

DWD

AMTLICHES GUTACHTEN

zu den klimatischen Auswirkungen der
Planungsmaßnahme Hammfeld II (Ost),
Bebauungsplan Nr. 431, in Neuss
auf die Umgebung

Auftraggeber: Stadt Neuss
Amt für Stadtplanung
41456 Neuss

1	UMWELTAMT (19)					Eilt!
2	05. Aug. 2003 518					Kopie AL
3						g. Pg
LA 21	b.P.	A.E.	m.B. u.E.	z. Ktn.	z.w. Vw.	z.d.A

Deutscher Wetterdienst

Geschäftsfeld

Klima- und Umweltberatung

Offenbach, Juli 2003

DEUTSCHER WETTERDIENST

Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung



AMTLICHES GUTACHTEN

zu den klimatischen Auswirkungen der Planungsmaßnahme
Hammfeld II (Ost), Bebauungsplan Nr. 431, in Neuss
auf die Umgebung

Auftraggeber: Stadt Neuss
Amt für Stadtplanung
41456 Neuss

Anzahl der Seiten (gesamt) : 101
Anzahl der Abbildungen : 44
Anzahl der Tabellen : 1

wissenschaftliche Bearbeitung: Dipl.-Met. J. Namyslo

Offenbach/M., den 22.07.2003


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



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.

EDV-Kennung: 342-41456-91-0703

Inhalt		Seite
1	Einleitung und Problemstellung	4
2	Lagebeschreibung	5
3	Modellrechnungen	6
3.1	Modelleinsatz in der Planung	6
3.2	Das Stadtklimamodell MUKLIMO_3	7
3.2.1	Modellbeschreibung	7
3.2.2	Theoretische Grundlagen	8
3.2.3	Hinweise zur Strömungsversion ("numerischer Windkanal")	10
3.3	Das Windfeld in der Nähe von Einzelgebäuden	11
3.4	Sommerliche Schwachwindsituation	12
3.4.1	Modellierung des Untersuchungsgebietes	12
3.4.2	Meteorologische Rahmenbedingungen	14
3.4.3	Der Wärmeinselindex	16
3.4.4	Ergebnisse	17
3.4.4.1	Simulationen für den Ist-Zustand (Referenzzustand)	17
3.4.4.2	Simulationen für den Soll-Zustand (Planungszustand)	22
3.4.4.3	Vergleich mit Literaturangaben und Feldmessungen	27
3.5	Windfeldberechnungen	29
3.5.1	Modellierung des Untersuchungsgebiets	29
3.5.2	Die Randbedingungen	30
3.5.3	Der Durchlüftungsindex	30
3.5.4	Ergebnisse	31
3.5.4.1	Normierte Windfelder	31
3.5.4.2	Änderung der Durchlüftung	33
4	Zusammenfassung und Bewertung	35
4.1	Zusammenfassung	35
4.2	Bewertung	40
5	Planungsempfehlungen	43
6	Glossar	45
7	Literatur	51
8	Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	52
8.1	Tabellenverzeichnis	52
8.2	Abbildungsverzeichnis	52

Tabellen und Abbildungen

A Anhang

- A.1 Die klimatologische Bedeutung von Freiflächen
- A.2 Die Auswirkung von Begrünungsmaßnahmen

1 Einleitung und Problemstellung

Die Stadt Neuss, vertreten durch das Stadtplanungsamt, hat den Deutschen Wetterdienst (DWD) beauftragt, eine Untersuchung der klimatischen Auswirkungen der Planungsmaßnahme "Hammfeld II (Ost)", Bebauungsplan Nr. 431, auf ihre weitere Umgebung durchzuführen. Hierzu sollen besonders die Auswirkungen der Planungsmaßnahme auf die thermischen Verhältnisse und die Belüftung im Hinblick auf den Luftaustausch entlang der Achse "Neuss-Castrum – Rheinpark-Center – Hammfeld II – Rennbahn – Innenstadt" untersucht werden. Auf Grund einer früheren Empfehlung des Deutschen Wetterdienstes (DWD, 1993) sind – zugunsten einer besseren Klimaverträglichkeit insbesondere im Hinblick auf die Durchlüftungssituation – geschlossene Bebauungsfronten, wie in früheren Planungen vorgesehen, durch eine strukturierte Bebauung mit Durchlässen ersetzt worden. Es ist geplant, zu einem späteren Zeitpunkt auch den westlichen Teil des Plangebietes "Hammfeld II" zu bebauen. Die jetzt vorzunehmende Begutachtung soll sich jedoch auf den östlichen Teil beschränken.

Das vorliegende Amtliche Gutachten hat daher die Beantwortung folgender Fragen zum Ziel:

- 1) Welche Auswirkungen des Planungsvorhabens auf die thermischen Bedingungen im Plangebiet und seiner näheren Umgebung – insbesondere am Ostrand der Neusser City – sind für zwei typische Anströmrichtungen bei schwachwindigen Strahlungswetterlagen zu erwarten?
- 2) Welche Änderung der Durchlüftung in einer Referenzhöhe von 2 m über Grund ergibt sich leeseitig der Planungsmaßnahme – insbesondere am Ostrand der Neusser City – für diese Wetterlagen?
- 3) Welche horizontale Ausdehnung hat die Änderung des Windfeldes bei diesen Anströmrichtungen?
- 4) Wie sind die Modellergebnisse zu bewerten?
- 5) Welche Planungsempfehlungen lassen sich aus dieser Bewertung ableiten?

Die dafür erforderliche Beschreibung des klimatischen Soll-Zustandes erfolgt exemplarisch für eine sommerliche, schwachwindige Strahlungswetterlage und zwei Anströmrichtungen unter Berücksichtigung der Planungsmaßnahmen und unter Anwendung des thermodynamischen Stadtklimamodells MUKLIMO_3 des Deutschen Wetterdienstes. Die Untersuchung der Veränderung des mittleren Windfeldes durch die Planungsmaßnahmen erfolgt für dieselben Anströmrichtungen mit der Strömungsversion dieses Modells. Im Rahmen einer Bewertung der Modellergebnisse sollen Planungsempfehlungen zur Minimierung der zu erwartenden stadtklimatischen Effekte gegeben werden.

Das Gutachten beinhaltet zunächst im Kapitel 2 eine kurze Beschreibung des Untersuchungsgebietes und der Planungsmaßnahmen.

Im Kapitel 3 werden die Methoden und die Ergebnisse der Simulationsrechnungen mit dem Stadtklimamodell MUKLIMO_3 dargelegt sowie die Modellierung des Untersuchungsgebietes und der Planungsvorhaben der Maßnahme "Hammfeld II (Ost)" erläutert.

Das Kapitel 4 gibt eine zusammenfassende Darstellung und Bewertung der Modellergebnisse.

Im Kapitel 5 werden Empfehlungen für die Bauplanung gegeben, wie sie sich aus klimatologischer Sicht aus den durchgeführten Untersuchungen ergeben.

Sofern meteorologische Fachausdrücke nicht im Text selbst erläutert werden, sei auf das Glossar im Kapitel 6 verwiesen.

Im Kapitel 7 sind Literaturhinweise zu finden.

2 Lagebeschreibung

Das Untersuchungsgebiet liegt naturräumlich an der Grenze zwischen Niederrheinischem Tiefland im Norden und Niederrheinischer Bucht im Süden. Es reicht von der Kernzone der Innenstadt im Westen bis über das östliche Rheinufer im Osten (s. Abb. 2.1). In seinem Zentrum befindet sich die Achse "Rheinpark-Center – Plangebiet Hammfeld II – Rennbahn" (s. Abb. 2.2). Das Untersuchungsgebiet ist im Süden und Westen durch die mehr oder weniger dichte städtische Wohn- und City-Bebauung sowie im Norden durch Gewerbe- und Industriebauung bestimmt. Sein östliches Viertel ist hingegen durch den hier süd-nördlich verlaufenden Rhein und seine Auen geprägt. Eine Ausnahme bildet dabei die Ortslage Hamm auf der rechten Rheinseite im nordöstlichen Randbereich des Untersuchungsgebietes, die fast bis an das östliche Rheinufer heranreicht. In seinem südöstlichen Rand, im Bereich westlich der Ortslagen Flehe und Volmerswerth, stellen wieder landwirtschaftliche Freiflächen mit nur sporadischer Bebauung die wesentliche Flächennutzung dar (Abb. 2.1). Der Südwestrand der Düsseldorfer Innenstadt liegt vom Ostrand des Untersuchungsgebietes etwa 2 km in ostnord-östlicher Richtung entfernt.

Die west-östlich orientierte, ca. 850 m lange und an ihrer breitesten Stelle etwa 350 m breite Planfläche "Hammfeld II" wird im Norden von der Hammerlandstraße, im Osten vom Willy-Brandt-Ring, im Süden von der Stresemannallee sowie im Südwesten und Westen von der Langemarckstraße begrenzt. Das etwa 25 ha große Areal ist z.Zt. im Wesentlichen durch teilweise baumbestandene Grünflächen, landwirtschaftliche Nutzflächen sowie Sportplätze geprägt und weist nur stellenweise – hauptsächlich in seinem zentralen Bereich – bis 2-geschossige Bebauung auf. Im Westen und Nordwesten der Planfläche liegt die dichte Industriebauung des Hafens, während die Gewerbegebiete im Norden und Süden (Neuss-Castrum bzw. Hammfeld I) für die vorliegende Untersuchung in einem Bebauungsstand angenommen werden, der sie – entsprechend den Kartenunterlagen (s.u., Kap. 3.4.1) – teilweise mit noch unbebauten Freiflächen durchsetzt ausweist. Im Nordosten und Osten schließt sich das dichte und teilweise mit Hochhäusern bebaute Gebiet des Rheinpark-Centers an. Im Südwesten grenzt das etwa 40 ha große Grünflächen-Areal der "Rennbahn" an, das mit einer zentralen, etwa 23 ha großen Rasenfläche und seinen mit Bäumen bestandenen Randzonen den Charakter eines Stadtparks aufweist. Am Südrand der Rennbahn, d.h. im Bereich Hensentordamm/Europadam, besteht im Zuge der Unterführung der Stresemannallee gerade noch eine Anbindung an die Stadtparkflächen des Rosen- und Stadtgartens.

Der östliche Rand der Innenstadt mit ihrer Wohn- und Citybebauung liegt ca. 750 m westsüdwestlich der Planfläche "Hammfeld II" bzw. ca. 1050 m von ihrem östlichen Teil "Hammfeld II (Ost)" (s.u.) entfernt. Ein allgemeines Wohngebiet liegt in der Umgebung des Plangebiets sonst nur noch entlang der Rheinallee östlich des Rheinpark-Centers am Westrand der

Rheinaue vor. Die Rheinauen reichen mit der Fläche "Rheinpark Euroga 2002+" (s. Abb. 2.2) im Bereich Anschluss-Stelle (AS) "Neuss-Hafen" der Bundesautobahn (BAB) A 57 gerade noch nahe an die Südostecke des Plangebiets heran, sonst liegen im Osten die Rheinauen 550 m und das Rheinufer ca. 850 m entfernt.

In einem ersten Bauabschnitt soll die östliche Hälfte der Fläche Hammfeld II mit Bürogebäuden in blockartiger Struktur bebaut werden. Die vorgesehene Bebauung soll bis zu 6-, im südlichen Teil der Planfläche bis zu 10-geschossig werden. Unmittelbar westlich der geplanten Bebauung schließt sich ein nord-südlich verlaufender, an seinem Nordende etwa 50 m und am Südeinde bis etwa 120 m breiter Grünstreifen mit einigen Bäumen an. Er trennt das Hammfeld II in einen östlichen (im Weiteren als Plangebiet "Hammfeld II (Ost)" bezeichnet) und einen westlichen Teil. Entlang der Planstraßen sind Baumreihen und im Zentrum des Plangebiets ist eine kleine, etwa 0,8 ha große Grünfläche mit Bäumen und Sträuchern vorgesehen.

3 Modellrechnungen

3.1 Modelleinsatz in der Planung

Eine der Grundlagen für einen wirksamen Umweltschutz im atmosphärischen Bereich ist die umfassende Kenntnis des Klimas und der klimasteuernden Prozesse. Dazu gehört insbesondere ein ausreichendes Wissen um die weitverzweigten Auswirkungen anthropogener Eingriffe in die Umwelt. Die Abschätzung der Folgen ist oftmals nicht einfach, da das Klima sich immer stärker als vernetztes System vieler Einzelkomponenten mit zahlreichen, manchmal auch unerwarteten Rück- und Nebenwirkungen erweist.

Eine neuere Möglichkeit, Einblicke in die Zusammenhänge zu gewinnen und die erforderlichen Kenntnisse zu erlangen, ist, anstelle langwieriger Messprogramme, die Simulation des Klimas mittels eines mathematisch-physikalischen Modells. Der wesentliche Vorteil der Modellsimulationen gegenüber den Messungen liegt in der Möglichkeit, Eingriffe in das System gezielt vornehmen zu können: Im Modell können ganze Stadtteile aufgebaut, Schadstoffquellen an- oder abgeschaltet und Grün- oder Wasserflächen angelegt oder Gebäude abgerissen werden, ohne dass diese Eingriffe wirklich vorgenommen werden müssen. Eventuelle negative Folgen für das Klima können erkannt werden, bevor irreparabler Schaden entsteht.

Modellsimulationen sind ihrem Charakter nach grundsätzlich Einzelfallstudien zu bestimmten Wetterlagen, die nach den Fragestellungen der Untersuchung ausgewählt werden. Ihre Ergebnisse gelten deshalb zunächst einmal nur für die angenommenen Bedingungen. Wie weit sie verallgemeinerbar sind, muss in jedem Einzelfall überlegt und begründet werden. Oftmals ist es erforderlich, Modellrechnungen z.B. für mehrere Windrichtungen oder unterschiedliche Jahreszeiten durchzuführen.

Bei der Interpretation der Modellresultate sollte bedacht werden, dass Modellrechnungen gegenüber den real ablaufenden Vorgängen stets vereinfachend sind. Lokale Besonderheiten, die bei der Modellierung nicht erfasst werden, oder physikalische Zusammenhänge, die vom Modell nicht oder nur unzureichend berücksichtigt werden, können sich auch nicht in den Ergebnissen widerspiegeln. Modellergebnisse müssen daher stets auf ihre Plausibilität überprüft werden. Zur Untermauerung ihrer Glaubwürdigkeit sollten sie zudem, wo immer das möglich ist, mit Messergebnissen verglichen werden.

Mit der notwendigen Sorgfalt bei der Durchführung und Interpretation der Modellrechnungen jedoch wird das Klimamodell zu einer wertvollen Entscheidungshilfe für den Planer.

3.2 Das Stadtklimamodell MUKLIMO_3

3.2.1 Modellbeschreibung

Die meteorologisch-dynamischen Aspekte der Bebauung des Untersuchungsgebietes werden mit Hilfe des Klima-Modells MUKLIMO_3 (mikroskaliges urbanes Klimamodell, 3dimensionale Version; SIEVERS und ZDUNKOWSKI (1986); SIEVERS (1990 und 1995) untersucht, das speziell auf die Anwendung in Stadtgebieten zugeschnitten ist. Es handelt sich dabei um ein dreidimensionales Gitterpunktmodell für Einzelfallstudien, das in der Lage ist, charakteristische und besonders häufig auftretende atmosphärische Abläufe in einer kleinräumigen Skala über einen Zeitraum von mehreren Stunden zu simulieren.

Mit Hilfe dieses Modells können dreidimensional berechnet werden

- das Windfeld,
- das Lufttemperaturfeld,
- das atmosphärische Feuchtefeld,
- die Konzentrationen eines oder mehrerer Schadstoffe,
- die Temperatur im Erdboden,
- die Feuchte im Erdboden.

In versiegelten Bodenbereichen wird eine gewöhnliche Wärmeleitungsgleichung angewandt, während im unversiegelten Boden das gekoppelte Temperatur- und Feuchtemodell von SIEBERT u.a. (1992) zum Einsatz kommt.

Die Temperatur der Bodengrenzfläche wird – in Abhängigkeit von der auftreffenden kurz- und langwelligen Strahlung – aus dem Energieflussgleichgewicht am Boden errechnet. Die sich für versiegelte und unversiegelte Flächenanteile unterschiedlich ergebenden, vom Boden in die Atmosphäre gerichteten Energieflüsse werden dabei zu gewichteten Mittelwerten (entsprechend dem Versiegelungsgrad) zusammengefasst. Für unversiegelte Flächen ist pflanzlicher Bewuchs zugelassen. Die mathematische Behandlung dieser sog. Canopy-Layer orientiert sich an der bei PIELKE (1984) zu findenden Zusammenstellung.

Im Modell kann neben Einzelgebäuden auch unaufgelöste Bebauung modelliert werden. Die Modellvorstellung von Bebauung geht wesentlich über die Auffassung als aerodynamische Rauigkeit hinaus. Sie beruht stattdessen im Einklang mit GROSS (1989) auf der Ähnlichkeit der Luftströmung zwischen Gebäuden mit der Strömung eines Gases oder einer Flüssigkeit in einem porösen Medium. Dabei entsprechen die Räume zwischen den Gebäuden den Poren. Ihr mittlerer Anteil am Gesamtvolumen definiert demzufolge eine "Porosität" der Bebauung, die im Modell (gegebenenfalls auch höhenabhängig) für jede Zelle des numerischen Gitters vorgegeben wird. Die so modellierte Bebauung übt auf anströmende Luftmassen erzwungenermaßen einen Verdrängungseffekt aus, der umso stärker ist, je geringer die Porosität, d.h. je volumenfüllender die Bebauung ist. Unter Wahrung der Massenerhaltung besitzt die Strömung grundsätzlich drei Möglichkeiten zu reagieren. Dies sind

- seitliches Ausweichen und Umströmen der Bebauung,
- Ausweichen nach oben und Überströmen der Bebauung,
- Beschleunigung der Strömung beim Eintritt in die Bebauung.

Die Erfahrung zeigt, dass alle drei Effekte eine Rolle spielen. Neben der Strömungsverdrängung durch das Bauvolumen werden im Modell auch die bremsende Wirkung der Gebäudeoberflächen sowie die Turbulenzerzeugung infolge Bebauung durch geeignete Ansätze berücksichtigt.

3.2.2 Theoretische Grundlagen

Da das atmosphärische Geschehen natürlichen Gesetzmäßigkeiten unterliegt, beruhen Klimamodelle letztendlich auf grundlegenden physikalischen Prinzipien. Von Bedeutung sind insbesondere

- die Massenerhaltung,
- das Impulsgesetz (3. Newtonsches Axiom),
- die Energieerhaltung (erster Hauptsatz der Thermodynamik).

Für ein Kontinuum formuliert, nehmen diese Gesetze die Form von partiellen Differentialgleichungen an, die von erster Ordnung in der Zeit sind. Das bedeutet: Ist der Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt vollständig bekannt, so lässt sich allein aus dieser Kenntnis ihr Zustand zum nächstfolgenden und zu allen weiteren Zeitpunkten – wenigstens im Prinzip – beliebig genau vorhersagen. Tatsächlich entzieht sich jedoch die Atmosphäre einer solchen exakten Behandlung; nicht nur wegen der stets vorhandenen subjektiven Unkenntnis über den genauen Zustand, sondern vor allem wegen des turbulenten und damit chaotischen Verhaltens atmosphärischer Strömungen. Nötig und unvermeidlich ist daher eine Aufteilung der tatsächlich ablaufenden Vorgänge in skalige (vom Modell gelöste) und subskalige Prozesse, für die Parametrisierungen benötigt werden; das sind empirisch gefundene Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge.

In diesem Sinne wird die turbulente Durchmischung wie ein molekularer Austauschvorgang behandelt, der jedoch – in starkem Maße vom Zustand der Atmosphäre abhängig – im Allgemeinen um mehrere Zehnerpotenzen wirksamer ist. An den trotz Parametrisierungen immer noch recht komplizierten Gleichungen der Atmosphäre werden weitere Vereinfachungen vorgenommen, um störende und uninteressante Effekte, wie z. B. Schallwellen, zu unterdrücken.

Um von den vereinfachten atmosphärischen Gleichungen zu einem numerischen Modell zu gelangen, ist deren räumliche und zeitliche Diskretisierung notwendig. Bezüglich des Raumes wird der für die Simulation ausgewählte Modellbereich in quaderförmige Gitterzellen unterteilt, deren Abmessungen die Auflösung des Modells bestimmen: Je kleiner die Gitterzellen, desto mehr Details können erkannt werden, desto höher ist aber auch der numerische Aufwand.

Bei MUKLIMO_3 können die Gitterabstände ungleichförmig gewählt werden, so dass in besonders interessierenden Teilbereichen eine höhere Auflösung erreicht wird als beispielsweise in den weniger interessierenden Randbezirken. Zu jeder Gitterzelle gehört dann genau ein Wert einer jeden atmosphärischen Variablen (Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, Luftfeuchte), der als repräsentativ für die gesamte Zelle angesehen wird.

Zeitliche Diskretisierung, auf der anderen Seite, bedeutet, dass der atmosphärische Zustand nur zu bestimmten Zeitpunkten berechnet wird, die durch ein endliches Intervall - den Zeitschritt - voneinander getrennt sind.

Hand in Hand mit der Diskretisierung der Variablen geht die näherungsweise Ersetzung der in den atmosphärischen Grundgleichungen auftretenden Differenzialquotienten durch Differenzenquotienten mit der Folge, dass die ursprünglichen partiellen Differenzialgleichungen in (sehr umfangreiche) Systeme von Differenzengleichungen übergehen, für die geeignete numerische Lösungsverfahren bereitgestellt werden müssen.

Zur Vervollständigung des atmosphärischen Gleichungssystems gehört noch die Formulierung von Randbedingungen. Dabei ist wesentlich, dass die Ränder eines auf ein Teilvolumen der Atmosphäre beschränkten Modells keinen eigentlichen Abschluss bilden, sondern "offenen" Charakter haben: Durch sie können atmosphärische Eigenschaften hinein- und heraus transportiert werden; über die Ränder erfolgt die Kommunikation des inneren Modellbereichs mit der "Außenwelt".

MUKLIMO_3 unterscheidet zwischen Ein- und Ausströmbedingungen. An seitlichen Rändern mit Einströmung wird Homogenität, d.h. Unveränderlichkeit der atmosphärischen Variablen in der zum Rand senkrechten Richtung verlangt, an Einströmkanten Homogenität in beiden horizontalen Richtungen. Andererseits sollen die Ausströmbedingungen ein möglichst glattes Herausfließen der im Modellgebiet erzeugten Störungen des atmosphärischen Zustands ermöglichen. Daher wird an Rändern mit Ausströmung die schwächere Forderung nach Konstanz der räumlichen Ableitung in der zum Rand senkrechten Richtung erhoben. An der Modellobergrenze erfolgt die Ankopplung des inneren Modellgeschehens an die vorzuziehenden äußeren Bedingungen dergestalt, dass dort das zeitliche Verhalten der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und der horizontalen Windgeschwindigkeit nach Maßgabe der angenommenen atmosphärischen Verhältnisse vorgeschrieben wird. Die oberen Randwerte können z.B. von einem übergeordneten, gröberskaligen Modell geliefert werden.

Der Bodenrand hat in MUKLIMO_3 den Charakter einer Zwischengrenzfläche. Er ist luftundurchlässig, gestattet aber das Eindringen von Wärme und - jedenfalls in unversiegelten Bereichen - auch das Austreten von Feuchte. Der echte untere Rand des gesamten Modells befindet sich demgegenüber in 1 m Tiefe im Boden. Dort werden die Temperatur und der Wassergehalt fest vorgegeben.

Die Umwandlung von kurzwelliger Strahlung in Wärme sowie die langwellige Ausstrahlung erfolgen in MUKLIMO_3, ebenso wie in der Realität, nicht nur am Boden, sondern teilweise auch an den Gebäudewänden und Dächern, d.h. Strahlungsumsatz findet am Boden und an den Gebäudeoberflächen statt. Dabei wird die Verteilung der Strahlung auf die Wände und den Boden durch einen geeigneten, von der lokalen Bebauungsdichte der jeweiligen Gitterfläche abhängigen Ansatz berücksichtigt.

Die Wärmeleitung in die Wände und Dächer wird über ein lineares Gesetz erfasst und die Grenzflächentemperatur aus der Forderung nach einem Energieflussgleichgewicht ermittelt. In dieses Gleichgewicht geht auch die von den Wänden innerhalb eines numerischen Zeitschritts aufgenommene bzw. abgegebene Wärmemenge ein.

Am Boden verlagert sich der Strahlungsumsatz, wie auch die Verdunstung - je nach angenommener Vegetationsdichte - teilweise zum Bewuchs hin. Der von den Blättern verdunsteten Wassermenge steht ein entsprechend großer Feuchteentzug im Boden gegenüber.

Die für den Start von MUKLIMO_3 benötigten Anfangsbedingungen für die Windgeschwindigkeit, die Lufttemperatur und die Luftfeuchte werden mit Hilfe eines eindimensionalen Vorschaltmodells erzeugt, bei dem die atmosphärischen Variablen nur in vertikaler Richtung veränderlich, in der horizontalen aber konstant sind. Dieses Modell erstreckt sich bis in größere Höhen als MUKLIMO_3, hier etwa bis 2 km. Es wird für mehrere Stunden betrieben, bevor die dann "eingeschwungenen" Profile der atmosphärischen Variablen sowie der Bodentemperatur auf das dreidimensionale Gitter als Anfangswerte für die eigentliche Simulation übertragen werden.

3.2.3 Hinweise zur Strömungsversion ("numerischer Windkanal")

Für reine **Strömungsmodelle** sind insbesondere

- die Massenerhaltung und
- das Impulsgesetz (3. Newtonsches Axiom)

von Bedeutung. Ein wesentlicher Unterschied zur Thermodynamikversion des Modells MUKLIMO_3 ist somit, dass die Strömungsversion grundsätzlich eine neutrale Temperaturschichtung voraussetzt, d.h. nicht explizit den ersten Hauptsatz der Thermodynamik löst (vgl. Kap. 3.2.2). Die unterschiedlichen Flächennutzungen werden daher auch nicht nach ihren Energiebilanzen im Austausch mit der bodennahen Luftschicht und dem Boden, sondern allein nach ihren Rauigkeitseigenschaften unterschieden: Der echte untere Rand des Modells sind die Oberfläche des Bodens sowie die Außenwand- und Dachflächen der aufgelösten oder unaufgelösten Bebauung. Somit werden weder die Lufttemperatur noch die Luftfeuchte, sondern nur die Komponenten der Windgeschwindigkeit, ein Turbulenzmaß sowie ggf. Schadstoffkonzentrationen berechnet.

Ein weiterer Unterschied zur Thermodynamikversion besteht darin, dass nicht die Veränderung der Modellvariablen mit der Zeit prognostiziert werden, sondern dass für eine gegebene Modellkonfiguration die sich mit der Zeit nicht mehr ändernde, d.h. "stationäre" Lösung für das Wind-, Turbulenz- und ggf. Konzentrationsfeld berechnet wird. Hinsichtlich der seitlichen Modellränder gilt grundsätzlich das Gleiche wie für die Thermodynamikversion: Z.B. muss die Ankopplung des inneren Modellgeschehens an die vom "stationären" Strömungsmodell nicht erfassbare großräumige Strömungssituation an seitlichen Rändern mit Einströmung erfolgen. Das geschieht, indem dort als Einströmbedingung eine zeitlich konstante horizontale Windgeschwindigkeit nach Maßgabe der angenommenen synoptischen Verhältnisse fest vorgeschrieben wird. Gleiches gilt für die Modellobergrenze.

Insgesamt erlauben die Vereinfachungen gegenüber der Thermodynamikversion die Verwendung kleinerer Maschenweiten und damit höherer Auflösungen bei geringeren Rechenzeiten.

3.3 Das Windfeld in der Nähe von Einzelgebäuden

Geht man von einer großskaligen Betrachtungsweise, bei der die Wirkung städtischer Bebauung auf die Atmosphäre einer erhöhten Bodenrauigkeit (s. Glossar unter "Rauigkeitslänge") gleichkommt, zu einem lokalen Maßstab über, so verlieren die universellen Windgesetze ihre Gültigkeit. Bebauung führt nur im Mittel zu einer Verminderung der Windgeschwindigkeit. Denn statt eines horizontal homogenen und vertikal logarithmisch zunehmenden Windfeldes findet man auf den Straßen, Plätzen und Freiräumen eines bebauten Areals örtlich stark variierende Windverhältnisse, die zudem durch eine erhöhte Böigkeit gekennzeichnet sind. Bei der Umströmung von Gebäuden ist die Ausbildung von unterschiedlichen Strömungs- und Wirbelzonen zu beachten. Die Grundlagen für das Verständnis von Gebäudeumströmungen stammen aus der Strömungsmechanik:

Trifft die Luftströmung auf ein Hindernis, so wird sie gezwungen, dieses teils seitlich zu umströmen und teils zu überströmen. Dabei treten Windverstärkungen bis etwa zum 2.5fachen der ungestörten Anströmgeschwindigkeit an den seitlichen Gebäudeflanken und vor allem an den luvseitigen Kanten und oberhalb des Daches auf, während gleichzeitig die Entstehung einer windgeschützten Zone mit einer Wirbelzone in ihrem Kernbereich ("naher Nachlaufbereich") auf der Leeseite des Gebäudes zu beobachten ist (sog. "Leewirbel" oder "cavity zone", vgl. Abb. 3.3-1). In diesem sogenannten "Nachlaufbereich" auf der Leeseite des Gebäudes wird zwar die mittlere Windgeschwindigkeit verringert, die Turbulenz des Windes aber – relativ zum unbebauten Zustand – stark erhöht. Im Zuge der Umströmung von exponierten Gebäudekanten sind diese Zonen verstärkter Turbulenz besonders ausgeprägt. Auf der Luvseite des Gebäudes bildet sich aufgrund des erhöhten Druckes ein Frontwirbelsystem aus, das am Boden eine gegen die Anströmung gerichtete Strömungsrichtung aufweist (sog. "Luvwirbel"). Wie stark die Ausprägungen dieser Strömungszonen ist, hängt von der Gebäudehöhe und von der Orientierung der Gebäudeachsen zur Hauptanströmrichtung – dem "effektiven Grundriss" – sowie vom Turbulenzzustand der anströmenden Luft ab; dieser Turbulenzzustand ist i.W. durch die Strömungsgeschwindigkeit und vertikale Temperaturschichtung der Luft bestimmt.

Sind statt eines Einzelgebäudes Arrangements mehrerer Gebäude zu betrachten, so werden die Verhältnisse komplizierter, denn örtliche Windextreme werden stark durch die Umgebung (Geländeform, hohe Vegetation, Anordnung und Struktur von Nachbarbebauung) beeinflusst. Da verschiedene Gebäude miteinander "interferieren", gibt es Anordnungen, die windverstärkend wirken. Im Bereich von Bebauung sind zudem Kanalisierungs-, Lücken- und Umlenkeffekte sowie düsenartig verstärkte Strömungen in sich verengenden Durchgängen beobachtbar. Eine wichtige Schlussfolgerung ist, dass die für ein bestimmtes Bauwerk beobachtete Windverteilung für dasselbe Bauwerk in anderer Umgebung keine Gültigkeit mehr haben muss.

Obwohl Einzeluntersuchungen durchaus existieren und gewisse Grundmuster des Strömungsverhaltens bei z.B. quaderförmiger Bebauung verschiedener Längen-, Breiten- und Höhenverhältnisse bekannt sind, erscheint es kaum möglich, für alle Fälle gültige Regeln aufzustellen. Das geeignete Instrument für die Untersuchung von Windfeldern im Bereich von Bebauung war früher ausschließlich der Windkanal. Seit einiger Zeit sind aber auch mathematisch-physikalische Modelle der Atmosphäre so weit entwickelt worden, dass aussagekräftige numerische Simulationen im Bereich von Bebauung möglich geworden sind (s. z.B. RÖCKLE, R. und C.-J. RICHTER, 1995). Ein Beispiel dafür ist das Modell MUKLIMO_3 (SIEVERS, 1995, s. Kap. 3.2.3).

3.4 Sommerliche Schwachwindsituation

3.4.1 Modellierung des Untersuchungsgebietes

Zur Modellierung des Untersuchungsgebietes wurden folgende Unterlagen, die von Seiten des Auftraggebers bereitgestellt wurden, herangezogen:

- a) eine Karte der Nutzungstypen im Bereich Hammfeld II im Maßstab 1 : 5000 mit eingetragenen Bezugspunkten und Gauß-Krüger-Koordinatenangaben (Bearbeitung: Institut für Vegetationskunde, Ökologie und Raumplanung (IVÖR), Düsseldorf, Stand: 01.10.1999);
- b) eine Graustufenkarte im vermutlichen Maßstab 1 : 5000, d.h. bezüglich einer Fläche von ca. 2,5 km x 2,2 km um Rennbahn und Planungsgebiet (ohne Koordinaten, Stand unbekannt, erhalten am 15.11.2002);
- c) eine Gebäudeumrisskarte zur Beschreibung der vorhandenen Bebauung mit Gauß-Krüger-Koordinatennetz, teilweise mit Geschossangaben, Gebiet: Rechtswert (RW) 2548,2 km, Hochwert (HW) 5673,1 km (untere linke Ecke) bis RW 2550,8 km, HW 5675,3 km (obere rechte Ecke), Maßstab 1 : 2000 (Stand unbekannt, erhalten am 10.12.2002);
- d) ein Entwurf des Bebauungsplans Nr. 431 "Hammfeld II – Ost" mit Umrissen der geplanten Baufelder und eingetragenen Bezugspunkten und Gauß-Krüger-Koordinatenangaben, Variante: "Erschließung über zwei Baustraßen" (Maßstab 1 : 1000, Stand: 28.11.2002);
- e) ein Entwurf des Bebauungsplans Nr. 431 "Hammfeld II – Ost": "Lage der Baukörper"; mit Geschossanzahlen der geplanten Gebäude und zweier Bezugspunkte mit Gauß-Krüger-Koordinatenangaben (angegebener Maßstab: 1 : 2500, Stand: 08.04.2003) sowie
- f) ein Luftbild (s. Abb. 2.2) und Modellansichten geplanter Gebäude auf einer CD-ROM "Entwurf BP Nr. 431 Hammfeld II, Stand: 29.07.2002".

Hinsichtlich der Kartenunterlage e) stellte sich im Zuge der Modellierung des Soll-Zustandes für die Windfeldberechnungen (vgl. Kap. 3.2.3) im Vergleich zu den Koordinatenangaben der sonstigen Karten heraus, dass die Koordinaten der mitgelieferten Bezugspunkte (RW ²⁵50331,8 m, HW ⁵⁶74592,8 m bzw. RW ²⁵49968,1 m, HW ⁵⁶73949,3 m) eine Verschiebung um ca. 207 m in west-östlicher und um ca. 55 m in nord-südlicher Richtung aufwiesen. Die Koordinaten der Bezugspunkte wurden daher auf die Werte RW ²⁵50124,5 m, HW ⁵⁶74538,6 m bzw. RW ²⁵49761,1 m, HW ⁵⁶73894,2 m korrigiert.

Der innere Bereich des Modellgebiets für die Berechnung von Wind und Lufttemperatur umfasst den in der Abbildung 2.2 gezeigten Bereich der Stadt Neuss. Um für ostnordöstliche bzw. ostsüdöstliche Anströmungen vom Plangebiet aus gesehen in Luv- und Lee-Richtung hinreichende Distanz zum Modellrand zu gewährleisten, reicht das Modellgebiet im Osten bis über den Rhein, im Süden bis über den Südrand der Flur "Am Kanal". Im Westen umfasst es den wesentlichen Teil der Innenstadt und im Norden etwa die südliche Hälfte des Hafens. Insgesamt umfasst das Modellgebiet eine Fläche von ca. 3,0 km x 2,6 km. Die Konzeption des horizontalen und vertikalen kartesischen Modellgitters orientiert sich an den Hauptachsen der geplanten Baufelder (Karte "d") und der Geschossanzahl der geplanten und bereits vorhandenen Bebauung: Dementsprechend ist die y-Achse des rechtwinkligen Horizontalgitters um 6,5° im Uhrzeigersinn gegen die Nordrichtung des verwendeten Gauß-Krüger-Koordinatensystems gedreht.

Insgesamt wird das innere Modellgebiet in 60×49 horizontale Gitterzellen unterteilt, deren Abmessungen über dem Plangebiet zumeist 30 m bis 40 m, außerhalb bis 50 m betragen; die höchste Flächenauflösung mit bis zu $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ wird im Bereich des für die Bebauungen der Planungsmaßnahme vorgesehenen Areals erreicht. Zu den Rändern des inneren Modellgebietes hin werden die Gitterabstände bis auf 100 m gestreckt. Hinzu kommen am östlichen und nördlichen "numerischen" Modellrand jeweils fünf (in den Abb. 3.4-1 bzw. 3.4-2 nicht gezeigte), am westlichen und südlichen Modellrand jeweils vier 100 m bis 200 m breite Zellreihen, um den Umlandeinfluss zu berücksichtigen: Damit ergibt sich eine Gesamtanzahl von 69×58 Elementarflächen des Horizontalgitters.

In vertikaler Richtung werden die untersten 300 m der Atmosphäre erfasst. Sie sind in 17 Niveaus mit nach oben anwachsenden Abständen unterteilt. Das Vertikalgitter ist so konzipiert, dass der unterste Abschnitt mit einer Abmessung von 4 m besetzt wird und die Höhen der vorhandenen und geplanten Bebauung (s. Kap. 2) mit häufig 2 bis 4 bzw. 6 und 10 Geschossen mit Gitterhöhen von 8 m, 12 m sowie 17 m bzw. 23 m und 37 m abgebildet werden können. Als Umrechnung von den gegebenen Stockwerksanzahlen i_{Stw} in Gebäudehöhen h wurde die Gleichung " $h = (i_{\text{Stw}} - 1) \cdot 3.5 \text{ m} + 5 \text{ m}$ " verwendet. Da die Rechenflächen des Modells sich jeweils in Zellmitte befinden, liegt das unterste atmosphärische Niveau des Modells in 2 m Höhe über Grund und bildet damit eine wesentliche Standardmesshöhe des meteorologischen Bodenmessnetzes ab.

Das Modellgebiet wird als eben und auf einer mittleren Höhe von 40 m ü.NN liegend angesehen. Damit wird auf eine Modellierung tatsächlich vorkommender geringer Geländeerhebungen oder -vertiefungen (z.B. Dammführungen der BAB A57, Uferböschung des Rheins) verzichtet. Zudem lässt eine Modellierung des Ist- und Soll-Zustandes auf ebenem Gelände eine Überbetonung und damit eine eher "konservative" Abschätzung der klimatischen Auswirkungen der geplanten Bebauung erwarten. Gleiches gilt für eventuell zu niedrig modellierte Gebäudehöhen der auf der Planfläche "Hammfeld II" und ihrer Umgebung bereits vorhandenen Bebauung (teilweise in der Unterlage c) nicht explizit angegebene Gebäudehöhen).

Die Modellierung der derzeitigen Flächennutzung (**Ist-Zustand**) des Untersuchungsgebiets ist in der Abbildung 3.4-1 gezeigt. Für eine möglichst realistische Beschreibung der luvseitigen Anströmbedingungen wurde dabei nur die direkt östlich an das Plangebiet angrenzende Großformbebauung des Rheinpark-Centers entlang des Willy-Brandt-Rings als "aufgelöste Bebauung" modelliert. Ihre wesentliche Grundriss-Struktur wurde den Unterlagen b) und c) entnommen sowie mit Hilfe der Unterlage f) die Gebäudehöhen anhand ihres Schattens unter Verwendung der Schattenlänge als bekannt vorausgesetzter Gebäudehöhen abgeschätzt. In gleicher Weise wurde zur Modellierung der teilweise in der Unterlage c) nicht explizit angegebenen Gebäudehöhen vorgegangen (s.o.). Darüber hinaus gestattet die Gesamtausdehnung des Modellgebiets und die Komplexität seiner Bebauung die Modellierung der Bebauung grundsätzlich nur nach dem Prinzip des "porösen Mediums". Um dabei die bebauten Flächen und die sonstigen wesentlichen Flächennutzungen des Stadtteils generalisierend zu beschreiben, wurde hauptsächlich die Kartenunterlage a) herangezogen. Die darin als "Großbaustelle" angegebene Fläche Ecke Stresemannallee/ Hammfelddamm wurde dabei für den Ist-Zustand als bereits "bebaut" angenommen.

Bei der "unaufgelösten Bebauung" wird zwischen den Bebauungstypen "Dorfkern und Einfamilienhäuser", "Reihenhäuser", "Zeilenbebauung", "Blockbebauung", "Citybebauung" sowie

"Gewerbe- und Industriebebauung" unterschieden. Diese Klassifizierung orientiert sich an den in BMBau (1980) eingeführten Siedlungstypen, welche sich im Modell nicht nur durch die Bebauungsdichte und die Dachhöhenverteilung, sondern auch durch den Versiegelungsgrad unterscheiden. Welche Teilfläche welchem Bauungstyp zuzuordnen ist, wurde anhand des zur Verfügung gestellten Kartenmaterials festgelegt. Die Modellparameter für die jeweiligen Siedlungstypen wurden aus den in BMBau (1980) zu findenden Datenprofilen ermittelt.

Außer der Bebauung wurden im Untersuchungsgebiet auch versiegelte oder begrünte "Freiflächen" (inklusive Sportanlagen), teilweise baumbestandene Parkflächen sowie Straßen und Gleisanlagen modelliert. Da die einzelnen Oberflächenarten die Elementarflächen des Modells oft nicht immer vollständig überdecken, werden auch Mischflächen mit anteiligen Flächenbelegungen modelliert. Insbesondere längs ausgewählter Straßen (vgl. die schwarzen Linien in Abb. 3.4-1) wurden partielle Straßenanteile berücksichtigt ("Straßenverkehrsflächen", s. Kartenunterlage a)): Für die Elementarflächen, die von diesen Straßen durchschnitten werden, wurde der Straßenanteil aus Breite und Abschnittslänge ermittelt und die zuvor modellierte Bebauung bzw. der Bewuchs um den zugeordneten Prozentanteil reduziert. Gleichzeitig wurde der Versiegelungsgrad entsprechend erhöht.

