

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Karlsruhe
Nördliche Hildapromenade 6
76133 Karlsruhe

Telefon +49(721)504379 0
Telefax +49(721)504379 11

www.MuellerBBM.de
Dipl.-Met. Sarah Schmitz
Telefon +49(721)504379 18
Sarah.Schmitz@mbbm.com

14. Oktober 2016
M131101/01 SCS/SCS

Palm Aalen

Einfluss auf lokale Kaltluftströmungen

Bericht Nr. M131101/01

Auftraggeber:	Papierfabrik Palm GmbH & Co. KG Postfach 16 05 73406 Aalen-Neukochen
Bearbeitet von:	Dipl.-Met. Sarah Schmitz Dipl.-Met. Axel Rühling Dipl.-Geoökol. Michael Kortner
Berichtsumfang:	Insgesamt 25 Seiten

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

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

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Situation und Aufgabenstellung	4
2 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse	5
3 Technische Grundlagen	7
3.1 Vorgehen und Methodik	7
3.2 Rechengebiet und digitales Geländemodell	8
4 Kaltluftsimulationen	13
5 Grundlagen und Literatur	25

Zusammenfassung

Die Papierfabrik Palm GmbH & Co. KG betreibt am Standort Aalen-Neukochen eine Papierfabrik zur Produktion von Wellpappenrohpapier sowie für Zeitungsdruckpapier.

Der Standort soll zukünftig durch eine vollständige Neuorganisation umstrukturiert werden.

Hierzu sind zunächst die Aufstellung des Bebauungsplans „Industriegebiet Breitwiesen-Neukochen“ sowie die entsprechende Änderung des Flächennutzungsplans geplant. Der Bebauungsplan ist nicht vorhabenbezogen, soll aber den maximalen Planungsfall „Papierfabrik“ abdecken.

Im Rahmen der Planaufstellung sollte gutachterlich geprüft werden, ob durch die vorgesehenen Baumaßnahmen Auswirkungen auf die Kaltluftabflüsse in der Umgebung und hierdurch vermittelte schädliche Umwelteinwirkungen zu erwarten sind.

Vor diesem Hintergrund wurden durch Modellrechnungen mit einem geeigneten Kaltluftentstehungs- und -abflussmodell die Auswirkungen des Vorhabens auf einen lokalen Kaltluftstrom durch vergleichende Modellrechnungen für die Istsituation (Bestand) und den Planfall quantifiziert und beurteilt.

Die wesentlichen Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Untersuchung können wie folgt zusammengefasst werden:

- Insgesamt kommt es durch die Planungen im B-Plan-Gebiet zu keinen nennenswerten Veränderungen der Kaltluftströmung sowie der Kaltluftschichtdicke in der Umgebung.
- Die Auswirkungen der Planungen zeigen sich zu Beginn einer Kaltluftsituation in einer Reduktion des Kaltluftvolumenstroms im Lee des B-Plan-Gebietes. Diese Reduktion minimiert sich im weiteren Verlauf einer Kaltluftsituation und ist insgesamt als gering einzustufen.
- Bei voll ausgebildeter Kaltluft sind innerhalb des Stadtgebiets von Aalen keine nennenswerten Unterschiede in der Kaltluftströmung, der Kaltluftschichtdicke und im Kaltluftvolumenstrom zu sehen, so dass nicht mit einer Verschlechterung der Durchlüftungssituation in Aalen durch das Planvorhaben zu rechnen ist.

Nach den oben aufgeführten Erkenntnissen ist nicht zu erwarten, dass es durch das Planvorhaben zu negativen Auswirkungen auf die lokalen Kaltluftströmungen kommen wird. Unter Berücksichtigung der allenfalls kleinräumigen und insgesamt gering zu bewertenden mikroklimatischen Änderungen ist nicht mit schädlichen Umwelteinwirkungen zu rechnen.

Dipl.-Met. Sarah Schmitz

Dipl.-Met. Axel Rühling

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Papierfabrik Palm GmbH & Co. KG betreibt am Standort Aalen-Neukochen eine Papierfabrik zur Produktion von Wellpappenrohpapier sowie für Zeitungsdruckpapier.

Der Standort soll zukünftig durch eine vollständige Neuorganisation umstrukturiert werden.

Hierzu sind zunächst die Aufstellung des Bebauungsplans „Industriegebiet Breitwiesen-Neukochen“ sowie die entsprechende Änderung des Flächennutzungsplans geplant. Der Bebauungsplan ist nicht vorhabenbezogen, soll aber den maximalen Planungsfall „Papierfabrik“ abdecken.

Im Rahmen der Planaufstellung soll gutachterlich geprüft werden, ob durch die vorgesehenen Baumaßnahmen Auswirkungen auf die Kaltluftabflüsse in der Umgebung und hierdurch vermittelte schädliche Umwelteinwirkungen zu erwarten sind.

Vor diesem Hintergrund werden durch Modellrechnungen mit einem geeigneten Kaltluftentstehungs- und -abflussmodell die Auswirkungen des Vorhabens auf einen lokalen Kaltluftstrom durch vergleichende Modellrechnungen für die Istsituation (Bestand) und den Planfall quantifiziert und beurteilt.

2 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse

Das Industriegebiet mit der Papierfabrik Palm befindet sich im Südosten von Aalen im Tal des oberen Kocher (siehe Abbildung 1). Südlich und östlich von Aalen erhebt sich die schwäbische Alb. In Abbildung 2 ist ein Luftbild im Umfeld des Untersuchungsgebietes dargestellt.

Die geographische Höhe im B-Plan-Gebiet beträgt ca. 460 m ü. NN. Das Gelände fällt zum Zentrum von Aalen auf ca. 430 m ü. NN ab. Die schwäbische Alb im Süden und Osten von Aalen steigt auf Höhen von 670 bis 730 m ü. NN an.

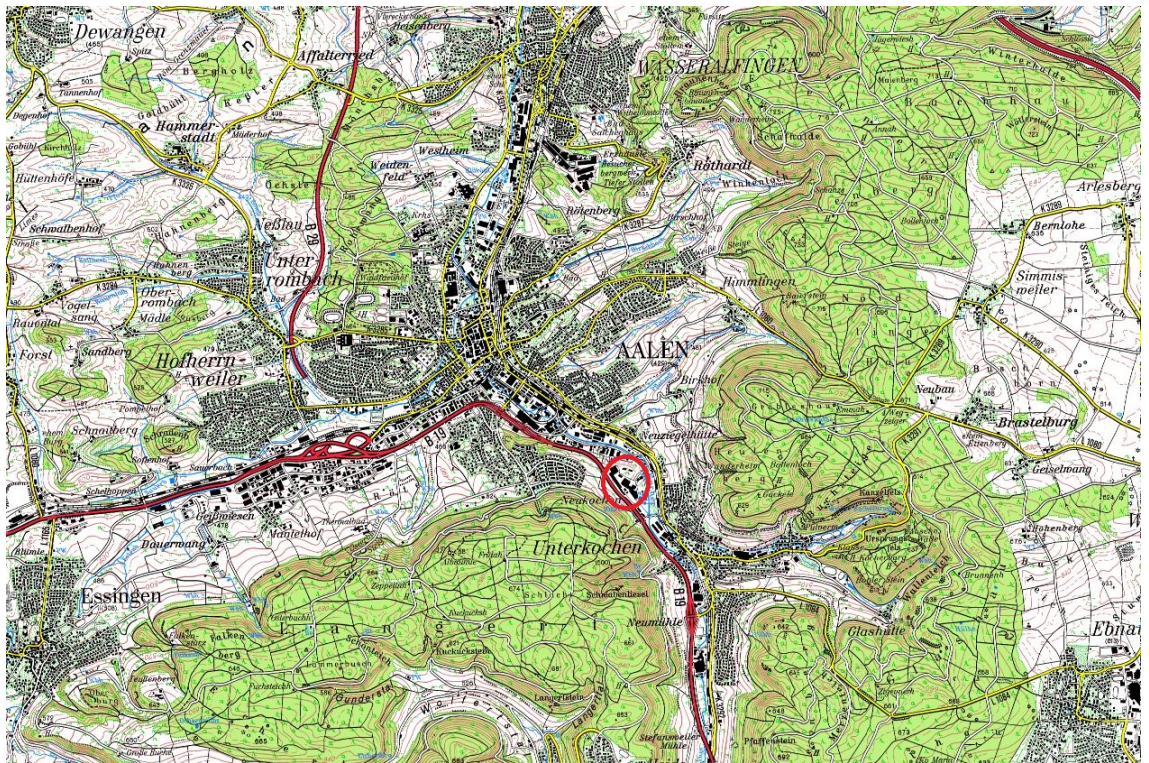


Abbildung 1. Auszug aus der topographischen Karte [4] im Bereich von Aalen (Standort der Papierfabrik rot markiert).



Abbildung 2. Luftbild in der Umgebung des B-Plan-Gebietes [10], Aufnahme von 2016.

3 Technische Grundlagen

3.1 Vorgehen und Methodik

Im Rahmen des Planvorhabens ist eine Vergrößerung des bereits vorhandenen Industriegebietes vorgesehen (siehe Abbildung 3) und eine Änderung der Gebäudestruktur.

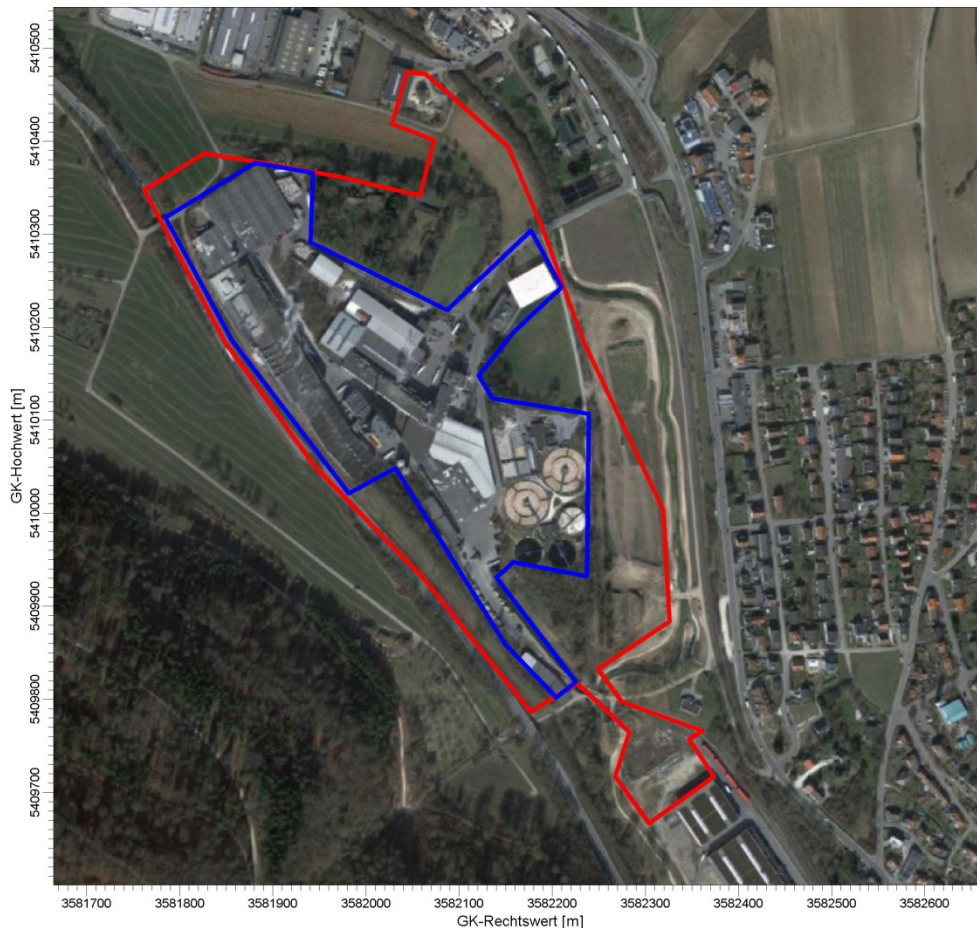


Abbildung 3. Derzeit vorhandenes Industriegebiet blau umrandet, B-Plan-Gebiet rot umrandet.

