

Anhang 1: Glossar

Advektion

bezeichnet den horizontalen Transport von Luftmassen.

Aerosol

bezeichnet eine Gruppe von Kolloiden aus festen oder flüssigen Substanzen, die in einem Gas dispergiert sind. Aerosole sind z. B. natürlicher oder künstlicher Staub in der Luft oder Verbrennungsrückstände von Gasen, deren Teilchendurchmesser so gering ist, dass die Teilchen für einen längeren Zeitraum in der Luft verbleiben.

Allochthone Witterung

tritt überwiegend bei zyklonalen Großwetterlagen auf und wird durch die horizontale Verfrachtung fremdbürtiger Luftmassen bestimmt. Diese überlagern die lokalklimatischen Eigenheiten.

Ausgleichsräume

sind bioklimatisch und lufthygienisch nicht belastete Freiflächen, die Kalt- und Frischluft produzieren. Zu ihnen zählen Wald- und Gewässerflächen, Kaltluftentstehungsgebiete und -einzugsgebiete sowie Gebiete mit Klimavielfalt.

Austauscharme Wetterlagen

sind Perioden bei denen der durch turbulente Vertikalbewegung bewirkte Austausch von Impuls, Wärme oder Feuchte weitgehend unterbunden ist. Geringe bodennahe Windgeschwindigkeiten und stabile Temperaturschichtung zeigen diese an.

Autochthone Witterung

tritt vorwiegend bei antizyklonalen Großwetterlagen auf und wird durch die lokalen Klimafaktoren und die an Ort und Stelle herrschenden Ein- und Ausstrahlungsverhältnisse geprägt. Lokalklimatische Gegebenheiten erreichen ihre größten Gegensätze, die Klimaelemente einen ausgeprägten Tagesgang.

Belastungsräume

sind bioklimatisch und lufthygienisch belastete und überwiegend versiegelte Flächen. Zu ihnen zählen Gebiete mit lockerer und dichter Bebauung einschließlich Bahnanlagen.

Emission

bezeichnet den Übertritt von Stoffen, Strahlen, Geräuschen oder Erschütterungen von einer Quelle in ein Medium. In der Lufthygiene wird in erster Linie die Freisetzung von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen anthropogenen oder natürlichen Ursprungs als Emission bezeichnet.

Flurwind

ist eine lokale Ausgleichsströmung geringer Reichweite und Mächtigkeit (Lokalwind), die durch Temperaturgegensätze zwischen Stadt und Umland und daraus resultierenden Druckunterschieden induziert wird. Flurwind treten meist in den Abend- und Nachtstunden auf, sind zum Bereich höherer Temperatur gerichtet und erfolgen mitunter schubweise.

Grenzwerte / Prüfwerte / Vorsorgewerte

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die i. d. R. nicht überschritten werden dürfen. Prüfwerte sind Beurteilungsmaßstäbe z. B. für Benzol und Ruß, da für diese Stoffe aus wissenschaftlicher Sicht keine Werte angegeben werden können, ab deren Unterschreiten eine Unbedenklichkeit angenommen werden kann. Vorsorgewerte beschreiben Konzentrationen unterhalb der Grenz- oder Prüfwerte und ermöglichen eine qualifizierte Beurteilung der Luftqualität.

Immission

bezeichnet den Übertritt von Stoffen, Strahlen, Geräuschen oder Erschütterungen von einem Medium auf einen Akzeptor. In der Lufthygiene wird in erster Linie die Aufnahme von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen anthropogenen oder natürlichen Ursprungs durch die belebte und unbelebte Umwelt als Immission bezeichnet.

Inversion

ist eine Schicht in der Atmosphäre, in der die Temperatur mit zunehmender Höhe, im Gegensatz zum Normalverlauf, zunimmt. Der vertikale Luftmassenaustausch wird durch diese Sperrschicht nahezu unterbunden. Das Auftreten von Inversionen ist abhängig von den meteorologischen und topographischen Bedingungen sowie der Jahres- und Tageszeit.