Für die Berechnungen zum **Soll-Zustand** erlaubt der Bereich der höchsten Gitterauflösung (s.o.), i.W. die einzelnen Baufelder der geplanten Bebauung darzustellen (Abb. 3.4-2). Entsprechend den vom Auftraggeber gemachten Angaben wurden im Modell die Baufelder als Bereiche mit "unaufgelöster" Bebauung mit einem Versiegelungsgrad von 80 %, einer Grundflächenzahl von etwa 0,5 sowie mit den geplanten 6- und 10-geschossigen Gebäudehöhen beschrieben. Zusätzlich wurde die geplante Freiflächenstruktur im Zentrum des Plangebietes mit den Eigenschaften eines Stadtparks (s. Kap. 2) und die geplanten Straßen mit anteiliger Versiegelung modelliert.

Darüber hinaus bleibt grundsätzlich festzustellen, dass man in Anbetracht der vorgenommenen Modellierung des Untersuchungsgebiets sicher der Meinung sein kann, dass das eine oder andere Teilgebiet noch besser untergliedert werden müsste oder dass der eine oder andere Modellparameter auf einer bestimmten Elementarfläche einen etwas anderen Wert haben sollte. Ganz abgesehen von den praktischen Schwierigkeiten einer exakteren Bestandserhebung wäre dem entgegenzuhalten, dass die klimatischen Verhältnisse in einer Fläche von der Größe des vorliegenden Untersuchungsgebiets mehr durch die grundsätzliche Verteilung von Park- und Grünflächen sowie dichter und weniger dichter Bebauung bestimmt werden als von exakten Eigenschaften kleinerer Teilflächen. Auch sollte nicht aus den Augen verloren werden, dass das Hauptziel der Untersuchung die Aufzeigung von klimatischen Folgeerscheinungen ist, die im Wesentlichen durch Bauungsänderungen verursacht werden. Die Unterschiede werden letztlich durch Differenzbildung aus den Resultaten verschiedener Modellvarianten herausgearbeitet. Dabei heben die Einflüsse einer nicht ganz exakten, in beiden Modellvarianten aber gleichen Modellierung der Umgebung sich im Wesentlichen gegenseitig auf, d.h. sie spielen keine entscheidende Rolle.

3.4.2 Meteorologische Rahmenbedingungen

Die für die Modellrechnungen ausgewählten Wetterlagen repräsentieren sommerliche Hochdrucklagen mit schwachen Winden aus ostnordöstlichen bzw. ostsüdöstlichen Richtungen. Die genannten Anströmrichtungen wurden gewählt, weil zum einen Ostnordost ("60

Grad") vom Plangebiet aus die direkte Anströmrichtung über die Rennbahn zum östlichen Bebauungsrand der Innenstadt ist und weil zum anderen Ostsüdost ("120 Grad") bei solchen Wetterlagen eine häufige Windrichtung über dem Gebiet "Hammfeld II" darstellt (vgl. DWD 1993, ebd. Abb. 4). Die tageszeitabhängige Sonnenstrahlung wurde mit 2/8 Bewölkung bei mittleren Sichtverhältnissen entsprechend der Sonnenbahn des 30. Juli berechnet. Dieser Termin repräsentiert die Monate Juli und August, die im Raum Neuss/Düsseldorf die Jahreszeit mit den meisten schwachwindigen Strahlungswetterlagen darstellen. Der vertikale Verlauf der Windgeschwindigkeit wurde im eindimensionalen Vorschaltmodell entsprechend einem Bodenwind von 2,0 m/s in 10 m über Grund – bei stabiler Temperaturschichtung – vorgegeben. Die Struktur des anfänglichen Temperaturprofils des eindimensionalen Modells, d.h. der für das Neusser Umland gültigen "Hintergrundatmosphäre", weist morgens um 05 Uhr MEZ eine Bodeninversion bis ca. 550 m über Grund auf. Dabei wurden die Temperaturen an der Ober- und Untergrenze der Inversion so gewählt, dass mit ca. 15 K Temperaturdifferenz zwischen Maximum und Minimum ein typischer Tagesgang der Lufttemperatur in etwa 2 m über Grund eines Hochsommertages erwartet werden konnte: Um 15 Uhr MEZ erreicht die Lufttemperatur in freiem Gelände (am sogenannten "Einströmrand") in 2 m über Grund 26,0 °C, um 21 Uhr sinkt die Lufttemperatur auf 18,6 °C und um etwa 3 Uhr MEZ auf 11,3 °C ab. Um 9 Uhr am nächsten Morgen erreicht sie 19,9 °C.

Die dreidimensionalen Simulationen umfassen eine Zeitspanne von insgesamt 19 Stunden. Sie beginnen um 14 Uhr und enden um 9 Uhr MEZ des Folgetages. Zur Erzeugung "eingeschwungener" Anfangsprofile ist zuvor das eindimensionale Vorschaltmodell für 57 Stunden gelaufen (ab 05 Uhr MEZ zwei volle Tagesgänge plus 9 Stunden).

Für die Simulationen mit Thermodynamik sind Annahmen bezüglich der thermischen Eigenschaften des Untergrundes und der Baumaterialien erforderlich. So wurde angenommen, dass die unversiegelten Flächenanteile des Erdbodens aus sandigem Lehm bestehen, der je nach Oberfläche mit unterschiedlich hoher und dichter Vegetation bedeckt ist. Die thermischen Eigenschaften der versiegelten Flächen dagegen entsprechen denen von Beton. Den Wänden und Dächern der aufgelösten Bebauung wird eine plausible Wärmedurchgangszahl (sogenannter k-Wert) von $1,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ zugeordnet. Zusätzlich wird angenommen, dass die Dächer und der Erdboden die auftreffende Sonnenstrahlung zu 80 % absorbieren. Die Gebäuwände sind demgegenüber im Modell etwas heller. Sie absorbieren nur 70 %, reflektieren aber 30 % der kurzwelligen Strahlung. Die Temperatur der Wasserflächen wurde mit konstant 20 °C angenommen.

Da die jeweiligen Modellläufe für den Ist- und Soll-Zustand jeweils denselben Rand- und Anfangsbedingungen unterliegen, sind Unterschiede in den Modellresultaten auf die unterschiedlichen Gegebenheiten im Inneren des Modellgebiets zurückzuführen. Die Differenzen in den Feldern für Wind und Lufttemperatur spiegeln daher die klimatischen Auswirkungen der Planungsmaßnahme wider. Zur besseren Orientierung und Interpretierbarkeit der Modellergebnisse sind in den Abbildungen 3.4-3a bis 3.4-10c die Areale mit "unaufgelöster Bebauung" in Form von Umrangungslinien ihrer zugehörigen Gitterelementarflächen sowie die "aufgelöste Bebauung" mit ihrer modellierten Grundfläche wiedergegeben.

3.4.3 Der Wärmeinselindex

Seit langem ist bekannt, dass städtische Siedlungen – vor allem in den Abend- und Nachtstunden – höhere Lufttemperaturen aufweisen als ihre ländliche Umgebung ("städtische Wärmeinsel"; HANN, 1885). In einem näherungsweise ebenen Untersuchungsgebiet kann dieser Zusammenhang genutzt werden, um die zuvor ermittelten Auswirkungen von Baumaßnahmen auf die Verteilung der Lufttemperatur in einem Untersuchungsgebiet flächenhaft zu klassifizieren.

Man teilt dazu die Flächen des Untersuchungsgebietes in "Wärmeinsel-Klassen" ein, die anhand einer gegebenen (gemessenen oder errechneten) Temperaturverteilung identifiziert werden. Dabei erscheint es zweckmäßig, sich auf die drei Klassen

- ausgeprägte Wärmeinsel
- schwache Wärmeinsel und Übergangsbereiche
- kein Wärmeinseleffekt

zu beschränken. Erfahrungsgemäß korrespondieren sie zu den Siedlungsklassen "dichte Bebauung", "lockere Bebauung und Übergangsbereiche" sowie "Freiland".

Für die Klasseneinteilung werden zunächst aus der Karte der Temperaturverteilung zwei für die Klassen "ausgeprägte Wärmeinsel" (Siedlung) und "kein Wärmeinseleffekt" (Freiland) repräsentative Werte T_S und T_F bestimmt und sodann für jedes Flächenelement die Differenz seiner Temperatur T zur Freilandtemperatur T_F in Relation zur Differenz $\Delta_{S-F}=T_S-T_F$ gesetzt. Das resultierende Verhältnis

$$f_{\Delta T} := (T - T_F) / (T_S - T_F)$$

erlaubt die Klassifizierung¹⁾ des Flächenelements: Werte um Null (d.h. $T \approx T_F$) sind typisch für Freiflächen – also fehlenden Wärmeinseleffekt –, Werte um Eins ($T \approx T_S$) gehören zu einem ausgeprägten Wärmeinseleffekt korrespondierend zu dichter Bebauung. Für die konkrete Abgrenzung der Klassen gibt es keine zwingenden Werte. Im vorliegenden Gutachten wurde die plausible Einteilung

$$\begin{aligned} f_{\Delta T} \geq 1 - 1/e & : \text{ ausgeprägter Wärmeinseleffekt} \\ 1 - 1/e > f_{\Delta T} > 1/e & : \text{ schwacher Wärmeinseleffekt und Übergangsbereiche} \\ f_{\Delta T} \leq 1/e & : \text{ kein Wärmeinseleffekt} \end{aligned}$$

gewählt. Dabei ist "e" die in Zusammenhang mit physikalischen Abklingprozessen wichtige "Eulersche Zahl" mit dem Wert $e \approx 2.718$ bzw. $1/e \approx 36.8 \%$.

¹⁾ Die Klassifizierung erfolgt hier zur **wertenden Beschreibung** des städtischen Wärmeinseleffektes um die **Lufttemperatur** nicht nur als klassisches, wertfreies Charakteristikum einer Klimaanalyse zu betrachten. Zur wertenden Beschreibung der Wärmebelastung des Menschen wäre jedoch eine biometeorologische Bewertung der Lufttemperatur-, Wind- und Strahlungsfelder bezüglich der thermischen Komponente des Bioklimas erforderlich (JENDRITZKY u.a., 1990). Eine solche thermophysiological relevante Analyse der vorliegenden Modellergebnisse, z.B. mit dem Klima-Michel-Modell (VDI-Richtlinie 3787, Bl.2), ist jedoch im Rahmen dieses Gutachtens nicht vorgesehen.

Für den Vergleich zweier Temperaturverteilungen für unterschiedliche Zustände (z.B. Ist- und Soll-Zustand) eines Untersuchungsgebiets werden diesen drei Klassen Indexwerte IW (Index für den Wärmeineffekt) zugeordnet. Die möglichen Kombinationen für den Übergang "Ist zu Soll" ergeben 9 Änderungsklassen, die – in Farbtöne umgesetzt – eine prägnante flächenhafte Darstellung der Unterschiede zwischen Soll- und Ist-Zustand ermöglichen und somit die Auswirkungen der geplanten Baumaßnahmen widerspiegeln.

So gewonnene Darstellungen sind a priori wertfrei: Die Einstufung einer festgestellten Änderung als "wünschenswert" oder "unerwünscht" kann nur im Rahmen einer Bewertung der derzeitigen klimatischen Situation erfolgen. Sie sind auch nicht in jedem Fall als Grundlage einer Bewertung ausreichend. Es kann nämlich sein, dass unerwünschte Folgen aus der Darstellung heraus nicht erkannt werden. So könnte z.B. ein gerade noch tolerierbarer Wärmeineffekt als Folge einer Planung unerträglich werden, wohingegen das Farbraster lediglich "ausgeprägter Wärmeineffekt (bleibt)", d.h. "keine Änderung", anzeigt. Ergänzend zur "Indexauswertung der Lufttemperatur" ist daher für eine Bewertung der Ergebnisse (s. Kap. 4.2) eine exemplarische Betrachtung der simulierten Temperaturänderungen zwischen Soll- und Ist-Zustand (i.A. zum 15-Uhr- und 3-Uhr-Termin, in Stadtrandlagen meist auch zum 21-Uhr-Termin, s. Kap. 3.4.4.2) im Hinblick auf klimatische Kennwerte zum Wärmeineffekt des Untersuchungsgebietes erforderlich.

3.4.4 Ergebnisse

3.4.4.1 Simulationen für den Ist-Zustand (Referenzzustand)

In den Abbildungen 3.4-3a bis 3.4-3d bzw. 3.4-4a bis 3.4-4c sind für die Anströmungen aus Ostnordost (60 Grad) bzw. Ostsüdost (120 Grad) – jeweils für die Zeitpunkte 15 Uhr, 21 Uhr, 3 Uhr und 9 Uhr MEZ und für 2 m über Grund – die Modellergebnisse für das Feld der Lufttemperatur als Farbraster und darüber das Windfeld in Form von Pfeilen dargestellt (zur besseren Übersicht nur jeder zweite). Die Temperaturen sind zu „Klassen“ zusammengefasst, die i.A. (bis auf die unterste) eine Breite von 0,5 K umfassen. Die ausgewählten Zeitpunkte korrespondieren für einen typischen Strahlungstag etwa mit der Zeit der stärksten Erwärmung (15 Uhr), dem Zeitraum der maximalen flächennutzungsabhängigen Differenzierung der Lufttemperatur in Stadtrandlagen nach Beginn der Abkühlung (21 Uhr) und während nächtlicher, noch fortschreitender Abkühlung (3 Uhr) bzw. mit der bereits begonnenen neuerlichen Erwärmung (9 Uhr).

Ostnordost-Anströmung

Die Abbildung 3.4-3a zeigt die für Ostnordost-Anströmung berechneten **Lufttemperatur- und Windfelder** in 2 m über Grund um **15 Uhr**. Deutlich heben sich die dicht bebauten Bereiche der Neusser Innenstadt und des Hafens sowie des Rheinpark-Centers mit um ca. 4 K höheren Temperaturen zwischen 29,0 °C und bis 30,0 °C von ihrer Umgebung ab: Über den Rheinauen stellt sich im Wesentlichen die Temperaturklasse "25,0 bis 26,0 °C" ein, die auch über den noch hinreichend ausgedehnten Grünflächen der Rennbahn und der Planfläche Hammfeld II erreicht wird und so im Untersuchungsgebiet die Separation der eingangs genannten Wärmeinseln markiert. Deren "Hot Spots" weisen sich mit der Temperaturklasse "30,0 bis 30,5 °C" in der Kernzone der Innenstadt, im Industriegebiet zwischen den Hafenbecken II und III sowie im luvseitigen Stau der riegelnden Bebauung des Rheinpark-Centers aus. Die

Bereiche der geringer versiegelten bzw. weniger dichten Bebauung des östlichen Innenstadtrandes in Höhe der Rennbahn und im Hammfeld II weisen recht einheitlich die Temperaturklasse "28,5 bis 29,0 °C" auf. Im Hammfeld I zeigt sich dabei ein relativ markanter, um ca. 1 K wärmerer "Hot Spot" im Bereich einer Schule mit den Temperaturen zwischen 29,0 °C und bis 30,0 °C.

Dabei ist zu beachten, dass das Prinzip der "unaufgelösten Bebauung" zwar die Berechnung für die jeweilige Bebauung typischer, aber mittlerer und damit eher einheitlicher Lufttemperatur- und Windverhältnisse ermöglicht. Tatsächlich kann die Lufttemperatur, je nach konkreter Besonnung, örtlich um einige Kelvin von den berechneten Werten abweichen. Ebenso kann die Windgeschwindigkeit vor Ort Verstärkungen und Abschwächungen aufweisen, die im Zuge von nicht aufgelösten Eckenumströmungen und Kanalisierungen bzw. in Leebereichen entstehen.

Über den Freiflächen der Rheinauen und der Rennbahn setzt sich im Wesentlichen die ost-nordöstliche Richtung der freien Anströmung durch. Damit wird z.B. von den Grünflächen der Rennbahn kühlere Luft in die angrenzenden Ränder der Innenstadtbebauung transportiert, so dass sich etwa 100 bis 200 m tiefe Übergangszonen, ausgewiesen durch die Temperaturklassen von über 27,0 bis 28,0 °C, ausbilden. Da das atmosphärische Geschehen zu diesem Zeitpunkt besonders von Konvektion und damit auch von Böigkeit geprägt ist, weist der Tagesgang der bodennahen Windgeschwindigkeit seine höchsten Werte auf: Der für die Freiflächen in 2 m über Grund typische Wert beträgt 1,5 m/s (V_F , s. Tab. 3.4-1). Infolge der vertikalen Durchmischung ergibt sich zu diesem Zeitpunkt aber insgesamt eine eher von der Flächennutzung abhängige Erwärmung "vor Ort". Als flächennutzungstypische Lufttemperaturen in den bebauten Arealen und über der Rennbahn – als einer noch hinreichend großen, freien Grünfläche in Stadtrandlage – sowie der Rheinauen im Südosten des Untersuchungsgebietes – als durch Bebauung nahezu unbeeinflusste "Grünflächen des Umlandes" – werden die Werte 29,2 °C bzw. jeweils 25,5 °C gewählt (s. in Tab. 3.4-1 die Werte T_S und T_F bzw. T_U , vgl. hierzu auch Kap. 3.4.3). Als typische Spannen der Lufttemperatur zwischen der Innenstadt und den Grünflächen im Stadtrandbereich des zentralen Untersuchungsgebietes bzw. zum Umland ergeben sich damit jeweils 3,7 K (Tab. 3.4-1, s. Spalten " Δ_{S-F} " u. " Δ_{S-U} ").

Um **21 Uhr** (Abb. 3.4-3b) zeigt das Feld der Lufttemperatur mit der bereits begonnenen Stabilisierung der bodennahen Luftschichten und der damit bedingten geringeren vertikalen Durchmischung einen stärkeren horizontalen Transport von Wärme, erkennbar an dem leeseitigen Ausgreifen der den bebauten Bereichen zuzuordnenden Temperaturklassen von mehr als 23,5 °C. Das Plangebiet und die luvseitige Hälfte der Rennbahn weist demgegenüber Lufttemperaturen der nächstniedrigeren Klasse mit Werten über 23,0 °C auf. Entlang des südwestlichen, leeseitigen Randes der Rennbahn und teilweise im Stadtgarten wird nur noch die Temperaturklasse "22,5 bis 23,0 °C" erreicht, während die Kernzonen der Bebauung die Temperaturen von mehr als 25,0 bis 26,0 °C aufweisen – mit ähnlicher Verteilung der "Hot Spots" wie zum 15-Uhr-Termin. Entsprechend den berücksichtigten unterschiedlichen Bebauungsdichten östlich des Rheins (s. Kap. 3.4.1) ergibt sich über den Rheinauen jetzt ein stärker differenziertes Feld der Lufttemperatur: Die niedrigste Temperaturklasse ("mehr als 19,0 bis 20,0 °C") mit einem Minimum von 19,4 °C findet sich über den Grünflächen ohne direkte Beeinflussung durch Bebauung im Südosten des Modellgebiets, während zwischen dem Ostrand des Rheinpark-Centers an der Rheinallee und der Ortslage Hamm ein noch um etwa 2 K höheres Temperaturniveau herrscht.

Die Stabilisierung der bodennahen Temperaturschichtung bewirkt bereits eine stellenweise Abkopplung der bodennahen Luftströmung von der Höhenströmung: So sind eine

- stärkere Kanalisierung der ostnordöstlichen Anströmung über den Rheinauen in Höhe des Rheinpark-Centers und über dem Plangebiet durch eine mehr nördliche Strömung sowie die bereits einsetzenden
- Temperatenausgleichsströmungen²⁾ durch wechselnde Windrichtungen im Bereich der Bebauung westlich der Rheinallee und entlang des Ostrand des Hammfeld I durch mehr östliche Strömungsrichtungen als "Flurwinde"

zu erkennen. Dementsprechend nimmt z.B. die Lufttemperatur über dem südlichen Hammfeld I von seinem Ost- bis zum Westrand um etwa 1 K zu. Insgesamt setzt sich die ostnordöstliche Anströmrichtung über den Freiflächen der Rennbahn und der sonstigen Rheinauen aber noch durch. Mit 1,1 m/s weist die Freiflächenströmung gegenüber dem 15-Uhr-Termin ein um etwa 0,4 m/s geringeres Niveau der Windgeschwindigkeit aus (V_F , s. Tab. 3.4-1). Die flächennutzungstypischen Lufttemperaturen werden jetzt mit $T_S=25,0$ °C und $T_F=20,5$ °C (Rennbahn) bzw. $T_U=19,7$ °C (Rheinauen im Südosten) festgelegt (s. Tab. 3.4-1). Als flächennutzungstypische Differenzierung der Lufttemperatur ergeben sich somit bzgl. des zentralen Untersuchungsgebietes $\Delta_{S-F}=4,5$ K und bzgl. des Umlandes $\Delta_{S-U}=5,3$ K.

Um **3 Uhr** MEZ (Abb. 3.4-3c) ist die Abkühlung weiter vorangeschritten: Die Temperaturen sind auf Maximalwerte von nur noch bis zu 19,9 °C abgesunken. Relativ hohe Lufttemperaturen werden in den thermischen Kernzonen der Innenstadtbebauung sowie der Industriebebauung des Hafens mit Werten über 19,0 °C erreicht. Die Maximalwerte sind im Wesentlichen – mit Ausnahme des durch seine Randlage geprägten Rheinpark-Centers, wo die Temperaturen um eine Klasse tiefer liegen – über den gleichen Flächen wie zum 15- und 21-Uhr-Termin zu finden. Die Rennbahn zeigt sich mit gegenüber dem 21-Uhr-Termin auf maximal 17,0 °C abgekühlte Lufttemperaturen als eigenbürtiges Abkühlungsregime. Das schließt den Übergang zu den Grünflächen des Rosen- und Stadtgartens mit ein, wo die Temperaturklasse "über 16,0 bis 16,5 °C" angetroffen wird. Die im Verhältnis zur Rennbahn in nord-südlicher Richtung weniger ausgedehnte und luvseitig von dichter Bebauung umgebende Planfläche Hammfeld II weist demgegenüber um etwa 0,5 K höhere Temperaturwerte zwischen 17,0 bis 17,5 °C auf. Über den Rheinauen liegen die Lufttemperaturen im Wesentlichen zwischen 14,0 und 16,0 °C. Während sich über den Rheinauen im Südosten des Untersuchungsgebietes und über der Rennbahn noch die ostnordöstliche Anströmrichtung durchsetzt, ist sonst die Windrichtung von der angenommenen großräumigen Anströmung weitgehend abgekoppelt und durch den Verlauf von Bebauungsrändern und Strömungsleitbahnen sowie durch Temperatenausgleichsströmungen ("Flurwinde") lokal geprägt: So stellen sich über der noch weitgehend freien Fläche Hammfeld II und über der Rheinaue in Höhe des Rheinpark-Centers nördliche Strömungen ein, während in das Gebiet von Hammfeld I von der Rennbahn im Westen und den Rheinauen im Osten kühlere Luft einströmt. Dabei erlauben die Freiflächen im Norden (Höhe Carl-Schurz-Straße) bzw. am Südrand dieses Stadtquartiers mit Lufttemperaturen zwischen 16,0 bis 16,5 °C ein besonders weites Vordringen der kühlen Luft von den Rheinauen aus bis zum Hammfelddamm. In Überlagerung mit der schwachen Regionalströmung

²⁾ Auch als "Dichteströmungen" (von kühlerer zu wärmerer Luft, d.h. von dichter zu weniger dichter Luft) bezeichnet

sind ebenfalls Flurwinde, die in den innerstädtischen Bebauungsrand gerichtet sind, vom südwestlichen Rand der Rennbahn entlang des Hessesordamms festzustellen. Demgegenüber bewirkt die Strömung über der Rennbahn entlang ihres nordöstlichen Randes einen "Mitnahmeeffekt" von wärmerer und ggf. stärker mit Schadstoffen belasteter Luft von der Bebauung nördlich der Hammer Landstraße und damit auch aus dem Hafengebiet.

Die mittlere Windgeschwindigkeit über den Strömungsleitbahnen "Rheinauen" und "Rennbahn" geht infolge der weiteren Stabilisierung der bodennahen Luftschichten gegenüber dem 21-Uhr-Termin auf etwa $V_F=0,7$ m/s zurück. Als flächennutzungstypische Lufttemperaturen werden $T_S=19,0$ °C und $T_F=16,0$ °C bzw. $T_U=14,8$ °C angesehen (s. Tab. 3.4-1).

Um **9 Uhr** MEZ hat bereits wieder die Erwärmung der bodennahen Luftschichten eingesetzt (Abb. 3.4-3d). Die niedrigsten Lufttemperaturen mit der Klasse "18,0 bis 19,0 °C" weist jetzt die Luft über dem Rhein und stellenweise über den Hafenbecken auf, die sich mit Werten bis maximal 19,5 °C von der umgebenden Bebauung absetzen. Die (versiegelten) Freiflächen erwärmen sich relativ schneller als die mehr oder weniger abgeschatteten bebauten Bereiche, die allerdings zum großen Teil mit der Klasse zwischen 20,0 bis 20,5 °C noch ein höheres Lufttemperaturniveau konserviert haben. So werden die höchsten Temperaturen entlang des Hessesor- und Hammfelddamms, über den Gleisanlagen am Rheinpark-Center sowie stellenweise noch im Hafen und im Kernbereich der Innenstadt mit etwas über 20,5 °C erreicht. An den luvseitigen Bebauungsrändern – insbesondere des Rheinpark-Centers, von Hammfeld I sowie der Innenstadt am Hessesordamm entlang der Rennbahn wird die relativ stärkere Abschattung der bebauten Flächen auch in der Verteilung der Lufttemperatur mit den Klassen von 19,0 bis 20,0 °C erkennbar.

Mit der Erwärmung setzt wieder die Labilisierung der bodennahen Luftschichten ein. Damit erhöht sich auch wieder die mittlere Windgeschwindigkeit über den Rheinauen und der Rennbahn als Strömungsleitbahnen auf $V_F=0,9$ m/s. Insgesamt setzt sich die ostnordöstliche Anströmungsrichtung wieder stärker durch. Die vergleichsweise geringe Differenz der flächennutzungstypischen Lufttemperaturen von $T_S=20,4$ °C und 19,2 °C für jeweils T_F bzw. T_U macht die zu den vorherigen Terminen vergleichsweise geringe Differenzierung der Lufttemperaturen über den verschiedenen Flächennutzungstypen im "Erwärmungsregime" deutlich (s. Tab. 3.4-1).

Ostsüdost-Anströmung

Die berechneten **Lufttemperatur- und Windfelder** für die Anströmung aus Ostsüdost (120 Grad) sind im Vergleich zu denen der Ostnordost-Anströmung zu allen betrachteten Zeitpunkten (Abb. 3.4-4a bis 3.4-4d), besonders aber zum 21- und 3-Uhr-Termin (Abb. 3.4-4b bzw. 3.4-4c), stärker durch die von den Rheinauen zugeführte kühlere Luft geprägt. Die in der Tabelle 3.4-1 aufgeführten Kennwerte werden als unabhängig von der Windrichtung angesehen und daher im Interesse einer einheitlichen Auswertung (vgl. Kap. 3.4.3) auch für die Ostsüdost-Anströmung übernommen.

Um **15 Uhr** MEZ (Abb. 3.4-4a) zeigt die Verteilung der Lufttemperatur im Bereich der Innenstadt, des Hafens, des Rheinpark-Centers und des Gebietes Hammfeld I mit den Temperaturklassen über 29,5 °C die gleichen Kernzonen der Erwärmung wie bei der Ostnordost-anströmung. In der sich im Wesentlichen durchsetzenden Anströmrichtung greift entlang der luvseitigen Bebauungsränder kühlere Luft von den Rheinauen in die bebauten Flächen ein, während sich der über der Rennbahn zu findende Bereich mit der niedrigsten

Temperaturklasse (Werte zwischen 25,0 und 26,0 °C) leeseitig zur Hammer Landstraße verschiebt. Über den Bereich der AS Neuss-Hafen strömt zwischen dem Südrand der Bebauung des Rheinpark-Centers und dem Nordrand von Hammfeld I von den Rheinauen aus kühlere Luft über das Plangebiet, so dass sich über dem größten Teil der Planfläche Hammfeld II gegenüber der – von den angrenzenden bebauten Flächen kommenden – Ostnordostanströmung etwa um 0,5 K geringere Lufttemperaturen ergeben.

Die Verteilung der wärmeren Kernzonen mit Lufttemperaturwerten über 24,5 °C entspricht um **21 Uhr** (Abb. 3.4-4b) noch grundsätzlich derjenigen vom 15-Uhr-Termin. Mit der erfolgten Stabilisierung der atmosphärischen Schichtung ist jedoch die Temperaturverteilung stärker durch die Kanalisierung der Luftströmung und durch Temperatenausgleichsströmungen bestimmt. Über den Rheinauen südlich der AS Neuss-Hafen und über der Freifläche der Rennbahn setzt sich noch die ostsüdöstliche Anströmung durch, über den Rheinauen in Höhe des Rheinpark-Centers dreht der Wind dagegen auf südöstliche, über dem östlichen Plangebiet auf südliche Richtungen. Im Bereich der Temperatenausgleichsströmungen um die warmen Kernzonen des Hafens und des Rheinpark-Centers treten auch nördliche und westliche Richtungen auf. Während die Temperaturverteilung über der Rennbahn mit der Klasse 22,5 bis 23,0 °C im Wesentlichen vom leeseitigen Ausgreifen der wärmeren Luft vom Hammfeld I bestimmt wird, erfolgt über den südlichen Teil des Plangebiets ein markantes Vordringen kühlerer Luft (Temperaturen von 21,0 bis 22,0 °C) von der AS Neuss-Hafen bis über die Hammer Landstraße: Entlang eines etwa 100 m breiten Streifens stellen sich nördlich dieser Straße mit Werten von 22,0 bis 23,5 °C gegenüber der Ostnordostanströmung etwa um 1,5 K niedrigere Temperaturen ein. Für die in das Gebiet Hammfeld I an seinem Südrand und entlang der Freifläche in Höhe der Ecke Carl-Schurz-Straße/Hammfelddamm eingreifende Luftströmung werden vom Modell gegenüber der Ostnordostanströmung um etwa 1 K niedrigere Temperaturen simuliert.

Um **3 Uhr** beherrschen die blauen und dunkelgrünen Farben der "kühlen Temperaturklassen" zwischen etwa 14,0 bis 16,5 °C über den Rheinauen bzw. den Grünflächen des Untersuchungsgebietes das Bild (Abb. 3.4-4c). Über den Rheinauen liegen die Temperaturen i.A. unter 15 °C, über der leeseitigen Hälfte der Rennbahn und stellenweise auch im Stadtgarten werden Werte zwischen 16,0 und 16,5 °C erreicht. Über der Südhälfte des Plangebietes wie auch über der Freifläche im Norden und über den Grünflächen am Südrand des Hammfeldes I werden mit Werten zwischen 15,0 und 15,5 °C noch die "Auentemperaturen" erreicht. Über der Planfläche Hammfeld II stellt sich etwa nördlich des Derendorfweges bis zur Hammer Landstraße immerhin noch die um nur 0,5 K nächstwärmere Temperaturklasse ein. Entlang des Südwestrandes der Rennbahn wird diese Temperaturklasse in Höhe des östlichen Innenstadtrandes ebenfalls noch erreicht. Durch das veränderte Strömungsregime ergeben sich nördlich der Hammer Landstraße gegenüber der Ostnordostanströmung um etwa 1,5 K niedrigere Lufttemperaturen, die in Höhe der Langemarckstraße jetzt bis zu 200 m in den Bebauungsrand hineinreichen. Die Kernzonen der Innenstadt- und Hafenbebauung sowie des Rheinpark-Centers weisen Lufttemperaturen über 19,0 °C, im Hafen stellenweise bis 20,3 °C auf.

Die starke Stabilisierung kanalisiert die Strömung über den Rheinauen östlich des Rheinpark-Centers auf südliche Richtungen, während im Bereich von Dichteströmungen (Rheinpark-Center, Hafen) sich auch zur Anströmung entgegengesetzte Strömungsrichtungen einstellen. Im Zuge der Durchströmung der Freifläche zwischen dem Rheinpark-Center und dem

Nordrand von Hammfeld I ergeben sich stellenweise über dem südlichen Plangebiet sogar um etwa 0,4 m/s höhere mittlere Windgeschwindigkeiten als über den Rheinauen.

Das Bild für **9 Uhr** (Abb. 3.4-4d) zeigt wieder die von allen Terminen vergleichsweise geringste Differenzierung der Lufttemperaturverteilung (vgl. Abb. 3.4-3d): Die (versiegelten) Freiflächen erwärmen sich relativ schneller als die in Bodennähe noch mehr oder weniger abgeschatteten bebauten Bereiche, die allerdings zum großen Teil mit der Klasse zwischen 20,0 bis 20,5 °C noch ein höheres Lufttemperaturniveau aufweisen. So werden die höchsten Temperaturen entlang des Hessentordamms und über den Gleisanlagen am Rheinpark-Center mit bis zu 20,5 °C bzw. 20,7 °C erreicht. In den luvseitigen Bebauungsrändern mit Zustrom noch kühlerer Luft von den Rheinauen wirkt sich in der Verteilung Lufttemperatur – neben den kühlen Flächen über dem Rhein – die Abschattung ebenfalls mit der niedrigsten Klasse von 18,0 bis 19,0 °C aus. In Hammfeld I und in der Innenstadt wird zumindest stellenweise erst die nächsthöhere Temperaturklasse berechnet. Im Zuge des "Erwärmungsregimes" setzt sich im Allgemeinen wieder die ostsüdöstliche Anströmung durch.

3.4.4.2 Simulationen für den Soll-Zustand (Planungszustand)

Ostnordostanströmung

Die in der Abbildung 3.4-5a dargestellten **Differenzen** zwischen den für den Soll- und Ist-Zustand für Ostnordostanströmung berechneten **Lufttemperaturen** in 2 m über Grund um **15 Uhr** MEZ zeigen i.W. Temperaturerhöhungen gegenüber dem Ist-Zustand nur im Bereich der Planungsmaßnahme und der südlich bis südwestlich gelegenen Nachbarbebauung: Der Energieumsatz der kurzwelligen Einstrahlung der Sonne – bei gleichzeitiger starker Turbulenz der Luft mit vertikalem Austausch – bewirkt hauptsächlich eine "in situ"-Erwärmung (vgl. Erläuterungen zu Abb. 3.4-3a). Über dem Plangebiet wird das Temperaturniveau generell um etwa 1,5 K angehoben. Die maximalen Werte werden mit +2,5 K im Bereich der südwestlichen Baublöcke ausgewiesen. Entsprechend der ostnordöstlichen Anströmung werden südwestlich über der Stresemannallee und der südlich angrenzenden Bebauung noch Werte zwischen +0,5 und +0,75 K, bis etwa 200 m südwestlich der Plangebietsgrenze noch mehr als +0,25 K erreicht.

Die Abbildung 3.4-5b der Lufttemperaturdifferenzen um **21 Uhr** zeigt infolge zunehmender Stabilisierung bereits mehr an der ostnordöstlich–westsüdwestlichen Strömungsachse ausgerichtete "fahnenartige" Strukturen. Durch den bereits im Ist-Zustand von der nördlich bis östlich angrenzenden Bebauung und den versiegelten Flächen erfolgenden horizontalen Transport von Wärme ergibt sich zu diesem Zeitpunkt insgesamt über dem Plangebiet eine Erwärmung um etwa 0,7 K. Über den südöstlichen Bauflächen mit der geplanten 10-geschossigen Bebauung wird die Klasse der Temperaturänderungen zwischen +1,0 bis +1,5 K mit einem maximalen Wert von +1,4 K erreicht. Südlich der Plangebietsgrenze reichen Temperaturerhöhungen bis +1 K etwa 100 m, über +0,25 K bis etwa 400 m weit.

Die für **3 Uhr** (Abb. 3.4-5c) berechneten Differenzen der Lufttemperatur fallen dem Betrachter mit ihren fahnenartigen Strukturen der Temperaturerhöhungen etwa bis in Höhe des Europadamms im Zentrum des Gebiets Hammfeld I sowie der Temperaturerniedrigungen mit ihrer linienhaften Struktur entlang der Stresemannallee mit der gelbgrünen bis dunkelgrünen Farbgebung markant ins Auge: Entlang des Hammfelddamms werden Temperaturerhöhungen von

mindestens +0,75 K, zwischen Stresemannallee und Hellersbergstraße Temperaturenniedrigungen von dem Betrage nach mehr als -0,75 K erreicht. Der maximale Wert der Temperaturenniedrigung errechnet sich über den Freiflächen westlich der BAB A57 in Höhe der Carl-Schurz-Straße mit -1,3 K. Dieses Verteilungsmuster der Lufttemperaturdifferenzen ergibt sich – neben der im Verlauf der Nacht eingetretenen vergleichsweise starken Ausdifferenzierung der flächennutzungstypischen bodennahen Lufttemperaturen – insgesamt durch die von der ostnordöstlichen Anströmungsachse über dem Plangebiet auf mehr nördliche Windrichtungen eindrehenden Strömung sowie durch induzierte Temperaturengleichsströmungen, die zum einen von der Rennbahn entlang der Stresemannallee und zum anderen über noch unbebaute Flächen von den Rheinauen aus bis etwa 200 m in das Gebiet Hammfeld I eingreifen. Durch die letztgenannten Temperaturengleichsströmungen wird die von den geplanten Versiegelungs- und Baumaßnahmen des Plangebiets – mit Erhöhungen um +1 K bis südlich der Stresemannallee – ausgehende Warmlufftahnne geteilt. Damit wird die Relevanz von hinreichend ausgedehnten klimaökologischen Ausgleichsflächen – wie der Rennbahn oder der Rheinauen – zur Separierung der Wärmeinseln großflächig bebauter Stadtquartiere deutlich. Über dem Plangebiet selbst sind über dem luvseitigen Nordteil Erhöhungen der Lufttemperatur gegenüber dem Referenzzustand verbreitet nur dem Bereich um +0,5 K, über dem leeseitigen Südteil dem Bereich um +1 K zuzuordnen. Der Maximalwert wird mit +2,1 K im Bereich der geplanten 10-geschossigen Bebauung erreicht.

Um **9 Uhr** (s. Abb. 3.4-5d) wirkt sich die gegenüber dem Referenzzustand höhere und dichtere Bebauung und die damit verbundene stärkere Abschattung und verzögerte Erwärmung im Wesentlichen nur über dem südöstlichen Bereich des Plangebiets mit einer Temperaturverringernng von maximal um -0,4 K aus. Infolge einer gegenüber dem Ist-Zustand verringerten Abschattung durch Flächennutzungsänderung von "Wald" zu "freier Grünfläche" bzw. "Stadtspark" ergeben sich Erwärmungen um 0,5 K bis maximal 1,0 K. Mit der einsetzenden Labilisierung der bodennahen Luftschichten verbleiben die berechneten Temperaturänderungen wieder im Wesentlichen über dem Plangebiet.

Die Abbildungen 3.4-6a bis 3.4-6d zeigen die **Differenzen der Windgeschwindigkeit** zwischen Soll- und Ist-Zustand. Zusätzlich ist auch die **Änderung der Windrichtung** anhand der dem Farbraster der Windgeschwindigkeitsdifferenzen überlagerten Pfeile ablesbar, die – bei einem Änderungsbetrag der Windgeschwindigkeit von mindestens 0,1 m/s – den Änderungsvektor darstellen.

Die zu allen Zeitpunkten von der nordöstlichen Ecke des Plangebietes hinfortweisenden Pfeile sind dem Luvwirbel des nordöstlichen Bebauungsblockes zuzuordnen und markieren die geplanten Baumaßnahmen dort als Strömungshindernis. Gleiches gilt für die Änderungsvektoren mit leeseitiger Strömungsabschwächung im Bereich der Süd- und Südwestränder innerhalb der geplanten Bebauung bzw. entlang der Stresemannallee im Zuge der Umströmung der Planungsmaßnahmen. Die Strömungsverstärkung infolge der Flächennutzungsänderung von dichter, hoher hin zu mehr aufgelockerter Vegetation oder Freifläche über dem nordwestlichen Bereich sowie im Zentrum des Plangebietes wirkt sich ebenfalls zu allen Zeitpunkten durch Erhöhungen der mittleren Windgeschwindigkeit – teilweise auch über dem Westteil von Hammfeld II – aus.

Die Verteilung der Änderungsvektoren über dem Hammfeld I korrespondieren zum **15-Uhr-** und **21-Uhr-**Termin (Abb. 3.4-6a bzw. 3.4-6b) mit dem Verlauf der "Warmlufftahnne" (vgl. Abb.

3.4-5a bzw. 3.4-5b). Während zu allen Zeitpunkten die Strömungsabschwächungen im Wesentlichen über dem Plangebiet und der südlich angrenzenden Stresemannallee bzw. sonst dem Betrage nach kleiner als 0,25 m/s verbleiben, wird zum **3-Uhr**-Termin (Abb. 3.4-6c) die Klasse zwischen -0,50 bis -0,25 m/s über dem nördlichen Hammfeld I ausgewiesen. Die stärkere Kanalisierung der Strömung über dem Willy-Brandt-Ring im Soll-Zustand wird zu diesem Zeitpunkt an der Strömungsverstärkung bis in die Klasse +0,5 bis +0,75 m/s über dem südöstlichen Randbereich deutlich. Die durch die Lufttemperaturänderungen sowie im Zuge der Umströmung der geplanten Baumassen induzierte verstärkte Zuströmung von der Rennbahn im Westen und den Rheinauen im Osten wird an der Verteilung der Änderungsvektoren entlang des westlichen Bebauungsrandes sowie im Nordbereich des Gebietes Hammfeld I markiert. Die Änderungsvektoren über seinem zentralen Bereich korrespondieren mit dem Feld der Temperaturerhöhungen (vgl. Abb. 3.4-5c). Mit der wieder einsetzenden vertikalen Durchmischung werden um **9 Uhr** (Abb. 3.4-6d), bis auf eine – dem Änderungsfeld der Lufttemperatur (vgl. Abb. 3.4-5d) zugeordnete – stärkere südliche Durchströmung des Nordteils von Hammfeld I, Änderungen des Windfelds im Wesentlichen nur über dem Plangebiet selbst berechnet.