Für eine Bewertung der Auswirkungen des Planvorhabens auf Kaltluftströme werden diese durch vergleichende Berechnungen für die Istsituation (Bestand) und den Planfall quantifiziert und anhand der Kriterien der VDI 3787 Blatt 5 [7] beurteilt. Die Kaltluftbildung und Kaltluftflüsse sind dazu durch Modellrechnungen zu quantifizieren. Für die Berechnung der Kaltluftabflüsse wurde das Simulationsmodell KLAM_21 des Deutschen Wetterdienstes (DWD) [2] eingesetzt. KLAM_21 berücksichtigt die Geländestructur, die Oberflächenbeschaffenheiten und kleinräumige Strömungshindernisse, wie z. B. Dämme, Wälle, Mauern oder Gebäude.

Grundlage der Modellierung mit KLAM_21 sind Höhen- und Flächennutzungsdaten für das gesamte Rechengebiet. Jedem Flächenelement im Rechengebiet müssen mindestens Werte für die Geländehöhe, die Rauigkeitslänge der Bodenoberfläche und die relative Ausstrahlung der Fläche zugewiesen werden. Je nach Landnutzung werden zusätzliche Angaben zur mittleren Baum- oder Gebäudehöhe, zum Blattflächen- oder Wandflächenindex und zum Bestandsgrad (Bodenbedeckung durch die Baumkronen) bzw. zur Bodenbedeckung durch Gebäude berücksichtigt.

Der Einfluss, den isolierte, steil aufragende Hindernisse - wie z.B. Straßendämme oder Einzelgebäude - auf die Kaltluftströmung ausüben, kann nur ungenügend über spezielle "Landnutzungen" modelliert werden. Der Grund dafür ist, dass solche Hindernisse in die Kaltluftschicht hineinragen und deshalb um- oder überströmt werden. Letzteres setzt voraus, dass die vor dem Hindernis sich stauende Kaltluft eine entsprechende Höhe erreicht hat.

Das Modell KLAM_21 bietet die Möglichkeit, solche Hindernisse explizit als Gebäude zu modellieren. Bei den Gebäuden wird die Kälteproduktion innerhalb der umschlossenen Bereiche auf Null gesetzt, d. h. Flächenelemente mit Gebäuden produzieren keine Kaltluft. Außerdem wird in ihrem Außenbereich die effektive Ausstrahlung (d. h. die Antriebsgröße für die Kaltluftproduktion) um einen von der Gebäudehöhe abhängigen Faktor vermindert.

Die Hindernisse wirken sperrend auf die Kaltluftströmung. Solange die Kaltluflthöhe geringer ist als das jeweilige Hindernis, kann keine Kaltluft darüber hinweg fließen. Erst wenn die Kaltluflthöhe die Hindernishöhe überschreitet, wird ein (auf den oberen Bereich des vertikalen Strömungsprofils beschränkter) Kaltlufttransport möglich.

KLAM_21 ist dafür konzipiert, die zeitliche Entwicklung der Kaltluftentstehung zu simulieren und dabei quantitative Aussagen zur Strömungsgeschwindigkeit, zur Kaltluftschichtdicke und zum Kaltluftvolumenstrom zu liefern.

3.2 Rechengebiet und digitales Geländemodell

Die Simulationen für die Kaltluftströmungen wurden für ein weitaus größeres Rechengebiet als das eigentliche Untersuchungsgebiet durchgeführt, um die Einzugsbereiche der Kaltluft ausreichend zu erfassen. Gleichzeitig ist für den zu untersuchenden Bereich des B-Plan-Gebietes und seiner Umgebung eine sehr detaillierte Betrachtung notwendig, um die geplante Bebauung und deren Einfluss aufzulösen.

Das KLAM_21-Rechengebiet wurde auf 17 km x 25 km mit einem Kerngebiet zur Auswertung von 5,5 km x 5,5 km festgelegt. Die räumliche Auflösung des Rechengitters in der Horizontalen beträgt im Kerngebiet 10 m x 10 m.

Zur Berücksichtigung der Orographie bei der Berechnung der Kaltluftströmungen wurden die Höhendaten im Rechengebiet in einer Rasterauflösung von 50 m zugrunde gelegt [3]. Das damit erzeugte digitale Geländemodell (DGM) ist in der Abbildung 4 dargestellt.

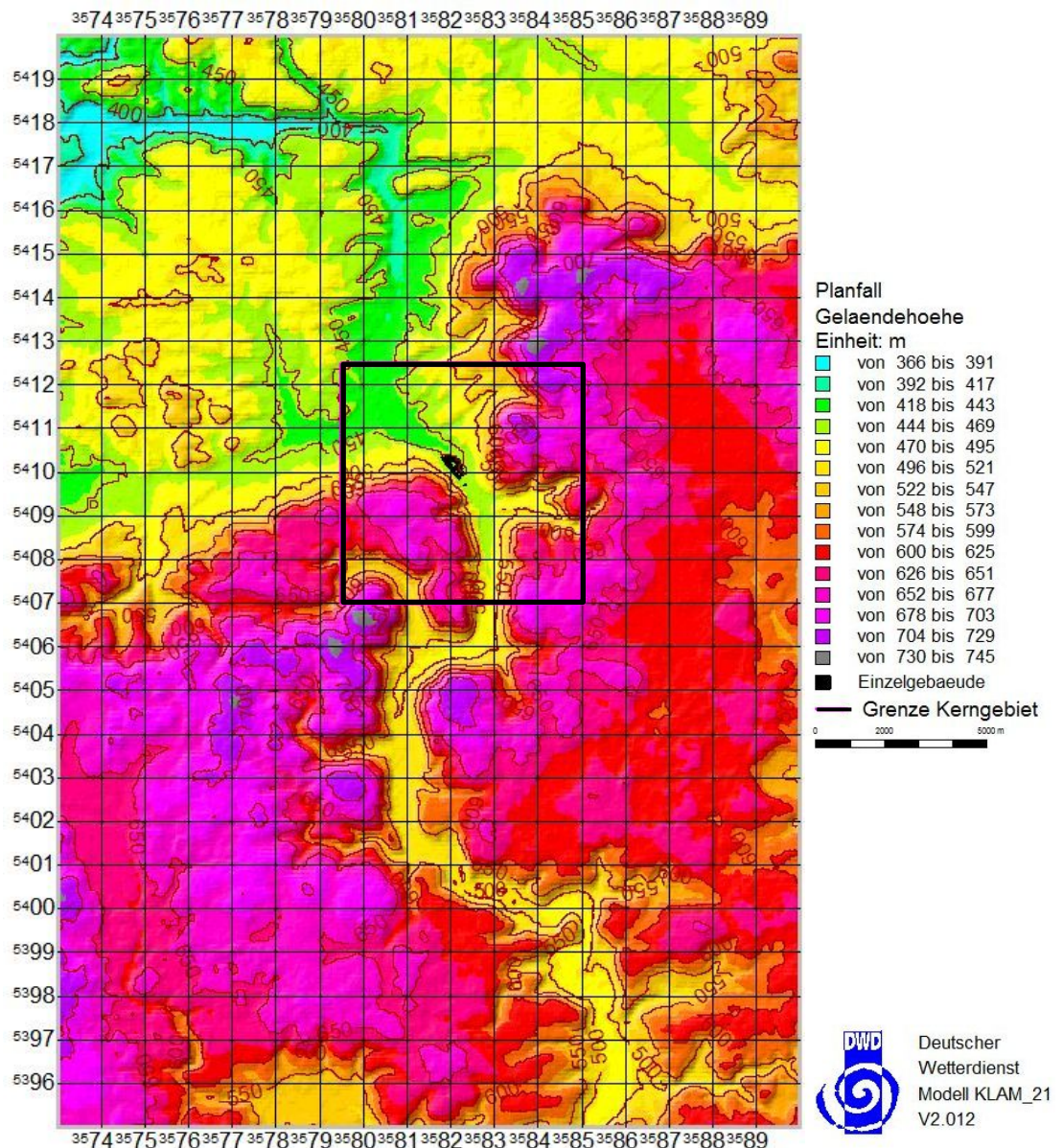


Abbildung 4. Geländehöhen im Rechengebiet der Kaltluftberechnungen mit KLAM_21 [3].

Die Flächennutzungsdaten (Bodenbedeckung, Grundlage für die Kaltluftproduktionsraten) wurden anhand der topografischen Karte [4] digital aufgenommen und in die für das Modell KLAM_21 geeigneten Formate übertragen. Hierbei wurden differenzierte Eingangsdaten für den Rechenlauf Bestand (Istzustand) und den Rechenlauf Planfall erstellt. Im Rahmen des B-Plan-Verfahrens soll das Industriegebiet im Bereich der Papierfabrik erweitert werden, weshalb im Modell der Bereich mit der Flächennutzungszuordnung „Industriegebiet“ im Planfall größer ist als im Bestand (vgl. Abbildung 3 in Kapitel 3.1).

Zusätzlich wurden die Gebäude im Industriegebiet explizit als Strömungshindernisse digitalisiert. Dabei wurden für den Bestandsfall die derzeit vorhandenen Gebäude berücksichtigt (vgl. Abbildung 3 in Kapitel 3.1) und für den Planfall ein Maximalfall

betrachtet. Es wurden also alle möglichen Flächen mit Gebäuden belegt und diesen auch immer die maximal mögliche Höhe zugeordnet (Abbildung 5). Somit beträgt die maximal angesetzte Gebäudehöhe im Planfall 30 m.



