

**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0

Telefax: +49 (0) 721 / 6 25 10 30

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Büroleiter: Dr.-Ing. Thomas Flassak

**ERRICHTUNG UND BETRIEB
VON ZWEI MASTHÄHNCHENSTÄLLEN
SOWIE ÄNDERUNG VON ZWEI
BESTEHENDEN MASTHÄHNCHEN-
STÄLLEN IN MARKT WOLNZACH**

**BESCHREIBUNG DER BERÜCKSICHTI-
GUNG VON KALTLUFTABFLÜSSEN IN
DER IMMISSIONSPROGNOSE**

Auftraggeber: Josef und Renate Höckmeier
Emmeramstraße 9
85283 Eschelbach a.d.Ilm/Wolnzach

Dipl.-Geoökol. H. Lauerbach

Dipl.-Met. A. Moldenhauer

April 2020
Projekt 63989-19-03
Berichtsumfang 14 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE	1
2	KALTLUFTHÄUFIGKEIT	2
2.1	Voraussetzungen zur Kaltluftentstehung	2
2.2	Direkte Bestimmung von Kaltluflhäufigkeiten aus meteorologischen Messdaten	3
2.3	Kriterien zur indirekten Bestimmung von potenziellen Kaltluftsituationen aus meteorologischen Messdaten	3
2.4	Erwartete Häufigkeit der Kaltluftsituationen im Untersuchungsgebiet.....	4
2.5	Auswertung meteorologischer Daten	5
3	ERGEBNISSE DER KALTLUFTMODELLIERUNG	6
4	EINBINDUNG DER KALTLUFT IN DIE AUSBREITUNGSRECHNUNG	12
5	LITERATUR	13

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co. KG nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und 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 AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE

Der landwirtschaftliche Betrieb Höckmeier betreibt südlich des Ortsteils Eschelbach a.d.Ilm, Markt Wolnzach, zwei Masthähnchenställe. In diesen Ställen sollen der Tierbestand erhöht und die Lüftungstechnik saniert werden, des Weiteren ist die Errichtung zweier weiterer Masthähnchenställe mit Abluftwäschern geplant. Im Planzustand soll der Bestand 124 600 Tierplätze umfassen.

Im Rahmen des immissionsschutztechnischen Gutachtens Luftreinhalte (Hooock & Partner, 2020) wurden Ausbreitungsrechnungen unter Einbindung von Kaltluftwindfeldern durchgeführt. Die Festlegung der Kaltluflufigkeit sowie die Ergebnisse der Kaltluftmodellierung und deren Einbindung in die Ausbreitungsrechnung sollen vorliegend näher erläutert werden.

2 KALTLUFTHÄUFIGKEIT

2.1 Voraussetzungen zur Kaltluftentstehung

Lokale Kaltluft entsteht bei negativem Strahlungssaldo (Bilanz aus Ausstrahlung und Atmosphärischer Gegenstrahlung) in Verbindung mit großräumig geringer Grundströmung. Bei geringen großräumigen Windgeschwindigkeiten in Verbindung mit wenig Bewölkung sind diese meteorologischen Bedingungen nachts i.d.R. gegeben. In Folge der Abkühlung der Erdoberfläche bildet sich in der bodennahen Luftschicht ein großer vertikaler Temperaturgradient (Temperaturinversion) aus. Eine typische Strahlungsnacht ist charakterisiert durch einen starken Temperaturrückgang kurz nach Sonnenuntergang und ein Temperaturminimum kurz nach Sonnenaufgang (vgl. **Abb. 2.1**). Die Bewölkung beeinflusst die effektive Ausstrahlung am stärksten (vgl. z.B. Wörner, 1967) und eignet sich aus diesem Grund als Maß für die Intensität der Ausstrahlung.