Die Darstellungen zum **Wärmeinselindex** (s. Kap. 3.4.3) sollen durch die 9 möglichen Änderungsstufen ein mehr generelles, wertendes Bild der Auswirkungen der Baumaßnahmen auf die **Lufttemperaturverteilung** geben (s.a. Fußnote 1, S. 16). Dabei ist wesentlich, dass die Darstellungen anhand von Bewertungsgrößen (T_S und T_F) gewonnen wurden, die aus dem Untersuchungsgebiet selbst stammen: Dies bedeutet, dass nicht die jeweilige, i.A. größere flächentypische Lufttemperaturdifferenz zwischen den Kernzonen der Innenstadt von Neuss und seinem Umland zum Ansatz kommt (Δ_{S-U} , Tab. 3.4-1), sondern diejenige zwischen den Kernzonen der dargestellten Innenstadtbereiche und typischen Grünflächen (i.W. die Rennbahn) des Untersuchungsgebietes (Δ_{S-F} , Tab. 3.4-1). Zur absoluten Einordnung der Ergebnisse sind jedoch die Anmerkungen am Schluss des Kapitels 3.4.3 zu beachten. Weiterhin dürfen vereinzelt auftretende Elementarflächen mit grüner und blauer (verringertes Wärmeinseleffekt) oder roter und gelber Farbgebung (verstärkter Wärmeinseleffekt) nicht überbewertet werden: Hierdurch werden i.A. nur Temperaturwerte markiert, die "gerade noch" in einer Klasse waren (Ist-Zustand) und "gerade noch" in eine nächsthöhere bzw. nächstniedrigere Klasse fallen (Soll-Zustand). Diese Elementarflächen sind daher eher einer entsprechenden Klasse, die "keine Änderung" bezeichnet, zuzuordnen.

Um **15 Uhr** zeigt die Indexauswertung der Lufttemperatur (Abb. 3.4-7a) mit den Übergängen "Ist wird Soll" entsprechend den Erläuterungen zum Lufttemperatur- und Windfeld (s. S. ?? u. Abb. 3.4-4a) sowie zur Verteilung der Lufttemperaturdifferenzen "Soll- minus Ist-Zustand" (Abb. 3.4-5a) die stärksten Änderungen "keine wird ausgeprägte Wärmeinsel" über den geplanten Baufeldern des Plangebiets. In Richtung der Strömungsachse der freien Anströmung wird – ausgehend vom südöstlichen Baufeld mit seiner geplanten 10-geschossigen Bebauung – leeseitig und entlang des westlichen Bebauungsrandes von Hammfeld I auch noch die Klasse "schwache wird ausgeprägte Wärmeinsel" erreicht. Letzteres ist jedoch teilweise nur durch Temperaturdifferenzen zum Ist-Zustand von kleiner als +0,25 K begleitet (vgl. Abb. 3.4-5a). Die luvseitigen Übergangszonen der – i.A. durch die Klasse "ausgeprägte Wärmeinsel (bleibt)" markierten – bebauten Bereiche weisen die Klasse "schwache Wärmeinsel (bleibt)" und – wie z.B. an der Rheinallee in Höhe des Rheinpark-Centers auch noch in den Bebauungsrand hineinreichend – teilweise die Klasse "kein

Wärmeinsel-Effekt (bleibt)" auf. Die Grünflächen der Rennbahn, von Hammfeld II (West), der Freifläche in Neuss-Castrum und auch noch des Stadtgartens separieren dabei die Wärmeinseln des Untersuchungsgebietes anhand der letztgenannten Klasse.

Die Wirkung der um **21 Uhr** (Abb. 3.4-7b) bereits erfolgten Stabilisierung der bodennahen Atmosphäre – und des dadurch verstärkten horizontalen Wärmetransports – ist an den leeseitig verschobenen Wärmeinseln und der Verteilung der Übergangsklasse zu erkennen, die sich über allen vorgenannten Grünflächen eingestellt hat – über der Fläche Hammfeld II (West) sogar die ausgeprägte Wärmeinsel. Ausgehend von der südwestlichen Hälfte des Plangebiets tritt entlang der Richtungsachse der Anströmung nur die Änderungsklasse "schwache wird ausgeprägte Wärmeinsel" auf, die beiderseits der Rennbahn allerdings nur durch Temperaturerhöhungen unter +0,25 K induziert werden.

Um **3 Uhr** (Abb. 3.4-7c) wird die unterschiedlich schnelle, flächennutzungstypische Abkühlung an der Verteilung der Klasse "kein Wärmeinsel-Effekt (bleibt)" über der Rennbahn und im Übergang zum Rosengarten deutlich. Die klimaökologische Ausgleichsleistung der Rennbahn wird an der Bewertung mit dieser geringsten Wärmeinselklasse – auch bis etwa 200 m in die Bebauung südlich der Rennbahn eingreifend – sichtbar. Die Zufuhr wärmerer Luft von und die Umströmung der Planungsmaßnahmen in das südlich angrenzende Gebiet Hammfeld I bewirkt im Kontext mit einem verstärkten Zustrom kühlerer Luft von der westlich gelegenen Rennbahn als auch von den östlich gelegenen Rheinauen Änderungen von "schwache wird keine" bzw. "ausgeprägte wird schwache Wärmeinsel". Im Zuge des Zustroms kühlerer Luft von den Rheinauen wird in Höhe des Parkplatzes an der Ecke Carl-Schurz-Straße/Hammfelddamm sogar die – hier mit Temperaturenniedrigungen gegenüber dem Referenzzustand von dem Betrage nach mehr als -1 K verbundenen – maximale Klasse "ausgeprägte wird keine Wärmeinsel" erreicht. Gerade der letztgenannte Sachverhalt unterstreicht eindrucksvoll die ausgleichende Wirkung von möglichst nahe gelegenen, hinreichend ausgedehnter Grünflächen auf die Lufttemperaturverteilung innerhalb bebauter Stadtquartiere, wenn der Zustrom kühlerer Luft durch lange, geschlossene Baufronten nicht behindert wird.

Ostsüdostanströmung

Die **Änderung der Lufttemperatur um 15 Uhr** (Abb. 3.4-8a) beschränkt sich im Wesentlichen auf das Plangebiet. Die maximale Differenz weist mit +2,5 K den gleichen Wert wie bei der Ostnordostanströmung auf. Mit zunehmender Stabilisierung greifen die "Warmluftfahnen" immer weiter stromabwärts aus: Um **21 Uhr** (Abb. 3.4-8b) werden Erhöhungen um 1 K bis etwa 500 m im Lee der geplanten Bebauung berechnet. Über der Stresemannallee wird die gegenüber dem Ist-Zustand verstärkte Kanalisierung des Zustroms kühlerer Luft an Temperaturenniedrigungen um maximal 0,6 K erkennbar. Um **3 Uhr** (Abb. 3.4-8c) verdeutlichen die maximale Lufttemperaturänderung von 3,1 K und das weite Ausgreifen der Änderungsklassen unter +0,75 K gegenüber den Ergebnissen der Ostnordostanströmung den Einfluss der geplanten Baumaßnahmen auf die im Referenzzustand von den Rheinauen und vom Gebiet Hammfeld II noch vergleichsweise ungestört zuströmende Kaltluft. Bis etwa 500 m in Lee des Westrandes der geplanten Bebauung werden noch Temperaturänderungen um +1 K erreicht. Der verstärkte Zustrom kühlerer Luft über der Stresemannallee infolge der Kanalisierung der Strömung bewirkt auch Temperaturabnahmen bis dem Betrage nach maximal -1,7 K. Im Laufe der wieder erfolgenden Erwärmung verbleiben um **9 Uhr** die vergleichsweise geringen Änderungen der Lufttemperatur wieder über dem Plangebiet. Die Temperaturenniedrigungen

von $-0,75$ bis $-0,25$ K über den geplanten südlichen Baufeldern mit 10-geschossiger Bebauung ergeben sich durch die gegenüber Freiflächen verzögerte morgendliche Erwärmung der Bebauung im Kontext mit dem Zustrom kühlerer Luft (s.u.).

Die **Differenzen der Windgeschwindigkeit** und die Änderungsvektoren (s.o.) zwischen dem Soll- und Ist-Zustand sind in den Abbildungen 3.4-9a bis 3.4-9d dargestellt. Das zu allen Zeitpunkten – je nach atmosphärischer Schichtung mehr oder weniger weit ausgedehnte – Feld von der südöstlichen Ecke des Plangebietes hinfortweisender Änderungsvektoren ist dem Luvwirbel der südlichen Bebauungsblöcke zuzuordnen und markiert die dort geplanten Baumaßnahmen als Strömungshindernis. Gleiches gilt für die Änderungsvektoren mit leeseitiger Strömungsabschwächung im Bereich der West- und Nordwestränder innerhalb der geplanten Bebauung bzw. entlang der Stresemannallee im Zuge der Umströmung der Planungsmaßnahmen. Die Strömungsverstärkung infolge der Flächennutzungsänderung von dichter, hoher hin zu mehr aufgelockerter Vegetation oder Freifläche über dem nordwestlichen Bereich sowie im Zentrum des Plangebietes wirkt sich ebenfalls zu allen Zeitpunkten durch Erhöhungen der mittleren Windgeschwindigkeit – teilweise auch nordwestlich des Plangebiets – aus. Die Erhöhungen der Windgeschwindigkeit über dem Willy-Brandt-Ring in Höhe des Ausgangs des Derendorfweges mit bis zu $0,75$ m/s stellt sich ebenfalls zu allen Zeitpunkten ein.

Während um **15 Uhr**, **21 Uhr** und **9 Uhr** (Abb. 3.4-9a, 3.4-9b bzw. 3.4-9d) – abgesehen von den eingangs erwähnten – merkliche Windgeschwindigkeitsänderungen im Wesentlichen auf den Bereich des Plangebietes beschränkt bleiben, werden infolge der stark stabilen Schichtung um **3 Uhr** (Abb. 3.4-9c) leeseitig der Planungsmaßnahmen Verringerungen der Windgeschwindigkeit mit der Klasse " $-1,00$ bis $-0,75$ m/s" entlang der Anströmungsachse bis zur Hammer Landstraße berechnet. Die Kanalisierung der Strömung über der Stresemannallee wirkt sich zu diesem Zeitpunkt ebenfalls durch ein ausgedehnteres Feld von Strömungsverstärkungen südwestlich des Plangebiets aus (Bereich der Klassen $+0,25$ bis $+0,75$ m/s).

Das in der Abbildung 3.4-10a gezeigte Feld der **Wärmeinselverteilung** um **15 Uhr** mit Übergängen "Ist zu Soll" weist die Änderungsklassen "keine wird schwache" bzw. "keine wird ausgeprägte Wärmeinsel" im Wesentlichen nur über dem Plangebiet aus. Die Grünflächen der Rennbahn, des Gebiets Hammfeld II (West), in Neuss-Castrum wie auch die über Freiflächen noch in die Bebauung eingreifenden Rheinauen bewirken eine Separierung der ausgeprägten Wärmeinseln des Untersuchungsgebietes. Auch über dem Stadtgarten wird noch die Klasse "kein Wärmeinsel-Effekt (bleibt)" erreicht.

Um **21 Uhr** (Abb. 3.4-10b) ist der gegenüber dem Ist-Zustand verringerte Zustrom kühlerer Luft des "Grünflächen-Klimatops" der Rheinauen und der Planfläche Hammfeld II im Wesentlichen an den Änderungsklassen "keine wird schwache" bzw. "schwache wird ausgeprägte Wärmeinsel" bis über die Freifläche in Neuss-Castrum erkennbar. Der über der Stresemannallee verstärkte Zustrom kühlerer Luft von den Rheinauen (s.o.) bewirkt die Änderungsklasse "schwache wird keine Wärmeinsel". Die Grünflächen der Rennbahn und des Stadtgartens weisen auch im Ist-Zustand infolge des mit zunehmender Stabilisierung stärker horizontal erfolgenden Wärmetransports aus den bebauten Zonen nur die Übergangsklasse auf.

Die Bewertung des Lufttemperaturfeldes anhand der flächennutzungstypischen Kennwerte (s. Tab. 3.4-1) um **3 Uhr** (Abb. 3.4-10c) belässt die vergleichsweise hohen Temperaturänderungen über dem Plangebiet (vgl. Abb. 3.4-8c) im Wesentlichen in der Übergangsklasse. Die in der stark stabilen Schichtung sich weiträumiger auswirkenden Planungsmaßnahmen induzie-

ren dagegen mit den eher geringen Lufttemperaturänderungen von maximal +0,75 K Änderungen die Klasse "schwache bis ausgeprägte Wärmeinsel" auch im Bereich des Hafens. Die Wirkung der Rheinauen wird bei ostsüdöstlicher Anströmrichtung über dem östlichen Teil des Plangebiets wie auch über dem größten Teil des Gebiets Hammfeld I sowie mit einem weiten Eingreifen an den luvseitigen Bebauungsändern mit der Klasse "kein Wärmeinsel-Effekt (bleibt)" deutlich. Über der Rennbahn und dem Stadt- bzw. Rosengarten wird diese Klasse jedoch "eigenbürtig" erreicht.

3.4.4.3 Vergleich mit Literaturangaben und Feldmessungen

Im folgenden soll eine Einordnung der Modellergebnisse anhand von **Literaturangaben** zur "städtischen Wärmeinsel" einiger (deutscher) Großstädte gegeben werden, wobei nach ERIKSEN (1976) eher von einem "Wärmeinselarchipel" gesprochen werden müsste.

Für eine Strahlungsnacht im Februar 1975 gibt REICHENBÄCHER (1978) einen stark geglätteten Tagesgang der Lufttemperaturdifferenz zwischen Umland und Innenstadt für das Stadtgebiet von Berlin an: so betrug diese Differenz zwischen dem Umland und der Berliner Innenstadt um 18 Uhr MEZ etwa 1 K, um 21 Uhr bereits über 2 K, um 3 Uhr etwa 3 K und um 9 Uhr noch etwa 2,5 K. Dabei waren die Temperaturunterschiede zwischen den bebauten Bereichen des Stadtrandes und den Grünflächen des sich anschließenden Umlandes am späten Abend gegenüber allen anderen Terminen mit über 2 K relativ am größten.

Für eine Strahlungswetterlage im März 1978 geben HORBERT und KIRCHGEORG (1980) Lufttemperaturdifferenzen zwischen dem inneren Bereich des 212 ha großen, durch eine parkartige Struktur (Grünflächen mit Baumgruppen, aber auch mit dichter bestandenen "Waldarealen") ausgezeichneten Berliner Tiergartens und den angrenzenden dicht bebauten Stadtteilen Moabit und Wedding von bis zu 7 K an.

In Hannover ergab sich für Strahlungsnächte vom Mai 1975 eine Differenz der Lufttemperatur zwischen der Kernzone der Innenstadt und dem freien Umland von 4 bis 6 K, zwischen Stadtteilen außerhalb der Kernzone oder bebauten Stadtrandlagen und dem Umland von 2 bis 4 K (ERIKSEN, 1978).

Im Rahmen des Forschungsprojektes "Stadtklima Bayern" haben BRÜNDL u.a. (1986) in München anhand von 3-jährigen Messungen (Messhöhe 2 m) einen linearen Zusammenhang zwischen der Lufttemperatur und dem versiegelten Flächenanteil festgestellt. Die Jahresmitteltemperatur erhöht sich demnach um ca. 0,2 K, wenn der Versiegelungsgrad um 10 % zunimmt. Im Wesentlichen ist dies auf die verringerte Verdunstung und die großen Energiemengen zurückzuführen, die in den Baumassen gespeichert werden (veränderte Bodenenergiebilanz durch Flächennutzungsänderung). So erhöhten sich während einer ausgewählten, 4 Tage andauernden Hochdruckwetterlage im August 1984 das mittlere Tagesminimum der Lufttemperatur um etwa 0,6 K und das mittlere Tagesmaximum um etwa 0,3 K bei einer Zunahme des Versiegelungsgrades um 10 % (BRÜNDL u.a., 1986, ebd. S. 93). Mit zunehmendem Versiegelungsgrad treten zudem das Tagesmaximum und -minimum der Lufttemperatur später ein als über geringer versiegelten Flächen (BRÜNDL u.a., 1986, ebd. S. 84ff).

Diese Beziehungen über die Zunahme des mittleren Tagesmaximums bzw. Tagesminimums der Lufttemperatur über Flächen unterschiedlichen Versiegelungsgrades können für ähnliche

ausgedehnte städtische Ballungsräume wie München zur Abschätzung des zu erwartenden maximalen Wärmeinseleffektes an sommerlichen Strahlungswetterlagen am frühen Nachmittag bzw. in den späten Abend- oder Nachtstunden herangezogen werden: Demnach sollte die Differenz des **mittleren** Temperaturmaximums in 2 m Höhe zwischen einer zu 100 % versiegelten Fläche gegenüber einer unversiegelten Grünfläche mit Bodenanschluss an sommerlichen Strahlungswetterlagen (stärkste Ausprägung der Bodenenergiebilanz vor Ort) etwa 3 K und die entsprechende Differenz des mittleren Temperaturminimums etwa 6 K betragen. In einem Untersuchungsgebiet, das sowohl die Kernzonen innerstädtischer, dichter Bebauungslagen als auch die weitestgehend unversiegelten Grünflächen des Umlandes umfasst, ist die maximale flächennutzungstypische Differenzierung der Lufttemperatur in 2 m Höhe – zwischen den langsamer abkühlenden innerstädtischen Kernzonen und den schneller abkühlenden, offenen Umlandgrünflächen – zudem bereits in den späten Abendstunden zu erwarten (s. Tab. 3.4-1, Spalte Δ_{S-U}).

Die oben zitierten Regressionsbeziehungen (BRÜNDL u.a., 1986) sind streng genommen nur für das - ebenfalls näherungsweise ebene - Stadtgebiet von München bzw. für die ausgewählte Hochdruckwetterlage gültig. Während die Hochdruckwetterlage der Modellrechnungen (s. Kap. 3.4.2) als repräsentativ für eine sommerliche schwachwindige Strahlungswetterlage angesehen werden kann, darf für die Stadt Neuss gegenüber den Ergebnissen von München ein etwas geringerer Wärmeinseleffekt angenommen werden. Gleichwohl zeigt ein Vergleich der Werte der Spalte " Δ_{S-U} " in der Tabelle 3.4-1 mit den oben genannten, mittleren Temperaturspannen, dass die speziellen, in der vorliegenden Simulation errechneten Temperaturdifferenzen zum frühen Nachmittagstermin (15 Uhr MEZ) mit 3,7 K sogar etwas höher und in den späten Abendstunden (21 Uhr MEZ) mit 5,3 K erwartungsgemäß etwas darunter liegen. Die maximalen Temperaturerhöhungen über dem – durch die Stadtrandlage geprägten – Plangebiet selbst werden demgegenüber mit 2,1 K (60-Grad-Anströmung) bzw. 3,1 K (120-Grad-Anströmung) erst in der zweiten Nachthälfte (Auswertezeitpunkt um 3 Uhr MEZ) erreicht.

Ein Vergleich der für beide Anströmrichtungen berechneten maximalen Temperaturerhöhungen, d.h. der "Hot Spots" innerhalb der geplanten Bebauung, zum 15-Uhr-Termin von etwa 2,5 K mit der o.a. Regressionsbeziehung für die Erhöhung des mittleren Tagesmaximums (2,4 K) bei einer um max. 80 % höheren Versiegelung ("private Freiflächen") gibt eine gute Übereinstimmung. Hinsichtlich der mittleren Temperaturerhöhungen über dem gesamten Plangebiet "Hammfeld II (Ost)" von etwa 1,5 K (60-Grad-Anströmung) bzw. etwa 1,7 K (120-Grad-Anströmung) bei einer Erhöhung des mittleren Versiegelungsgrades um etwa 45 % trifft dies gleichfalls zu (etwa 1,4 K nach der Regressionsbeziehung bzgl. des Tagesmaximums). Gleiches gilt auch für einen Vergleich mit den berechneten Erhöhungen der Lufttemperaturen zum 3-Uhr-Termin über dem Plangebiet: nach der entsprechenden Regressionsbeziehung (s.o.) ergibt sich für die vorstehende Änderung des Versiegelungsgrades eine Erhöhung des mittleren Tagesminimums um 2,7 K (die berechneten maximalen Temperaturänderungen zum 3-Uhr-Termin betragen etwa 2,1 K bzw. 3,1 K, vgl. Kap. 3.4.4.2).

Ein Vergleich der Modellergebnisse für die Sommersituation im Juli/August mit den **Feldmessungen** vom Februar 1993 (s. DWD, 1993) ist wegen des geringeren Tagesgangs der Lufttemperatur im Februar nur eingeschränkt möglich. Bei einem Vergleich der Ergebnisse der Modellrechnungen mit gemessenen Werten ist zudem grundsätzlich zu beachten, dass die Modellergebnisse Mittelwerte über Flächen von im Wesentlichen 30 m × 30 m bis etwa 50 m × 50 m (vgl. Kap. 3.4.1) darstellen, während die Messwerte der meteorologischen Sondermes-

sungen (DWD, 1993) als "Punkt"-Messungen anzusehen sind. Die Struktur der gemessenen Temperaturprofile der Messfahrten mit der Ausbildung einer eigenen städtischen Wärmeinsel im Bereich des Rheinpark-Centers und dem Übergang zur innerstädtischen Wärmeinsel etwa ab der Nordkanalallee sowie entlang der Friedrich- und Zollstraße deckt sich mit den Modellergebnissen. Die auch während der spätwinterlichen Messungen festgestellte separierende Wirkung der Freifläche der Rennbahn wie auch des Stadtgartens auf die Verteilung der städtischen Wärmeinsel unterstreicht ebenfalls die Modellergebnisse. Die Korrelation der temporären Windmessungen über der Planfläche und der Rennbahn mit den – für den im Untersuchungsgebiet verlaufenden Abschnitt des Rheintals repräsentativen – Windmessungen in Lausward (s. DWD, 1993, ebd. Kap. 9 u. Abb. 2 bis 4) während nächtlicher Flurwind-situationen zeigt – wie auch die Modellergebnisse – die zeitweise Abkopplung der Strömung über diesen Flächen von derjenigen über dem Rheintal.

3.5 Windfeldberechnungen

3.5.1 Modellierung des Untersuchungsgebiets

Zur Modellierung des Untersuchungsgebietes für die Windfeldberechnungen wurden die im Kapitel 3.4.1 genannten Unterlagen herangezogen. Insgesamt umfasst das Modellgebiet den in den Abbildungen 3.5-1 und 3.5-2 dargestellten Bereich von ca. 2840 m × 1880 m der Stadt Neuss. Entsprechend den Erläuterungen in Kapitel 3.4.1 ist das horizontale Modellgitter – zur besseren Darstellung der Planungsmaßnahmen – um 6,5° im Uhrzeigersinn gegen die Nordrichtung gedreht.

Für die Modellrechnungen ist das Gebiet mit einem rechtwinkligen Gitternetz überzogen, dessen maximale Flächenauflösung im Bereich der Planungsmaßnahme 10 m × 10 m beträgt. Zu den seitlichen Rändern des Modellgebietes hin wachsen die Gitterabstände bis auf maximal 80 m an. Hinzu kommen jeweils vier 100 m breite Zellreihen zur Beschreibung des Ein- und Ausströmrandes. Insgesamt umfasst das horizontale Gitter 135 × 98 Zellen. In vertikaler Richtung werden für die dreidimensionalen Berechnungen die untersten 350 m der Atmosphäre, für das eindimensionale Vorschaltmodell die untersten 1500 m der Atmosphäre, erfasst und in 18 bzw. 27 Niveaus untergliedert, wobei die gleichen Gitterabmessungen wie für die Schwachwindsimulationen verwendet wurden (s. Kap. 3.4.1).

Die höhere horizontale Auflösung des Modellgitters gestattet eine – gegenüber den Berechnungen zu den sommerlichen Schwachwindlagen –differenziertere Darstellung der ausgewiesenen bebauten Flächen des **Ist-Zustandes** über dem Plangebiet und seiner Umgebung (Abb. 3.5-1) und der geplanten Baumaßnahmen des **Soll-Zustandes** (Abb. 3.5-2): Die fraglichen Gebäude werden als aufgelöste Bebauung modelliert (s. Kap. 3.2.3 u. 3.4.1 sowie Abb. 3.5-3) und die Breite der zentralen Hauptachse des Plangebietes, der Derendorfer Weg, kann beispielsweise mit bis zu 5 Zellreihen aufgelöst werden. Darüber hinaus werden die dargestellten baumbestandenen Flächen über ihre modellierten Stamm- und Blattflächendichten ebenfalls als vertikal ausgedehnte Strömungshindernisse behandelt. Entsprechend den Erläuterungen in Kapitel 3.2.3 werden die in den Abbildungen 3.5-1 und 3.5-2 sonst ausgewiesenen Flächen jeweils mit einem ihnen zugeordneten typischen mittleren Rauigkeitswert modelliert.

3.5.2 Die Randbedingungen

Die für die einzelnen Modellrechnungen ausgewählten "Wetterlagen" stellen die beiden Anströmrichtungen "60 Grad" (Ostnordost) und "120 Grad" (Ostsüdost) bei neutraler Schichtung dar. Der vertikale Verlauf der Windgeschwindigkeit im eindimensionalen Vorschaltmodell wurde jeweils entsprechend einem Bodenwind von 5,0 m/s in 10 m über Grund bei neutraler Temperaturschichtung und einer einheitlichen Rauiglängte (Bodenrauigkeit) entsprechend der mittleren Rauigkeit des Grünlandes der Rheinauen und ihrer unversiegelten Umgebung vorgegeben. In 2 m über Grund verringert sich die Anströmgeschwindigkeit auf ca. 3,5 m/s.

Zur Erzeugung "eingeschwungener" Anfangsprofile der horizontalen Windkomponenten ist zuvor das eindimensionale Vorschaltmodell für die untersten ca. 1500 m der Atmosphäre und für 24 Stunden Realzeit gelaufen.

3.5.3 Der Durchlüftungsindex

In Analogie zur Vorgehensweise bei der Darstellung der Temperaturänderungen (Kap. 3.4.3) kann man auch für die Durchlüftung des Modellgebietes einen der Indexauswertung der Lufttemperatur entsprechenden Index ID als Maßzahl für die Durchlüftung einführen. Dazu dividiert man die für ein Flächenelement des Untersuchungsgebiets in einer bestimmten Bezugshöhe errechnete Windgeschwindigkeit V durch die "Normwindgeschwindigkeit" V_n der freien Anströmung in derselben Höhe. Das resultierende Verhältnis

$$f_v := V / V_n$$

erlaubt die Klassifizierung des Flächenelements: Werte um Null (d.h. $V \ll V_n$) sind typisch für eine nur geringe Durchlüftung, Werte um Eins ($V \approx V_n$) gehören zu guter Durchlüftung. Wiederum werden drei Klassen eingeführt, die im vorliegenden Gutachten wie folgt gegeneinander abgegrenzt sind:

$$\begin{aligned} f_v > 0.70 & : \text{ gute Durchlüftung} \\ 0.70 \geq f_v \geq 0.40 & : \text{ mittlere Durchlüftung} \\ f_v < 0.40 & : \text{ geringe Durchlüftung.} \end{aligned}$$

Für den Vergleich zweier Windgeschwindigkeitsverteilungen für unterschiedliche Zustände eines Untersuchungsgebiets werden diesen drei Durchlüftungsklassen Indexwerte ID und damit jedem Flächenelement dann die aus den beiden Geschwindigkeitsverteilungen ermittelten ID-Werte für den Soll- und den Ist-Zustand zugeordnet. Die möglichen Kombinationen für den Übergang "Ist zu Soll" ergeben wiederum 9 Änderungsklassen, die – in Farbtöne umgesetzt – eine prägnante flächenhafte Darstellung der Unterschiede in der Durchlüftung zwischen Soll- und Ist-Zustand ermöglichen, welche den Einfluß der geplanten Baumaßnahmen widerspiegelt (s. Kap. 3.5.4.2).

Es ist jedoch darauf hin zu weisen, dass die für das Untersuchungsgebiet verwendete Normwindgeschwindigkeit V_n der freien Anströmung ein relatives, wenn auch ein "natürliches" Maß darstellt. So können insbesondere in den Abend- und Nachtstunden bei absoluter Betrachtung – unter Zugrundelegung geringerer Geschwindigkeiten der freien Anströmung – die berechneten Windgeschwindigkeiten der Klasse "gute Durchlüftung" zu einem Großteil einem Geschwindigkeitsbereich angehören, der unterhalb einer – z.B. in den Normen zum

Immissionsschutz zu findenden – "Schwachwindchwelle" liegt (vgl. z.B. TA Luft 2002, Anh. 3, ebd. Kap. 8.3 u. 12).

3.5.4 Ergebnisse

3.5.4.1 Normierte Windfelder

Die Modellresultate für den Ist-Zustand sind in den Abbildungen 3.5-4 und 3.5-5 sowie für den Soll-Zustand in den Abbildungen 3.5-6 und 3.5-7 wiedergegeben. Da es hinsichtlich der letztgenannten Abbildungen hauptsächlich auf die Wirkungen der geplanten Baumaßnahmen ankommt, sind die Ergebnisse für den Soll-Zustand jeweils in einem kleineren Ausschnitt, der nur das Plangebiet und seine nähere Umgebung umfasst, gezeigt. Die Darstellungen für den Ist- und Soll-Zustand zeigen Windrichtung und -geschwindigkeit in 2 m über Grund für (in beiden horizontalen Richtungen) jede zweite Gitterzelle in Form von Windpfeilen. Zusätzlich ist die flächenhafte Verteilung der Windgeschwindigkeit durch ein Farbraster veranschaulicht, wobei die zu jeder Farbklasse gehörenden Geschwindigkeitsbereiche nicht absolut, sondern im Verhältnis zur Anströmgeschwindigkeit angegeben sind: Gelbe und grüne bis blaue Farbtöne veranschaulichen (im Vergleich zur Anströmgeschwindigkeit) verringerte, weiße Flächen unveränderte und Orange bis Rot erhöhte Geschwindigkeiten. Die an einem Ort tatsächlich herrschende Windgeschwindigkeit ergibt sich dann durch Multiplikation des prozentualen Windwertes geteilt durch Hundert mit der Anströmgeschwindigkeit. Diese relative Darstellung ist sinnvoll aufgrund eines Ähnlichkeitsgesetzes für neutrale atmosphärische Strömungen und hat den Vorteil, unabhängig von der konkret gewählten Anströmgeschwindigkeit (hier 3,5 m/s) zu sein: Sie gilt auch für z.B. 5 m/s oder 10 m/s. Das genannte Ähnlichkeitsgesetz besagt, dass eine Erhöhung (oder Erniedrigung) der Anströmgeschwindigkeit um einen bestimmten Faktor bei ansonsten ungeänderten Bedingungen zu einer Änderung des gesamten Windfeldes um eben diesen Faktor führt. Für die dargestellte relative Windgeschwindigkeit ist auch der Begriff des "Windverstärkungsfaktors" in Gebrauch, zumeist als absolute Zahl anstelle des Prozentwertes angegeben.

Die genannten Abbildungen zeigen generell, dass das Windfeld durch die Bebauung in vielfältiger Weise beeinflusst wird. Erkennbar sind z.B. Windumlenkungen und Staubereiche vor Gebäudefronten, Kanalisierung der Strömung längs Straßenzügen, windschwache Leebereiche mit Strömungsabschwächungen unter 40 % der freien Anströmung wie auch Windverstärkungen an den Ecken und seitlichen Flanken der Gebäude.

Das Feld der Windgeschwindigkeit in Prozent der freien Anströmung für den **Ist-Zustand** und **Ostnordost-Anströmung** (Abb. 3.5-4) zeigt die Klasse "keine Veränderung" (über 90 % bis 110 % der freien Anströmung) über den Rheinauen, der südwestlichen Hälfte des zentralen Bereichs der Rennbahn, über den unbebauten Freiflächen in Neuss-Castrum nordwestlich und – im Gebiet Hammfeld I – südlich des Plangebiets. Diese Klasse ist auch im Zuge von – strömungsverstärkend wirkenden – Kanalisierungen im Bereich der AS Neuss-Hafen, über der Hammer Landstraße und über der Stresemannallee sowie im Bereich von Umströmungen südöstlicher und nordwestlicher Bebauungsecken oder entsprechender Eckenbereiche dicht mit Bäumen bestandener Flächen, zu finden. Die Klassen mit Windverstärkungen über das 1,1-fache der freien Anströmung stellen sich im Wesentlichen über den Wasserflächen des Rheins ein. Die dicht bebauten Zonen der Innenstadt und der – nur durch die Hafenbecken unterbrochenen – Gewerbe- und Industriegebiete des Hafens fallen dagegen mit ihren Zonen

der Strömungsabschwächung markant ins Auge. Entsprechend den Ausführungen im Kapitel 3.3 treten in den Leebereichen der Gebäudeumströmungen die geringsten Windgeschwindigkeiten mit Strömungsabschwächungen unter 40 % der freien Anströmung und auch zur Anströmung entgegengesetzte Strömungsrichtungen auf: Dies ist besonders gut in den leeseitigen Rückströmungen des Rheinpark-Centers entlang des Willy-Brandt-Ringes und leeseitig der Bebauung südlich der Stresemannallee – aber auch leeseitig der dichten, höheren Vegetation im Nordwesten des Plangebiets – zu erkennen. Der leeseitige Nachlaufbereich des Rheinpark-Centers ist dabei durch die Struktur seiner Bebauungshöhen zweigeteilt (blaue Farbklassen): Im Norden reicht er mit etwa 30 m gerade an den Willy-Brandt-Ring heran und im Süden mit bis zu 80 m Ausdehnung in das Planungsgebiet hinein, während der luvseitige Staubereich des Rheinpark-Centers mit der Leezone der östlich gelegenen Bebauung zusammenwächst. Leeseitig der baumbestandenen, teilweise bebauten Randzonen am Ostrand der Rennbahn werden ebenfalls die Klassen unter 40 % der freien Anströmung erreicht. Abgesehen von den Nachlaufbereichen der bebauten oder mit hoher Vegetation bestandenen Flächen ergeben sich bei dieser Anströmrichtung über dem sonstigen Planungsgebiet insgesamt nur die Klassen einer 30- bis 50 %igen Abschwächung der freien Anströmung. Über den ausgedehnteren Freiflächen setzt sich im Wesentlichen die ostnordöstliche Richtung der freien Anströmung durch.

Das normierte Windfeld für **Ostsüdost-Anströmung** (Abb. 3.5-5) weist die Klasse "keine Veränderung" ebenfalls über den Rheinauen und – gegenüber dem Zentrum nordwestlich nach Lee verschoben – über etwa der halben Rennbahnfläche aus. Im Zuge von Kanalisierungen stellt sich diese Klasse auch über dem Westrand des Hammfeld II und über dem südlichen Teil des Plangebiets ein und setzt sich – entlang der Richtungsachse der freien Anströmung orientiert – direkt westlich davon fort. Über der Freifläche nordwestlich des Plangebiets (Neuss-Castrum) wird diese Klasse leeseitig der umgebenden Bebauung jedoch nicht mehr erreicht; hier ergibt sich über ihrem zentralen Bereich eine Belüftung zwischen dem 0,7-fachen und dem 0,9-fachen der freien Anströmung. Eine Zone besonders starker Böigkeit mit einem Windverstärkungsfaktor von etwa 1,6 wird zwischen dem südöstlichen, luvseitigen Bereich des Rheinpark-Centers und der östlichen Bebauung in Höhe seines dort 14-stöckigen Gebäudes ausgewiesen. Im östlichen Bereich des Planungsgebiets ergeben sich Strömungsabschwächungen um weniger als 50 %, in seinem nördlichen Bereich um weniger als 30 % der freien Anströmung. Strömungsabschwächungen über 60 % sind im zentralen und nordwestlich daran angrenzenden Bereich des Plangebiets mit seiner Bebauung und seinen relativ dicht mit Bäumen bestandenen Flächen zu finden. Über den ausgedehnteren Freiflächen setzt sich im Wesentlichen die ostsüdöstliche Richtung der freien Anströmung durch.

Die Abbildung 3.5-6 zeigt das Windfeld für den **Soll-Zustand** und **Ostnordost-Anströmung**. Der Derendorfweg als Belüftungsschneise teilt bei dieser Anströmrichtung mit einer weniger als 30 %igen, stellenweise aber auch bis maximal 50 %igen Strömungsabschwächung den Bereich der geplanten Bebauung in eine gering durchlüftete nördliche und eine mäßig durchlüftete südliche Hälfte. Ein stärkeres Eingreifen der Strömung mit Windgeschwindigkeiten über 50 % der freien Anströmung ist im Zuge der Eckenumströmung der beiden nordöstlichen Baublöcke vom Willy-Brandt-Ring aus fest zu stellen; ohne jedoch bis zur zentralen Grünfläche zu reichen. Hier wird deutlich, dass im Kontext mit der luvseitig vorgelagerten langen Gebäudefront des Rheinpark-Centers die Regel für den minimalen Gebäudeabstand "Gebäudehöhe gleich Straßenfreiraumbreite" nur eine unzureichende Mindestanforderung

darstellt. Rückströmungen gegen die Richtung der freien Anströmung sind besonders entlang der leeseitigen Front der westlichen Blöcke der geplanten Bebauung und über der zentralen Grünfläche zu erkennen. Über der Hammer Landstraße im Norden des Plangebiets wird die Klasse der freien Anströmung ("über 90 bis 110 %") erreicht: Hier ergibt sich infolge der Baukörper eine stärkere Kanalisierung – und damit Beschleunigung – der Strömung.

Für **Ostsüdost-Anströmung** (Abb. 3.5-7) wird durch die Strömungsverstärkungen (Klasse "über 110 % bis 130 % der freien Anströmung") im Bereich des mit 10 Stockwerken geplanten südöstlichen Gebäudeblocks zusammen mit der starken Kanalisierung der Strömung über dem Willy-Brandt-Ring insgesamt eher eine Umströmung der geplanten Bebauung angezeigt. Entlang des Derendorfwegs werden 50 % der freien Anströmungsgeschwindigkeit nicht mehr durchgängig erreicht. Hier bilden sich im Lee der südlich gelegenen Blöcke eigene, teilweise rückläufige Strömungssysteme aus. Zwischen diesen Blöcken greift die Strömung von der Stresemannallee mit im Wesentlichen höchstens 30 % Abschwächung jedoch bis zum Derendorfweg durch. Das Geschwindigkeitsniveau der freien Anströmung wird erst wieder etwa 300 m leeseitig des westlichen Bebauungsrandes des Plangebiets über der (zukünftigen) Planfläche "Hammfeld II (West)" südlich der Hammer Landstraße erreicht.

3.5.4.2 Änderung der Durchlüftung

Die Abbildungen 3.5-8 und 3.5-9 zeigen die Auswertungen zur Änderung des Durchlüftungsindex (s. Kap. 3.5.3) vom jeweiligen Referenz- zum Planungszustand. Da die Auswirkungen der geplanten Bebauung im Hinblick auf das bereits durch die vorhandene Bebauung und Bepflanzung "gestörte" mittlere Windfeld zu bewerten sind, müssen die Blau- und Grünabstufungen³⁾ (Durchlüftungsverringerung bzw. -verstärkung) im Zusammenhang mit den Grauabstufungen (unveränderte Durchlüftung) betrachtet werden.

Für **Ostnordost-Anströmung** (Abb. 3.5-8) ergibt sich eine Änderung vom Ist-Status einer "guten" oder "mittleren Durchlüftung" zu "geringer Durchlüftung" entsprechend den Erläuterungen zu den normierten Windfeldern (Kap. 3.5.4.1) im Wesentlichen in den Leezonen sowie im unmittelbaren Staubereich der geplanten Bebauung. Über dem Derendorfweg wird jedoch durchgängig mindestens die Klasse "mittlere Durchlüftung" berechnet. Entsprechend der bereits im Ist-Zustand vorhandenen Bebauung und Flächen mit hoher Vegetation ergibt sich im Bereich des mittleren der westlichen geplanten Blöcke und über der zentralen Grünfläche die Klasse "geringe Durchlüftung (bleibt)". Verbesserungen der Durchlüftung ergeben sich im Zuge verstärkter Kanalisierung über dem Derendorfweg in Höhe der geplanten westlichen Bebauungsblöcke und stellenweise über dem Willy-Brandt-Ring sowie aufgrund der angenommenen Änderung der Flächennutzung im Nordwesten des Plangebiets. Den Rheinauen, der Rennbahn, den Freiflächen nördlich und südlich des Plangebiets sowie westlich Hammfeld II entlang der Langemarck- und Hammer Landstraße ist im Wesentlichen im Ist- wie auch Soll-

³⁾ Die in den Abbildungen vereinzelt auftretenden Elementarflächen mit grüner Farbgebung dürfen nicht überbewertet werden: Hierdurch werden nur Geschwindigkeiten markiert, die "gerade noch" in einer Klasse waren (Ist-Zustand) und "gerade noch" in eine nächsthöhere Klasse fallen (Soll-Zustand). Diese Elementarflächen sind daher eher einer "Grauwertklasse" zuzuordnen; für vereinzelt Elementarflächen mit blauer Farbgebung gilt das Entsprechende.

