



Lohmeyer

**GEPLANTE ERWEITERUNG DER  
DEPONIE PLÖGER STEINBRUCH  
IN VELBERT  
- KLIMAGUTACHTEN -**

Auftraggeber:

DBV Deponiegesellschaft Velbert mbH  
Haberstraße 13a  
42551 Velbert

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH  
Niederlassung Dorsten

M.Sc. Geogr. Jessica Lehmkuhler

Dipl.-Met. G. Ludes

Juli 2020  
Projekt 30042-20-02  
Berichtsumfang 36 Seiten + 19 Seiten Anhang

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>GRUNDLAGEN .....</b>	<b>9</b>
3.1	Klima im Untersuchungsraum .....	9
3.2	Klimatische Auswirkungen von Halden und Deponien .....	11
<b>4</b>	<b>THEMENKOMPLEX VERSCHATTUNG .....</b>	<b>12</b>
4.1	Bewertungsgrundlage .....	12
4.2	Eingangsdaten .....	13
4.3	Untersuchungsmethodik .....	14
4.4	Untersuchungsergebnisse .....	15
4.4.1	Analyse der Besonnungsdauer an Fassaden .....	15
4.4.2	Auswertung für Aufpunkte .....	16
4.4.3	Horizontdiagramme .....	18
<b>5</b>	<b>THEMENKOMPLEX WINDFELD .....</b>	<b>20</b>
5.1	Grundlagen .....	20
5.1.1	Beaufort-Skala .....	20
5.1.2	Windgeschwindigkeitsfaktor als Bewertungskenngröße .....	21
5.1.3	Wetterdaten .....	21
5.2	Durchführung der Windfeldberechnungen .....	22
5.3	Ergebnisse der Windfeldberechnungen .....	24
<b>6</b>	<b>THEMENKOMPLEX KALTLUFTABFLUSS .....</b>	<b>26</b>
6.1	Grundlagen .....	26
6.2	Rechenmodell .....	27
6.3	Eingangsdaten .....	29
6.3.1	Digitales Geländemodell (DGM) .....	29
6.3.2	Landnutzungsdaten .....	30
6.4	Ergebnisse .....	32
<b>7</b>	<b>THEMENKOMPLEX BIOKLIMA .....</b>	<b>33</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>35</b>

<b>ANHANG</b>	<b>A1: Ergebnisgrafiken zur Verschattungssimulation .....</b>	<b>1</b>
<b>ANHANG</b>	<b>A2: Ergebnisgrafiken zur Windfeldsimulation .....</b>	<b>5</b>
<b>ANHANG</b>	<b>A3: Ergebnisgrafiken zur Kaltluftsimulation .....</b>	<b>15</b>

## **ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abb. 2.1: Topographische Karte zur Lage der Deponie Plöger Steinbruch .....	6
Abb. 2.2: Luftbild mit den Erweiterungen der Deponie Plöger Steinbruch .....	6
Abb. 2.3: Rekultivierungsplan der Deponie im P0-Fall (oben) und im Planfall (unten) .....	8
Abb. 3.1: Lokalklima in der Umgebung der Deponie [LANUV WEB1] .....	10
Abb. 4.1: 3D-Modell für die Verschattungssimulationen für den P0-Fall .....	13
Abb. 4.2: 3D-Modell für die Verschattungssimulationen für den Planfall .....	14
Abb. 4.3: Lage der Aufpunkte im Untersuchungsgebiet .....	16
Abb. 4.4: Aufbau eines Horizontdiagrammes .....	18
Abb. 5.1: Windrichtungsverteilung der DWD-Station Essen-Bredeney .....	22
Abb. 5.2: Abgrenzung des Rechengebiets MISKAM .....	23
Abb. 6.1: Lage des KLAM_21-Rechengebietes .....	28
Abb. 6.2: Relief im Untersuchungsgebiet für den P0-Fall .....	29
Abb. 6.3: Relief im Untersuchungsgebiet für den Planfall .....	30
Abb. 6.4: KLAM_21 Landnutzungsklassen für den Planfall .....	31
Abb. 6.5: KLAM_21 Landnutzungsklassen für den P0-Fall .....	31

## **TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 4.1: Empfehlung für die tägliche Besonnungsdauer nach DIN EN 17037 .....	12
Tabelle 4.2: Besonnungsdauer am 21. März an den untersuchten Aufpunkten .....	16
Tabelle 5.1: Beaufort-Skala und Windgeschwindigkeit [DWD 1989] .....	20
Tabelle 5.2: Kenndaten der für die Simulation verwendeten Rechengitter .....	23
Tabelle 6.1: Größe des KLAM_21-Rechengebietes .....	28

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Lohmeyer GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch den Namen und die Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.



## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Die DBV Deponiegesellschaft Velbert mbH betreibt seit 1997 die Deponie Plöger Steinbruch in Velbert. Die Erweiterung West der Deponie „Plöger Steinbruch“ wurde am 29.03. 2010 durch Planfeststellung zugelassen und wird seit Ende 2011 als Deponie der Klasse 1 betrieben. Das genehmigte Volumen der Erweiterung West beträgt ca. 1.200.000 m<sup>3</sup>. Die Restlaufzeit (Stand Ende 2019) ist auf ca. 8 bis 9 Jahre zu veranschlagen.

Die Stadt Velbert als Vorhabenträgerin beantragt die Erweiterung Nordwest der Deponie „Plöger Steinbruch“. Mit einem Volumen von ca. 2,5 Mio. Kubikmetern soll das Vorhaben einen erheblichen Beitrag zur Entsorgungssicherheit für Deponien der Deponieklasse 1 leisten. Die Erweiterung Nordwest umfasst insgesamt eine Fläche von 147 000 m<sup>2</sup>. Davon überdeckt der Deponiekörper auf ca. 47 000 m<sup>2</sup> die vorhandene Deponie. Die maximale Schütthöhe des Deponiekörpers beträgt 40 m.

Anthropogene Vollformen wie Deponien können die lokalklimatischen Verhältnisse im nahen Umfeld in vielfältiger Weise beeinflussen. Insbesondere können Veränderungen der Strömungs- und der Besonnungsverhältnisse auftreten.

Die DBV mbH als Betreiberin der Deponie hat daher das Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH beauftragt, die klimatischen Auswirkungen der geplanten Veränderungen der Deponie im Umfeld zu quantifizieren und zu bewerten. Im Fokus klimatischer Untersuchungen stehen hierbei mögliche Verkürzungen der Besonnungsdauer, Veränderungen des bodennahen Windfeldes und Auswirkungen auf die Ausbildung von Kaltluftabflüssen an den Hängen der Deponie.

Darüber hinaus wurden Auswirkungen auf das Bioklima untersucht.

Um für diese klimatisch relevanten Aspekte die Auswirkungen der beantragten Deponieerweiterung zu bestimmen, wurden umfangreiche Simulationsrechnungen durchgeführt. Hierbei wurden zwei Szenarien untersucht, der Prognosenullfall (P0-Fall) sowie der Planfall.

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der untersuchten Themenkomplexe zusammengefasst.

## Verschattung

Im Rahmen einer Verschattungsstudie wurde die astronomisch mögliche Sonnenscheindauer im Umfeld der geplanten Deponie simuliert.

Als Grundlage der Beurteilung für die Bestimmung und die Bewertung der Besonnungsverhältnisse in der Umgebung der Deponie wurde die Richtlinie „Tageslicht in Gebäuden“ [DIN EN 17037] als Grundlage herangezogen. Nach dieser Richtlinie sollte in einer Wohnung mindestens ein Wohnraum an einem ausgewählten Datum zwischen dem 01. Februar und dem 21. März bei Annahme eines wolkenlosen Himmels eine Besonnung erhalten. Hierbei werden drei Qualitätsstufen der täglichen Besonnungsdauer unterschieden: Empfehlungsstufe „Gering“ 1.5 h bis 3.0 h, Empfehlungsstufe „Mittel“ 3.0 h bis 4.0 h und Empfehlungsstufe „Hoch“ mehr als 4.0 Stunden.

Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen belegen, dass sich relevante Verschattungswirkungen auf die unmittelbar an die Deponie angrenzenden Umgebung beschränken.

Für die Wohnsiedlung Hefel, die den geringsten Abstand zum Bereich der geplanten Nordwesterweiterung aufweist, ergeben sich folgende Rückschlüsse:

- Verschattungswirkungen durch den Deponiekörper beschränken sich im wesentlichen auf die nach Osten bzw. Südosten orientierten Gebäudefassaden, von denen aus eine Sichtverbindung zur Deponie besteht.
- Für diese Fassaden ist theoretisch vom Zeitpunkt des morgendlichen Sonnenaufgangs - je nach Jahreszeit findet dieser zwischen ca. 04:30 Uhr bis 08:30 Uhr MEZ statt – und der Mittagszeit – je nach Jahreszeit und Aufpunkt ca. 11.00 Uhr bis 13:00 Uhr - eine Besonnung möglich.
- Beim **P0-Fall** verzögert sich die Zeit des Sonnenaufgangs durch die Abschattung des Deponiekörpers um ca. 0.5 bis maximal 1.5 Stunden gegenüber einem Standort in der Ebene. Die Besonnungsdauern an den Fenstern an den ostseitig orientierten Gebäudefassaden liegen dennoch größtenteils über 4 Stunden. Die Besonnungsqualität ist somit gemäß [DIN EN 17037] als hoch einzustufen.
- Beim **Planfall** rückt die Deponie näher an die Wohnbebauung heran. Hierdurch ergibt sich im Winterhalbjahr gegenüber dem P0-Fall insbesondere für die nahe des Erweiterungsbereichs gelegenen Wohnhäuser an den Ostfassaden eine geringe Zunahme der Verschattungswirkungen. Im Sommerhalbjahr werden sich keine Veränderungen der Besonnungsverhältnisse ergeben. Die Anforderungen der Qualitätsstufe „Hoch“ nach [DIN EN 17038] werden weiterhin an fast allen Wohnhäusern der Siedlung Hefel erfüllt.

### **Windfeld**

Um Aussagen zu einer eventuellen Veränderung der Durchlüftungssituation im Umfeld der Deponie treffen zu können, wurden Windfeldsimulationen mit dem dreidimensionalen Rechenmodell MISKAM durchgeführt.

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Windfeldberechnungen für drei Hauptwindrichtungen ist auszuschließen, dass es in besiedelten Bereichen im Umfeld der Deponie zu einer beurteilungsrelevanten Minderung der Durchlüftung oder zu einer Erhöhung der Windgeschwindigkeiten infolge von Kanalisierungs- und Düseneffekten kommt. Veränderungen im Windfeld infolge der Erweiterung der Deponie werden sich weitestgehend auf den Deponiekörper beschränken. Ausgeschlossen werden kann somit auch eine Verschlechterung der lufthygienischen Belastungssituation infolge eines verminderten Abtransportes von Luftschadstoffen.

### **Kaltluft**

Um den Einfluss der Planung auf das Kaltluftgeschehen im Umfeld der Deponie beurteilen zu können, wurden Simulationsrechnungen mit dem Kaltluftabflussmodell KLAM\_21 des Deutschen Wetterdienstes für den P0-Fall und den Planfall durchgeführt. Als Eingangsparameter flossen digitale Geländedaten sowie die Landnutzung innerhalb des Untersuchungsgebietes in die Modellierung ein. Die Ergebnisdatensätze wurden für zwei Zeitpunkte (eine Stunde und sechs Stunden nach Sonnenuntergang) ausgewertet.

Die Ergebnisse der Kaltluftsimulationen zeigen, dass sich aufgrund der vielen unversiegelten Freiflächen innerhalb des Untersuchungsgebietes im Laufe der Nacht in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes eine mehrere Dekameter mächtige Kaltluftschicht ausbildet. An den Hängen der Deponie bilden sich nach Sonnenuntergang Kaltluftabflüsse aus, die Strömungsgeschwindigkeiten von maximal 1,0 m/s und Schichthöhen bis ca. 7 m aufweisen.

Die geplante Deponierweiterung Nordwest bewirkt nur relativ geringe Veränderungen der Kaltluftabflüsse, die sich im Wesentlichen auf den Deponiebereich beschränken.

Ein signifikanter Einfluss der geplanten Deponieerweiterung auf das Kaltluftgeschehen im Bereich der nahegelegenen Wohngebiete – insbesondere in der Wohnsiedlung Hefel - kann somit sicher ausgeschlossen werden.

**Bioklima**

Aussagen zu Auswirkungen der Planung auf den bioklimatischen Wirkkomplex wurden aus den vorangegangenen Untersuchungen (Windfeld, Kaltluftströme, Besonnung) sowie Überlegungen zum Versiegelungsgrad der Deponie abgeleitet. Demnach kann eine Verschlechterung der bioklimatischen Belastungssituation durch eine Erhöhung der sommerlichen Wärmebelastung bzw. durch eine Zunahme winterlicher Kältereize sicher ausgeschlossen werden. Die derzeit herrschenden thermischen Bedingungen werden somit auch nach Umsetzung der Planung nicht nachteilig verändert.

## 2 AUFGABENSTELLUNG

Die DBV Deponiegesellschaft Velbert mbH betreibt seit 1997 die Deponie „Plöger Steinbruch“ in Velbert. Es handelt sich dabei um eine Deponie der Deponieklasse I.

Die Deponie Plöger Steinbruch liegt in Velbert-Nord südwestlich der A44. Die Deponie wird im Norden durch die Eintrachtstraße, im Westen durch die Wohnsiedlung Hefel und im Südwesten durch die Haberstraße umgrenzt. Unmittelbar südöstlich der Deponie befindet sich das Industriegebiet Röbbbeck (vgl. **Abb. 2.1** und **Abb. 2.2**).

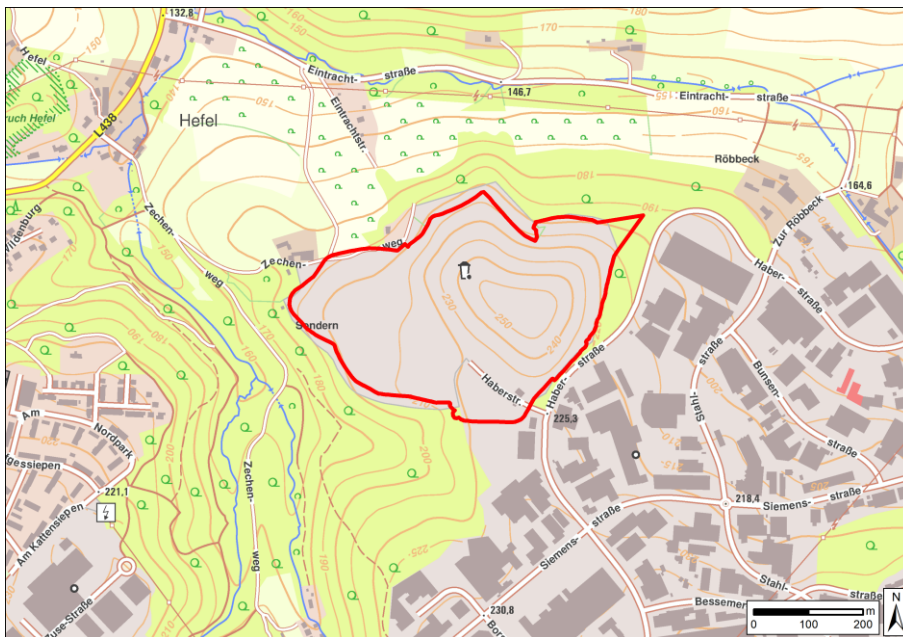


Abb. 2.1: Topographische Karte zur Lage der Deponie Plöger Steinbruch

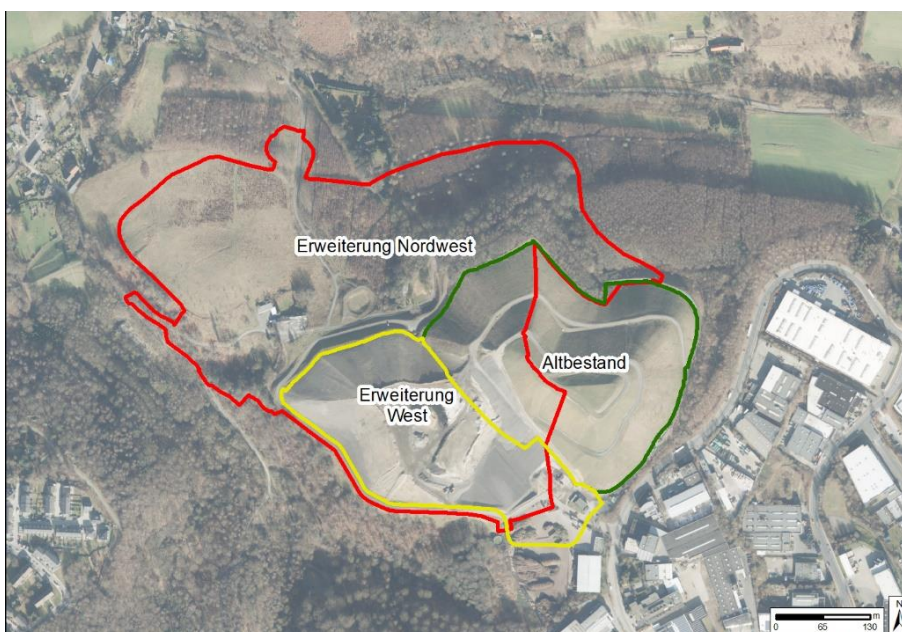


Abb. 2.2: Luftbild mit den Erweiterungen der Deponie Plöger Steinbruch

Die Erweiterung West der Deponie „Plöger Steinbruch“ wurde am 29.03. 2010 durch Planfeststellung zugelassen und wird seit Ende 2011 als Deponie der Klasse 1 betrieben. Das genehmigte Volumen der Erweiterung West beträgt ca. 1 200 000 m<sup>3</sup>. Die Restlaufzeit (Stand Ende 2019) ist auf ca. 8 bis 9 Jahre zu veranschlagen.

Die Stadt Velbert als Vorhabenträgerin beantragt die Erweiterung Nordwest der Deponie „Plöger Steinbruch“. Mit einem Volumen von ca. 2.5 Mio. Kubikmetern soll das Vorhaben einen erheblichen Beitrag zur Entsorgungssicherheit für Deponien der Deponieklasse 1 leisten. Die Erweiterung Nordwest umfasst insgesamt eine Fläche von 147 000 m<sup>2</sup>. Davon überdeckt der Deponiekörper auf ca. 47 000 m<sup>2</sup> die vorhandene Deponie. Die maximale Schütthöhe des Deponiekörpers beträgt 40 m.

Anthropogene Vollformen wie Deponien können die lokalklimatischen Verhältnisse im nahen Umfeld in vielfältiger Weise beeinflussen. Insbesondere können Veränderungen der Strömungs- und der Besonnungsverhältnisse auftreten.

Die DBV mbH als Betreiberin der Deponie hat daher das Ingenieurbüro Lohmeyer beauftragt, mögliche klimatologische Auswirkungen der geplanten Deponieerweiterung im Umfeld zu quantifizieren und zu bewerten. Im Fokus klimatischer Untersuchungen stehen bei Deponien mögliche Verkürzungen der Besonnungsdauer, Veränderungen des bodennahen Windfeldes und Auswirkungen auf die Ausbildung von Kaltluftabflüssen an den Hängen der Deponie.

Darüber hinaus erfolgen Aussagen zum Bioklima.

Um für diese klimatisch relevanten Aspekte die Auswirkungen der beantragten Deponieerweiterung zu bestimmen, wurden umfangreiche Simulationsrechnungen durchgeführt. Hierbei wurden zwei Szenarien untersucht:

### **Prognosenußfall (P0-Fall)**

Grundlage für die Berechnungen des P0-Falls ist der genehmigte Rekultivierungsplan Stand Juli 2018 (vgl. **Abb. 2.3** oben).

### **Planfall**

Den Berechnungen zum Planfall wurde der geplanten Rekultivierungsplan Stand Juli 2019 zugrunde gelegt (vgl. **Abb. 2.3** unten).