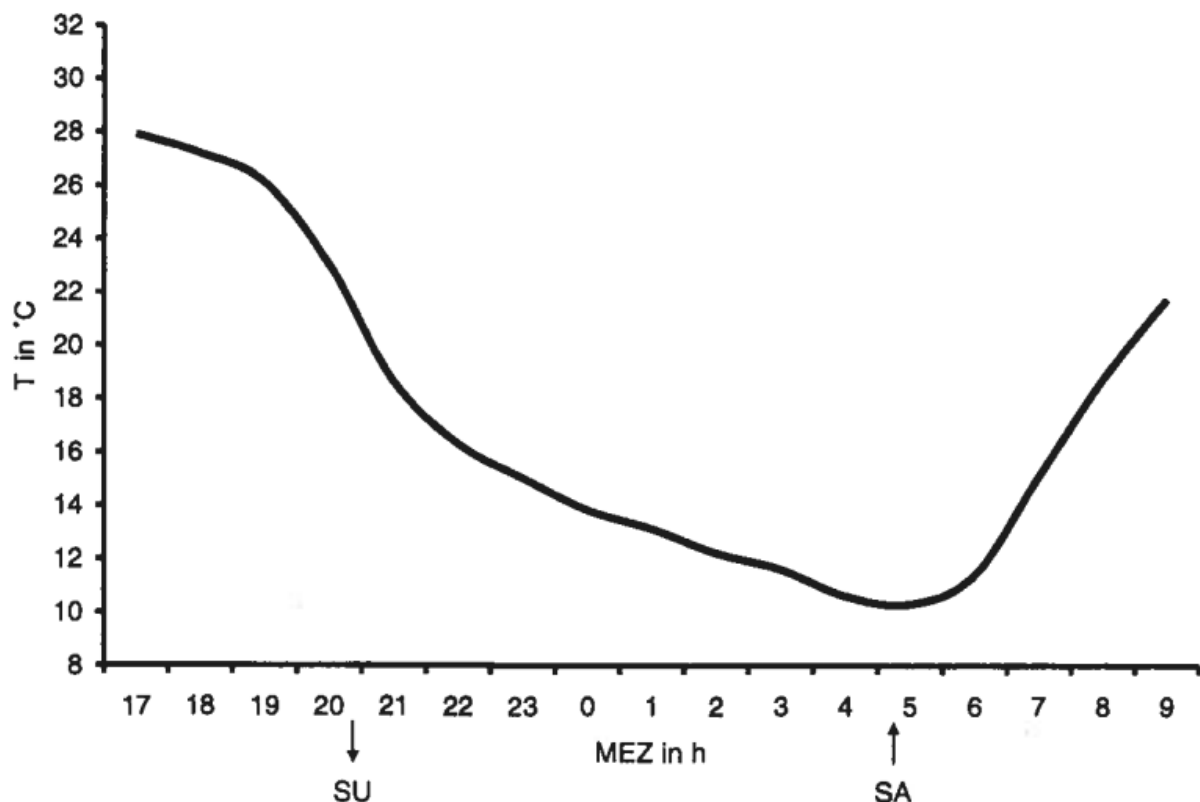


Abb. 2.1: Typischer Verlauf der Lufttemperatur an einer Freilandstation während einer Strahlungsnacht
Quelle: VDI 3787 Blatt 5 (2003)

Sowohl die Kaltluftentstehung als auch der Kaltluftabfluss sind zudem abhängig von der Rauigkeit (Nutzung), Neigung und Exposition der Erdoberfläche.

Detaillierte Informationen zur Entstehung und Wirkung von lokaler Kaltluft werden in der Richtlinie VDI 3787 Blatt 5 (2003) gegeben. Aussagen zur Häufigkeit oder zur Ermittlung der Häufigkeit von Kaltluftsituationen sind allerdings nicht enthalten.

2.2 Direkte Bestimmung von Kaltlufterhäufigkeiten aus meteorologischen Messdaten

Für eine direkte messtechnische Bestimmung von Kaltluftsituationen (inkl. Häufigkeit) benötigt man mindestens zwei Messstationen in unterschiedlichen Höhenlagen (Berg, Tal) über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr mit der Erfassung von Temperatur, Windrichtung, Windgeschwindigkeit und ggf. Bewölkung.

Aus einem solchen Datensatz lassen sich verschieden detaillierte Auswertungen durchführen. Da Kaltluftabflüsse nur bei deutlichen Temperaturgradienten auftreten, können in einem ersten Schritt alle Fälle mit einer Temperaturinversion bestimmt werden (Stufe 1).

Durch die zusätzliche Auswertung von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Tageszeit lässt sich die Häufigkeitsbestimmung verbessern (Stufe 2).

Oftmals ist jedoch kein geeignetes meteorologisches Messnetz im Untersuchungsgebiet vorhanden. Somit sind Rückschlüsse auf die Häufigkeit von Kaltluftsituationen nur indirekt möglich.

2.3 Kriterien zur indirekten Bestimmung von potenziellen Kaltluftsituationen aus meteorologischen Messdaten

Eine Möglichkeit hierfür ist die Analyse vorliegender meteorologischer Daten.

In DWD (1994) werden auf Grundlage von einschlägiger Literatur die folgenden Bedingungen für das Auftreten von Kaltluft anhand von Messdaten einer Messstation abgeleitet:

- Windgeschwindigkeit ≤ 2 m/s
- Gesamtbedeckung mit tiefen und mittelhohen Wolken $\leq 6/8$
- max. Zeitraum für Kaltluft: zwei Stunden vor Sonnenuntergang und zwei Stunden nach Sonnenaufgang

In aktuelleren DWD-Klimagutachten (z.B. DWD, 2017 und 2018) werden die folgenden Kriterien definiert:

- Windgeschwindigkeit ≤ 5 Knoten (≈ 2.6 m/s)
- Bedeckungsgrad $\leq 4/8$ bis $\leq 5/8$
- Zeitraum: Sonnenhöhe $< 5^\circ$

Die vom DWD abgeleiteten Kriterien enthalten die in Abschnitt 2.1 aufgeführten Bedingungen Nacht, Bewölkung (als Maß für negative Strahlungsbilanz) und geringe Grundströmung.

Da die Definition der Ausbreitungsklassen u.a. die Bewölkung beinhaltet, lassen sich im Falle fehlender Bewölkungsdaten die Ausbreitungsklassen heranziehen. So beinhalten die stabilen Klassen 1 und 2 die Schwachwindfälle bei nicht zu starker Bewölkung (vgl. VDI 3782 Blatt 6, 2017).

2.4 Erwartete Häufigkeit der Kaltluftsituationen im Untersuchungsgebiet

Aktuelle paarweise Messdaten (Station Berg und Station Tal), aus denen sich direkt Kaltluftsituationen anhand von Temperatur, Strahlung oder Bewölkung, Windgeschwindigkeit und Windrichtung ableiten lassen, stehen im Untersuchungsgebiet nicht zur Verfügung.

Im Rahmen von Messungen bestimmten Heldt und Höschele (1989) Hang- und Bergwinde am Rheintalrand in der Nähe von Karlsruhe. Unter anderem wurde ein Messort am Fuß einer eingebuchteten Hangzone untersucht. Für diesen Messort wurde eine Kaltfluthäufigkeit von 5 % bis 15 % je nach Jahreszeit bestimmt.

Der Deutsche Wetterdienst (DWD, 1995) führte im Großraum Dresden ebenfalls Messungen zur Bestimmung von Kaltluftsituationen durch. Im Rahmen dieser Messungen wurde ein breites, gut durchlüftetes Tal (Elbtal Kaditz, ca. 12 000 m breit und ca. 200 m hoch) untersucht. Dort konnten Kaltfluthäufigkeiten von ca. 15 % der Jahresstunden festgestellt werden.

