

# Verbesserung der thermischen Behaglichkeit innerhalb dichter Wohnkomplexe am Beispiel einer südkoreanischen Stadt

*Eva Ringhof, Sascha Henninger*

(Dipl.-Ing. Eva Ringhof, Physische Geographie, TU Kaiserslautern, Germany, ringhof@rhrk.uni-kl.de)

(Jun.-Prof. Dr. rer. nat. Sascha Henninger, Physische Geographie, TU Kaiserslautern, Germany, henninger@rhrk.uni-kl.de)

## 1 ABSTRACT

Increasing urbanization and environmental problems become a challenge for big cities like the Asian Metropolitan City Daegu (35° 73' N.; 128° 34' E). Climatic conditions of a typical summer day will be presented by the means of the numeric simulation model ENVI-met. After a preceded urban climate analysis microclimatic processes were examined in a residential area characterized by high-rising multiple family dwellings. In spite of its advantageous position along the urban ventilation lane, the Sincheon River, this area lacks sufficient exchange and thus causes a local thermal discomfort. A simulation of alternative versions of the development pattern and vegetation structure will show up different ways of influencing the predominating microclimate. These investigations supply recommendations of a climate-adapted urban planning approach to ensure a better thermal comfort and to improve the bioclimate for the inhabitants.

## 2 EINLEITUNG

In den letzten Jahrzehnten rückt das Thema Umwelt- bzw. Klimaschutz in urbanen Räumen mehr und mehr in den Vordergrund, vor allem im Hinblick auf die negativen Auswirkungen stadtklimatischer Modifikationen auf das menschliche Wohlbefinden. Durch die globale Erderwärmung und die damit immer häufiger auftretenden Wetterkapriolen werden die Menschen zunehmend für dieses Thema sensibilisiert. Vielfach wurde mittlerweile der akute Handlungsbedarf auf der urbanen Ebene erkannt (Hupfer und Kuttler, 2006).

Die Verbesserung des Stadtklimas birgt ein großes Potenzial bezüglich zukünftiger Umweltschutzmaßnahmen. Eine klimagerechte Stadtplanung versucht der Problematik des Stadtklimas zu begegnen. Eine enge Verzahnung der angewandten Stadtklimatologie, die sich mit der Analyse des lokalen Klimas und der lufthygienischen Situation beschäftigt, ermöglicht es den Stadtplanern über synthetische Klimafunktions- und darauf aufbauende Planungshinweiskarten auf Problemfelder zu reagieren. Je nach geographischer Lage und Größe des zu untersuchenden urbanen Raumes, verbunden mit der Verhaltensstruktur ihrer Bewohner, kommt es zu unterschiedlichen stadtplanerischen Aufgaben. Von großer Bedeutung sind die Durchführung umfangreicher Klimauntersuchungen, sowie die fächerübergreifende Kooperation von der Verkehrs- bis zur Grünordnungsplanung (Baumüller, 1998).

## 3 PROBLEMSTELLUNG

Das Wirtschaftswachstum sowie das damit einhergehende Bevölkerungswachstum asiatischer Städte ermöglichten, dass sich innerhalb weniger Jahrzehnte urbane Agglomerationen entwickelten. Die Folgen dieser Urbanisierung werden in keinem Kontinent so wahrgenommen wie in Asien. Stadtklima und Lufthygiene spielen in dieser Entwicklung eine entscheidende Rolle. Vor allem die humanbiometeorologischen Wirkungskomplexe und ihre Wirkung auf den menschlichen Organismus treten dabei deutlich hervor. Die Gestaltung der Beziehungen zwischen Stadt, Bevölkerung und Umwelt wird zu einer Schlüsselfrage nicht zuletzt auch der asiatischen Raumordnungspolitik.

Um den Veränderungen der thermischen Behaglichkeit und dessen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit nachzugehen, beschäftigte sich diese Untersuchung mit den potentiell negativen Auswirkungen des Stadtklimaeffektes in Bezug auf die gegenwärtige Bebauungsstruktur in der südkoreanischen Stadt Daegu. Die Metropolitan City Daegu (35° 73' n. Br.; 128° 34' ö. L.; ~ 2,5 Mio. Einw.; A = 885,62 km<sup>2</sup>) befindet sich noch in der gemäßigten Klimazone. Die klimatischen Verhältnisse sind jedoch durch sommerliche Hitzewellen (bis 40°C), extreme Starkniederschlagsereignisse und feuchtwarme Monsunwinde charakterisiert. Zusätzlich verstärkt wird das lokale Klima durch die Kessellage der Stadt und die damit einhergehenden schlechten Austauschverhältnisse.

Neben Begrünungsprojekten spielt insbesondere der nächtliche Kaltlufteintrag eine große Rolle. Da im Sommer der Wind vorwiegend aus SSW kommt und das bewaldete Biseulsan-Gebirge optimale

Voraussetzungen eines Kaltluftentstehungsgebietes aufweist, sollten Leitbahnen, die in das Stadtzentrum führen, freigehalten werden. Eine hervorragende Ventilationsbahn stellt der Fluss Sincheon dar, der dem südlich gelegenen Gebirge entspringt und durch das Stadtzentrum fließt (Abb. 1, links). Dessen ungeachtet wurden entlang des Flusses jedoch parallel gegen Süden ausgerichtete Mehrfamilienkomplexe erbaut, welche die potenzielle Frisch- und Kaltluftzufuhr blockieren. Vor allem die sommerliche thermische Belastung lässt die Einwohner Daegu an der Wohnqualität ihrer Stadt zweifeln. Chronische Krankheiten und Müdigkeitsgefühle sind erste mögliche Vorboten einer zunehmenden Verschlechterung vor allem des thermischen Wirkungskomplexes (Kim et. al, 2004).

Die Vorstellungen koreanischer Raumplaner weichen von denen der deutschen inhaltlich ab. Insbesondere wenn es sich um die Bedürfnisse und Wohnwünsche der koreanischen Bevölkerung handelt, wird ersichtlich, dass recht wenige Sanierungs- und Umbaumaßnahmen unternommen werden. Verwahrloste, traditionelle Einfamilienhäuser müssen den dichten und überdimensionalen Massivbauten weichen. Die Hauptaufgabe der Planer besteht darin neuen Wohnraum in Städten zur Verfügung zu stellen (Son et. al., 2008). Daher ging es in der Analyse nicht vorrangig darum neuen Wohnraum zu schaffen, sondern den gleichen Wohnraum zu garantieren, gleichzeitig aber das Wohnumfeld und somit auch die Auswirkungen vor allem auf den thermischen Wirkungskomplex zu verbessern.