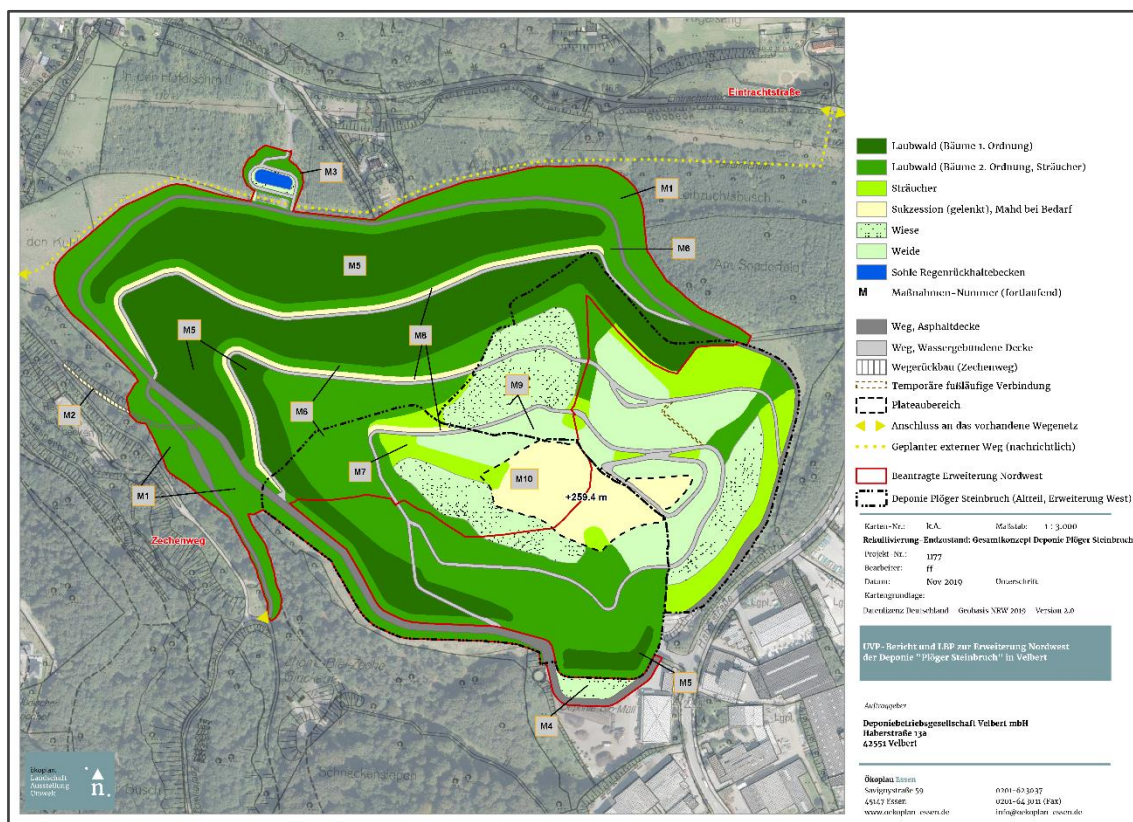


Abb. 2.3: Rekultivierungsplan der Deponie im P0-Fall (oben) und im Planfall (unten)

### 3 GRUNDLAGEN

#### 3.1 Klima im Untersuchungsraum

Der Deponiestandort und der Untersuchungsraum befinden sich in der Nähe (ca. 9 km) der Wetterstation „Essen-Bredeney“ des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Die topographische Lage und die Höhe über NN in der Umgebung der Deponie ist mit der Wetterstation vergleichbar. Deswegen wurden die Daten der Wetterstation „Essen-Bredeney“ für die klimatischen Untersuchungen und die Beschreibung des Standortklimas herangezogen.

Lokale Klimakenngrößen können für den Bezugszeitraum 1981 bis 2010 aus dem „Climate Data Center“ [CDC 2015] des Deutschen Wetterdienst abgeleitet werden.

Die durchschnittliche Lufttemperatur im Untersuchungsraum beträgt in diesem Zeitraum 9,9°C. Für die durchschnittliche jährliche Niederschlagssumme wird ein Wert von 1 057 mm angegeben.

Im Mittel ist am Standort jährlich mit 32 Sommertagen (Temperaturmaximum  $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ) und 6 Hitzetagen (Temperaturmaximum  $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ) zu rechnen.

Die mittlere jährliche Sonnenscheindauer beträgt 1 524 Stunden.

Lokalklimatische Eigenheiten lassen sich auf der Grundlage der „Synthetischen Klimafunktionskarte“ des LANUV charakterisieren (vgl. **Abb. 3.1**).

Die Karte stellt die kleinklimatische räumliche Gliederung in so genannte Klimatope dar. Die Ausbildung von Klimatopen ergibt sich aus den unterschiedlichen klimatisch-energetischen Eigenschaften von Freiflächen, Waldgebieten, Wasserflächen und Bebauungsstrukturen.

Im westlichen und nördlichen Umfeld der Deponie Plöger Steinbruch überwiegen Klimatope (Grünflächen und Wald) mit günstigen bioklimatischen Eigenschaften. Die nächstgelegenen Wohngebiete - beispielsweise die Siedlung Hefel – werden als Vorstadtklimatope gekennzeichnet und weisen somit ein sehr gutes Bioklima auf. Nächtliche Wärmebelastungen treten hier nur selten auf.

Ungünstigere lokalklimatische Bedingungen herrschen in dem südöstlich an die Deponie angrenzenden Industrie- und Gewerbegebiet Röbbbeck. Aufgrund des hohen Versiegelungsgrades und der massiven Bebauung treten hier nachts gegenüber dem nördlichen Umland deutlich höhere Temperaturen auf.



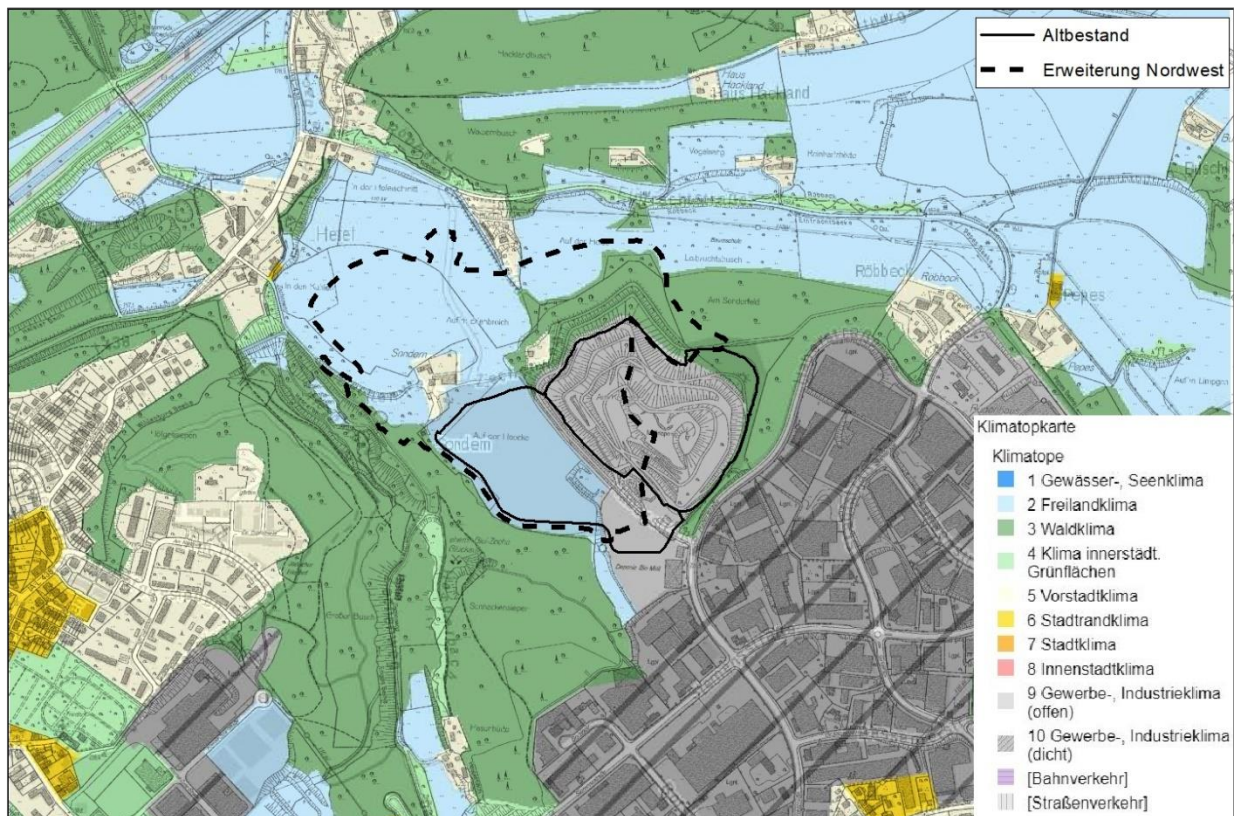


Abb. 3.1: Lokalklima in der Umgebung der Deponie [LANUV WEB1]

### 3.2 Klimatische Auswirkungen von Halden und Deponien

Die Veröffentlichung [KUTTLER 1993] gibt einen umfassenden Überblick über die klimatologischen Auswirkungen von Halden und Deponien. Demnach beeinflussen anthropogene Vollformen wie Deponien oder Halden die lokalklimatischen Verhältnisse in vielfältiger Weise.

Halden und Deponien wirken sich als Strömungshindernis in der bodennahen Reibungsschicht auf die Windverhältnisse aus. Sie können die Besonnungsverhältnisse in ihrer Umgebung verändern und beeinflussen in geringem Maße die Lufttemperatur, die Niederschlagsverteilung, die Evaporation sowie die Luftfeuchtigkeit. Das Ausmaß der Auswirkungen einer Deponie auf die lokalklimatischen Verhältnisse ist u.a. von der Höhe, von der horizontalen Ausdehnung und von der Form des Deponiekörpers abhängig.

Untersuchungen an Halden, die im mikroklimatischen Sinne mit Deponien vergleichbar sind, haben gezeigt, dass es im Vergleich zum Umland im Bereich der Halde zu durchschnittlich leicht höheren Lufttemperaturen kommt. Ursache hierfür sind die niedrigen Albedowerte des Haldenuntergrundes, wodurch der Haldengipfel und vor allem der Südhang bei Strahlungswetter überwärmt werden, und sich einstellende Temperaturinversionen bei austauscharmen Wetterlagen, sofern die Höhe der Halde ausreichend ist und die Hänge nicht zu steil sind. Die thermischen Verhältnisse am Haldenfuß und in der nahen Umgebung werden v.a. durch die an den Hängen gebildete Kaltluft geprägt. Dies kann zu starken Temperaturabsenkungen in den Nachtstunden führen, die durch Mulden und Windabschirmungen noch verstärkt werden können [LEISEGANG 2003].

Der Einfluss einer Halde auf die Jahresniederschlagshöhen, die Luftfeuchtigkeit und die Verdunstung ist insgesamt gering. Im Vergleich zur näheren Umgebung sind die geringsten Jahresniederschläge im Hangbereich von Luv und Lee sowie auf dem Haldengipfel zu finden. Die höchsten Werte liegen am Haldenfuß der vorherrschenden Windrichtung. Das Luftfeuchtefeld wird von vegetationsfreien Halden kaum beeinflusst und die potentielle Verdunstung ist auf der Halde aufgrund höherer Windgeschwindigkeiten und Lufttemperaturen höher als am Haldenfuß und in der Umgebung [KUTTLER 1993].

Lokalklimatische Auswirkungen einer Halde auf das Windfeld sind ebenfalls messbar. Im Vergleich zum Umland sind die Windgeschwindigkeiten auf der Halde erhöht und am Haldenfuß gemindert, wobei diese Effekte mit der Neigung der Hänge zunehmen. Außerdem kommt es zu Veränderungen des bodennahen Windfeldes durch den Haldenkörper (z.B. bei Queranströmung). Den größten Einfluss in Bezug auf das übergeordnete Windfeld hat ein Haldenkörper im Leebereich. Je nach Haldentyp kann das Windfeld bis zu einer Entfernung von 10 bis 20 Haldenhöhen stromabwärts beeinflusst werden [LEISEGANG 2003].

## 4 THEMENKOMPLEX VERSCHATTUNG

### 4.1 Bewertungsgrundlage

Im Hinblick auf die Beurteilung der Besonnung von Wohnungen im Rahmen der Bebauungsplanung bestehen, abgesehen von den Abstandsregelungen der Bauordnungen, keine rechtlichen Festlegungen. Als Grundlage der Beurteilung wurde bisher in der Regel die DIN-Richtlinie „Tageslicht in Innenräumen“ [DIN 5034-1] herangezogen. Durch die Richtlinie „Tageslicht in Gebäuden“ [DIN EN 17037] wurde eine neue europaweit gültige Bewertungsgrundlage für die Tageslichtqualität in Räumen geschaffen. Diese Norm wurde als Grundlage für die Bestimmung und die Bewertung der Besonnungsverhältnisse in der Umgebung der Deponie herangezogen.

Die Besonnungsdauer ist ein wichtiges Qualitätskriterium für einen Innenraum und kann zum menschlichen Wohlbefinden beitragen. Daher **sollte** eine Mindestbesonnungsdauer in Patientenzimmern in Krankenhäusern, in Spielzimmern von Kindergärten und in mindestens einem Wohnraum in Wohnungen sichergestellt werden.

Nach [DIN EN 17037] sollte ein Raum an einem ausgewählten Datum zwischen dem 01. Februar und dem 21. März bei Annahme eines wolkenlosen Himmels eine Besonnung erhalten. Hierbei werden drei Qualitätsstufen für die Besonnungsdauer vorgeschlagen (vgl. **Tabelle 4.1**). Bei der Anwendung der Empfehlung auf eine Wohnung sollte mindestens ein Wohnraum eine Besonnungsdauer nach **Tabelle 4.1** erhalten

Empfehlungsstufe für die Besonnungsdauer	Besonnungsdauer
Gering	1.5 h
Mittel	3.0 h
Hoch	4.0 h

Tabelle 4.1: Empfehlung für die tägliche Besonnungsdauer nach DIN EN 17037

## 4.2 Eingangsdaten

Zur Berechnung der Verschattungen werden digitale Informationen zu den relevanten Verschattungsobjekten im Untersuchungsgebiet benötigt. Dazu zählen Informationen zur Lage und Höhe der Bauwerke, der Vegetation und der Topographie. Die Geländehöhen und die Geometrien der Bestandsbebauung wurden aus frei verfügbaren Geodatenquellen des Landes NRW abgeleitet [OPEN DATA NRW].

Die Geometrien der Deponie Plöger Steinbruch (P0-Fall und Planfall) wurden aus Plänen generiert, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

Die topographischen Verhältnisse für den P0-Fall und den Planfall sind in den **Abb. 4.1** und **Abb. 4.2** dargestellt.

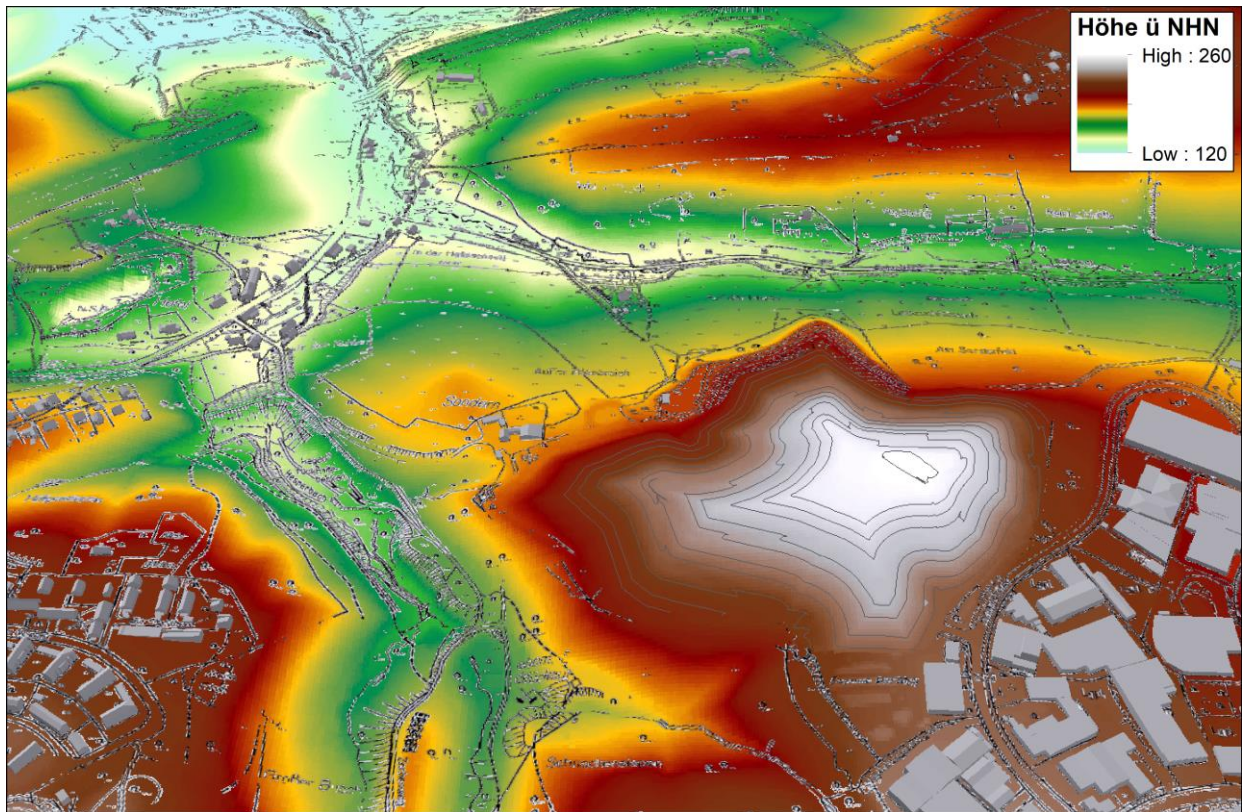


Abb. 4.1: 3D-Modell für die Verschattungssimulationen für den P0-Fall



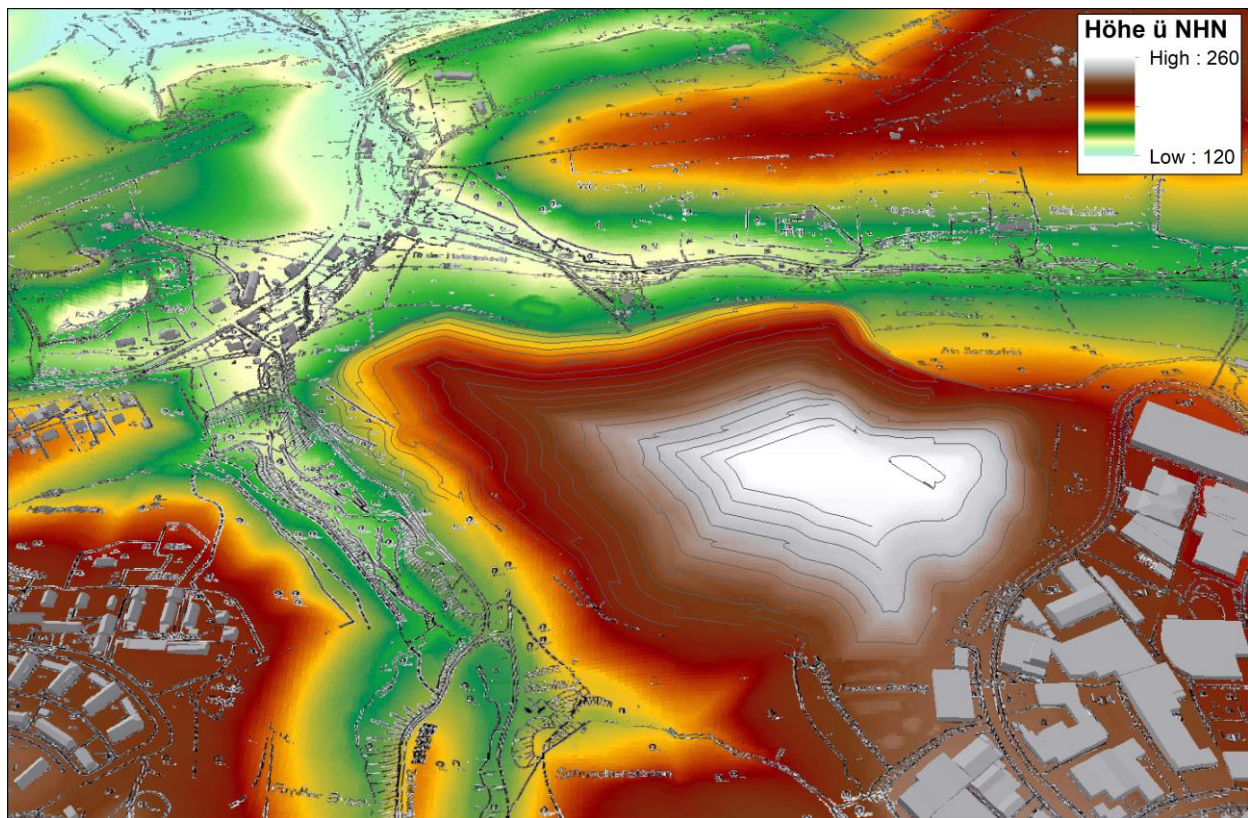


Abb. 4.2: 3D-Modell für die Verschattungssimulationen für den Planfall

### 4.3 Untersuchungsmethodik

Im Rahmen der Untersuchungen wurden die Bereiche der Umgebungsbebauung berücksichtigt, an denen signifikante Veränderungen der Besonnungssituation zu erwarten sind.

