

**DWD**

**AMTLICHES GUTACHTEN**

**zu den lokalklimatischen Auswirkungen des  
geplanten Industrie- und Gewerbegebietes  
„Bereich Alte B9“ in Sinzig**

Auftraggeber: Stadtverwaltung Sinzig

**Deutscher Wetterdienst**

Abteilung

Klima- und Umweltberatung

Offenbach, Juli 2006

# DEUTSCHER WETTERDIENST

Abteilung Klima- und Umweltberatung

## AMTLICHES GUTACHTEN

zu den lokalklimatischen Auswirkungen des  
geplanten Industrie- und Gewerbegebietes  
„Bereich Alte B9“ in Sinzig

Auftraggeber:

Stadtverwaltung Sinzig

Kirchplatz 5, 53489 Sinzig

Offenbach/M., den 10.07.2006

  
.....  
Dipl.-Met. Gert Süßenguth  
Leiter des Zentralen Gutachtenbüros



  
.....  
Dr. Thomas Deutschländer  
Gutachter

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

<b>Inhalt</b>		<b>Seite</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung und Grundlagen</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Lokalklimatische Verhältnisse</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Ortsbesichtigung</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Die Kaltluftabflüsse in der näheren Umgebung des Planbereichs</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Modellsimulationen</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Modellphysik</b>	<b>8</b>
<b>3.2</b>	<b>Erläuterung der dargestellten Differenzabbildungen</b>	<b>8</b>
<b>3.3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Auswirkungen auf das Lokalklima und Planungsempfehlungen</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Abbildungen</b>	<b>15</b>

## 1 Einleitung und Grundlagen

Die Stadt Sinzig plant, die unmittelbar nordwestlich des Kreuzungsbereiches der Bundesstraßen B9 und B266 angrenzenden Freiflächen als Gewerbe- und Industriegebiet auszuweisen. Hiervon werden eine Beeinflussung der Kaltluftabflussverhältnisse vom Ahr- in das Rheintal und somit auch negative Auswirkungen auf die Belüftungsverhältnisse vorzugsweise im Norden Sinzigs befürchtet. Daher hat die Stadt den Deutschen Wetterdienst mit der Untersuchung der lokalklimatischen Folgen beauftragt. Es soll geklärt werden, ob die Errichtung 10 m bis 15 m hoher Gebäude aus strömungstechnischer Sicht unbedenklich ist. Zusätzlich sollen ggf. bauplanerische Hinweise wie z.B. die optimale Anordnung der Gebäude erarbeitet werden.

Bereits in der zweiten Hälfte des Jahres 2000 war das Stadtplanungs- und Ingenieurbüro Sprengnetter und Partner GBR im Auftrage der Stadt Sinzig schon einmal an den Deutschen Wetterdienst herangetreten. Ziel damals war es, die lokalklimatischen Auswirkungen der geplanten Erweiterungsbauten des Sinziger Mineralbrunnens im Ahrtal zu bestimmen. Im Vordergrund stand auch dabei die Frage, ob und inwieweit es durch die baulichen Maßnahmen zu einer Änderung der Kaltluftabflussverhältnisse insbesondere im Sinziger Norden kommen würde.

Das im Juli 2001 vom Deutschen Wetterdienst vorgelegte „Amtliche Gutachten zu den klimatischen Auswirkungen des geplanten Neubaus am Mineralbrunnen in Sinzig“ (Deutscher Wetterdienst, 2001; im Folgenden als „DWD, 2001“ zitiert) kommt zu dem Ergebnis, dass der großräumige Kaltluftabfluss durch die Anlage nicht entscheidend beeinflusst würde. Lediglich in der unmittelbaren Umgebung der Neubauten käme es zu vergleichsweise unbedeutenden Änderungen des Windfeldes. Diese reinen Luv- bzw. Leeeffekte würden sich zudem auf die ersten Nachtstunden beschränken. Auch von einer nennenswerten Auswirkung auf die landwirtschaftliche Nutzung der von den in Folge des durch das Bauvorhaben verstärkten Kaltluftstaus westlich des Mineralbrunnens betroffenen Wiesen und Äcker wurde daher nicht ausgegangen.

In engem Bezug zum oben genannten Gutachten vom Juli 2001 wurde die Erstellung eines Kurzgutachtens beschlossen. Da sich das Plangebiet unweit des Mineralbrunnens befindet, war es zudem möglich, die für die Beantwortung der Fragestellung notwendigen Modellsimulationen mit dem Kaltluftabflussmodell KLAM\_21 des DWD auf der Basis der bereits im Jahr 2001 verwendeten Eingangsdaten vorzunehmen. Daher stimmen die den Modellrechnungen zugrundeliegenden Höhendaten weitestgehend mit den dem DWD im Rahmen des ersten Gutachtens mit Schreiben vom 19.02.2001, Az. 26 722-1.2 gelieferten Rasterdaten überein. Sie stammen vom damaligen Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz (heutiges Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz) in Koblenz (vgl. DWD, 2001). Auch auf eine Neudigitalisierung der Landnutzungsinformationen konnte verzichtet werden, so dass die verwendete Flächennutzung auf den topographischen Karten im Maßstab 1:25 000 mit den Kartenummern 5408 Bad Neuenahr-Ahrweiler sowie 5409 Linz am Rhein jeweils in der Ausgabe von 1997 beruht. Diese Karten stammen ebenfalls vom Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz.

Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens wird der sogenannte Ist-Zustand, d.h. die aktuell vorhandenen Strömungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet, nicht explizit dargestellt. Es kann da-

von ausgegangen werden, dass die damaligen Verhältnisse auch dem gegenwärtigen Ist-Zustand mit hinreichender Genauigkeit entsprechen. Die numerischen Simulationen mit dem Kaltluftabflussmodell KLAM\_21 wurden von Dipl.-Met. Hartmut Fuchs durchgeführt. Ausarbeitung und Interpretation der im Folgenden dargestellten Ergebniskarten geschahen gemeinsam mit dem Verfasser dieses Gutachtens.

## 2 Lokalklimatische Verhältnisse

Im Folgenden werden die lokalklimatischen Besonderheiten des Untersuchungsgebietes kurz beschrieben. Das Hauptaugenmerk ist dabei auf die Kaltluftabflüsse im unmittelbaren Bereich des Plangebietes, d.h. auf den östlichen Randbereich des Ahrtales nördlich der Bundesstraße 266, gerichtet. Es werden die derzeitigen Verhältnisse in den nördlichen Stadtteilen Sinzigs, für welche am wahrscheinlichsten Auswirkungen durch das geplante Gewerbegebiet zu erwarten sind, skizziert. Für dieses von der südlichen Böschung der B266 bis zum Nordufer der Ahr reichende Gebiet wird jedoch auch auf das Vorläufergutachten (DWD, 2001) verwiesen. Für eine detaillierte Beschreibung der aktuellen Verhältnisse im übrigen Stadtgebiet sowie im gesamten Ahrtal östlich von Heimersheim und den angrenzenden Bereichen des Rheintals wird an dieser Stelle auf den in DWD (2001) geschilderten Ist-Zustand hingewiesen. Hier finden sich zusätzlich eine Einordnung Sinzigs in das Großklima, umfangreiche Klimastatistiken (u.a. Jahresmitteltemperatur sowie die Anzahl sogenannter Frosttage) sowie Definition und Abschätzung der Häufigkeit sogenannter windschwacher Strahlungsnächte, d.h. der für das Auftreten nächtlicher Kaltluftflüsse notwendigen meteorologischen Bedingungen.

### 2.1 Ortsbesichtigung

Am 23.05.2006 wurde das Untersuchungsgebiet vom Verfasser des vorliegenden Gutachtens besucht. Schwerpunktmäßig wurden dabei der Planbereich sowie die unmittelbar am Fuße der Südosthänge des Reisbergs gelegenen Freiflächen nördlich des Bahndammes besichtigt. Neben der Überprüfung der bereits im Jahre 2001 festgelegten Höhen der Straßen- (B9, B266, L82) und Bahndämme (vgl. DWD, 2001) wurden insbesondere Bewuchsart und -dichte sowohl schriftlich als auch fotografisch dokumentiert. Zusätzlich wurden die Freiflächen westsüdwestlich von Kripp (ostnordöstlich des Kreuzungspunktes von B9 und B266) sowie die Ahraue südlich der B266 im Bereich zwischen Ehrenfriedhof und Mineralbrunnen in Augenschein genommen und fotografiert.

Wie sich herausstellte, ist der als Gewerbegebiet „Bereich Alte B9 / Süd, östlicher Teil“ bezeichnete Planbereich (im Folgenden gemäß dem vom Auftraggeber mitgelieferten Lageplan [Abb. 1] kurz Planbereich Nr. 2 genannt) strömungstechnisch bereits eingeschränkt. An seinen östlichen Rand grenzt der hier bis zu 6 m hohe Damm der B9, an seinen südlichen Rand der vergleichbar hohe Damm der B266. Zusätzlich sind beide Dammböschungen mit bis zu 15 m hohen Laubbäumen bestanden. Da auch am Westrand durch ca. 11 m hohe Häuser auf der gegenüberliegenden Straßenseite der L82 (diese befinden sich auf dem als „Bereich Alte B9 / Süd, westlicher Teil“ [kurz Planbereich Nr. 3] bezeichneten Gelände) bereits Hindernisse vorhanden sind, ist als erstes Ergebnis der Ortsbegehung davon auszugehen, dass allein die Bebauung dieser Teilfläche

mit 10 m bis 15 m hohen Gebäuden keinen wesentlichen Einfluss auf die derzeitigen Kaltluftabflussverhältnisse des Untersuchungsgebietes hätte.

Die Besichtigung der südöstlichen Hänge des Reisberges sowie der unmittelbar davor zwischen Reisberg und der Bahnlinie auf Höhe des Planbereichs Nr. 3 liegenden, nahezu ebenen Äcker und Wiesen erbrachte für die Beurteilung der lokalen Kaltluftflüsse ebenfalls wichtige Erkenntnisse. So erstreckt sich der Bereich, in dem der weite Teile des Südhanges bedeckende Waldbestand bis an die Bahngleise heranreicht, etwa bis an die Westgrenze des Planbereichs Nr. 3 (zwar verläuft an dieser Stelle noch ein schmaler Feldweg zwischen Wald und Bahndamm, jedoch ist dessen Ausdehnung vernachlässigbar). Da die Bahngleise hier noch als Damm geführt werden, d.h. sowohl der Planbereich Nr. 3 als auch die nördlich der Bahnlinie angrenzenden Äcker bzw. Wiesen tiefer liegen, sind auch Letztere von Kaltluftflüssen aus dem Ahrtal zumindest zeitweise abgeschottet. Verstärkt wird dieser Effekt noch durch eine natürliche Barriere in Form einer ebenfalls rund 10 m hohen Laubbaumreihe entlang der Bahndamböschung sowie durch die hohe Umgebungsrauigkeit. Sowohl landwirtschaftliche Nutzung derzeit durch Rapsanbau als auch Wildbewuchs der Wiesen weisen eine relativ hohe Rauigkeitslänge auf, d.h. haben einen (geringfügig) abbremsenden Einfluss auf die (bodennahe) Strömung.

Da die Modellierung der Landnutzung im Rahmen des Vorläufergutachtens (DWD, 2001) auf der gesamten Strecke zwischen Bad Bodendorf und dem Planbereich zumindest einen Gitterpunkt „Freiflächen“ zwischen Waldbestand und Bahndamm aufweist, wurde die Belegung einer Gitterzelle im Grenzbereich zu den oben genannten Äckern bzw. Wiesen zu „Wald“ geändert. Damit wird sicher gestellt, dass die Realität im Nahbereich des Untersuchungsgebietes so genau wie möglich abgebildet wird.