#### **4 ZIELSETZUNG**

Das nahe der Innenstadt befindliche Wohnviertel „Sincheon-View“ ist durch dichte Gebäude und weitläufige Straßenpflasterung außerhalb sowie innerhalb des Komplexes geprägt. Da die Hauptorientierung der Plattenbauten Richtung Süden weist, ist zwar eine optimale Aussicht auf den Fluss Sincheon gewährleistet, der Luftaustausch durch die Ventilationsbahn Sincheon wird dadurch jedoch unterbunden. Dies führt zu einem verminderten Eintrag kühler und frischer Luft in das Zentrum. Um in der Umgebung des Wohnkomplexes und inmitten des Stadtzentrums eine bessere Lebensqualität für die Bevölkerung zu erzielen, muss eine Reduzierung der Durchschnittstemperaturen vor allem im Sommer erreicht werden. Aus stadtplanerischer und klimatologischer Sicht ergeben sich zwei wesentliche Methoden. Zum einen die Verbesserung des Wärmeumfeldes durch Flächenentsiegelung und Begrünung. Zum anderen die Optimierung der städtischen Belüftung bzw. der Zirkulationsfunktion durch die gezielte Nutzung der Ventilationsbahnen mittels einer angepassten Anordnung und Form der Gebäude.

Ziel dieser Arbeit war es schließlich, die Temperatur- und Windverhältnisse, verbunden mit dem Kaltluftgeschehen, an unterschiedlichen Wohnformen zu analysieren und anhand der simulierten Planungsmodelle die thermische Behaglichkeit mithilfe des PMV-Indexes zu bewerten. Des Weiteren sollen Rückschlüsse für eine optimierte Durchlüftung des Wohngebietes und dem unmittelbar angrenzenden Bereich gezogen werden.

#### **5 METHODEN**

Stadtklimatologische Untersuchungen werden heute verstärkt mittels numerischer Simulationsmodelle vorgenommen. Diese sind in der Lage die komplexen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen urbanen Elementen und der Atmosphäre zu untersuchen, um das Ausmaß des Ist-Zustandes und des Plan-Zustandes zu erfassen. Numerische Modelle stellen die meteorologischen Prozesse auf dem Erdboden sowie der Atmosphäre dar und beschreiben ihren Einfluss auf die zeitliche Entwicklung der Modellvariablen wie Temperatur, Niederschlag, Luftdruck, Windverhältnisse und Feuchtigkeit. Sie bedürfen einer entsprechenden Anzahl von Eingangsparametern wie auch einer Eignungvalidierung. Verbunden mit verschiedenen Modellverfahren kommt es durch die Berechnung der Strömungsmechanik, Thermodynamik und Agrarmeteorologie zu umfassenden Ergebnissen (Bruse, 2000).

Die vorgeschaltete gesamt- und teilstädtische Klimauntersuchung erfolgte mit dem zweidimensionalen Kaltluftabflussmodell KLAM 21 des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Auf Grundlage einer TK 1:25.000 (20 m Grid) und TK 1:5.000 (10 m Grid) konnte das Gebiet von Daegu nach den Anforderungen der VDI-Richtlinie für lokale Kaltluft (VDI-RL 3787, Bl. 5, 2003) mesoskalig simuliert werden (Abb. 1, links).

Das Plangebiet „Sincheon-View“ wurde mithilfe des Computerprogramms ENVI-met 3.1 auf mikroklimatischer Ebene untersucht. Damit war es möglich die für den Untersuchungsraum charakteristischen Faktoren wie unterschiedliche Oberflächen, Bebauungsstrukturen und Vegetationselemente dreidimensional zu erfassen und deren wechselseitige Abhängigkeit mit den

Klimaelementen zu berücksichtigen (Bruse, 2003). Das Plangebiet wurde als vierdimensionales (Raum und Zeit) gekoppeltes System verzeichnet. In diesem Stadtklimamodell wurden die Parameter Wind, Temperatur und PMV (thermische Behaglichkeit) analysiert und auf eine Gitterweite bzw. Auflösung von 5 m zurückgegriffen.

## 6 SIMULATIONSERGEBNISSE IM IST-ZUSTAND

Im Plangebiet „Sincheon-View“ befinden sich dreizehn hochverdichtete Wohnkomplexe mit 15 bis 18 Stockwerken. Da sie quer zur Sonne bzw. zur Ventilationsbahn ausgerichtet wurden, kann die abfließende Kaltluft nur eingeschränkt ins Stadtzentrum fließen (Abb. 1, rechts). Vielmehr staut sich die Luft vor den Wohnkomplexen und versorgt diesen nur unzureichend mit kühler Luft.

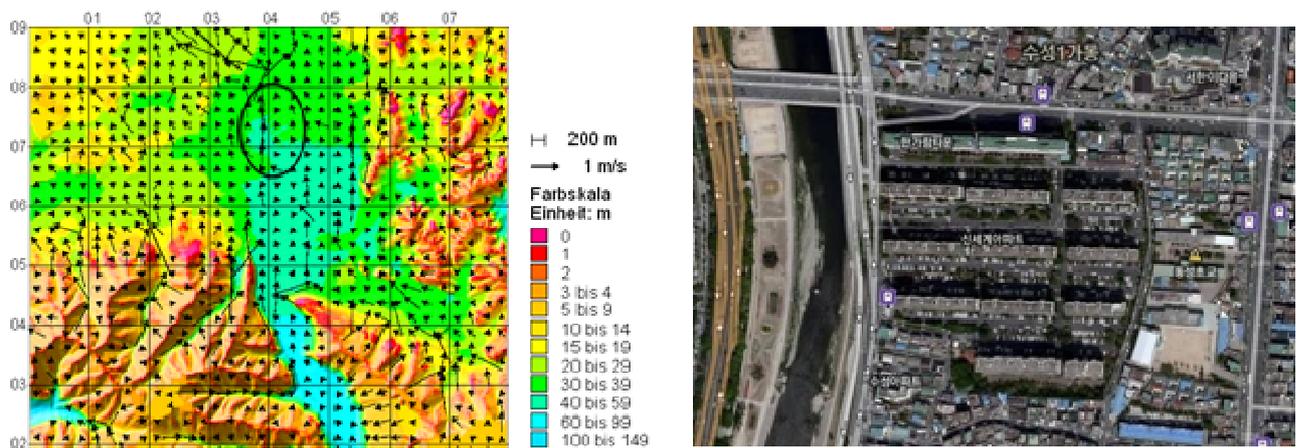


Abb. 1: Kaltluftabfluss um 0.00 Uhr in KLAM (links) und Luftbildaufnahme des Plangebietes (rechts)