Kaltluft

ist Luft, die kälter ist als ihre Umgebungsluft. Ist die Strahlungsbilanz des Erdbodens negativ, entzieht er den darüber liegenden Luftschichten fühlbare und latente Wärme. Diese kühlen sich ab, Kaltluft entsteht in Form einer seichten Kaltlufthaut, als -kissen, -polster oder als -schicht.

Kaltluftabfluss

findet insbesondere an unbewaldeten und unbebauten Hängen mit ausreichendem Gefälle (i.d.R. $>2^\circ$) statt. Der Schwerkraft folgend fließt die im Einzugsgebiet entstandene Kaltluft flächenhaft oder entlang von Kaltluftabflussbahnen talwärts. Ist die Kaltluftschichtdicke und die Volumenstromdichte bekannt, kann der Kaltluftabfluss quantifiziert werden.

Kaltluftabflussbahnen

sind natürliche oder künstliche Schneisen mit Gefälle. Sie kanalisieren die über bewaldeten und unbebauten Hängen entstandene Kaltluft und leiten sie im Idealfall aus dem Kaltlufteinzugsgebiet in einen bioklimatisch und lufthygienisch belasteten Wirkungsraum.

Kaltlufteinzugsgebiete

sind überwiegend unversiegelte und geneigte Freiflächen, über denen aufgrund der nächtlichen Energiebilanz eine starke Abkühlung der Luft erzielt wird. Die hier produzierte Kaltluft wird durch linien- oder flächenhaften Kaltluftabfluss aus dem Gebiet heraus wirksam.

Kaltluftentstehungsgebiete

bezeichnen unversiegelte Flächen, die durch ihre negative Strahlungsbilanz die auf ihr lagernde Luft abkühlen und damit Kaltluft produzieren. Aufgrund unzureichender Geländeneigung verbleibt die autochthon gebildete Kaltluft an Ort und Stelle.

Kaltluftsammelgebiete

sind Mulden oder Senken, in denen autochthon gebildete oder allochthon herangeführte Kaltluft akkumuliert und durch die Ansammlung von Kaltluft in konkaven Geländeformen oder durch Kaltluftstau an Hindernissen einen Kaltluftsammelgebiet bildet. Die Frostgefährdung, die Nebelhäufigkeit und die Gefahr der Akkumulation von Luftschadstoffen ist hier vergleichsweise erhöht.

Kaltluftstau, -see

beschreibt eine Ansammlung von Kaltluft vor einem natürlichen Hindernis (z.B. Hecke, Wald) oder vor künstlichen Hindernissen (z.B. Damm, Bebauung). Für die Ausdehnung des Kaltluftstaus bzw. -sees sind das Relief, die Größe des zugehörigen Kaltlufteinzugsgebietes und die Hindernishöhe entscheidend.

Kaltluftvolumenstromdichte

Die Kaltluftvolumenstromdichte beschreibt die Kaltluftmenge in m^3 , die pro Sekunde durch einen 1 m breiten Streifen zwischen der Erdoberfläche und der Oberkante der Schichtdicke, die senkrecht zur Strömung steht, fließt. Die Einheit ist $\text{m}^3/(\text{m s})$. Falls die Volumenstromdichte über einen Querschnitt konstant ist, lässt sich der Volumenstrom als Volumenstromdichte mal Länge der Grundlinie dieser Fläche berechnen. Ab Werten der Volumenstromdichte von etwa $10 \text{ m}^3/(\text{m s})$ kann von einer guten Durchlüftung ausgegangen werden.

Klima

ist der langfristige Aspekt des Wetters. Das Klima kann durch die Klimaelemente beschrieben werden. Zur Charakterisierung des Klimaregimes bedarf es langjähriger Beobachtungen und statistisch abgesicherter Kenngrößen (Mittelwerte, Maxima, Minima, etc.).

Klimaelemente

Klimaelemente lassen sich durch statistische Kenngrößen beschreiben und bilden in ihrer Gesamtheit das Klima eines Ortes. Wichtige Klimaelemente sind Strahlung, Luftdruck, Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Niederschlag, Verdunstung, Bewölkung, Dunst, Nebel etc.