Als letzte Konsequenz aus der Ortsbesichtigung wurde beschlossen, am Kreuzungspunkt von B9 und Bahndamm einen Durchlass zu modellieren. An dieser Stelle quert die Bahn vermittels einer ca. 5 m hohen Überführung die B9. Da es sich um eine baulich getrennte, vierspurige Bundesstraße handelt, ist der Tunnel etwa 20 m breit, womit er der Gitterzellenweite des Modells ziemlich genau entspricht. Das Vorhandensein einer ca. 2 m tiefen Senke gemäß den vorliegenden Höhendaten konnte gleichfalls bestätigt werden. Die Unterführungen der L82 etwa 200 m westsüdwestlich bzw. 350 m südwestlich (unter der B266 hindurch) wurden hingegen im Modell nicht berücksichtigt, da ihre Breite lediglich etwa 7 m beträgt.

## **2.2 Die Kaltluftabflüsse in der näheren Umgebung des Planbereichs**

Grundsätzlich strömt die Kaltluft im Ahrtal gespeist durch eine Vielzahl von Seitentälern nach Osten in Richtung Rheintal. Im engeren Untersuchungsgebiet, d.h. dem Bereich zwischen Bad Bodendorf und der B9, werden dabei die höchsten Windgeschwindigkeiten in 2 m Höhe ca. 2 Stunden nach Sonnenuntergang mit Werten über 1 m/s erreicht. Auch im Planbereich kommen diese Werte zu diesem Zeitpunkt vor, wobei hier die Strömung nicht direkt ostwärts gerichtet ist, sondern auf Grund der Orientierung des stärksten Gefälles am Fuße der Hänge des Reisberges eine südliche Komponente hat und daher in nordöstlicher Richtung dem Rheintal entgegen fließt. Dieser Effekt reicht in südlicher Richtung zumindest bis an den Damm der B266 heran, östlich des Planbereichs jedoch z.T. weit darüber hinaus in Richtung Süden bis in das Stadtgebiet Sin-

zigs hinein (vgl. DWD, 2001). Nach ca. 4 Stunden beginnen die Kaltluftflüsse sich abzuschwächen, was auf den Rückstau an dem bereits weitestgehend mit Kaltluft aufgefüllten Rheintal zurückzuführen ist. Weitere 4 Stunden später, d.h. am Ende der Strahlungsnacht, ist die Strömung fast im gesamten Ahrtal östlich von Heimersheim praktisch vollständig zum Erliegen gekommen.

Während die Kaltluft in der ersten Nachthälfte in Höhen oberhalb von 30 m ungehindert abfließen kann, ist dies in den bodennahen Schichten nicht überall der Fall. Hier kommt es im Luv von Strömungshindernissen zu lokalen Kaltluftstaus. Diese Bereiche stagnierender Luftmassen haben nach King (1973) die Form rechtwinkliger Dreiecke, wobei das Verhältnis der Katheten von 1:5 zu Beginn des Staus langsam auf 1:10 anwächst. Für die im Bereich des Untersuchungsgebietes auftretenden Kaltluftstaus an den West-, teilweise auch Südseiten der Dämme von Bahn und Bundesstraßen 9 bzw. 266 bedeutet dies, dass in einem bis zu 70 m stromaufwärts reichenden Bereich insbesondere im Verlaufe der ersten Nachthälfte von einer wesentlich verminderten Fließgeschwindigkeit auszugehen ist. Speziell im Norden von Sinzig ist daher die Frischluftzufuhr verringert. Hier wirkt sich neben den Dämmen von Bahn und B9 auch die Bebauung der Stadt selbst bremsend auf die Strömung aus, so dass es zusätzlich zu einer noch weiter verringerten Fließgeschwindigkeit zu einer räumlichen Ausweitung des Staubereiches kommt. Im Verlaufe der zweiten Nachthälfte kommt es auf Grund der allgemein Stagnation der Kaltluftabflüsse im Ahrtal zu einem Abbau der Unterschiede der Strömungsgeschwindigkeiten.

Auch im Bereich der geplanten Bebauung sowie der nördlich gelegenen Freiflächen jenseits der Bahnlinie kommt es wie bereits erwähnt im jetzigen Zustand zu lokalen Kaltluftstaus an den Dämmen von Bahn und B9. Auf Grund der verhältnismäßig geringen Höhen dieser Hindernisse (maximal 6 m) ist jedoch der resultierende Effekt sowohl räumlich als auch zeitlich eng begrenzt. Innerhalb der ersten Stunde nach Sonnenuntergang erreicht die Kaltluft im gesamten Gebiet eine größere Höhe, so dass die Dämme überströmt werden können. Dementsprechend stellt sich im Verlaufe der 2. Stunde das bis zum Zeitpunkt des beginnenden Rückstaus an der Kaltluft des Rheintals vorherrschende Windfeld mit Richtungen um Südwest ein. Dann versiegen auch die bis zu diesem Zeitpunkt punktuell sehr starken Abwinde von den Hängen des Reisberges. Ebenso wie die bereits vorhandene Bebauung im Planbereich Nr. 3 wirken die Bäume entlang der Dämme als teildurchlässiges Hindernis und verlangsamen daher die Strömung.

### 3 Modellsimulationen

Ebenso wie im Falle der geplanten Zusatzbauten des Sinziger Mineralbrunnens wurden zur Ermittlung der sich durch ein Industrie- und Gewerbegebiet im Planbereich ergebenden Strömungsänderungen zwei vollständige numerische Simulationen einer windschwachen Strahlungsnacht durchgeführt. Die neuerliche Berechnung des Ist-Zustandes war dabei nötig, da die seither z.T. veränderte Modellphysik des KLAM\_21 trotz unveränderter Landnutzungs- und Höhenmodellierung im Vergleich zum Vorläufergutachten quantitativ unterschiedliche Resultate liefert (vgl. hierzu Abschnitt 3.1). Im Rahmen des Soll-Zustands wurde im Planbereich die modellinterne Landnutzungs-kategorie „Industriegebiet“ verwendet. Dieser Klasse sind eine Rauigkeitslänge ( $z_0$ ) von 0,08 m sowie eine relative Ausstrahlung (Kälteproduktionsrate; vgl. hierzu Abschnitt 5.2 in DWD, 2001 sowie Sievers, 2005) von 0 % zugeordnet. In beiden Fällen betrug der Simulationszeitraum 8 Stunden, wobei die Startzeit etwa mit dem Zeitpunkt des Sonnenuntergangs zusammenfällt.

Da der Ist-Zustand von vornherein nicht Bestandteil dieses Gutachtens ist, beschränkt sich die Darstellung und Diskussion der Ergebnisse auf die Unterschiede zwischen Plan- und aktuellem Zustand („Soll minus Ist“). Andernfalls wäre nicht eindeutig zu entscheiden gewesen, ob ggf. erkennbare Abweichungen des Soll-Zustands vom in DWD (2001) dargestellten Ist-Zustand auf den Einfluss der geplanten Bebauung oder auf die seitdem z.T. geänderte Modellphysik zurückzuführen sind. Zusätzlich war – in Analogie zur geplanten Erweiterung des Mineralbrunnens – von keinen wesentlichen Änderungen der Kaltluftabflussverhältnisse auszugehen, so dass allein durch einen visuellen Vergleich beider Zustände keine Aufschlüsse zu erwarten gewesen wären.

### **3.1 Modellphysik**

Bei der Erstellung des vorliegenden Gutachtens wurde prinzipiell zwar das selbe Kaltluftabflussmodell KLAM\_21 für die numerischen Simulationen verwendet wie im Rahmen der Berechnungen für die geplanten Neubauten des Mineralbrunnens (DWD, 2001), jedoch wurde das Modell aktuellen theoretischen Überlegungen und empirischen Erkenntnissen folgend seitdem z.T. modifiziert. Diese Weiterentwicklungen betreffen insbesondere die Modellierung des Temperatur- sowie des bodennahen Windfeldprofils. U.a. wurde die über einem Ort vorhandene Kaltluftsäule vertikal gestreckt, wodurch der Kälteinhalt nicht mehr so stark am Boden konzentriert ist. Die Folge ist eine generelle Abbremsung der bodennahen Strömung. In die selbe Richtung wirkt die geänderte Anpassung des bodennahen Windprofils, welches statt logarithmisch nun linear mit der Höhe zunimmt. Eine ausführliche Beschreibung der vollständigen Modellphysik des verwendeten Kaltluftabflussmodells KLAM\_21 findet sich bei Sievers (2005).

Den oben beschriebenen Änderungen entsprechend zeigten sich beim mit der neuesten KLAM\_21-Variante berechneten Ist-Zustand im Vergleich zu den damaligen Resultaten zwei grundsätzliche Effekte: Erstens eine prinzipielle Erhöhung der effektiven Kaltluftschicht und zweitens zumeist verringerte Strömungsgeschwindigkeiten. Letztgenannter Effekt tritt dabei insbesondere in jenen Gebieten auf, in denen der Antrieb auf Grund eines geringen Gefälles nur schwach ist.

Auf der Basis einer eingehenden Prüfung der Problematik lassen sich jedoch folgende Aussagen treffen: Zum Einen handelt es sich ausschließlich um quantitative Änderungen. Grundsätzlich hat sich an der Qualität der berechneten Strömungsfelder nichts geändert, d.h. die in DWD (2001) gemachten Aussagen bezüglich Belüftung und Frostgefährdung bleiben weiterhin gültig. Zum Anderen sind die resultierenden Änderungen nicht nur an Hand der vorgenommenen Eingriffe in die Modellphysik nachvollziehbar, sondern sind auch hinsichtlich der real zu erwartenden Kaltluftverhältnisse absolut plausibel.

### **3.2 Erläuterung der dargestellten Differenzabbildungen**

Im Folgenden wird ausschließlich die Darstellungsform der verwendeten Abbildungen „Soll minus Ist“ beschrieben. Bezüglich der Einzelheiten zum Simulationsgebiet sei erneut auf das Vorläufergutachten (DWD, 2001) verwiesen.

Die Abbildungen 2 bis 15 zeigen die Differenz der Kaltfluthöhe bzw. der bodennahen Strömungsgeschwindigkeit in 2 m über Grund zwischen Planungs- und Ist-Zustand für verschiedene Zeitpunkte in Form farbiger Flächen. Im Gegensatz zu den Darstellungen in DWD (2001) sind diese jedoch nicht durch Isolinien voneinander getrennt. Auch beinhalten die Karten keine Höhenangaben mehr. Die Geländeform wird hier durch eine Schummerung visualisiert. Großflächige Landnutzung ist durch schraffierte Bereiche gekennzeichnet, wobei keine Schraffierung zumeist der Klasse Freiflächen bzw. landwirtschaftliche Nutzung entspricht. Der dargestellte Teilausschnitt des Modellgebietes umfasst grundsätzlich den im Vorläufergutachten für den Ist-Zustand verwendeten Bereich mit einer Westostausdehnung von 8 km und einer Nordsüdausdehnung von 5,2 km (zu den Rechts- und Hochwerten dieses Teilgebiets siehe DWD, 2001). Der von der aktuellen Modellvariante automatisch festgelegte Maßstab der Abbildungen ist den oberhalb der Farbskala befindlichen Balken zu entnehmen, die einer Länge von 200 m entsprechen.

### 3.3 Ergebnisse

Wie Abbildung 2 zeigt, liegt die Differenz der Kaltfluthöhe zwischen Plan- und Ist-Zustand 5 Minuten nach Simulationsbeginn bei 1 m bis etwa 7 m, wobei das negative Vorzeichen für eine Abnahme der Kaltfluthöhe durch das geplante Industriegebiet steht. Dieser zeitlich frühe Effekt rührt allein von der im Falle des Planzustands fehlenden Kaltluftproduktion an Ort und Stelle. Der Vergleich mit den Resultaten des Ist-Zustands (hier nicht dargestellt) beweist diese Annahme, da die absoluten Höhen der Kaltluft in diesem Gebiet praktisch exakt mit der Größenordnung der Differenz, d.h. der relativen Abnahme übereinstimmen. Entsprechend den modellintern zugewiesenen Abstrahlungseigenschaften ist im Planzustand lokal noch keine Kaltluft produziert worden (s.o.).