Bei der Bestimmung der Besonnungsdauern wurden die sich im Tagesverlauf ändernden Sonnenstände in einer zeitlichen Auflösung von 1 Minute nach dem in Anhang D.5 der [DIN EN 17037] beschriebenen Algorithmus ermittelt. Für jeden Rechenpunkt werden durch eine vorhergehende Berechnung eines Horizontdiagrammes die Zeiten mit Verschattung durch Fensterlaibungen und Fenstersturz, umliegende Gebäude und / oder Topographie exakt erfasst. Aufgrund der Tatsache, dass die Verschattung durch Bäume im Laufe des Jahres starken Veränderungen unterliegt, wurde auf eine Berücksichtigung der Vegetation verzichtet. Besonnungszeiten bei niedrigen Sonnenständen ( $<11^\circ$ ) wurden gemäß [DIN EN 17037] nicht bei der Ermittlung der Besonnungsdauer berücksichtigt.

Bei den Simulationsrechnungen wurde jeweils die astronomisch mögliche Sonnenscheindauer angenommen. Sonnenscheinminderungen durch Wolken, Nebel, etc. blieben unberücksichtigt.

In Anlehnung an die [DIN EN 17037] wurden die Verschattungssimulationsrechnungen für den 21. März durchgeführt. Die für diesen Tag berechneten Besonnungsdauern wurden mit einer hohen räumlichen Auflösung von 0.5 m an den Fassaden der nächstgelegenen Bestandsbebauung in der Wohnsiedlung ausgewertet (vgl. Kapitel 4.4.1).

Zusätzlich wurden Berechnungen für Aufpunkte durchgeführt, die an den Fenstern der nächstgelegenen Wohngebäude platziert wurden, an denen die stärksten Verschattungswirkungen durch die Deponieerweiterung zu erwarten sind (vgl. Kapitel 4.4.2).

## 4.4 Untersuchungsergebnisse

Bei der Bewertung der Rechenergebnisse ist grundsätzlich zu beachten, dass in Deutschland die Besonnungsdauer aufgrund des Verlaufs der Sonnenbahn auch bei freistehenden Gebäuden an nordseitig orientierten Fassaden nicht den SOLLanforderungen der [DIN EN 17037] genügt.

Die astronomisch mögliche Sonnenscheindauer beträgt am 21. März ca. 12 Stunden.

### 4.4.1 Analyse der Besonnungsdauer an Fassaden

Die Ergebnisse der Verschattungssimulationsrechnungen wurden für die Wohnsiedlung Hefel mit Hilfe von 3D-Darstellungen der Besonnungsdauer visualisiert (s. Abbildung A 1.1 im Anhang).

Aus der **Abbildung A. 1.1** lassen sich folgende Rückschlüsse ableiten:

#### P0-Fall

Für den P0-Fall liegen die Besonnungsdauern am 21. März an den ostseitig orientierten Gebäudefassaden größtenteils über 4 Stunden. Die Besonnungsqualität ist somit gemäß [DIN EN 17037] als hoch einzustufen.

#### Planfall

Nach dem Abschluss der Deponieerweiterung Nordwest ergeben sich am 21. März zusätzliche Verschattungen, die eine Minderung der täglichen Besonnungsdauer bewirken. Diese treten insbesondere an den Fassaden der am östlichen Siedlungsrand gelegenen Gebäude auf. Die Qualitätsstufe der Besonnung ist aber auch beim Planfall weitestgehend als hoch einzustufen.

#### 4.4.2 Auswertung für Aufpunkte

Auf der Grundlage der 3D-Analyse der Fassaden wurde für sieben repräsentative Aufpunkte (Fenster) im Bereich der Wohnsiedlung Hefel die Besonnungsdauer am 21. März gemäß den Angaben in der [DIN EN 17037] ermittelt (vgl. **Tabelle 4.2**). Die Lage der Aufpunkte ist der folgenden Abbildung zu entnehmen.



Abb. 4.3: Lage der Aufpunkte im Untersuchungsgebiet

Aufpunkt	Besonnungsdauer in Stunden	
	P0-Fall	Planfall
P1 (Fenster 1.OG)	5.3	5.2
P2 (Fenster 1.OG)	4.2	3.8
P3 (Fenster 1.OG)	4.2	3.7
P4 (Fenster 1.OG)	5.6	5.6
P5 (Fenster EG)	3.1	3.1
P6 (Fenster EG)	5.0	5.0
P7 (Fenster EG)	5.1	5.1

Tabelle 4.2: Besonnungsdauer am 21. März an den untersuchten Aufpunkten

Die Werte der Tabelle 5.1 belegen, dass beim **P0-Fall** an fast allen Aufpunkten (Fenstern von Wohnhäusern) die für den 21. März ermittelten Werte der Besonnungsdauer über 4 Stunden liegen und somit der hohen Qualitätsstufe gemäß [DIN EN 17037] genügen. Am Aufpunkt P5 wird aufgrund der ungünstigeren Fassadenausrichtung eine geringere Besonnungsdauer ausgewiesen. Der Wert von 3.1 Stunden entspricht einer mittleren Besonnungsqualität.

Für den **Planfall** weist die Tabelle 5.1 für den nördlichen Bereich der Wohnsiedlung Hefel (Aufpunkte P4 bis P7) identische Werte auf wie beim P0-Fall. Die Nordwesterweiterung der Halde führt hier zu keiner Veränderung der Besonnungsqualität. Für die südlichen Bereiche des Wohngebietes Hefel werden sich die Besonnungsdauern geringfügig um 0.1 Stunden (Aufpunkt P1) bzw. 0.5 Stunden (Aufpunkt P2 und P3) mindern. An den Aufpunkten P2 und P3 ist aber auch nach der Deponieerweiterung für die Besonnungsdauer die mittlere Qualitätsstufe sichergestellt.



#### 4.4.3 Horizontdiagramme

Die Horizontdiagramme auf den Abbildungen A 1.2 bis A 1.8 im Anhang ermöglichen für die einzelnen Aufpunkte (Fenster) eine tages- und jahreszeitlich differenzierte Ursachenanalyse von Verschattungen. Die Lage der Aufpunkte ist der **Abbildung 4.3** zu entnehmen.

Die folgende Abbildung zeigt ein beispielhaftes Horizontdiagramm.

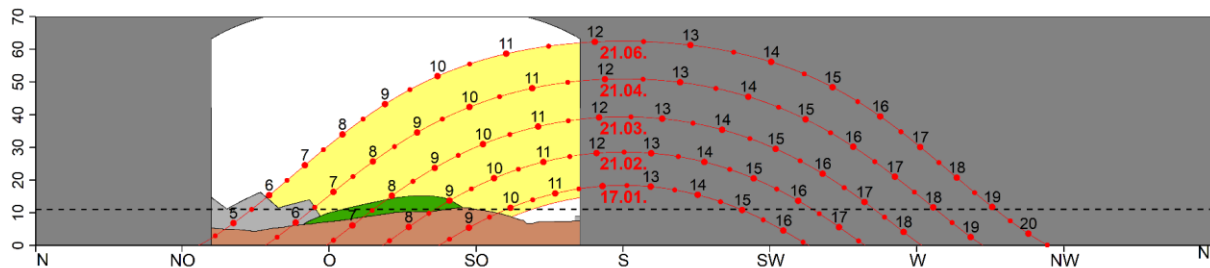


Abb. 4.4: Aufbau eines Horizontdiagrammes

Das Diagramm stellt den Himmelsraum von einem bestimmten Aufpunkt (Fenster) aus gesehen dar. Die Sonnenbahnen (der Lauf der Sonne von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang) sind für verschiedene Tage als rote Linien dargestellt. Die Tageszeit ist durch einen roten Punkt markiert. Die horizontal verlaufende schwarz gestrichelte Linie markiert die Sonnenhöhe von  $11^\circ$ , die für die Bestimmungsdauer nach DIN EN 17037 für die Ermittlung der täglichen Besonnungsdauer heranzuziehen ist.

Verläuft die betrachtete Sonnenbahn vor dem gelben Hintergrund, so bedeutet dies, dass in diesem Zeitraum die Sonne von dem untersuchten Aufpunkt (Fenster) aus sichtbar ist. Wenn die Sonnenbahn vor den grau ausgefüllten Bereichen verläuft, so wird die Sonne von einem Gebäude verdeckt (dunkelgrau bedeutet Eigenverschattung, helleres grau Fremdverschattung). Die bräunlich ausgefüllten Bereiche kennzeichnen Verschattungszeiten, die sich beim P0-Fall durch die Topographie ergeben. Verläuft die Sonnenbahn für einen bestimmten Tag über den grün gefärbten Bereich, so ergeben sich während dieses Tageszeitraumes zusätzliche Verschattungen durch die Deponierweiterung Nordwest.

Für das oben gezeigte Beispiel bedeutet dies für den 21. März, dass beim P0-Fall der Sonnenaufgang aufgrund der Geländeverschattung von ca. 06:30 MEZ auf ca. 07:15 Uhr verzögert wird. Beim Planfall verschiebt sich der Sonnenaufgang um eine weitere Dreiviertel-Stunde auf ca. 08:00 Uhr. Weitere Verkürzungen der Sonnenscheindauer ergeben sich durch die Eigenverschattung von 13:30 bis zum Sonnenuntergang um ca. 18:30 Uhr. Die tägliche Besonnungsdauer wird hierdurch auf ca. 3,8 Stunden verkürzt.

### Ergebnisse für den Bereich der Hefelsiedlung (vgl. Abbildungen A1.2 bis A1.8)

Die grafische Analyse der Horizontdiagramme lässt folgende Rückschlüsse zu:

- Verschattungswirkungen beschränken sich im wesentlichen auf die nach Osten bzw. Südosten orientierten Gebäudefassaden, von denen aus eine Sichtverbindung zur Deponie besteht.
- Für diese Fassaden ist theoretisch vom Zeitpunkt des morgendlichen Sonnenaufgangs - je nach Jahreszeit findet dieser zwischen ca. 04:30 Uhr bis 08:30 Uhr MEZ statt – und der Mittagszeit – je nach Jahreszeit und Aufpunkt ca. 11.00 Uhr bis 13:00 Uhr - eine Besonnung möglich.
- Beurteilungsrelevante Verschattungen durch Nachbarbebauung treten mit Ausnahme des Aufpunktes P1 nicht auf. Hier findet im Winterhalbjahr während der Mittagszeit eine Verschattung durch ein südlich gelegenes Gebäude statt.
- Beim **P0-Fall** verzögert sich die Zeit des Sonnenaufgangs durch die Abschattung des Deponiekörpers um ca. 0.5 bis maximal 1.5 Stunden.
- Beim **Planfall** ergibt sich im Winterhalbjahr gegenüber dem P0-Fall aufgrund der nordwestlichen Erweiterung insbesondere für die nahe dieses Bereichs gelegenen Fenster (Aufpunkte P1 bis P3) eine geringe Zunahme der Verschattungswirkungen (vgl. **Abbildungen A1.2 bis A1.4**). Im Sommerhalbjahr werden sich keine Veränderungen der Besonnungsverhältnisse ergeben.

## 5 THEMENKOMPLEX WINDFELD

### 5.1 Grundlagen

#### 5.1.1 Beaufort-Skala

Die Windgeschwindigkeit wird häufig auf der Grundlage der Beaufortskala angegeben. Die Beaufort-Skala teilt die Windgeschwindigkeit nach den unterschiedlichen Auswirkungen des Windes in Klassen ein (vgl. **Tabelle 5.1**). Anwendung findet die Beaufort-Skala beispielsweise bei der Regelung von Sturmschäden durch Versicherungen, für die ein Anspruch auf Entschädigung prinzipiell erst ab Windstärke Beaufort 8 („Stürmischer Wind“) besteht.

Tabelle 5.1: Beaufort-Skala und Windgeschwindigkeit [DWD 1989]

Beaufort-Grad	Bezeichnung	Auswirkungen des Windes	Geschwindigkeit	
			m/s	in km/h
0	Windstille	Rauch steigt gerade empor.	0.0 – 0.3	0 - 1
1	Leiser Zug	Windrichtung angezeigt nur durch Zug des	0.3 – 1.6	1 - 6
2	Leichter Wind	Wind am Gesicht fühlbar, Blätter säuseln,	1.6 – 3.4	6 - 12
3	Schwacher Wind	Blätter und dünne Zweige bewegen sich, Wind	3.4 – 5.5	12 - 20
4	Mäßiger Wind	Wind hebt Staub, lockeren Schnee und loses	5.5 – 8.0	20 - 29
5	Frischer Wind	Kleine Laubbäume beginnen zu schwanken,	8.0 – 10.8	29 - 39
6	Starker Wind	Starke Äste in Bewegung, Pfeifen in Telegraphen-	10.8 – 13.9	39 - 50
7	Steifer Wind	Ganze Bäume in Bewegung, fühlbare Hemmung	13.9 – 17.2	50 - 62
8	Stürmischer Wind	Bricht Zweige von den Bäumen, erschwert	17.2 – 20.8	62 - 75
9	Sturm	Kleinere Schäden an Häusern (Rauchhauben und	20.8 – 24.5	75 - 88
10	Schwerer Sturm	Entwurzelte Bäume, bedeutende Schäden an	24.5 – 28.5	88 - 103
11	Orkanartiger Sturm	Verbreitete Sturmschäden (sehr selten im	28.5 – 32.6	103 - 117
12	Orkan	Schwerste Verwüstungen.	> 32.6	> 117

### 5.1.2 Windgeschwindigkeitsfaktor als Bewertungskenngröße

Der Windgeschwindigkeitsfaktor  $WF$  stellt ein Maß zur Darstellung der Durchlüftungssituation und zur Abschätzung des Gefährdungsrisikos durch den Wind beim Aufenthalt im Freien dar. Er ist definiert als das Verhältnis der lokalen Windgeschwindigkeit zur ungestörten Windgeschwindigkeit in derselben Bezugshöhe.

Im städtischen Umfeld bewirkt die Verdrängungswirkung größerer Gebäude starke lokale Veränderungen der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung. Die Windgeschwindigkeiten sind hier aufgrund der gegenüber dem Freiland erhöhten Rauigkeit in der Regel niedriger ( $WF < 1.0$ ). Besonders windschwache Bereiche befinden sich in den Luv- und den Leezonen quer angeströmter Gebäude und im Bereich von Innenhöfen.

Im Umfeld luvseitiger Gebäudeecken und in Durchgängen können lokal eng begrenzt höhere Geschwindigkeiten als im Umland auftreten ( $WF > 1.0$ ).

### 5.1.3 Wetterdaten

Die Auswahl der auszuwertenden Windrichtungen erfolgte auf der Grundlage einer langjährigen Windrichtungsverteilung der Station Essen-Bredeney, die vom Deutschen Wetterdienst betrieben wird (s. **Abb. 5.1**) und die Windverhältnisse am Standort sehr gut repräsentiert.

Die **Abb. 5.1** zeigt, dass der übergeordnete Wind im Untersuchungsgebiet bevorzugt aus südwestlichen Richtungen weht. Sekundäre Windrichtungsmaxima sind bei südlichen und nordöstlichen Winden zu beobachten. Für die Beurteilung der lokalen Windverhältnisse und ihre Veränderung durch die für den Planfall zugrunde gelegte Deponieerweiterung und -erhöhung sind daher diese drei Windrichtungssektoren von besonderer Bedeutung.

Im Rahmen der Windfeldanalysen wurden daher die Windrichtungen  $60^\circ$  (Nordost),  $180^\circ$  (Süd) und  $230^\circ$  (Südwest) detailliert untersucht.

Zusätzlich wurden statistische Auswertungen der bodennahen Windgeschwindigkeiten zur Bestimmung des Windkomforts vorgenommen.

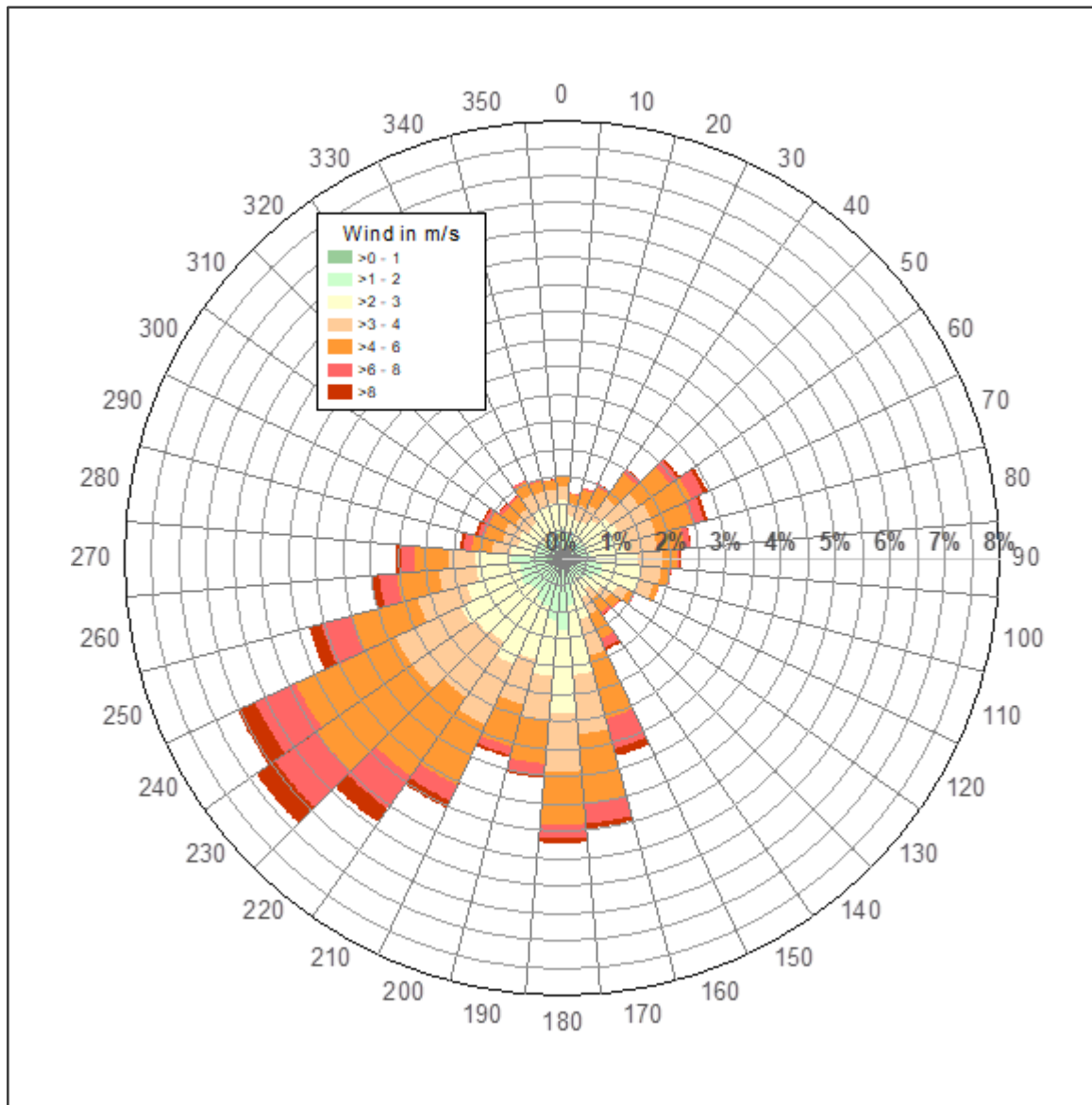


Abb. 5.1: Windrichtungsverteilung der DWD-Station Essen-Bredeney

Zeitraum der Messungen: 01.01.1978 bis 31.12.2017  
 Mittlere Windgeschwindigkeit: 3.5 m/s

## 5.2 Durchführung der Windfeldberechnungen

Die windklimatische Studie basiert auf dreidimensionalen numerischen Windfeldsimulationen mit dem mikroskaligen Strömungsmodell *MISKAM* [EICHHORN 1989]. *MISKAM* wurde durch umfangreiche Vergleichsrechnungen mit Windkanaluntersuchungen gemäß den Vorgaben der VDI-Richtlinie „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung“ [VDI 3787-9] validiert.

Die Modellrechnungen erfordern die Definition eines Rechengebietes und eine Aufteilung dieses Gebietes in viele quaderförmige Rechenzellen. Zellen, in denen Bebauung oder Topographie vorliegt, werden als undurchlässig gekennzeichnet.

Das Rechenzellgitter des Untersuchungsgebietes wurde auf der Grundlage der 3D-Modelle der Verschattungssimulationsrechnungen ohne Vegetation erzeugt (vgl. **Abb. 4.1** und **Abb. 4.2**). Die Kenndaten dieses Rechengitters sind in der **Tabelle 5.2** zusammengefasst.

Anzahl und Abstand der Gitterpunkte			Gitterpunktanzahl
x-Richtung 4,0 m	y-Richtung 4,0 m	z-Richtung 1,0 m*	
328	286	125	11.726.000

\* Variabel, mit der Höhe zunehmend

Tabelle 5.2: Kenndaten der für die Simulation verwendeten Rechengitter

Bei den Windfeldsimulationen werden lokale Veränderungen des bodennahen Windfeldes durch Gebäude und bestehende sowie geplante Topographie detailliert im Modell abgebildet. Der windhemmende Einfluss von Bäumen und Sträuchern, Masten, Schildern, parkenden Autos u.a. wurde nicht detailliert bei den Berechnungen abgebildet, so dass im Umfeld solcher Strömungshindernisse die bodennahen Windgeschwindigkeiten in den Modellrechnungen tendenziell überschätzt werden.