### 6.1 Temperaturverhältnisse

Anhand der mikroklimatischen Simulation werden Konfliktbereiche des Kaltluftabflusses und der Belüftung innerhalb des Wohnbereiches identifiziert. Vor dem Hintergrund der thermischen Belastung in Daegu spielt die Untersuchung der Lufttemperatur eine wichtige Rolle. Die Ergebnisse in ENVI-met zeigen, dass es innerhalb und um das Wohngebiet „Sincheon View“ zu Temperaturunterschieden von bis zu 2,5 K kommt. Aufgrund von zusätzlich eingefügten „Nesting Grids“ werden die umgebende Bebauungssituation und Materialien nicht kalkuliert, wodurch an den Rändern des Modells geringfügig unrealistische Werte entstehen. Die Temperaturen wurden in 2 m ü. Gr. gemessen.

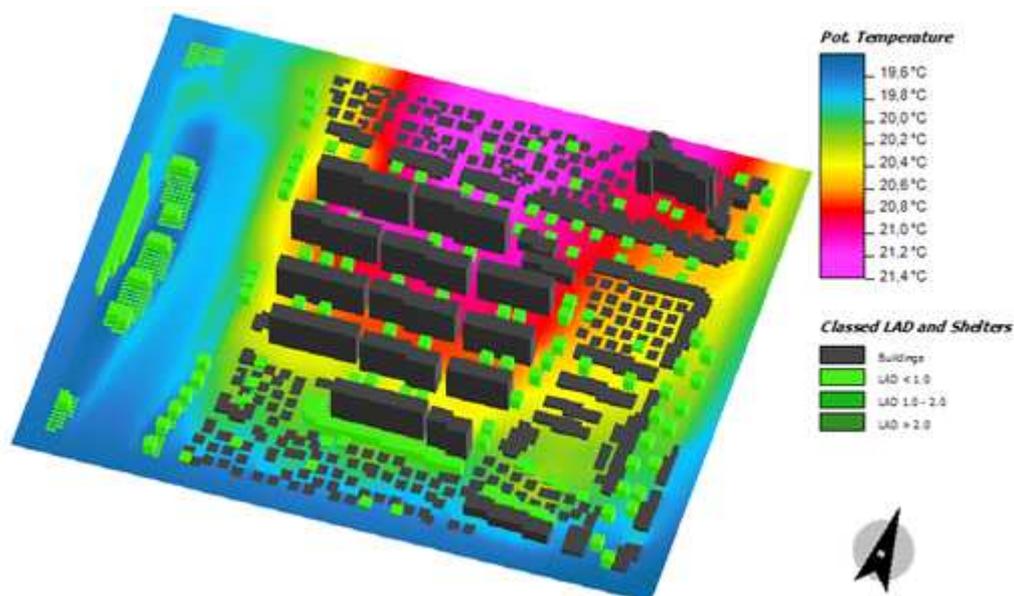


Abb. 2: 3D-Ansicht der Temperaturverteilung innerhalb des Plangebietes um 04.00 Uhr auf 2 m ü. Gr. (Ist-Zustand).

Abbildung 2 demonstriert die Temperatursituation des Ist-Zustandes („V0“) um 04.00 Uhr, der Zeit des höchsten Kaltlufteintrages. Im Süden sowie innerhalb der Park- und Flussanlage Sincheon treten die geringsten Temperaturen (19,4 °C) auf. Dahingegen wird deutlich, dass innerhalb und hinter dem Wohnkomplex die Luft nicht abkühlen kann, was sich in Werten von bis zu 21,4°C äußert.

Zum einen führt der hohe Versiegelungsgrad zwischen den Massivbauten zu nächtlicher Wärmeausstrahlung der Oberflächenmaterialien und zum anderen staut sich die Kaltluft vor den Gebäuden mit Höhen von bis zu 56 m und verzögert so die Abkühlung. Erst gegen 08.00 Uhr, wenn der Kaltlufteintrag aussetzt, kommt es im gesamten Gebiet zu einer Angleichung der Temperaturen.

In den Nachmittagsstunden setzt sich ein „Hitzesaum“ um den gesamten Wohnkomplex. Dies resultiert aus der intensiven solaren Einstrahlung sowie dem Wärmeeindringkoeffizienten des Asphalts. Aufgrund der gegenseitigen Gebäudeverschattung werden zwischen den Wohnkomplexen verhältnismäßig geringe Temperaturen im Vergleich zum Umfeld registriert. Sobald die Sonne in die Freiräume gelangt, kommt es binnen kurzer Zeit zu einem deutlichen Temperaturanstieg. Insgesamt ist zu bemerken, dass sich die geringsten Temperaturen des Untersuchungsraumes stets in der Parkanlage bzw. dem Fluss Sincheon feststellen lassen.

Der Vertikalschnitt in Abb. 3 lässt für die Mittagszeit das Phänomen der urbanen Wärmeinsel deutlich erkennen. Dabei zeigt sich, dass die bodennahe Luftschicht um 2,8 K höher liegt als die Temperaturen in der Stadthindernisschicht (Abb. 3, oben). Nachts entsteht eine inverse Wärmeschichtung. Die aus S (0-Koordinate) einfließende Kaltluft wird aufgrund der Höhe der Plattenbauten gestaut und kann nur verzögert abfließen (Abb. 3, unten).