Nach 15 Minuten (Abb. 3) hat sich das Gebiet relativer Kaltfluthöhenabnahme räumlich leicht ausgedehnt, wobei die maximale Verringerung im Bereich der Bahndammunterführung durch die B9 vorkommt. Hier kann sich die Kaltluft schon bevor sie eine Höhe erreicht hat, ab welcher sie die vorhandenen Hindernisse (Straßendamm der B9, Bäume entlang der Böschung) überströmt, in nordöstlicher Richtung ausbreiten. Da in den Planbereichen Nr. 1 und Nr. 2 im Soll-Zustand ein geringeres Volumen an Kaltluft produziert wurde, strömt im Vergleich zum Ist-Zustand entsprechend weniger nach.

Weitere 15 Minuten später, d.h. nach insgesamt 30 Minuten (Abb. 4), hat sich das Gebiet relativer Kaltfluthöhenabnahme weitestgehend in südlicher Richtung in die nördlichen Stadtteile Sinzigs bis nahe der Ahr und in ostnordöstlicher Richtung bis zur Westgrenze der Bebauung Kripps verlagert. Während in großen Teilen des Plangebiets selbst die zu diesem Zeitpunkt noch direkt vom Reisberg wehenden Hangabwinde für eine Nivellierung des Kaltfluthöhendefizits gesorgt haben, ist der Bereich relativ geringerer Kaltfluthöhe nach Erreichen der Hindernishöhen mit den vorherrschenden nordwestlichen (südlich des Straßendamms der B266) bzw. westlichen Winden (östlich der B9) in die genannten Siedlungsgebiete advehiert worden (zu den angegebenen Windrichtungen vgl. als Anhaltspunkt auch Abb. 7 in DWD, 2001). Dieses Resultat stimmt mit den Ergebnissen eines für den Ist-Zustand durchgeführten Tracerexperiments mit dem KLAM\_21 überein. Es hat ergeben, dass sich im Planbereich freigesetzte Luftbeimengungen im Verlaufe der ersten Stunde nach Simulationsbeginn in Richtung nördliches Sinzig sowie nach Kripp ausbreiten. In

Sinzig endet dieser Effekt mit Einsetzen der Talabwinde im Ahrtal nach etwa einer Stunde abrupt, da die Strömung sowohl im Planbereich als auch südlich der B266 auf west- bis südwestliche Richtungen dreht (vgl. Abschnitt 2.2). Speziell in den östlichen Ortsteilen von Kripp verharren die im Planbereich freigesetzten Luftbeimengungen hingegen bis zu dem Zeitpunkt, da die Ahrtalströmung auf Grund des Rückstaus an den Kaltluftmassen des Rheintals zu stagnieren beginnt (nach ca. 4 bis 5 Stunden). Erst dann sorgt die äußerst schwache Südströmung im Rheintal für einen langsamen Abtransport der Luftbeimengungen. In den westlichen Ortsteilen von Kripp läuft dieser Prozess schneller ab als in den östlichen, da diese noch von den Ausläufern der Ahrtalströmung erfasst werden, bis diese sich abzuschwächen beginnt.

Wie Abbildung 11 belegt, nimmt die relative bodennahe Fließgeschwindigkeit sowohl südlich als auch östlich des Planbereichs zum Zeitpunkt 30 Minuten nach Simulationsbeginn zwar ab, ein Vergleich der Windrichtungen von Ist- und Sollzustand (beide ebenfalls nicht dargestellt) hat jedoch ergeben, dass es sich jeweils um eine reine Abbremsung der Strömung handelt. Die Windrichtungen bleiben im Planungszustand gegenüber dem Ist-Zustand unverändert. Es ist daher davon auszugehen, dass sich die durch das Tracerexperiment gewonnenen Erkenntnisse im Wesentlichen auf den Planungszustand übertragen lassen. Hierzu ist anzumerken, dass diese Untersuchungen lediglich Hinweise auf eventuell betroffene Gebiete geben, sie lassen aber keinerlei quantitativ abgesicherte Aussagen zu. Deshalb wurde hier auf eine Abbildung der Tracerergebnisse verzichtet.

Hat sich nach etwa einer Stunde die talabwärts gerichtete westliche Strömung eingestellt, so simuliert das Modell typische Luv- und Leeeffekte in der Umgebung des Planbereichs. Am westlichen Rand kommt es zu einer relativen Erhöhung der Kaltluftsäule (Kaltluftstau im Luv), im nordöstlichen Randbereich ist die Kaltfluthöhe hingegen in Folge des Industriegebietes im Vergleich zum Ist-Zustand geringer (Kaltluftdefizit im Lee). Wie die Abbildungen 5 bis 7 belegen, hält dieser Effekt bis ca. 2 Stunden nach Simulationsbeginn an, während er nach 3 Stunden (Abb. 8) nicht mehr vorhanden ist. Zu diesem Zeitpunkt hat der mit der größten Fließgeschwindigkeit strömende Bereich der Kaltluftsäule<sup>1</sup> die Höhe der Bebauung erreicht, so dass diese keinen nennenswerten Einfluss mehr auf die gesamte Kaltluftmasse ausübt.

Beachtlich ist die räumliche Ausdehnung insbesondere des Kaltluftstaus, der sich praktisch auf die gesamte Breite des Ahrtals erstreckt und somit neben dem Norden Sinzigs auch Teile des südlich der Ahr gelegenen Innenstadtbereichs erfasst. In westlicher Richtung reicht der Kaltluftstau bis an die östliche Ortsgrenze von Bad Bodendorf heran. Er ist begründet in der zu diesem Zeitpunkt dort vorherrschenden westsüdwestlichen Strömung. Im Ist-Zustand weichen Teile der Kaltluft so der Bebauung des Sinziger Nordens über den Planbereich hinweg ungehindert aus. Im Soll-Zustand ändert sich an der dortigen Windrichtung zwar nichts, die Fließgeschwindigkeit nimmt aber relativ zum Ist-Zustand minimal ab. Über einen längeren Zeitraum hinweg summiert sich dieser im Vergleich verminderte Massenstrom derart, dass er sich in den Differenzabbildungen der Kaltfluthöhe wiederfindet obwohl er in denen der Fließgeschwindigkeit in die Klasse

<sup>1</sup> Das vertikale Profil der Fließgeschwindigkeit der Kaltluft hat eine „bauchige“ Form, wobei das Maximum in etwa bei  $\frac{1}{4}$  der gesamten Kaltluftschichtdicke liegt (vgl. z.B. VDI 3787, 2003). Dementsprechend wandert der Höhenbereich, in dem die höchste Windgeschwindigkeit anzutreffen ist, im Laufe der Zeit langsam von Erdbodennähe in größere Höhen.

-0,05 m/s bis +0,05 m/s fällt und somit dort nicht auszumachen ist (vgl. z.B. Abb. 13). Die im Lee des Bauprojekts auftretende relative Kaltluftniedrigung erstreckt sich zum Zeitpunkt maximaler Auswirkungen (nach etwa 100 Minuten) in nordöstlicher Richtung bis in den äußersten südlichen Teil von Remagen im Bereich des Rinderweges (vgl. Abb. 6). Die Absolutwerte der Kaltluflhöhen-differenzen mit Werten zumeist unter 1 m sind jedoch eher gering.

Die vom Modell berechneten Differenzen der bodennahen Fließgeschwindigkeiten in 2 m über Grund korrespondieren allgemein mit den Kaltluflhöhendifferenzen. Zum Zeitpunkt 5 Minuten nach Simulationsbeginn (Abb. 9) sind zwei Effekte zu verzeichnen: Ausschließlich direkt im Bereich der geplanten Bebauung kommt es zu einer strömungsmechanischen Abbremsung in Folge der erhöhten Rauigkeit. Sie liegt in der Größenordnung von etwa 0,25 m/s, d.h. der Zeitpunkt, zu dem im Planbereich überhaupt eine Strömung einsetzt, wird verzögert. Gleichzeitig ist am nord-westlichen Rand des Planbereichs eine relative Geschwindigkeitszunahme von 0,1 m/s bis 0,2 m/s zu erkennen. Diese ist auf einen nur im Verlaufe der ersten 30 Minuten nach Simulationsbeginn wirksamen Prozess zurückzuführen, der von den Hangabwinden des Reisbergs rührt. Auf Grund des im Planungszustand vorhandenen Unterschiedes zwischen der Kaltluflhöhe im Planbereich (zu diesem Zeitpunkt noch nahe Null) und den unmittelbar am Fuße des Reisbergs gelegenen Freiflächen kommt es zur Ausbildung eines zusätzlich zur Schwerkraft beschleunigend wirkenden Gradienten. Stellt sich die Strömung nach 60 Minuten grundsätzlich auf das Talwindregime um, verschwindet dieser Effekt.

15 Minuten nach Simulationsbeginn (Abb. 10) ist im Bereich westlich der Bahndammunterführung durch die B9 ein Gebiet mit einer relativen Geschwindigkeitsabnahme von bis über 0,5 m/s zu erkennen. Es hat den gleichen Grund wie die zum selben Zeitpunkt und am selben Ort auftretende Kaltluflhöhenverringering (s.o.).

Die Abbildungen 12 und 13 zeigen exemplarisch das sich für den Zeitraum der Andauer der Ahr-talströmung ergebende Bild. Es handelt sich dabei um typische Effekte die auftreten, wenn ein inkompressibles Medium ein Hindernis umströmen muss: Im Lee des Hindernisses (abgeschwächt auch im Zentrum der Luvseite) kommt es zu einer Abbremsung der Strömung, an den Flanken dagegen ausgleichend zu einem Düseneffekt, d.h. zu einer Beschleunigung. Ihre Größenordnungen betragen bis zu 0,2 m/s, ihre horizontalen Erstreckungen maximal 500 m. Als wesentliches Ergebnis ist dabei festzuhalten, dass weder der Bereich der relativen Geschwindigkeitszunahme noch die Zone relativer Geschwindigkeitsabnahme eine der umliegenden Siedlungen betrifft. Im Planbereich selbst bleibt die in Folge der erhöhten Bodenrauigkeit auftretende Abbremsung der Strömung im Vergleich zum Ist-Zustand weiterhin zusätzlich erhalten. Auch nach 180 Minuten ist dieser Effekt noch geringfügig vorhanden (vgl. Abb. 14) und verschwindet erst im Verlauf der 4. Simulationsstunde (vgl. Abb. 15).

#### **4 Auswirkungen auf das Lokalklima und Planungsempfehlungen**

Aus den durch die Ortsbesichtigung gewonnenen Erkenntnissen sowie aus den Resultaten der Modellsimulationen lassen sich hinsichtlich der in Folge des geplanten Industrie- und Gewerbegebietes „Bereich Alte B9“ zu erwartenden Änderungen der Durchlüftung und der Temperaturverhältnisse in der Umgebung zunächst ähnliche Aussagen treffen wie im Rahmen des

Vorläufergutachtens (DWD, 2001). Auf Basis der vom Modell berechneten relativen Änderung der Kaltluflhöhen um 1 m bis maximal 2 m ist in windschwachen Strahlungsnächten mit einem relativem Absinken der Temperatur im Luv des Planbereiches von maximal 1 K zu rechnen. Im Gegensatz zur geplanten Erweiterung des Sinziger Mineralbrunnens sind jedoch verhältnismäßig große Flächen im Ahrtal westlich von Sinzig betroffen.

Belüftungstechnisch sind keine Auswirkungen zu erwarten, da die Modellsimulationen zeigen, dass die Strömung die nördlich des Planbereichs Nr. 3 gelegenen Äcker und Wiesen bereits 60 Minuten nach Simulationsbeginn erreichen kann. Daher ist ein großräumiges Umströmen südlich des Neubauareals nicht zu erwarten, welches zu einer höheren Windgeschwindigkeit in den nördlichen Stadtteilen Sinzigs in der Zeit von 1 bis etwa 2 Stunden nach Sonnenuntergang geführt hätte als sie dort jetzt in vergleichbaren Nächten herrscht.