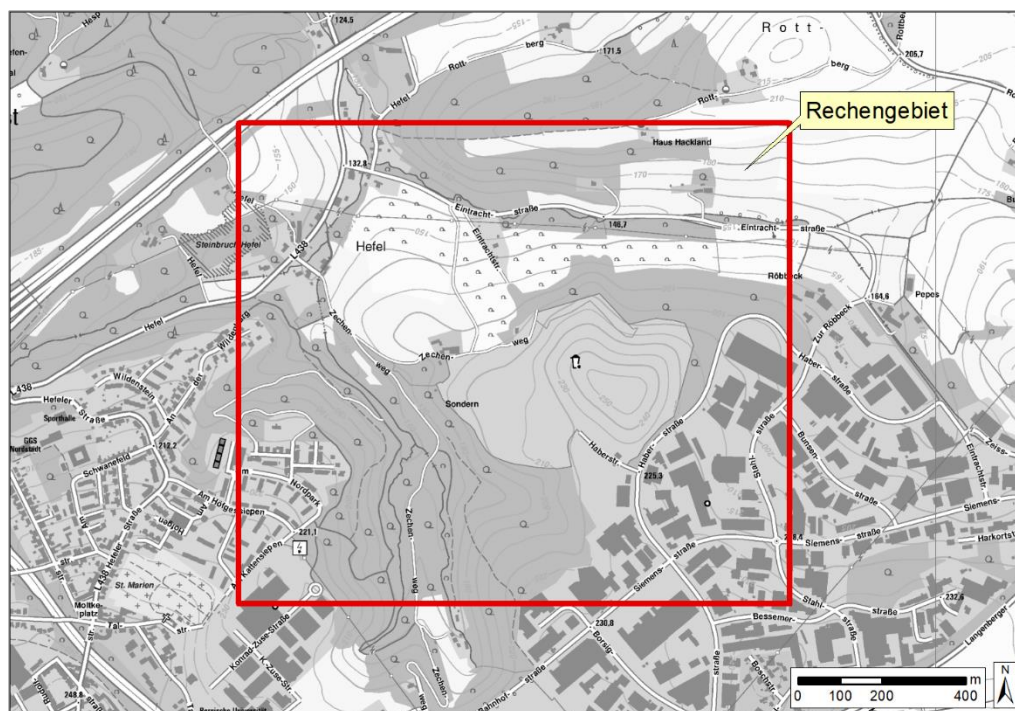


Abb. 5.2: Abgrenzung des Rechengebiets MISKAM

### 5.3 Ergebnisse der Windfeldberechnungen

Die Analyse der allgemeinen Durchlüftung erfolgte durch eine grafische Analyse des Windgeschwindigkeitsfaktors (siehe Abschnitt 5.1.2) für die drei untersuchten Hauptwindrichtungen 60°, 180° und 230°.

Die für die drei Windrichtungen ermittelten Werte des Windgeschwindigkeitsfaktors wurden für den P0-Fall und den Planfall jeweils in Bodennähe und in einem Höhenniveau von 10 m über Grund ausgewertet und dargestellt. Veränderungen der Windgeschwindigkeiten werden in Form einer Differenzdarstellung visualisiert.

Die **Abbildungen A 2.1 bis A 2.6** stellen die kleinräumigen Windverhältnisse in den beiden Auswerteebenen für die drei untersuchten Windrichtungen dar.

Bereiche mit lokal hohen Windgeschwindigkeiten ( $WF > 1$ ) sind durch blaue Farbtöne gekennzeichnet. Hier treten bei einer entsprechenden Anströmrichtung vergleichbare oder sogar höhere Windgeschwindigkeiten auf wie im offenen Freiland. Bei stürmischen Wetterlagen besteht hier die Gefahr von sehr starken Windböen, die Passanten beeinträchtigen können. An warmen schwachwindigen Sommertagen wird ein Aufenthalt in diesen Bereichen hingegen aufgrund der sehr guten Ventilation als angenehm empfunden.

Bereiche mit deutlich niedrigeren Windgeschwindigkeiten als im Freiland sind durch gelb-rote Farben gekennzeichnet. Der Aufenthaltskomfort ist hier für bestimmte Nutzungen und Tätigkeiten besonders hoch. Bei fehlender Verschattung durch Gebäude oder Bäume können hier allerdings an sonnigen warmen Sommertagen aufgrund des geringen Luftaustausches lokal besonders hohe Wärmebelastungen auftreten. Ein Aufenthalt an sonnigen Tagen in den Übergangsjahreszeiten oder bei windigen Wetterlagen ist hingegen angenehm.

Die **Abbildungen A 2.7 und A 2.8** stellen den Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit in Bodennähe und in 10 m über Grund dar. Aus den Grafiken lassen sich Bereiche mit allgemein guter Belüftung von Bereichen mit verringertem Luftaustausch ablesen. In Bereichen mit verringertem Luftaustausch kann es an warmen sonnigen Sommertagen bei fehlender Verschattung zu einer erhöhten Hitzebelastung kommen.

In der **Abbildung A 2.9** sind die Bereiche gekennzeichnet, in denen bei windigen Wetterlagen beim Planfall besonders häufig Sturmböen von mehr als 20 m/s (bzw. 72 km/h) auftreten können.

Die Ergebnisgrafiken lassen folgende Rückschlüsse zu:

- Erwartungsgemäß werden für den P0-Fall und für den Planfall in den höher gelegenen und somit windexponierten Bereichen der Deponie besonders hohe Windgeschwindigkeiten prognostiziert. Hier herrscht ein sehr guter Luftaustausch, so dass hier an heißen Sommertagen ein guter thermischer Komfort gegeben ist. Bei windigen Wetterlagen ist hier aber auch die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Sturmböen erhöht. Um Windbruch zu vermeiden, sollte daher bei der Planung und der Umsetzung des Rekultivierungskonzepts darauf geachtet werden, dass in den Bereichen mit erhöhter Gefahr des Auftretens von Sturmböen keine höheren Bäume gepflanzt werden sollten (vgl. **Abbildung A2.9**).
- Luv- und leeseitig der Deponie ist mit Windgeschwindigkeitsminderungen und einem verringerten Luftaustausch zu rechnen.
- Die bodennahen Windverhältnisse in der Hefelsiedlung und dem Industriegebiet Röbbek werden in starkem Maße von der Bebauungsstruktur geprägt. Hierdurch hervorgerufene Strömungsphänomene - Verdrängung, Wirbelablösung, Kanalisierung, Umlenkung, Stau und Abschirmung - können zu kleinräumigen Veränderungen der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung führen. Besonders niedrige Windgeschwindigkeiten treten in den Luv- und den Leezonen quer angeströmter Gebäude auf.
- Signifikante Veränderungen der Windverhältnisse, die durch die Erweiterung der Deponie verursacht werden, beschränken sich im Wesentlichen auf den Deponiebereich. Tendenziell kommt es - insbesondere im nordwestlichen Bereich der Deponie - zu einer Zunahme der Windgeschwindigkeiten.
- In der Hefelsiedlung sowie im Industriegebiet werden sich keine Auswirkungen auf das bodennahe Windfeld nachweisen lassen.



## 6 THEMENKOMPLEX KALTLUFTABFLUSS

### 6.1 Grundlagen

Kaltluft wird insbesondere in klaren windschwachen Strahlungsnächten produziert. Ursache für die Abkühlung ist die effektive langwellige Ausstrahlung der Erdoberfläche, d.h. die Differenz zwischen der Wärmestrahlung der aktiven Oberfläche (Boden, Vegetation) und der langwelligen Gegenstrahlung der Atmosphäre. Letztere ist insbesondere bei klarem Himmel zu gering, um die Ausstrahlung zu kompensieren, so dass letztlich ein Wärmeverlust an der aktiven Oberfläche entsteht. Der Wärmeaustausch zwischen der sich abkühlenden Oberfläche und der Atmosphäre führt dazu, dass die abgestrahlte Wärme der bodennahen Luftschicht entzogen und somit Kaltluft produziert wird.

Voraussetzungen für die Ausbildung einer ausgeprägten bodennahen Kaltluftschicht sind:

- eine negative Strahlungsbilanz
- eine geringe Wärmezufuhr aus dem Boden
- ein schwacher Impulsaustausch mit den darüberliegenden Luftmassen (schwacher Wind bei Hochdruckwetterlagen).

In ebenem Gelände bleibt die bodennahe gebildete Kaltluft an Ort und Stelle liegen. Es kommt zur Ausbildung einer sogenannten Inversionsschicht, deren Höhe im Lauf der Nacht zunimmt. In geneigtem Gelände hingegen setzt sich die bodennah gebildete Kaltluft infolge der horizontalen Dichteunterschiede hangabwärts in Bewegung (Hangabwind). Für das Abfließen von Kaltluft ist eine Hangneigung von mindestens 1 bis 2° erforderlich. Die vertikale Mächtigkeit und die Geschwindigkeit von Hangabwinden ist von der Länge des Hanges, der Hangneigung, der Bodenreibung (Bewuchs, Bebauung) und dem Dichteunterschied abhängig.

In Tälern fließen die Hangabwinde zusammen und es kann ein mehr oder weniger mächtiger Talabwind entstehen, der als Bergwind bezeichnet wird. Typische Geschwindigkeiten von Hangwinden liegen im Bereich von 0.5 m/s bis 2.0 m/s. Bergwinde können mit ca. 1 m/s bis zu 10 m/s erheblich höhere Geschwindigkeiten erreichen. Die vertikale Mächtigkeit der abfließenden Kaltluft und die Geschwindigkeit des Abflusses hängen im Wesentlichen von der Fläche des Einzugsgebietes, der Kaltluftproduktionsrate, dem Talgefälle und den Rauigkeiten im Talbereich ab. Die Fließrichtung wird durch die Geländeform bestimmt. Als Leitlinien des Kaltluftabflusses treten talwärts führende Einsenkungen des Geländes wie z.B. Seitentäler, Schluchten und Rinnen in Erscheinung.

Die Kaltluftentstehung und der Kaltluftabfluss hängen somit von den folgenden Faktoren ab:

- den meteorologischen Verhältnissen
- der Flächennutzung
- der Geländeform und der Exposition.

In topographisch gegliedertem Gelände kommt thermisch induzierten Windsystemen unter bioklimatischen und lufthygienischen Gesichtspunkten eine besondere Bedeutung zu. So können Kaltluftabflüsse während austauscharmer Wetterlagen einen nächtlichen Luftaustausch der belasteten städtischen Luftmassen mit unbelasteter Frischluft bewirken. Zudem sorgen nächtliche Kaltluftabflüsse im Sommer für eine Minderung der innerstädtischen Überwärmung.

Ungünstige lufthygienische Auswirkungen durch Kaltluftabflüsse können auftreten, wenn bodennahe Emittenten von Luftschadstoffen oder Gerüchen in deren Einflussbereich liegen, da die im Kaltluftabflussbereich freigesetzten Schadstoffe und Gerüche mittransportiert werden ohne dass hierbei eine wirksame Verdünnung stattfindet. Hierdurch kann auch in größeren Entfernungen vom Freisetzungsort „flussabwärts“ gelegene Wohnbebauung in starkem Maße von den entsprechenden Immissionen beaufschlagt werden.

## 6.2 Rechenmodell

Die Berechnungen wurden mit der aktuellen Version des Kaltluftabflussmodells KLAM\_21 durchgeführt. Bei KLAM\_21 handelt es sich um ein zweidimensionales, mathematisch-physikalisches Simulationsmodell, welches vom Deutschen Wetterdienst entwickelt wurde [SIEVERS 2005]. Das Modell ermöglicht die Ermittlung von Kaltluftabflüssen und Kaltluftansammlungen in orographisch gegliedertem Gelände und hat sich in zahlreichen Gutachten zur Standort-, Stadt- und Regionalplanung bewährt.

Die Kaltluftmodellierung mit KLAM\_21 beruht auf Angaben zur Geländehöhe und zur Flächennutzung innerhalb des in äquidistante Gitterzellen aufgeteilten Untersuchungsgebietes. Modellintern werden hieraus die Rauigkeitslänge der Oberfläche sowie die Ausstrahlung der einzelnen Gitterzellen abgeleitet. Für Siedlungsbereiche oder bewaldete Flächen werden zusätzliche Kenngrößen wie z.B. die mittlere Gebäudehöhe oder der Blattflächenindex berücksichtigt.

Das Modell simuliert die Kaltluftentwicklung und ermöglicht Aussagen zur Kaltluflhöhe, der Strömungsgeschwindigkeit und zur Volumenstromdichte.

Angaben zur Größe und Lage des Untersuchungsgebietes können der **Tabelle 6.1** und der **Abb. 6.1** entnommen werden.

Gitterauflösung [m]	Ausdehnung in X-Richtung [m]	Ausdehnung in Y-Richtung [m]	Anzahl Rechenzellen
2	3080	2770	2.132.900

Tabelle 6.1: Größe des KLAM\_21-Rechengebietes

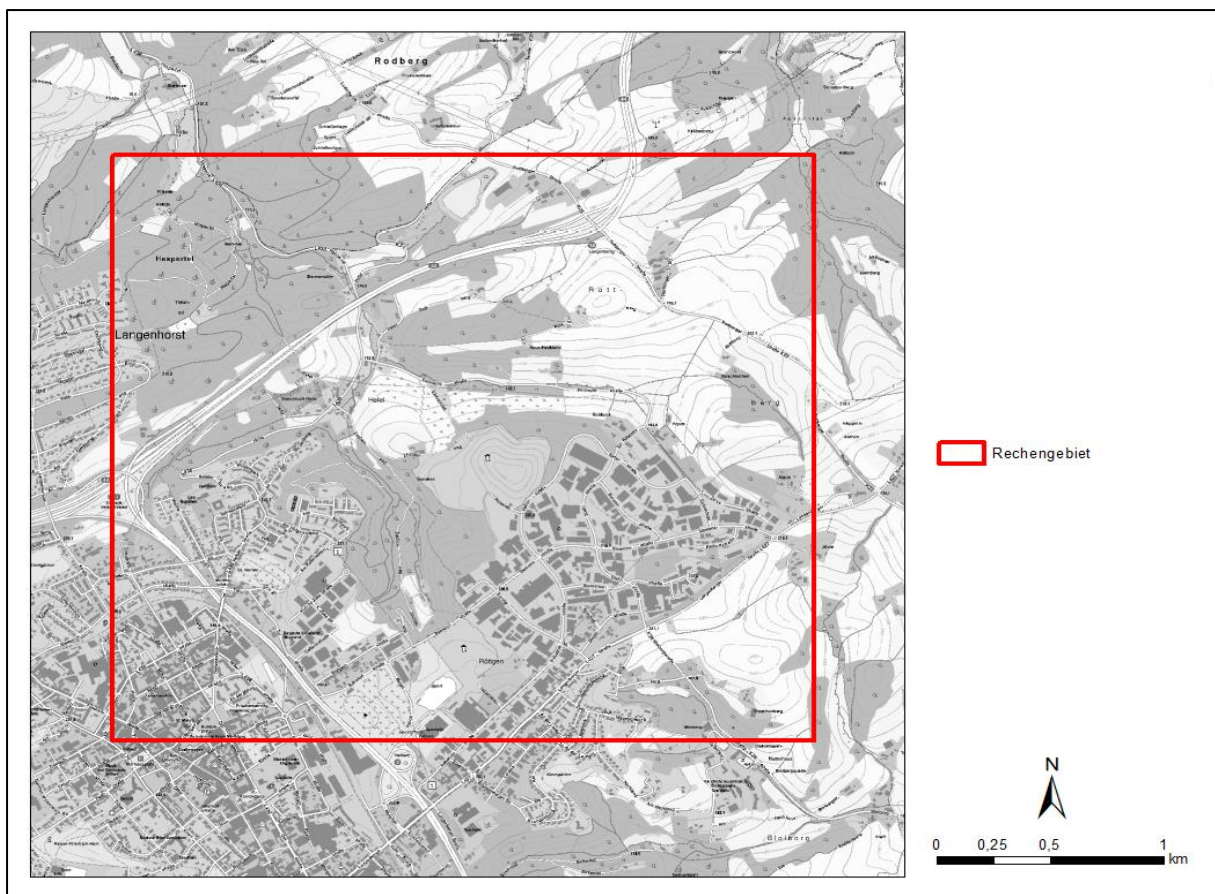


Abb. 6.1: Lage des KLAM\_21-Rechengebietes

## 6.3 Eingangsdaten

### 6.3.1 Digitales Geländemodell (DGM)

Das Relief des Untersuchungsgebietes wurde aus einem frei zugänglichen digitalen Geländemodell [OPEN DATA NRW], mit einer Auflösung von 2 Metern abgeleitet.

Die Form und die Höhe des Deponiekörpers wurden für den P0-Fall und für den Planfall auf der Grundlage von digitalen Planunterlagen modelliert (vgl. **Abb. 6.2** und **Abb. 6.3**).

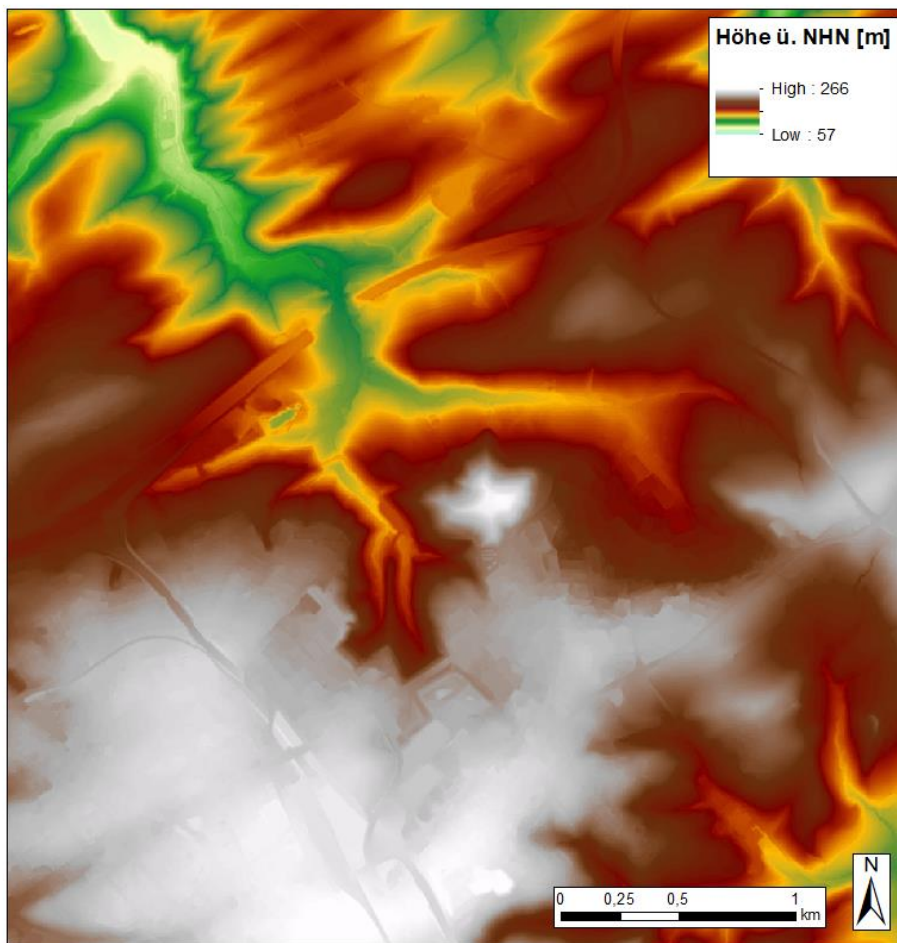


Abb. 6.2: Relief im Untersuchungsgebiet für den P0-Fall

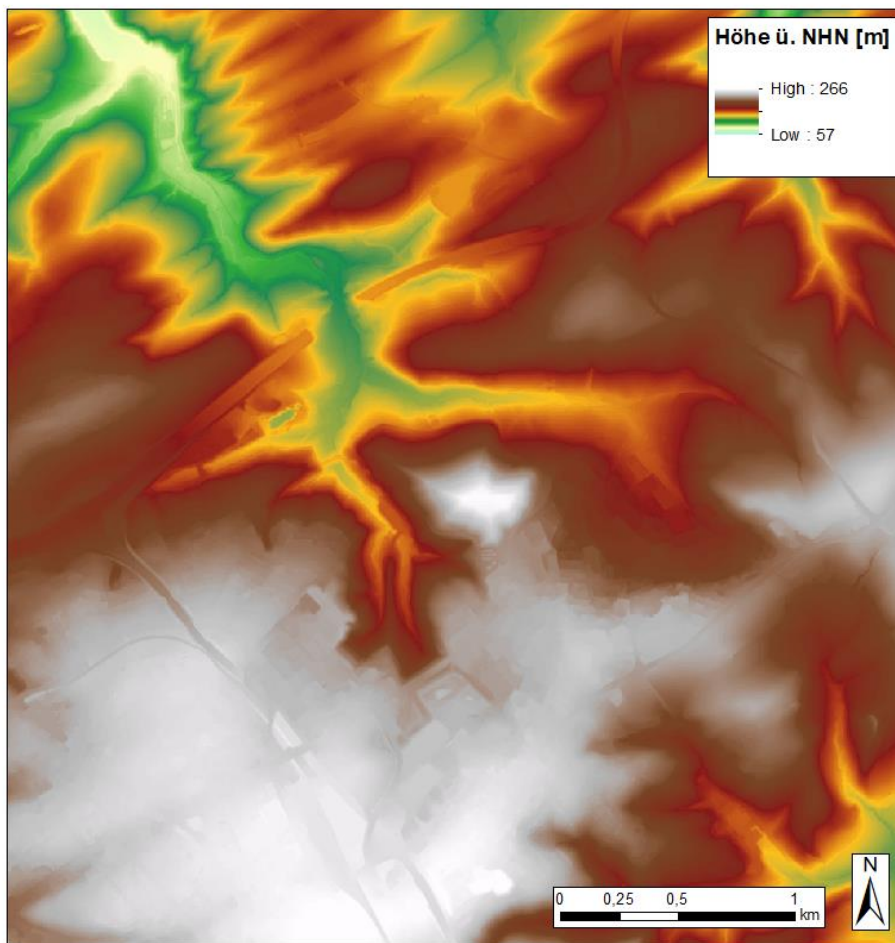


Abb. 6.3: Relief im Untersuchungsgebiet für den Planfall

### 6.3.2 Landnutzungsdaten

Informationen über die Landnutzung werden benötigt, um parametrisierte Kaltluftproduktionsraten und Rauigkeitslängen abzuleiten. Hierzu wurden Daten des digitalen Landschaftsmodells (DLM) aus [OPEN DATA NRW] verwendet.