Abbildung 5. Modellierte Gebäude im Planfall blau umrandet. Geplante Grünflächen im B-Plan-Gebiet grün umrandet.

Abbildung 6 zeigt die angesetzten Flächennutzungen im Rechengebiet von KLAM_21 und Abbildung 7 zeigt den jeweiligen Ausschnitt Kerngebiet für die Rechenläufe „Bestand“ und „Planfall“. In den Abbildungen sind die explizit berücksichtigten Gebäude schwarz markiert.

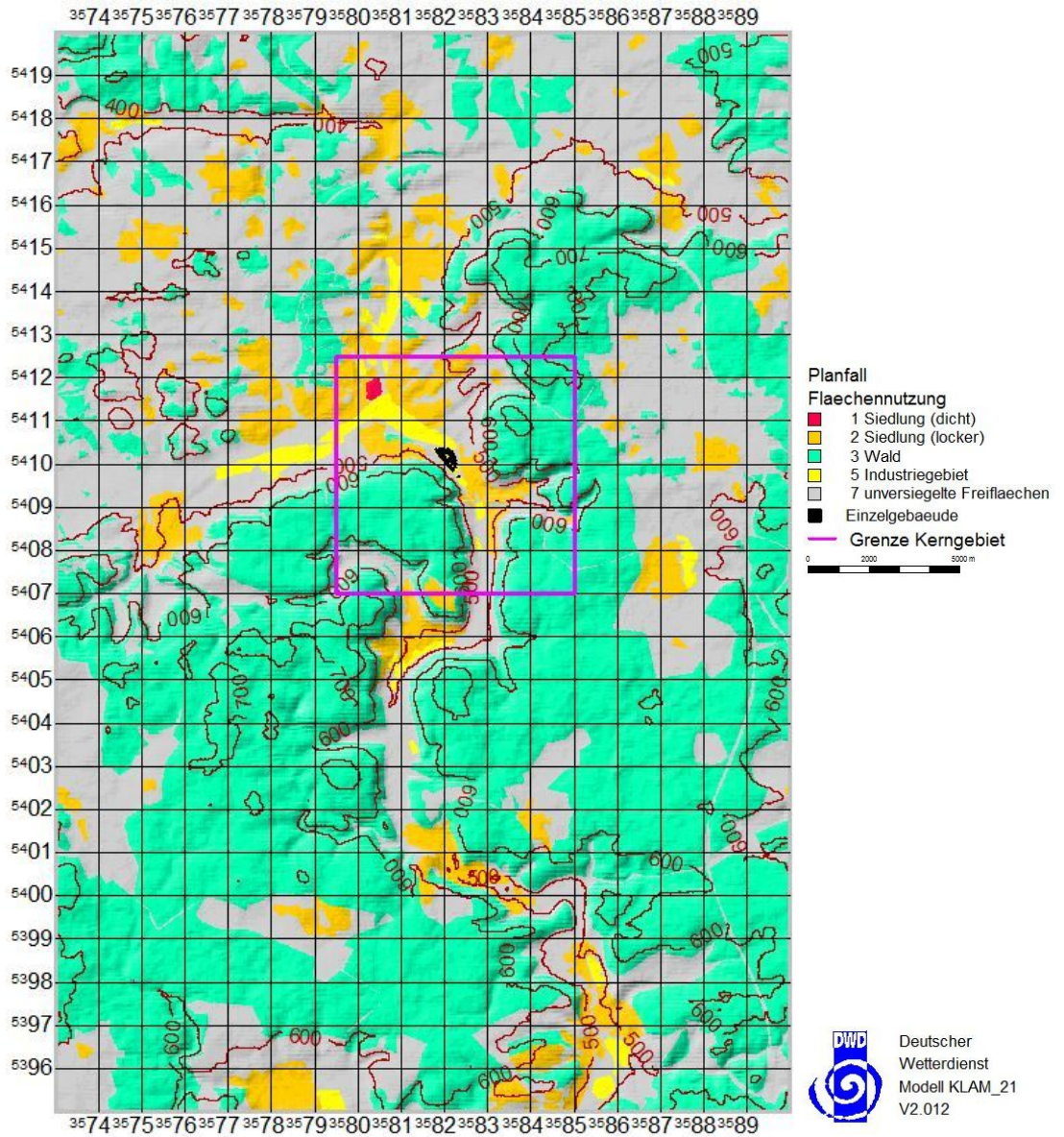


Abbildung 6. Bodenbedeckung (Flächennutzung) im Rechengebiet der Kaltluftberechnungen mit KLAM_21 [4].

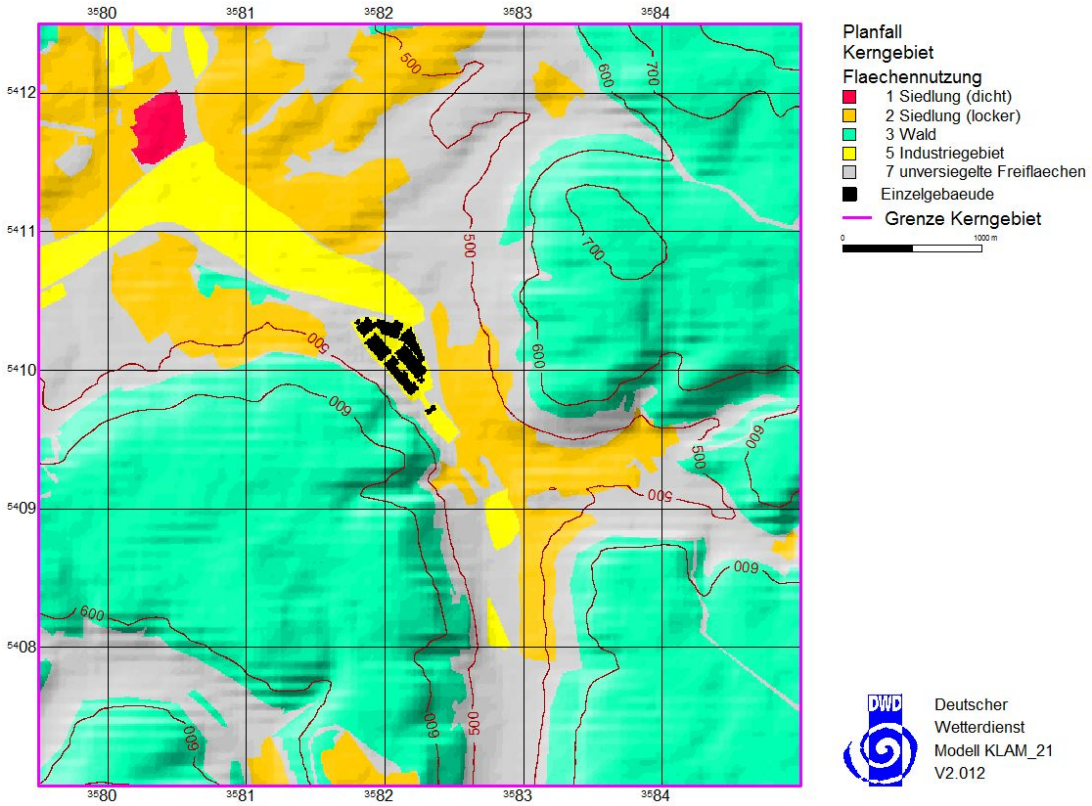
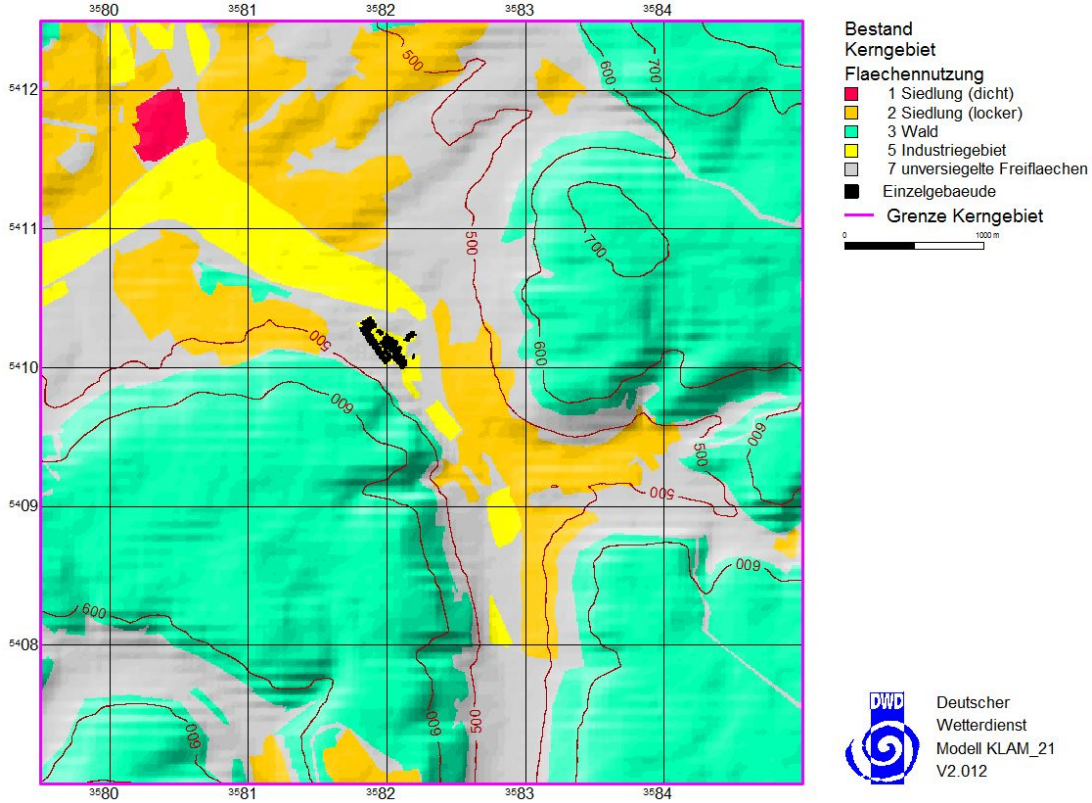


Abbildung 7. Bodenbedeckung (Flächennutzung) Ausschnitt Kerngebiet der Kaltluftberechnungen mit KLAM_21 [4], Bestand / Istsituation (oben) und Planfall (unten).

S:\MIProj\131\M131101\m131101_01_ber_2d.DOCX:18. 10. 2016

4 Kaltluftsimulationen

In gegliedertem Gelände kann das bodennahe Wind- und Strömungsfeld bei entsprechenden Randbedingungen durch Kaltluftabflüsse modifiziert werden. Die sich in den Abend- und Nachtstunden am Boden bildende Kaltluft weist gegenüber den umgebenden Luftmassen eine höhere Dichte auf. Dementsprechend setzen sich die Kaltluftmassen auf geneigten Flächen dem Gefälle folgend in Bewegung.