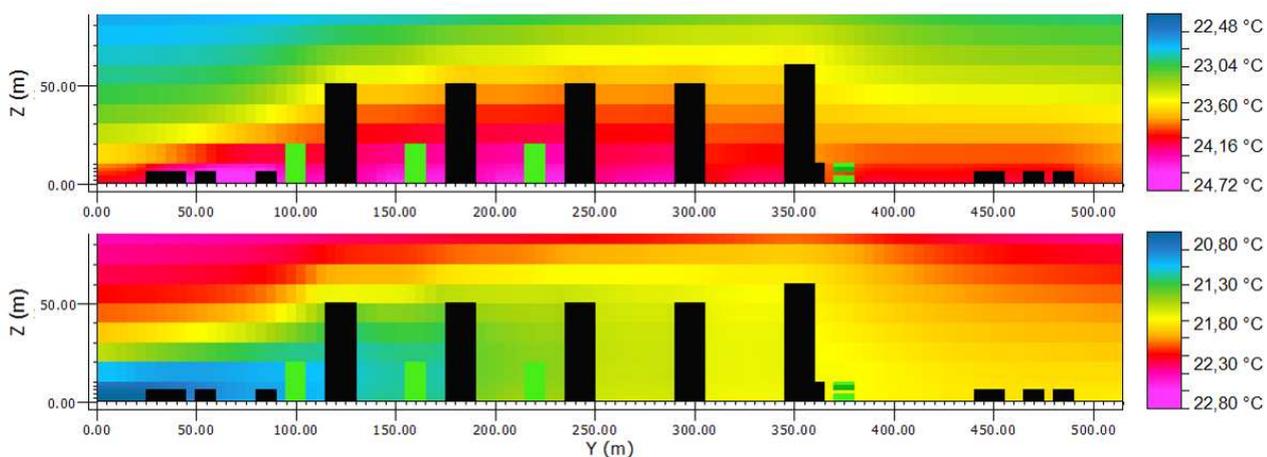


Abb. 3: „V0“ im Vertikalschnitt X = 300 m: Temperaturverhältnisse um 12.00 Uhr (oben) und 0.00 Uhr (unten)

## 6.2 Windverhältnisse

Während im Einzugsgebiet des Flusses und der beiden Hauptverkehrsstraßen (N-S-Verlauf) Windgeschwindigkeiten von 2,3 m s<sup>-1</sup> erreicht werden, wird die Fließgeschwindigkeit im Plangebiet auf 1,2 bis 0 m s<sup>-1</sup> abgebremst (Abb. 4, links). Ebenso wirkt sich der Vegetationsbestand auf die Windverhältnisse aus. Bei Blattflächendichten von 1 m<sup>2</sup> m<sup>-3</sup> verringert sich die Windgeschwindigkeit um 0,8 m s<sup>-1</sup>. Wenngleich die Windsituation in 2 m ü. Gr. wiedergegeben wird, fällt auf, dass die 18-stöckige Bebauung im Gegensatz zur 2-3-stöckigen die Windverhältnisse weitläufig auch danach noch hemmt. Des Weiteren zeigen die Trajektorien, dass die hohen Wohnkomplexe den Wind erheblich beeinflussen. Direkt an und zwischen den Gebäuden sind Luftverwirbelungen erkennbar, die in den seitlichen Hausspalten zu leichten Windböen führen (Abb. 4, links).

Bei der Modellierung im Vertikalschnitt in Abb. 4 (rechts) ist die Zirkulation der Luftströmungen zwischen den Häuserzeilen und der Rotor hinter der Bebauungsreihe zu erkennen; die Luft strömt an der südlichen Hausseite nach unten, bevor sie sich an der nördlichen des vorherigen Gebäudes wieder aufwärts bewegt. Diese Rotationsbewegung beeinträchtigt den Luftaustausch mit den umliegenden Bereichen.

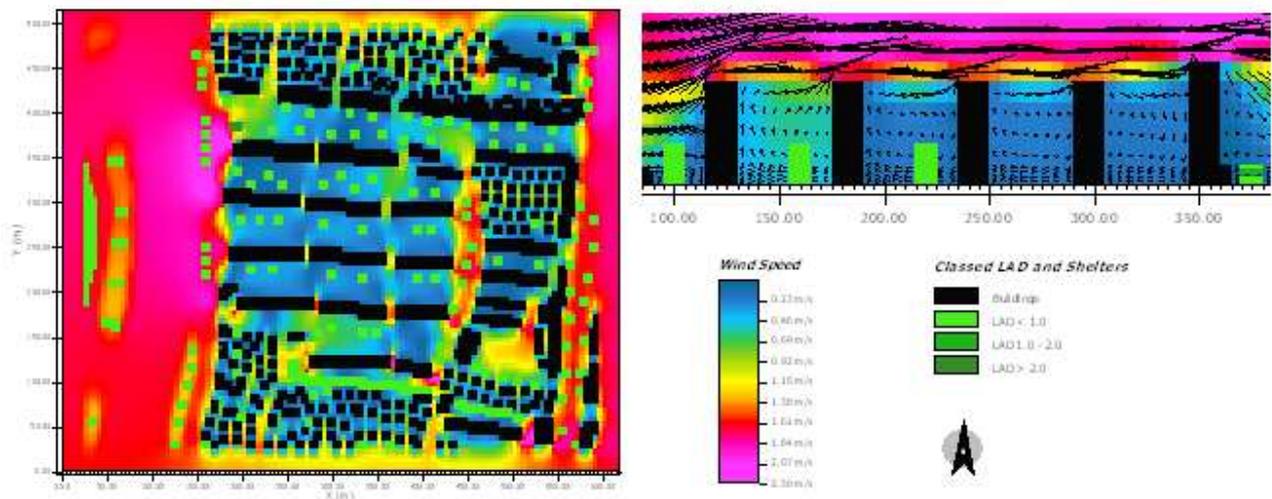


Abb. 4: Windgeschwindigkeit mit Trajektorien bei 2 m ü. Gr. (links) und detaillierter Vertikalschnitt mit Windvektoren (rechts) bei X = 300 m im Ist-Zustand des Plangebietes

## 7 SIMULATIONSERGEBNISSE IM PLAN-ZUSTAND

### 7.1 Entsiegelung und Begrünung

Um bessere Austauschverhältnisse zu generieren und zur Produktion kühler und frischer Luft innerhalb des Wohnkomplexes, wurde ein höherer Anteil an Grünfläche simuliert („V0green“). Zusätzlicher Vegetationsbestand sorgt für einen lokalen Kühlungseffekt, u.a. durch Evapotranspiration. Die versiegelten Flächen zwischen den Gebäuden wurden im Plan-Zustand „V0green“ durch vorwiegend lehmigen und grasbewachsenen Boden ersetzt. Ferner wurden neue Baumpflanzungen durchgeführt, deren Blattflächendichte  $> 2 \text{ m}^2 \text{ m}^{-3}$  betrug und in Abb. 5 (rechts) dunkelgrün dargestellt ist.