Für das Rechenmodell KLAM\_21 müssen die Informationen zur Landnutzung in Klassen umgewandelt werden, die vom Programm interpretiert werden können. Die Umwandlung der im DLM hinterlegten Klassifikationen erfolgte auf der Grundlage von Eindrücken einer Ortsbesichtigung sowie auf der Grundlage von Luftbildanalysen.

Im Bereich der Deponie wurden für den P0- und den Planfall die hierfür vorgesehenen Rekultivierungsmaßnahmen berücksichtigt.

Einen Überblick über die in die Berechnung eingeflossenen Landnutzungsklassen geben die folgenden Abbildungen.



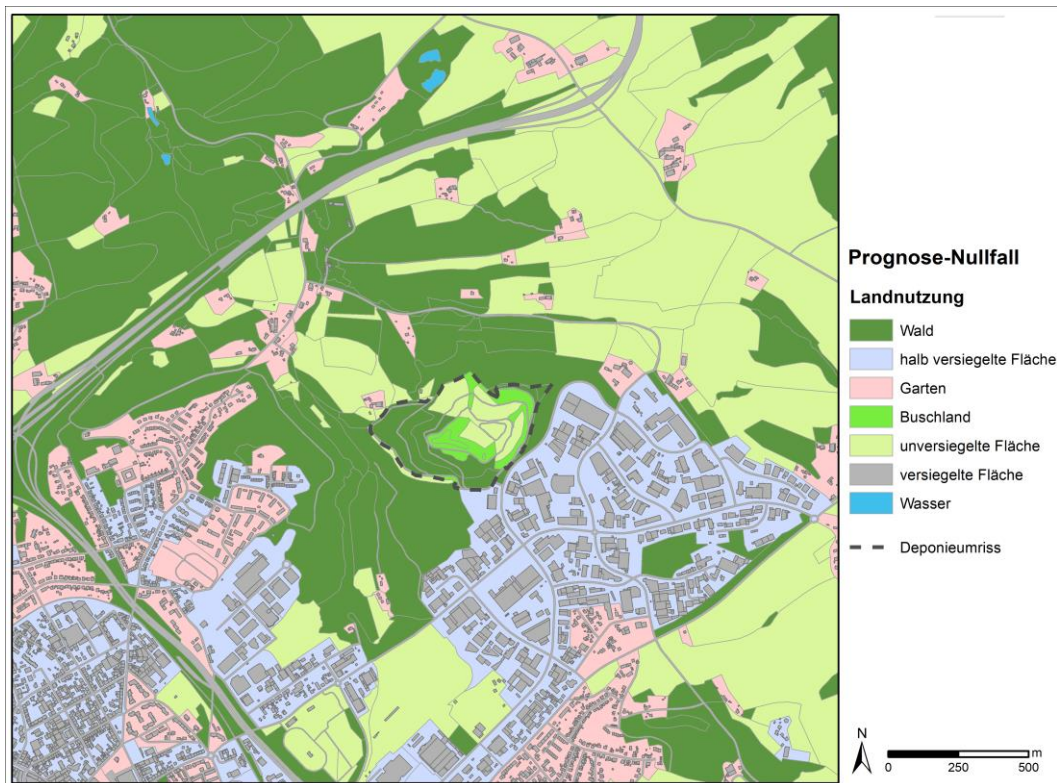


Abb. 6.5: KLAM\_21 Landnutzungsklassen für den P0-Fall

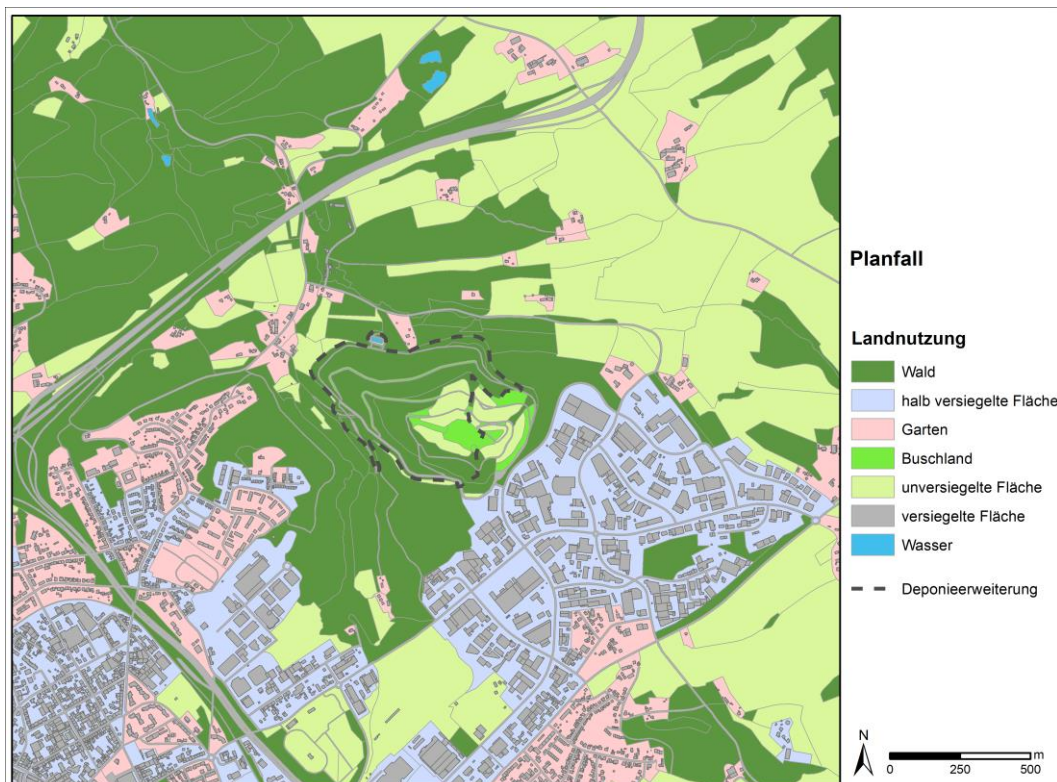


Abb. 6.4: KLAM\_21 Landnutzungsklassen für den Planfall

## 6.4 Ergebnisse

Auf der Grundlage der dargelegten Eingangsdaten wurde das Kaltluftgeschehen für eine windstille Strahlungsnacht mit dem Kaltluftabflussmodell KLAM\_21 für den P0- und den Planfall simuliert.

Die Simulationsergebnisse wurden für zwei Zeitpunkte (eine Stunde und sechs Stunden nach Sonnenuntergang) ausgewertet und dargestellt. Betrachtet wurden die Parameter Strömungsgeschwindigkeit und Kaltluflhöhe.

Beim P0- und beim Planfall bilden sich nach Sonnenuntergang an den Hängen der Deponie bodennahe Kaltluftströmungen aus. Die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten betragen aufgrund der relativ geringen Länge der Deponiehänge weniger als 1 m/s und treten in einem Geländeeinschnitt am nördlichen Hangbereich der Deponie auf. Die **Abbildung A 3.1** verdeutlicht, dass Kaltluftströmungen der Deponie in abgeschwächter Form bis in die Hefelsiedlung vordringen können.

Im weiteren Verlauf der Nacht nehmen die bodennahen Kaltluftströmungsgeschwindigkeiten nicht weiter zu, sondern schwächen sich in den unteren Hangbereichen und im nahen Umfeld der Deponie im Laufe der Nacht ab (vgl. **Abbildung A 3.1 mit Abbildung A 3.2**).

Beim Planfall schwächen sich gegenüber dem P0-Fall die Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich der Erweiterungsfläche tendenziell ab. Dies ist auf den erhöhten Strömungswiderstand der hier im Rahmen der Rekultivierung geplanten Aufforstung zurückzuführen (vgl. **Abbildung 2.1**).

Die **Abbildungen A 3.3 und A 3.4** stellen die Kaltluflhöhe zu verschiedenen Zeiten nach Sonnenuntergang dar. Die Abbildungen verdeutlichen, dass die Maximalhöhen der Kaltluftabflüsse im Bereich der Deponie aufgrund der relativ geringen Hanglänge und Höhendifferenz bis lediglich ca. 7 m anwachsen.

Im Umfeld der Deponie bildet sich nach Sonnenuntergang eine Kaltluftschicht, deren vertikale Mächtigkeit im Laufe der Nacht kontinuierlich anwächst. Westlich und nördlich der Deponie weist die Kaltluftschicht 6 Stunden nach Sonnenuntergang eine Höhe von ca. 40 bis 60 m auf. Hierdurch können die unteren Bereiche der Deponie, die in der Kaltluftschicht liegen, nicht mehr zur Kaltluftdynamik beitragen, so dass hier im Laufe der Nacht die Kaltluftströmungen abnehmen und schließlich zum Erliegen kommen (vgl. **Abbildung A 3.1 mit Abbildung A 3.2**).

Die Differenzauswertungen der Kaltluftsimulationsrechnungen belegen, dass sich in der Wohnsiedlung Hefel durch die Nordwesterweiterung der Deponie keine Veränderungen im Hinblick auf die Frischluftzufuhr durch Kaltluftabflüsse ergeben werden.

## 7 THEMENKOMPLEX BIOKLIMA

Das Bioklima beschreibt die Gesamtheit aller atmosphärischen Einflussgrößen auf sämtliche Lebewesen, oftmals wird Bioklima aber im engeren Sinne als Einfluss auf den menschlichen Organismus verstanden [DWD 2012].

In der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 [VDI 3787-2] werden standardisierte Bewertungsverfahren der Human-Biometeorologie für die auf Menschen bezogene Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene (Bioklima) bei der räumlichen Gesamtplanung bereitgestellt.

Für den Untersuchungsraum ist als wesentlicher bioklimatischer Faktor die Wärmebelastung zu betrachten, die durch den Klimawandel zukünftig zunehmen wird.

Erhöhte Wärmebelastungen treten hauptsächlich bei sommerlichem, gering bewölktem Hochdruckwetter mit hohen Lufttemperaturen, hoher Feuchte und geringer Luftbewegung auf. Kältereize sind bei kaltem, windigem Wetter mit starker Bewölkung zu erwarten.

Die **Abbildung 7.1**, die aus dem Fachinformationssystem (FIS) Klimaanpassung [LANUV WEB2] exportiert wurde, stellt eine Gesamtbetrachtung der thermischen Belastungssituation in bebauten Gebieten dar und ermöglicht eine Bewertung der Ausgleichsfunktionen von Grünflächen im Umfeld der Deponie.

Die Abbildung 7.1 belegt, dass in der am nächsten zur Deponie gelegenen Wohnsiedlung ‚Hefel‘ eine günstige und teilweise sogar sehr günstige thermische Situation vorliegt. Nächtliche Überwärmungstendenzen sind hier nicht vorhanden oder allenfalls schwach ausgeprägt, so dass hier bei sommerlichen Hitzeperioden günstige Bedingungen für eine nächtliche Raumauskühlung und einen erholsamen Schlaf gegeben sind. Ähnliche günstige Bedingungen sind im Bereich der westlich der Deponie gelegen Wohnbebauung an den Straßenzügen ‚Wildenstein‘ / ‚Wildenhang‘ / ‚An der Wildenburg‘ gegeben. Hier sind keine Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation notwendig. Der vorhandene Vegetationsanteil sollte erhalten werden [LANUV 2018].

Ungünstigere thermische Bedingungen herrschen im südöstlich der Deponie gelegenen Industriegebiets Röbbek. Hier werden Teilbereiche als Klimavorsorgebereiche der Klasse 3 und Klasse 4 ausgewiesen, in denen aufgrund des Klimawandels bis zum Jahr 2050 Verschlechterungen der thermischen Situation von wenig günstig auf ungünstig (bei Klasse 3) bzw. von ungünstig auf sehr ungünstig (bei Klasse 4) zu erwarten sind. Hier sollten zukünftig Verbesserungen der Durchlüftung und /oder eine Erhöhung des Grünflächenanteils angestrebt werden [LANUV 2018].



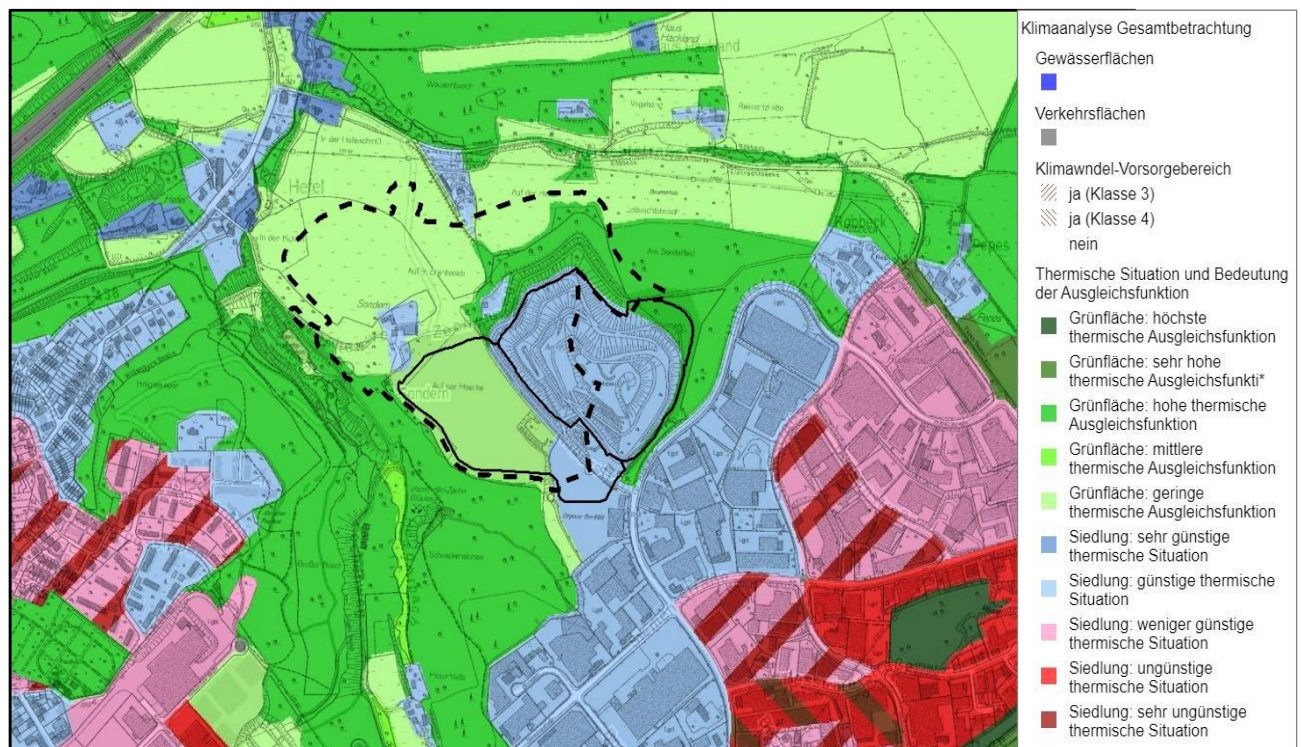


Abb. 7.1: Klimaanalysekarte Gesamtbetrachtung [LANUV WEB]

Den Waldflächen, die an die Deponie angrenzen, kommt eine hohe thermische Ausgleichsfunktion zu. Aufgrund der Verschattung herrschen hier tagsüber günstige thermische Bedingungen vor.

Die Untersuchungen zum Themenkomplex „Windfeld“ (vgl. Kapitel 5) haben ergeben, dass die geplante Nordwesterweiterung der Deponie keinen relevanten Einfluss auf die Windverhältnisse in den nahegelegenen Siedlungsbereichen hat. Da die Erweiterungsfläche der Deponie begrünt wird, können bioklimatisch nachteilige Wirkungen auf die mittlere Strahlungstemperatur, die Lufttemperatur sowie den Dampfdruck ausgeschlossen werden. Somit ist sichergestellt, dass sich beim Planfall die sommerliche Wärmebelastung in der Umgebung gegenüber dem P0-Fall nicht verändern wird.

Das Rekultivierungskonzept sieht im Bereich der Erweiterungsfläche eine großflächige Aufforstung vor. Somit wird die von diesem Bereich derzeit ausgehende thermische Ausgleichsfunktion gesichert und tendenziell verstärkt.

Auf den höheren Bereichen der Deponie sind im Winter ungünstige bioklimatische Situationen - insbesondere bei kalten windigen Witterungsverhältnissen - zu erwarten. Da sich die Windverhältnisse im Umfeld der geplanten Deponie nur geringfügig ändern und insbesondere keine Erhöhungen der Windgeschwindigkeiten auftreten werden, kann auch eine Verschlechterung der bioklimatischen Belastungssituation im Winter ausgeschlossen werden.

## Literaturverzeichnis

[DIN 5034-1]

DIN 5034 – Tageslicht in Innenräumen. Teil 1 Allgemeine Anforderungen. Juli 2011

[DIN EN 17037]

DIN EN 17037 – Tageslicht in Gebäuden. März 2019.

[CDC 2015]

Deutscher Wetterdienst (DWD): Klimadaten des Climate Data Center (CDC) des DWD: <https://www.dwd.de/DE/leistungen/cdcftprasterdaten/cdcftpraster.html>, Offenbach, 2015.

[DWD 2015]

Deutscher Wetterdienst (DWD): Internetseite zur Bioklima-Thematik: [http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/ku\\_beratung/gesundheit/bioklima/bioklima\\_node.html](http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/ku_beratung/gesundheit/bioklima/bioklima_node.html). Offenbach, 2015.

[DWD 1989]

Christoffer, J., Ulbricht-Eissing, M.: Berichte des Deutschen Wetterdienstes 147, Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland, 1989.

[EICHHORN 1989]

Eichhorn, J.: Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen Stadtklima-Modells, Dissertationsarbeit zur Erlangung des Grades „Doktor der Naturwissenschaften“ am Fachbereich Physik der Johannes Gutenberg - Universität Mainz, Mainz 1989.

[IFU 2018]

Detaillierte Prüfung der Übertragbarkeit meteorologischer Daten nach VDI-Richtlinie 3783 Blatt 20 für Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft, IFU GmbH, 2018

[Kuttler 1993]

Kuttler, W., Löbel, J.: Die klimatologischen Auswirkungen von Halden, In: Lufthygiene und Klima, Ein Handbuch zur Stadt- und Regionalplanung, Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN, Berlin 1993.

[LANUV 2018]

Klimaanalyse Nordrhein-Westfalen, LANUV-Fachbericht 86, 2018.

[LANUV WEB1]

FIS Klimaanpassung NRW, <http://www.klimakarte.nrw.de/karte-klimaatlas>

[LANUV WEB2]

FIS Klimaanpassung NRW, <http://www.klimaanpassung-karte.nrw.de>

[LEISEGANG 2003]

Leisegang, M.: Schwachwindmessungen an einem Deponiehang, Diplomarbeit zur Erlangung des Grades eines Diplom-Umweltwissenschaftlers, Universität Duisburg-Essen 2003.

[MURL 1989]

Klimaatlas Nordrhein-Westfalen, MURL, Düsseldorf, 1989

[OPEN DATA NRW]

Kostenfreies Geodatenportal für NRW, <https://www.open.nrw/open-data/geodaten-aus-nrw>

[RVR WEB 2020]

Regionalverband Ruhrgebiet, <https://klima.geoportal.ruhr/>

[SIEVERS 2005]

Das Kaltluftabflussmodell KLAM 21. Theoretische Grundlagen, Anwendung und Handhabung des PC-Modells. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 227, Offenbach am Main, 2005.