Klimafunktion

beschreibt die dynamischen Eigenschaften und ihre Klimawirksamkeit eines klimatisch homogenen Areals (Klimatop) in bezug auf angrenzende Strukturen und Wirkungsräume. Beispiele für Klimafunktionen sind die Belüftungsfunktion von Gewässern oder die Filterfunktion von Wäldern, Gehölzen oder Freiflächen.

Klimatope

sind räumliche Einheiten, in denen sich aufgrund der Klimafaktoren Relief, Landnutzung, Lage, Höhe, Exposition und Oberflächenbeschaffenheit ein vergleichbares Kleinklima ausbildet. Die Übergangsbereiche zwischen den Klimatopen lassen sich nicht trennscharf definieren. Je nach Ausprägung der Klimafaktoren und Klimaelemente finden mehr oder weniger deutliche Übergänge statt.

Lokale Windsysteme

sind in der Regel thermisch bedingt und entstehen durch die unterschiedliche Erwärmung der Oberfläche und die dadurch erzeugten horizontalen Temperatur- und Luftdruckunterschiede in einem begrenzten Raum. Hierzu zählen z. B. Flurwinde oder Hangwinde.

Lufthygiene

befasst sich mit den Auswirkungen von Beschaffenheit und Reinheitsgrad der Luft (Gehalt an anthropogenen, gasförmigen, flüssigen und festen Schadstoffen in der Luft) auf die Gesundheit des Menschen.

Luftverunreinigungen

sind Stoffe bzw. Stoffgemische, die infolge menschlicher Tätigkeit oder natürlicher Vorgänge in die Atmosphäre gelangen bzw. dort entstehen und nachteilige Wirkungen auf Menschen und Umwelt haben können.

Nebel

wird definiert durch die horizontale Sichtweite, die infolge von schwebenden Wassertropfchen geringer als 1000 m ist. Bei Sichtweiten von 1000 bis 8000 m liegt Dunst vor.

Regionalwindsysteme

sind mesoskalige, überwiegend thermisch bedingte Luftströmungen, die bei Strahlungswetter in orographisch gegliedertem Gelände auftreten können.

Schwachwinde

sind Luftströmungen, die in 10 m über Grund eine Windgeschwindigkeit von rd. 1,5 m/s nicht überschreiten.

Smog

ist eine Verknüpfung von Rauch (engl. smoke) und Nebel (engl. fog). Er bezeichnet die sichtbaren Verunreinigungen der Atmosphäre in städtischen oder industriellen Ballungsräumen und entsteht i.d.R. bei austauscharmen Wetterlagen unterhalb der Inversion.

Stadtklima

ist das durch Wechselwirkungen mit der Bebauung und deren Auswirkungen modifizierte Klima (einschließlich der Abwärme und der Emission von luftverunreinigenden Stoffen). Typische Erscheinungen des Stadtklimas sind z. B. der Wärmeinseleffekt (Überwärmung), verringerte Windgeschwindigkeiten (jedoch erhöhte Turbulenz).

Transmission

bezeichnet alle Vorgänge, in deren Verlauf sich die räumlich Lage, Verteilung und Konzentration von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre unter dem Einfluss meteorologischer oder anderer Vorgänge ändern. Bezogen auf die Lufthygiene bzw. auf Luftverunreinigungen ist die Transmission das Bindeglied zwischen Emission und Immission.

Ventilationsbahnen

sind durch Ausrichtung, Oberflächenbeschaffenheit und Breite bevorzugte Flächen für den bodennahen Luftmassentransport. Ventilationsbahnen, auch als Luftleitbahnen oder Durchlüftungsbahnen bezeichnet, sollten durch geringe Rauigkeit (keine hohen Gebäude, nur einzeln stehende Bäume), möglichst gradlinige oder nur leicht gekrümmt Ausrichtung und größere Breite (möglichst mehr als 50 m) horizontale Luftaustauschvorgänge erleichtern. Ventilationsbahnen sind z. B. breite Flussauen. Auch breite, geradlinige Straßen wirken u. U. als Ventilationsbahnen - allerdings mit meist hoher Luftbelastung.

Vorbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Vorbelastung bezeichnet die großräumig vorhandene Belastung mit Luftschadstoffen aus dem Straßenverkehr, dem Gewerbe und der Industrie. Als Zusatzbelastung wird die projektbedingte Emission durch den Bau, die Anlage oder den Betrieb bezeichnet. Die Vor- und die Zusatzbelastung ergeben zusammen die Gesamtbelastung. Sie kann anhand der gesetzlichen Grenz-, Prüf- und Vorsorgewerte beurteilt werden.

Wärmeinsel

ist ein städtischer Raum, der aufgrund der physikalischen Eigenschaften seiner Bodenoberfläche ein höheres Temperaturniveau als seine Umgebung aufweist. In austauscharmen Strahlungsnächten kann die Temperaturdifferenz zum Umland in Abhängigkeit von der Größe und Art der Siedlungsstruktur bis zu 10°C betragen.

Wetter

bezeichnet den augenblicklichen Zustand der Atmosphäre. Es wird gekennzeichnet durch die meteorologischen Elemente Luftdruck, Lufttemperatur, Wind, Bewölkung, Niederschlag und Strahlung.

Witterung

ist der Ablauf des Wetters während eines mehrtägigen Zeitraums.

Anhang 2: Belastungs- und Ausgleichsräume, spezifische Klimafunktionen

In Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3787 Blatt 1 (1997/ 2015) werden im Untersuchungsgebiet Klimatope (Belastungs-, Ausgleichsräume) und spezifische Klimafunktionen unterschieden. Die allgemeinen Veränderungen der Klimaelemente in Belastungsräumen im Vergleich zu Ausgleichsräumen (z. B. Freilandverhältnissen) können folgendermaßen charakterisiert werden (SUKOPP 1990).

Die Globalstrahlung ist aufgrund des erhöhten Aerosolgehaltes und der Horizontabschirmung im Jahresmittel bis zu 20 % verringert, die Sonnenscheindauer bis zu 15 %. Die Lufttemperatur ist wegen der starken Versiegelung im Jahresmittel 0,5 bis 1,5°C höher, während austauscharmer Strahlungswetterlagen kann die Temperaturdifferenz zum Freiland bis zu 10°C betragen ("Wärmeinseleffekt"). Die Niederschlagsmenge ist aufgrund des erhöhten Anteils von Kondensationskernen und verstärkter Konvektion in Belastungsräumen im Vergleich zu Freilandverhältnissen um bis zu 10 % erhöht, gleichzeitig fällt aber weniger Niederschlag als Schnee. Die Windgeschwindigkeit ist im Jahresmittel bis zu 20 % reduziert, gleichzeitig ist der Calmenanteil um bis zu 20 % erhöht. Die Luftverschmutzung beinhaltet neben den bereits erwähnten Kondensationskernen, die etwa um den Faktor 10 erhöht sind, auch gasförmige Verunreinigungen. Ihr Anteil ist im Mittel 5 bis 25 mal höher, als im Freiland.

Folgende Belastungs- und Ausgleichsräume bzw. spezifische Klimafunktionen werden ausgewiesen:

Klima der lockeren Bebauung

Der Bereich lockerer Bebauung fasst die Klimatope Stadtrand und Gartenstadt zusammen. Er bezeichnet den Übergangsbereich zwischen dem gering beeinflussten Klima unversiegelter Flächen und dem durch die anthropogenen Einflüsse Versiegelung und Bebauung stark modifizierten Klima der dichten Bebauung. Der Versiegelungsgrad in diesen Strukturen liegt unter 50 %, die Bebauung ist überwiegend offen und übersteigt nur selten drei Geschosse. Die klimatischen Beeinträchtigungen durch Überwärmung einerseits und verringertem Austausch andererseits sind in Bereichen lockerer Besiedlung höher als im Freiland aber deutlich geringer als in dichter Bebauung. Dennoch sind Bereiche mit lockerer Bebauung bioklimatisch und lufthygienisch belastet und somit Zielräume für eine planungsorientierte Klimatologie.