Das Grünflächenangebot sorgt innerhalb des Wohnkomplexes für die Produktion kühler Luft während der frühen Morgenstunden. Der Vergleich von „V0“ und „V0green“ in Abb. 5 weist direkt an den Grünflächen eine Abkühlung von bis zu 3 K auf. Aufgrund der Gebäudestruktur kann sich diese in den frühen Abendstunden jedoch nicht weiter ausbreiten, insbesondere nicht in Richtung Stadtzentrum bzw. Norden.

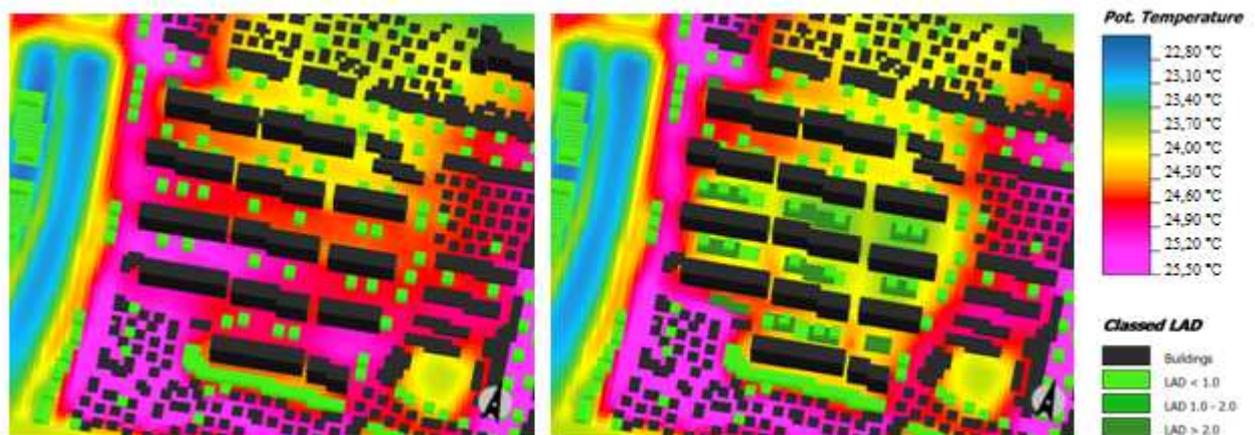


Abb. 5: Gegenüberstellung der Temperaturverhältnisse im Ist-Zustand „V0“ (links) und Plan-Zustand „V0green“ (rechts) um 12.00 Uhr in 2 m ü. Gr.

Die Windverhältnisse verändern sich durch die Begrünungsmaßnahmen nur marginal, wobei die Strömungsgeschwindigkeiten nochmals verringert und Luftverwirbelungen geschwächt werden. Die Austauschbedingungen innerhalb des Plangebietes werden durch diese Maßnahme eher verschlechtert, wengleich sich die thermische Behaglichkeit verbessert. Dementsprechend wird der erwünschte Effekt nur teilweise erzielt. Daher ergibt sich im Umkehrschluss, dass es zur Verbesserung des Mikroklimas

erforderlich ist, zusätzlich eine alternative Bebauungsvariante in Betracht zu ziehen, die die Luftzirkulation verbessert und einen besseren Austausch mit den umliegenden Bereichen gewährleistet.

## 7.2 Alternative Bebauungsentwürfe mit zusätzlicher Begrünung

Zur Optimierung der genannten Problematik eignen sich zwei Methoden: die punktförmige Anordnung von Turmgebäuden („V1“) und die der Windrichtung angepasste Anordnung von parallelen Zeilenbauten („V2“). Anhand dieser Merkmale wurden die Oberflächentemperatur und die Windzirkulation im Plangebiet analysiert.

Bei „V1“ wurde zusätzliche Begrünung und ein deutlich geringerer Versiegelungsgrad mit in die Planung einbezogen (Abb. 6, links). Die neue Wohnform weist 13 Gebäude mit je 18 Etagen und 4 Wohneinheiten pro Etage auf; 6 Wohneinheiten mehr als zuvor. Aufgrund der höheren Blockbebauung ergibt sich nun eine größere Geschossflächenzahl bei gleichzeitig geringerer Grundflächenzahl. Des Weiteren wurden lediglich die erforderlichen Zufahrtsstraßen asphaltiert. Zur Überprüfung der Zirkulationsverhältnisse wurden in den nördlichen Gebäuden zwei Bauspalten von je 6 m Breite geöffnet.

Damit den lokalen Belüftungsverhältnissen Rechnung getragen wird, wurde in einer zweiten Alternativvariante („V2“) der Plan-Zustand durch eine parallel zum Fluss verlaufende, längliche Bebauung verändert (Abb. 6, rechts). Um die windspezifischen Voraussetzungen zu optimieren, wurde bei der Vegetationsgestaltung auf das gezielte Freihalten der Ventilationsbahn von großen Bäumen geachtet und somit verstärkt Grasbewuchs eingesetzt. Insgesamt wurde „V2“ aus diesem Grund mit weniger Baumbestand als „V0green“ oder „V1“ versehen. Die 22 Einzelgebäude mit je 18 Etagen weisen dabei 8 Wohneinheiten mehr auf als zuvor.

### 7.2.1 Temperaturverhältnisse

Anhand der neuen Bebauung wird in Abb. 6 (links) ersichtlich, dass im Plangebiet nun ein verstärkter Austausch stattfindet. Im Vergleich zu „V0“ und „V0green“ (Abb. 5) tritt der „Hitzesaum“ nun in leicht abgeschwächter Form auf. Der Wind wird nicht mehr blockiert. Die kühle Luft kann sich besser verteilen. Zusätzliche Vegetation, eine bessere Durchlüftung und die Gebäudeverschattung bewirken ein bis zu 3 K kühleres und für die Bewohner angenehmeres Mikroklima. Auch die Temperaturwerte nördlich des Plangebietes sind um 1 K geringer als bei „V0green“ (Abb. 5, rechts). Die in den nördlichen Gebäuden vorgesehenen Bauöffnungen weisen jedoch nicht die gewünschte Effektivität auf. Es zeigt sich, dass 6 m zu gering sind für Gebäude der vorliegenden Dimensionen und lässt daher keine nachhaltige Belüftung der angrenzenden Bereiche zu.