[STEINRÜCKE 2010]

Steinrücke, M., Snowdon, A.: Handbuch Stadtklima. Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Langfassung. Ein Projekt des Ministeriums für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Essen, 2010.

[VDI 3787-2]

VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2: Umweltmeteorologie – Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil 1: Klima. 2008.

[VDI 3787-5]

VDI-Richtlinie 3787, Blatt 5: Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft, Dezember 2003.

[VDI 3787-9]

VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9, Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung, Düsseldorf 2005.

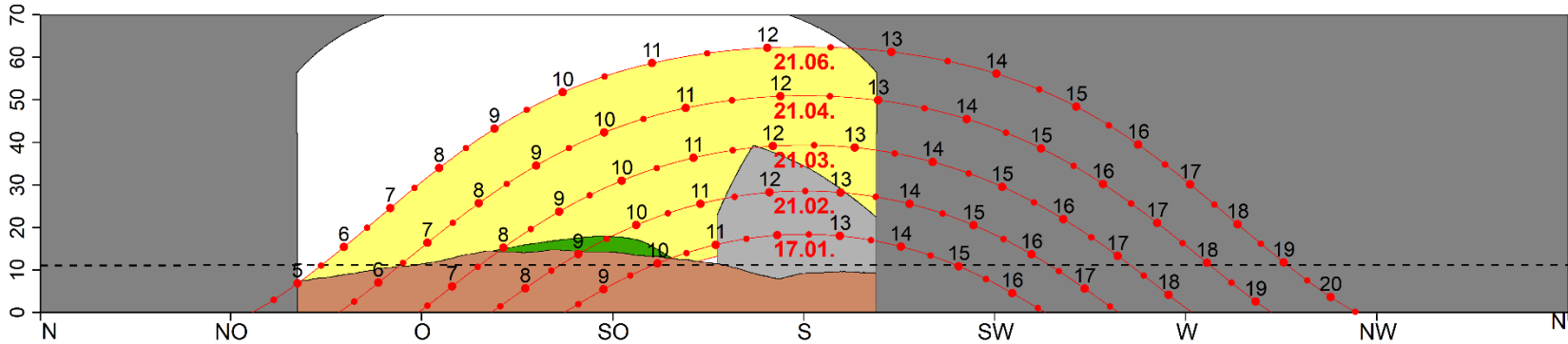
**ANHANG A1:**  
**Ergebnisgrafiken zur verschattungssimulation**



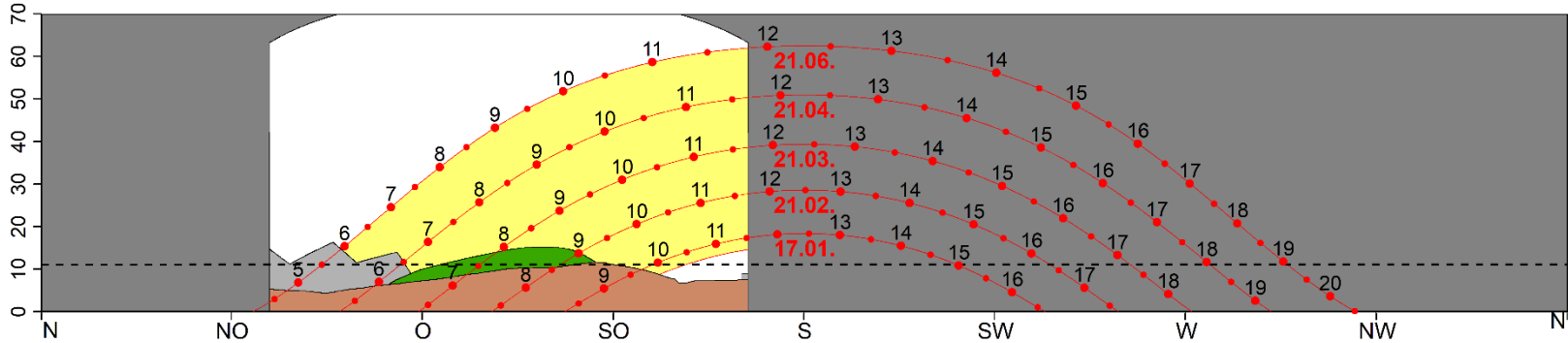


A 1.1: Besonnungsdauer am 21. März für den P0-Fall (oben), den Planfall (mitte) und die Veränderung der Besonnung (unten)

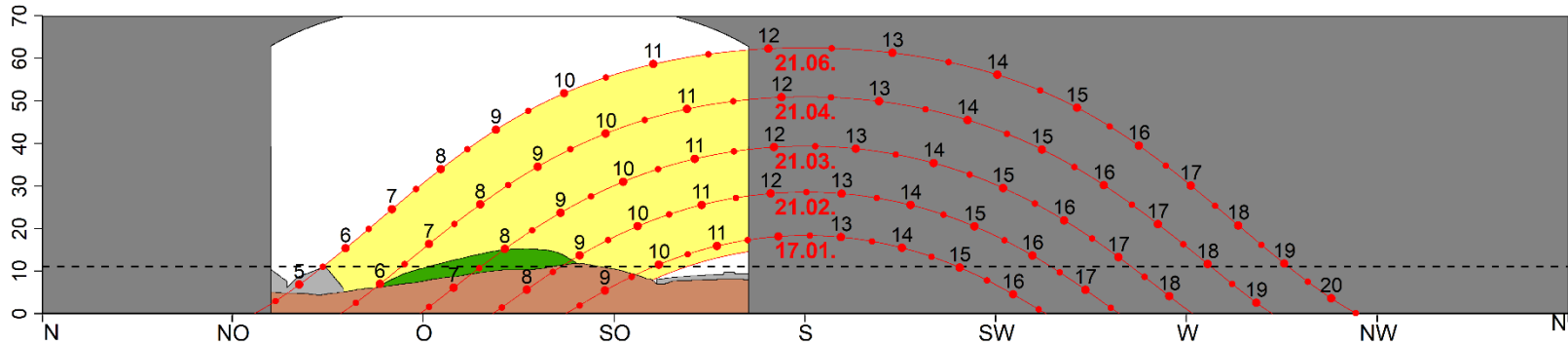




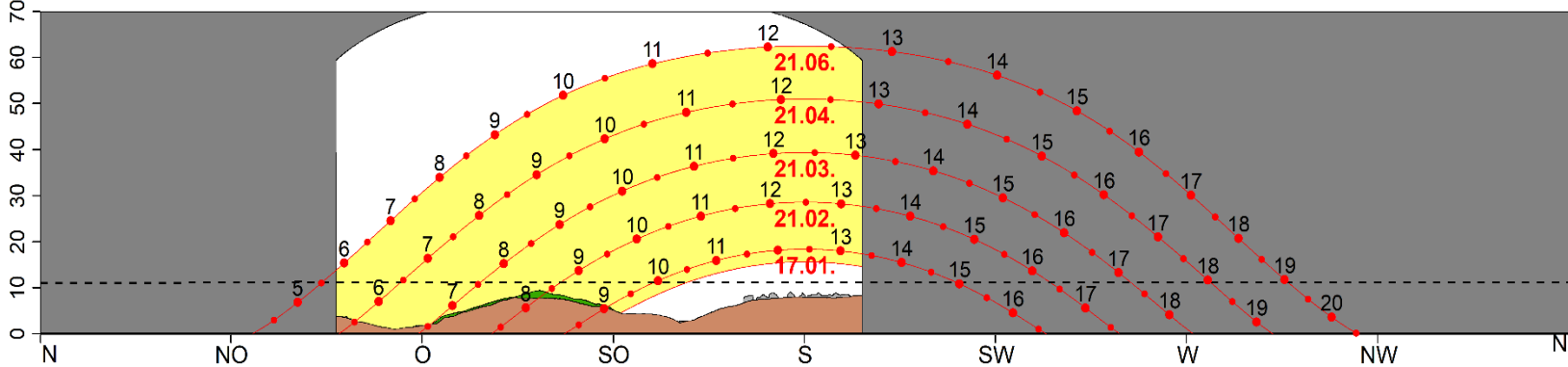
A 1.2: Horizontdiagramm für den Aufpunkt P1



A 1.3: Horizontdiagramm für den Aufpunkt P2



A 1.4: Horizontdiagramm für den Aufpunkt P3

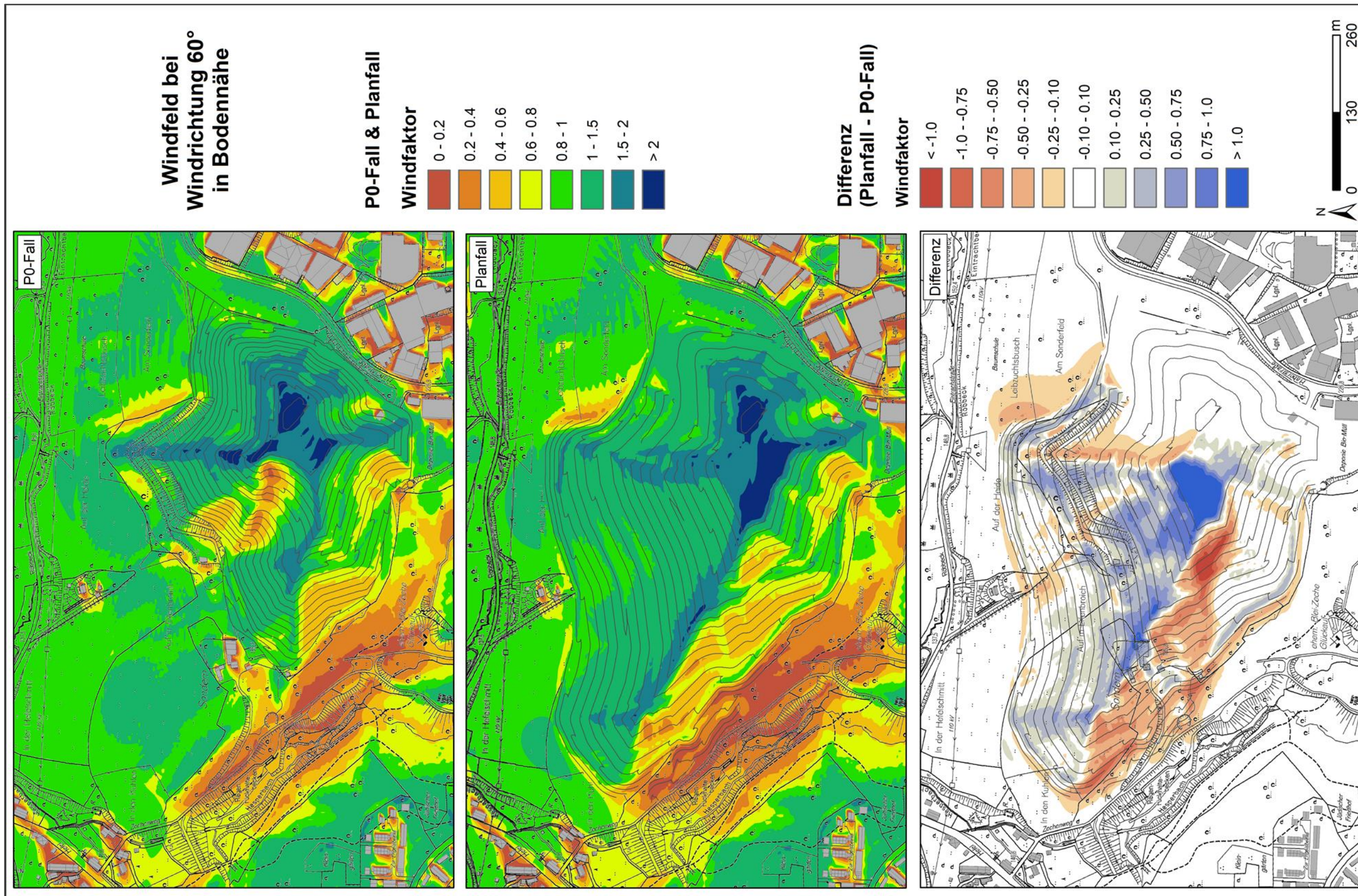


A 1.5: Horizontdiagramm für den Aufpunkt P4



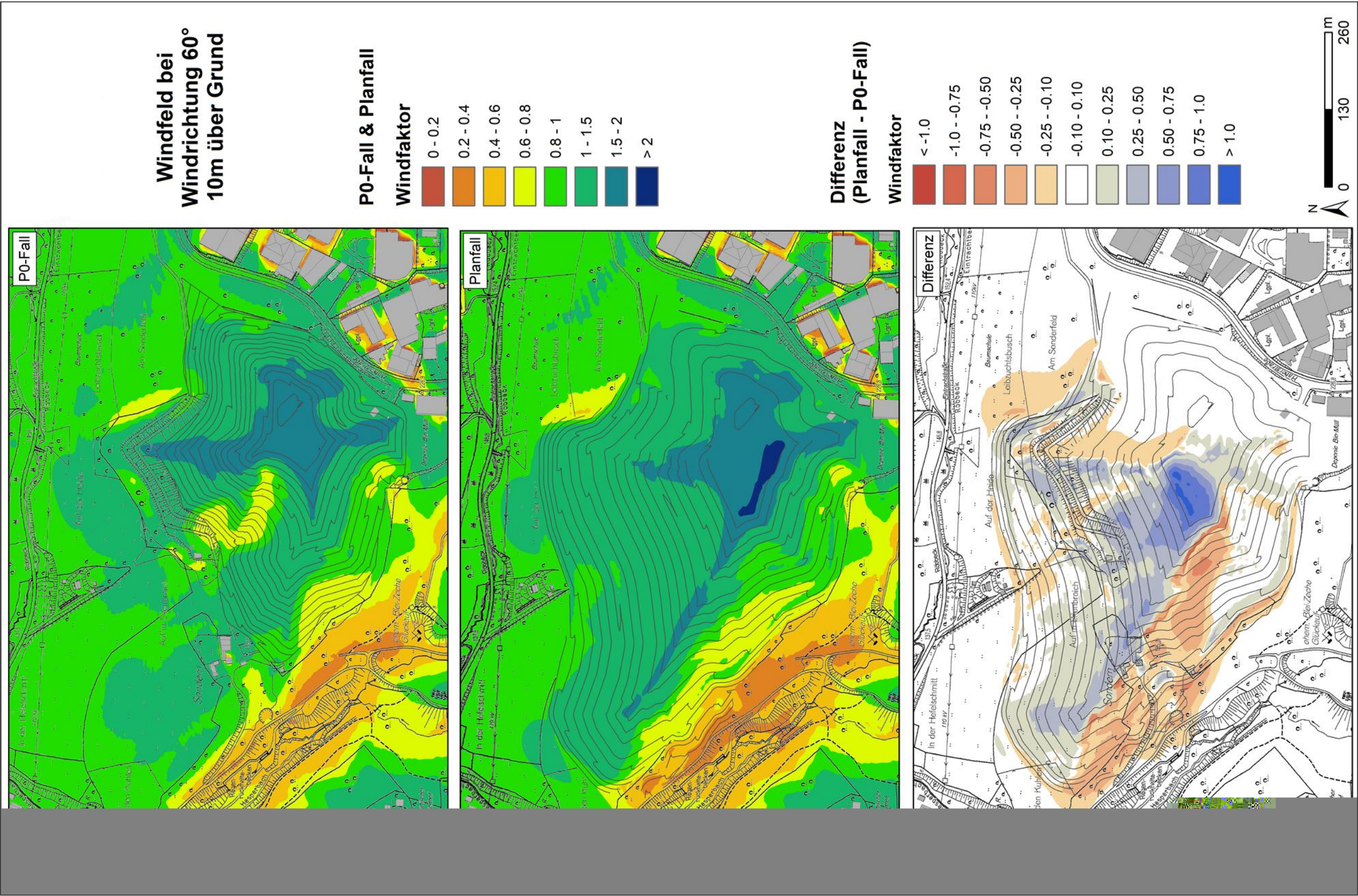
**ANHANG A2:**  
**Ergebnisgrafiken zur Windfeldsimulation**





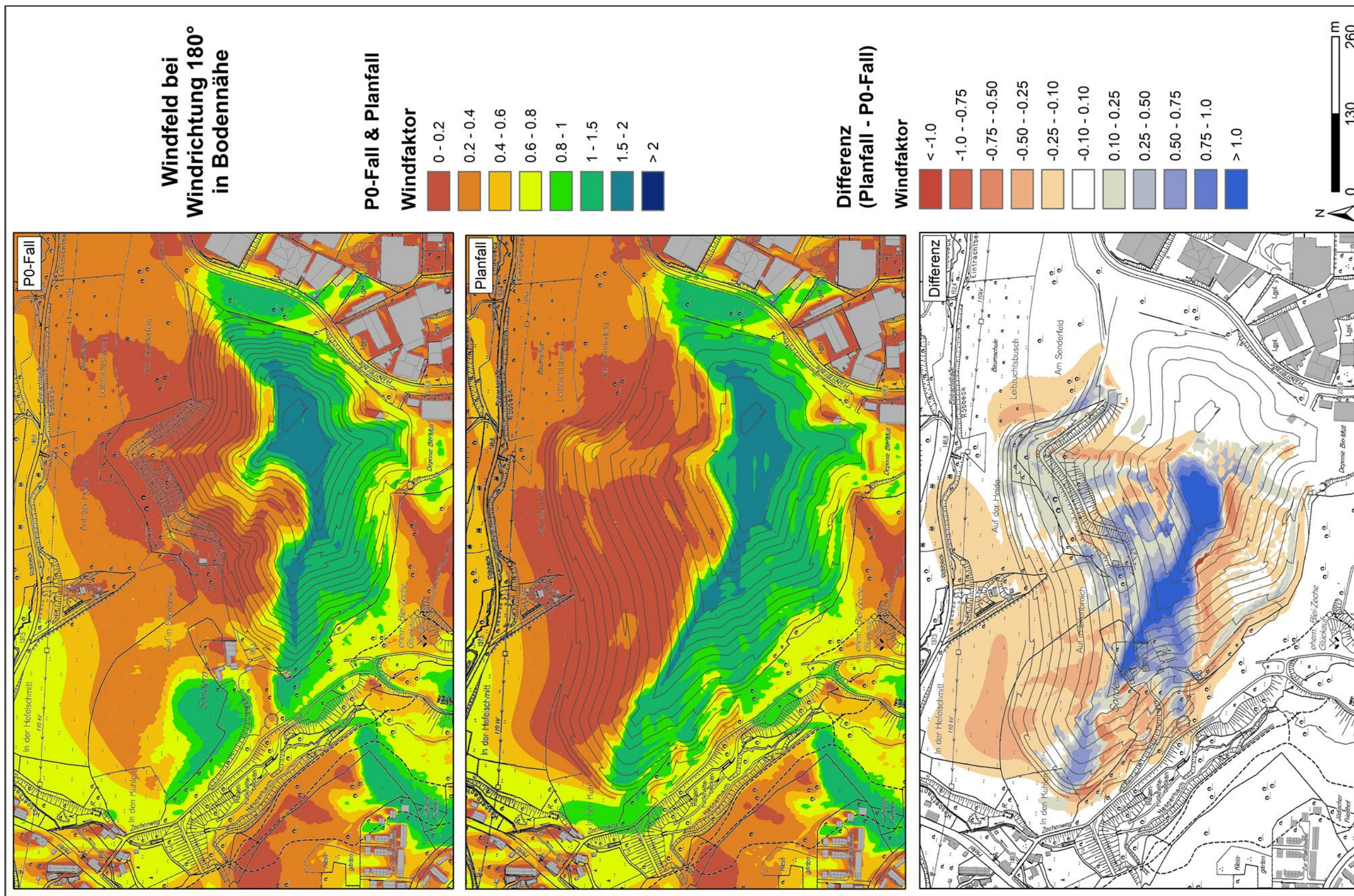
A 2.1: Windfeld bei Windrichtung 60° (Nordost) in Bodennähe