Der in der vorliegenden Untersuchung betrachtete Standort liegt in einem von Süden nach Norden abfallendem Hangbereich. Die oberhalb des Standorts liegenden Kaltluftentstehungsgebiete beschränken sich auf einen geringen Bereich, da ein großer Teil der Fläche dicht bewaldet ist. Somit sind den Untersuchungen von Heldt und Höschele (1989) ähnliche bis leicht geringere Kaltfluthäufigkeiten zu erwarten. Gegenüber der Messung des DWDs sind am hier untersuchten Standort geringere Kaltfluthäufigkeiten wahrscheinlich, da keine

Kaltluft begünstigende Tallage vorliegt. Zudem ist bei den vorherrschenden Hauptwindrichtungen aus West bis Südwest und Nordost bis Ost damit zu rechnen, dass die Kaltluftabflüsse im Untersuchungsgebiet relativ leicht durch die übergeordnete Strömung gestört werden. Der Anlagenstandort selbst befindet sich zwar in einer relativ geschützten Lage aufgrund der umgebenden Wälder und der Erhebung im Osten, Richtung Eschelbach a.d.Ilm wird das Gelände aber rasch offener und flacher.

In DWD (1995) wird allgemein für großräumige potenzielle Kaltluftsituationen auf Hochflächen (d.h. außerhalb von Tälern) mit den Kriterien (indirekte Methode)

- Ausbreitungssituation: sehr stabil und
- Schwachwind ≤ 2 m/s

eine Häufigkeit von 11 %-12 % aller Jahresstunden abgeleitet.

Aus dem oben genannten wird für die Umgebung der Anlage eine Kaltfluthäufigkeit von ca. 10 % aller Jahresstunden abgeleitet. Im Ilmtal als flachem, gut durchlüfteten Tal sind ca. 15 % aller Jahresstunden Kaltfluthäufigkeit anzunehmen.

Die Auswertung meteorologischer Zeitreihen an unterschiedlichen Standorten ergab, dass man je nach Intensität der Ausstrahlung bei der Anfangsphase der Kaltluftbildung von ein bis drei Stunden, im Mittel von ca. zwei Stunden ausgehen kann.

2.5 Auswertung meteorologischer Daten

Die für den Standort als repräsentativ ermittelte Ausbreitungsklassenzeitreihe aus Ingolstadt (vgl. DWD 2015) für das Jahr 2009 wurde im Hinblick auf die Situationen, in denen Kaltluftereignisse auftreten können, analysiert. Folgende Kriterien wurden für das Auftreten von Kaltluftsituationen berücksichtigt:

- Nur Nachtstunden (1 h nach Sonnenuntergang bis 1 h vor Sonnenaufgang)
- Nur Ausbreitungsklasse 1 (sehr stabil)
- Windgeschwindigkeit ≤ 2.3 m/s (vgl. VDI 3782 Bl. 1, 2009)

Mit diesen Kriterien wird eine Kaltfluthäufigkeit von ca. 10 % der Jahresstunden ermittelt. Dies deckt sich gut mit den Erwartungswerten.

3 ERGEBNISSE DER KALTLUFTMODELLIERUNG

Der in der vorliegenden Untersuchung betrachtete Standort liegt in einem von Süden nach Norden abfallendem Hangbereich. Das sich anschließende Eschelbachtal fällt in nordwestliche Richtung zum Ilmtal hin ab. Das sich anschließende Eschelbachtal fällt in nordwestliche Richtung zum Ilmtal hin ab. Es sind dem Relief folgende Kaltluftabflüsse wahrscheinlich, bei nächtlicher Kaltluft sind Abflüsse in Richtung Nordwesten zu erwarten. Folglich ist aufgrund des Reliefs mit Kaltluftabflüssen zu rechnen, die vom Betrieb Höckmeier ausgehend die Bebauung von Eschelbach an der Ilm erreichen.

Dies belegen die mit dem Kaltluftmodell KALM (Schädler, Lohmeyer, 1994) durchgeführten Kaltluftsimulationen. Eine Beschreibung des Kaltluftabflussmodells KALM befindet sich im Anhang. Die Ergebnisse liefern flächendeckend Kaltluftströmungsrichtungen, -geschwindigkeiten und Kaltluftmächtigkeiten für verschiedene Entwicklungsphasen.

Im vorliegenden Projekt wurde auf der Grundlage von digitalen Daten der Geländehöhen und dem CORINE-Landnutzungskataster ein digitales Geländemodell mit Landnutzung erstellt. Damit wurden Kaltlufts simulationsrechnungen mit dem Kaltluftabflussmodell KALM durchgeführt. Das Untersuchungsgebiet bzw. Rechengebiet umfasst ein Rechteck, in dem das Rechengebiet der Ausbreitungsrechnungen enthalten ist. Damit die Modellierung der Kaltluftströmungen die örtlichen Verhältnisse zufriedenstellend berücksichtigen kann, wird die Modellierung für ein Gebiet von ca. 214 km² durchgeführt. Das Gebiet erstreckt sich in westöstlicher Richtung und in nordsüdlicher Richtung jeweils ca. 14,5 km. Dieses Gebiet wurde mit einem Raster der Maschenweite von 50 m x 50 m berücksichtigt. Zur Verwendung der so berechneten Kaltluftwindfelder als explizite Kaltluftwindfelder in der Ausbreitungsrechnung wurden diese auf das Rechengitter von LASAT interpoliert.