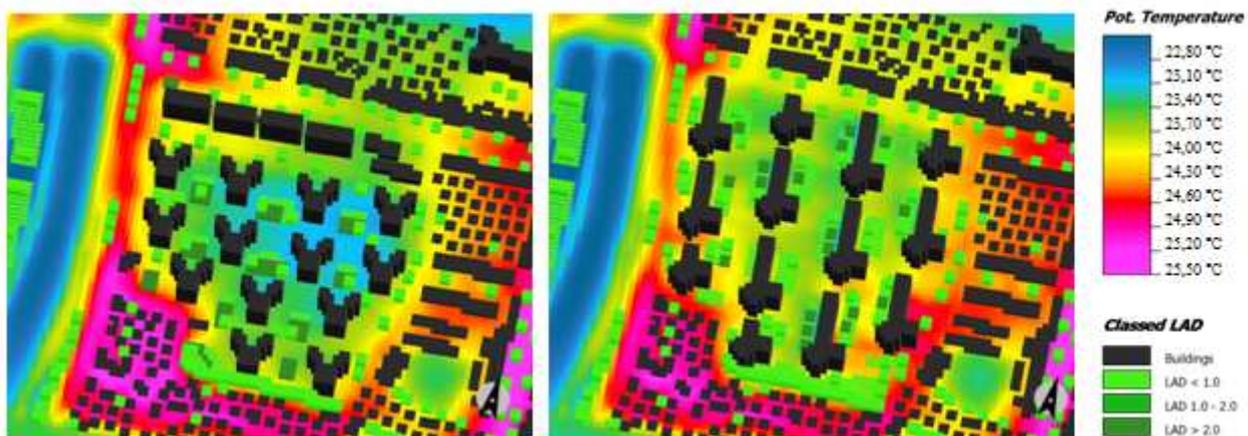


Abb. 6: Gegenüberstellung der Temperaturverhältnisse der Plan-Zustände „V1“ (links) und „V2“ (rechts) um 12.00 Uhr in 2 m ü. Gr.

Für die Mittagsstunden werden in „V2“ (Abb. 6, rechts) geringere Temperaturen als in „V0“ bzw. „V0green“ (Abb. 5) erreicht, jedoch höhere als in „V1“ festgestellt (Abb. 6, links). Die parallel zum Fluss verlaufende Bebauung ermöglicht hier eine bessere Durchmischung der Luft, was an den dezenteren Farbübergängen der Temperaturskala zu erkennen ist. Es herrscht ein deutlich verbessertes Mikroklima im Plangebiet; die Gebäude werfen Schatten, die Belüftungsverhältnisse sind verbessert und der „Hitzesaum“ hat sich im Vergleich zu den vorherigen Alternativvarianten reduziert.

### 7.2.2 Windverhältnisse

Abbildung 7 veranschaulicht die Windgeschwindigkeit sowie den Vektorenverlauf. Im Vergleich zu Abb. 4 lässt sich erkennen, dass die Strömungsgeschwindigkeit in „V1“ zugenommen hat (Abb. 7, links). Aufgrund der punktförmigen Bebauung, welche den Wind nicht vollständig blockiert, zeigen sich Windgeschwindigkeiten  $> 1 \text{ m s}^{-1}$ . Der Wind strömt rotierend um die Wohnblöcke, jedoch nur leicht verringert.

Bei „V2“ (Abb. 7, rechts) ist eine starke Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit zwischen den Gebäudereihen zu erkennen, während mit rund  $2 \text{ m s}^{-1}$  ähnliche Spitzenwerte wie in der Luftleitbahn Sincheon oder der Hauptverkehrsstraße erreicht werden. Infolge des parallel zum Fluss ausgerichteten Wohnkomplexes wird der Austausch in keinster Weise blockiert. Vielmehr wird er umgelenkt und fließt in Richtung Stadtzentrum. Im Vergleich zu den vorherigen Simulationen (Abb. 5 und 6) wird deutlich, dass die Windgeschwindigkeit um  $0,2$  bis  $0,6 \text{ m s}^{-1}$  zunimmt. Die verbesserte Belüftung erzeugt eine angenehme Brise in den Mittagsstunden, wodurch die Bewohner die „gefühlten“ Temperaturen geringer und somit positiver wahrnehmen.

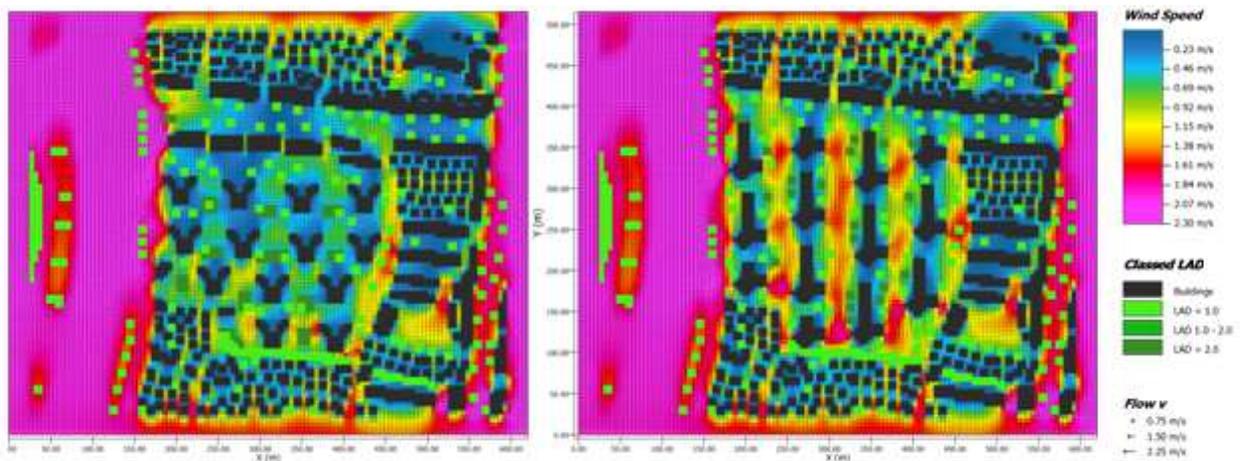


Abb. 7: Gegenüberstellung der Windverhältnisse von „V1“ (links) und „V2“ (rechts) mit Windvektoren um 12.00 Uhr in 2 m ü. Gr.