Um den nach etwa einer Stunde beginnenden Kaltluftstau im Ahrtal westlich und südwestlich des Planbereichs großteils zu vermeiden, wäre eine strömungsmechanisch wirksame Bauplanung unter Einbeziehung von Schneisen in Fließrichtung der Kaltluft zu empfehlen. Deren Breite sollte entsprechend der allgemeinen Planungsempfehlungen zumindest das 2-fache, besser jedoch das 3-fache der Höhe der Bebauung betragen. Dabei sind die Längsachsen der Gebäude parallel zur Strömungsrichtung (vgl. als Anhaltspunkt Abb. 2 in DWD, 2001) und zur Schneise, d.h. im vorliegenden Fall von Südwest nach Nordost orientiert, zu errichten. Unter Berücksichtigung der verhältnismäßig geringen Größe des Planbereichs wäre bereits das Vorhandensein einer durchgängigen, mindestens 30 m breiten Schneise von der südwestlichen Ecke des Planbereichs Nr. 3 bis zum nordöstlichen Randbereich des Planbereichs Nr. 1 ausreichend, den Kaltluftstau nennenswert zu verringern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Schneise offen zu gestalten ist, d.h. nicht mit dichtem Buschwerk, Lärmschutzwänden o.ä. zugebaut werden darf.

## 5 Zusammenfassung

Die Stadt Sinzig plant, die unmittelbar nordwestlich des Kreuzungsbereiches der Bundesstraßen B9 und B266 angrenzenden Freiflächen als Gewerbe- und Industriegebiet auszuweisen. Es wird befürchtet, dass dadurch der nächtliche Kaltluftabfluss im Ahrtal behindert würde und sich somit die Durchlüftungsverhältnisse speziell im Norden der Stadt verschlechtern würden. Daher hat die Stadt Sinzig den Deutschen Wetterdienst beauftragt, die lokalklimatischen Auswirkungen der geplanten Bebauung unter Verwendung numerischer Modellsimulationen zu untersuchen. Dazu wurden sowohl aktuelle (Ist-Zustand) als auch zukünftige (Soll-Zustand) Verhältnisse einzeln berechnet, um anschließend durch Differenzbildung die vom Bauprojekt herrührenden Auswirkungen ermitteln zu können.

Wie sich gezeigt hat, wird der großräumige Kaltluftabfluss im Ahrtal durch das geplante Projekt nicht wesentlich beeinflusst. Zwar kommt es im Luv des Planbereichs zu einem einige Stunden anhaltenden Kaltluftstau, der sich in südlicher Richtung über das gesamte Tal erstreckt, jedoch sind die Auswirkungen sowohl hinsichtlich Durchlüftung als auch bezüglich der Frostgefährdung gering. Für die relative Erniedrigung der nächtlichen Temperaturen im Bereich des Kaltluftstaus ist von einer Größenordnung von etwa 0,5 Kelvin auszugehen. Relative Änderungen der Fließgeschwindigkeit treten nur in unmittelbarer Umgebung des Planbereichs auf und erstrecken sich

nicht auf die umliegenden Siedlungen. Um den Stau der Kaltluft im Ahrtal westlich von Sinzig praktisch gänzlich zu vermeiden, ist die Errichtung zumindest einer gebäudefreien Schneise im Planbereich zu empfehlen. Sie sollte wenigstens 30 m breit und parallel zur Strömungsrichtung in diesem Bereich orientiert sein.

## 6 Literatur

Deutscher Wetterdienst, Regionales Gutachtenbüro Trier, 2001: Amtliches Gutachten zu den klimatischen Auswirkungen des geplanten Neubaus am Mineralbrunnen in Sinzig. Trier.

King, E., 1973: Untersuchungen über kleinräumige Änderungen des Kaltluftflusses und der Frostgefahr durch Straßenbauten. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. **130**, Offenbach am Main.

Sievers, U., 2005: Das Kaltluftabflussmodell KLAM\_21. Theoretische Grundlagen, Anwendung und Handhabung des PC-Modells. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. **227**, Offenbach am Main.

VDI 3787, 2003: Blatt 5: Umweltmeteorologie. Lokale Kaltluft. Verein Deutscher Ingenieure. Düsseldorf.

## 7 Abbildungen

- Abb. 1      Planzustand
- Abb. 2      Differenz der Kaltlufthöhe zwischen Plan- und Ist-Zustand nach einer Integrationszeit von 5 Minuten
- Abb. 3      Differenz der Kaltlufthöhe zwischen Plan- und Ist-Zustand nach einer Integrationszeit von 15 Minuten
- Abb. 4      Differenz der Kaltlufthöhe zwischen Plan- und Ist-Zustand nach einer Integrationszeit von 30 Minuten
- Abb. 5      Differenz der Kaltlufthöhe zwischen Plan- und Ist-Zustand nach einer Integrationszeit von 60 Minuten
- Abb. 6      Differenz der Kaltlufthöhe zwischen Plan- und Ist-Zustand nach einer Integrationszeit von 100 Minuten
- Abb. 7      Differenz der Kaltlufthöhe zwischen Plan- und Ist-Zustand nach einer Integrationszeit von 120 Minuten
- Abb. 8      Differenz der Kaltlufthöhe zwischen Plan- und Ist-Zustand nach einer Integrationszeit von 180 Minuten
- Abb. 9      Geschwindigkeitsdifferenz in einer Höhe von 2 m über Grund zwischen Plan- und Ist-Zustand nach einer Integrationszeit von 5 Minuten
- Abb. 10     Geschwindigkeitsdifferenz in einer Höhe von 2 m über Grund zwischen Plan- und Ist-Zustand nach einer Integrationszeit von 15 Minuten
- Abb. 11     Geschwindigkeitsdifferenz in einer Höhe von 2 m über Grund zwischen Plan- und Ist-Zustand nach einer Integrationszeit von 30 Minuten
- Abb. 12     Geschwindigkeitsdifferenz in einer Höhe von 2 m über Grund zwischen Plan- und Ist-Zustand nach einer Integrationszeit von 60 Minuten
- Abb. 13     Geschwindigkeitsdifferenz in einer Höhe von 2 m über Grund zwischen Plan- und Ist-Zustand nach einer Integrationszeit von 100 Minuten
- Abb. 14     Geschwindigkeitsdifferenz in einer Höhe von 2 m über Grund zwischen Plan- und Ist-Zustand nach einer Integrationszeit von 180 Minuten
- Abb. 15     Geschwindigkeitsdifferenz in einer Höhe von 2 m über Grund zwischen Plan- und Ist-Zustand nach einer Integrationszeit von 240 Minuten



Abbildung 1: Planzustand (Quelle: Bauamt Stadt Sinzig)