Das Ergebnis für die Kaltluftfließgeschwindigkeit zu Beginn der Kaltluftbildung ist in **Abb. 3.1** dargestellt. Die Strömung der Kaltluft verläuft in der Umgebung des Betriebs zu Beginn der Kaltluftbildung von Süden zunächst Richtung Norden, dann dem Eschelbachtal folgend Richtung Nordwesten. Bei voll ausgebildeter Kaltluft (s. **Abb. 3.2**) verläuft die Strömung im Wesentlichen weiterhin Richtung Nordwesten. Die Strömungsgeschwindigkeiten der Kaltluft in der Umgebung des Betriebs sind in der Anfangsphase der Kaltluft mit ca. 0,5 m/s bis 1 m/s niedrig, bei ausgeprägter Kaltluft mit weniger als 0,5 m/s sehr gering. Die Mächtigkeit der Kaltluftschichtdicke beträgt in der Umgebung des Betriebs zu Beginn der Kaltluftbildung etwa 15 m und bei voll ausgebildeter Kaltluft ca. 33 m (siehe **Abb. 3.3** und **Abb. 3.4**). Damit bele-

gen die Kaltluftmodellierungen, dass die Kaltluftabflüsse Geruchsstoffe in Richtung der Wohnbebauung transportieren.

Zusammenfassend lässt sich die bodennahe Kaltluftsituation in Bezug auf die betrachteten Emissionen wie folgt charakterisieren:

Die Umgebung des Betriebs ist durch das nach Nordwesten abfallende Eschelbachtal geprägt. Der Betrieb liegt in einem von Süden nach Norden abfallendem Hangbereich. Zu Beginn der Kaltluft strömt die Kaltluft am Standort von Süden kommend nach Norden und Nordwesten. Bei ausgeprägter Kaltluft strömt diese am Standort Richtung Nordwesten. Die Fließgeschwindigkeiten der Kaltluft sind gering, die vertikale Erstreckung der Kaltluftmächtigkeit beträgt bei ausgeprägter Kaltluft in der Umgebung des Betriebs ca. 33 m. Die Quellen der Masthähnchenhaltung liegen bei beginnender sowie bei ausgeprägter Kaltluft innerhalb der Kaltluftschicht. Die Hauptfließrichtung der Kaltluft vom Standort aus gesehen ist nach Nordwesten in Richtung Eschelbach a.d.Ilm.

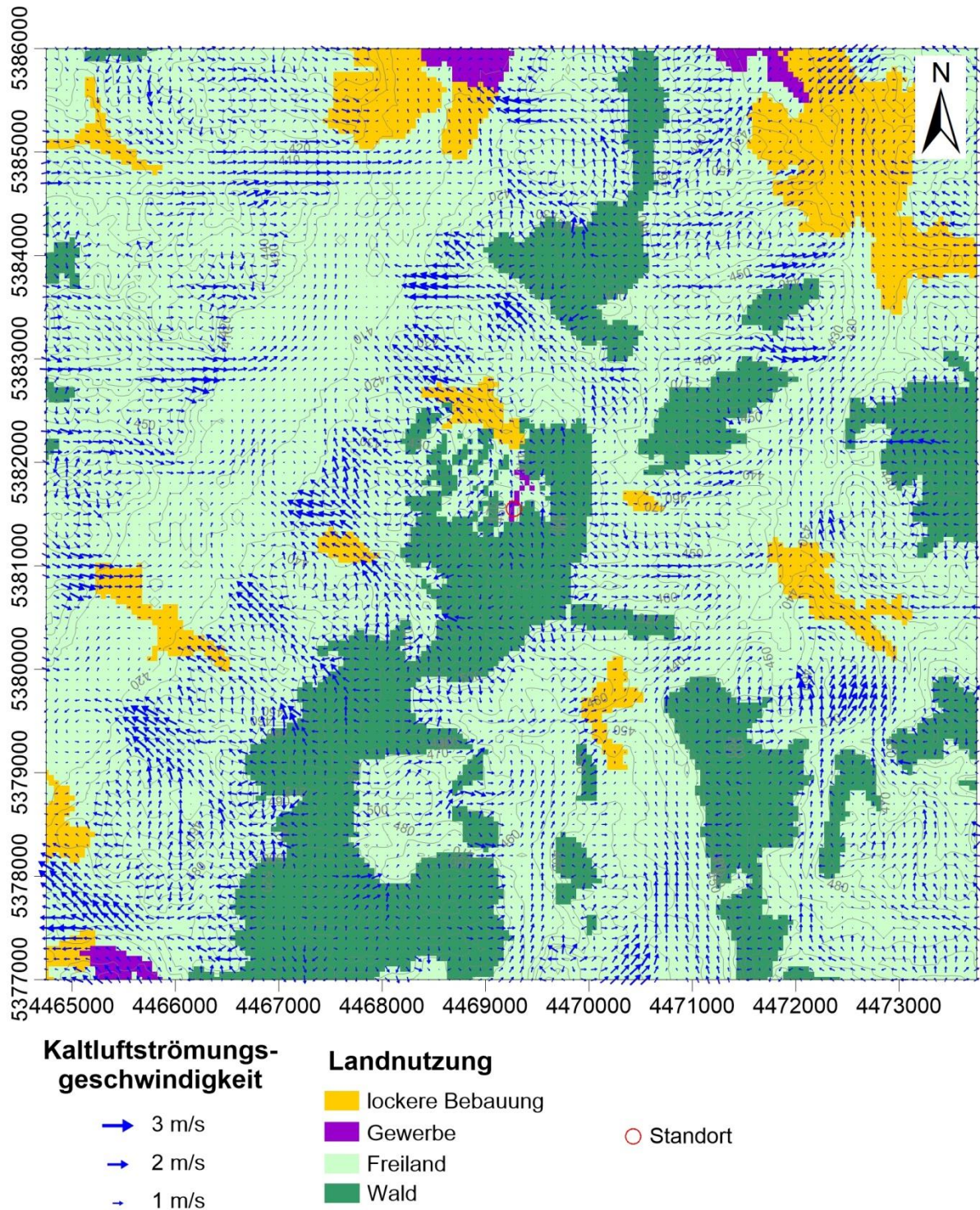


Abb. 3.1: Strömungsgeschwindigkeit zu Beginn der Kaltluftbildung in der Umgebung des Bauvorhabens (rot markiert)