## 8 THERMISCHE BEHAGLICHKEIT IM PLANGEBIET

Eine Quantifizierung des menschlichen Temperaturempfindens wurde mit dem sog. PMV-Index (predicted mean vote – gefühlte Temperatur) vorgenommen. Die simulierten Werte beziehen sich auf einen Menschen, der mit  $0,3 \text{ m s}^{-1}$  im Plangebiet spazieren geht und leichte Sommerbekleidung trägt. Er wird durch die Funktion von Raumklima, Aktivitätsniveau und Bekleidung bestimmt. Für die Auswertung der Ergebnisse wurde auf eine 9-Punkte-Skala von  $-4$  bis  $+4$  (kalt bis heiß) zurückgegriffen. Wenngleich die Veränderung der Lufttemperatur und des PMV-Wertes ähnlich sind, so ermöglicht der PMV-Index eine Beurteilung der Simulationsergebnisse, da hier die Strahlung, Windgeschwindigkeit und das physiologische Verhalten einer Person in die Bewertung integriert werden. Nicht berücksichtigt wurde das subjektive Empfinden der individuellen Person und seine jeweilige Energiebilanz.

In Abb. 8 wurden die drei alternativen Plan-Zustände dem Ist-Zustand (Abb. 8, oben links) gegenübergestellt. Die Resultate bestätigen, dass Begrünungsmaßnahmen zu einer Verbesserung der thermischen Behaglichkeit führen. Dies gilt vor allem für „V0green“ (Abb. 8, oben rechts). Die zusätzlichen Begrünungsmaßnahmen zwischen den Wohnkomplexen bedingen einen Abkühlungseffekt der Temperaturen. Dementsprechend kann durch eine gezielte Bepflanzung der PMV von  $> 3,0$  auf deutlich unter  $1,8$  reduziert werden.

Nahezu flächendeckend wird das Plangebiet durch „V1“, dem Modell der Turmbauten, modifiziert (Abb. 8, unten links). Der PMV liegt hier einheitlich bei rund  $1,5$ . Die offene Flächengestaltung und die zusätzlich vorgenommene Begrünung sorgen dementsprechend für ein günstigeres Lokalklima. Die Zirkulation zwischen den Gebäuden wird weniger stark unterbunden, was folglich zu damit einhergehenden verbesserten Austauschverhältnissen führt; die erhitzte, abgestandene Luft kann abtransportiert werden.

Hingegen weist „V2“ nur geringe positive Veränderungen zum Ist-Zustand auf (Abb. 8, unten rechts). Zwar gelingt es auch hier den PMV von  $> 3,0$  auf Werte zwischen  $2,0$  und  $2,5$  zu verändern, allerdings erweist sich

die Baustruktur als für das Wohlfühlklima nicht uneingeschränkt positiv. Der potentiell positive Effekt der Temperaturreduktion aufgrund einer offeneren Bebauung wird durch die nun deutlich höheren Windgeschwindigkeiten zwischen den Gebäuden kompensiert. Dies führt unweigerlich in der Betrachtung der möglichen lokalklimatischen Einflüsse zu einem negativen Effekt, da hohe Windgeschwindigkeiten dem Menschen einen thermischen Diskomfort suggerieren.

An diesen Beispielen wird deutlich wie sehr die bauliche Struktur Einfluss auf das lokale, kleinräumige Klima zu nehmen vermag. Durch eine korrekte klimaorientierte Ausrichtung der Gebäude, sowie eine bewusste Anordnung von Freiräumen bzw. Abstandsflächen besitzt der Planer die Möglichkeit gezielt auf teilstädtischer Ebene das Standortklima positiv zu beeinflussen und negative Effekte der Klimatelemente auszuschließen. Allerdings zeigt sich auch, dass eine vorher nicht exakt überdachte Schaffung von Freiflächen oder eine Umstrukturierung von Gebäudekomplexen das Wohlfühlklima nicht immer positiv verändern.