Zustand die Klasse "gute Durchlüftung" zugeordnet. Die Klasse "geringe Durchlüftung (bleibt)" findet sich in den Kernzonen der Industriebebauung des Hafens, der Innenstadt, des Rheinpark-Centers sowie in eher etwas ausgedehnteren, d.h. weniger linienhaften Bereichen mit dichter, hoher Vegetation.

Für **Ostsüdost-Anströmung** (Abb. 3.5-9) wird über dem Derendorfweg innerhalb der Leezonen der südlich geplanten Baublöcke die Klasse "gute wird geringe Durchlüftung" ausgewiesen und somit die Klasse einer mittleren Durchlüftung" im Soll-Zustand nicht mehr durchgängig erreicht. Zwischen den geplanten östlichen Baublöcken und der langen, westlichen Gebäudefront des Rheinpark-Centers errechnet sich über dem Willy-Brandt-Ring in Höhe der Einmündung des Derendorfweges infolge verstärkter Kanalisierung der Strömung die Klasse der "guten Durchlüftung". Die Klasse "gute Durchlüftung (bleibt)" stellt sich im Kontext der Umströmung des Plangebietes (vgl. Abb. 3.5-7) über der Stresemannallee und über den Planstraßen zwischen den südlichen Baublöcken ein. Ein besseres Eingreifen der Strömung in die Bebauung des Rheinpark-Centers westlich der Rheinallee wird – gegenüber der ostnordöstlichen Anströmung – durch eine verstärkte Ausweisung der Klasse "mittlere Durchlüftung" und entsprechend verringerte Bereiche mit "geringer Durchlüftung" markiert. Abgesehen von der Freifläche in Neuss-Castrum ergibt sich über den sonstigen Freiflächen mit der Klasse "gute Durchlüftung (bleibt)" keine Änderung in der Bewertung der Durchlüftung.

4 Zusammenfassung und Bewertung

4.1 Zusammenfassung

Die Stadt Neuss, vertreten durch das Stadtplanungsamt, hat den Deutschen Wetterdienst (DWD) beauftragt, im Rahmen des Verfahrens zum Bebauungsplan Nr. 431 ein amtliches Gutachten zu den klimatischen Auswirkungen der Planungsmaßnahme "Hammfeld II (Ost)" auf die Lufttemperatur- und Strömungsverhältnisse im Plangebiet und der näheren Umgebung zu erstellen. Es ist geplant, zu einem späteren Zeitpunkt auch den westlichen Teil der Planfläche "Hammfeld II" zu bebauen. Die hier vorgenommene Begutachtung sollte sich jedoch auf den östlichen Teil beschränken.

Die dafür erforderliche Beschreibung des klimatischen Soll-Zustandes erfolgt exemplarisch für eine sommerliche, schwachwindige Strahlungswetterlage mit ostnordöstlicher und ostsüdöstlicher Anströmung unter Berücksichtigung der Planungsmaßnahmen und unter Anwendung des thermodynamischen Stadtklimamodells MUKLIMO_3 des Deutschen Wetterdienstes. Diese Anströmrichtungen wurden gewählt, weil zum einen Ostnordost ("60 Grad") vom Plangebiet aus die direkte Anströmrichtung über die Rennbahn zum östlichen Bebauungsrand der Innenstadt ist und weil zum anderen Ostsüdost ("120 Grad") bei solchen Wetterlagen eine häufige Windrichtung über dem Gebiet "Hammfeld II" darstellt. Die Untersuchung der Veränderung des mittleren Windfeldes durch die Planungsmaßnahmen erfolgt mit der Strömungsversion dieses Modells exemplarisch ebenfalls für diese zwei ausgewählten Anströmungen. Bei der Beschreibung des Ist-Zustandes wurde jeweils angenommen, dass das Gebiet Hammfeld II (West), die Rennbahn und die Rheinauen im derzeitigen Zustand (Referenzzustand) verbleiben und mit Stand der Planunterlagen (s. Kap. 3.4.1) einige Freiflächen der Entwicklungsgebiete Neuss-Castrum und Hammfeld I noch unbebaut sind.

Für die Modellrechnungen mit dem Stadtklimamodell MUKLIMO_3 zur Berechnung von Lufttemperatur- und Windfeldern im Tagesgang einer typischen Sommersituation wurden dabei für die jeweiligen Anströmrichtungen je eine Simulation für den Ist- sowie den Soll-Zustand für den Tagbogen der Sonne vom 30. Juli durchgeführt. Da die Monate Juli und August im Raum Neuss/Düsseldorf die Jahreszeit mit den meisten schwachwindigen Strahlungswetterlagen darstellt, repräsentiert dieser Termin den angemessenen Zeitpunkt für diesen Zeitraum. Der Rahmen des vorliegenden Gutachtens umfasst keine thermophysiologische Analyse der Modellergebnisse (s. z.B. JENDRITZKY u.a., 1990). Eine wertende Beschreibung der berechneten Verteilungen der bodennahen Lufttemperatur ermöglicht jedoch ihre Klassifizierung in Klassen des "städtischen Wärmeinseleffektes" anhand flächennutzungstypischer Lufttemperaturen (Siedlungs- und Freiflächentemperatur) des Untersuchungsgebietes zum gleichen Zeitpunkt.

Das Modellgebiet umfasst eine Fläche von ca. 3,0 km × 2,6 km. Es reicht im Osten bis über den Rhein, im Süden bis über den Südrand der Flur "Am Kanal", im Westen umfasst es den wesentlichen Teil der Innenstadt und im Norden etwa die südliche Hälfte des Hafens. Insgesamt wird das innere Modellgebiet in 60 × 49 horizontale Gitterzellen unterteilt, deren Abmessungen über dem Plangebiet zumeist 30 m bis 40 m, außerhalb bis 50 m betragen; die höchste Flächenauflösung mit bis zu 30 m × 30 m wird im Bereich des für die Bebauungen der Planungsmaßnahme vorgesehenen Areals erreicht.

Das Modellgebiet für die Windfeldberechnungen ist in 135×98 Zellen unterteilt und umfasst – gegenüber dem Modellgebiet für die Berechnungen zur Sommersituation – einen nur unwesentlich kleineren Bereich von ca. $2,8 \text{ km} \times 1,9 \text{ km}$ des betrachteten östlichen Stadtgebietes von Neuss, erreicht aber über dem Plangebiet selbst mit einer Auflösung von 10 m und mit einer maximalen Flächenauflösung von $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ größere Auflösungen. Dies gestattet für die Windfeldberechnungen die Bebauung über dem Plangebiet und seiner näheren Umgebung im Ist- und Soll-Zustand im Wesentlichen "aufgelöst" darzustellen. Die Windfelder der Strömungssimulationen werden mit der Windgeschwindigkeit der freien Anströmung von etwa 3,5 m/s in 2 m über Grund normiert dargestellt. Diese relative Darstellung ist sinnvoll aufgrund eines Ähnlichkeitsgesetzes für neutrale atmosphärische Strömungen und hat den Vorteil, unabhängig von der konkret gewählten Anströmgeschwindigkeit zu sein. Die berechneten Windfelder sind für neutrale atmosphärische Schichtungen sowie – bei Überlagerung überregionaler Druckgradienten beim Antrieb lokaler Strömungen – auch für schwach labile oder schwach stabile ("nahe neutrale") Schichtungen repräsentativ. Der Bezug der berechneten Windgeschwindigkeiten auf diejenige der freien Anströmung in gleicher Höhe über Grund gestattet ihre Bewertung anhand einer Klassifizierung in "Durchlüftungsklassen".

Ein Vergleich der Modellsimulationen zu schwachwindigen Strahlungswetterlagen mit Literaturangaben und den grundsätzlichen Ergebnissen der Feldmessungen vom Februar 1993 (Kap. 3.4.4.3 u. DWD, 1993) zeigt eine gute Übereinstimmung der Modellergebnisse insbesondere im Hinblick auf die berechneten Erhöhungen der Lufttemperatur über dem Plangebiet bzw. die gemessene Verteilung der städtischen Wärmeinsel im Untersuchungsgebiet sowie der teilweisen Abkopplung der Strömung über der Planfläche Hammfeld II und der Rennbahn von derjenigen über den Rheinauen während der späten Abend- und Nachtstunden.

Die eingangs gestellten Fragen 1) bis 5) (s. Kap. 1) sind im Ergebnis der Modellrechnungen zusammenfassend wie folgt zu beantworten:

Zu Frage 1 (*"Welche Auswirkungen des Planungsvorhabens auf die thermischen Bedingungen im Plangebiet und seiner näheren Umgebung – insbesondere am Ostrand der Neusser City – sind für zwei typische Anströmrichtungen bei schwachwindigen Strahlungswetterlagen zu erwarten?"*)

Die berechneten Lufttemperaturfelder für die Anströmung aus Ostsüdost sind im Vergleich zu denen der Ostnordost-Anströmung zu allen betrachteten Zeitpunkten, besonders aber in den frühen Abend- und Nachtstunden bzw. zum 21- und 3-Uhr-Termin, stärker durch die von den Rheinauen zugeführte kühlere Luft geprägt.

Ab der vormittäglichen Erwärmung bis zum Beginn der Abkühlung der bodennahen Luftschicht verbleiben die Änderungen der Lufttemperatur für beide Anströmrichtungen im Wesentlichen über dem Plangebiet "Hammfeld II (Ost)" und erreichen mit +2,5 K den gleichen Wert der maximalen Temperaturerhöhung. Bei ostnordöstlicher Anströmung werden zum 15-Uhr-Termin südwestlich über der Stresemannallee und der südlich angrenzenden Bebauung noch Werte zwischen +0,5 und +0,75 K, bis etwa 200 m südwestlich der Plangebietsgrenze noch mehr als +0,25 K erreicht. Bei ostsüdöstlicher Anströmung reichen Temperaturänderungen von mehr als +0,25 K in nordöstlicher bis nördlicher Richtung bis über die Hammer Landstraße.

In den frühen Abendstunden ergibt sich bei **ostnordöstlicher Anströmung** über dem Plangebiet insgesamt eine Erwärmung um etwa 0,7 K. Über den südöstlichen Bauflächen mit der geplanten 10-geschossigen Bebauung wird die Klasse der Temperaturänderungen über +1,0 K mit einem maximalen Wert von +1,4 K erreicht. Südlich der Plangebietsgrenze reichen

Temperaturerhöhungen bis +1 K etwa 100 m, über +0,25 K bis etwa 400 m weit. In den Nachtstunden werden im Gebiet Hammfeld I entlang des Hammfelddamms Temperaturerhöhungen von mindestens +0,75 K, zwischen Stresemannallee und Hellersbergstraße Temperaturerniedrigungen von dem Betrage nach mehr als -0,75 K erreicht. Der maximale Wert der Temperaturerniedrigung errechnet sich über den Freiflächen westlich der BAB A57 in Höhe der Carl-Schurz-Straße mit -1,3 K. Über dem Plangebiet selbst sind über dem luvseitigen Nordteil Erhöhungen der Lufttemperatur gegenüber dem Referenzzustand verbreitet nur dem Bereich um +0,5 K, über dem leeseitigen Südteil dem Bereich um +1 K zuzuordnen. Der Maximalwert wird mit +2,1 K im Bereich der geplanten 10-geschossigen Bebauung erreicht.

In den frühen Abendstunden werden bei **ostsüdöstlicher Anströmung** Erhöhungen um 1 K bis etwa 500 m im Lee der geplanten Bebauung berechnet. Über der Stresemannallee wird die gegenüber dem Ist-Zustand verstärkte Kanalisierung des Zustroms kühlerer Luft an Temperaturerniedrigungen um maximal 0,6 K erkennbar. In den Nachtstunden verdeutlichen die maximale Lufttemperaturänderung von +3,1 K über dem Plangebiet und das weite Ausgreifen der Änderungsklassen unter +0,75 K gegenüber den Ergebnissen der Ostnordostanströmung den Einfluss der geplanten Baumaßnahmen auf die im Referenzzustand von den Rheinauen und vom Gebiet Hammfeld II noch vergleichsweise ungestört zuströmende Kaltluft. Bis etwa 500 m in Lee des Westrandes der geplanten Bebauung werden noch Temperaturänderungen um +1 K erreicht. Der verstärkte Zustrom kühlerer Luft über der Stresemannallee infolge der Kanalisierung der Strömung bewirkt auch Temperaturabnahmen um maximal 1,7 K.

Während der Mittags- und Nachmittagsstunden zeigt die **Indexauswertung der Lufttemperatur** für beide Anströmrichtungen mit den Übergängen "Ist wird Soll" generell die Änderung "keine wird schwache Wärmeinsel" über dem Plangebiet und die stärksten Änderungen "keine wird ausgeprägte Wärmeinsel" über den geplanten westlichen Baufeldern. In den frühen Abendstunden tritt – ausgehend von der südwestlichen Hälfte des Plangebiets – entlang der Richtungsachse der **ostnordöstlichen Anströmung** nur die Änderungsklasse "schwache wird ausgeprägte Wärmeinsel" auf, die beiderseits der Rennbahn allerdings nur durch Temperaturerhöhungen unter +0,25 K induziert werden.

In den Nachtstunden wird die unterschiedlich schnelle, flächennutzungstypische Abkühlung an der Verteilung der Klasse "kein Wärmeinsel-Effekt (bleibt)" über der Rennbahn und im Übergang zum Rosengarten deutlich. Die klimaökologische Ausgleichsleistung der Rennbahn wird an der Bewertung mit dieser geringsten Wärmeinselklasse – auch bis etwa 200 m in die Bebauung südlich der Rennbahn eingreifend – sichtbar. Die Zufuhr wärmerer Luft von und die Umströmung der Planungsmaßnahmen in das südlich angrenzende Gebiet Hammfeld I bewirkt im Kontext mit einem verstärkten Zustrom kühlerer Luft von der westlich gelegenen Rennbahn als auch von den östlich gelegenen Rheinauen Änderungen von "schwache wird keine" bzw. "ausgeprägte wird schwache Wärmeinsel". Im Zuge des Zustroms kühlerer Luft von den Rheinauen wird in Höhe des Parkplatzes an der Ecke Carl-Schurz-Straße/Hammfelddamm sogar die – hier mit Temperaturerniedrigungen gegenüber dem Referenzzustand um mehr als 1 K verbundenen – maximale Klasse "ausgeprägte wird keine Wärmeinsel" erreicht. Gerade der letztgenannte Sachverhalt unterstreicht eindrucksvoll die ausgleichende Wirkung von möglichst nahe gelegenen, hinreichend ausgedehnter Grünflächen auf die Lufttemperaturverteilung innerhalb bebauter Stadtquartiere, wenn der Zustrom kühlerer Luft durch lange, geschlossene Baufronten nicht behindert wird.

Bei **ostsüdöstlicher Anströmung** ist in den frühen Abendstunden der gegenüber dem Ist-Zustand verringerte Zustrom kühlerer Luft des "Grünflächen-Klimatops" der Rheinauen und der Planfläche Hammfeld II im Wesentlichen an den Änderungsklassen "keine wird

schwache" bzw. "schwache wird ausgeprägte Wärmeinsel" bis über die Freifläche in Neuss-Castrum erkennbar. Der über der Stresemannallee verstärkte Zustrom kühlerer Luft von den Rheinauen bewirkt die Änderungsklasse "schwache wird keine Wärmeinsel". Die Grünflächen der Rennbahn und des Stadtgartens weisen auch im Ist-Zustand infolge des mit zunehmender Stabilisierung stärker horizontal erfolgenden Wärmetransports aus den bebauten Zonen nur die Übergangsklasse auf.

Die Bewertung des Lufttemperaturfeldes anhand der flächennutzungstypischen Kennwerte für die Nachtstunden (um 3 Uhr) belässt die vergleichsweise hohen Temperaturänderungen über dem Plangebiet im Wesentlichen in der Übergangsklasse. Die in der stark stabilen Schichtung sich weiträumiger auswirkenden Planungsmaßnahmen induzieren dagegen mit den eher geringen Lufttemperaturänderungen von maximal +0,75 K Änderungen die Klasse "schwache wird ausgeprägte Wärmeinsel" auch im Bereich des Hafens. Die Wirkung der Rheinauen wird bei ostsüdöstlicher Anströmrichtung über dem östlichen Teil des Plangebiets wie auch über dem größten Teil des Gebiets Hammfeld I sowie mit einem weiten Eingreifen an den luvseitigen Bebauungsrandern mit der Klasse "kein Wärmeinsel-Effekt (bleibt)" deutlich. Über der Rennbahn und dem Stadt- bzw. Rosengarten wird diese Klasse jedoch "eigenbütig" erreicht.

Über der südwestlichen Hälfte der Rennbahn und der Neusser Innenstadt werden für beide Anströmrichtungen zu keinem Zeitpunkt Änderungen des Wärmeineleffektes gegenüber dem Ist-Zustand berechnet.

Zu Frage 2 (*"Welche Änderung der Durchlüftung in einer Referenzhöhe von 2 m über Grund ergibt sich leeseitig der Planungsmaßnahme – insbesondere am Ostrand der Neusser City – für diese Wetterlagen?"*)

Für **Ostnordost-Anströmung** ergibt sich eine Änderung vom Ist-Status einer "guten" oder "mittleren Durchlüftung" zu "geringer Durchlüftung" im Wesentlichen in den etwa 50 bis 100 m ausgedehnten Leezonen sowie im unmittelbaren Staubereich der geplanten 6- bzw. 10-geschossigen Bebauung. Über dem Derendorfweg wird jedoch durchgängig mindestens die Klasse "mittlere Durchlüftung" berechnet. Entsprechend der bereits im Ist-Zustand vorhandenen Bebauung und Flächen mit hoher Vegetation ergibt sich im Bereich des mittleren der westlichen geplanten Blöcke und über der zentralen Grünfläche die Klasse "geringe Durchlüftung (bleibt)". Verbesserungen der Durchlüftung ergeben sich im Zuge verstärkter Kanalisierung über dem Derendorfweg in Höhe der geplanten westlichen Bebauungsblöcke und stellenweise über dem Willy-Brandt-Ring sowie aufgrund der angenommenen Änderung der Flächennutzung im Nordwesten des Plangebiets. Den Rheinauen, der Rennbahn, den Freiflächen nördlich und südlich des Plangebiets sowie westlich Hammfeld II entlang der Lange-marck- und Hammer Landstraße ist im Wesentlichen im Ist- wie auch Soll-Zustand die Klasse "gute Durchlüftung" zugeordnet.

Für **Ostsüdost-Anströmung** wird über dem Derendorfweg innerhalb der bis 100 m ausgedehnten Leezonen (s.o.) der südlich geplanten Baublöcke die Klasse "gute wird geringe Durchlüftung" ausgewiesen und somit die Klasse einer "mittleren Durchlüftung" im Soll-Zustand nicht mehr durchgängig erreicht. Zwischen den geplanten östlichen Baublöcken und der langen, westlichen Gebäudefront des Rheinpark-Centers errechnet sich über dem Willy-Brandt-Ring in Höhe der Einmündung des Derendorfweges infolge verstärkter Kanalisierung der Strömung die Klasse der "guten Durchlüftung". Die Klasse "gute Durchlüftung (bleibt)" stellt sich im Kontext der Umströmung des Plangebietes über der Stresemannallee und über den Planstraßen zwischen den südlichen Baublöcken ein. Über der Freifläche der Rennbahn ergibt

sich mit der Klasse "gute Durchlüftung (bleibt)" keine Änderung in der Bewertung der Durchlüftung.

Mit der Klasse "geringe Durchlüftung" und mit der Übergangsklasse "mittlere Durchlüftung" ergeben sich für beide Anströmrichtungen keine Änderungen der Durchlüftung innerhalb der Neusser City bzw. entlang ihres östlichen Bebauungsrandes.

Zu Frage 3 (*"Welche horizontale Ausdehnung hat die Änderung des Windfeldes bei diesen Anströmrichtungen?"*)

Der Derendorfweg als Belüftungsschneise teilt bei **Ostnordost-Anströmung** mit einer weniger als 30 %igen, stellenweise aber auch bis maximal 50 %igen Strömungsabschwächung den Bereich der geplanten Bebauung in eine gering durchlüftete nördliche und eine mäßig durchlüftete südliche Hälfte. Ein stärkeres Eingreifen der Strömung mit Windgeschwindigkeiten über 50 % der freien Anströmung ist im Zuge der Eckenumströmung der beiden nordöstlichen Baublöcke vom Willy-Brandt-Ring aus fest zu stellen; ohne jedoch bis zur zentralen Grünfläche zu reichen. Hier wird deutlich, dass im Kontext mit der luvseitig vorgelagerten langen Gebäudedefront des Rheinpark-Centers die Regel für den minimalen Gebäudeabstand "Gebäudehöhe gleich Straßenfreiraumbreite" nur eine unzureichende Mindestanforderung darstellt. Rückströmungen gegen die Richtung der freien Anströmung sind besonders entlang der 50 bis 100 m ausgedehnten leeseitigen Front der westlichen Blöcke der geplanten 6- bzw. 10-geschossigen Bebauung und über der zentralen Grünfläche zu erkennen. Über der Hammer Landstraße im Norden des Plangebiets wird die Klasse der freien Anströmung ("über 90 bis 110 %") erreicht: Hier ergibt sich infolge der Baukörper eine stärkere Kanalisierung – und damit Beschleunigung, aber auch verstärkte Böigkeit – der Strömung.

Für **Ostsüdost-Anströmung** wird durch die Strömungsverstärkungen (Klasse "über 110 % bis 130 % der freien Anströmung") im Bereich des mit 10 Stockwerken geplanten südöstlichen Gebäudeblocks zusammen mit der starken Kanalisierung der Strömung über dem Willy-Brandt-Ring insgesamt eher eine Umströmung der geplanten Bebauung angezeigt. Entlang des Derendorfwegs werden 50 % der freien Anströmungsgeschwindigkeit nicht mehr durchgängig erreicht. Hier bilden sich über dem Derendorfweg im Lee der südlich gelegenen Blöcke eigene, teilweise rückläufige Strömungssysteme aus. Zwischen diesen Blöcken greift die Strömung von der Stresemannallee mit im Wesentlichen höchstens 30 % Abschwächung jedoch bis zum Derendorfweg durch. Das Geschwindigkeitsniveau der freien Anströmung wird erst wieder etwa 300 m leeseitig des westlichen Bebauungsrandes des Plangebiets über der (zukünftigen) Planfläche "Hammfeld II (West)" südlich der Hammer Landstraße erreicht.

Die für beide Anströmrichtungen zu allen Zeitpunkten im Bereich der nordöstlichen bzw. südwestlichen Ecke des Plangebietes berechneten Änderungen des Windvektors sind dem Luvwirbel des nordöstlichen bzw. des südöstlichen Bebauungsblockes zuzuordnen und markieren die geplanten Baumaßnahmen dort als Strömungshindernis. Besonders während stark stabiler Schichtungen reichen diese – wenngleich mit größtenteils weniger als 0,25 m/s schwachen – Verringerungen der Windgeschwindigkeit bis zu 200 m weit. Während somit bei schwach stabilen bis labilen Schichtungen die Änderungen im Wesentlichen auf das Plangebiet und den Willy-Brandt-Ring sowie die Stresemannallee beschränkt bleiben, werden bei ostsüdöstlicher Anströmung und stark stabiler Schichtung während der Nachtstunden mit dem Modell im Soll-Zustand Abschwächungen auf unter 20 % der Strömungsgeschwindigkeit des Ist-Zustandes etwa 500 m weit bis zur Hammer Landstraße simuliert.

Die Fragen 4) und 5) werden in den nachfolgenden Kapiteln 4.2 bzw. 5 beantwortet.

4.2 Bewertung

Bei schwachwindigen Wetterlagen mit intensiver kurzweiliger Einstrahlung prägen sich die unterschiedlichen Eigenschaften der Erdoberfläche der atmosphärischen Grenzschicht am deutlichsten auf. Abschätzungen über die klimatischen Auswirkungen von Flächennutzungsänderungen werden daher für sommerliche Strahlungswetterlagen vorgenommen. Zu anderen Jahreszeiten, bei höheren Windgeschwindigkeiten oder bewölktem Himmel wirken sich die unterschiedlichen Eigenschaften der Erdoberfläche geringer aus.

Für die klimatische Bewertung müssen die Modellresultate in den Rahmen der bestehenden regionalen und lokalen klimatischen Verhältnisse eingeordnet werden (s.a. DWD (1993)). Besonders aussagekräftig sind

- das Jahresmittel der Lufttemperatur im Zeitraum 1993 bis 2002 in Düsseldorf-Flughafen (freie Stadtrandlage) von 10,8 °C, in Duisburg-Friemersheim⁴⁾ (durch Bebauung beeinflusste Stadtlage) von 11,3 °C mit mittleren Juli-Mitteln in Düsseldorf-Flughafen von 18,8 °C bzw. in Duisburg-Friemersheim von 19,3 °C,
- das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit an der Windmessstation Düsseldorf-Flughafen von 4,1 m/s,
- die mittlere Häufigkeit von Windgeschwindigkeiten kleiner oder gleich 3,5 m/s, die in freiem Gelände im Jahresmittel 45,7 % (in den Monaten Juni bis August 59,4 %) beträgt,
- die mittlere jährliche Häufigkeit von nordnordöstlichen bis südsüdöstlichen Windrichtungen von 20,4 % bei Windgeschwindigkeiten kleiner oder gleich 3,5 m/s,
- die mittlere jährliche Anzahl windschwacher Strahlungsnächte (40 pro Jahr) im Raum Neuss / Düsseldorf, die bevorzugt in der warmen Jahreszeit auftreten (im Mittel im Juli und August zusammen 14 Nächte).

Für die im recht warmen Klima des Oberrheingrabens in Siedlungsrandlage am Übergang zu landwirtschaftlicher Nutzung gelegene Station Mannheim des Deutschen Wetterdienstes sind die im Zeitraum 1993 bis 2002 vergleichbaren Werte

- ein Jahresmittel der Lufttemperatur von 11,1 °C mit einem mittleren Juli-Mittel von 20,0 °C,
- ein Jahresmittel der Windgeschwindigkeit von 2,9 m/s,
- Windgeschwindigkeiten, die in freiem Gelände im jährlichen Mittel zu 69 % (in den Monaten Juli und August sogar zu 78 %) unter der Schwelle von 3,5 m/s liegen,
- eine mittlere jährliche Anzahl windschwacher Strahlungsnächte von 71 pro Jahr (Juli und August zusammen 21,3 Nächte).

⁴⁾ Eine etwa 20 km nördlich vom Plangebiet – ebenfalls auf dem linken Rheinufer – gelegene Klimastation des Deutschen Wetterdienstes.

Die vergleichsweise höhere Anzahl windschwacher Strahlungsnächte und niedrigeren Windgeschwindigkeiten in Mannheim gegenüber dem Raum Neuss/Düsseldorf lassen auf den ersten Blick die klimatischen Bedingungen einer verhältnismäßig noch freien Neusser Innenstadtrandlage moderat erscheinen. Eine nähere Betrachtung relativiert jedoch das Bild: Zum einen sind die orographischen Bedingungen des Oberrheingrabens⁵⁾ gegenüber der flachwelligen Landschaft des Neusser Raumes für stärkere Ausprägungen des Lufttemperatur- und Wind-"Klimas" verantwortlich, zum anderen weist das für eine städtische Lage exemplarische Jahresmittel der Lufttemperatur von Duisburg-Friemersheim gegenüber demjenigen um immerhin 0,5 °C geringeren "Umlandwert" von Düsseldorf-Flughafen sowie mit seinem – trotz der günstigeren regionalen Verhältnisse – sogar um 0,2 °C höheren Wert als an der Station Mannheim markant auf den typischen Wärmeinseleffekt im Raum Neuss/Düsseldorf hin. Ein Vergleich der oben genannten mittleren jährlichen Lufttemperaturen im Juli unterstreicht diesen Sachverhalt, auch wenn in Mannheim erwartungsgemäß mit 20,0 °C der höchste dieser Werte gemessen wird.

Diese klimatischen Verhältnisse bedingen, dass bei Planvorhaben im Bereich der Stadt Neuss die Aspekte der Durchlüftung sowie möglicher thermischer Belastungen besondere Beachtung verdienen. Dies gilt umso mehr, als die Planungsmaßnahme "Hammfeld II (Ost)" eine Bebauung vorsehen, wie sie auch in zentralen Bereichen von Großstädten anzutreffen ist: An schwachwindigen sommerlichen Strahlungstagen verbleiben die mikroklimatischen Auswirkungen hinsichtlich der Verteilung der Lufttemperatur nur tagsüber im Wesentlichen im Bereich der Planungsmaßnahme, in den späten Abend- und Nachtstunden sind bei Anströmungen aus ostnordöstlichen bis ost-südöstlichen Richtungen wesentliche Auswirkungen auch auf die Bebauungslagen südlich bis südwestlich bzw. nordwestlich bis nördlich des Plangebiets zu erwarten.

Eine Bewertung der bioklimatischen Auswirkungen der Lufttemperatur sollte in Rechnung stellen, dass

- im jeweiligen leeseitigen Bereich der Planungsmaßnahme und insbesondere
- über ihrem Südteil mit seiner geplanten 10-stöckigen Bebauung

die Anhebung des Lufttemperaturniveaus in den Abend- und späten Nachtstunden bis zu denen eines "ausgeprägten Wärmeinseleffektes" entsprechend den dichteren Bebauungen im Bereich der Neusser Innenstadt, mindestens aber eine Anhebung in den Übergangsbereich "schwacher Wärmeinseleffekt" entsprechend ihrer Randzonen, erfolgt. In Bezug zu der im Untersuchungsgebiet im Bereich der Achse "Innenstadt – Rennbahn – Rheinauen nördlich der AS Neuss-Hafen" für die Nachtstunden berechneten flächennutzungstypischen Spanne der bodennahen Lufttemperatur von 3,0 K bedeutet dies für die Anhebung des Lufttemperaturniveaus

- über dem Planungsgebiet um mehr als 2 K entsprechend etwa 70 % bzw.
- bis in eine leeseitige Entfernung von etwa 500 m um ca. 1 K entsprechend etwa 35 %

⁵⁾ geringeres Jahresmittel der Windgeschwindigkeit infolge Windabschirmung durch die umliegenden Mittelgebirge, dadurch verstärkte Wärmebelastung während Strahlungswetterlagen bei gleichzeitiger starker nord-südlicher Richtungskanalisation des Windes

dieser Spanne. Dabei ist die Wärmebelastung des Menschen im Zusammenhang mit der Windgeschwindigkeit wesentlich vom Wärmestrahlungsfeld der ihn umgebenden Gebäude-, Straßen- und Vegetationsoberflächen bestimmt: Im Hinblick auf die derzeitige, vergleichsweise geringe Bebauung und Versiegelung des Plangebietes ist daher zur thermischen Wirkung der Planungsmaßnahme auf ihre Umgebung bei schwachwindigen Strahlungswetterlagen grundsätzlich anzumerken, dass das "Wärmeinselarchipel", das im betrachteten östlichen Bereich der Stadt Neuss durch die ausgedehnten Grünflächen der Rennbahn, dem westlichen Teil der Planfläche Hammfeld II sowie einer noch als unbebaut angenommenen Freifläche im Bereich Neuss-Castrum durch Trennung einzelner Wärmeinseln derzeit noch gebildet wird, mehr zusammenwächst: Die Tendenz, je nach Anströmung eine mehr oder weniger ausgeprägte, gemeinsame Wärmeinsel auszubilden, wird ansteigen. Dies geschieht umso mehr, als die zu erwartende Summenwirkung weiterer Bebauungen und Versiegelungen im Bereich der Entwicklungsgebiete Hammfeld I und Neuss-Castrum sowie zukünftig auch von Hammfeld II (West) die Erwärmung an sommerlichen Strahlungstagen noch verstärken wird. Für den Menschen sind dabei jedoch nicht einzelne "Hot Spots" von Bedeutung, sondern die Möglichkeit, immer wieder Schattenzonen und kühlere Bereiche über oder unter verdunstenden Oberflächen (Begrünung, Baumreihen) aufsuchen zu können (BRÜNDL u.a., 1986).

Fazit:

Im Bereich der geplanten Bebauung des – mit Planhöhen bis zu 10 Stockwerken bei einer Grundflächenzahl von etwa 0,5 und einer Versiegelung bis zu 80 % – teilweise einer dichten Blockbebauung ähnlichen Vorhabens "Hammfeld II (Ost)" zeigen sich die klimatischen Auswirkungen vor Ort anhand einer verstärkten Wärmeinselausbildung über den versiegelten und bebauten Flächen des Geländes und seiner näheren Umgebung. Dies entspricht bei Betrachtung der berechneten Lufttemperaturänderungen in den späten Abend- und Nachtstunden im Bereich des Plangebietes und der nördlich der Hammer Landstraße bzw. südlich der Stresemannallee gelegenen Bebauung gegenüber dem Vergleichszustand einer Anhebung um etwa 35 bis 70 % der Spanne des Wärmeineleffektes, wie er bei vergleichbarer Wetterlage zwischen der Innenstadtbebauung und den größeren, teilweise baumbestandenen Grünflächen (Rennbahn und Rheinauen) des Untersuchungsgebietes zu erwarten ist. Für das – insbesondere bei ostnordöstlicher bis östlicher Anströmung nicht mehr im direkten Einflussbereich der Luftströmung über den Rheinauen liegende – Plangebiet errechnet sich gegenüber dem Vergleichszustand eine wesentliche Verringerung der spätabend- und nächtlichen Abkühlung an Strahlungswetterlagen. Wesentliche klimatische Auswirkungen durch die Planungsmaßnahmen "Hammfeld II (Ost)" auf die östlichen Randlagen der Innenstadt sind nicht festzustellen.

Damit haben die zusätzlichen Bebauungen und Versiegelungen im betrachteten Entwurf des Bebauungsplans für sich genommen bereits wesentliche Auswirkungen auf das, allerdings durch die Flächennutzung der weiteren Umgebung bereits durch Bebauung mitgeprägte, Lokalklima. Daher muss auf die Summenwirkung in Bezug auf die örtlichen Klimaverhältnisse – insbesondere der östlichen Randzonen der Innenstadt und über zusätzlichen Planflächen – bei Realisierung evtl. zukünftiger Baumaßnahmen (Wohn- und Bürobebauung), die ebenfalls durch "Nutzungsdruck" planerisch begründet werden, hingewiesen werden.

5 Planungsempfehlungen

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass mit der Durchführung des Bauvorhabens eine ökologische Ausgleichsfläche verloren geht. Die im Gutachten aufgezeigten Folgen sind die

- Entstehung eines neuen Wärmeinselnzentrums über dem Plangebiet sowie eine
- Ausdehnung und verringerte Separierung der bestehenden Wärmeinselnzentren im Bereich Neuss-Castrum, Rheinpark-Center und Hammfeld I im Norden, Westen bzw. Süden des Plangebietes.

Ein weiterer Aspekt ist, dass die

- zwar bereits eingeschränkte, aber noch gegebene Anbindung der Ausgleichsfläche "Rennbahn" mit angrenzenden Grünflächen an die südöstlich zum Plangebiet gelegenen Rheinauen weiter eingeengt wird. Die nächtliche Absenkung des Lufttemperaturniveaus mit Auswirkungen auf den östlichen Rand der Innenstadt bzw. die sonstige angrenzende Bebauung erfolgt im Wesentlichen nur noch lokal über den verbleibenden Grünflächen der Rennbahn.

Der vollständigen Erhaltung der verbleibenden klimaökologischen Ausgleichsleistung der Rennbahn und der Rheinauen kommt daher eine zentrale Bedeutung zu.

Die Versiegelung im gesamten Plangebiet sollte generell so gering wie möglich gehalten und besonders großflächige Bodenversiegelungen vermieden werden. Die auf dem Plangebiet vorgesehenen Grünflächen sollten, nicht zu dicht, sondern mehr parkähnlich, auch mit hochstämmigen, großkronigen Laubbäumen bepflanzt werden. Die hierdurch erzielbaren wohltuenden Wirkungen – gleiches gilt auch für Baumreihen im Straßenraum – ergeben sich zum einen dadurch, dass der Energieumsatz der Sonnenstrahlung in Wärme nach oben verlagert wird. Die Lufttemperatur in Bodennähe erniedrigt sich daher und der Rückgang der Luftfeuchtigkeit wird verringert. Zum anderen wird der entstehende Schatten an heißen Tagen als angenehm kühl empfunden, d.h. die Wärmebelastung wird verringert. Zudem schwächt das Laub der Bäume die Böigkeit des Windes und setzt durch seine Filterwirkung auch die Immissionen, insbesondere von Stäuben, herab.

Zwar verringern hochstämmige Laubbäume auch in hinreichend breiten Straßenschluchten, insbesondere während allochthoner Wetterlagen, die mittlere Windgeschwindigkeit. Während solcher Wetterlagen stellt die Durchlüftung im Allgemeinen jedoch kein Problem dar. An schwachwindigen Strahlungswetterlagen (autochthone Wetterlagen) ist dagegen der bremsende Effekt von Baumreihen im Verhältnis zu ihren "wohltuenden Wirkungen" (s.o.) untergeordnet.

Im Einzelnen sind aus klimatologischer Sicht folgende Punkte zu beachten:

1. Die Beibehaltung der Grünfläche der Rennbahn inklusive ihrer baumbestandenen Randflächen sollte unbedingt angestrebt und eine vorrangige Sicherung dieser Flächen vor (weiterer) Bebauung und Versiegelung festgeschrieben werden.
2. Der Förderung einer möglichst guten Be- und Entlüftung des Plangebietes über die nord-südlich und west-östlich orientierten Planstraßen kommt besonders während sommerlicher Schwachwindsituationen eine große Bedeutung zu. Die Sicherstellung einer hinreichenden

Durchlüftung des Plangebietes während schwachwindiger Wetterlagen sollte daher durch entsprechend breite Straßenzüge und Abstände zwischen den Bebauungsblöcken sichergestellt werden: Der Quotient "Gebäudehöhe zu Straßenbreite" sollte überall im Plangebiet einen Wert von Eins oder kleiner Eins aufweisen. Um der besonderen Bedeutung west-östlich orientierter Straßenzüge bei autochthonen Wetterlagen Rechnung zu tragen, sollte der Straßenfreiraum des Derendorfswegs als der zentralen Planstraße mindestens dem 1,5-fachen, möglichst aber dem 2-fachen der maximal angrenzenden Bebauungshöhe entsprechen. Im Hinblick auf eventuelle Planungen über dem westlichen Teil von Hammfeld II gilt für die Hammer Landstraße und die Stresemannallee/Langemarckstraße das Entsprechende. Entlang der geplanten Straßen sollten – wie bereits vorgesehen – möglichst beidseitig hochstämmige Laubbäume gepflanzt werden.

3. Längere geschlossene Baufronten (ab ca. 50 m Länge) mit einer nord-südlichen Orientierung sollten möglichst vermieden werden. Dies gilt insbesondere für die Bebauung südlich des Derendorfswegs, die nach der jetzigen Planung die west-östliche Belüftung behindert und zudem die verkehrsbedingten Immissionen längs der Stresemannallee – bei Anströmung aus Ostsüdost – in das Plangebiet hineinlenkt (vgl. Abb. 3.5-7).
4. Die auf dem Plangebiet vorgesehenen Grünflächen sollten auch mit hochstämmigen Laubbäumen bepflanzt werden. Aus Gründen einer möglichst ungestörten Durchlüftung sollte ihre Anordnung und Dichte einer aufgelockerten Parkbepflanzung entsprechen (Wechsel von Rasen mit Sträuchern und hochstämmigen Bäumen). Das gilt auch für den Grünstreifen im Westen des Plangebiets Hammfeld II (Ost). Über den bisher ohne Grünflächen ausgewiesenen "privaten Freiflächen" (s. Kap. 3.4.1, Planungsunterlage e)) sollte ein Grünflächenanteil von weniger als 25 % vermieden werden (KERSCHGENS u. HACKER, 1985; s.a. Anhang A.1).
5. Für Flächen des ruhenden Verkehrs sind schattenspendende Bepflanzungen vorzunehmen. Parkplatzflächen sollten deshalb in Abständen von 4 bis 8 Stellplätzen mit hochstämmigen, großkronigen Laubbäumen bepflanzt werden.
6. Intensive Fassaden- und Dachbegrünungen sind ein weiteres Mittel, um die durch Bebauung und Flächenversiegelung entstehende Wärmebelastung zu mildern. Sie sind möglichst großflächig anzulegen. Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen, die der Entstehung eines erhöhten Wärmeinseleffektes entgegenwirken, sind am wirksamsten, wenn sie an der "Quelle" ansetzen, d.h. möglichst im Bereich des Vorhabens selbst vorgenommen werden.
7. Eine möglichst gute Wärmedämmung der Gebäude verringert die tagsüber in den Wänden gespeicherte Wärme, wodurch diese nachts besser abkühlen. Das schwächt den städtischen Wärmeinseleffekt.

Die vorgenannten Maßnahmen ermöglichen eine Minderung, jedoch keine vollständige Kompensation der unerwünschten klimatologischen Auswirkungen des Vorhabens.

6 Glossar

Advektion: horizontaler Transport von Luftmassen.

Aerodynamische Rauigkeit: → Rauigkeit.

Aerosol: In der Luft befindliche Schwebeteilchen, die von unterschiedlicher Größe, Konzentration und Zusammensetzung sein können. Das Größenspektrum reicht von den Kleinionen mit Radien um 10^{-4} μm bis zu den sog. Riesenkernen (Salz und Staub) mit Radien bis 10 μm . Aerosol ist maßgeblich an luftchemischen Prozessen beteiligt, aber auch von Bedeutung für die → Strahlung und die Bildung von Wolken oder Nebel (→ Kondensationskerne).

aktive Oberfläche: Grenzfläche in Bodennähe, an der die Energieumsetzung zwischen Atmosphäre und Untergrund hauptsächlich erfolgt. An ihr wird der größte Teil der Strahlungsenergie absorbiert, reflektiert und emittiert, und an ihr greifen die Windkräfte an. Die aktive Oberfläche liegt i.a. über der Erdoberfläche. Bei dichtem Bewuchs befindet sie sich an der Obergrenze des Bestandes, bei dichter Bebauung in Dachhöhe.