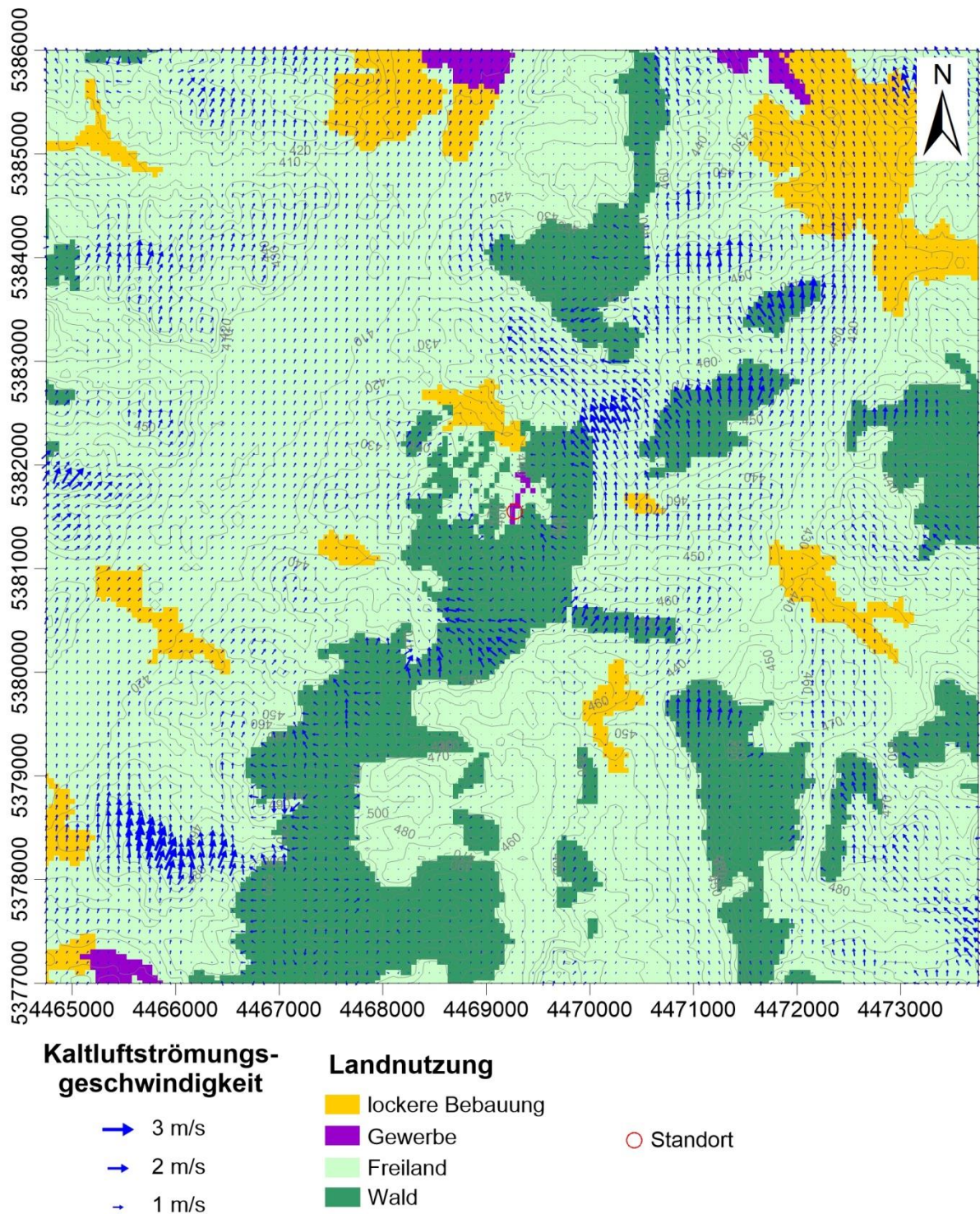


Abb. 3.2: Strömungsgeschwindigkeit bei ausgeprägter Kaltluftbildung

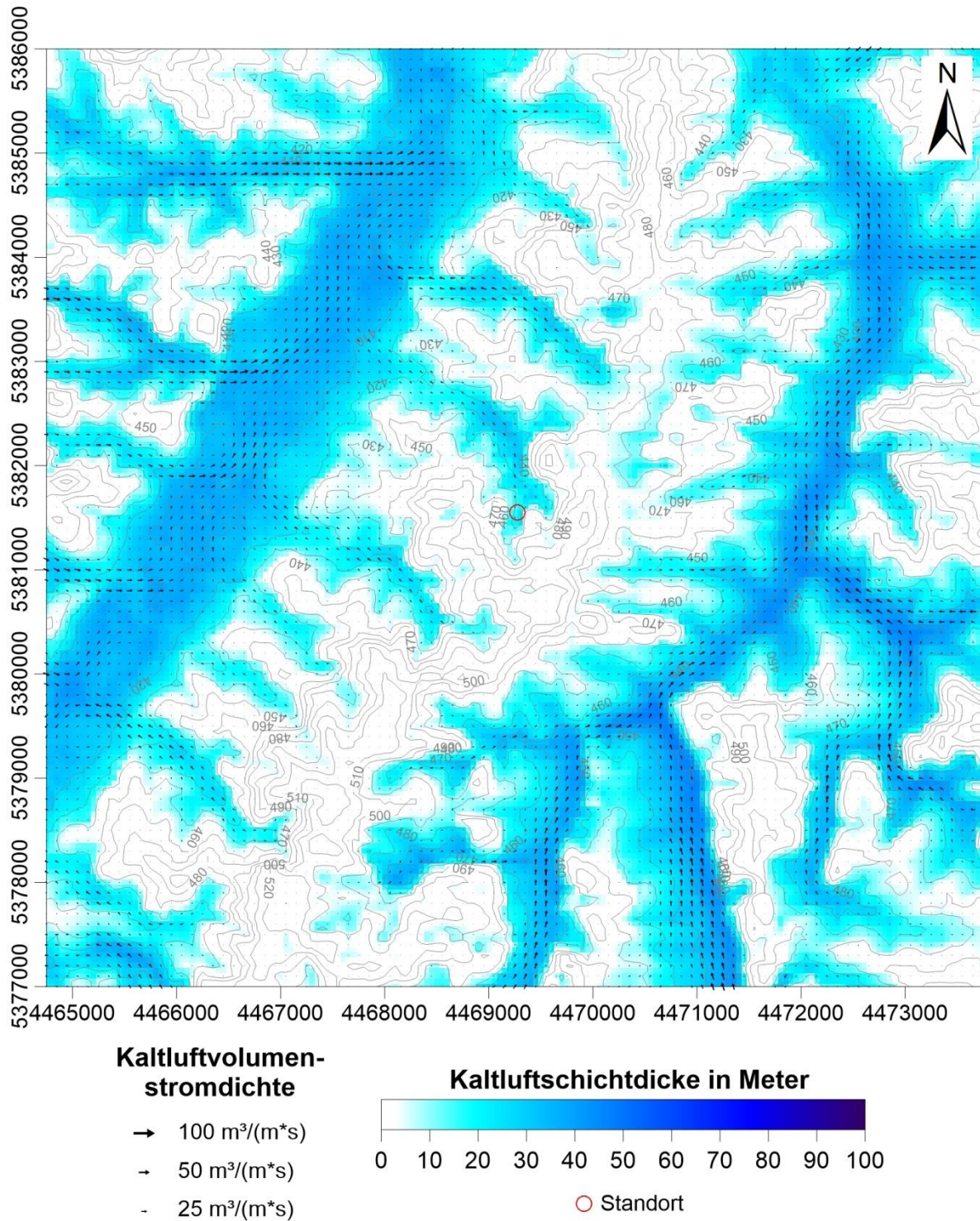


Abb. 3.3: Volumenstromdichte und Schichtdicke in der Anfangsphase der Kaltluftbildung