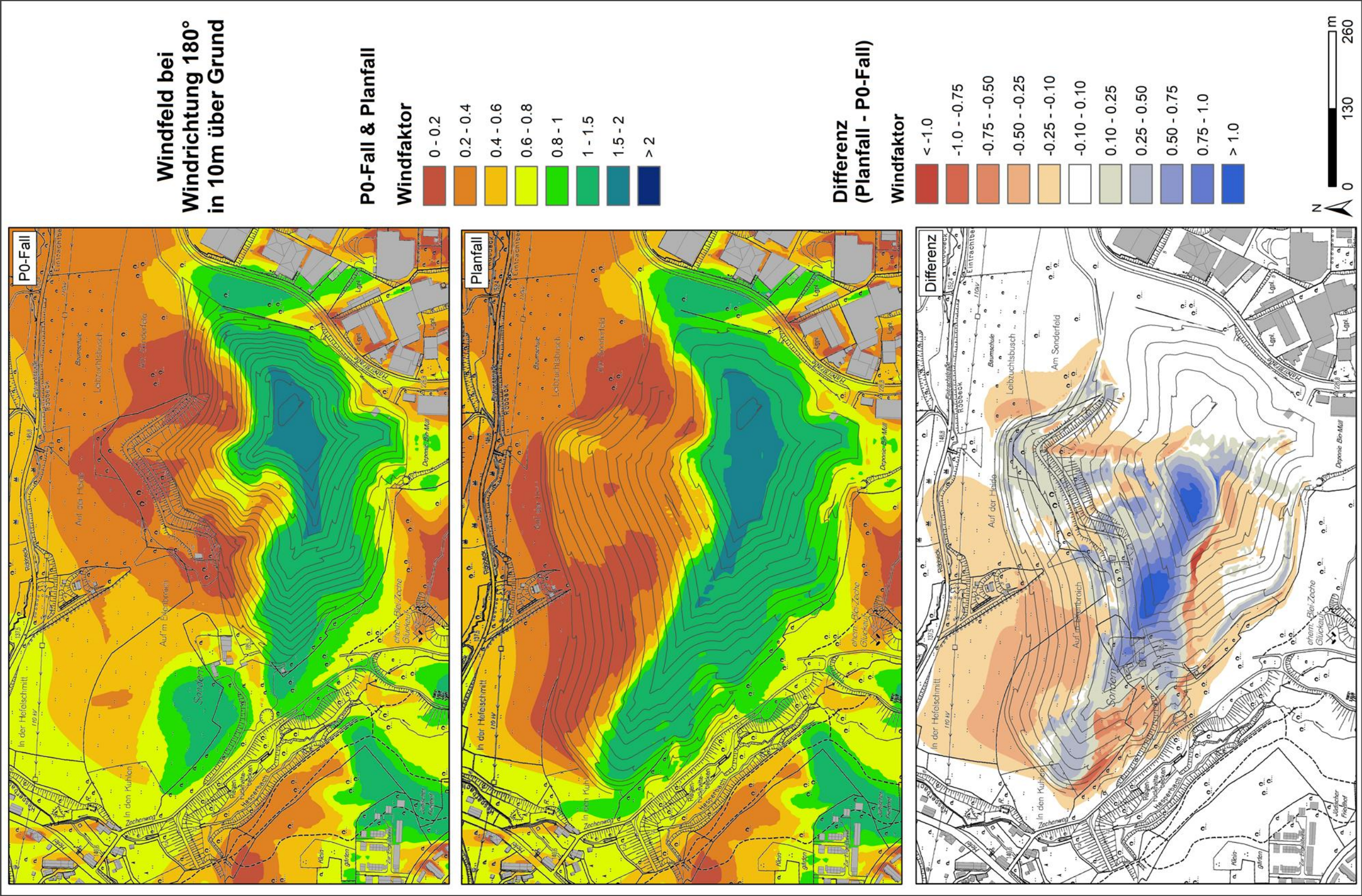
A 2.2: Windfeld bei Windrichtung 60° (Nordost) in einer Höhe von 10 m





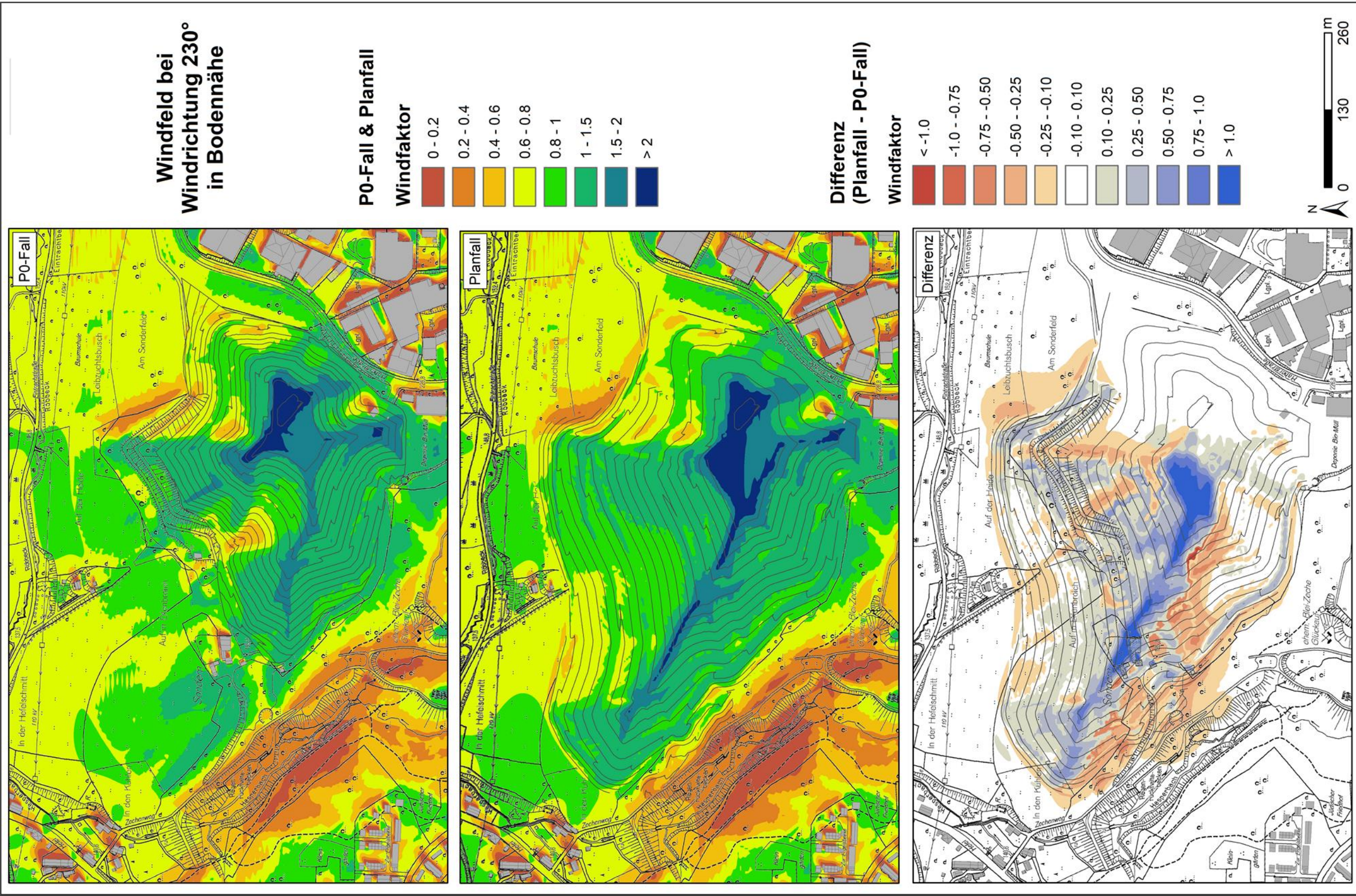
A 2.3: Windfeld bei Windrichtung 180° (Süd) in Bodennähe





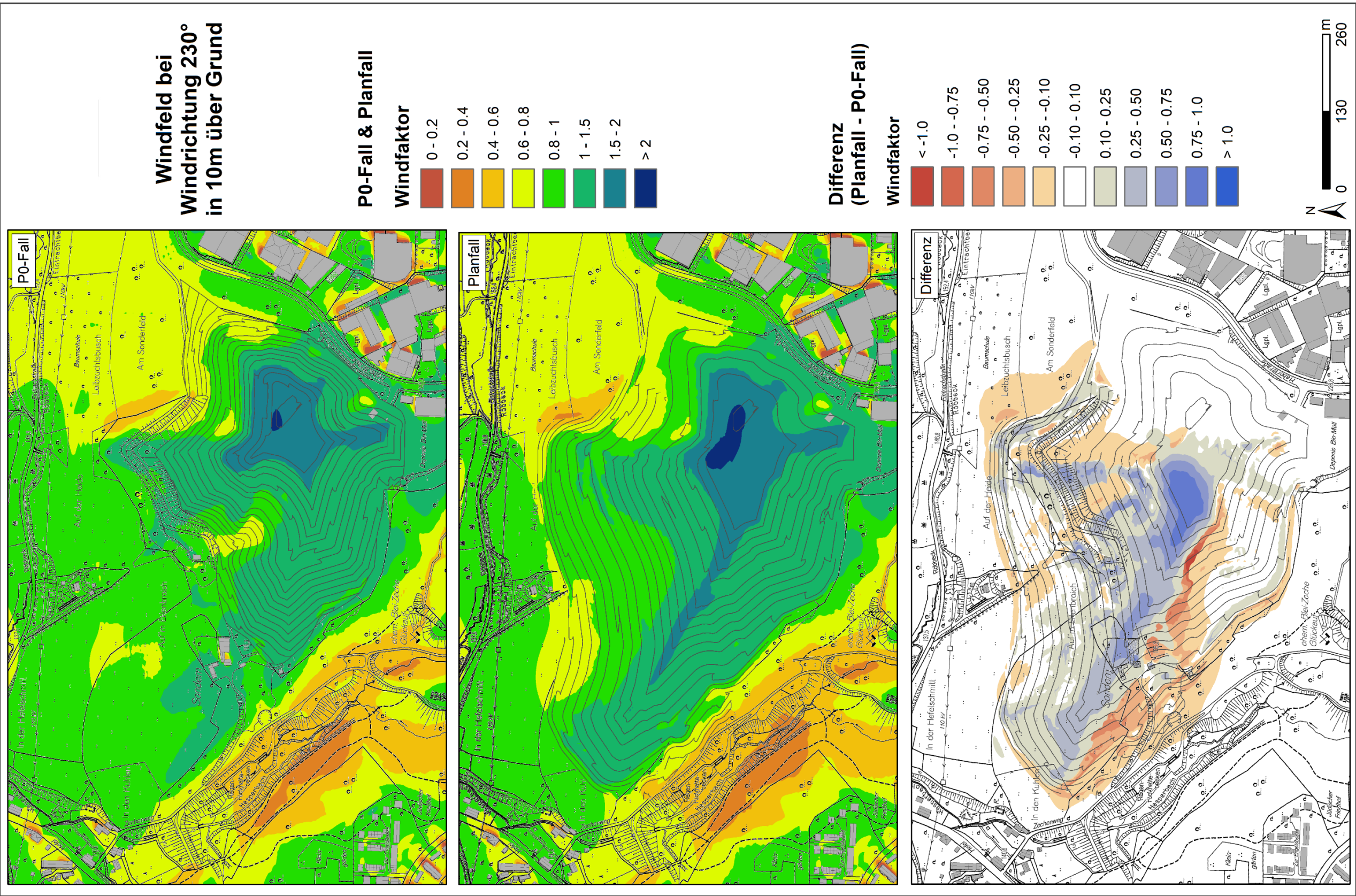
A 2.4: Windfeld bei Windrichtung 180° (Süd) in einer Höhe von 10 m





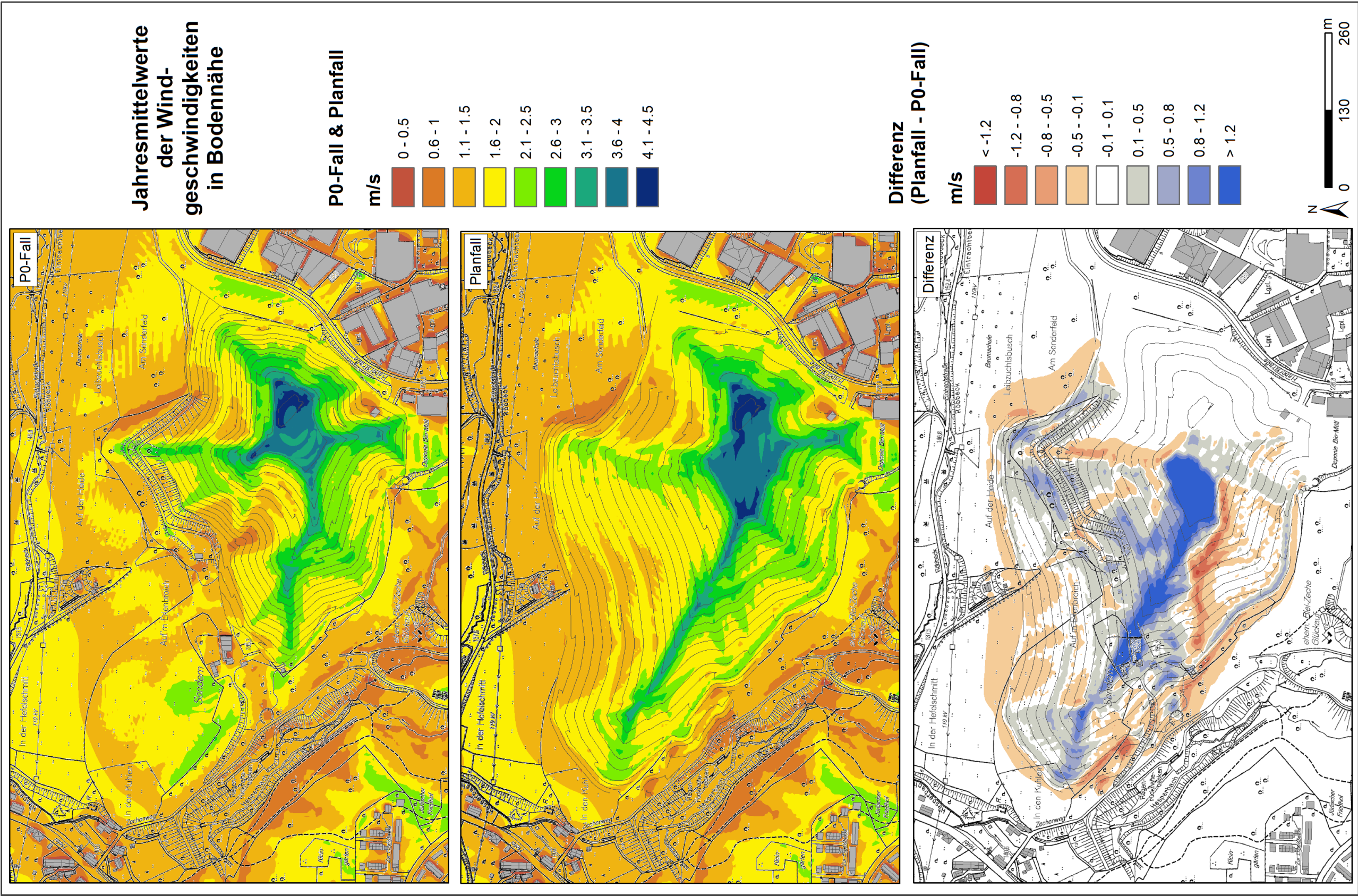
A 2.5: Windfeld bei Windrichtung 230° (Südwest) in Bodennähe





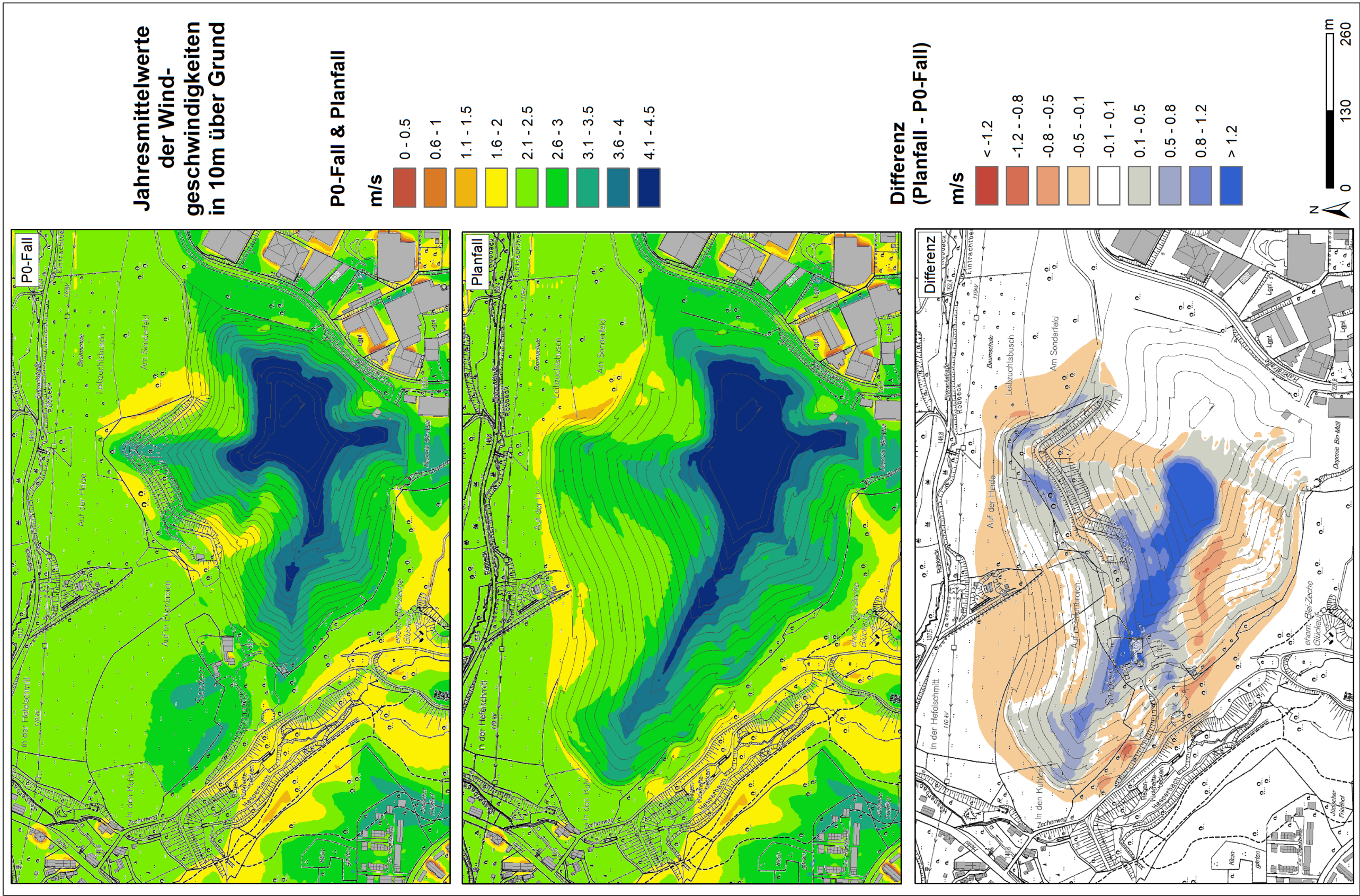
A 2.6: Windfeld bei Windrichtung 230° (Südwest) in einer Höhe von 10 m