Albedo: Rückstrahlvermögen diffus reflektierender Oberflächen, angegeben als Verhältnis von reflektierter zu einfallender kurzweiliger Strahlung. Eine Oberfläche mit einer A. von 0.3 z.B. reflektiert 30 % der einfallenden Strahlung und absorbiert 70 %.

Allochthone Witterung: durch überregionale oder größer skalige Einflüsse bestimmte ("fremdbürtige") Witterung, die durch schwach ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und der Strahlung gekennzeichnet ist.

Anemometer: Windmessgerät. Der gebräuchlichste Anemometertyp, der auch im Windmessnetz des Deutschen Wetterdienstes eingesetzt wird, ist das Schalenkreuzanemometer, bei dem an den Enden eines drei- oder vierarmigen Sterns halbkugelförmige Hohlshalen montiert sind, die durch den → Wind in Rotation versetzt werden. Aus der Drehgeschwindigkeit des Sterns wird die Windgeschwindigkeit bestimmt. Durch eine zusätzliche Windfahne wird auch die Windrichtung erfasst.

atmosphärische Grenzschicht: → Grenzschicht.

Ausstrahlung: die vorwiegend langwellige Wärmestrahlung der Erde und der Atmosphäre in Richtung Weltraum. Der Energieverlust der Erdoberfläche durch nächtliche A. wird durch die → Gegenstrahlung der Atmosphäre vermindert. Die Differenz beider Strahlungsflüsse heißt effektive A.

Autochthone Witterung: durch lokale und regionale Einflüsse bestimmte ("eigenbürtige") Witterung, die durch ausgeprägte Tagesgänge der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und der Strahlung gekennzeichnet ist.

Belastung: Unter lufthygienischer B. versteht man eine hohe Konzentration an Luftbeimengungen, die als gesundheitsgefährdend anzusehen ist. Die Einstufung einer Region als B.gebiet richtet sich sowohl nach den Mittelwerten als auch nach der Häufigkeit, mit der bestimmte Grenzwerte überschritten werden. Wärmebelastung andererseits tritt ein, wenn die Thermoregulation des menschlichen Körpers trotz angepassten Verhaltens nicht mehr ausreicht, um Behaglichkeit herzustellen.

Bewölkung: Bedeckung des Himmels mit Wolken. Der Bedeckungs- oder Bewölkungsgrad wird unabhängig von der Art der Wolken geschätzt und in Achteln angegeben.

Böigkeit: Der → Wind weist i.a. eine → turbulente Struktur auf, d.h. der mittleren Windgeschwindigkeit sind kurzzeitige Schwankungen überlagert, deren Spitzen als Böen bezeichnet werden. Bei starken Windrichtungsschwankungen spricht man auch von Richtungsböigkeit.

Blattflächenindex: dimensionslose Maßzahl zur Charakterisierung vegetationsbedeckter Flächen. Der B. ist die einseitig gerechnete, über die Höhe des Bewuchses aufsummierte Blattfläche pro Einheitsgrundfläche.

Canopy Layer (engl. canopy: Baldachin, Betthimmel): zwischen dem Erdboden und der Atmosphäre befindliche Schicht, die durch das Nebeneinander von atmosphärischer Luft und pflanzlichem Bewuchs gekennzeichnet ist (bes. im Wald). Die C. L. schützt den Boden vor direkter Sonneneinstrahlung und nächtlicher Ausstrahlung. Der Begriff C. L. wird auch in Zusammenhang mit städtischer Bebauung anstelle von Bewuchs verwendet (urban canopy layer).

Coriolis-Kraft (G. G. de Coriolis, franz. Physiker 1792-1843): eine auf die Erdrotation zurückzuführende Scheinkraft. Sie wirkt auf bewegte Körper, die auf der Nordhalbkugel stets nach rechts abgelenkt werden, wobei keine Arbeit geleistet wird.

Diffusion: Ausbreitung von Luftbeimengungen aufgrund der (vor allem → turbulenten) Durchmischung der Atmosphäre.

Druckgradient: das Gefälle des Luftdrucks pro Längeneinheit. I.a. wird unter dem Druckgradienten nur seine Horizontalkomponente verstanden, die senkrecht auf den → Isobaren steht und die maßgebliche Antriebskraft für den → Wind darstellt.

Druckgradientkraft: besitzt die Atmosphäre ein Luftdruckgefälle, so wirken auf die unterschiedlichen Seiten eines Luftvolumens unterschiedliche Druckkräfte. Die resultierende Kraft ist die Druckgradientkraft. Sie ist proportional zum → Druckgradienten.

eindimensionales Modell: vereinfachtes → numerisches Modell, bei dem die atmosphärischen Variablen (z.B. Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur und Luftfeuchte) nur in vertikaler Richtung veränderlich sind, in horizontaler Richtung aber als konstant angenommen werden.

Einstrahlung: Die der Erde und ihrer Atmosphäre von der Sonne zugeführte Strahlung.

Emissionen: Ausstoß von Schadstoffen in die Außenluft.

Energiebilanz: Summe aller Energien, die einem bestimmten Luftvolumen oder einer Luftschicht zugeführt werden. Ist die E. positiv, dann erhöht sich der Energieinhalt des Volumens bzw. der Schicht, und seine Temperatur steigt, andernfalls erfolgt Temperaturniedrigung.

Energieumsatzfläche: → aktive Oberfläche.

Evaporation: → Verdunstung.

Evapotranspiration: → Verdunstung.

Feld: flächenhafte (zweidimensionales F.), manchmal auch räumliche (dreidimensionales F.) Verteilung eines ortsabhängigen meteorologischen Elements. Das Feuchtefeld z.B. beschreibt die horizontale Verteilung der Luftfeuchte, das Windfeld die Verteilung von Windrichtung und -geschwindigkeit.

Feuchtefeld: → Feld.

Flussdichte: Die F. einer physikalischen Größe (z.B. innere Energie, sensible Wärme, Wasserdampfgehalt) beschreibt deren räumlichen Transport. Sie ist definiert als das Maß dieser Größe, das pro Zeiteinheit durch eine gedachte, senkrecht zur Transportrichtung orientierte Einheitsfläche hindurchtritt.

freie Atmosphäre: Bez. für die Schichten der Atmosphäre, die nicht mehr dem unmittelbaren Einfluss der Erdoberfläche unterliegen. Die f. A. reicht nach unten bis zur Obergrenze der → atmosphärischen Grenzschicht (im Mittel bei etwa 1000 m), nach oben ist sie offen.

Frühling (meteorologischer): die Zeit vom 1. März bis 31. Mai.

Fühlbare Wärme: → Wärme.

Gegenstrahlung der Atmosphäre: die langwellige Rückstrahlung der Atmosphäre in Richtung Erdoberfläche. Sie beruht hauptsächlich auf der Wärmestrahlung der Wolken sowie der Spurengase Wasserdampf und Kohlendioxid.

geostrophischer Wind: isobarenparallel wehender Wind der → freien Atmosphäre, der (bei geradlinigem Isobarenverlauf) aus dem Gleichgewicht zwischen → Druckgradientkraft und → Corioliskraft resultiert.

Globalstrahlung: gesamte, von einer horizontalen Empfangsfläche registrierte kurzwellige → Strahlung. Sie setzt sich zusammen aus der direkten Sonnenstrahlung und der indirekten Strahlung, die durch Streuung oder Reflexion des Sonnenlichts zum Empfänger gelangt.

Gradientwind: Wind der → freien Atmosphäre, bei dem sich die → Druckgradientkraft, die → Coriolis-Kraft und die → Zentrifugalkraft die Waage halten.

Grenzschicht, auch atmosphärische oder planetarische Grenzschicht: die unterste Schicht der Atmosphäre, in der aufgrund der Rauigkeit der Erdoberfläche und der daraus resultierenden Reibung eine ungeordnete → turbulente Strömung herrscht. Je nach atmosphärischen Bedingungen ist die Grenzschicht unterschiedlich hoch, im Mittel etwa 1000 m. Die große Bedeutung der Grenzschicht liegt darin, dass in ihr der gesamte vertikale Austausch von Wärme, Wasserdampf und Impuls zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre vor sich geht.

Impuls: Bewegungsgröße eines Teilchens oder Luftpakets, definiert als das Produkt aus seiner Masse und Geschwindigkeit.

indifferente Schichtung: → Schichtung.

Als **Inversion** bezeichnet man eine Schicht in der Atmosphäre, in der die Temperatur mit der Höhe zunimmt - im Gegensatz zu der im Mittel geltenden Abnahme der Temperatur mit der Höhe. Bodeninversionen liegen unmittelbar auf der Erdoberfläche auf, Höheninversionen oder abgehobene Inversionen sind durch eine Schicht vertikaler Temperaturabnahme vom Boden getrennt.

K: Einheitenzeichen für **Kelvin**, eine vom britischen Physiker Kelvin vorgeschlagene Temperaturskala, die beim absoluten Nullpunkt beginnt, d.h. $0\text{ K} = -273,15\text{ °C}$. Die Einheit K wird auch benutzt, um Temperaturdifferenzen von Lufttemperaturen zu unterscheiden.

Kalmen: Windstillen

Klimaelemente sind Mess- und beobachtbare Elemente des Wetters, wie z.B. Lufttemperatur, Luftfeuchte, Strahlung, Niederschlag, Bewölkung, Wind, Sichtweite und Sonnenscheindauer.

Unter **klimatologischen Ausgleichsleistungen** sind die in einem klimatologischen Ausgleichsraum erzeugten Lokal- bzw. Regionalzirkulationen zu verstehen.

Ein **klimatologischer Ausgleichsraum** ist ein Raum, der einem benachbarten, belasteten Raum zugeordnet ist und in diesem Raum bestehende klimahygienische Belastungen aufgrund von Lagebeziehungen und Luftmassenaustauschvorgängen abbauen soll.

Klimatop ist die Bezeichnung für ein Areal mit einem im langjährigen Mittel und hinsichtlich der Mehrzahl der Witterungen gleichartigen mesoklimatischen Verhalten. Zur Kennzeichnung und Abgrenzung werden die Gesamtwirkungen des Mesoklimas benutzt.

Konvektion: In der Meteorologie das lokal begrenzte Aufsteigen erwärmter Luft bei gleichzeitigem Absinken kälterer Luft in der Umgebung. Konvektion setzt eine labile → Schichtung der Atmosphäre voraus. Ursache ist zumeist die Erwärmung der Erdoberfläche und der bodennahen Luftschicht durch Sonneneinstrahlung.

labile Schichtung: → Schichtung.

latente Wärme: → Wärme.

Lee: L. ist die dem Wind abgewandte Seite eines Gebäudes, Berges o.ä.

Linkescher Trübungsfaktor: Maß für die Abschwächung des Sonnenlichts durch atmosphärische Verunreinigungen. Der L. T. gibt an, wie viele „saubere“ Atmosphären man übereinander schichten müsste, um dieselbe Abschwächung wie in der realen Atmosphäre zu erhalten.

Luv: L. ist die dem Wind zugewandte Seite eines Gebäudes, Berges o.ä.

makroskalig, mesoskalig, mikroskalig: → Skala.

Modell: → numerische Modelle.

Modellgitter: Zur mathematischen Beschreibung des atmosphärischen Geschehens mit Hilfe eines → numerischen Modells wird das vom Modell erfasste Gebiet in Zellen unterteilt, innerhalb derer den atmosphärischen Variablen jeweils ein repräsentativer Punkt zugeordnet wird. Die Gesamtheit der Zellen und Gitterpunkte bildet das Modellgitter.

Modellparameter: veränderbare, mathematisch-physikalische Einstellgrößen eines → numerischen Modells. Sie ermöglichen dessen flexiblen und vielseitigen Einsatz. Mit ihrer Hilfe wird das Modell an die Gegebenheiten des jeweiligen Modellgebiets und der simulierten synoptischen Situation angepasst.

neutrale Schichtung: → Schichtung.

numerische Modelle: In der Meteorologie Systeme mathematisch-physikalischer Gleichungen zum Zweck der Wettervorhersage oder für sonstige numerische Simulationen. Die Gleichungen beschreiben die atmosphärischen Zustände und die Kausalität der Abläufe. Sie sind so weit vereinfacht, dass sie mit Hilfe von Rechenanlagen bei erträglichem Zeitaufwand gelöst werden können. Je nach dem Anwendungszweck können Art und Grad der vorgenommenen Vereinfachungen recht unterschiedlich sein, wodurch sich die große Vielfalt existierender numerischer Modelle erklärt.

Parametrisierung: in → numerischen Modellen die vereinfachte Behandlung kleinräumiger atmosphärischer Vorgänge, die im gegebenen Gitter nicht detailliert aufgelöst werden können. Man versucht damit, die Auswirkung eines Prozesses zu erfassen, ohne seine Einzelheiten zu behandeln.

Rauigkeitslänge: in Formeln zur Beschreibung des Reibungseinflusses der Erdoberfläche auf die Atmosphäre benutzter Parameter von der Dimension einer Länge. Er stellt ein Maß für die Unebenheit oder Rauigkeit der Erdoberfläche dar.

relative Feuchte: Verhältnis zwischen dem aktuellen → Wasserdampfdruck e und dem zur aktuellen Lufttemperatur gehörigen Sättigungsdampfdruck E . Die relative Feuchte wird in Prozent angegeben. Ihr Wert ergibt sich dementsprechend durch Multiplikation des Quotienten e/E mit 100.

Schichtung: vertikale Verteilung eines meteorologischen Elements. Die **thermische Sch.** insbesondere beschreibt die vertikale Verteilung der Lufttemperatur. Sie bestimmt, wie die Luftpartikel auf vertikale Auslenkung reagieren. Die Sch. heißt stabil, wenn ein aus seiner ursprünglichen Lage verschobenes Luftquantum stets eine rücktreibende Kraft erfährt, weil es schwerer (bei Auslenkung nach oben) bzw. leichter (bei Auslenkung nach unten) als seine jeweilige neue Umgebung ist. Bei labiler Sch. dagegen treten Kräfte auf, die das ausgelenkte Luftpartikel noch weiter aus seiner Ursprungslage zu entfernen trachten. Neutrale oder indifferente Sch. liegt vor, wenn ein vertikal verschobenes Luftteilchen stets dieselbe Dichte aufweist wie seine neue Umgebung. Bei ungesättigter Luft ist die Sch. stabil (trockenstabil), wenn die vertikale Temperaturabnahme geringer als der adiabatische Temperaturgradient von ca. 1 K pro 100 m Höhendifferenz ist. Bei gesättigter Luft liegt die Stabilitätsgrenze niedriger und ist zudem temperaturabhängig (ca. 0.4 K pro 100 m bei hohen Lufttemperaturen, bei tiefen Temperaturen Annäherung an den trockenen Grenzwert von 1 K pro 100 m).

Skala (auch engl. Scale): Bezeichnung für die Größenordnung atmosphärischer Phänomene. Zur Klassifizierung der in ihrer räumlichen Erstreckung recht unterschiedlichen Bewegungsvorgänge und Erscheinungen in der Atmosphäre haben sich die Begriffe makroskalig, mesoskalig und mikroskalig eingebürgert. Phänomene, die das großräumige Wettergeschehen bestimmen wie z.B. Hoch- und Tiefdruckgebiete, gehören der Makroskala an, die auch synoptische Skala genannt wird. Typisch mesoskalig sind z.B. der Land-See-Wind, Berg- und Talwinde sowie der städtische → Wärmeinseleffekt. Die Mikroskala umfasst Erscheinungen unterhalb etwa 2 km, z.B. die besonderen Strömungsverhältnisse im Bereich einzelner Gebäudekomplexe.

Sommertag: Tag mit einer Maximumtemperatur von mindestens 25 °C.

Sommer (meteorologischer): die Zeit vom 1. Juni bis 31. August.

stabile Schichtung: → Schichtung

Strahlung: In der Meteorologie die Energieübertragung zwischen Sonne, Erde und Atmosphäre durch elektromagnetische Wellen. Von fundamentaler Bedeutung ist der Wellenlängenbereich von ca. 0.3 bis etwa 100 μm . Er wird unterteilt in die von der Sonne herrührende kurzwellige S. (Wellenlängen von 0.3 bis 4 μm mit einem Maximum im sichtbaren Bereich bei 0.5 μm) und die langwellige S. der Erde und der Atmosphäre (3.5 bis 100 μm mit einem temperaturabhängigen Maximum bei etwa 10 μm). Die langwellige S. wird auch als Wärmestrahlung oder thermische S. bezeichnet. Bei der auf die Erde auftreffenden kurzwelligen S. ist zu unterscheiden zwischen direkter und indirekter Sonnenstrahlung, die durch Streuung oder Reflexion entsteht und die die Erde aus allen Himmelsbereichen als diffuse S. erreicht. Die Strahlungsbilanz ist die Summe der auf ein Flächenelement auftreffenden kurz- und langwelligen Strahlung abzüglich der von dem Flächenelement ausgehenden Strahlung.

Strahlungsnächte: → windschwache Strahlungsnächte

Strahlungswetterlage: Wetterlage, die im Wesentlichen durch Strahlungsvorgänge geprägt ist; typisch hierfür sind Hochdruckgebiete. Am Tag erwärmt sich die Luft bei ungehinderter Sonneneinstrahlung sehr stark (Temperaturmaximum etwa 2 Stunden nach Sonnenhöchststand). Nachts kühlt die Luft durch Wärmeausstrahlung des Bodens gegen den wolkenlosen Himmel kräftig ab. (Temperaturminimum bei Sonnenaufgang). Die Luftbewegung ist im Allgemeinen schwach, lebt tagsüber durch Konvektion vorübergehend auf.

Turbulenz: Zustand der Atmosphäre, bei dem die Luftbewegung ganz unregelmäßige und scheinbar zufällige Fluktuationen aufweist, so dass man den T.zustand sinnvoll nur durch mittlere Größen beschreiben kann. Eine wichtige Eigenschaft turbulenter Luft ist, dass Wärme und atmosphärische Beimengungen (Schadstoffe!) wesentlich wirkungsvoller ausgebreitet werden als bei gleichförmiger Strömung.

Umlaufender Wind wird als Windrichtungsangabe verwendet, wenn die Richtungsschwankungen im Ablesezeitraum (i.a. 10 Minuten) größer als 90° sind und die Windgeschwindigkeit zwischen 0,5 und 2,5 m/s liegt.

Wärme: Energieform. In der Meteorologie unterscheidet man zwischen fühlbarer und latenter Wärme. Die fühlbare W. der Luft wird durch ihre Temperatur bestimmt, sie lässt sich direkt spüren. Die latente W. ist dagegen eine an den atmosphärischen Wasserdampf gebundene Energieform, die erst dann als spürbare Wärme freigesetzt wird, wenn der Wasserdampf kondensiert.

Wärmestrahlung: → Strahlung.

Wind: horizontal (als Aufwind auch vertikal) bewegte atmosphärische Luft. Der Wind wird charakterisiert durch die Angabe von Windgeschwindigkeit und Windrichtung. Die Windgeschwindigkeit wird in Meter pro Sekunde (m/s), Kilometern pro Stunde (km/h) oder in Knoten (kn) gemessen. Bezüglich der exakten Umrechnung gilt: 1 kn = 0.514 m/s. Windgeschwindigkeiten in kn werden jedoch nur ganzzahlig angegeben. Bei der Umrechnung wird daher jedem Knotenwert ein sich über mehrere 1/10 m/s erstreckender Wertebereich zugeordnet, z.B. für 3 kn der Bereich von 1.3 bis 1.7 m/s. Die Windrichtung ist die Richtung, aus der der Wind weht. Sie wird gegen den Uhrzeigersinn in Grad gegen Nord gemessen (Ost=90°). Daneben sind noch Einteilungen in 32, 16 oder 8 Abschnitte (Sektoren) in Gebrauch.

Windfeld: → Feld.

windschwache Strahlungsnächte (Definition): von einer windschwachen Strahlungsnacht wird dann ausgegangen, wenn die Windgeschwindigkeit im Stundenmittel höchstens 2,6 m/s und der **Bedeckungsgrad** des Himmels mit Wolken höchstens 4 Achtel beträgt (s. auch **Strahlungswetterlage**).

Windspitze: Gipfelwert der kurzzeitigen Schwankungen der Windgeschwindigkeit. Der Begriff wird üblicherweise nur bei einer zeitlichen Auflösung der Windgeschwindigkeit von einigen Sekunden bis etwa zu einer Minute verwendet.

7 Literatur

- BMBau (Hrsg.), 1980: Wechselwirkungen zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen. Schriftenreihe "Raumordnung" des BM für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau.
- BRÜNDL, W. und H. MAYER, A. BAUMGARTNER, 1986: Untersuchungen des Einflusses von Bebauung und Bewuchs auf das Klima und die lufthygienischen Verhältnisse in bayerischen Großstädten. Abschlußbericht zum Teilprogramm "Klimamessungen in München". Forsch.vorh. Nr. 8272-VI/4b-7106, Bayer. Staatsmin. f. Landesentw. u. Umweltfragen, München, 346 S.
- DWD (Deutscher Wetterdienst), 1993: Amtliches Gutachten zu den lokalklimatologischen Auswirkungen der geplanten Bebauung Hammfeld II in Neuss; Juli 1993.
- ERIKSEN, W., 1976: Die städtische Wärmeinsel. Geogr. Rdsch. 28, S. 368 - 373.
- ERIKSEN, W., 1978: Klimatologisch-ökologische Aspekte der Umweltbelastung, Hannovers Stadtklima und Luftverunreinigung. In: Eriksen, W. u. A. Arnold (Hrsg.): Hannover und sein Umland. Festschr. 100jähr. Geogr. Ges. Hannover, 1878-1978, S. 251 - 273.
- HANN, 1885: Über den Temperaturverlauf zwischen Stadt und Land. Meteorologische Zeitschrift, Bd. 2.
- HORBERT, M. und A. KIRCHGEORG, 1980: Stadtklima und innerstädtische Freiräume am Beispiel des Großen Tiergartens in Berlin. Stadtbauwelt 67, Beigabe zu Bauwelt 71, Nr. 36, S. 1544 - 1549.
- JENDRIZTKY, G. und G. MENZ, H. SCHIRMER, W. SCHMIDT-KESSEN, 1990: Methodik zur raumbezogenen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen (Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell). Beitr. Akad. Raumforsch. Landespl. Nr. 114.
- KERSCHGENS, M.J. und J.M. HACKER, 1985: On the energy budget of the convective boundary layer over an urban and rural environment. Beitr. Phys. Atmosph. 59, 115 - 125.
- REICHENBÄCHER, W., 1978: Zeitlich-räumliche Entwicklung der städtischen Wärmeinsel im Berliner Raum am 06./07. August 1974 und am 26./27. Februar 1975. Beilage zur Berliner Wetterkarte des Inst. f. Meteorol., FU Berlin.
- RÖCKLE, R. und C.-J. RICHTER, 1995: Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen, – Modellrechnungen –, PEF-Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung, Karlsruhe.
- SIEBERT, J. und SIEVERS, U., ZDUNKOWSKI, W., 1992: A one-dimensional simulation of the interaction between land surface processes and the atmosphere. Bound. Lay. Met. 59, 1 - 34.
- SIEVERS, U. und ZDUNKOWSKI, W., 1986: A microscale urban climate model. Beitr. Phys. Atmosph. 59, 13 - 40.
- SIEVERS, U., 1990: Dreidimensionale Simulationen in Stadtgebieten. In: Umweltmeteorologie, Sitzung des Hauptausschusses II am 7. und 8. Juni 1990 in Lahnstein. Schriftenreihe Band 15, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN. Düsseldorf.
- SIEVERS, U., 1995: Verallgemeinerung der Stromfunktionsmethode auf drei Dimensionen. Meteorol. Zeitschr. (Neue Folge) 4, 3 - 15.
- TA Luft, 2002: Technische Anleitung Luft, BMU, GMBL., Heft 25-29, S. 511-605.
- PIELKE, R.A., 1984: Mesoscale meteorological modelling. New York, Academic Press.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure), 1998: Richtlinie VDI 3787, Blatt 2: Methoden zur humanbiometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung, Teil 1: Klima.

8 Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

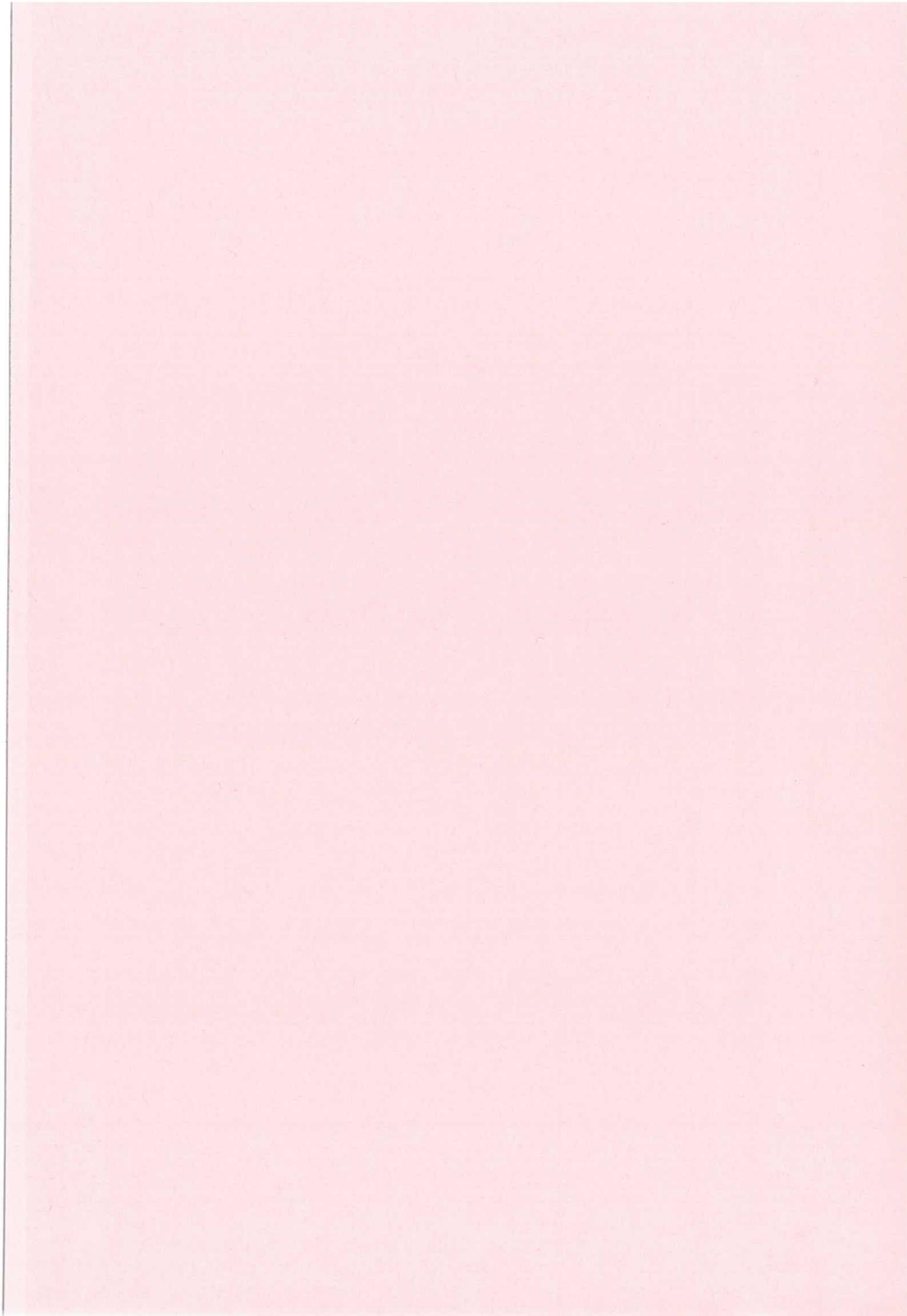
8.1 Tabellenverzeichnis

Tab. 3.4-1: Für sommerliche Strahlungswetterlagen simulierte "Siedlungs- sowie Freiflächen- und Umlandtemperaturen" (T_S bzw. T_F , T_U) und die Differenzen $\Delta_{S-F} = T_S - T_F$ und $\Delta_{S-U} = T_S - T_U$ sowie Windgeschwindigkeiten V_F aus über typischen Freiflächen des Untersuchungsgebietes berechneten Windgeschwindigkeiten, für vier ausgewählte Zeitpunkte, jeweils in 2 m über Grund

8.2 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 2.1: Topografische Lage mit Modellgebiet MUKLIMO_3
- Abb. 2.2: Umgebung des Plangebiets Hammfeld II (Luftbild, Stand vor dem 29.07.2002, Neuss, Stadtplanungsamt, Entwurf BP Nr. 431)
- Abb. 3.3-1: Strömungsbereiche in Nähe eines umströmten quaderförmigen Gebäudes
- Abb. 3.4-1: Stadt Neuss, Hammfeld II (Ost), Modellierung des Untersuchungsgebietes: Flächennutzung (für Berechnungen der Wind- und Lufttemperaturfelder), Ist-Zustand
- Abb. 3.4-2: dto., Soll-Zustand
- Abb. 3.4-3a: Ist-Zustand, Ostnordost-Anströmung (60 Grad), Sommersituation: Lufttemperatur t_L und Windfeld in 2 m Höhe um 15 Uhr
- Abb. 3.4-3b: dto., um 21 Uhr
- Abb. 3.4-3c: dto., um 3 Uhr
- Abb. 3.4-3d: dto., um 9 Uhr
- Abb. 3.4-4a: Ist-Zustand, Ostsüdost-Anströmung (120 Grad), Sommersituation: Lufttemperatur t_L und Windfeld in 2 m Höhe um 15 Uhr
- Abb. 3.4-4b: dto., um 21 Uhr
- Abb. 3.4-4c: dto., um 3 Uhr
- Abb. 3.4-4d: dto., um 9 Uhr
- Abb. 3.4-5a: Soll-Zustand, Ostnordost-Anströmung (60 Grad), Sommersituation: Differenz "Soll minus Ist" der Lufttemperatur Δt_L in 2 m Höhe um 15 Uhr
- Abb. 3.4-5b: dto., um 21 Uhr
- Abb. 3.4-5c: dto., um 3 Uhr
- Abb. 3.4-5d: dto., um 9 Uhr
- Abb. 3.4-6a: Soll-Zustand, Ostnordost-Anströmung (60 Grad), Sommersituation: Differenz "Soll minus Ist" der Windgeschwindigkeit ΔV in 2 m Höhe um 15 Uhr
- Abb. 3.4-6b: dto., um 21 Uhr
- Abb. 3.4-6c: dto., um 3 Uhr

- Abb. 3.4-6d: dto., um 9 Uhr
- Abb. 3.4-7a: Soll-Zustand, Ostnordost-Anströmung (60 Grad), Sommersituation:
Indexauswertung der Lufttemperatur in 2 m Höhe um 15 Uhr
- Abb. 3.4-7b: dto., um 21 Uhr
- Abb. 3.4-7c: dto., um 3 Uhr
- Abb. 3.4-8a: Soll-Zustand, Ostsüdost-Anströmung (120 Grad), Sommersituation:
Differenz "Soll minus Ist" der Lufttemperatur Δt_L in 2 m Höhe um 15 Uhr
- Abb. 3.4-8b: dto., um 21 Uhr
- Abb. 3.4-8c: dto., um 3 Uhr
- Abb. 3.4-8d: dto., um 9 Uhr
- Abb. 3.4-9a: Soll-Zustand, Ostsüdost-Anströmung (120 Grad), Sommersituation:
Differenz "Soll minus Ist" der Windgeschwindigkeit ΔV in 2 m Höhe um 15 Uhr
- Abb. 3.4-9b: dto., um 21 Uhr
- Abb. 3.4-9c: dto., um 3 Uhr
- Abb. 3.4-9d: dto., um 9 Uhr
- Abb. 3.4-10a: Soll-Zustand, Ostsüdost-Anströmung (120 Grad), Sommersituation:
Indexauswertung der Lufttemperatur in 2 m Höhe um 15 Uhr
- Abb. 3.4-10b: dto., um 21 Uhr
- Abb. 3.4-10c: dto., um 3 Uhr
- Abb. 3.5-1: Windfeldsimulation, Modellierung des Untersuchungsgebietes: Flächennutzung,
Ist-Zustand
- Abb. 3.5-2: dto., Soll-Zustand
- Abb. 3.5-3: dto., aufgelöste Bebauung
- Abb. 3.5-4: Ist-Zustand, Windfeld in 2 m über Grund, Ostnordost-Anströmung (60 Grad)
- Abb. 3.5-5: dto., Ostsüdost-Anströmung (120 Grad)
- Abb. 3.5-6: Soll-Zustand, Windfeld in 2 m über Grund, Ostnordost-Anströmung (60 Grad)
- Abb. 3.5-7: dto., Ostsüdost-Anströmung (120 Grad)
- Abb. 3.5-8: Soll-Zustand, Bezug: Ist-Zustand, Windfeld in 2 m über Grund,
Indexauswertung der Windgeschwindigkeit, Durchlüftungsänderung,
Ostnordost-Anströmung (60 Grad)
- Abb. 3.5-9: dto., Ostsüdost-Anströmung (120 Grad)



Tab. 3.4-1: Für sommerliche Strahlungswetterlagen simulierte "Siedlungs- sowie Freiflächen- und Umlandtemperaturen" (T_s bzw. T_F , T_U) und die Differenzen $\Delta_{S-F} = T_s - T_F$ und $\Delta_{S-U} = T_s - T_U$ sowie Windgeschwindigkeiten V_F aus über typischen Freiflächen des Untersuchungsgebietes berechneten Windgeschwindigkeiten, für vier ausgewählte Zeitpunkte, jeweils in 2 m über Grund

Zeit (MEZ)	T_s	T_F	T_U	Δ_{S-F}	Δ_{S-U}	V_F
15 Uhr	29,2 °C	25,5 °C	25,5 °C	3,7 K	3,7 K	ca. 1,5 m/s
21 Uhr	25,0 °C	20,5 °C	19,7 °C	4,5 K	5,3 K	ca. 1,1 m/s
3 Uhr	19,0 °C	16,0 °C	14,8 °C	3,0 K	4,2 K	ca. 0,7 m/s
9 Uhr	20,4 °C	19,2 °C	19,2 °C	1,2 K	1,2 K	ca. 0,9 m/s

Anm.: Die grau unterlegten Felder werden für die Auswertungen zum Wärmeinselindex herangezogen (vgl. Kap. 3.4.3 sowie Abbn. 3.4-7a bis 3.4-7c und 3.4-10a bis 3.4-10c).

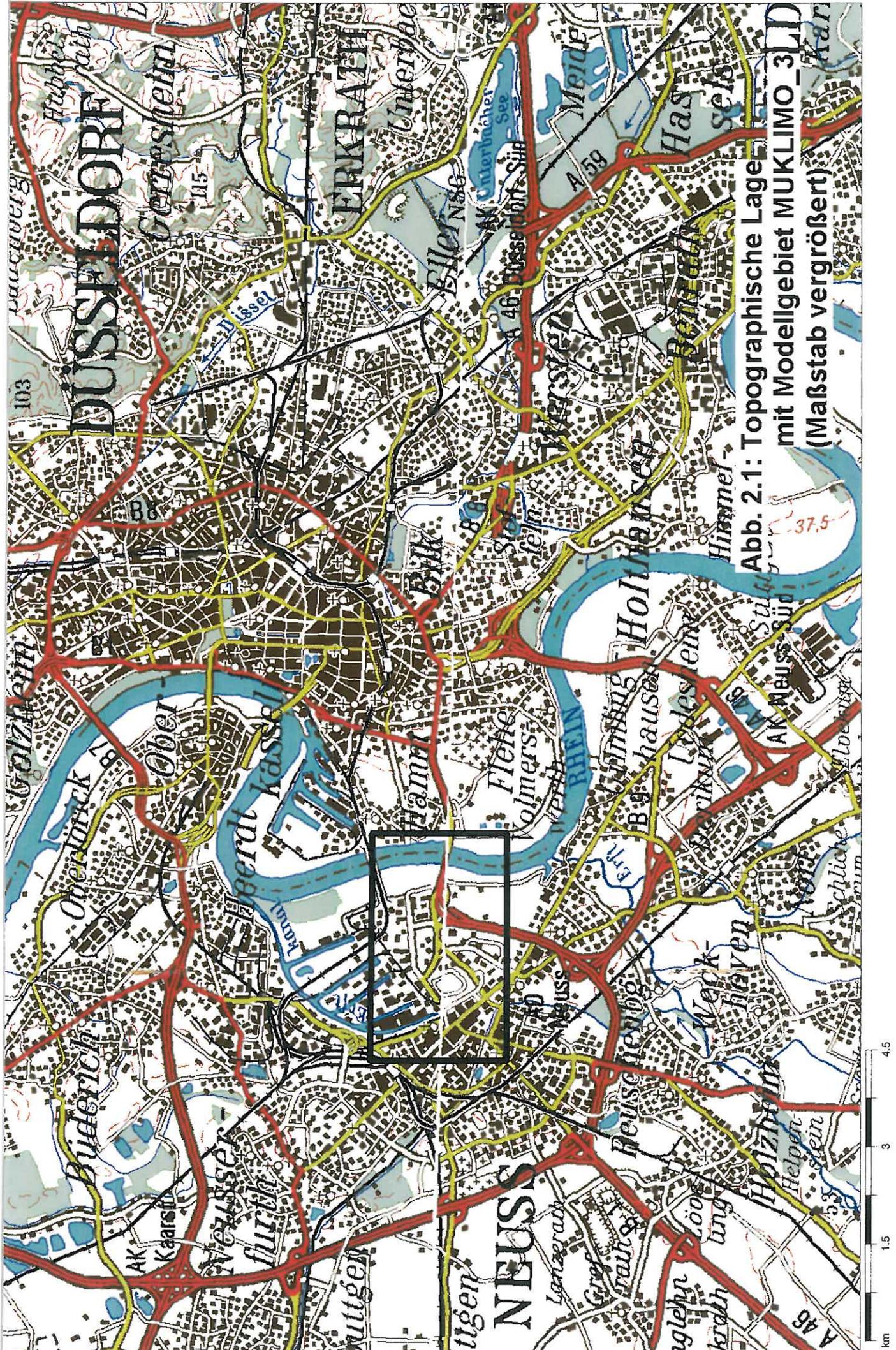
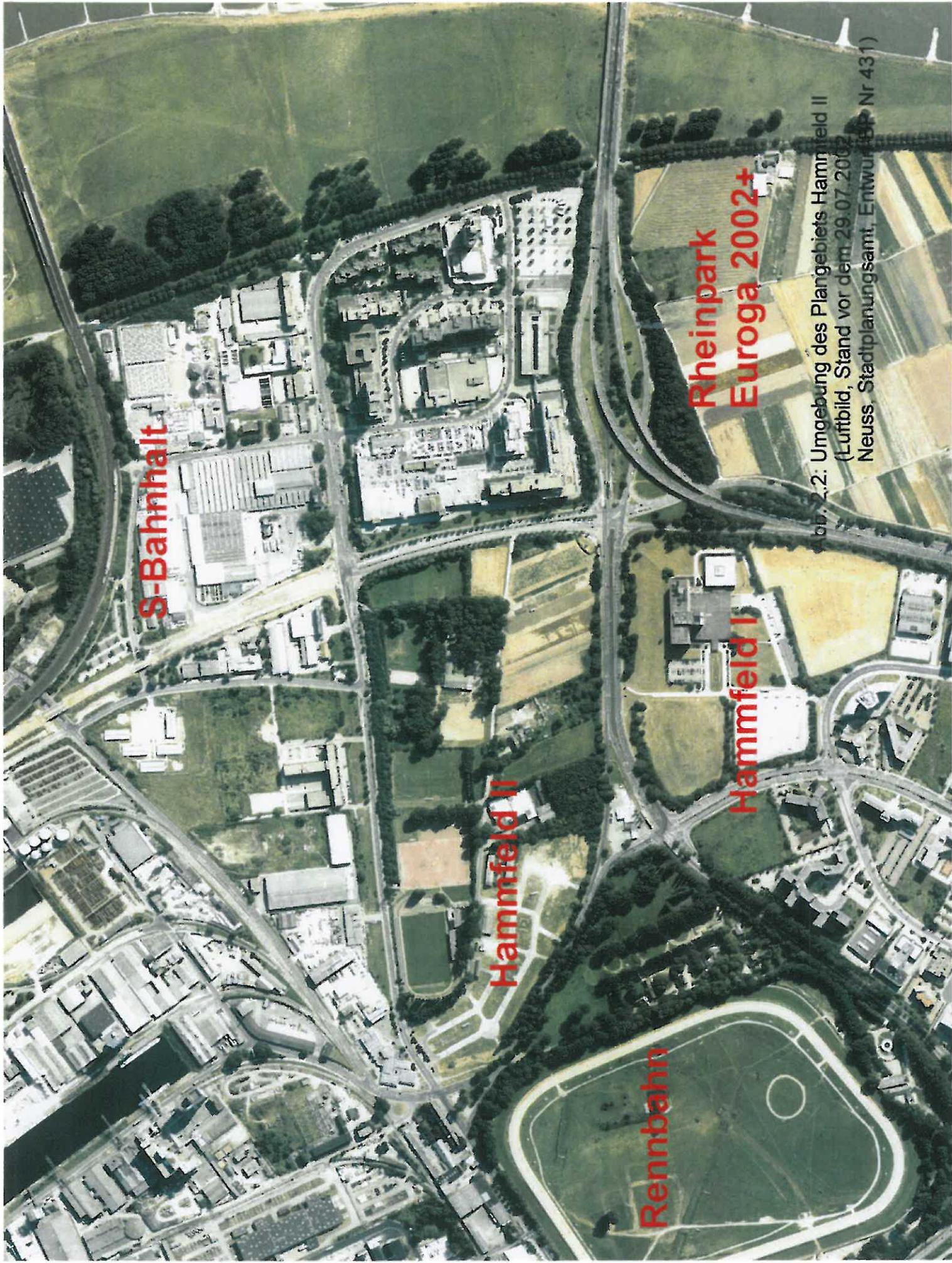