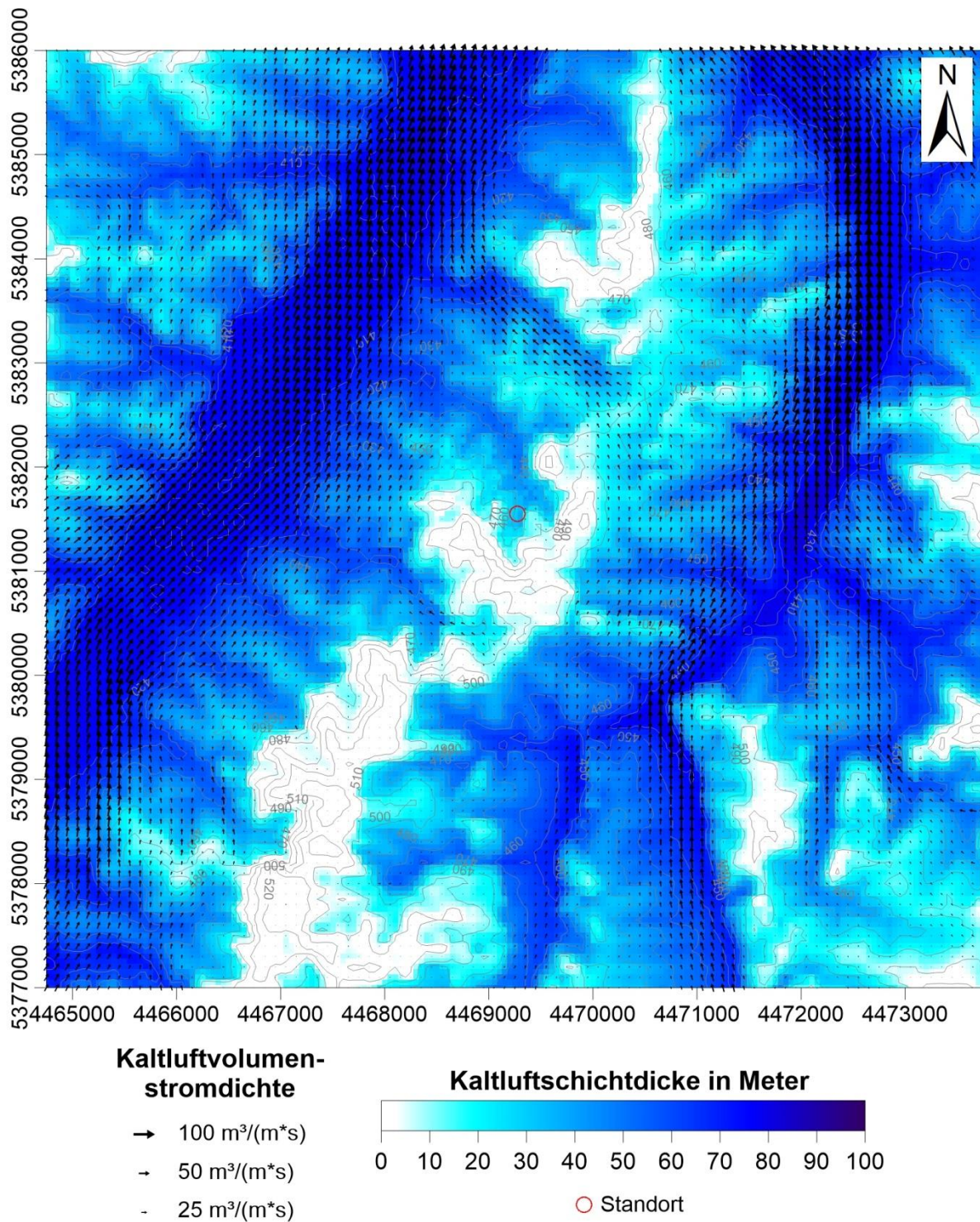


Abb. 3.4: Volumenstromdichte und Schichtdicke bei ausgeprägter Kaltluftbildung

4 EINBINDUNG DER KALTLUFT IN DIE AUSBREITUNGSRECHNUNG

Die mit KALM berechneten Kaltluftwindfelder werden mittels eines nachgeschalteten Schnittstellenprogramms aufbereitet und dem Ausbreitungsmodell LASAT zugeführt. Hierbei werden die Schichtdicken und Geschwindigkeiten aus den Modellergebnissen des Modells KALM eingelesen und die Geschwindigkeiten werden in 3d-Profilen umgerechnet. Dem Kaltluftprofil wird ein grossräumiges Windprofil überlagert. Es erfolgt eine Divergenzfreimachung der Kaltluftwindfelder sowie die Einarbeitung der Gebäudeeinflüsse in das Windfeld mit dem diagnostischen Strömungsmodul von LASAT (lprwnd), vgl. UBA/Janicke (2014) Kap. 3.6.3.

Zu den wie in Abschnitt 2.5 beschrieben identifizierten Kaltluftzeitpunkten werden dem Ausbreitungsmodell die Windfelder mit Kaltluftberücksichtigung für die Ausbreitungsrechnung zugewiesen. Hierbei wurde vorliegend für die ersten drei Stunden eines Kaltluftereignisses die Situation „beginnende Kaltluft“, für die weiteren Stunden die Situation „ausgeprägte Kaltluft“ verwendet.

5 LITERATUR

- DWD (1994): Amtliches Gutachten zur Gültigkeit der Ausbreitungsklassenstatistik Dresden/Klotzsche entlang der Trasse der BAB 4 im Bereich der Stadt Dresden und zur Abschätzung der meteorologischen Bedingungen für das Auftreten von Kaltluftflüssen. Deutscher Wetterdienst. Wetteramt Dresden. 02/1994.
- DWD (1995): Amtliches Gutachten zur Abschätzung der Häufigkeit von Kaltluftflüssen im Bereich der Ortsumgebung Pirna. Deutscher Wetterdienst. Wetteramt Dresden. Ca. 1995.
- DWD (2015): Qualifizierte Prüfung (QPR) der Übertragbarkeit einer Ausbreitungszeitreihe (AKTerm) nach TA Luft 2002 auf einen Standort in 85283 Eschelbach an der Ilm, Amtliches Gutachten vom 20.09.2015, Deutscher Wetterdienst, Essen.