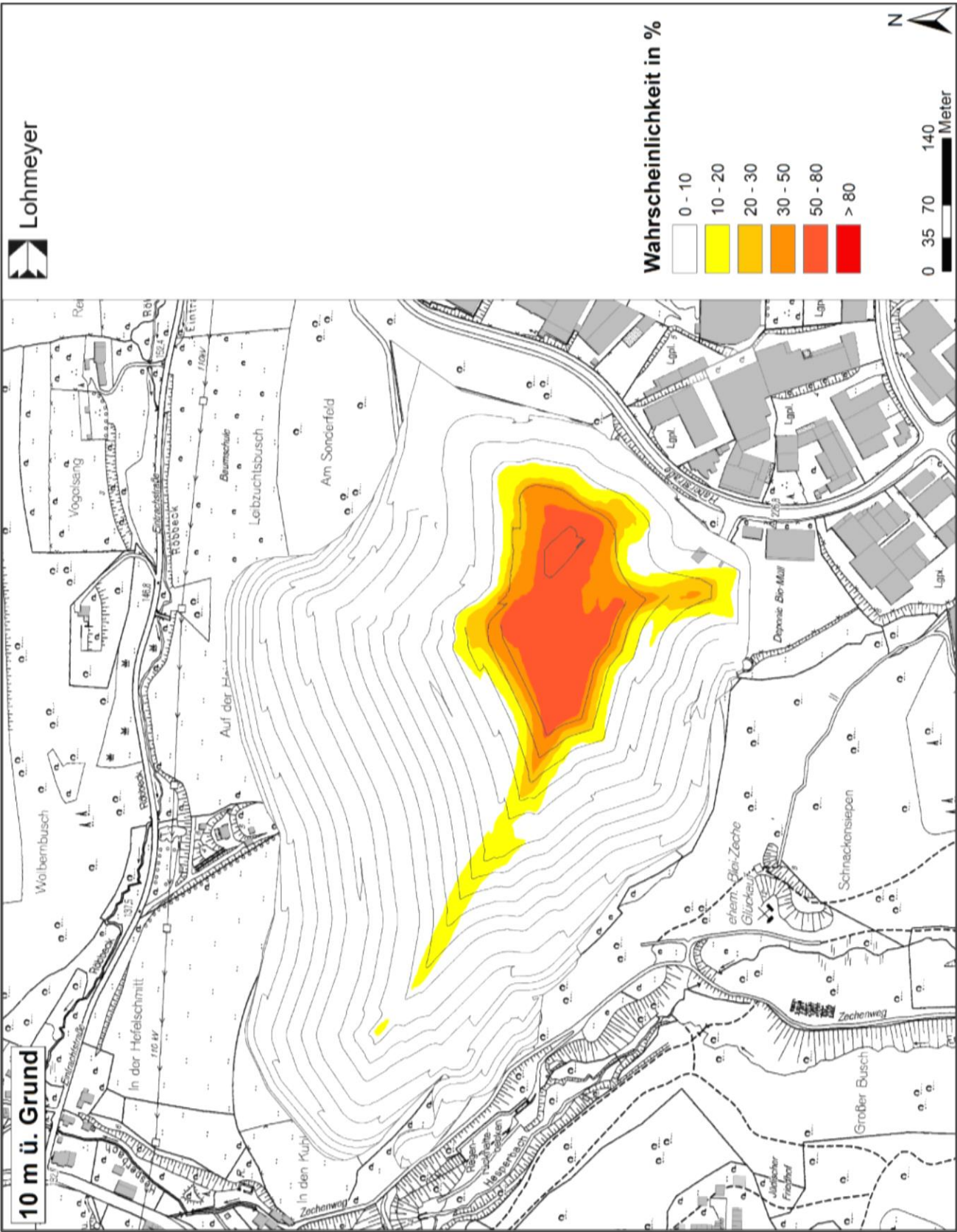
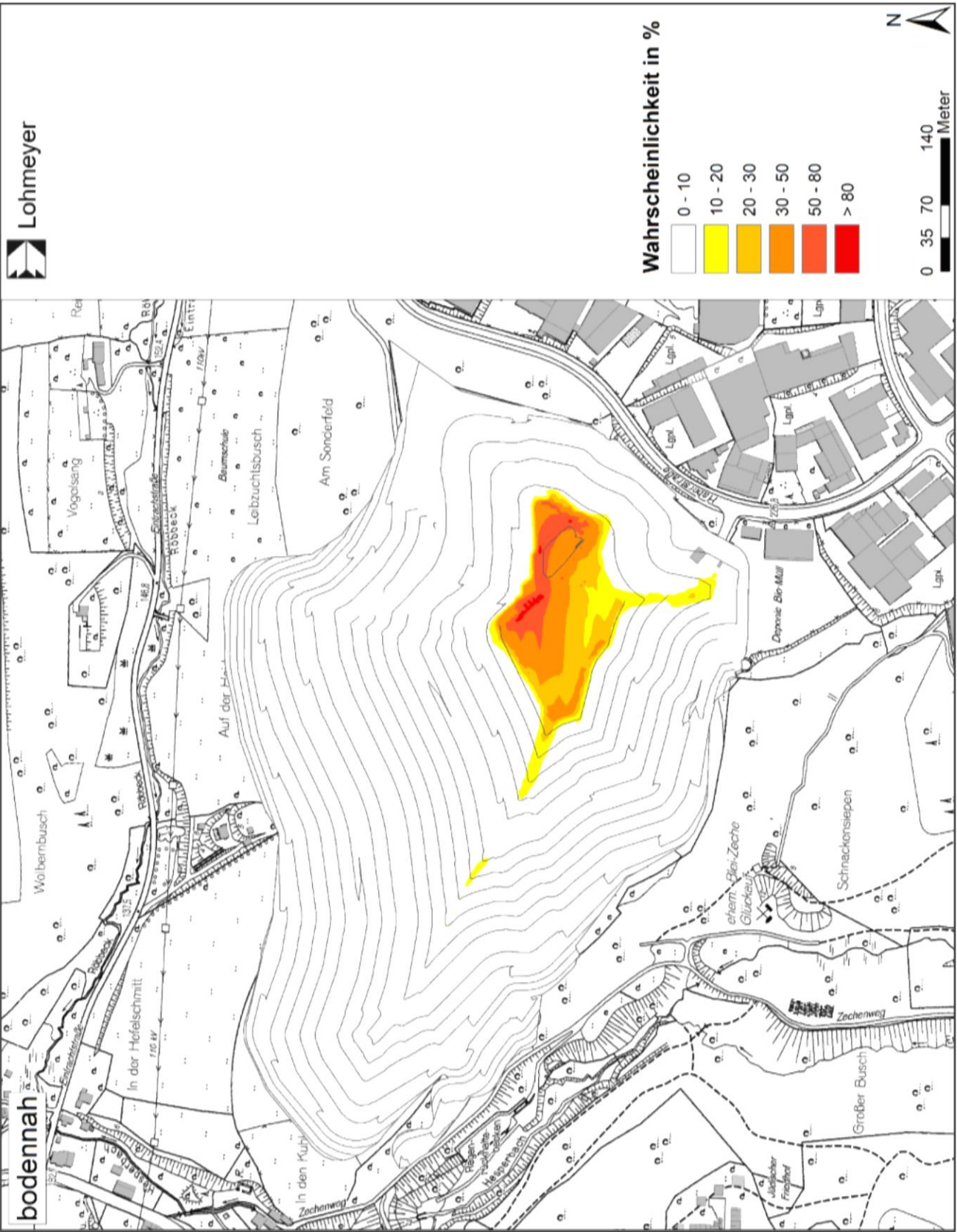
A 2.7: Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeiten in Bodennähe





A 2.8: Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeiten in einer Höhe von 10 m

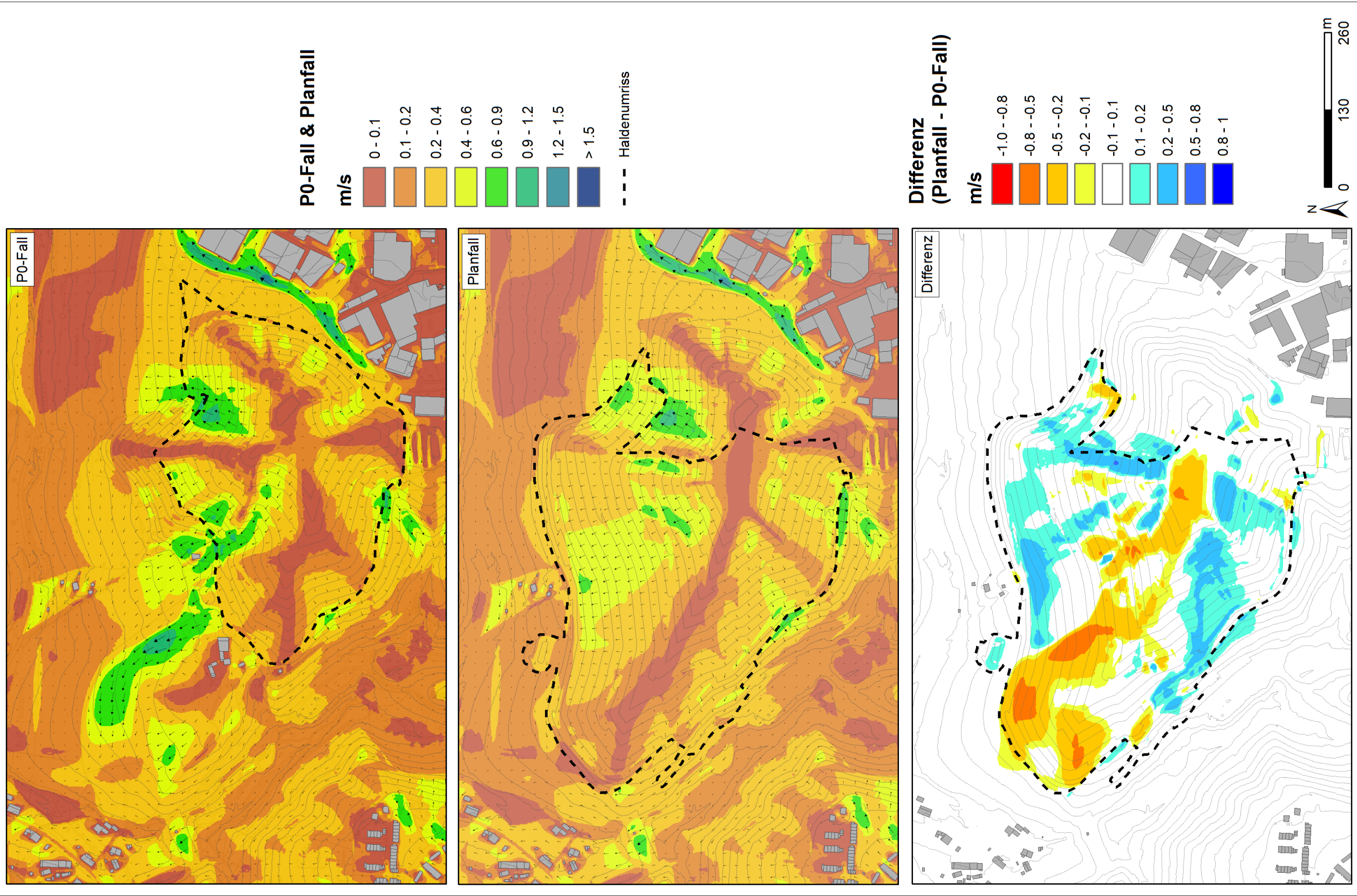




A 2.9: Planfall - Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Stunden mit Windböen über 20 m/s

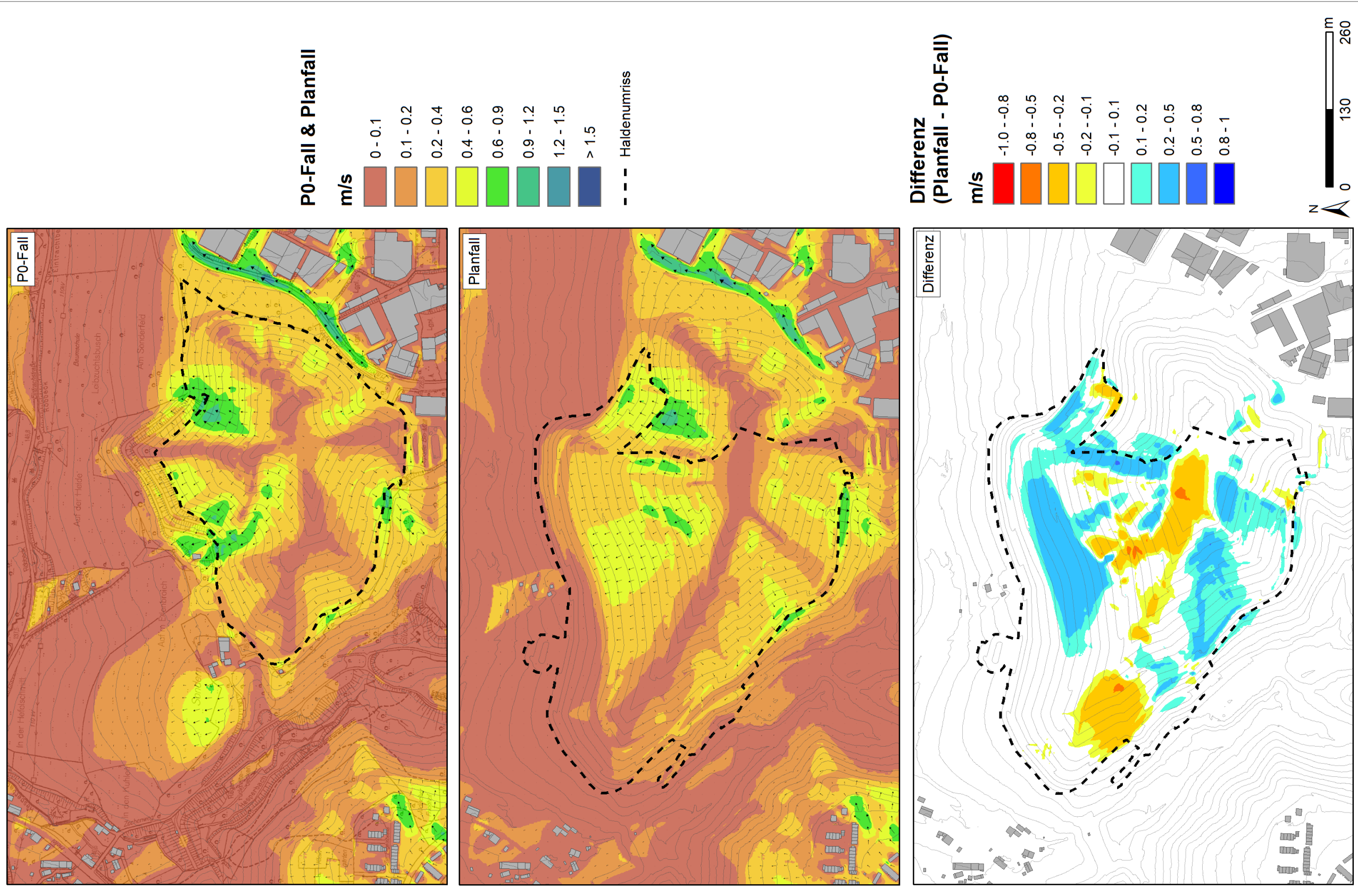
**ANHANG A3:**  
**Ergebnisgrafiken zur Kaltluftsimulation**





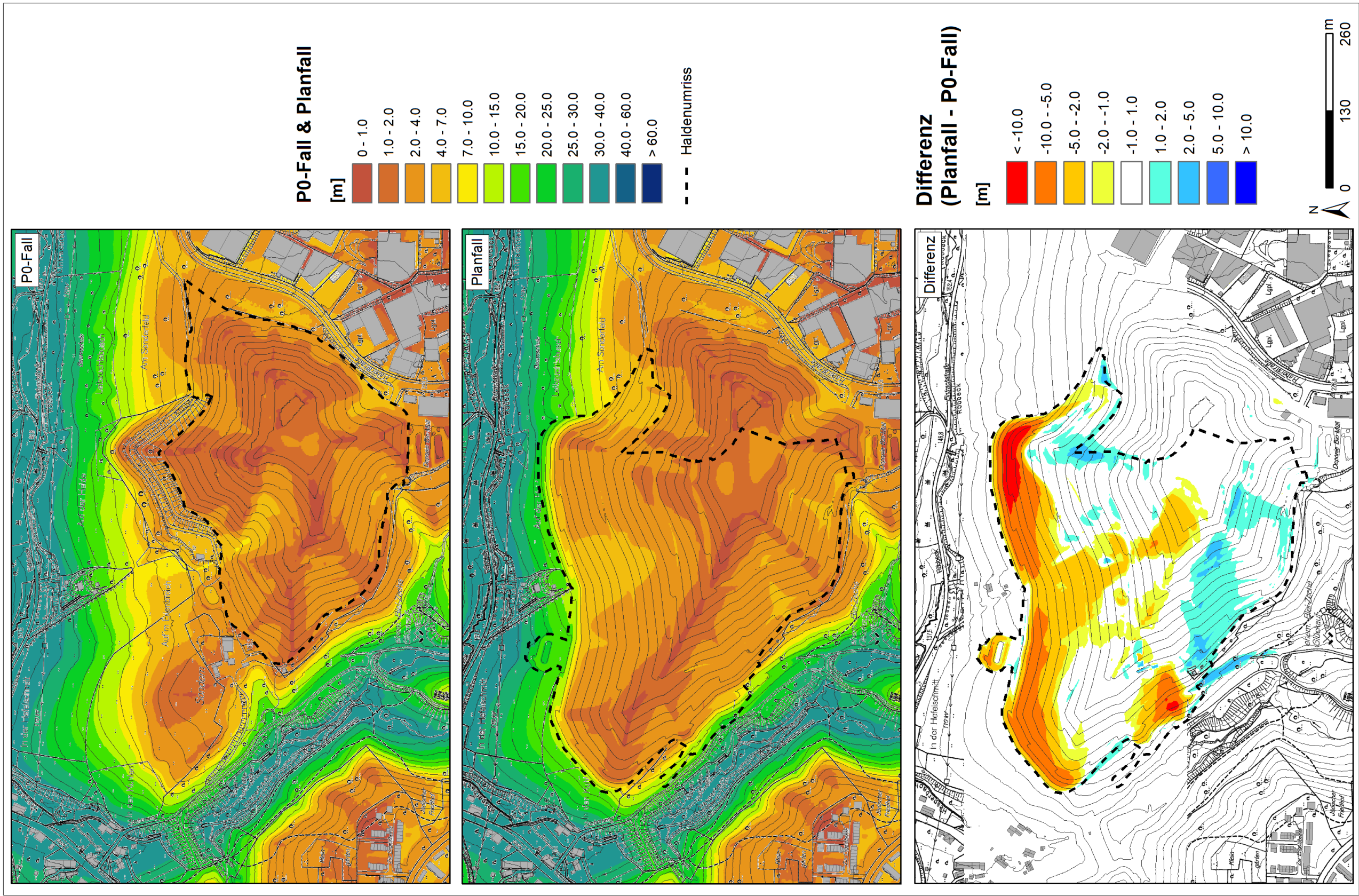
A 3.1: Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluft eine Stunde nach Sonnenuntergang





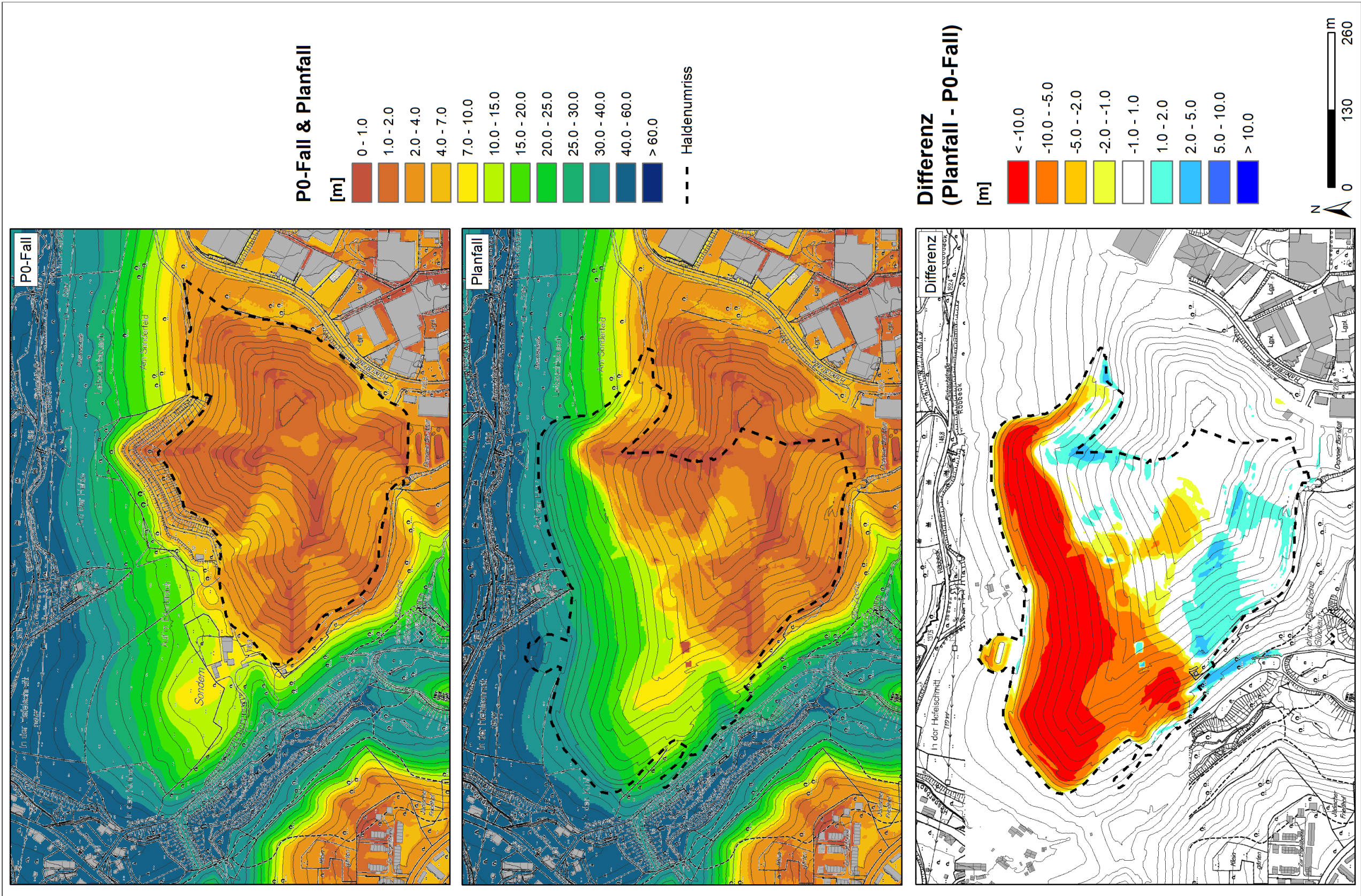
A 3.2: Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluft sechs Stunden nach Sonnenuntergang





A 3.3: Kaltfluthöhe eine Stunde nach Sonnenuntergang





A 3.4: Kaltluflhöhe sechs Stunden nach Sonnenuntergang