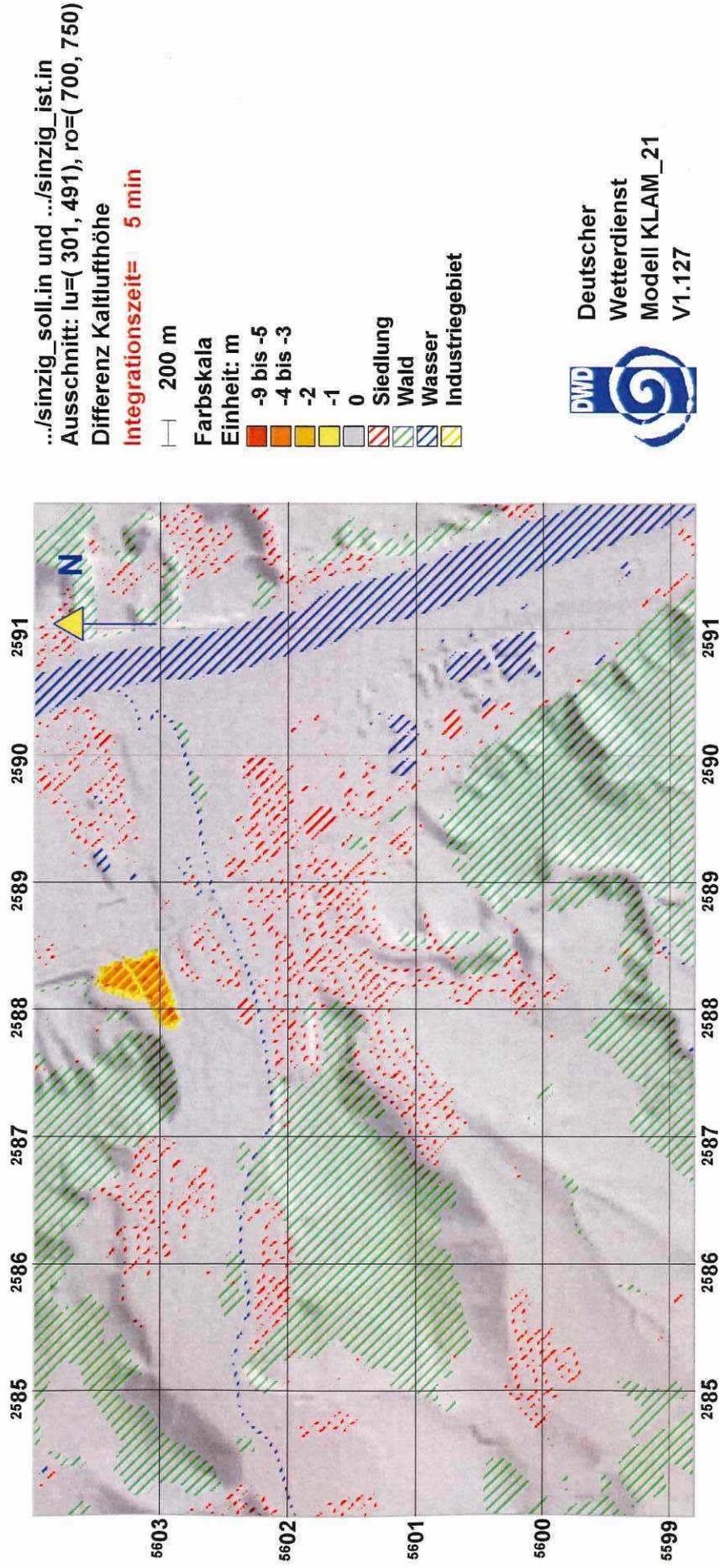


Abbildung 2

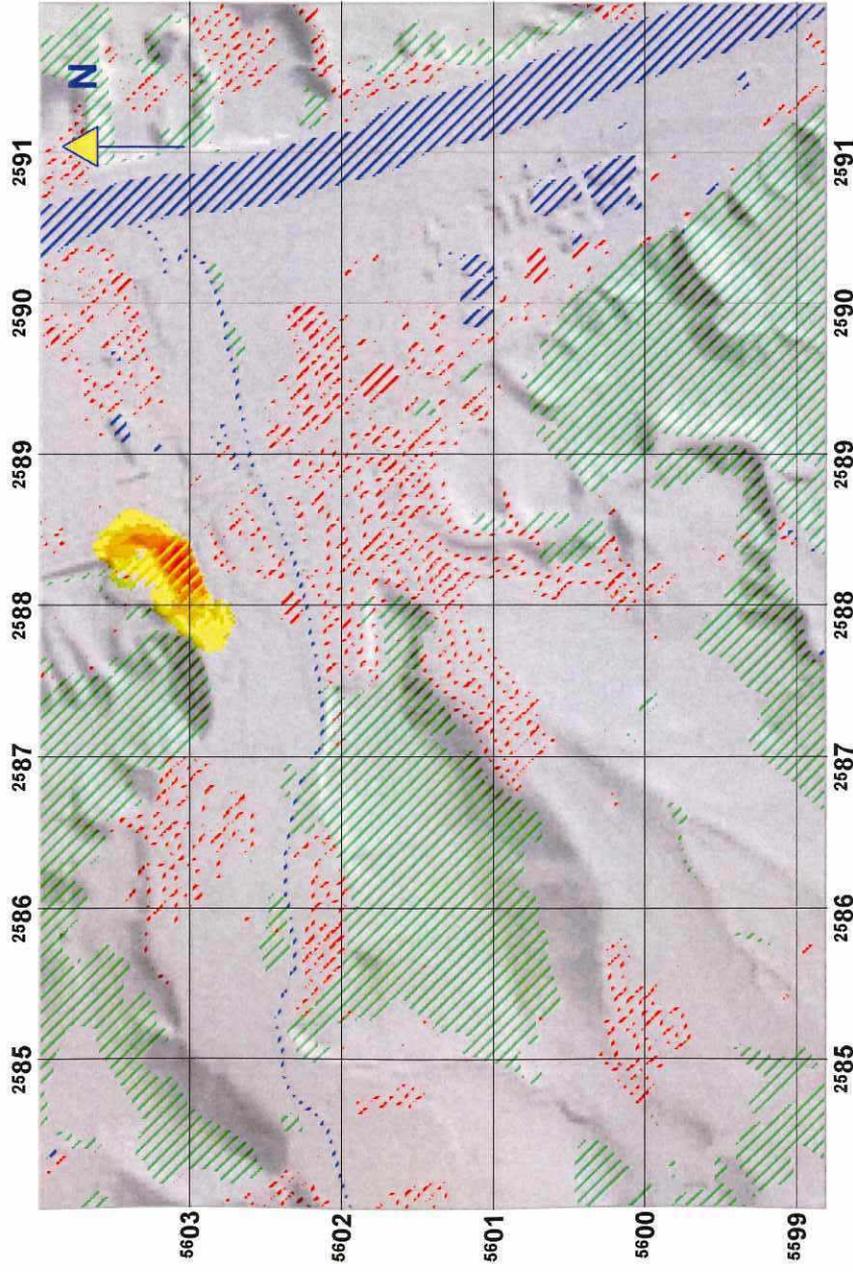
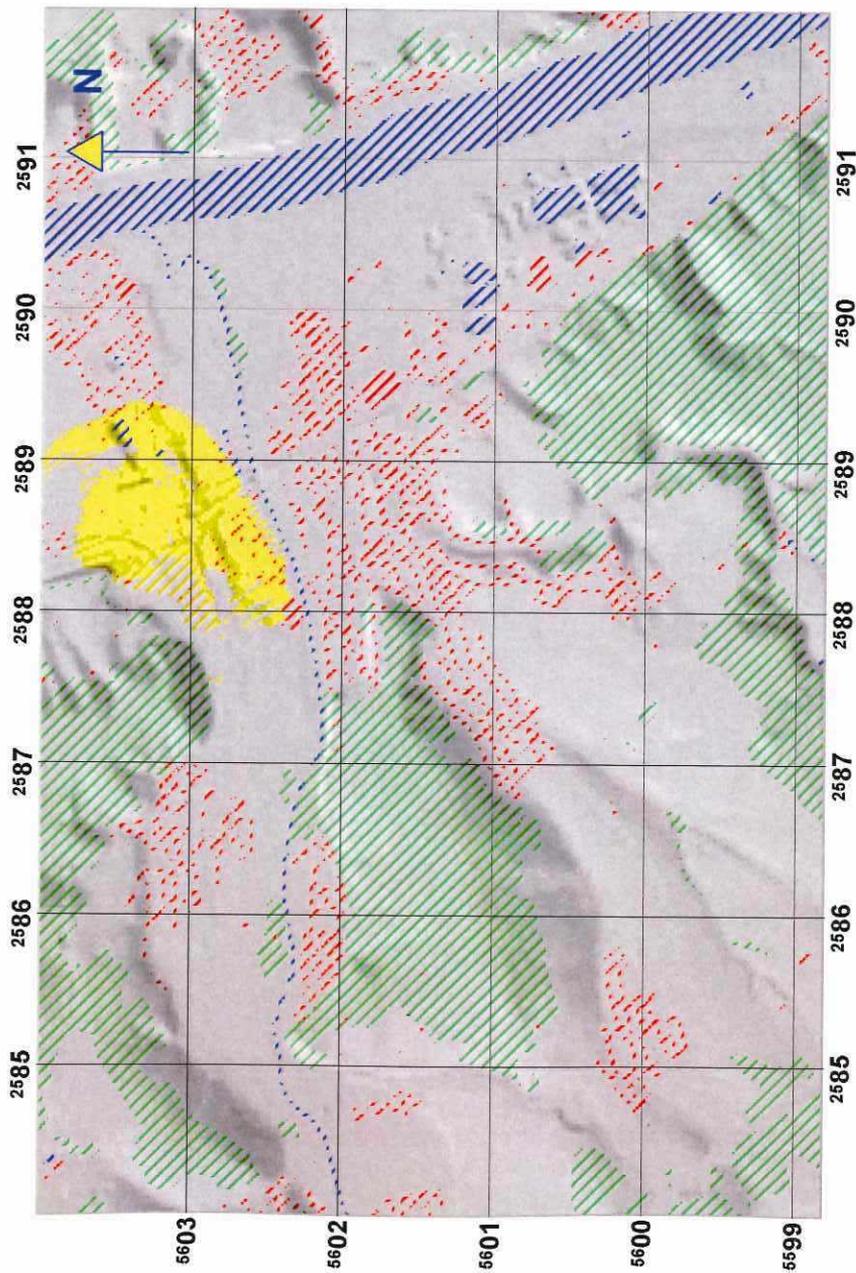


Abbildung 3



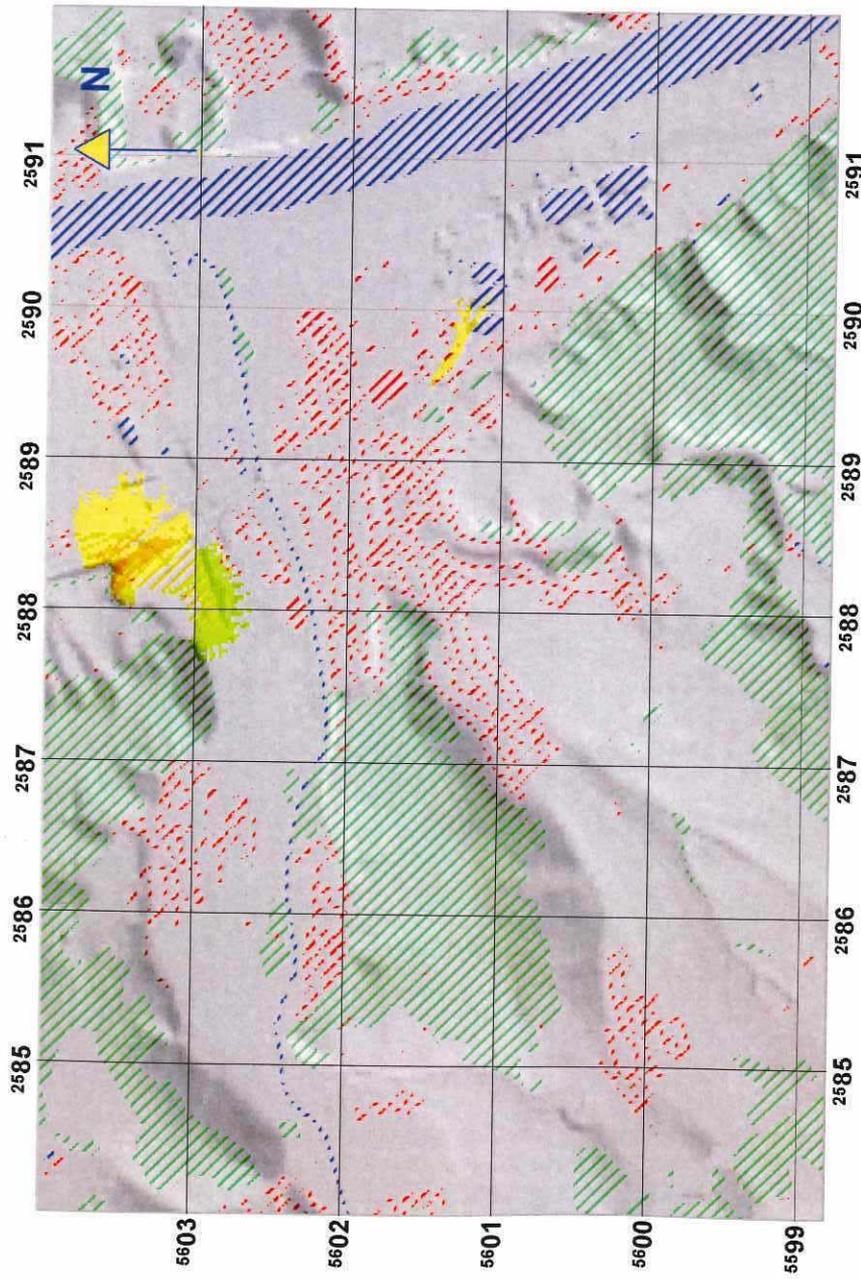
.../sinzig\_soll.in und .../sinzig\_ist.in  
 Ausschnitt: lu=( 301, 491), ro=( 700, 750)  
 Differenz Kaltlufthöhe  
 Integrationszeit= 30 min

- 200 m
- Farbskala
- Einheit: m
- 2
- 1
- 0
- Siedlung
- Wald
- Wasser
- Industriegebiet



Deutscher  
 Wetterdienst  
 Modell KLAM\_21  
 V1.127

Abbildung 4



.../sinzig\_soll.in und .../sinzig\_ist.in  
 Ausschnitt: lu=( 301, 491), ro=( 700, 750)  
 Differenz Kaltlufthöhe  
 Integrationszeit= 60 min

- 200 m
- Farbskala  
 Einheit: m
- 4 bis -3
  - 2
  - 1
  - 0
  - 1
- Siedlung  
 Wald  
 Wasser  
 Industriegebiet