Für die Berechnung der Kaltluftabflüsse wurde das Simulationsmodell KLAM_21 [2] des Deutschen Wetterdienstes (DWD) eingesetzt, welches die zeitliche Entwicklung der Kaltluftentstehung simuliert und quantitative Angaben der Strömungsgeschwindigkeiten und Kaltluftschichtdicken sowie die entsprechenden Kaltluftvolumenströme liefert. Die simulierten Verhältnisse stellen Idealbedingungen mit wolkenlosem Himmel und ohne Störungen durch das großräumige Windfeld dar.

Das Kaltluftströmungsfeld wird regional durch das Talsystem des Kochers bestimmt, welches das Sammelgebiet für die auf den Hochflächen zwischen dem Talsystem gebildete Kaltluft darstellt. In Abbildung 8 ist die Kaltluftsituation bei voll ausgebildeter Kaltluft für das gesamte Untersuchungsgebiet im Bestand und in Abbildung 9 für den Planfall dargestellt.

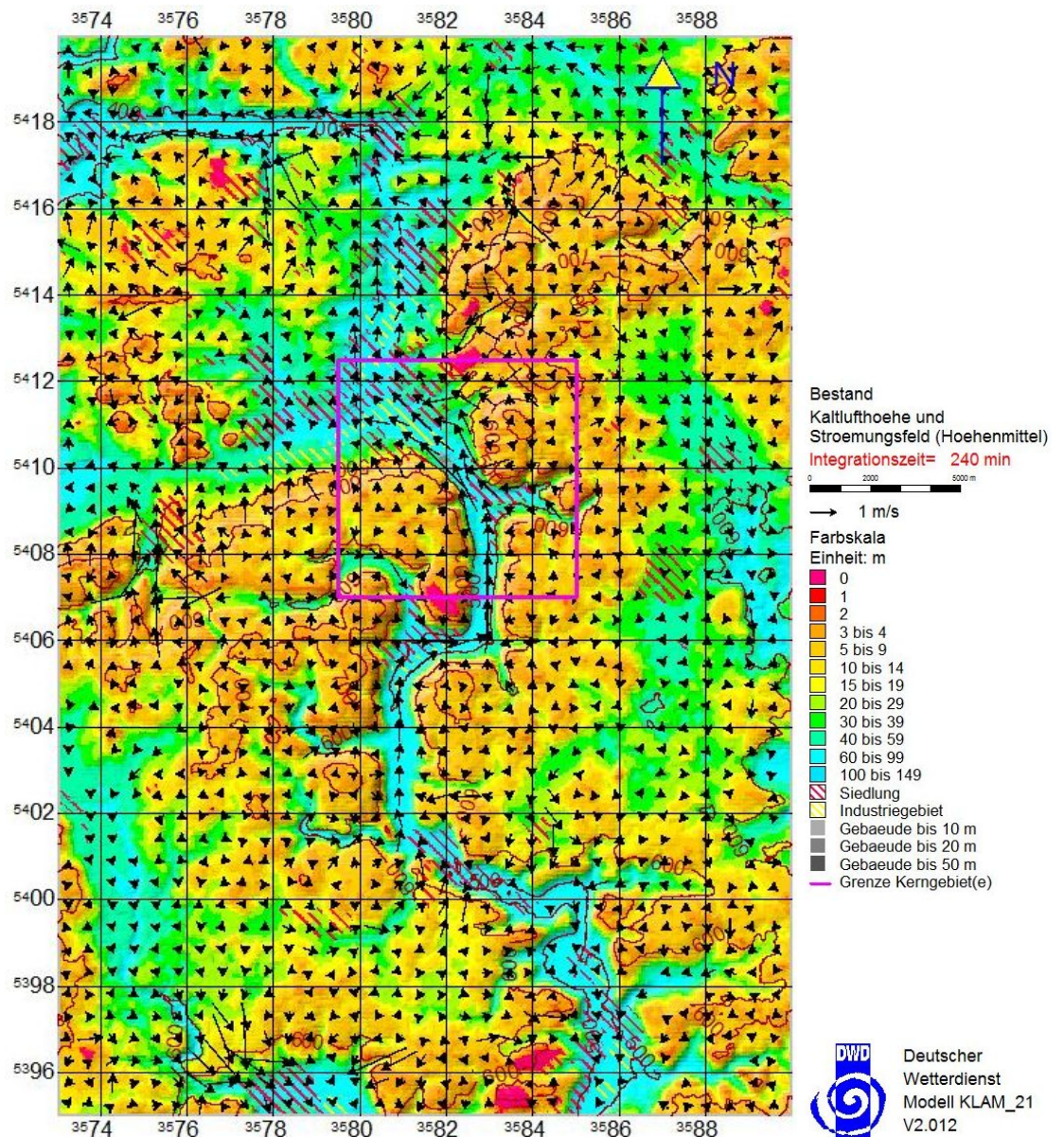


Abbildung 8. Kaltluftstroemungsfeld und Kaltluftschichtdicken bei voll ausgebildeter Kaltluft im Gesamtgebiet im **Bestand**. Inneres Untersuchungsgebiet rot umrandet.

S:\MIP\proj\131\MI131101\m131101_01_ber_2d.DOCX:18. 10. 2016

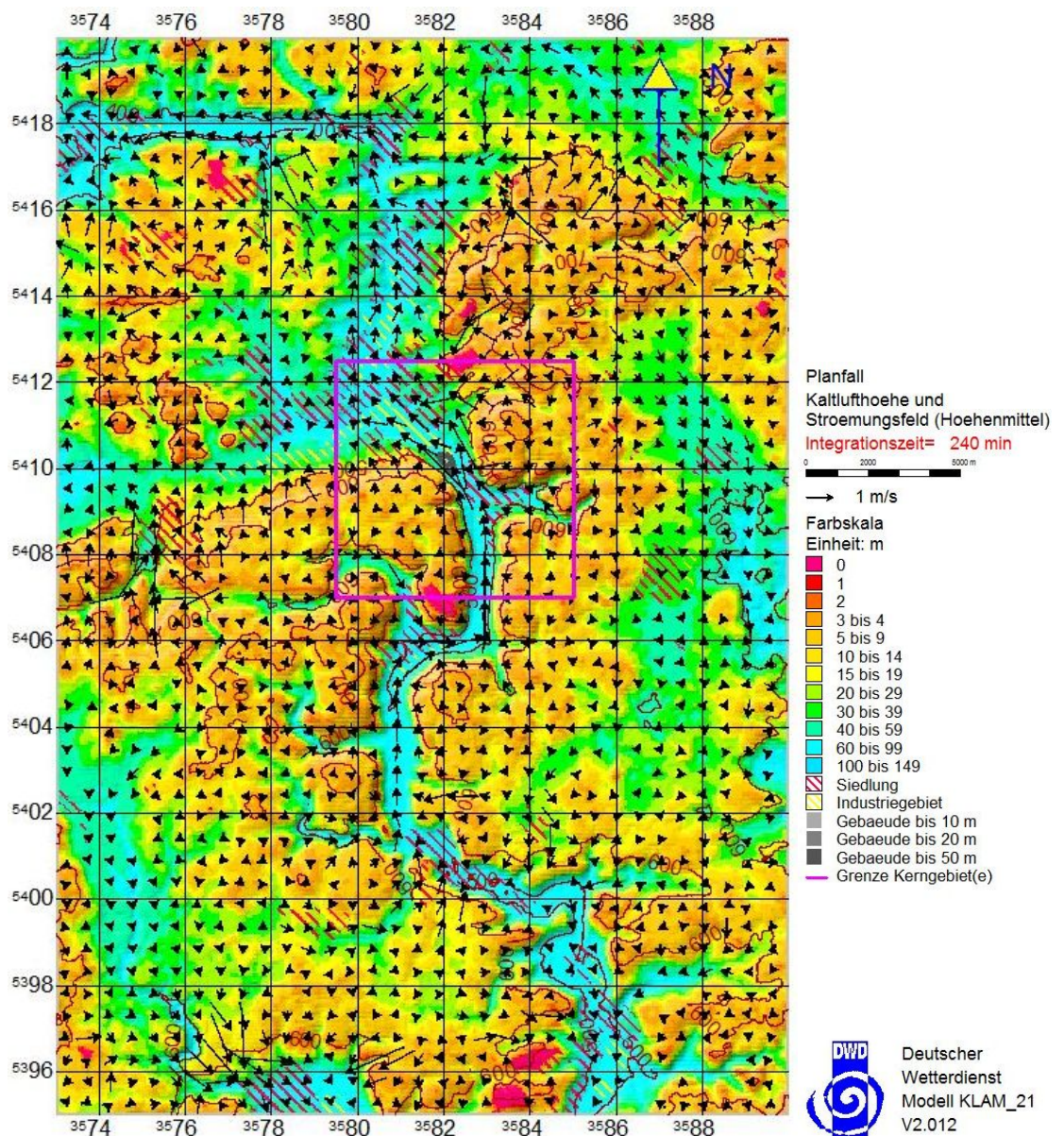


Abbildung 9. Kaltluftströmungsfeld und Kaltluftschichtdicken bei voll ausgebildeter Kaltluft im Gesamtgebiet im **Planfall**. Inneres Untersuchungsgebiet rot umrandet.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die für den Rechenlauf Bestand (Istsituation) und den Rechenlauf Planfall ermittelten Kaltluftströmungen und Kaltluftschichtdicken zu verschiedenen Zeiten der Kaltluftsituation im Kerngebiet. Dargestellt sind jeweils die über die örtlichen Kaltluftschichthöhen gemittelten Fließgeschwindigkeiten. In den Abbildungen sind die derzeit vorhandenen bzw. die maximal im Planfall vorhandenen Gebäude grau markiert.