Abb. 2.1: Topographische Lage
 mit Modellgebiet MUKLIMO_3LD
 (Maßstab vergrößert)



S-Bahn halt

Hammfeld II

Hammfeld I

Rennbahn

Rheinpark
Euroga 2002+

Abb. 2.2: Umgebung des Plangebiets Hammfeld II
(Luftbild, Stand vor dem 29.07.2002)
Neuss, Stadtplanungsamt, Entwurfsp. Nr 431)

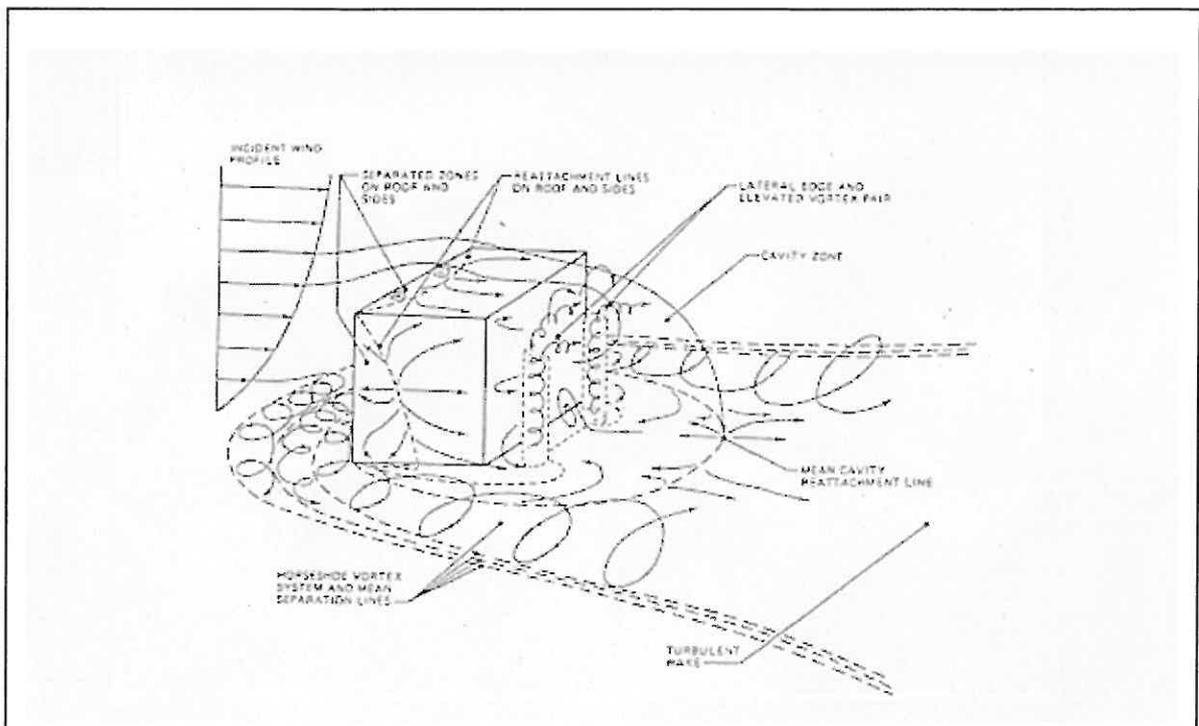


Abb. 3.3-1: Strömungsbereiche in Nähe eines umströmten quaderförmigen Gebäudes (aus: HANNA u.a., 1982)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand

Modellierung des
 Untersuchungsgebietes:
 Flächennutzung
 (für Berechnungen der
 Wind- u. Lufttemperaturfelder)

100 m

Farbskala

- Anteilig versiegelt (Straßen)
- versiegelte Flächen
- Gleisanlagen
- Brachflächen/Ruderalvegetation
- Grünflächen
- landwirtsch. Nutzflächen
- Park
- Wald
- Dorfkern, Einfam.-/Reihenhäuser
- Zeilenbebauung
- Blockbebauung
- Citybebauung
- Gewerbe-/Industriebebauung
- Wasserflächen
- aufgel. Bbg. (bis 2 Stockw.)
- aufgel. Bbg. (bis 5 Stockw.)
- aufgel. Bbg. (bis 14 Stockw.)
- Straßen (≤ 25m Breite)
- Straßen (> 25m Breite)
- Plangebiet (nur Orientierung)



Abb. 3.4-2
 MUKLIMO_3
 (2003)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Ist-Zustand
 Ostnordost-Anströmung (60 Grad)

Lufttemperatur t_a
 und Windfeld
 in 2 m Höhe um 21 Uhr
 (Sommersituation)

200 m
 2 m/s

Farbskala der
 Lufttemperatur in Grad Celsius

- 19.0 < t_a ≤ 20.0 °C
- 20.0 < t_a ≤ 20.5 °C
- 20.5 < t_a ≤ 21.0 °C
- 21.0 < t_a ≤ 21.5 °C
- 21.5 < t_a ≤ 22.0 °C
- 22.0 < t_a ≤ 22.5 °C
- 22.5 < t_a ≤ 23.0 °C
- 23.0 < t_a ≤ 23.5 °C
- 23.5 < t_a ≤ 24.0 °C
- 24.0 < t_a ≤ 24.5 °C
- 24.5 < t_a ≤ 25.0 °C
- 25.0 < t_a ≤ 26.0 °C

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen

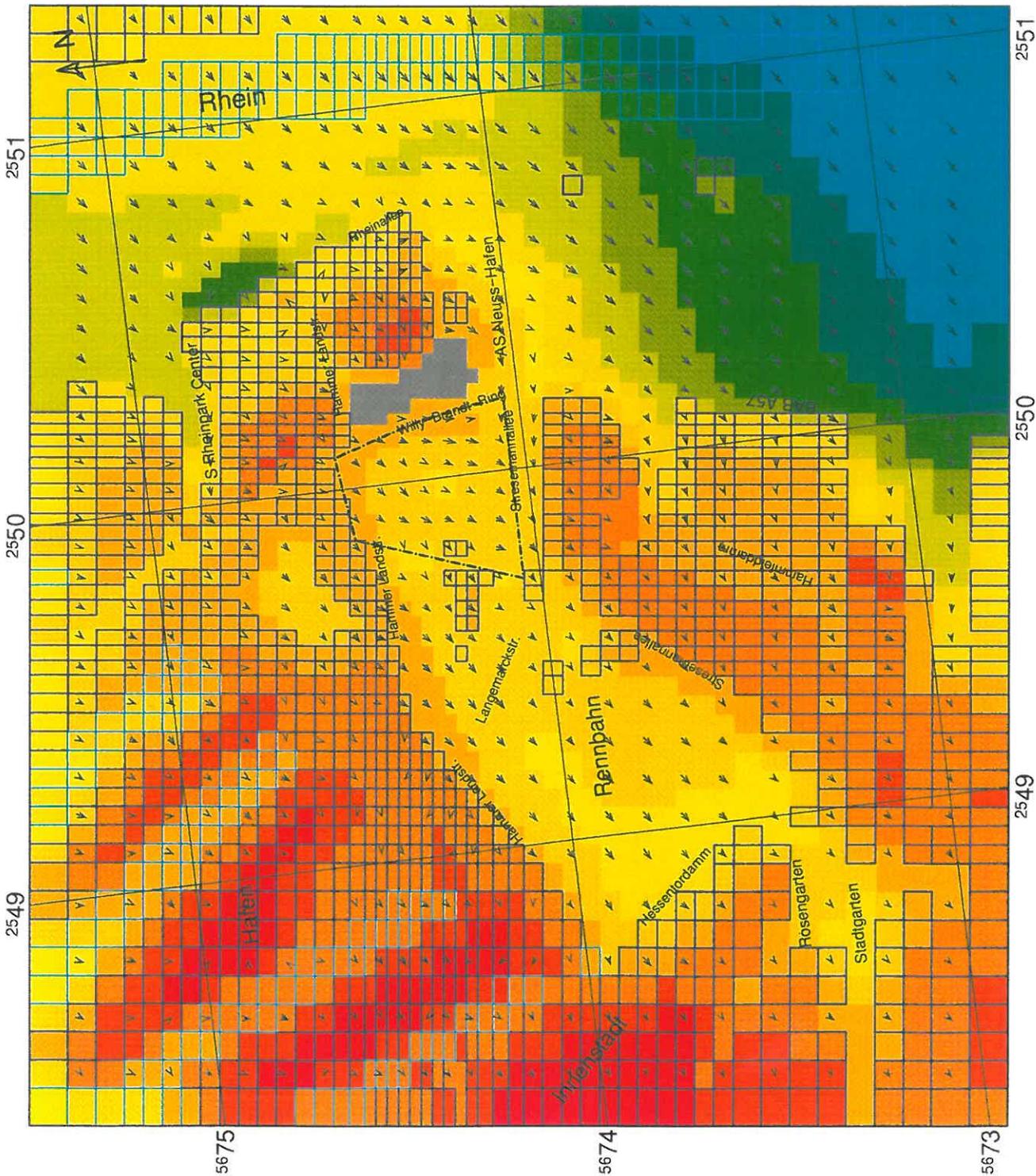


Abb. 3.4-3b
 MUKLIMO_3
 (2003)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Ist-Zustand
 Ostnordost-Anströmung (60 Grad)

Lufttemperatur t_a
 und Windfeld
 in 2 m Höhe um 03 Uhr
 (Sommersituation)

→ 2 m/s
 200 m

Farbskala der
 Lufttemperatur in Grad Celsius

- 13.0 < t_a ≤ 14.0 °C
- 14.0 < t_a ≤ 15.0 °C
- 15.0 < t_a ≤ 15.5 °C
- 15.5 < t_a ≤ 16.0 °C
- 16.0 < t_a ≤ 16.5 °C
- 16.5 < t_a ≤ 17.0 °C
- 17.0 < t_a ≤ 17.5 °C
- 17.5 < t_a ≤ 18.0 °C
- 18.0 < t_a ≤ 18.5 °C
- 18.5 < t_a ≤ 19.0 °C
- 19.0 < t_a ≤ 19.5 °C
- 19.5 < t_a ≤ 20.0 °C

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen

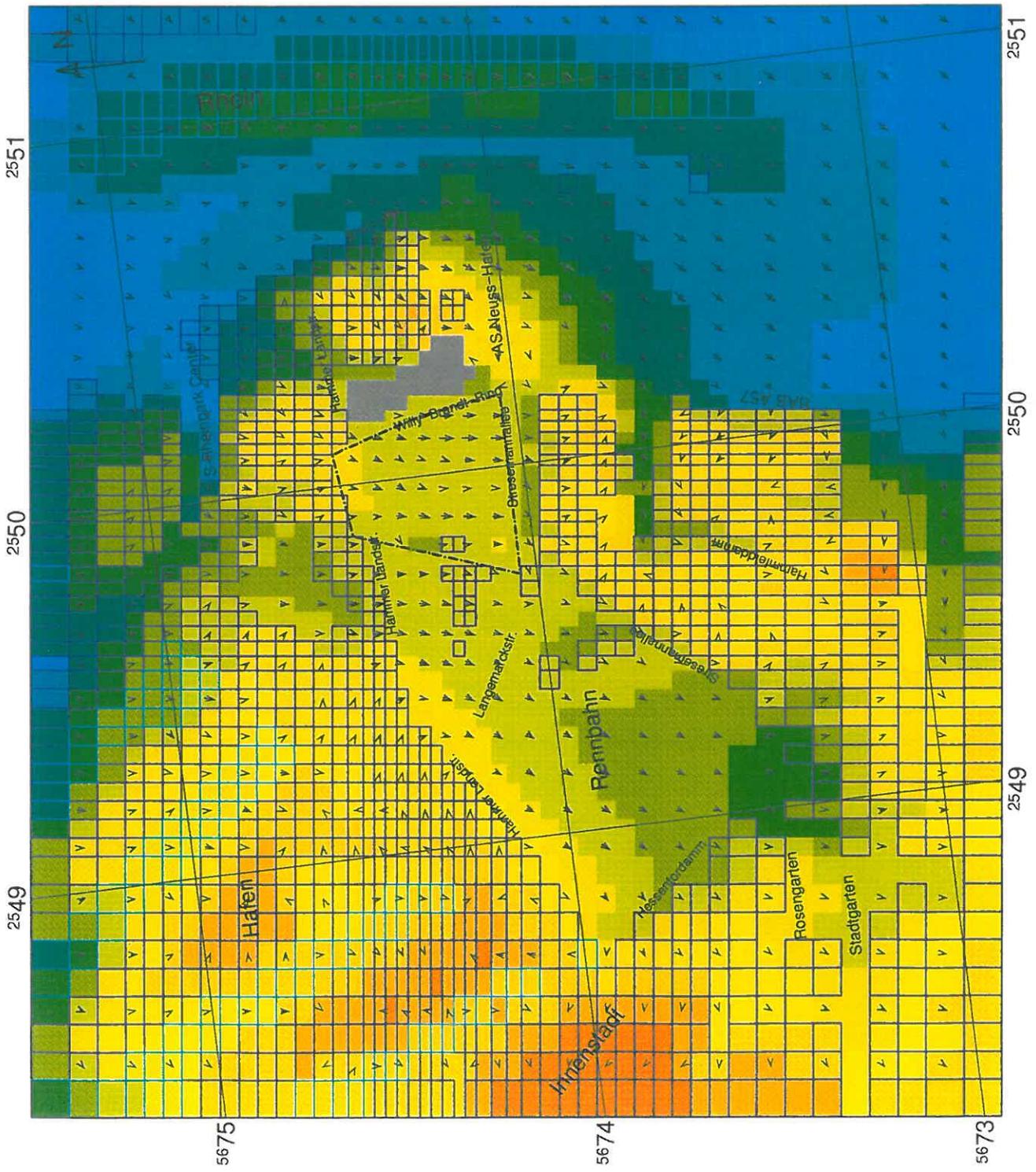
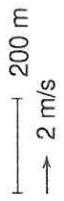


Abb. 3.4-3c

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Ist-Zustand
 Ostnordost-Anströmung (60 Grad)

Lufttemperatur t_a
 und Windfeld
 in 2 m Höhe um 09 Uhr
 (Sommersituation)



Farbskala der
 Lufttemperatur in Grad Celsius

- 18.0 < t_a ≤ 19.0 °C
- 19.0 < t_a ≤ 19.5 °C
- 19.5 < t_a ≤ 20.0 °C
- 20.0 < t_a ≤ 20.5 °C
- 20.5 < t_a ≤ 21.0 °C

- aufgelöste Bebauung
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen

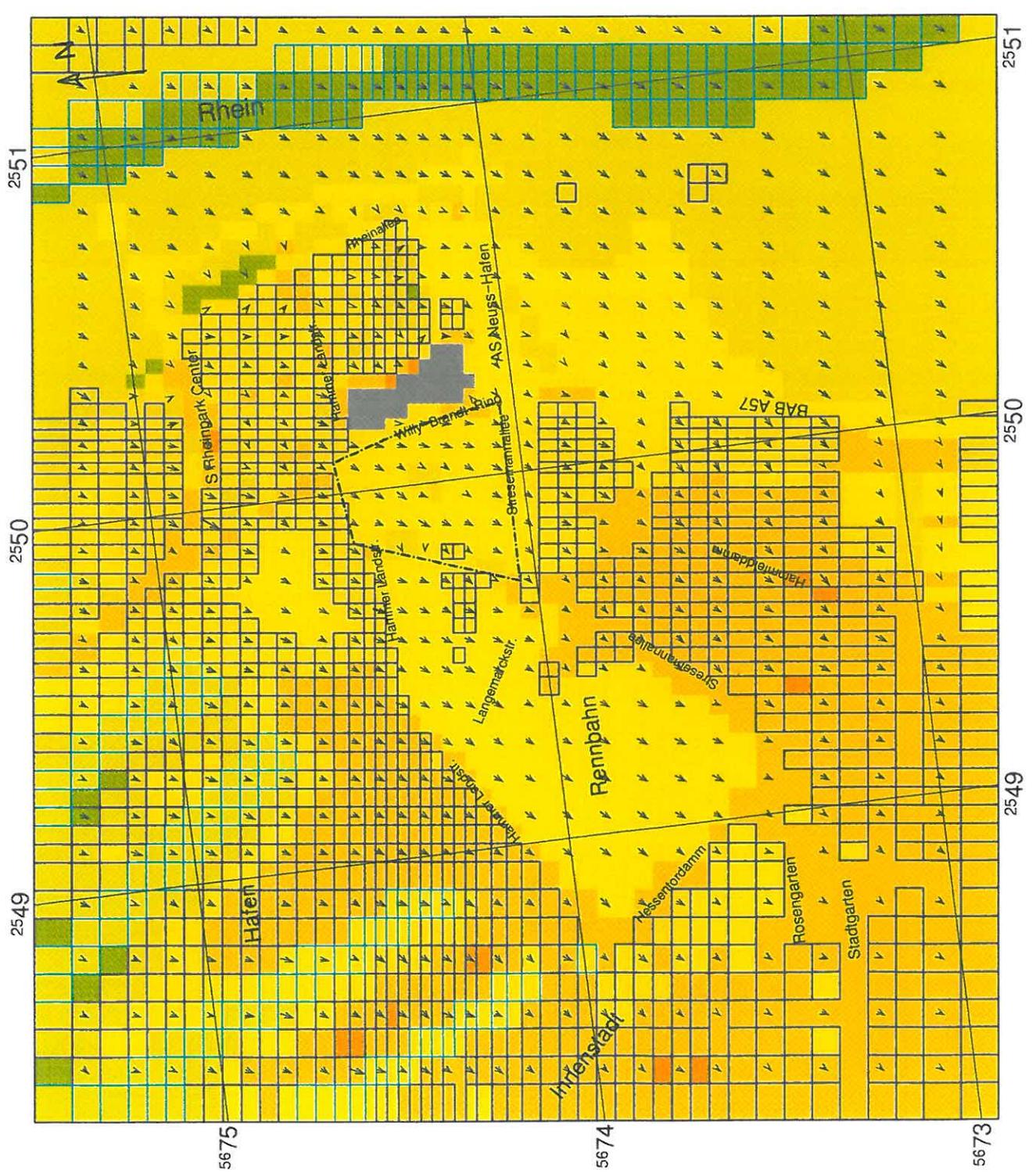


Abb. 3.4-3d
 MUKLIMO_3
 (2003)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Ist-Zustand
 Ost-südöst-Anströmung (120 Grad)

Lufttemperatur t_a
 und Windfeld
 in 2 m Höhe um 15 Uhr
 (Sommersituation)

200 m
 2 m/s

Farbskala der
 Lufttemperatur in Grad Celsius

- 23.0 < t_a ≤ 25.0 °C
- 25.0 < t_a ≤ 26.0 °C
- 26.0 < t_a ≤ 26.5 °C
- 26.5 < t_a ≤ 27.0 °C
- 27.0 < t_a ≤ 27.5 °C
- 27.5 < t_a ≤ 28.0 °C
- 28.0 < t_a ≤ 28.5 °C
- 28.5 < t_a ≤ 29.0 °C
- 29.0 < t_a ≤ 29.5 °C
- 29.5 < t_a ≤ 30.0 °C
- 30.0 < t_a ≤ 30.5 °C

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen

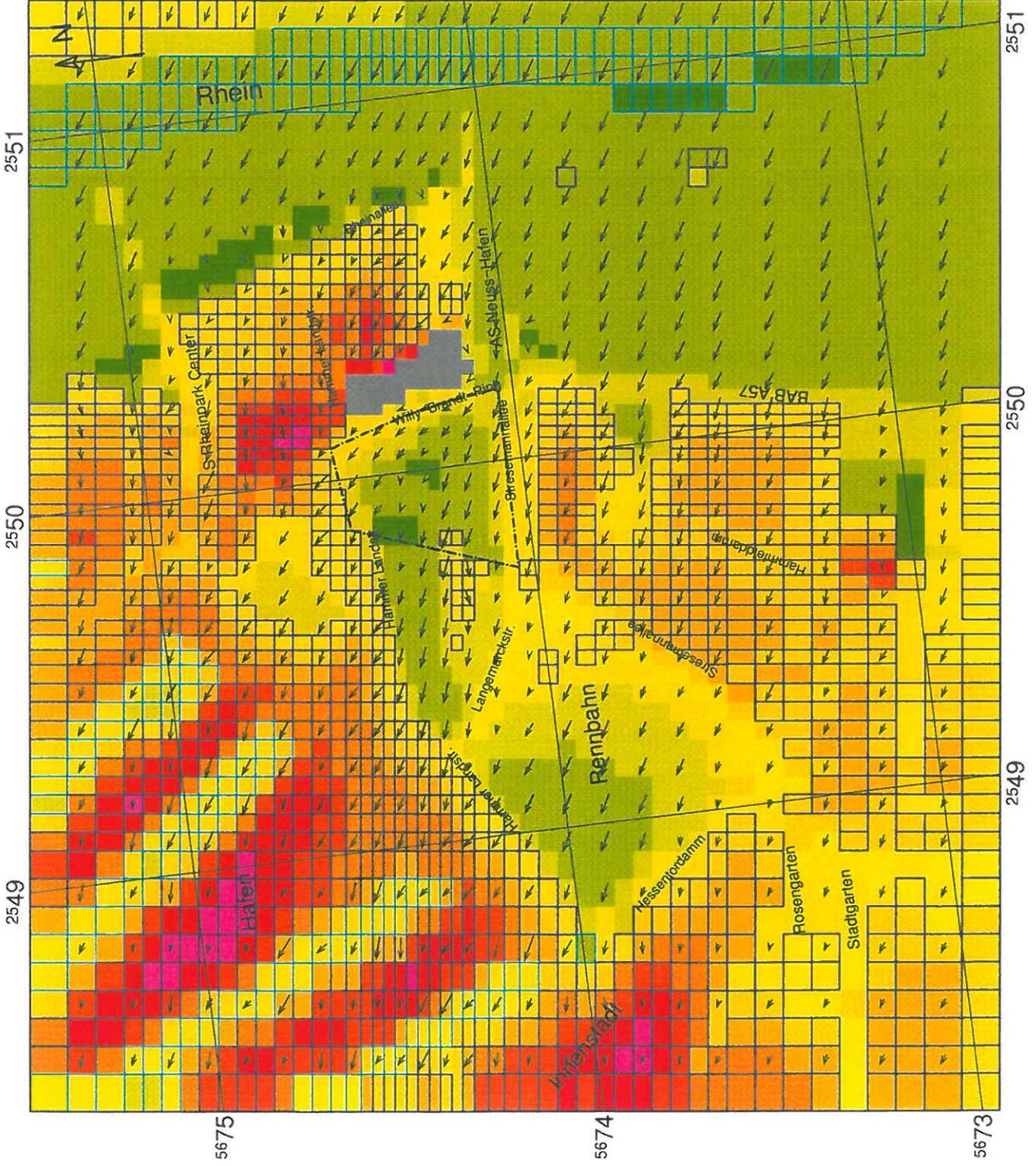


Abb. 3.4-4a

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Ist-Zustand
 Ost-südöst-Anströmung (120 Grad)

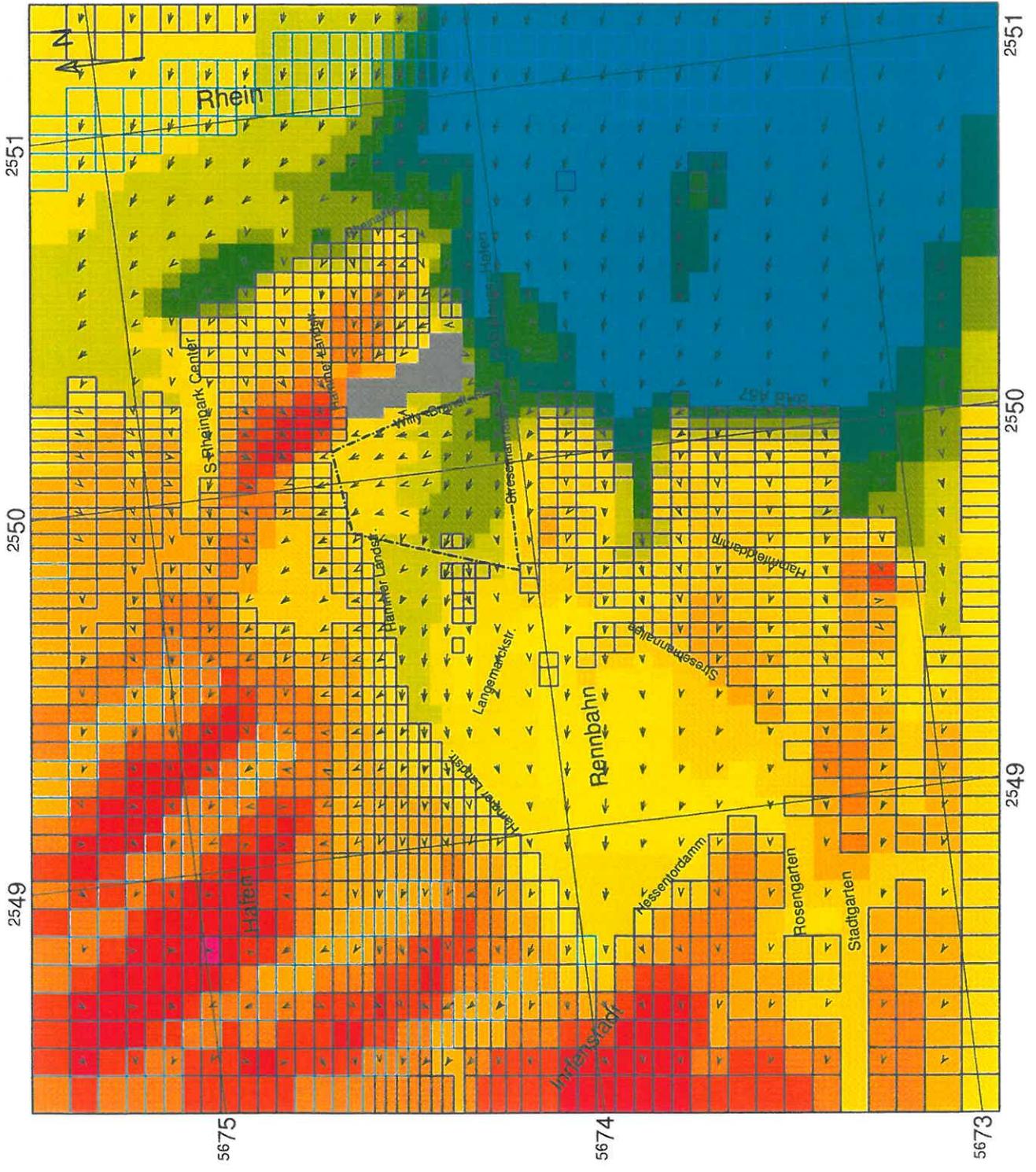
Lufttemperatur t_a
 und Windfeld
 in 2 m Höhe um 21 Uhr
 (Sommersituation)

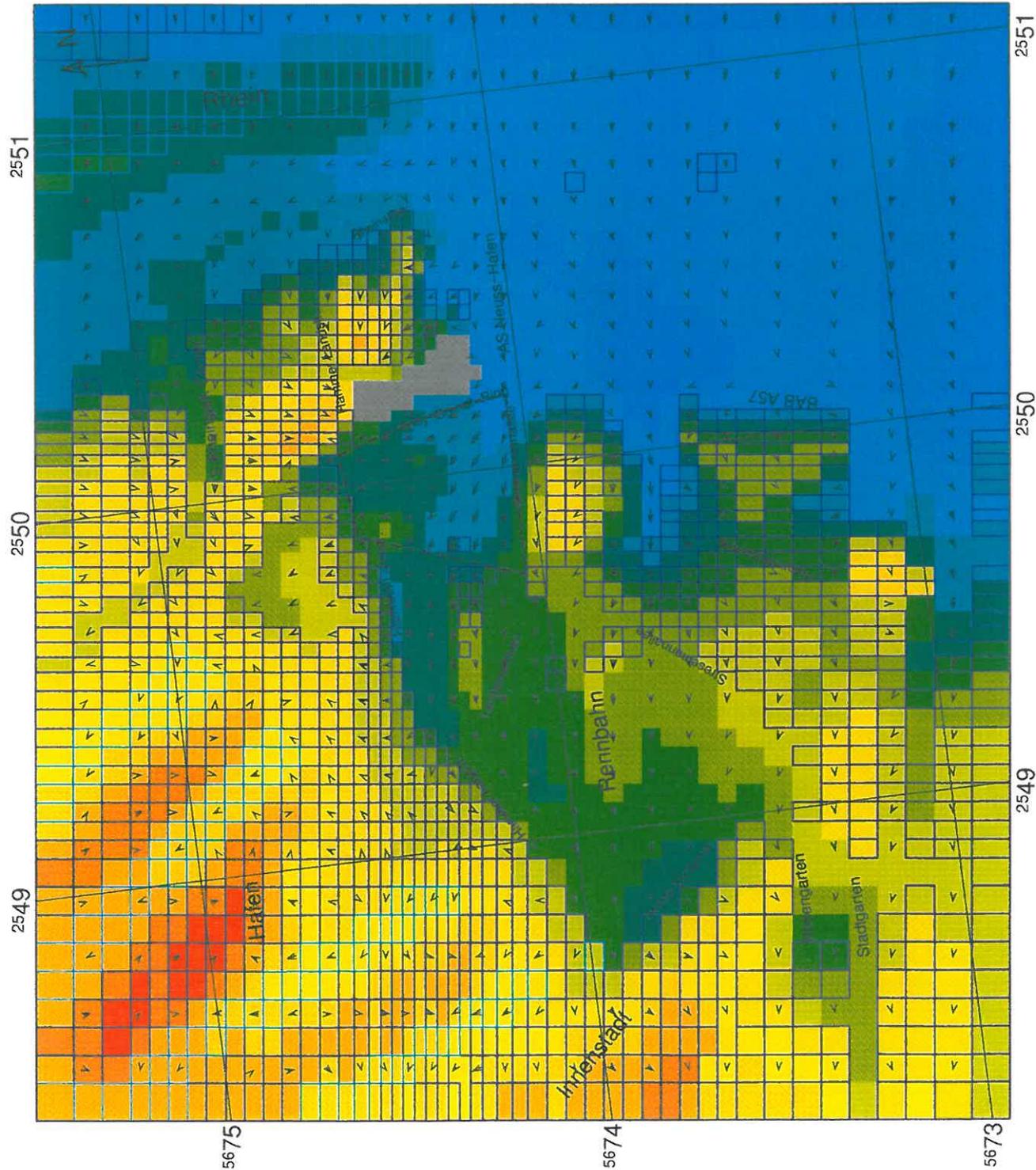
→ 2 m/s
 200 m

Farbskala der
 Lufttemperatur in Grad Celsius

- 19.0 < t_a ≤ 20.0 °C
- 20.0 < t_a ≤ 20.5 °C
- 20.5 < t_a ≤ 21.0 °C
- 21.0 < t_a ≤ 21.5 °C
- 21.5 < t_a ≤ 22.0 °C
- 22.0 < t_a ≤ 22.5 °C
- 22.5 < t_a ≤ 23.0 °C
- 23.0 < t_a ≤ 23.5 °C
- 23.5 < t_a ≤ 24.0 °C
- 24.0 < t_a ≤ 24.5 °C
- 24.5 < t_a ≤ 25.0 °C
- 25.0 < t_a ≤ 26.0 °C
- 26.0 < t_a ≤ 27.0 °C

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen





Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Ist-Zustand
 Ost-südost-Anströmung (120 Grad)

Lufttemperatur t_a
 und Windfeld
 in 2 m Höhe um 03 Uhr
 (Sommersituation)

→ 2 m/s
 — 200 m

Farbskala der
 Lufttemperatur in Grad Celsius

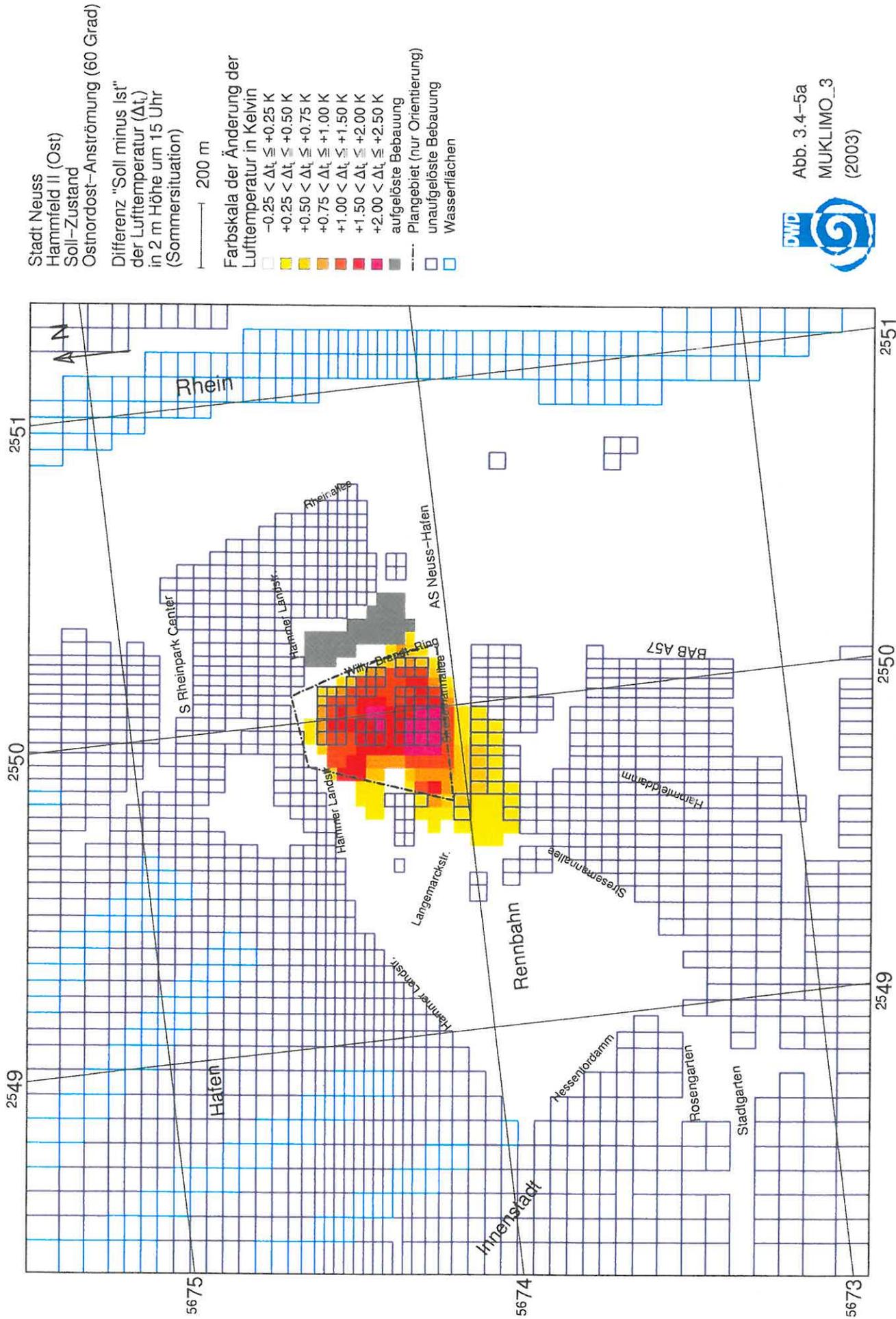
- 13.0 < t_a ≤ 14.0 °C
- 14.0 < t_a ≤ 15.0 °C
- 15.0 < t_a ≤ 15.5 °C
- 15.5 < t_a ≤ 16.0 °C
- 16.0 < t_a ≤ 16.5 °C
- 16.5 < t_a ≤ 17.0 °C
- 17.0 < t_a ≤ 17.5 °C
- 17.5 < t_a ≤ 18.0 °C
- 18.0 < t_a ≤ 18.5 °C
- 18.5 < t_a ≤ 19.0 °C
- 19.0 < t_a ≤ 19.5 °C
- 19.5 < t_a ≤ 20.0 °C
- 20.0 < t_a ≤ 21.0 °C

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen



Abb. 3.4-4c
 MUKLIMO_3
 (2003)





Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Ostnordost-Anströmung (60 Grad)

Differenz "Soll minus Ist"
 der Lufttemperatur (Δt_i)
 in 2 m Höhe um 21 Uhr
 (Sommersituation)

200 m

Farbskala der Änderung der
 Lufttemperatur in Kelvin

- 0,25 < Δt_i ≤ +0,25 K
- +0,25 < Δt_i ≤ +0,50 K
- +0,50 < Δt_i ≤ +0,75 K
- +0,75 < Δt_i ≤ +1,00 K
- +1,00 < Δt_i ≤ +1,50 K

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen

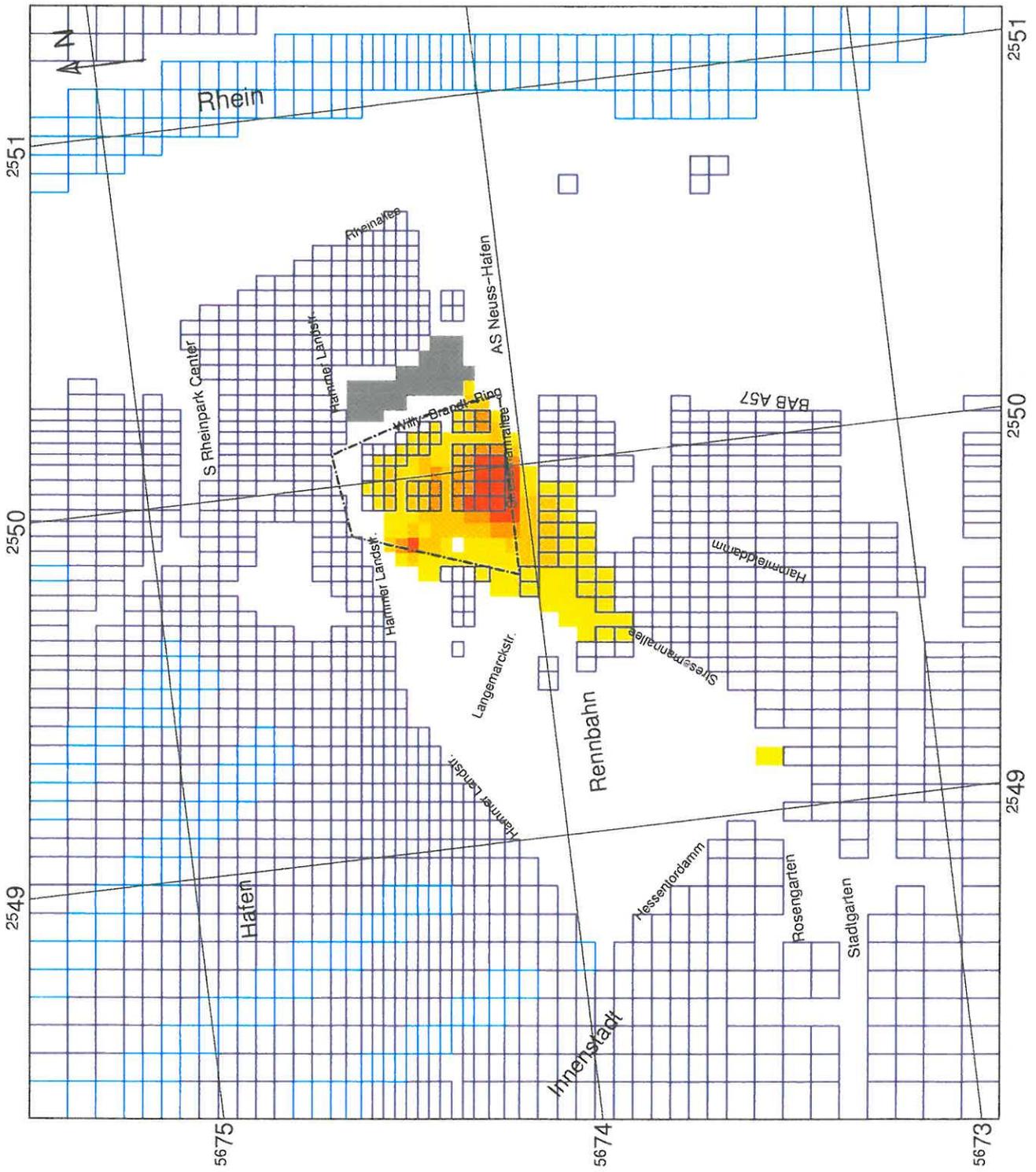


Abb. 3.4-5b
 MUKLIMO_3
 (2003)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Ostnordost-Anströmung (60 Grad)

Differenz "Soll minus Ist"
 der Lufttemperatur (Δt_s)
 in 2 m Höhe um 03 Uhr
 (Sommersituation)

200 m

Farbskala der Änderung der
 Lufttemperatur in Kelvin

- 1.50 < Δt_s ≤ -1.00 K
- 1.00 < Δt_s ≤ -0.75 K
- 0.75 < Δt_s ≤ -0.50 K
- 0.50 < Δt_s ≤ -0.25 K
- 0.25 < Δt_s ≤ +0.25 K
- +0.25 < Δt_s ≤ +0.50 K
- +0.50 < Δt_s ≤ +0.75 K
- +0.75 < Δt_s ≤ +1.00 K
- +1.00 < Δt_s ≤ +1.50 K
- +1.50 < Δt_s ≤ +2.00 K
- +2.00 < Δt_s ≤ +2.50 K