Klima der dichten Bebauung

Der Bereich dichter Bebauung fasst die Klimatope Verdichtete Stadtbauung, Stadtkernklima und die Klimate der Industrie- und Gewerbegebiete zusammen. Er zeichnet sich durch einen Versiegelungsgrad von mehr als 50 % und durch mehrgeschossige Wohn-, Block- oder Kernbebauung aus. Hierzu zählt auch das Messegelände. Die klimatischen Beeinträchtigungen durch Überwärmung einerseits und verringerten Austausch andererseits sind deutlich höher als in den Bereichen mit lockerer Bebauung. Die nächtliche Temperaturerhöhung in diesen Strukturen kann in Abhängigkeit von der Größe und der Art der Siedlung vergleichbare Freilandtemperaturen um bis zu 10°C übersteigen. Das Windfeld, insbesondere die Windgeschwindigkeit werden verändert. Der Austausch thermisch und lufthygienisch belasteter Luftmassen ist stark eingeschränkt. Bioklimatisch ist dieser Raum häufig und z. T. stark belastet. Bereiche dichter Bebauung sind somit primäre Zielräume für dynamische und klimatisch ausgleichende Prozesse, die zur Optimierung des Luft-

austausches und zur Vermeidung extremer Belastungseffekte beitragen.

Klima der Hauptverkehrsstraßen

Klimatisch zeichnen sich Hauptverkehrsstraßen durch einen hohen Grad der Versiegelung (> 90 %) und eine geringe Rauigkeit aus. Sie tragen somit einerseits zu Überwärmung der bodennahen Luftschichten bei, andererseits können sie aber auch den Austausch belasteter Luft fördern, indem sie als Ventilationsbahn mit lokaler Bedeutung wirken. Hauptverkehrsstraßen sind durch die Emissionen des Kfz-Verkehrs lufthygienisch in der Regel stark belastet.

Klima der Bahnanlagen

Das Klima der Bahnanlagen wird im wesentlichen von den physikalischen Eigenschaften des Schotterkörpers bestimmt. Tagsüber erwärmt sich dieser stark, kühl nachts aber auch, z. B. im Vergleich zu den Oberflächen der Hauptverkehrsstraßen, stark ab. Gleichzeitig sind Bahnanlagen aufgrund ihrer geringen Rauigkeit windoffen. Lufthygienisch sind sie nur sehr gering belastet, da der Transport von Personen und Gütern auf der Schiene überwiegend elektrisch betrieben wird. Bahnanlagen eignen sich somit gut als Ventilationsbahn oder als Leitbahn für Kaltluft. Durch ihre Lage in unmittelbarer Nähe zu bioklimatisch und lufthygienisch stark belasteten Innenstadtbereichen kommt ihnen als Bindeglied zwischen Ausgleichs- und Belastungsräumen eine hohe Bedeutung zu.

Kaltluftentstehungsgebiete

Kaltluftentstehungsgebiete sind Freilandstrukturen mit einem Versiegelungsgrad < 10 % und einem ausgeprägten Tages- und Jahresgang der Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur und -feuchte. Kaltluftentstehungsgebiete induzieren aufgrund ihrer Oberflächenstruktur und ihrer Hangneigung keinen aktiven Kaltluftabfluss. In flachen Mulden oder Senken der Kaltluftentstehungsgebiete kann es zur Kaltluftsammlung und zur Bildung von Kaltluftseen kommen. Klimatisch beeinträchtigen Kaltluftsammlgebiete durch ihre größere Frostgefährdung die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen. Gleichzeitig besitzen sie jedoch auch ein klimatisches Potential, da die gebildete Kaltluft bei allochthonen Wetterlagen in belasteten Siedlungsbereichen bei Vorhandensein entsprechender Kaltluftzugbahnen wirksam werden kann.

Kaltlufteinzugsgebiete

Kaltlufteinzugsgebiete sind gut durchlüftete Freilandstrukturen, die aufgrund ihrer Oberflächenstruktur und ihrer Hangneigung aktive Kaltluftabflüsse induzieren. Kaltlufteinzugsgebiete stehen in enger funktionaler Verknüpfung zu den Kaltluftabflussbahnen.