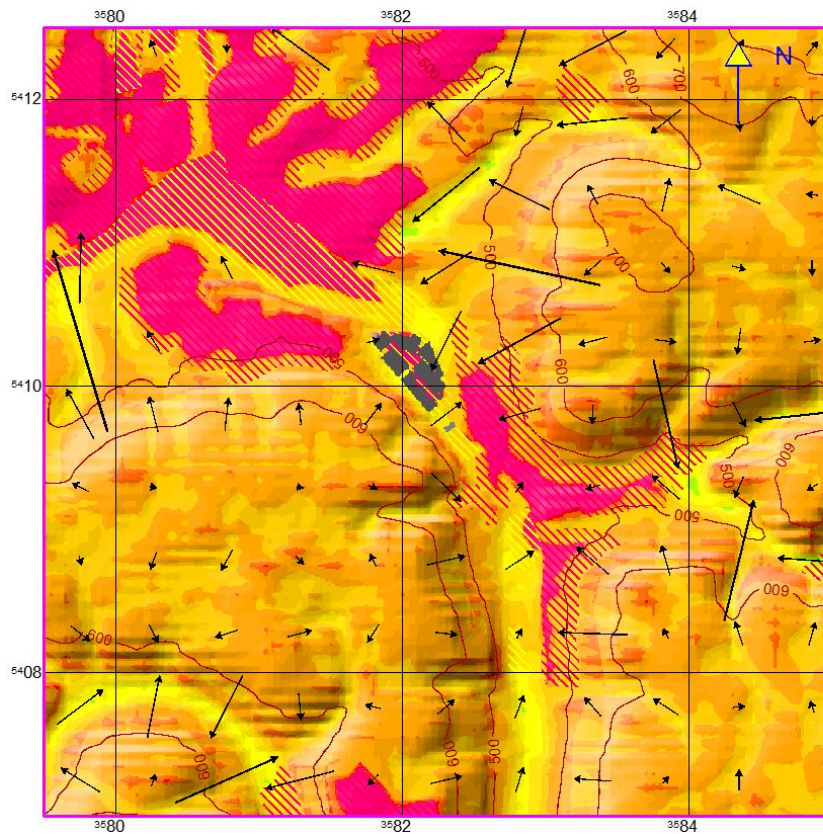
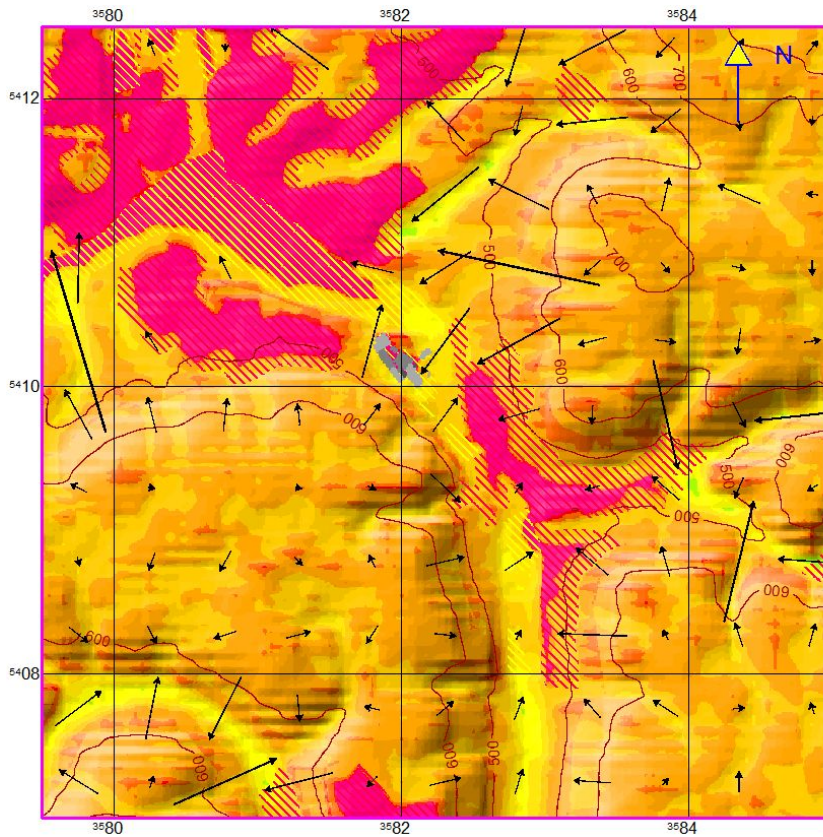


Abbildung 10. Kaltluftströmung und -höhe in der Anfangsphase der Kaltluftentwicklung im Kerngebiet - Bestand (oben) und Planfall (unten).

S:\WP\proj\131\MI131101\m131101_01_ber_2d.DOCX:18. 10. 2016

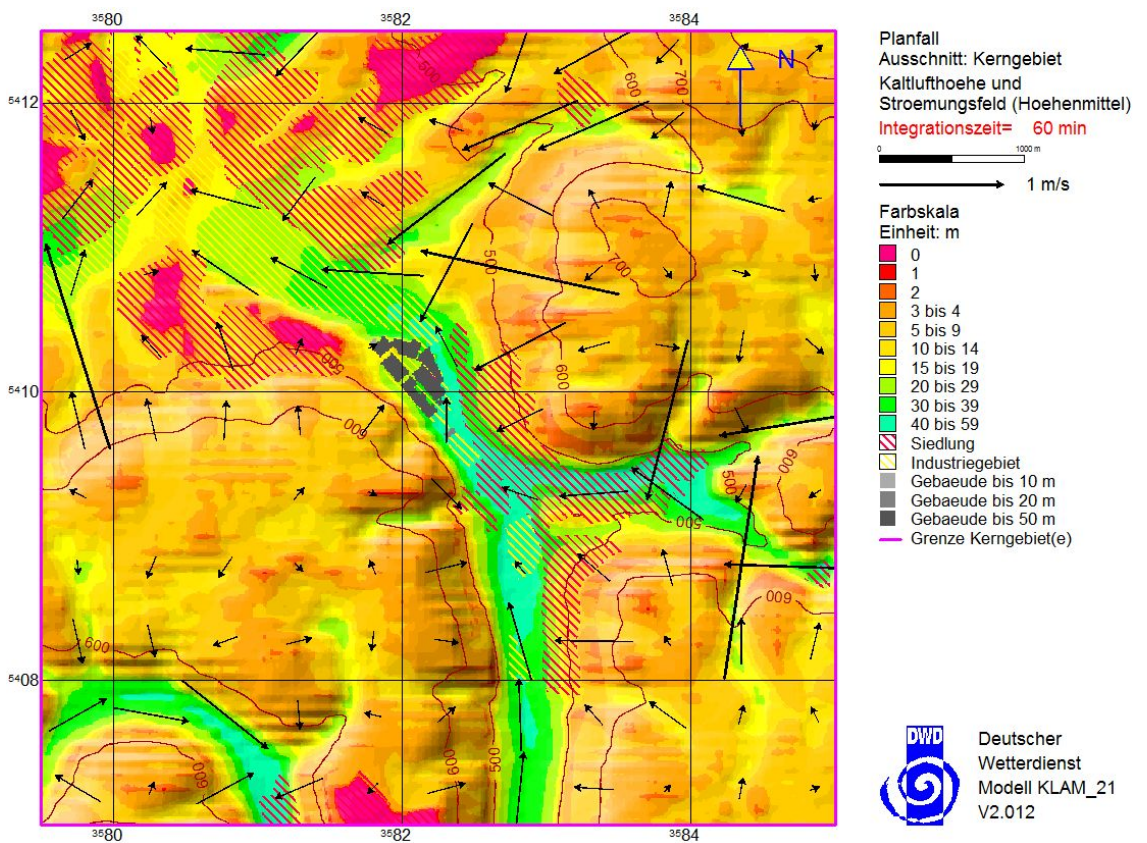
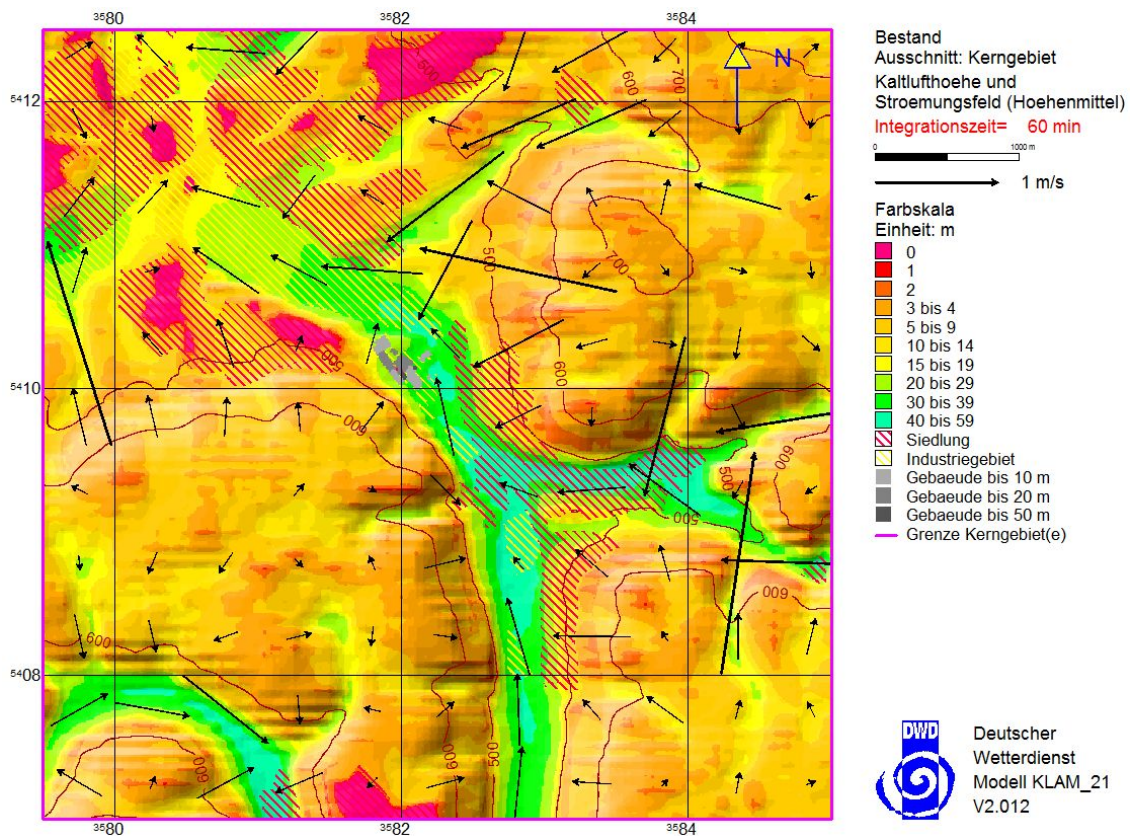


Abbildung 11. Kaltluftströmung und -höhe etwa eine Stunde nach Beginn der Kaltluftströmung im Kerngebiet - Bestand (oben) und Planfall (unten).