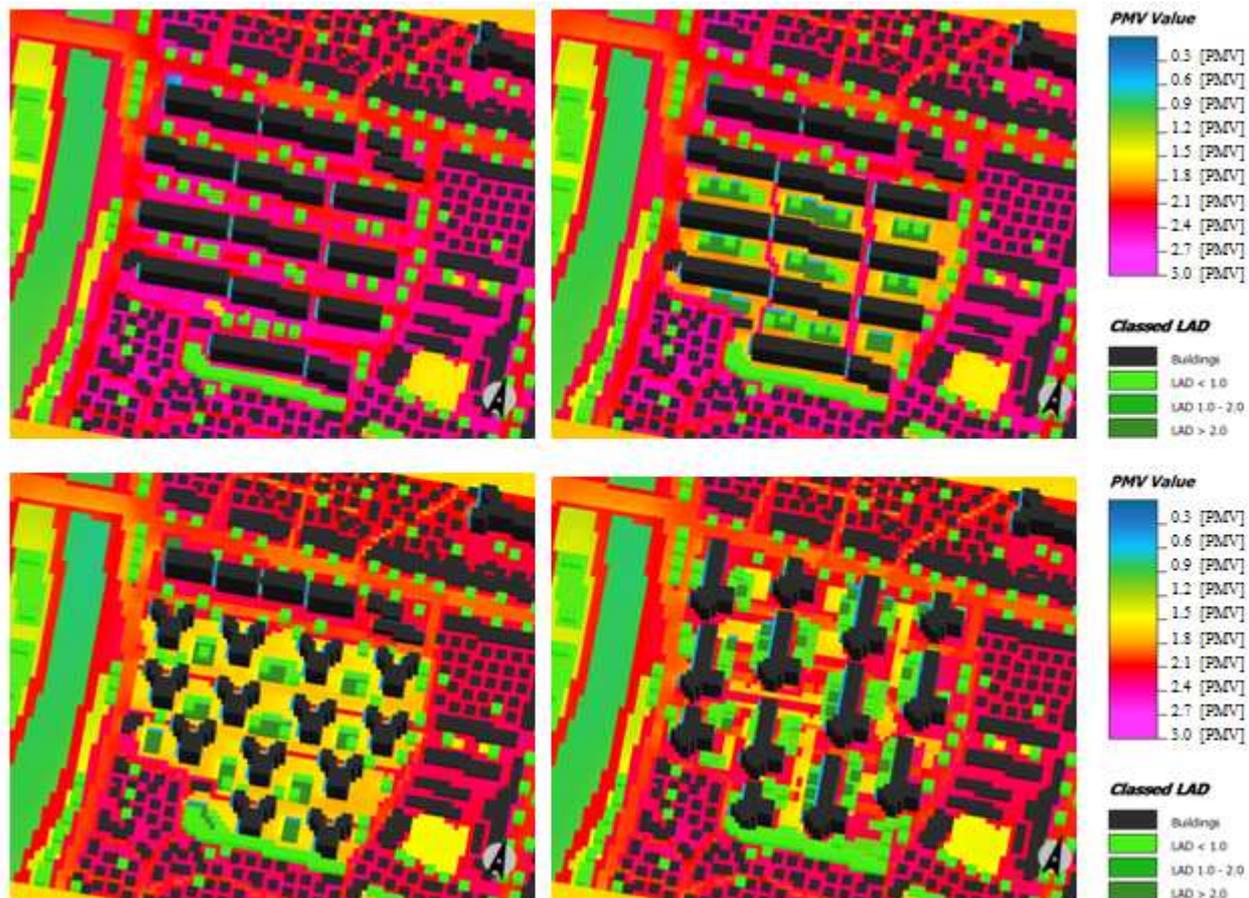


Abb. 8: Gegenüberstellung der thermischen Behaglichkeit [PMV] des Ist-Zustandes „V0“ (oben links), sowie der alternativen Plan-Zustände „V0green“ (oben rechts), „V1“ (unten links) und „V2“ (unten rechts) um 12.00 Uhr in 2 m ü. Gr.

## 9 FAZIT UND AUSBLICK

Verschiedene Planungsweisen, Bauformen und Freiflächengestaltungen in einem urbanen Raum wirken sich unterschiedlich auf das Stadtklima aus. Während einerseits der Planer versucht unerwünschte Faktoren abzuschwächen, muss er andererseits darauf bedacht sein, dass hierdurch nicht andere positive Eigenschaften verloren gehen. Bei der Planung von Wohnungskomplexen ist es unerlässlich, eine nachhaltige Wohnumwelt auch für die Zukunft zu garantieren. Vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels und der zunehmenden Flächenbeanspruchung durch die Urbanisierung treten neue Herausforderungen an die Stadtplanung heran. Hier spielt vor allem eine klimagerechte Stadtplanung eine entscheidende Rolle. Umsetzungsorientierte Konzepte müssen entwickelt werden. Insbesondere in asiatischen Städten, wo stets ein Verstärkerprozess mit meist unerwünschten Folgen einhergeht, ist es wichtig Wege zu suchen, wie auch schon mit kleinen Maßnahmen die Lebensqualität der Menschen gesteigert und die zahlreichen Brachflächen der ehemaligen Industriestandorte optimal genutzt werden können.

Die Anordnung von Gebäuden und die Art der Bodenbedeckung in Wohnungskomplexen stellt eine beträchtliche Variable für Luftaustauschprozesse und eine bessere thermische Behaglichkeit dar. Kühle und frische Luft kann in Wohnkomplexe geleitet werden, wo sie zur Verminderung der lokalen Überwärmung, vor allem während hochsommerlicher Temperaturen, führt. Anhand des Untersuchungsgebietes „Sincheon-View“ wird deutlich, dass Kommunen und Planer Flächen mit klimaökologischer Bedeutung (Luftleitbahnen, Kaltluftproduktionsgebiete und Grünflächen) als Klimaoasen in der entsprechenden Ausprägung schaffen müssen bzw. diese bei zukünftigen Um- und Neuplanungen freihalten müssen. Die Wirksamkeit von Ventilationsbahnen, wie im vorliegenden Fall der Fluss Sincheon, kann durch Abbau von Hindernissen, Verbesserung der Emissionssituation und Erhöhung der Durchlässigkeit in der Bebauung eine erkennbare Aufwertung erfahren. Die Einbindung wissenschaftlich fundierter Erkenntnisse ermöglicht es den Städten künftig strukturierter zu planen, um ein Mehr an Lebensqualität und nachhaltiger Umweltgestaltung zu erzielen.

#### DANKSAGUNG

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit richtet sich ein besonderer Dank an Prof. Dr. Bernd Streich, Dr.-Ing. Peter Zeile und Dipl.-Ing. Jan-Philipp Exner, Fachgebiet Computergestützte Planungs- und Entwurfsmethoden der Technischen Universität Kaiserslautern, sowie an die Herren Prof. Eung-Ho Jung und Dr. Dae-Wu Kim der Keimyung University in Daegu.

#### 10 REFERENZEN

- BAUMÜLLER, J.: Städtebauliche Klimafibel: Hinweise für die Bauleitplanung, Völlig überarb. Neuaufl., Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.), Stuttgart, 1998.
- BRUSE, M.: Anwendung von mikroskaligen Simulationsmodellen in der Stadtplanung. In L. Bernhard, & T. Küger, Simulation raumbezogener Prozesse: Methoden und Anwendung. Münster, 2000.
- BRUSE, M.: Stadtgrün und Stadtklima, Wie sich Grünflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken. Stadtklima, LÖBF-Mitteilungen 1/03, pp. 66-70, 2003.
- KIM, H.-D., KOO, H.-S., KANG, S.-D.: Numerical simulation experiment on the wind ventilation lane of the local circulation winds in Daegu. The Korean Environmental Sciences Society (Hrsg.): Journal of the Environmental Sciences, Vol. 13, No. 4, pp. 367-376, 2004.
- HUPFER, P., KUTTLER, W.: Witterung und Klima, Eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie, begründet von Ernst Heyer, 12. Auflage. Wiesbaden, 2006.
- SON, K.-S., JUNG, E.-H., KIM, D.-W., RYU, J.-W., CHA, J.-G.: A Study on Planning Methods of Apartment Complex for a Sustainable Residential Environment. In: Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology Vol. 36, pp. 715-718, 2008.
- VDI-RICHTLINIE 3787, Bl. 5.: Umweltmeteorologie; Lokale Kaltluft. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL [Hrsg.], Düsseldorf, 2005.