[3] A. Zenger, Atmosphärische Ausbreitungsmodellierung - Grundlagen und Praxis, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1998.

[4] R. A. Pielke, Mesoscale Meteorological Modeling, Third Edition, Amsterdam: Elsevier Inc., 2013.

[5] VDI 3783 Blatt 20 - Verein Deutscher Ingenieure e.V., *Umweltmeteorologie - Übertragbarkeitsprüfung meteorologischer Daten zur Anwendung im Rahmen der TA Luft,* Berlin: Beuth-Verlag, vom März 2017; in aktueller Fassung.

[6] VDI 3783 Blatt 21 - Verein Deutscher Ingenieure e.V., *Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung meteorolgischer Daten für die Ausbreitungsrechnung nach TA Luft und GIRL,* Berlin: Beuth-Verlag, vom März 2017; in aktueller Fassung.

[7] VDI 3783 Blatt 13 - Verein Deutscher Ingenieure e.V., *Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsprognose - Anlagenbezogener Immissionsschutz Ausbreitungsrechnungen gemäß TA Luft,* Berlin: Beuth-Verlag, vom Januar 2010; in aktueller Fassung.

[8] Ingenieurbüro Janicke GbR Gesellschaft für Umweltphysik, „LASAT," [Online]. Available: http://janicke.de/de/lasat.html. [Zugriff am 28 07 2022].

[9] VDI 3783 Blatt 8 - Verein Deutscher Ingenieure e.V., *Umweltmeteorologie - Messwertgestützte Turbulenzparametrisierung für Ausbreitungsmodelle (Entwurf),* Berlin: Beuth-Verlag, vom April 2017; in aktueller Fassung.