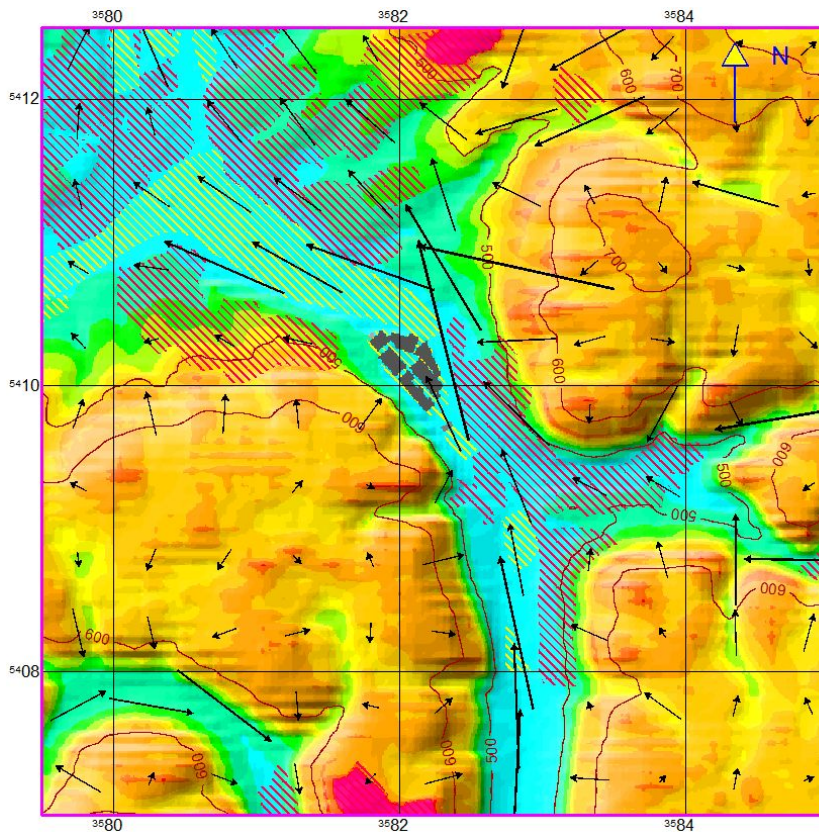
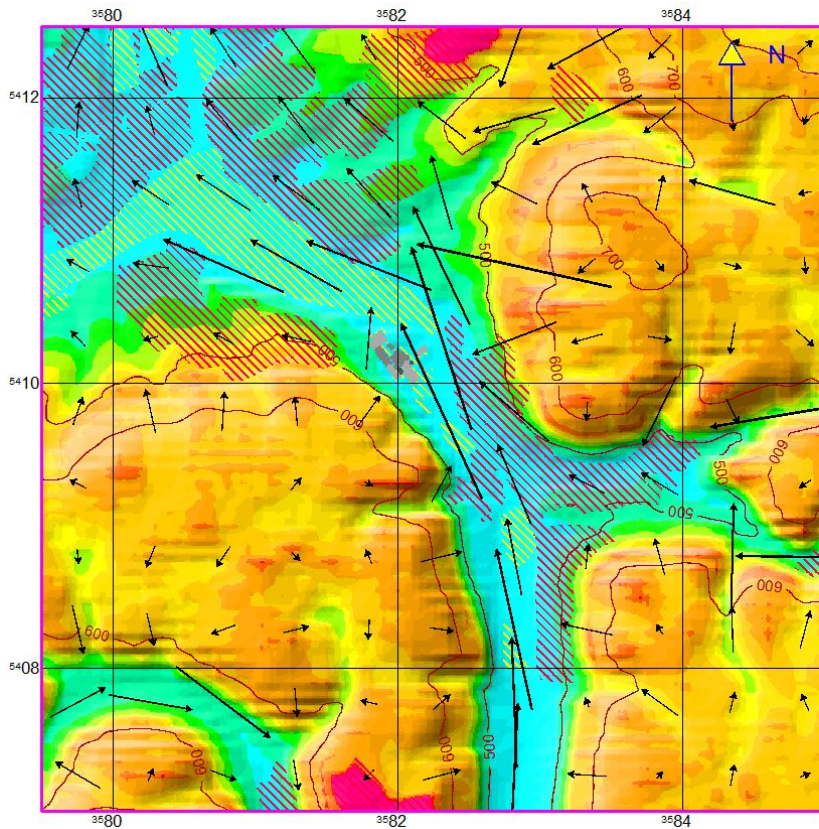


Abbildung 12. Kaltluftströmung und -höhe bei ausgeprägter Kaltluftströmung im Kerngebiet-Bestand (oben) und Planfall (unten).

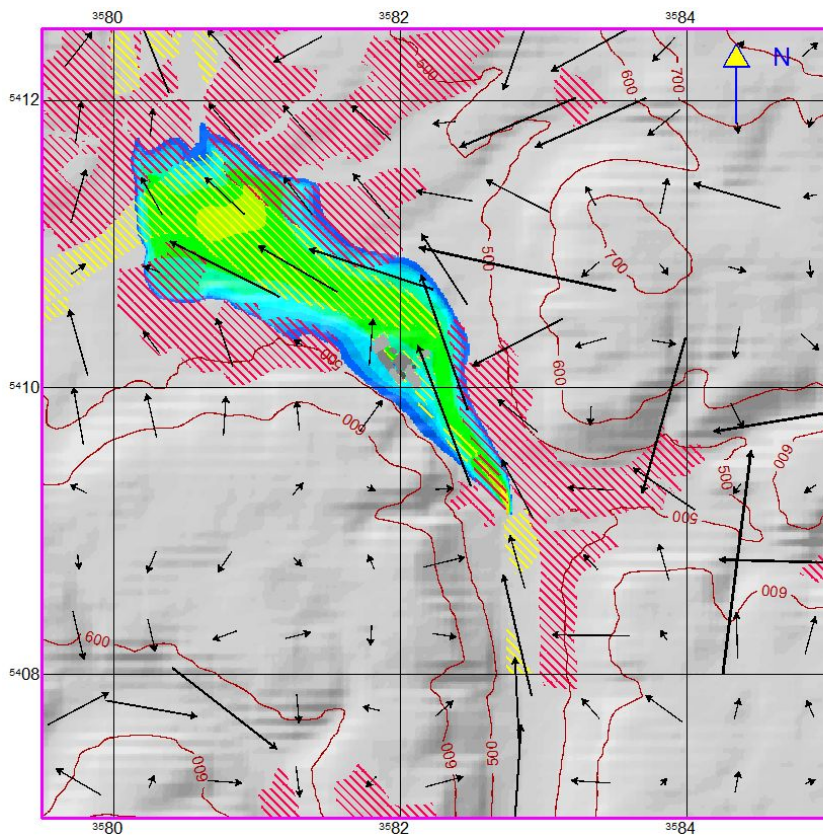
S:\MIP\proj\131\MI131101\m131101_01_ber_2d.DOCX:18. 10. 2016

Zu Beginn der Nacht (Abbildung 10) werden mit Einsetzen der Kaltluftproduktion überwiegend nur geringe Fließgeschwindigkeiten (kleiner 1 m/s) und Kaltluftschichtdicken im Untersuchungsgebiet simuliert. Die über Frei- und Waldflächen gebildete Kaltluft fließt der lokalen Topographie folgend an den Hängen hinab. Im weiteren Verlauf einer idealtypischen Kaltluftsituation (Abbildung 11 und Abbildung 12) füllen sich die Täler und Mulden mit Kaltluft auf. Die Kaltluft fließt dem Talsystem des Kochers folgend ab und erreicht gebietsweise auch Fließgeschwindigkeiten über 1 m/s. Im Bereich des B-Plan-Gebietes führt dies zu einem nach Nordwesten hin abfließenden Kaltluftstrom.

Der Vergleich der oben dargestellten Ergebnisse der Rechenläufe Bestand und Plan zeigt nur wenig offensichtliche Unterschiede in der Umgebung des B-Plan-Gebietes.

In einem nächsten Schritt werden Trajektorienberechnungen für den typischen Verlauf einer Kaltluftsituation im Bestand und im Planfall verglichen. Hierbei wird im Modell südöstlich des B-Plan-Gebietes ein Tracer freigesetzt und dessen Ausbreitung mit der Kaltluft im Laufe der Nacht im Bestand und im Planfall modelliert (Abbildung 13 und Abbildung 14).

Hier sind geringfügige Unterschiede zwischen Bestand und Planfall festzustellen, die sich beim zeitlichen Voranschreiten der Kaltluftsituation immer weiter reduzieren. Es ist also nicht mit einer Einschränkung der Ausbreitung der Kaltluft in Richtung Stadtgebiet von Aalen durch die Vergrößerung des Industriegebietes und die neue Gebäudestruktur in der maximalen Ausführung zu rechnen.



Bestand
Ausschnitt: Kerngebiet
Schadstoffkonzentration und
Stromungsfeld (Hoehenmittel)
Integrationszeit= 120 min

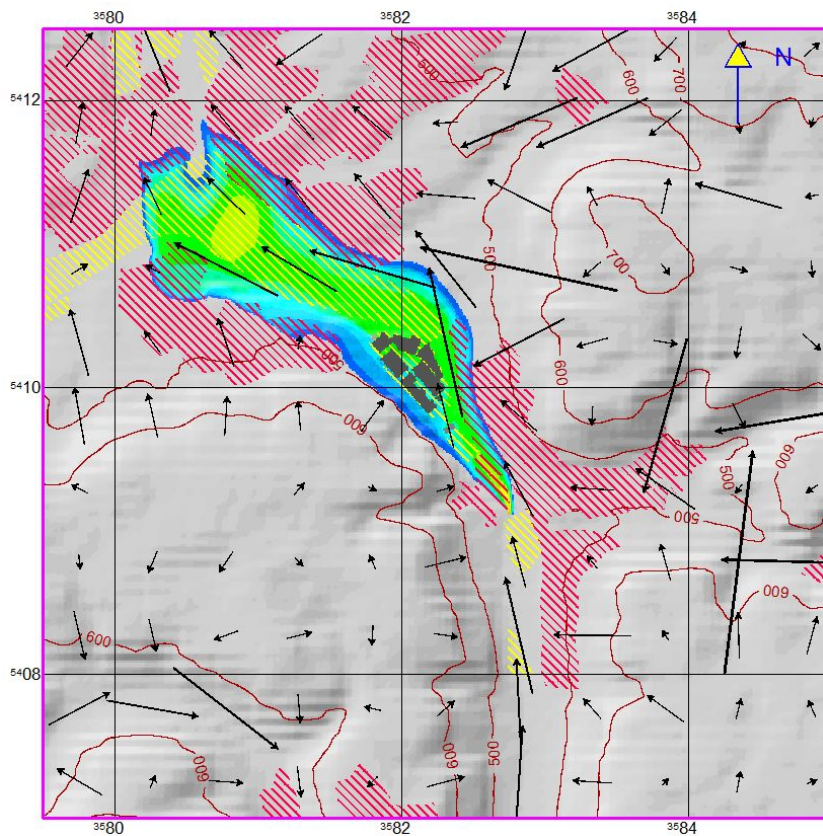
0 1000 m
1 m/s

Farbskala
Einheit: Mikrogramm/m³

- 1
- 2
- 3 bis 4
- 5 bis 9
- 10 bis 19
- 20 bis 49
- 50 bis 99
- 100 bis 199
- 200 bis 499
- 500 bis 999
- Siedlung
- Industriegebiet
- Gebäude bis 10 m
- Gebäude bis 20 m
- Gebäude bis 50 m
- Grenze Kerngebiet(e)



Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012



Planfall
Ausschnitt: Kerngebiet
Schadstoffkonzentration und
Stromungsfeld (Hoehenmittel)
Integrationszeit= 120 min

0 1000 m
1 m/s

Farbskala
Einheit: Mikrogramm/m³

- 1
- 2
- 3 bis 4
- 5 bis 9
- 10 bis 19
- 20 bis 49
- 50 bis 99
- 100 bis 199
- 200 bis 499
- 500 bis 999
- Siedlung
- Industriegebiet
- Gebäude bis 10 m
- Gebäude bis 20 m
- Gebäude bis 50 m
- Grenze Kerngebiet(e)



Deutscher
Wetterdienst
Modell KLAM_21
V2.012

Abbildung 13. Trajektorienverlauf eines südöstlich des B-Plan-Gebietes freigesetzten Tracers etwa zwei Stunden nach Beginn der Kaltluftströmung - Bestand (oben) und Planfall (unten).