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen

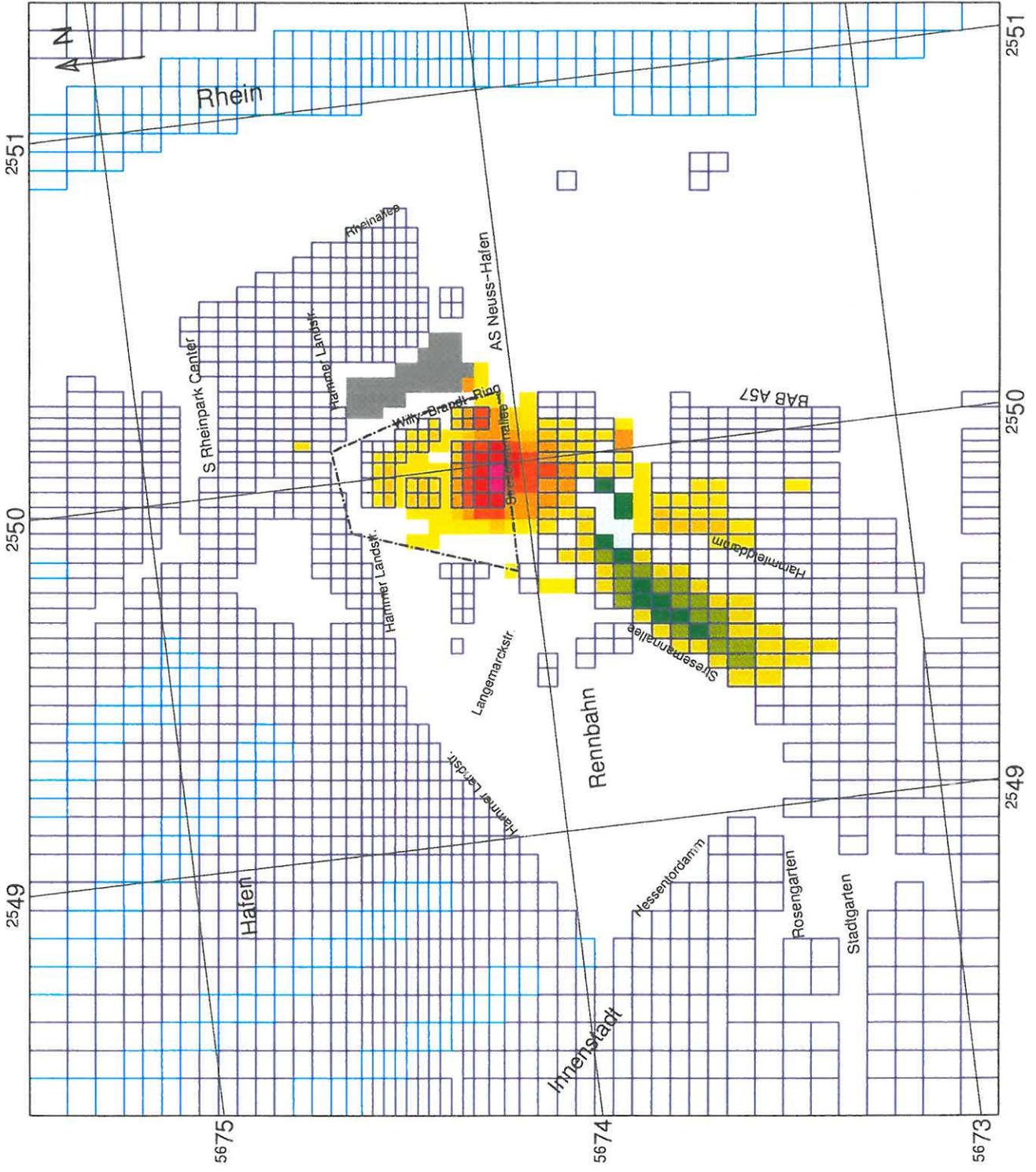


Abb. 3.4-5c
 MUKLIMO_3
 (2003)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Ostnordost-Anströmung (60 Grad)

Differenz "Soll minus Ist"
 der Lufttemperatur (Δt_a)
 in 2 m Höhe um 09 Uhr
 (Sommersituation)

200 m

- Farbskala der Änderung der Lufttemperatur in Kelvin
- $-0.50 < \Delta t_a \leq -0.25$ K
 - $-0.25 < \Delta t_a \leq +0.25$ K
 - $+0.25 < \Delta t_a \leq +0.50$ K
 - $+0.50 < \Delta t_a \leq +0.75$ K
 - $+0.75 < \Delta t_a \leq +1.00$ K
- aufgelöste Bebauung
 Plangebiet (nur Orientierung)
 unaufgelöste Bebauung
 Wasserflächen

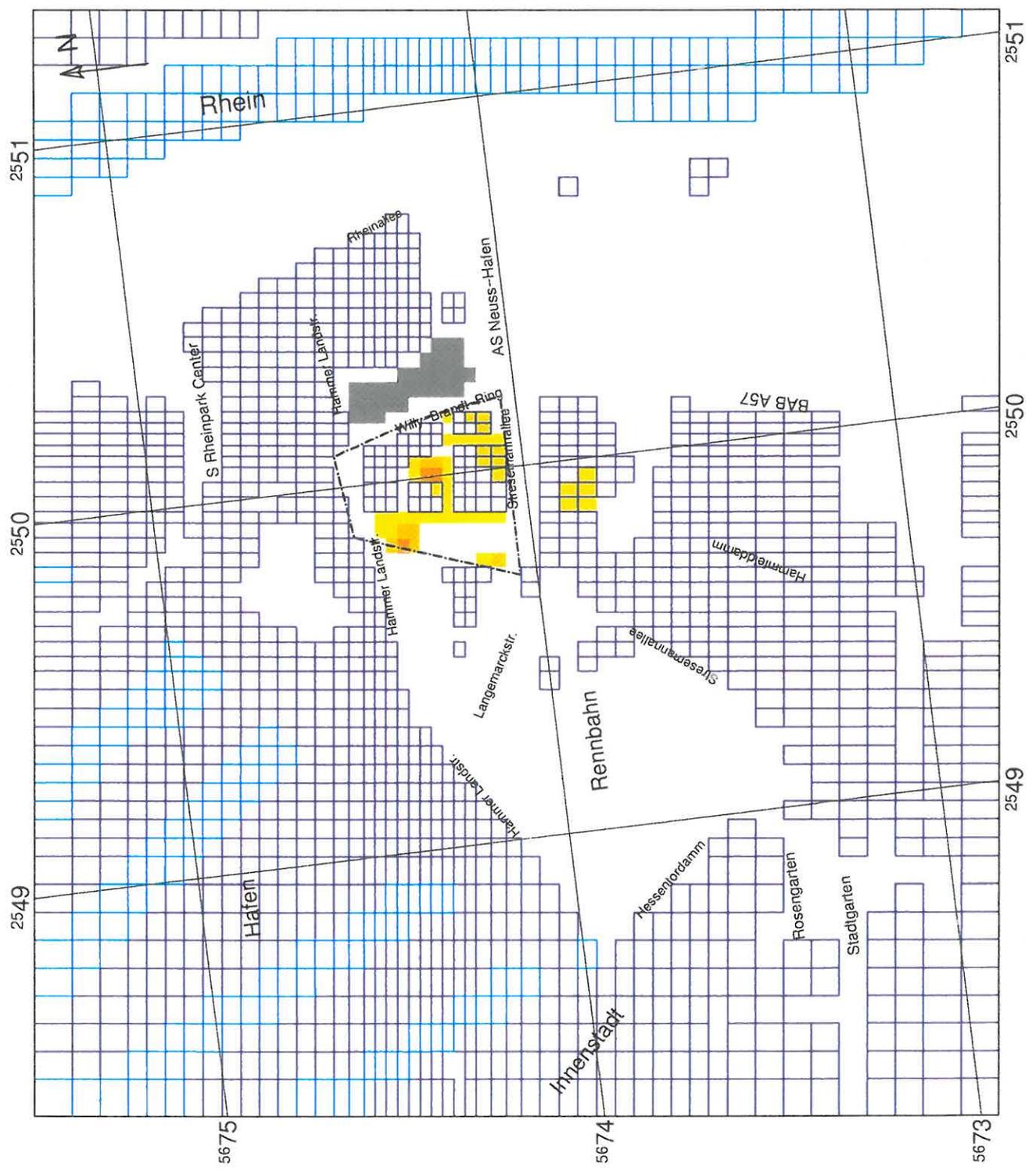


Abb. 3.4-5d
 MUKLIMO_3
 (2003)

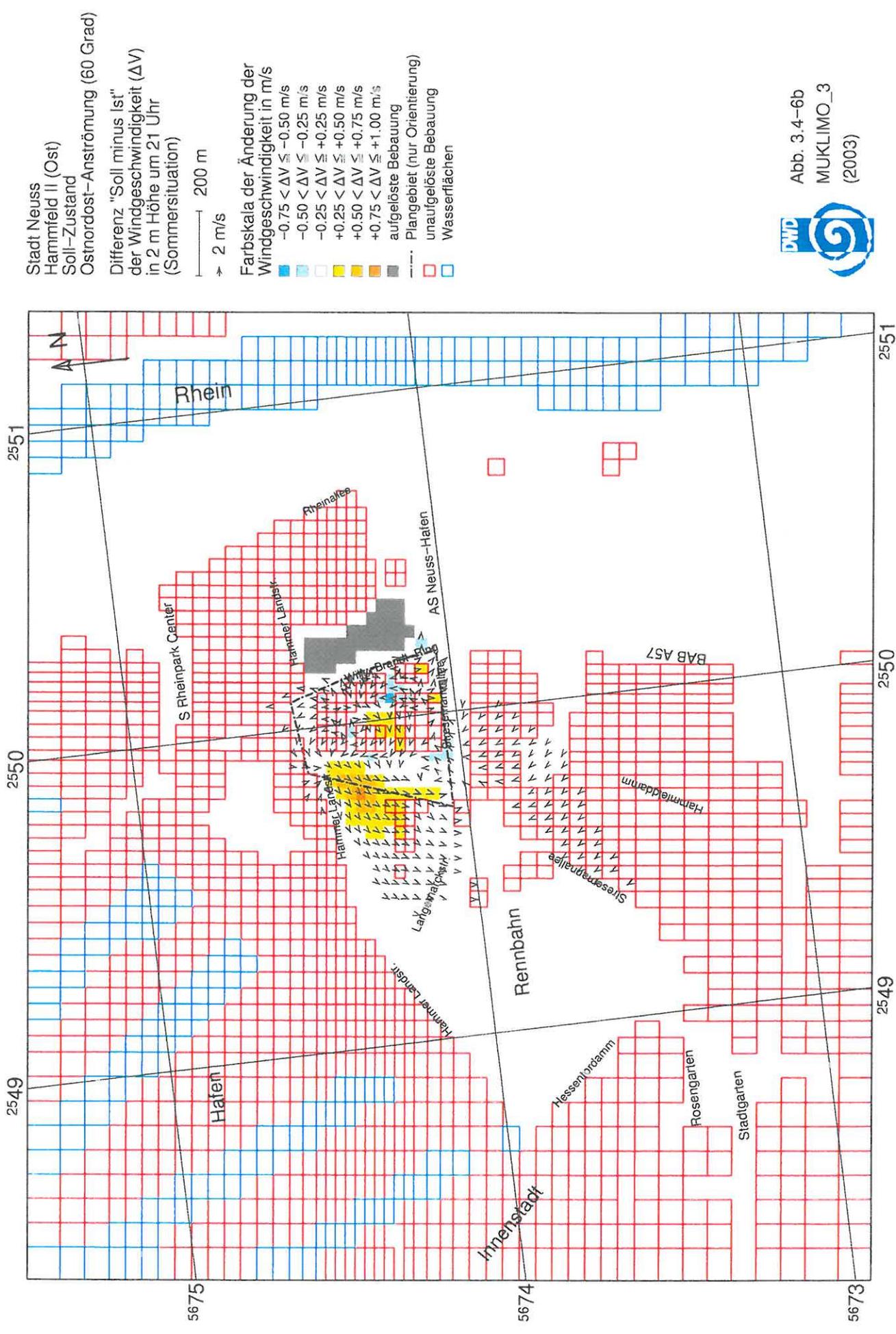
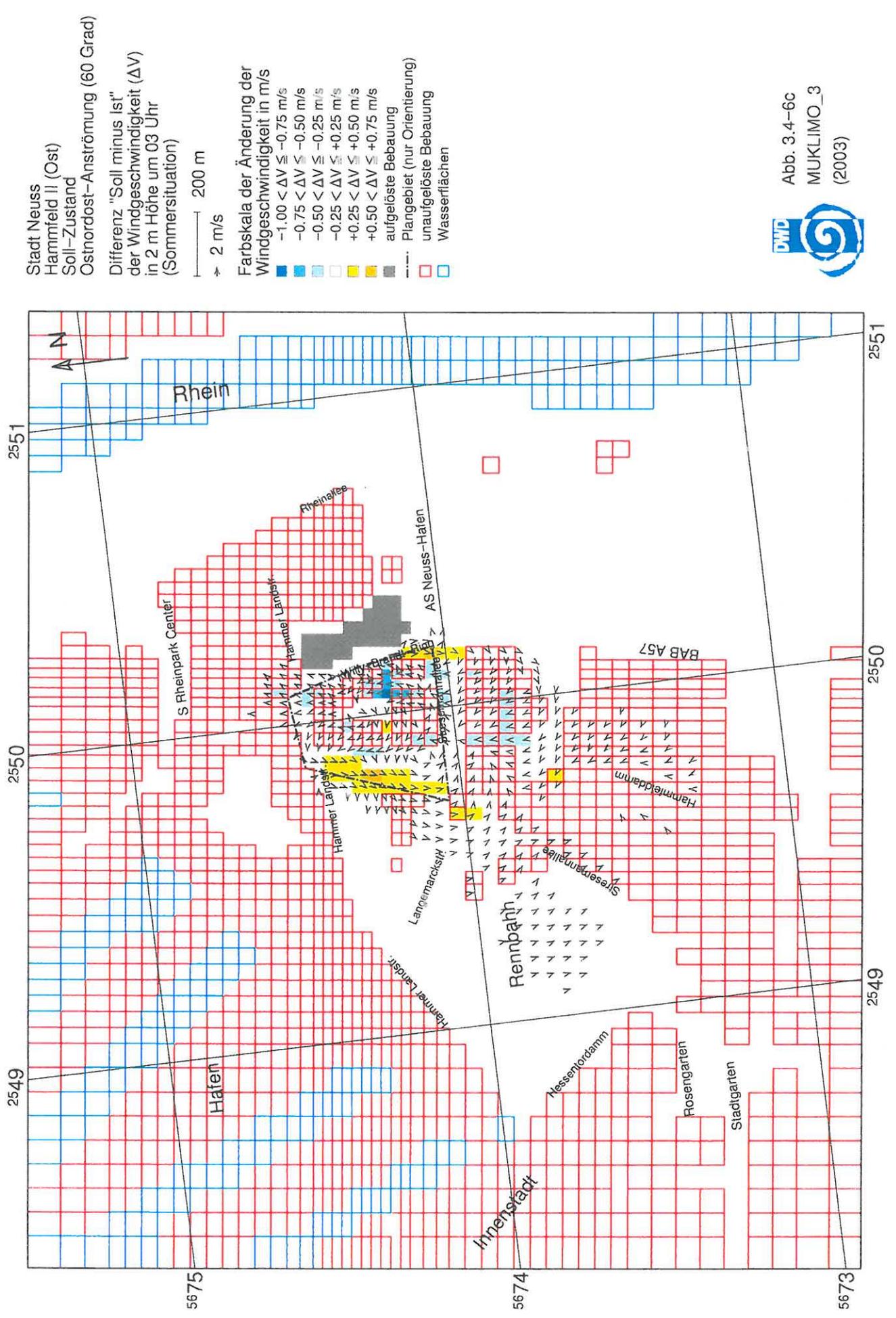


Abb. 3.4-6b
 MUKLIMO_3
 (2003)



Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Ostnordost-Anströmung (60 Grad)

Differenz "Soll minus Ist"
 der Windgeschwindigkeit (ΔV)
 in 2 m Höhe um 03 Uhr
 (Sommersituation)

→ 2 m/s
 200 m

Farbskala der Änderung der
 Windgeschwindigkeit in m/s

- 1.00 $\Delta V \leq -0.75$ m/s
- 0.75 $\Delta V \leq -0.50$ m/s
- 0.50 $\Delta V \leq -0.25$ m/s
- 0.25 $\Delta V \leq +0.25$ m/s
- +0.25 $\Delta V \leq +0.50$ m/s
- +0.50 $\Delta V \leq +0.75$ m/s

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen



Abb. 3.4-6c
 MUKLIMO_3
 (2003)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Ostnordost-Anströmung (60 Grad)

Differenz "Soll minus Ist"
 der Windgeschwindigkeit (ΔV)
 in 2 m Höhe um 09 Uhr
 (Sommersituation)

→ 2 m/s
 200 m

Farbskala der Änderung der
 Windgeschwindigkeit in m/s

- 0.50 < ΔV ≤ -0.25 m/s
- 0.25 < ΔV ≤ +0.25 m/s
- +0.25 < ΔV ≤ +0.50 m/s
- +0.50 < ΔV ≤ +0.75 m/s
- +0.75 < ΔV ≤ +1.00 m/s
- aufgeißelte Bebauung
- - - Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgeißelte Bebauung
- Wasserflächen

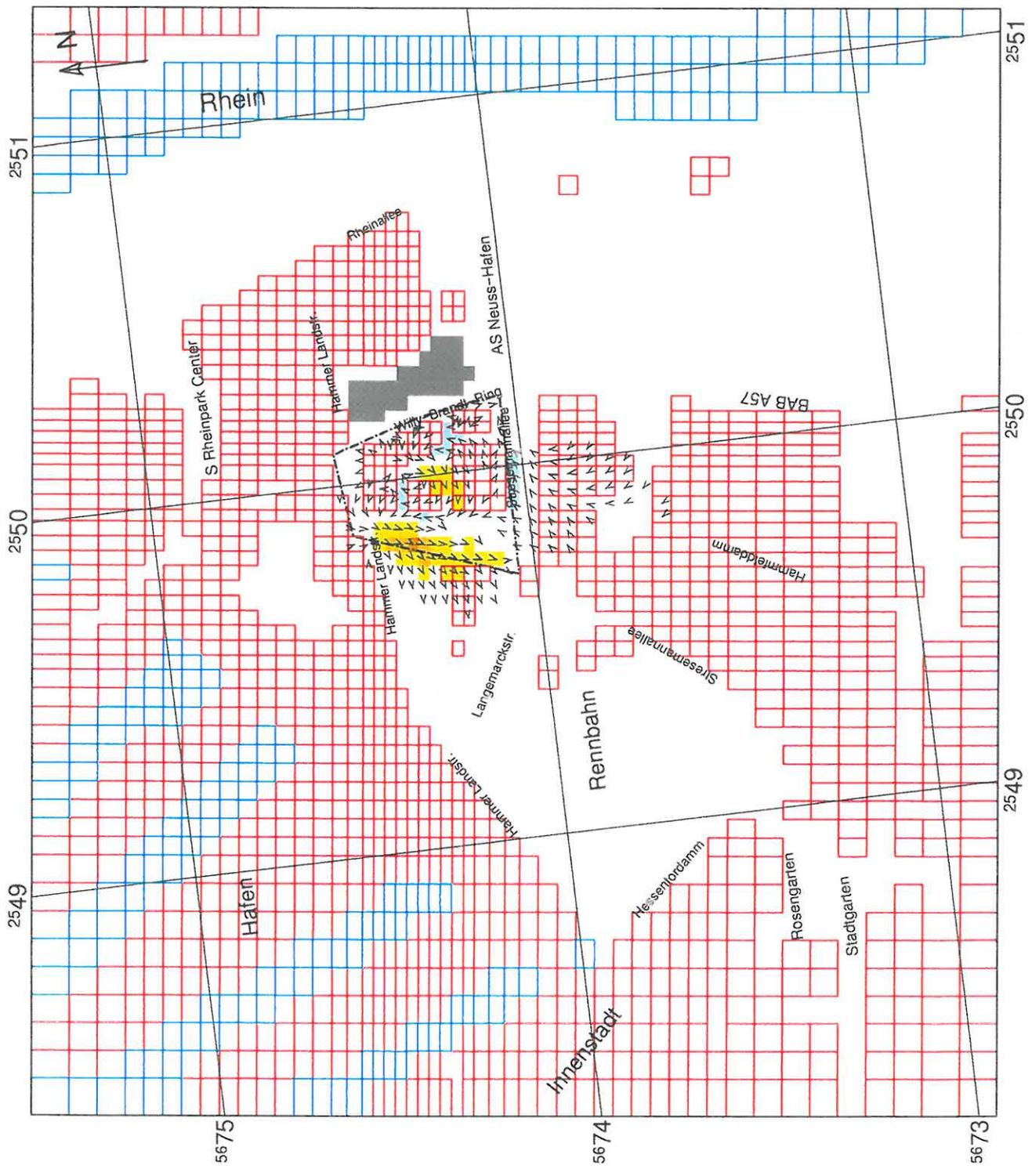


Abb. 3.4-6d
 MUKLIMO_3
 (2003)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Bezug: Ist-Zustand
 Ostnordost-Anströmung (60 Grad)
 Indexauswertung der
 Lufttemperatur
 in 2 m Höhe um 15 Uhr
 (Sommersituation)

200 m

Wärmeinselverteilung mit
 Übergängen "Ist wird Soll":

- kein Wärmeinsel-Effekt (bleibt)
- keine wird schwache Wärmeinsel
- keine wird ausgeprägte Wärmeinsel
- schwache wird keine Wärmeinsel
- schwache Wärmeinsel (bleibt)
- schwache wird ausgeprägte Wärmeinsel
- ausgeprägte Wärmeinsel (bleibt)
- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen

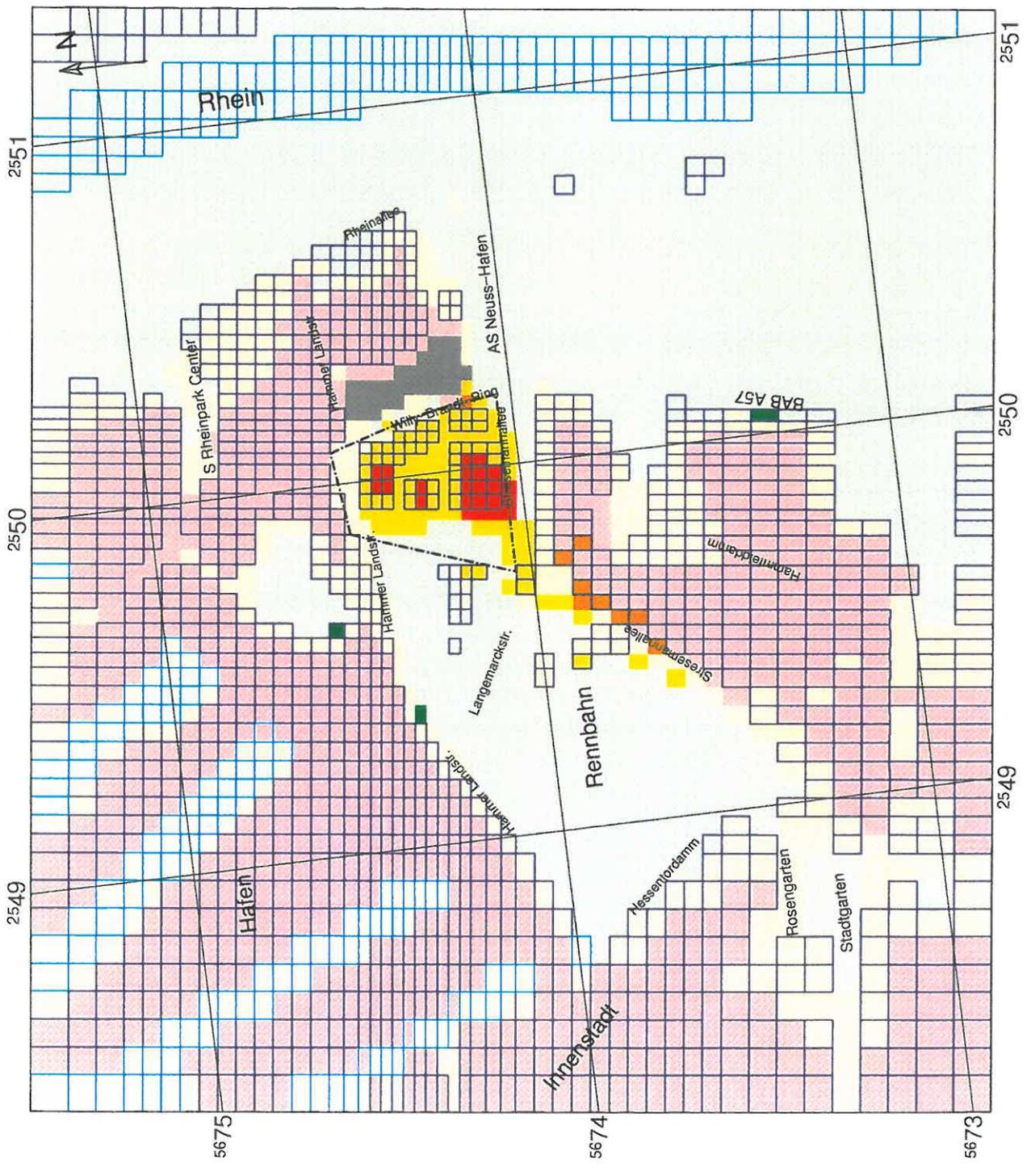
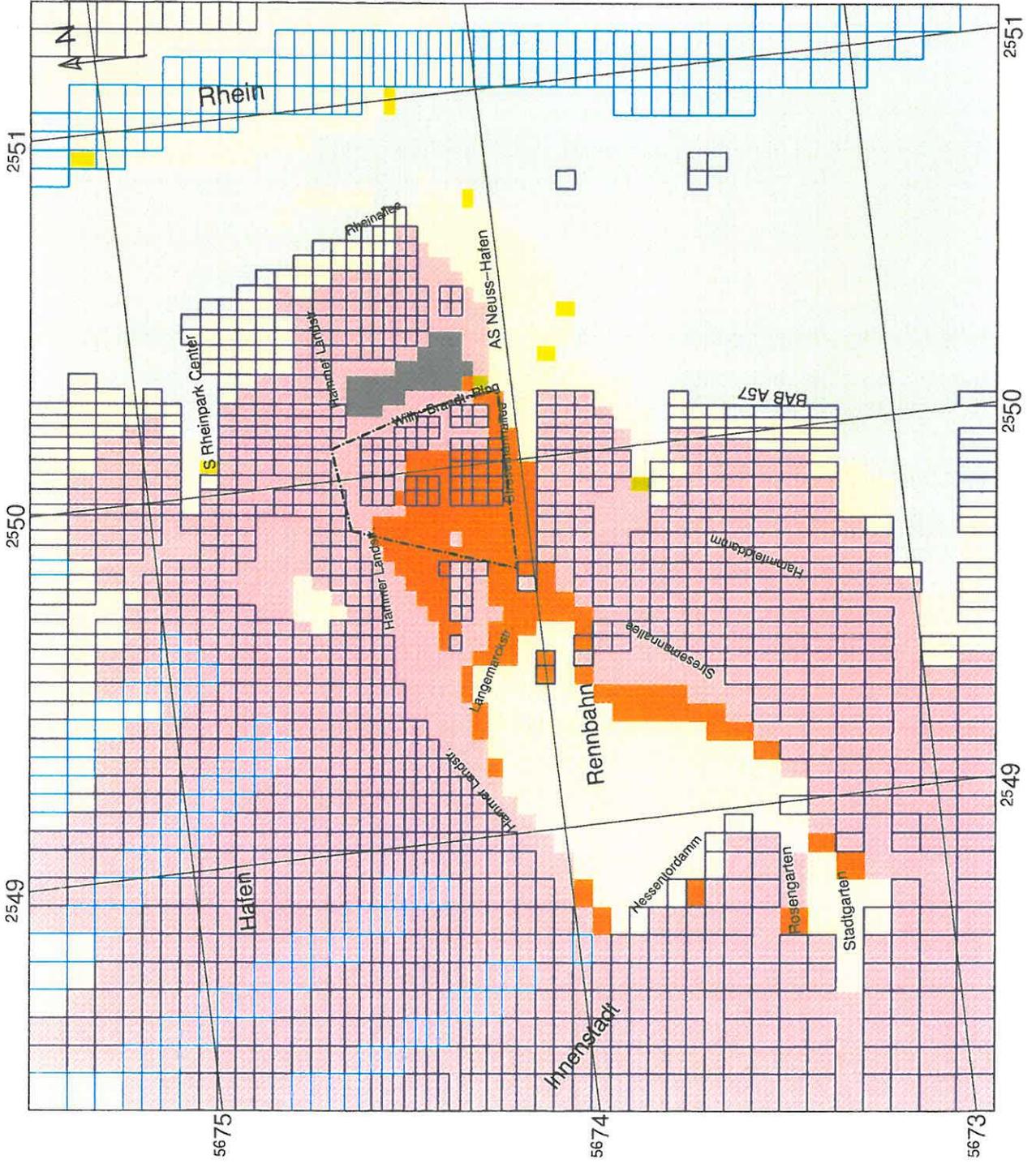


Abb. 3.4-7a
 MUKLIMO_3
 (2003)



Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Bezug: Ist-Zustand
 Ostnordost-Anströmung (60 Grad)
 Indexauswertung der
 Lufttemperatur
 in 2 m Höhe um 21 Uhr
 (Sommersituation)

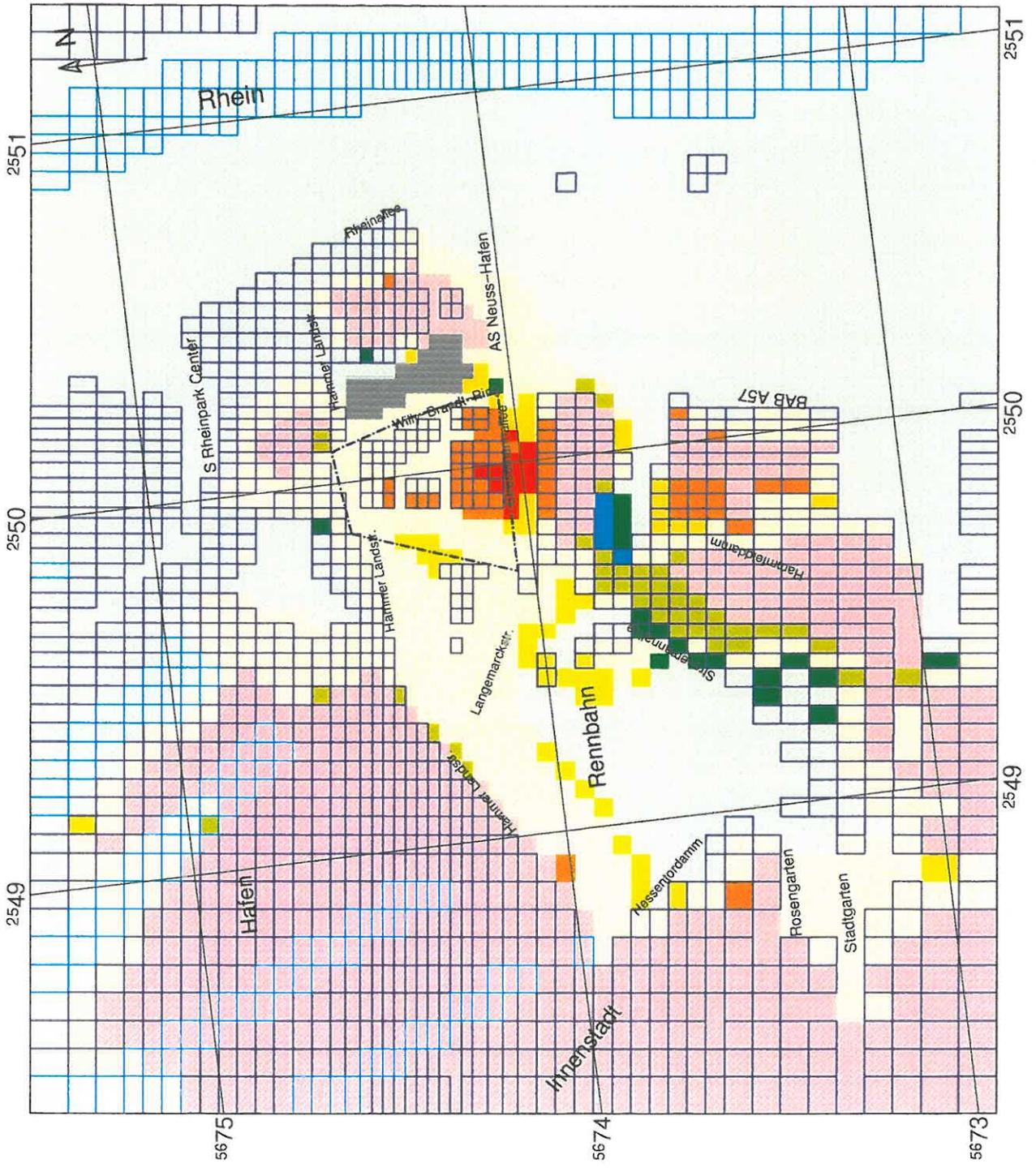
200 m

Wärmeinselverteilung mit
 Übergängen "Ist wird Soll":

- kein Wärmeinsel-Effekt (bleibt)
- keine wird schwache Wärmeinsel
- schwache Wärmeinsel (bleibt)
- ausgeprägte wird ausgeprägte Wärmeinsel
- ausgeprägte wird schwache Wärmeinsel
- aufgelöste Wärmeinsel (bleibt)
- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen



Abb. 3.4-7b
 MUKLIMO_3
 (2003)



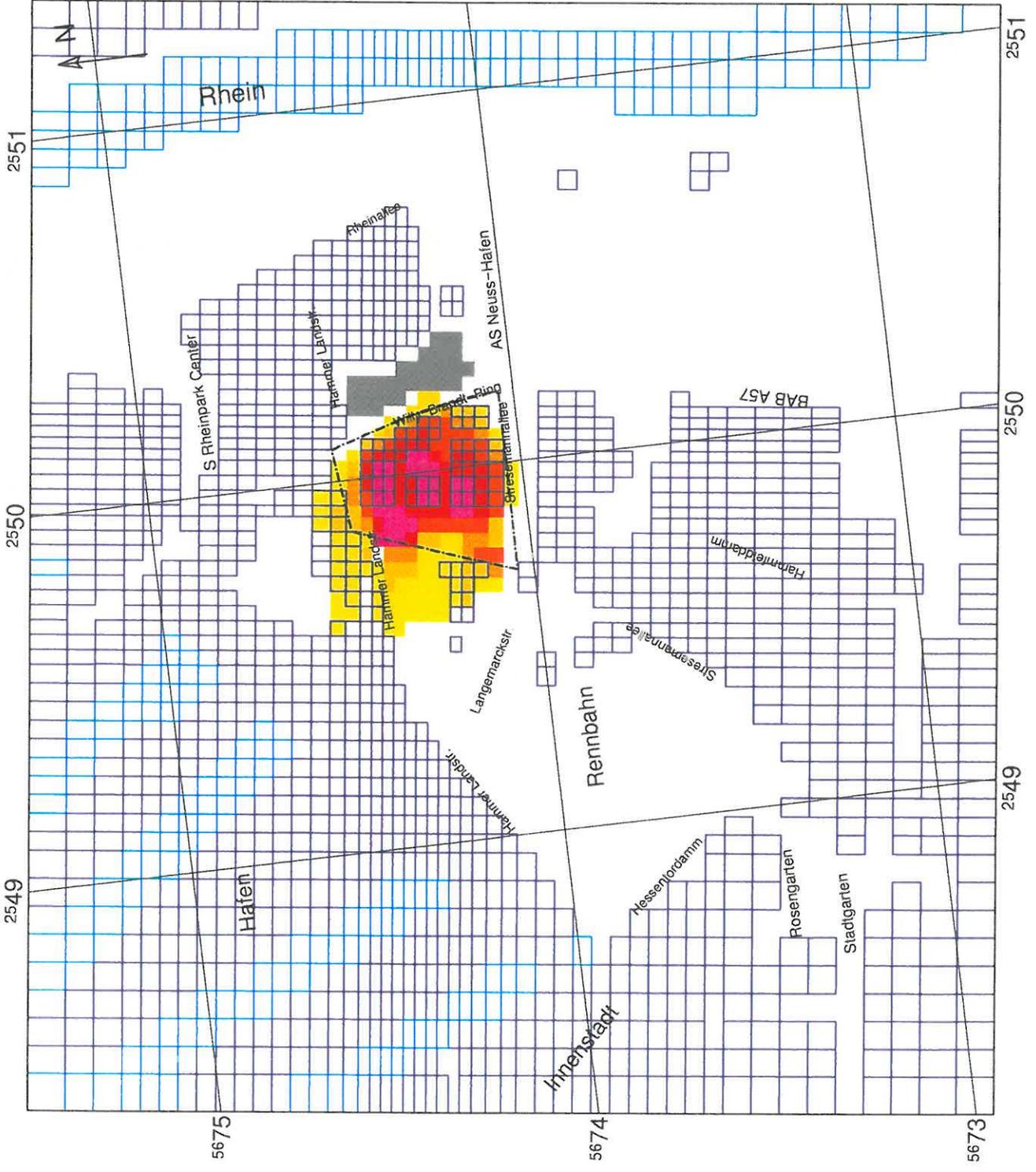
Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Bezug: Ist-Zustand
 Ostnordost-Anströmung (60 Grad)
 Indexauswertung der
 Lufttemperatur
 in 2 m Höhe um 03 Uhr
 (Sommersituation)

200 m

- Wärmeinselverteilung mit
 Übergängen "Ist wird Soll":
- kein Wärmeinsel-Effekt (bleibt)
 - keine wird schwache Wärmeinsel
 - keine wird ausgeprägte Wärmeinsel
 - schwache Wärmeinsel (bleibt)
 - schwache Wärmeinsel (bleibt)
 - ausgeprägte wird ausgeprägte Wärmeinsel
 - ausgeprägte wird keine Wärmeinsel
 - ausgeprägte wird schwache Wärmeinsel
 - ausgeprägte Wärmeinsel (bleibt)
 - aufgelöste Bebauung
 - Plangebiet (nur Orientierung)
 - unaufgelöste Bebauung
 - Wasserflächen



Abb. 3.4-7c
 MUKLIMO_3
 (2003)



Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Ostsüdost-Anströmung (120 Grad)
 Differenz "Soll minus Ist"
 der Lufttemperatur (Δt_i)
 in 2 m Höhe um 15 Uhr
 (Sommersituation)

200 m

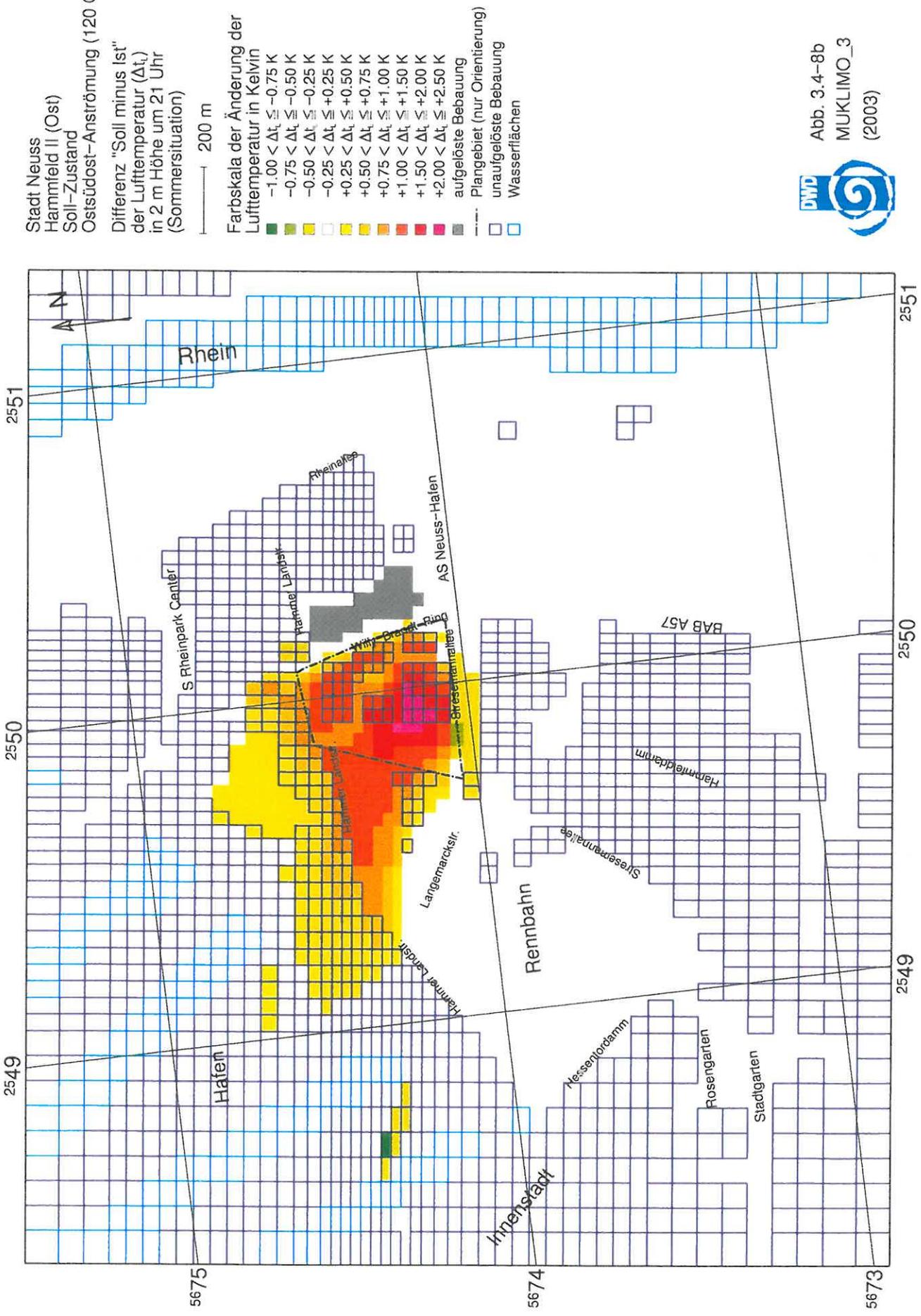
Farbskala der Änderung der
 Lufttemperatur in Kelvin