- DWD (2017): Amtliches Gutachten. Kaltluftabflusssimulationen mit KLAM_21 für die Stadt Leipzig und Umgebung. Im Auftrag der Stadt Leipzig. Deutscher Wetterdienst. Offenbach, März 2017.
- DWD (2018): Amtliches Gutachten. Klimatische Beurteilung: Neubau Landratsamt BGL in Bad Reichenhall. Im Auftrag vom Landratsamt Berchtesgadener Land. Deutscher Wetterdienst. München, August 2018.
- Heldt, K., Hörschele, K. (1989): Hang- und Bergwinde am Rheintalrand bei Karlsruhe. In: Meteorol. Rdsch. 41, S. 104-110
- Hook & Partner (2020): Immissionsschutztechnisches Gutachten Luftreinhaltung. Errichtung und Betrieb von zwei Masthähnchenställen sowie Änderung von zwei bestehenden Masthähnchenställen. Prognose und Beurteilung anlagenbezogener Geruchs-, Ammoniak-, Stickstoff- und Staubimmissionen sowie Bioaerosolen. Entwurf Stand 03.02.2020. Hook & Partner Sachverständige PartG mbB Landshut.
- UBA/Janicke (2014): AUSTAL2000. Programmbeschreibung zu Version 2.6. Stand 2014-06-26. Umweltbundesamt Dessau-Roßlau /Ingenieurbüro Janicke, Dunum.
- Schädler, G., Lohmeyer, A. (1994): Simulation of nocturnal drainage flows on personal computers. In: Meteorol. Zeitschrift, N.F. 3, S. 167-171.

- VDI 3787 Blatt 5 (2003): Umweltmeteorologie. Lokale Kaltluft. Richtlinie VDI 3787, Blatt 5. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Dezember 2003.
- VDI 3782 Blatt 1 (2016): Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Gaußsches Fahnenmodell zur Bestimmung von Immissionskenngrößen. Richtlinie VDI 3782 Blatt 1. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Januar 2016
- VDI 3782 Blatt 6 (2017): Umweltmeteorologie. Atmosphärische Ausbreitungsmodelle. Bestimmung der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier. Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, April 2017.
- Wörner (1967): Zur Frage der Automatisierbarkeit der Bewölkungsangaben durch Verwendung von Strahlungsgrößen, Abhandl. Meteorolog. Dienst DDR Nr. 82 (Band XI), Akademie-Verlag, Berlin.