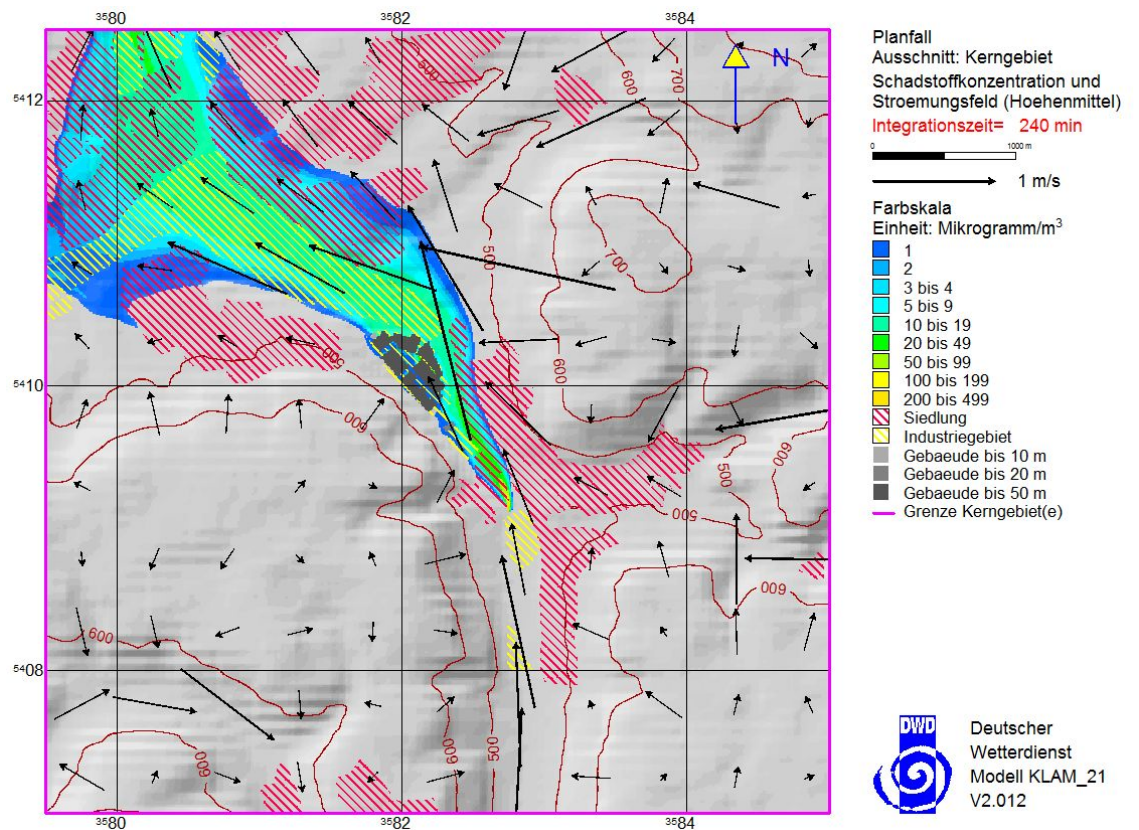
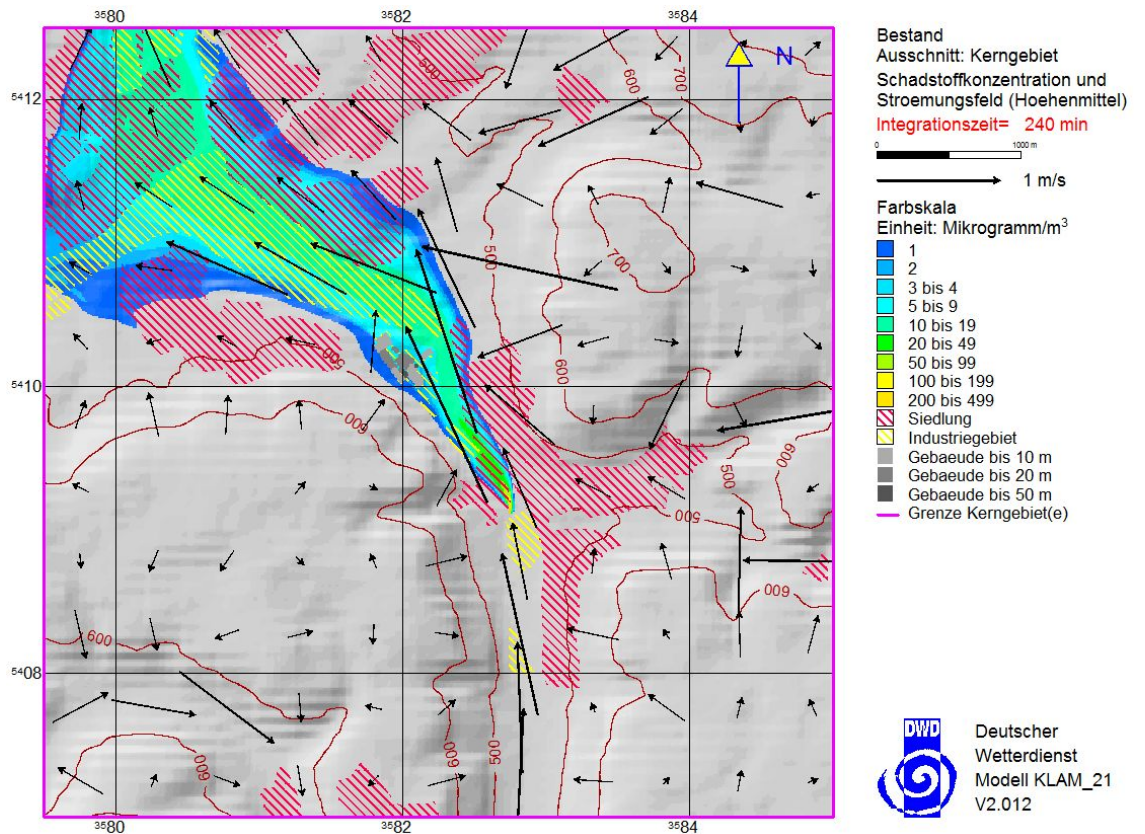


Abbildung 14. Trajektorienverlauf eines südöstlich des B-Plan-Gebietes freigesetzten Tracers bei ausgeprägter Kaltluftströmung - Bestand (oben) und Planfall (unten).

Die möglichen Auswirkungen durch die Umsetzung des B-Plan-Gebietes auf die Kaltluftabflüsse wurden auch anhand von Vertikalprofilen untersucht. Anhand dieser Querprofile können die Kaltluftströme im derzeitigen Zustand und im Planfall bilanziert werden und mögliche Unterschiede aufgezeigt werden. Da der Kaltluftabfluss im Untersuchungsbereich in nördliche Richtung dem Talsystem des Kochers folgt, wird in diesem Talsystem der Kaltluftstrom anhand eines Vertikalprofils untersucht. Die genaue Lage dieses Querschnitts ist in Abbildung 15 dargestellt.

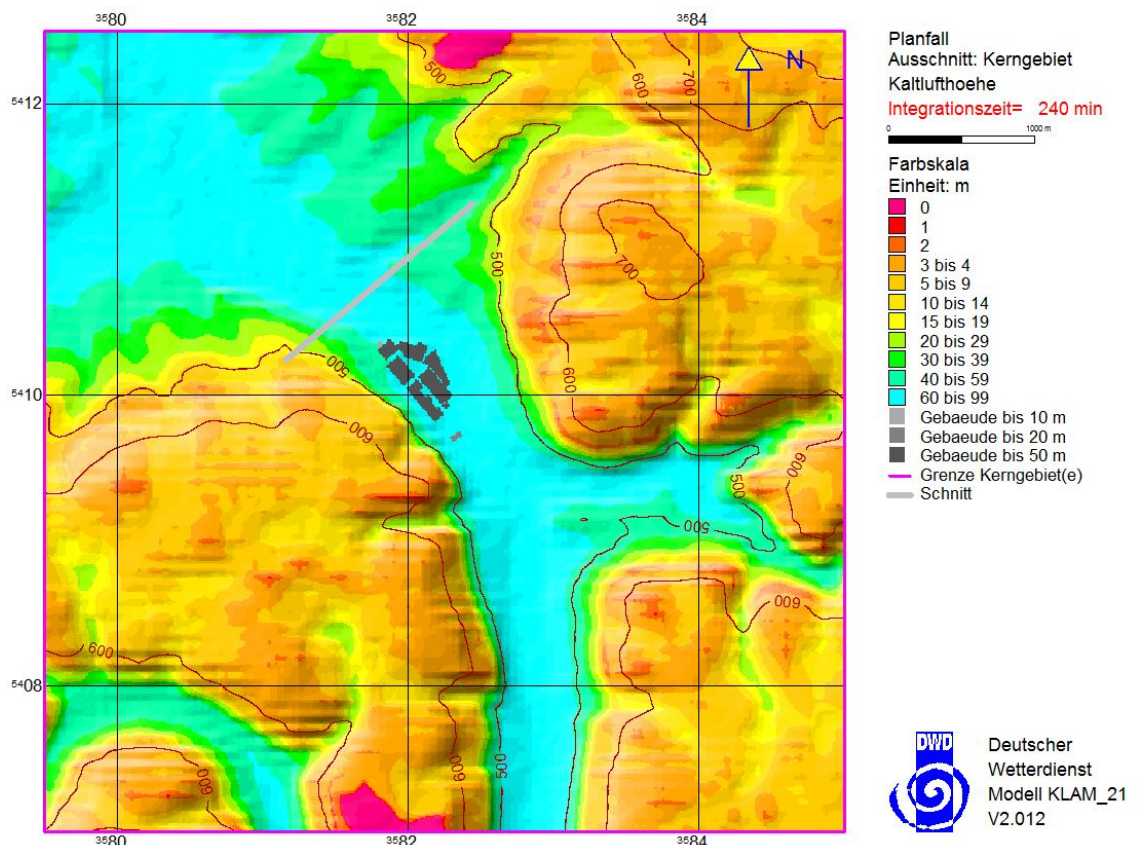


Abbildung 15. Lage des untersuchten Querschnitts.