Deutscher  
 Wetterdienst  
 Modell KLAM\_21  
 V1.127

Abbildung 5

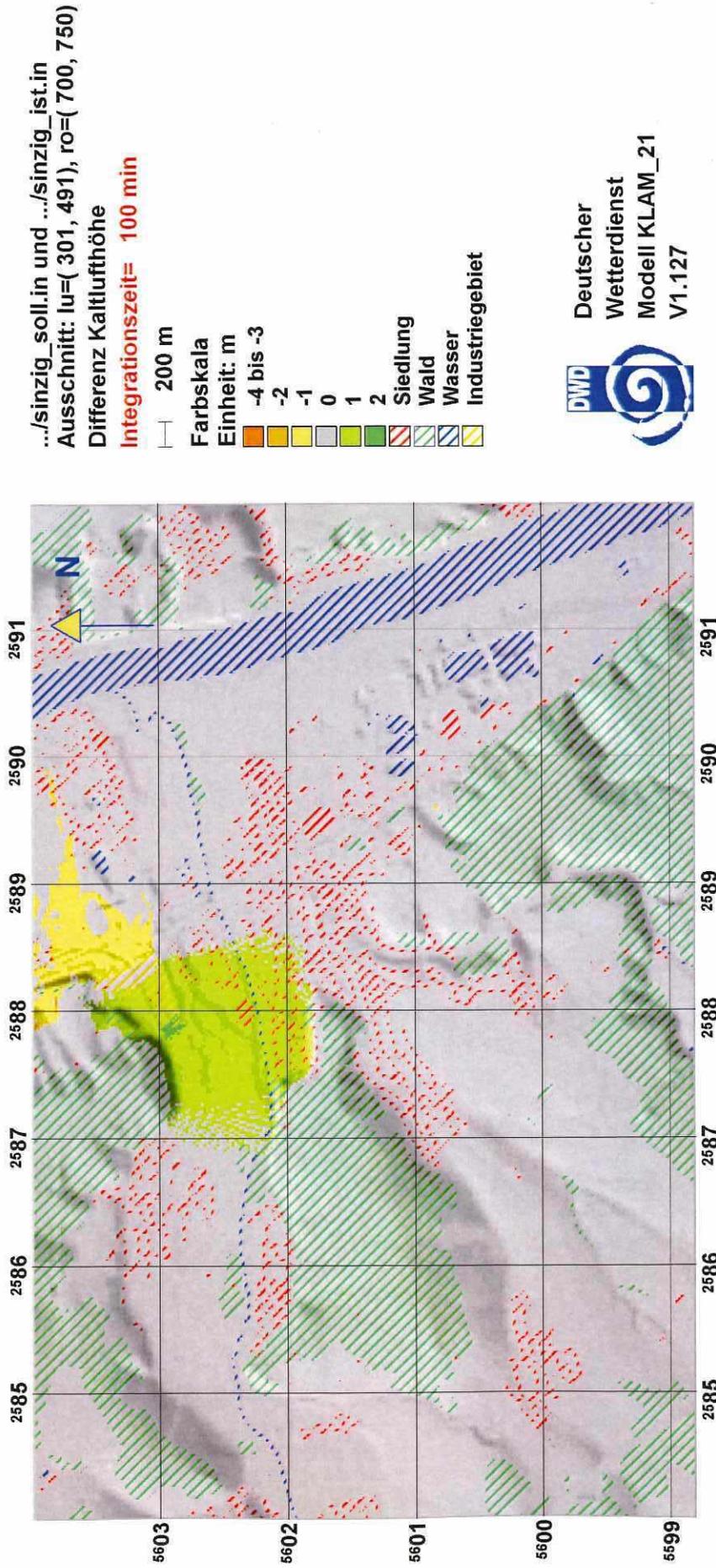


Abbildung 6

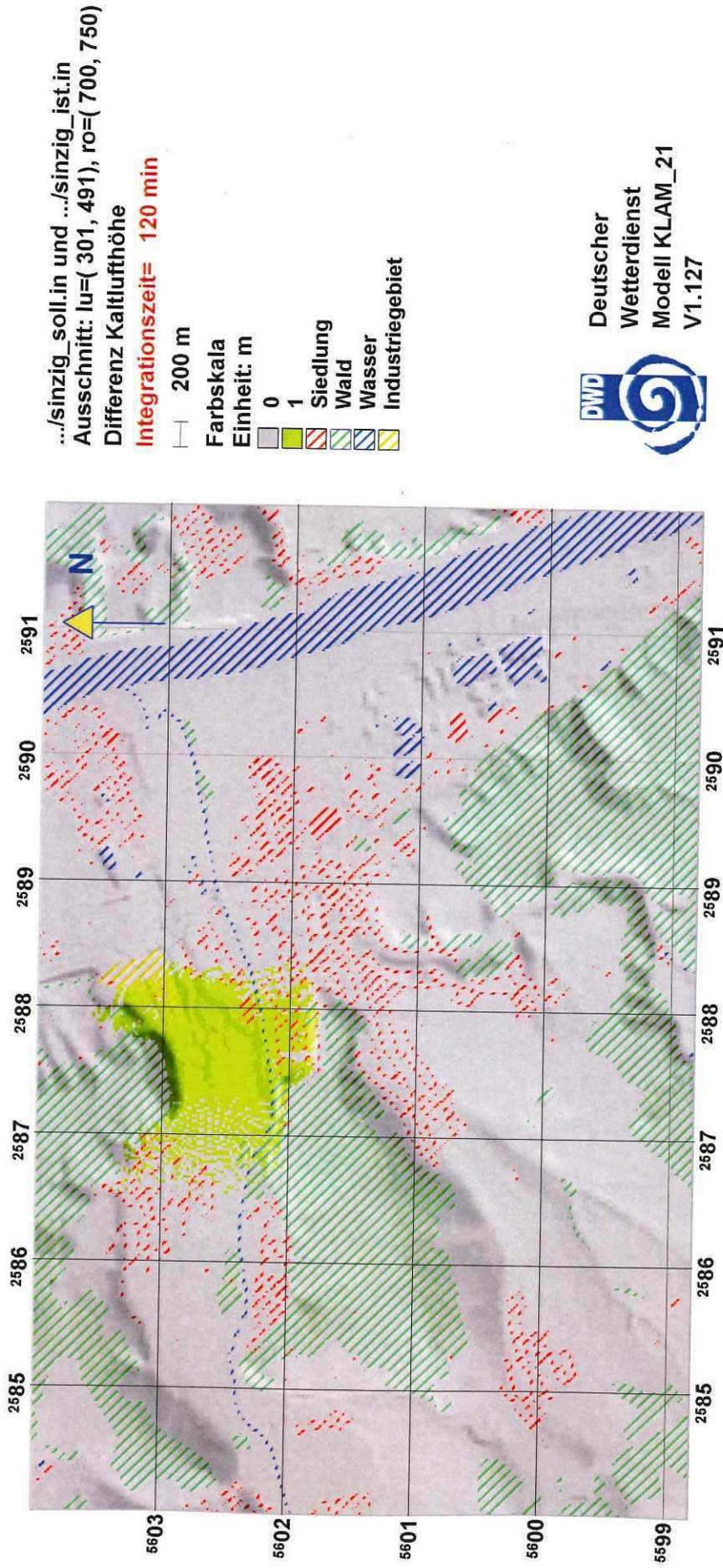


Abbildung 7

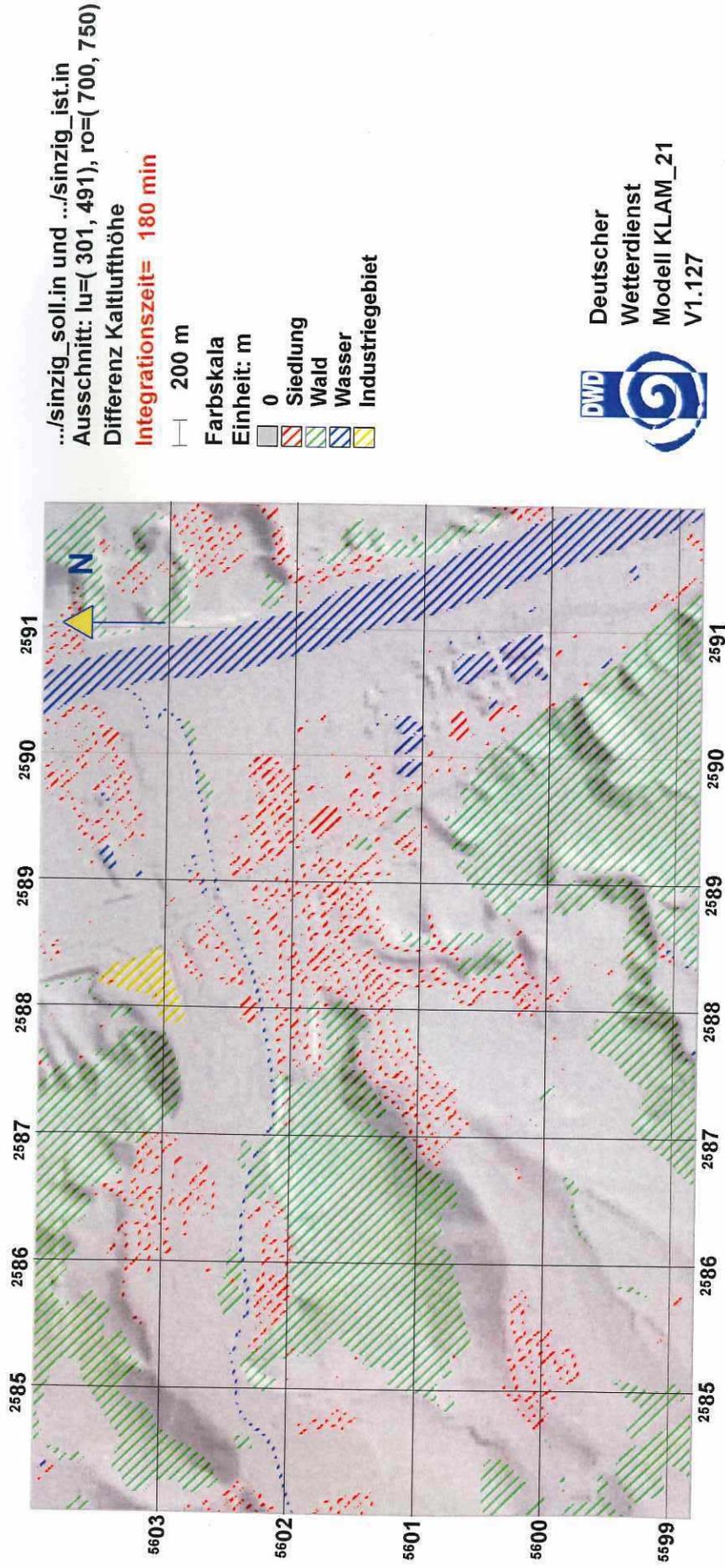


Abbildung 8

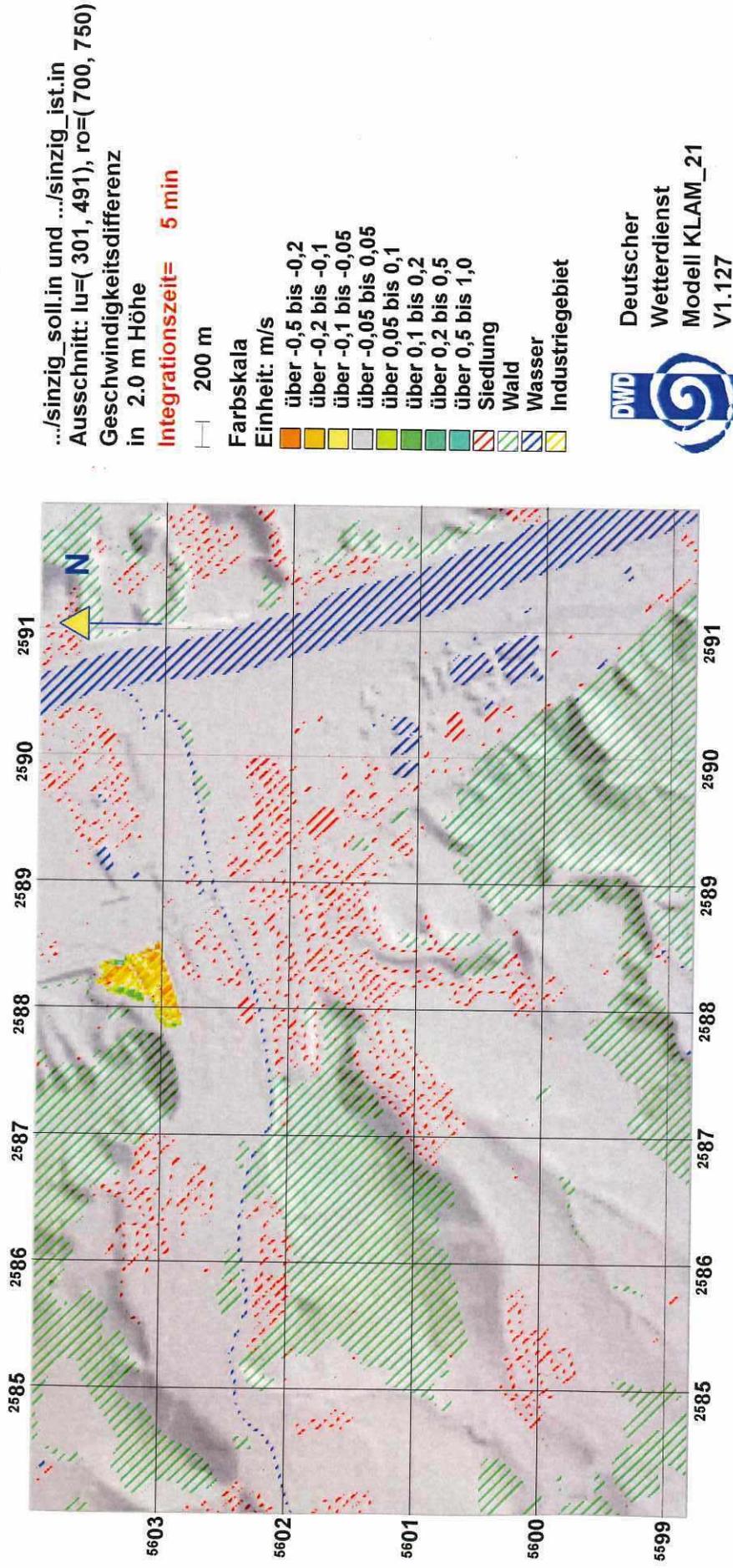
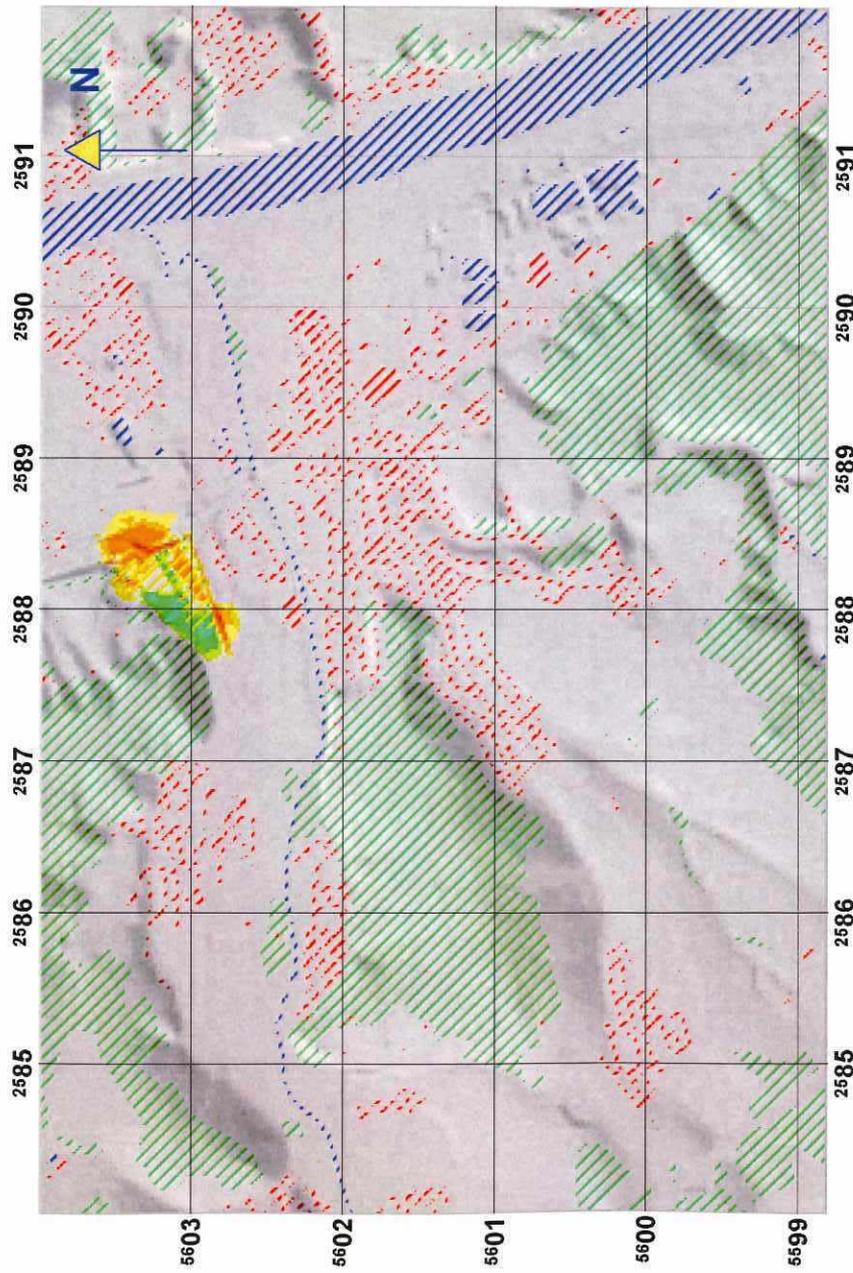