A1: BESCHREIBUNG DES KALTLUFTABFLUSSMODELLS KALM

Modellbeschreibung

Das Modell verwendet die sogenannten Flachwassergleichungen, eine vereinfachte (vertikal integrierte) Form der Grundgleichungen der Strömungsmechanik. Die Bezeichnung "Flachwassergleichungen" hat sich eingebürgert, denn die Gleichungen eignen sich zur Beschreibung der Strömung jedes relativ zur Umgebung schweren Fluids, z.B. von Wasser oder von kalter Luft. Eine solche Strömung hat folgende Charakteristika:

- Abfluß über geneigtem Gelände entsprechend der Hangneigung
- Weiterbewegen der "Kaltluftfront" auch über ebenem Gelände
- Auffüllen von Becken (Kaltluftseen)
- Einfluß der Schichtdicke auf Strömungsrichtung und -geschwindigkeit (Druckgradienten).

Angetrieben wird die Strömung durch die auftriebskorrigierte Erdbeschleunigung. Innerhalb der Flachwassergleichungen werden folgende Einflüsse auf die Strömung berücksichtigt:

- Advektion (Transport der Kaltluft mit der Strömung)
- Reibung zwischen Erdoberfläche und Luft: diese Reibung variiert mit der Landnutzung (Freiland: niedrige Reibung, Siedlung: hohe Reibung)
- Beschleunigung oder Abbremsen der Strömung durch Änderung der Geländehöhe und / oder der Kaltluftschichtdicke
- von der Landnutzung abhängige Nullpunktverschiebung des Geländeniveaus zusätzlich zur topografischen Geländehöhe
- von der Landnutzung abhängige Kaltluftproduktion.

Das Lösungsverfahren ist ein Differenzenverfahren mit variabler Gitterpunktzahl und Gitterweite, d.h. Topografie und Landnutzung müssen an den einzelnen Gitterpunkten digitalisiert vorliegen; es wird ein versetztes Gitter verwendet. Um großskalige Einflüsse (z.B. Flusstäler) bei gleichzeitiger hoher Auflösung im interessierenden Gebiet zu berücksichtigen, kann das Modell auf einem geschachtelten Gitter ("Nesting") betrieben werden.

Falls keine Kaltluftseebildung auftritt, wird die Rechnung nach etwa 1 h simulierter Zeit stationär, d.h. die berechneten Werte ändern sich dann nicht mehr signifikant. Im allgemeinen Fall ist es sinnvoll, etwa 3 h bis 6 h zu simulieren; dies entspricht den Verhältnissen in der Natur.

Eingabedaten und Rechengrößen des Modells

Vorausgesetzt wird die für Kaltluftabflüsse optimale Situation, d.h. eine klare und windstille Nacht. Das Modell berechnet die zeitliche Entwicklung der Kaltluftströmung, ausgehend vom Ruhezustand (keine Strömung) bei gegebener zeitlich konstanter Kaltluftproduktionsrate. Diese, ebenso wie die Reibungskoeffizienten, werden über die Art der Landnutzung gesteuert. Es werden 8 Landnutzungsklassen berücksichtigt: dichte Bebauung, lockere Bebauung, gewerbliche Nutzungen, Wald, Freiland, Wasser, Gleisanlagen und Verkehrsflächen (Straßen, Parkplätze). Für die Kaltluftproduktionsraten, Reibungskoeffizienten und Nullpunktsverschiebungen sind Standardwerte vorgesehen. Die Kaltluftproduktionsrate von Wald wird in Abhängigkeit von der lokalen Hangneigung variiert. Weiterhin benötigt das Modell die Topografie in digitalisierter Form. Die Skala des Modells ist beliebig (i.a. etwa 10 km x 10 km), die Auflösung liegt zwischen etwa 15 m und 200 m.

Berechnet wird die Dicke der Kaltluftschicht sowie die beiden horizontalen Geschwindigkeitskomponenten (West-Ost und Süd-Nord), gemittelt über die Dicke der Kaltluftschicht. Aus diesen Größen kann dann auch der Kaltluftvolumenstrom berechnet werden.

Zur Weiterverarbeitung der Modellergebnisse stehen Postprozessoren u.a. zur graphischen Darstellung der berechneten Felder (Vektor- und Rasterdarstellung), zur Berechnung und Darstellung von Kaltluftvolumenströmen durch wählbare Schichten, zur Visualisierung der Strömung durch Vorwärts- und Rückwärtstrajektorien und zur Darstellung von Zeitreihen an ausgewählten Punkten zur Verfügung.

Durch Kopplung der von KALM berechneten Windfelder mit Ausbreitungsmodellen, wie z.B. LASAT, kann die Schadstoffausbreitung in Kaltluftabflüssen berechnet und z.B. in Immissionsprognosen eingearbeitet werden.

Im vorliegenden Projekt wurde auf der Grundlage von digitalen Daten der Geländehöhen und dem CORINE-Landnutzungskataster ein digitales Geländemodell mit Landnutzung erstellt. Damit wurden Kaltluftsimulationsrechnungen mit dem Kaltluftabflussmodell KALM durchgeführt. Das Untersuchungsgebiet bzw. Rechengebiet umfasst ein Rechteck, in dem das Rechengebiet der Ausbreitungsrechnungen enthalten ist. Damit die Modellierung der Kalt-

luftströmungen die örtlichen Verhältnisse zufriedenstellend berücksichtigen kann, wird die Modellierung für ein Gebiet von ca. 214 km² durchgeführt. Das Gebiet erstreckt sich in west-östlicher Richtung und in nordsüdlicher Richtung jeweils ca. 14.5 km. Dieses Gebiet wurde mit einem Raster der Maschenweite von 50 m x 50 m berücksichtigt. Zur Verwendung der so berechneten Kaltluftwindfelder als explizite Kaltluftwindfelder in der Ausbreitungsrechnung wurden diese auf das Rechengitter von LASAT interpoliert.