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Kaltfluthöhe, die Fließgeschwindigkeit und der gesamte Kaltluftstrom längs des untersuchten Querschnitts bei voll ausgebildeter Kaltluft für den Bestand und den Planfall dargestellt.

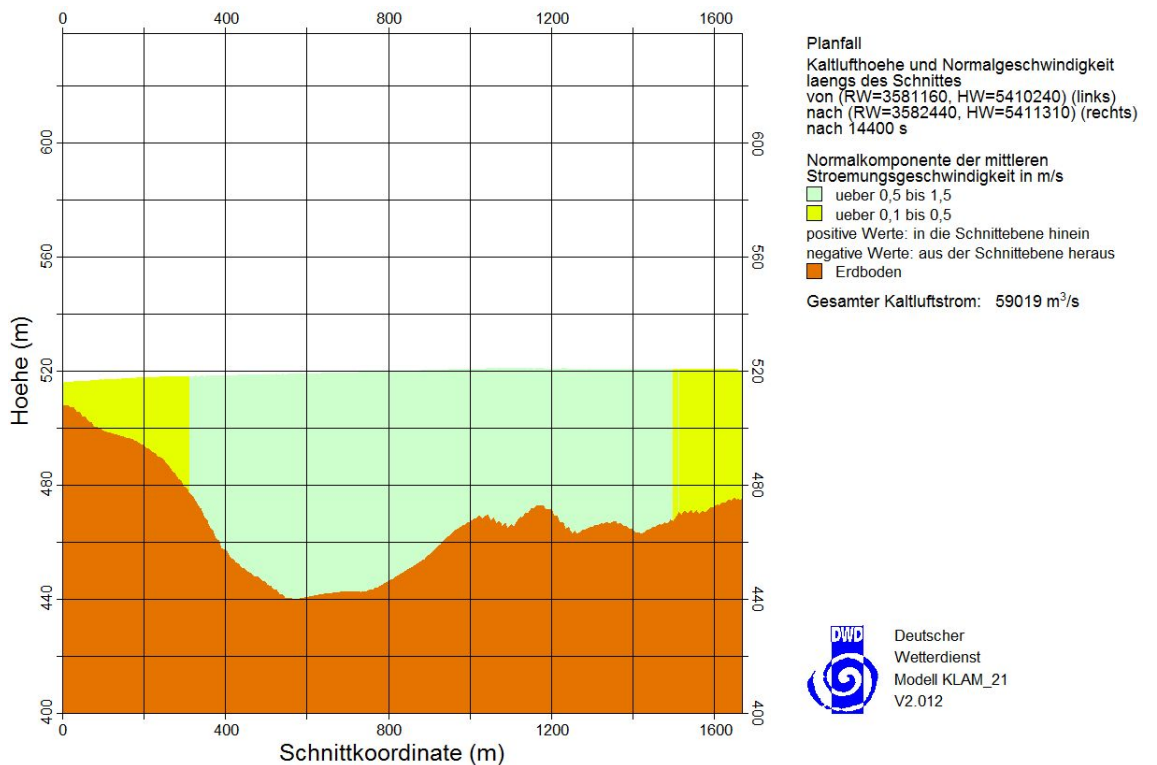
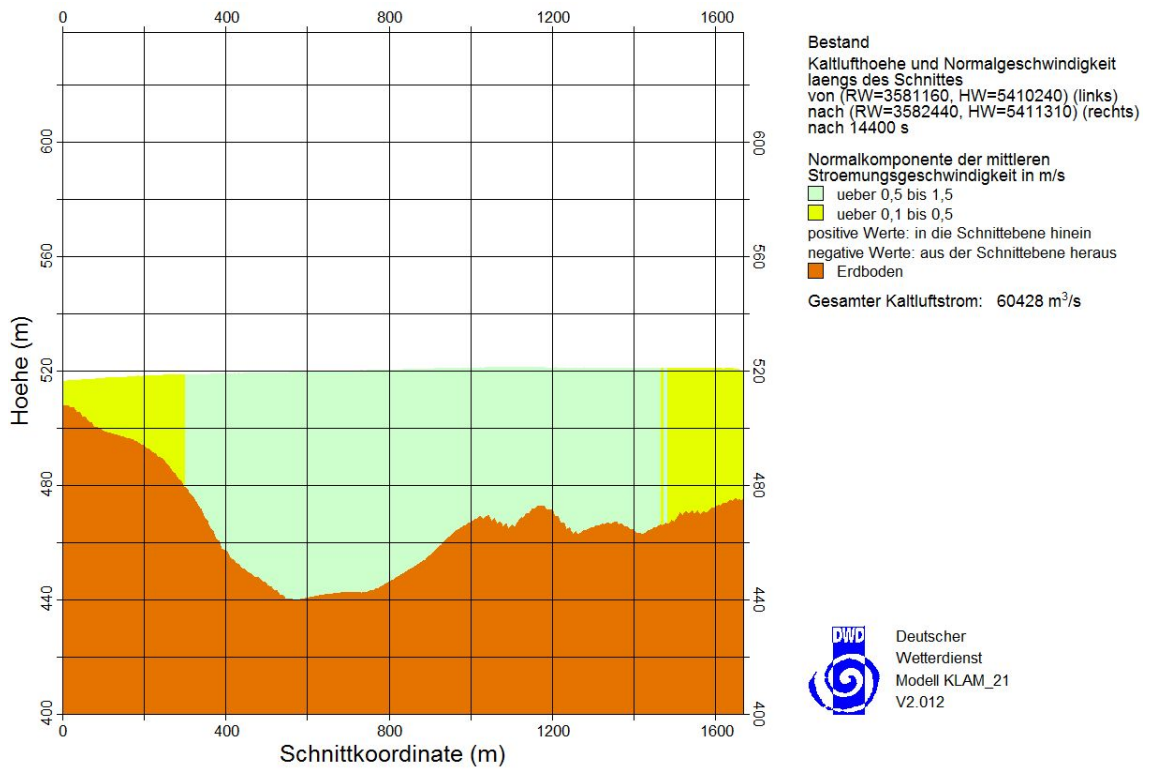


Abbildung 16. Kaltfluthöhe, Fließgeschwindigkeit und bilanzierter Kaltluftstrom entlang des untersuchten Querschnitts (von Südwesten nach Nordosten) - Bestand (oben) und Planfall (unten).

Aus den Abbildungen wird ersichtlich, dass sich die Kaltluflhöhe und auch die Fließgeschwindigkeiten im Planfall gegenüber dem Bestand nicht merklich verändern. Lediglich der bilanzierte Kaltluftstrom verringert sich im Planfall gegenüber dem Bestand (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1. Bilanz der Kaltluft-Volumenströme am untersuchten Querschnitt.

Kaltluftphase	Volumenstrom		
	IST in [m ³ /s]	PLAN in [m ³ /s]	Änderung
Beginn	1.046	1.045	-0,1%
nach ca. 1 Stunde	4.986	4.523	-9,3%
ausgeprägte Kaltluft	60.428	59.019	-2,3%

Für die Bewertung klimatischer Aspekte in der Raumplanung gibt es derzeit keine verbindlichen Vorgaben. In der Richtlinie VDI 3787 Blatt 5 [7] werden Kriterien zur Beurteilung der planerischen Auswirkungen auf Kaltluftflüsse vorgeschlagen. Danach sind prozentuale Änderungen gegenüber dem Ist-Zustand von bis zu 5 % als geringe, bis zu 10 % als mäßige und größer als 10 % als hohe Auswirkung einzustufen.

Die Reduktion des Kaltluftvolumenstroms im Planfall fällt während der Entwicklung einer Kaltluftsituation zunächst größer aus als am Ende bei voll ausgeprägter Kaltluft. Dies ist damit zu erklären, dass sich z.B. nach einer Stunde noch Umströmungseffekte an den geplanten Gebäuden im Volumenstrom bemerkbar machen können, am Ende bei voll ausgebildeter Kaltluft die Kaltluftschichtdicke im Tal aber so mächtig ist (mehr als 60 m), dass nur noch sehr geringe Veränderungen zwischen Bestand und Planfall feststellbar sind.

Insgesamt sind die Änderungen des Kaltluftvolumenstroms am untersuchten Querschnitt aber als gering einzustufen [7]. Es ist somit nicht mit einer Verschlechterung der Belüftungssituation im Südosten von Aalen durch die Planungen zu rechnen.

Fazit:

Insgesamt hat die Untersuchung der Kaltluftsituation im Bestand und im Planfall gezeigt, dass es durch das B-Plan-Verfahren im Maximalzustand zu keinen nennenswerten Veränderungen der Kaltluftsituation kommt.

5 Grundlagen und Literatur

- [1] DWD – Deutscher Wetterdienst (1999, 2001, 2003): Klimaatlas der Bundesrepublik Deutschland, Teil 1: Lufttemperatur, Niederschlagshöhe, Sonnenscheindauer, Teil 2: Verdunstung, Maximumtemperatur, Minimumtemperatur, Kontinentalität, Teil 3: Bewölkung, Globalstrahlung, Anzahl der Tage klimatologischer Ereignisse, Phänologie. Offenbach am Main.
- [2] DWD Das Kaltluft-Abfluss-Modell KLAM_21. Deutscher Wetterdienst, Offenbach, März 2008.
- [3] GlobDEM50 – Deutschland, digitales Höhenmodell für Deutschland, Auflösung 50 m; metSoft GbR, Heilbronn 2004-2006.
- [4] TOP 50, Topographische Karte Baden_Württemberg, CD-Version, M 1:50.000.
- [5] VDI 3787 Bl. 1: Umweltmeteorologie: Klima und Lufthygienekarten für Städte und Regionen, VDI/DIN-Handbuch-Reinhaltung der Luft, Band 1 b; Dezember 1997, im Januar 2003 durch VDI inhaltlich überprüft und als unverändert weiterhin gültig bewertet.
- [6] VDI 3787 Bl. 2, Umweltmeteorologie – Methoden zur human-bioklimatischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt und Regionalplanung, Teil I: Klima, November 2008.
- [7] VDI 3787 Bl. 5, Umweltmeteorologie – Lokale Kaltluft, Dezember 2003.
- [8] VDI 3787 Bl. 9, Umweltmeteorologie – Berücksichtigung von Klima und Lufthygiene in räumlichen Planungen, Dezember 2004.
- [9] Schriftenreihe Raumordnung des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Nr. 06.032. Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung für die räumliche Planung. 1979.
- [10] www.maps.google.de