Abbildung 9



.../sinzig\_soll.in und .../sinzig\_ist.in  
 Ausschnitt: lu=( 301, 491), ro=( 700, 750)  
 Geschwindigkeitsdifferenz  
 in 2.0 m Höhe

**Integrationszeit= 15 min**

┆ 200 m

Farbskala

Einheit: m/s

- über -1,0 bis -0,5
- über -0,5 bis -0,2
- über -0,2 bis -0,1
- über -0,1 bis -0,05
- über -0,05 bis 0,05
- über 0,05 bis 0,1
- über 0,1 bis 0,2
- über 0,2 bis 0,5
- Siedlung
- Wald
- Wasser
- Industriegebiet



Deutscher  
 Wetterdienst  
 Modell KLAM\_21  
 V1.127

Abbildung 10

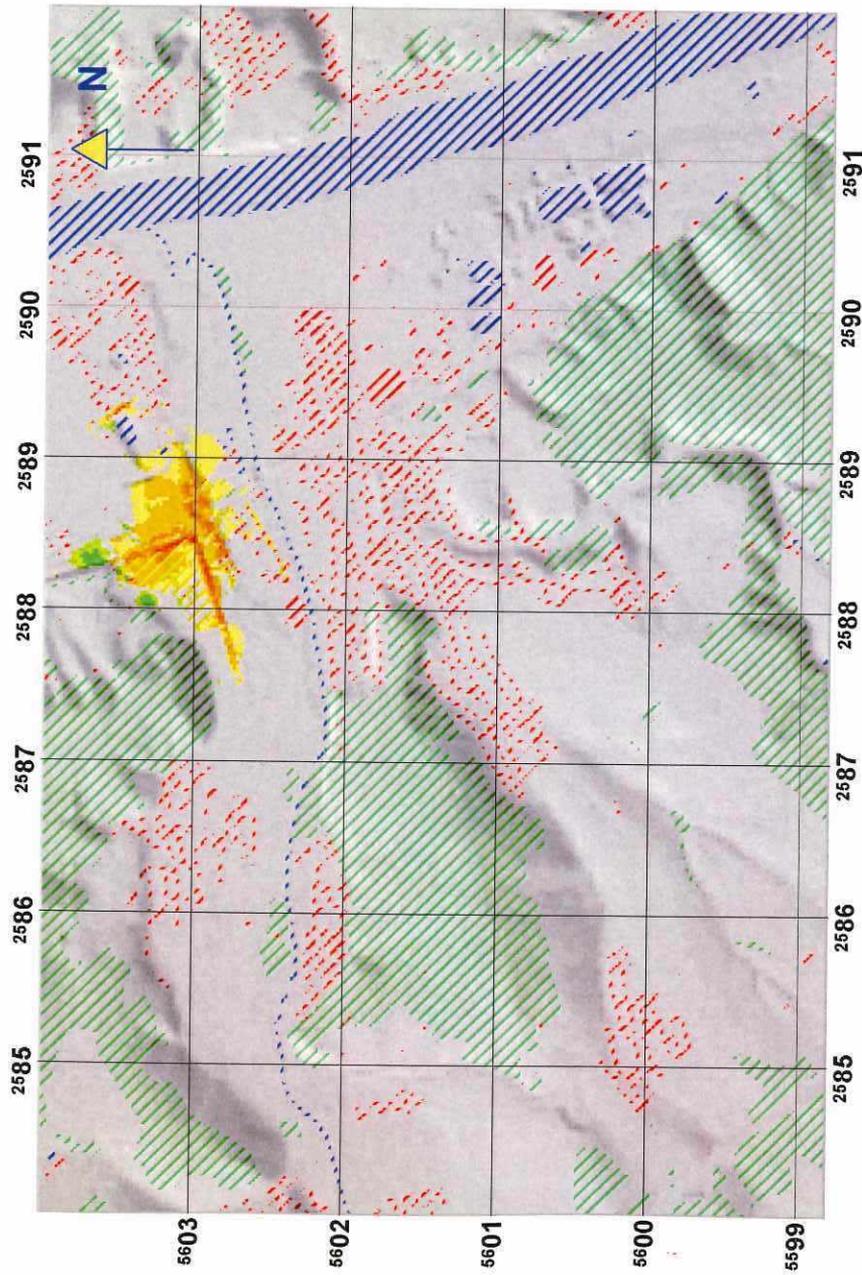
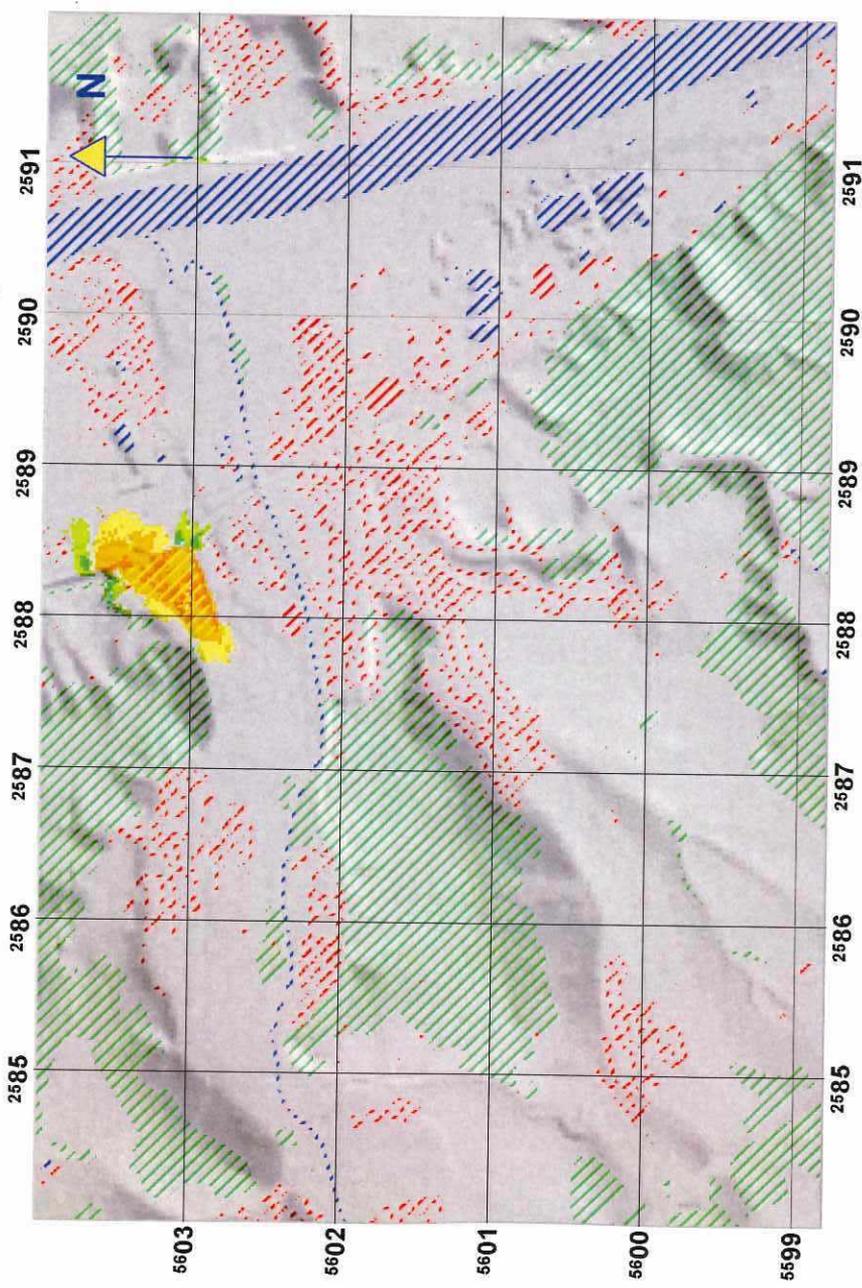


Abbildung 11



.../sinzig\_soll.in und .../sinzig\_ist.in  
 Ausschnitt: lu=( 301, 491), ro=( 700, 750)  
 Geschwindigkeitsdifferenz  
 in 2.0 m Höhe