- 0.25 < Δt_i \leq +0.25 K
- +0.25 < Δt_i \leq +0.50 K
- +0.50 < Δt_i \leq +0.75 K
- +0.75 < Δt_i \leq +1.00 K
- +1.00 < Δt_i \leq +1.50 K
- +1.50 < Δt_i \leq +2.00 K
- +2.00 < Δt_i \leq +2.50 K
- +2.50 < Δt_i \leq +3.00 K

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen



Abb. 3.4-8a
 MUKLIMO_3
 (2003)



DWD
 Abb. 3.4-8b
 MUKLIMO_3
 (2003)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Ost-südöst-Anströmung (120 Grad)

Differenz "Soll minus Ist"
 der Lufttemperatur (Δt_i)
 in 2 m Höhe um 03 Uhr
 (Sommersituation)

200 m

Farbskala der Änderung der
 Lufttemperatur in Kelvin

- 2.00 < Δt_i ≤ -1.50 K
- 1.50 < Δt_i ≤ -1.00 K
- 1.00 < Δt_i ≤ -0.75 K
- 0.75 < Δt_i ≤ -0.50 K
- 0.50 < Δt_i ≤ -0.25 K
- 0.25 < Δt_i ≤ +0.25 K
- +0.25 < Δt_i ≤ +0.50 K
- +0.50 < Δt_i ≤ +0.75 K
- +0.75 < Δt_i ≤ +1.00 K
- +1.00 < Δt_i ≤ +1.50 K
- +1.50 < Δt_i ≤ +2.00 K
- +2.00 < Δt_i ≤ +2.50 K
- +2.50 < Δt_i ≤ +3.00 K
- +3.00 < Δt_i ≤ +3.50 K

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen

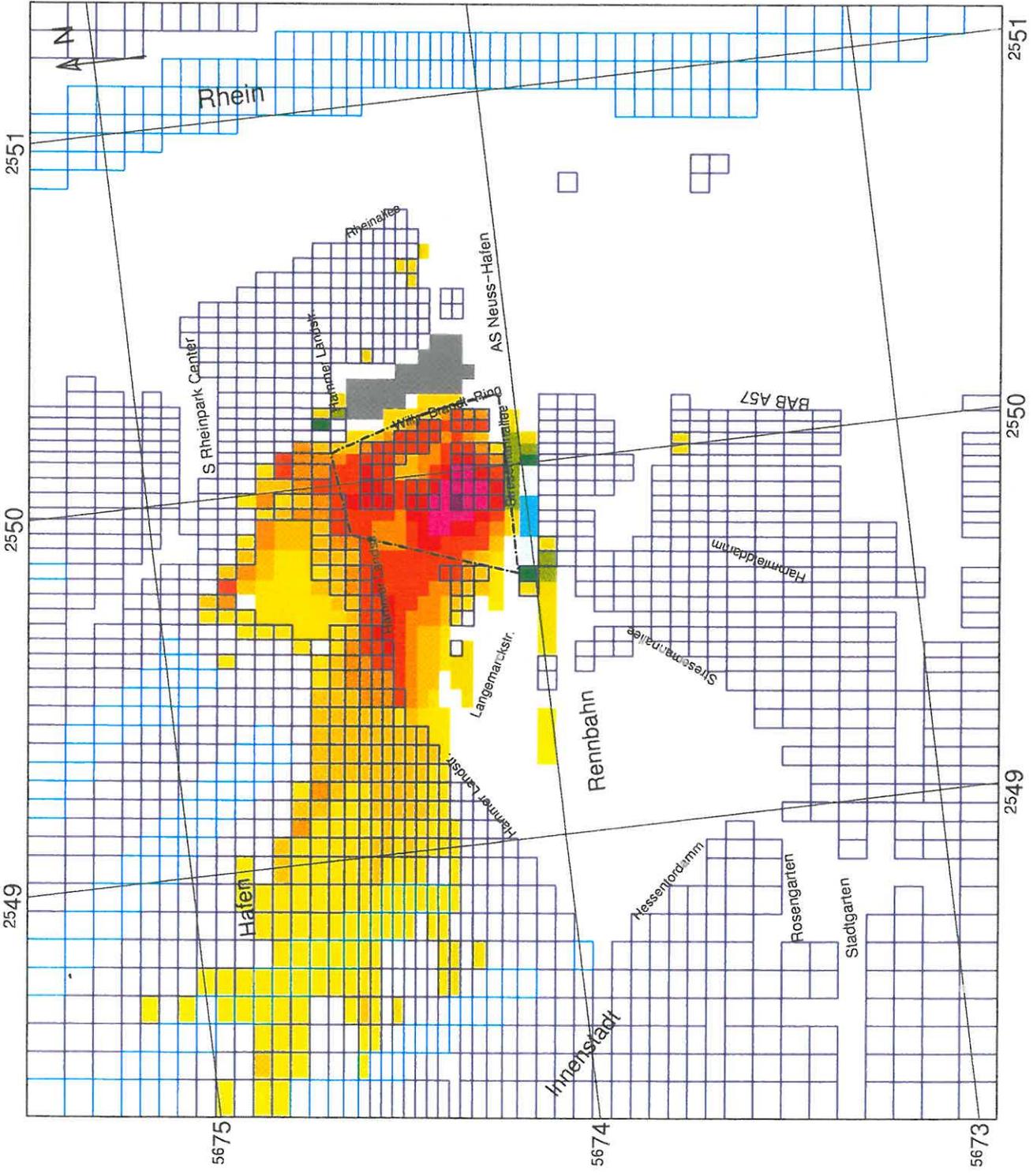


Abb. 3.4-8c
 MUKLIMO_3
 (2003)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Ost-südost-Anströmung (120 Grad)

Differenz "Soll minus Ist"
 der Lufttemperatur (Δt_a)
 in 2 m Höhe um 09 Uhr
 (Sommersituation)

200 m

- Farbskala der Änderung der Lufttemperatur in Kelvin
- 0.75 < Δt_a ≤ -0.50 K
 - 0.50 < Δt_a ≤ -0.25 K
 - 0.25 < Δt_a ≤ +0.25 K
 - +0.25 < Δt_a ≤ +0.50 K
 - +0.50 < Δt_a ≤ +0.75 K
 - +0.75 < Δt_a ≤ +1.00 K
- aufgelöste Bebauung
 - Plangebiet (nur Orientierung)
 - unaufgelöste Bebauung
 - Wasserflächen

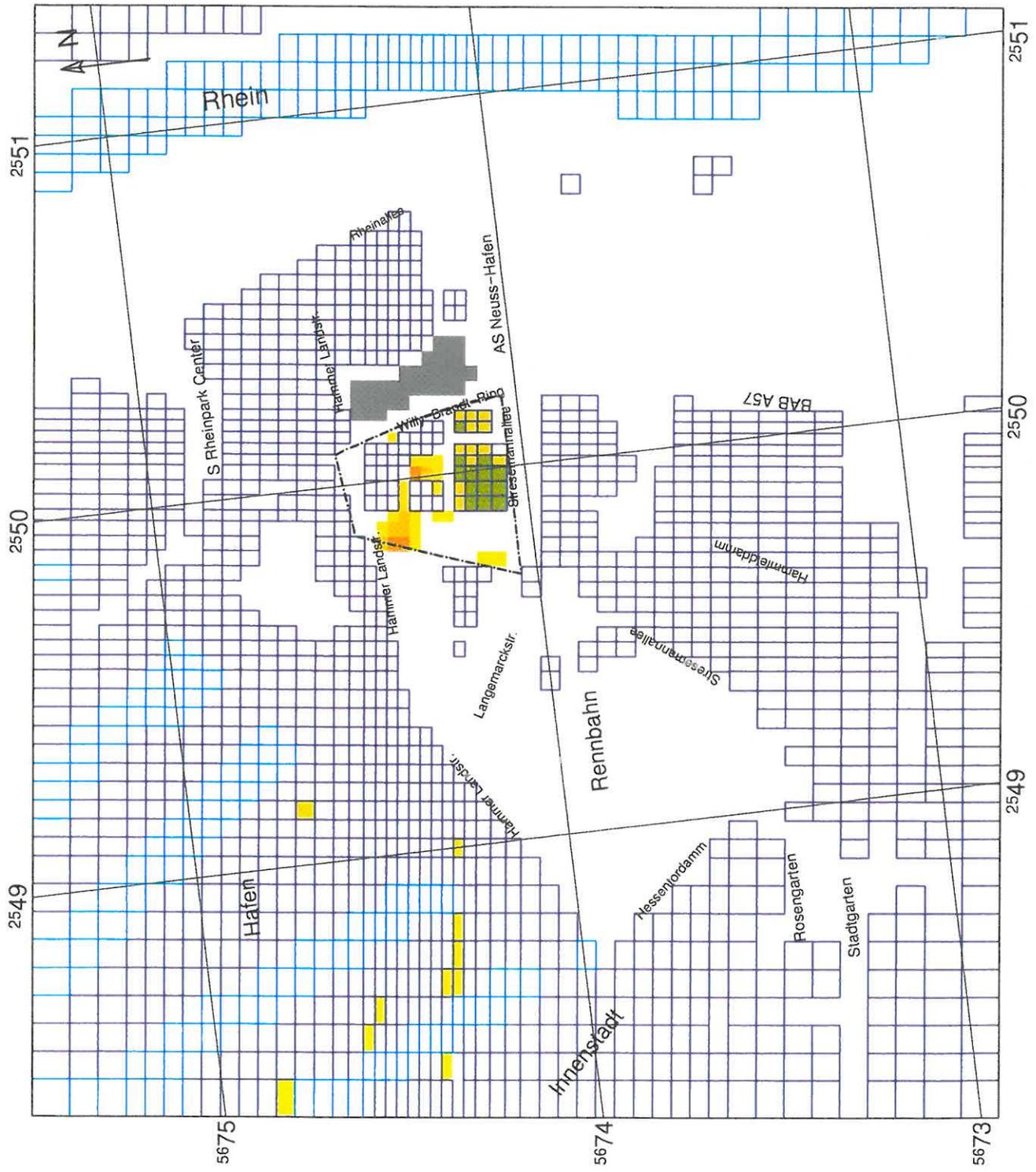


Abb. 3.4-8d
 MUKLIMO_3
 (2003)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Ost-südost-Anströmung (120 Grad)

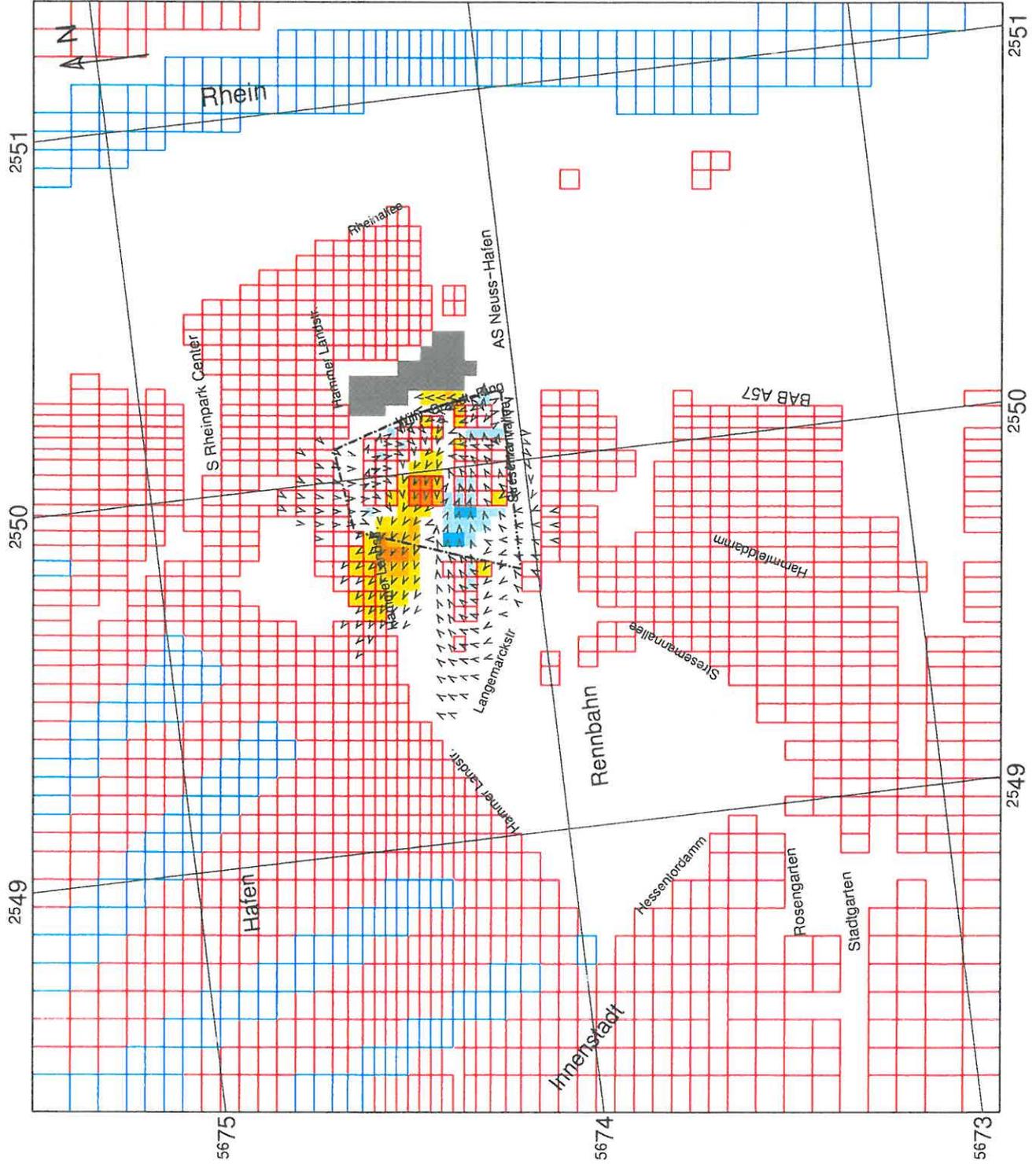
Differenz "Soll minus Ist"
 der Windgeschwindigkeit (ΔV)
 in 2 m Höhe um 15 Uhr
 (Sommersituation)

200 m
 > 2 m/s

Farbskala der Änderung der
 Windgeschwindigkeit in m/s

- 0.75 < ΔV \leq -0.50 m/s
- 0.50 < ΔV \leq -0.25 m/s
- 0.25 < ΔV \leq +0.25 m/s
- +0.25 < ΔV \leq +0.50 m/s
- +0.50 < ΔV \leq +0.75 m/s
- +0.75 < ΔV \leq +1.00 m/s

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen



Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Ost-südost-Anströmung (120 Grad)

Differenz "Soll minus Ist"
 der Windgeschwindigkeit (ΔV)
 in 2 m Höhe um 21 Uhr
 (Sommersituation)

200 m
 2 m/s

Farbskala der Änderung der
 Windgeschwindigkeit in m/s

Blue	$-0.75 < \Delta V \leq -0.50$ m/s
Light Blue	$-0.50 < \Delta V \leq -0.25$ m/s
White	$-0.25 < \Delta V \leq +0.25$ m/s
Yellow	$+0.25 < \Delta V \leq +0.50$ m/s
Orange	$+0.50 < \Delta V \leq +0.75$ m/s

aufgelöste Bebauung
 Plangebiet (nur Orientierung)
 unaufgelöste Bebauung
 Wasserflächen

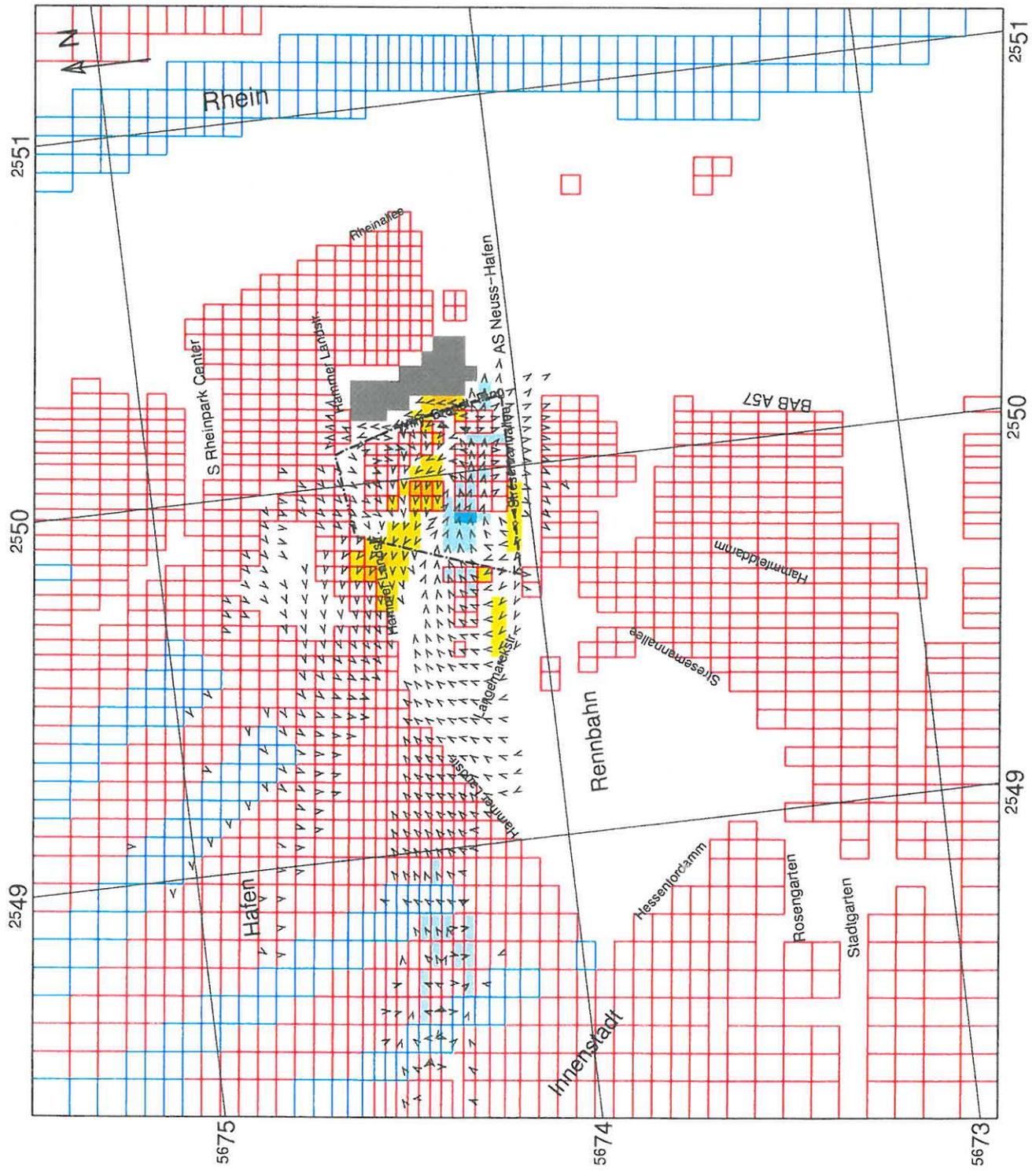


Abb. 3.4-9b
 MUKLIMO_3
 (2003)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Ost-südost-Anströmung (120 Grad)

Differenz "Soll minus Ist"
 der Windgeschwindigkeit (ΔV)
 in 2 m Höhe um 03 Uhr
 (Sommersituation)

200 m
 2 m/s

Farbskala der Änderung der
 Windgeschwindigkeit in m/s

- 1.00 < ΔV \leq -0.75 m/s
- 0.75 < ΔV \leq -0.50 m/s
- 0.50 < ΔV \leq -0.25 m/s
- 0.25 < ΔV \leq +0.25 m/s
- +0.25 < ΔV \leq +0.50 m/s
- +0.50 < ΔV \leq +0.75 m/s

- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen

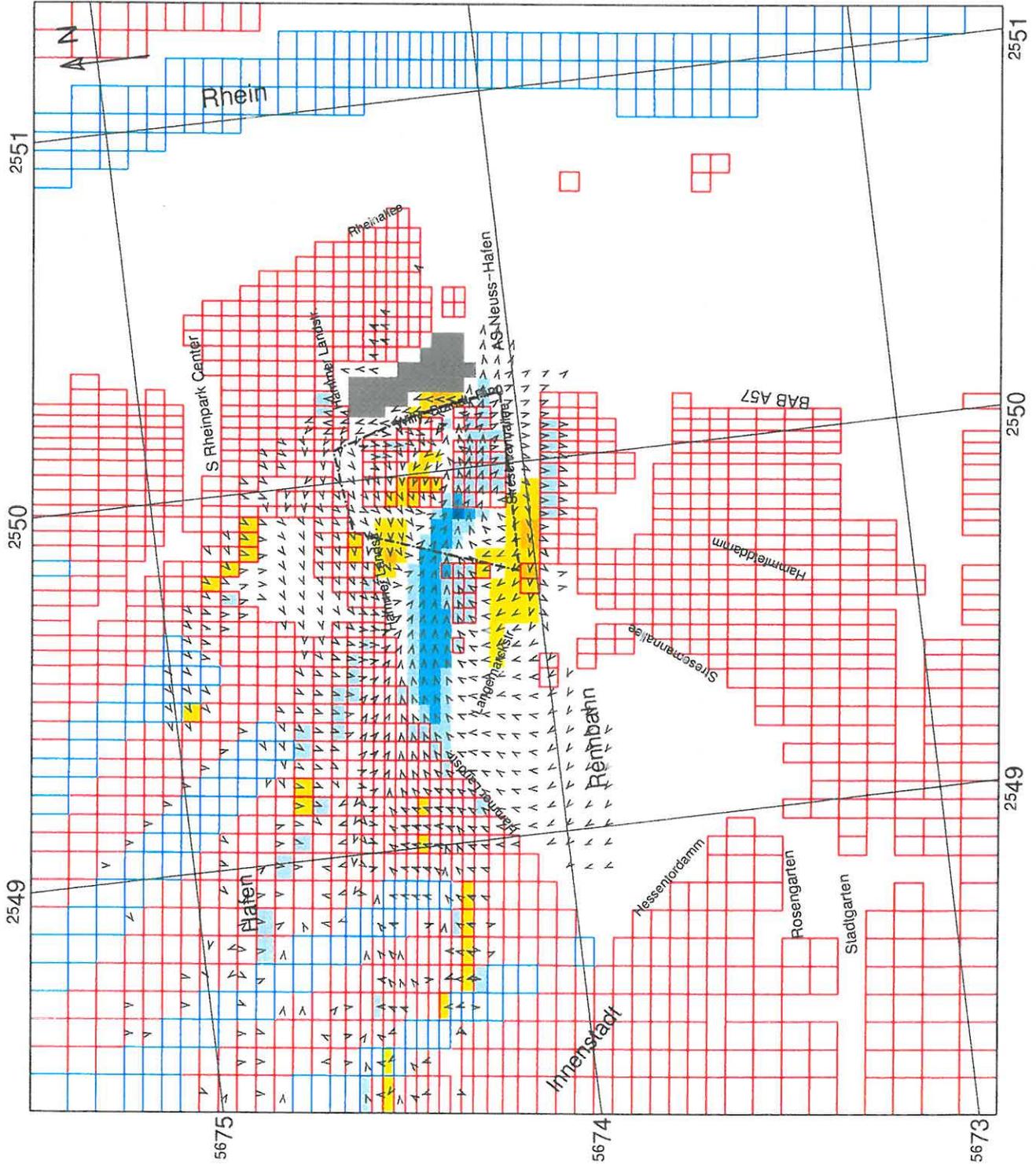
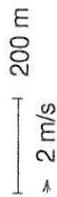


Abb. 3.4-9c
 MUKLIMO_3
 (2003)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Ost-südost-Anströmung (120 Grad)

Differenz "Soll minus Ist"
 der Windgeschwindigkeit (ΔV)
 in 2 m Höhe um 09 Uhr
 (Sommersituation)



Farbskala der Änderung der
 Windgeschwindigkeit in m/s



- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen

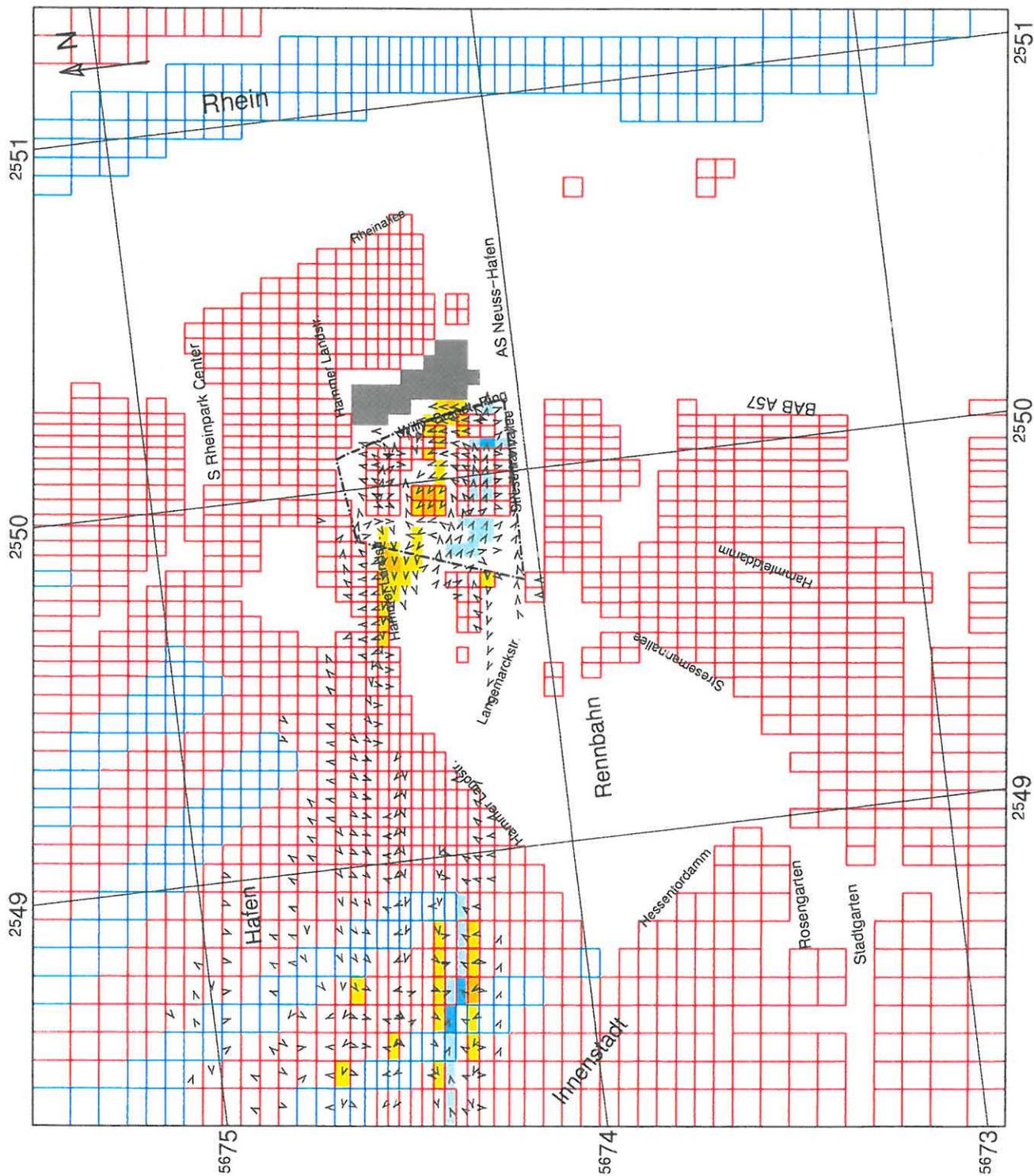


Abb. 3.4-9d
 MUKLIMO_3
 (2003)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Bezug: Ist-Zustand
 Ost-südost-Anströmung (120 Grad)
 Indexauswertung der
 Lufttemperatur
 in 2 m Höhe um 15 Uhr
 (Sommersituation)

200 m

Wärmeinselverteilung mit
 Übergängen "Ist wird Soll":

- kein Wärmeinsel-Effekt (bleibt)
- keine wird schwache Wärmeinsel
- keine wird ausgeprägte Wärmeinsel
- schwache wird keine Wärmeinsel
- schwache Wärmeinsel (bleibt)
- schwache wird ausgeprägte Wärmeinsel
- ausgeprägte wird schwache Wärmeinsel
- ausgeprägte Wärmeinsel (bleibt)
- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen

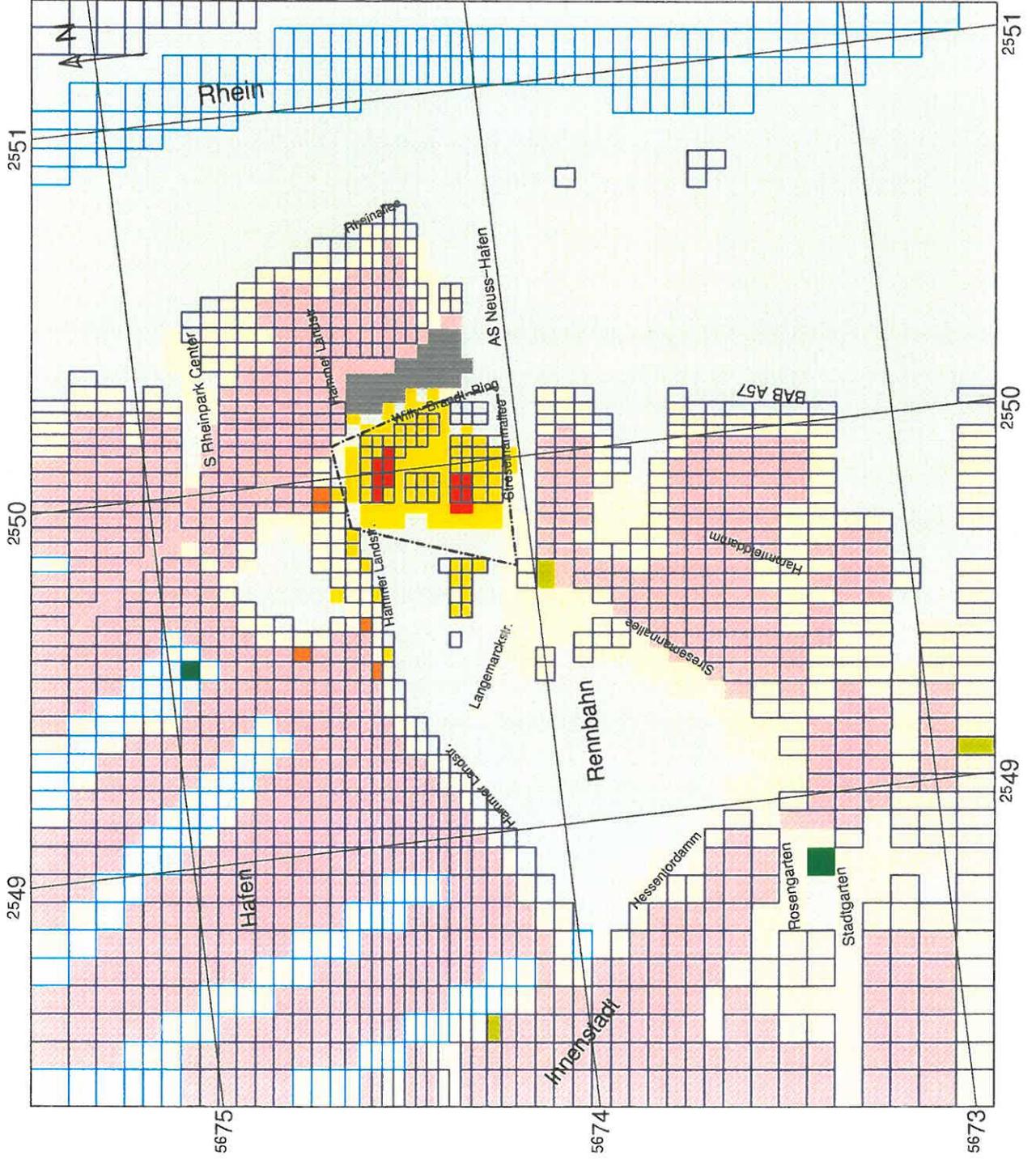


Abb. 3.4-10a
 MUKLIMO_3
 (2003)

Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Bezug: Ist-Zustand
 Ost-südöst-Anströmung (120 Grad)

Indexauswertung der
 Lufttemperatur
 in 2 m Höhe um 21 Uhr
 (Sommer-situation)

200 m

Wärmeinselverteilung mit
 Übergängen "Ist wird Soll":

- kein Wärmeinsel-Effekt (bleibt)
- keine wird schwache Wärmeinsel
- keine wird ausgeprägte Wärmeinsel
- schwache wird keine Wärmeinsel
- schwache Wärmeinsel (bleibt)
- schwache wird ausgeprägte Wärmeinsel
- ausgeprägte wird schwache Wärmeinsel
- ausgeprägte Wärmeinsel (bleibt)
- aufgelöste Bebauung
- Plangebiet (nur Orientierung)
- unaufgelöste Bebauung
- Wasserflächen

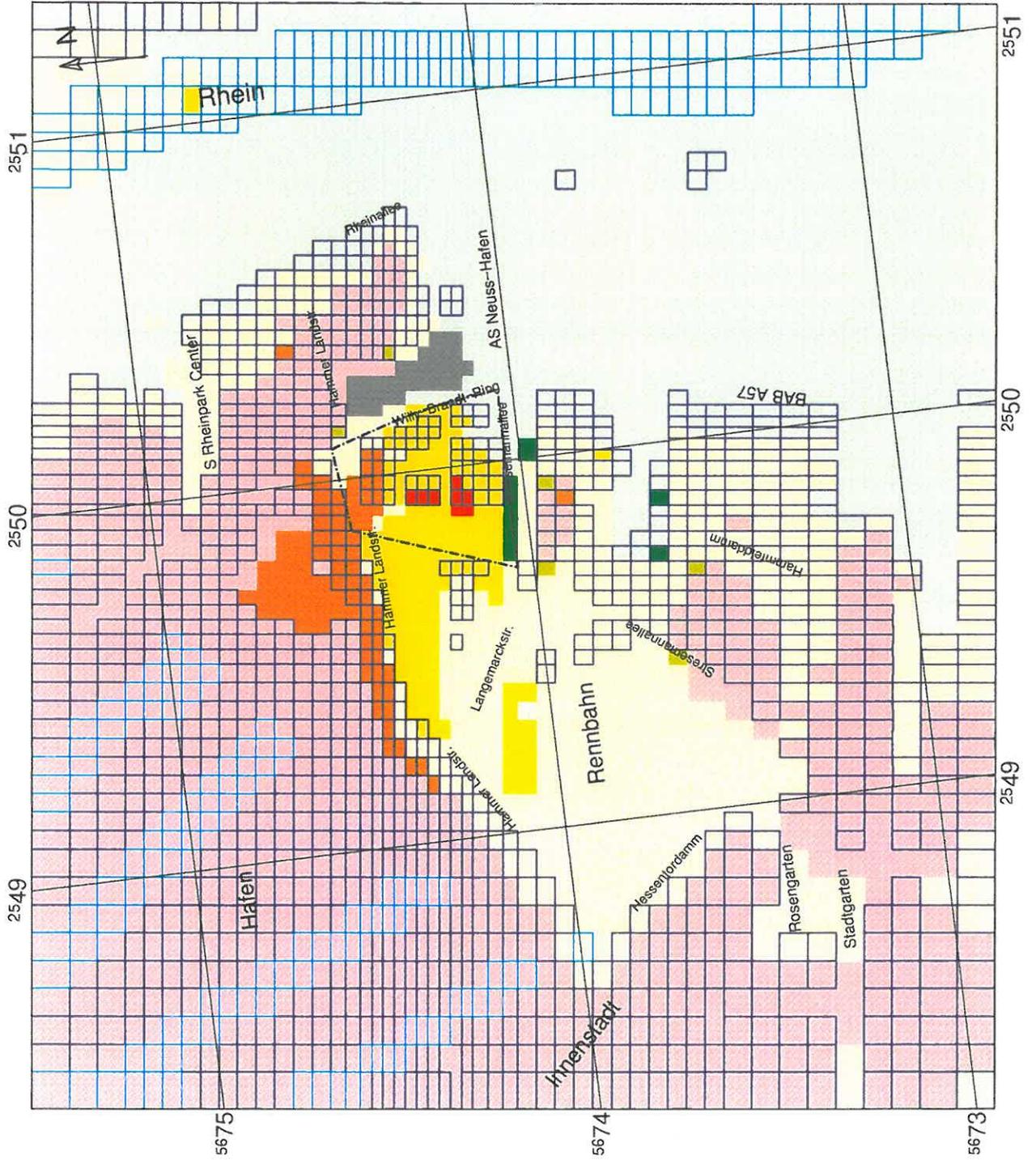
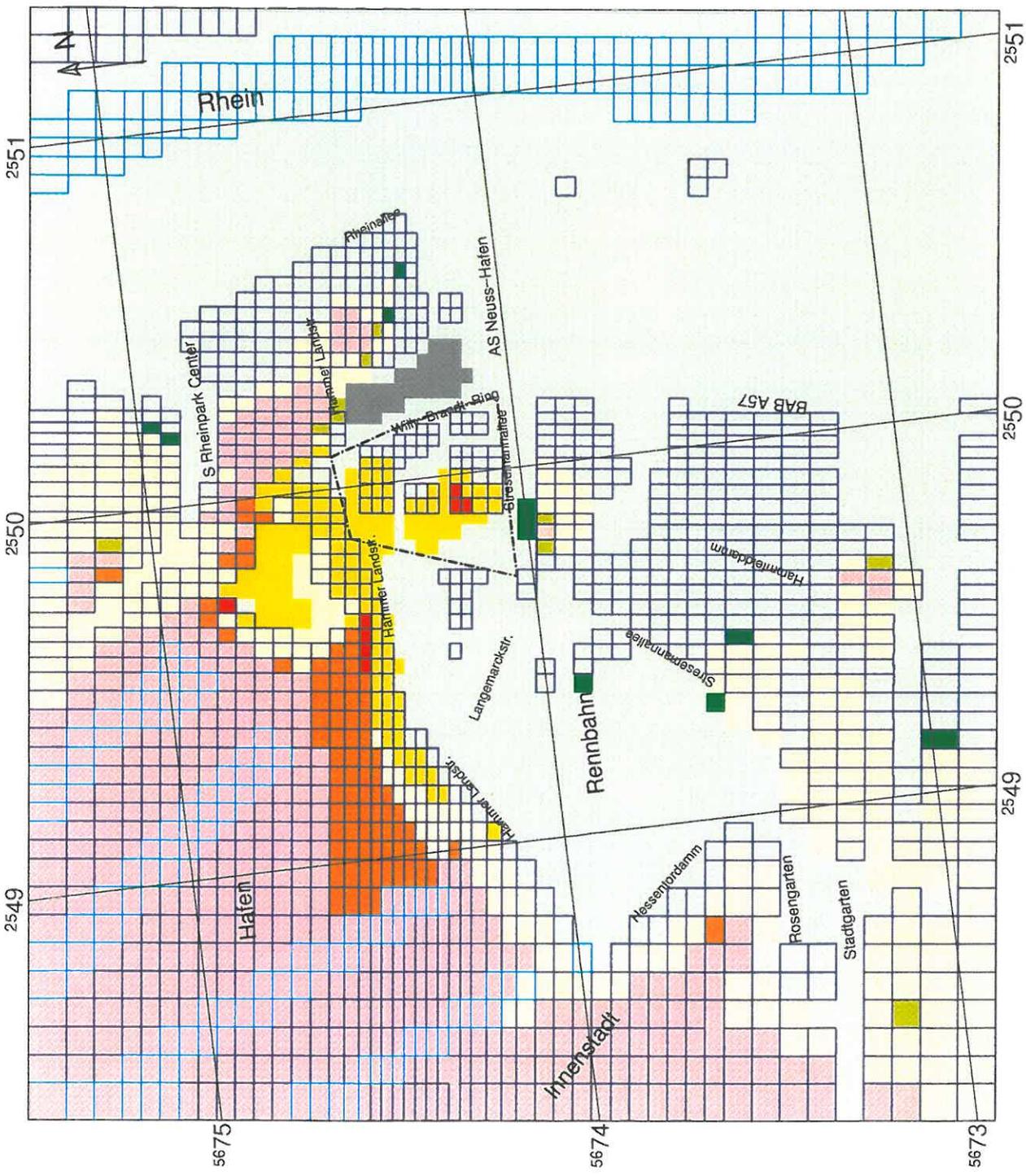


Abb. 3.4-10b
 MUKLIMO_3
 (2003)



Stadt Neuss
 Hammfeld II (Ost)
 Soll-Zustand
 Bezug: Ist-Zustand
 Ost-südost-Anströmung (120 Grad)
 Indexauswertung der
 Lufttemperatur
 in 2 m Höhe um 03 Uhr
 (Sommersituation)

200 m

- Wärmeinselverteilung mit Übergängen "Ist wird Soll":
- kein Wärmeinsel-Effekt (bleibt)
 - keine wird schwache Wärmeinsel
 - keine wird ausgeprägte Wärmeinsel
 - schwache Wärmeinsel (bleibt)
 - schwache wird ausgeprägte Wärmeinsel
 - ausgeprägte wird schwache Wärmeinsel
 - ausgeprägte Wärmeinsel (bleibt)
 - aufgelöste Bebauung
 - Plangebiet (nur Orientierung)
 - unaufgelöste Bebauung
 - Wasserflächen



Abb. 3.4-10c
 MUKLIMO_3
 (2003)