Integrationszeit= 60 min

200 m

Farbskala

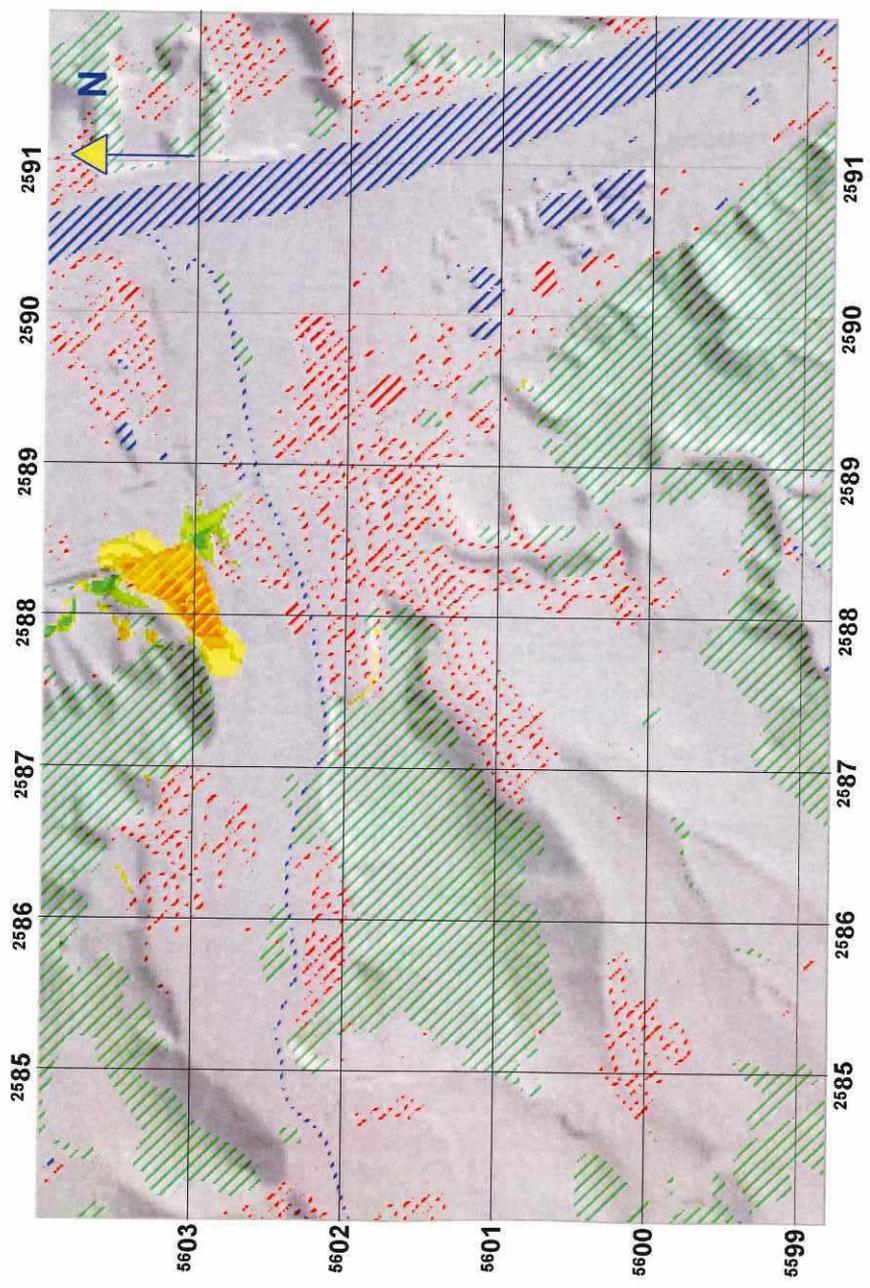
Einheit: m/s

- über -0,5 bis -0,2
- über -0,2 bis -0,1
- über -0,1 bis -0,05
- über -0,05 bis 0,05
- über 0,05 bis 0,1
- über 0,1 bis 0,2
- über 0,2 bis 0,5
- Siedlung
- Wald
- Wasser
- Industriegebiet



Deutscher  
 Wetterdienst  
 Modell KLAM\_21  
 V1.127

Abbildung 12



.../sinzig\_soll.in und .../sinzig\_ist.in  
 Ausschnitt: lu=( 301, 491), ro=( 700, 750)  
 Geschwindigkeitsdifferenz  
 in 2.0 m Höhe

Integrationszeit= 100 min

200 m

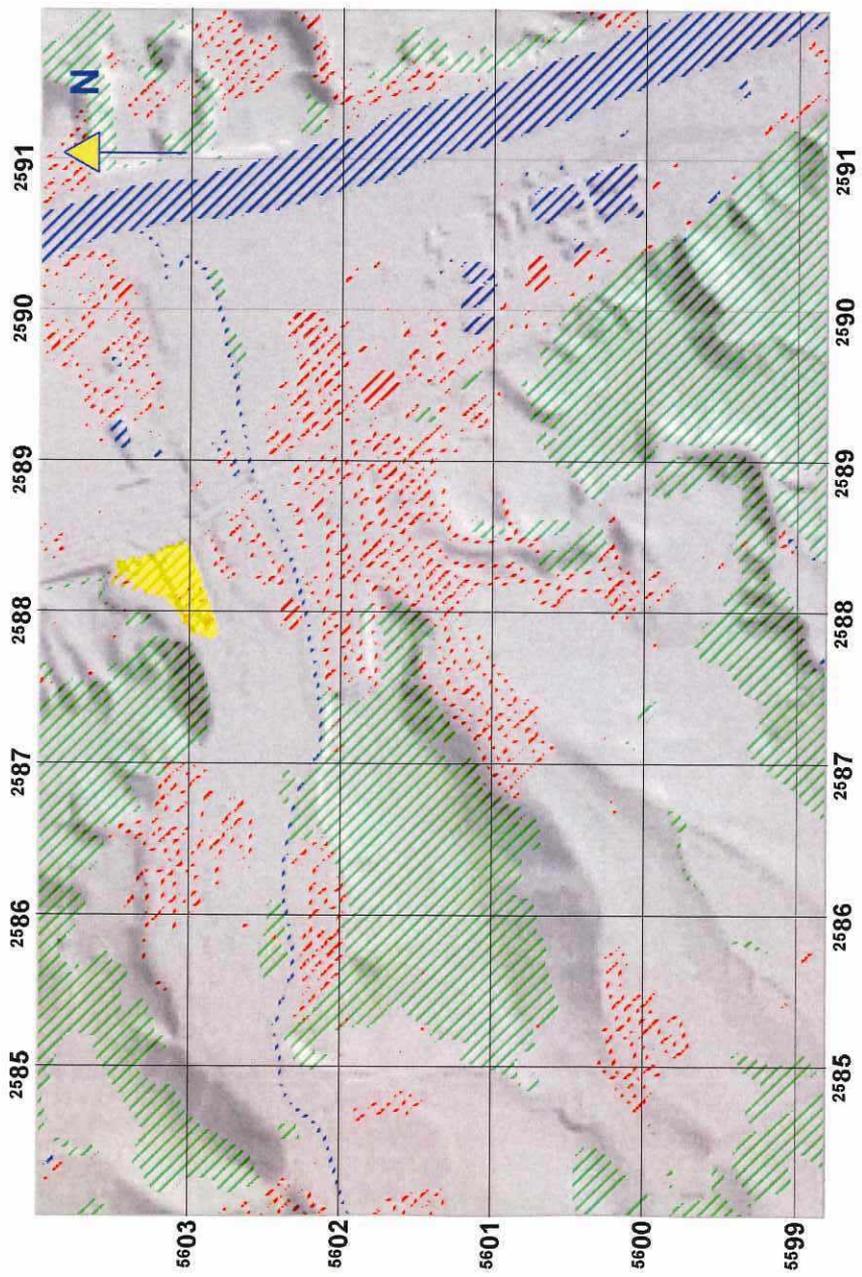
Farbskala

Einheit: m/s

- über -0,5 bis -0,2
- über -0,2 bis -0,1
- über -0,1 bis -0,05
- über -0,05 bis 0,05
- über 0,05 bis 0,1
- über 0,1 bis 0,2
- über 0,2 bis 0,5
- Siedlung
- Wald
- Wasser
- Industriegebiet

DWD  
 Deutscher  
 Wetterdienst  
 Modell KLAM\_21  
 V1.127

Abbildung 13



.../sinzig\_soll.in und .../sinzig\_ist.in  
 Ausschnitt: lu=( 301, 491), ro=( 700, 750)  
 Geschwindigkeitsdifferenz  
 in 2.0 m Höhe

**Integrationszeit= 180 min**

┆ 200 m

Farbskala

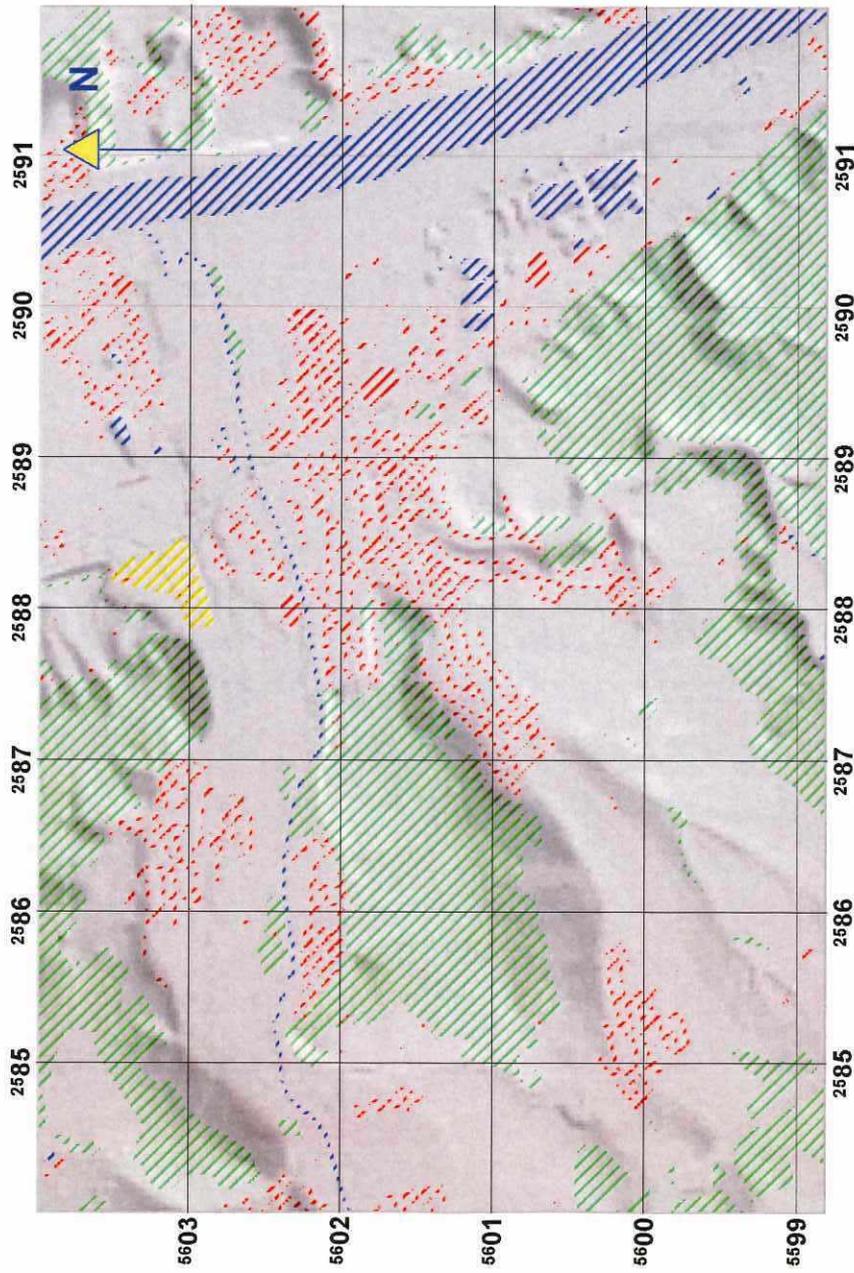
Einheit: m/s

- über -0,2 bis -0,1
- über -0,1 bis -0,05
- über -0,05 bis 0,05
- Siedlung
- Wald
- Wasser
- Industriegebiet



Deutscher  
 Wetterdienst  
 Modell KLAM\_21  
 V1.127

Abbildung 14



.../sinzig\_soll.in und .../sinzig\_ist.in  
 Ausschnitt: lu=( 301, 491), ro=( 700, 750)  
 Geschwindigkeitsdifferenz  
 in 2.0 m Höhe

**Integrationszeit= 240 min**

┆ 200 m

Farbskala

Einheit: m/s

- über -0,1 bis -0,05
- über -0,05 bis 0,05
- Siedlung
- Wald
- Wasser
- Industriegebiet



Deutscher  
 Wetterdienst  
 Modell KLAM\_21  
 V1.127

Abbildung 15