Gebiete mit Klimavielfalt

Gebiete mit Klimavielfalt sind überwiegend unversiegelte (Versiegelungsgrad < 20 %) und kleinräumig gegliederte Bereiche einer Mindestgröße von 1 ha. Zu ihnen zählen Brach- und Sukzessionsflächen ebenso wie innerstädtische Grün- und Parkanlagen mit Gehölzen, Rasen- und kleineren Gewässerflächen. Die Boden- und Vegetationsoberfläche beginnt bereits am späten Nachmittag abzukühlen und entzieht den darüber liegenden Luftschichten Wärme, Kaltluft entsteht. In Gehölzen ist dieser Prozess z. T. von der Bodenoberfläche abgekoppelt und in das Kronenniveau verlagert. Bei vorhandener Hangneigung setzt sich die Kaltluft im Laufe des Abends in unregelmäßigen Abständen der Schwerkraft und dem Gefälle folgend in Bewegung und wird flächenhaft oder linienhaft über Kaltluftabflussbahnen horizontal verfrachtet. Sie wird vor Ort durch relativ wärmere Luft aus höheren Luftschichten ersetzt, die nun ihrerseits durch den direkten Kontakt mit der abkühlenden Oberfläche schneller abkühlen kann, um zu gegebener Zeit abzufließen. In flachen Mulden oder Senken der Gebiete mit Klimavielfalt kann es zu Sammlung von Kaltluft und zur Bildung von Kaltluftseen kommen. Neben der autochthon am Ort gebildeten Kaltluft akkumuliert in diesen Bereichen u. U. auch horizontal verfrachtete Kaltluft aus angrenzenden Gebieten. Gebiete mit Klimavielfalt besitzen ein hohes klimatisches und lufthygienisches Potential. Bei allochthonen Wetterlagen wird die hier in begrenztem Umfang gebildete Kaltluft horizontal verfrachtet und kann in belasteten Siedlungsbereichen wirksam werden, gleichzeitig wird die Luftqualität aufgrund der Filterfunktion von Bäumen, Gehölzen u. ä. erhöht. Gebiete mit Klimavielfalt stehen somit in enger funktionaler Verknüpfung mit Ventilationsbahnen oder Kaltluftabflussbahnen. Beide sind lokalklimatisch bedeutsame Elemente zur Versorgung belasteter Siedlungsbereiche mit Frisch- und Kaltluft.

Gebiete mit Gewässerklima

Wasserflächen einer Mindestgröße von rd. 1 ha bilden ein Gewässerklima aus. Das Gewässer- und Seenklima zeichnet sich gegenüber der Umgebung durch seinen ausgleichenden thermischen Einfluss in Form schwach ausgeprägter Tages- und Jahresgänge der Temperatur aus. Während thermisch belastender Wetterlagen im Sommer ist die Lufttemperatur über der Wasseroberfläche tagsüber geringer und nachts höher, als die der Umgebung. Dabei bleibt der Einfluss meistens auf den unmittelbaren Uferbereich beschränkt. Aufgrund der geringen Rauigkeit der Gewässeroberfläche ist die Windgeschwindigkeit hier erhöht. Der Austausch von Luftmassen ist aufgrund der geringen Rauigkeit begünstigt. Wasserflächen eignen sich daher gut als Ventilations- oder Kaltluftabflussbahn.

Waldklima

Das Waldklima bildet sich in Waldgebieten größer 1 ha aus. Diese lassen sich vertikal in einen Stammraum- und einen Kronenbereich unterteilen. Die Strahlungsabsorption findet überwiegend im Kronenbereich statt. Das Klima des Stammraumes zeichnet sich durch stark gedämpfte Tages- und Jahresgänge der Temperatur, Feuchte und Windgeschwindigkeit aus. Waldflächen sind nicht zu unterschätzende Produzenten von Kaltluft. Diese entsteht überwiegend im bzw. oberhalb des Kronenraums, sackt aufgrund der größeren Dichte in den Stammraum ein und verbleibt dort. Nur bei entsprechend offen gestalteten Waldrändern und einem Mindestmaß an Reliefenergie vermag die Kalt- und Frischluft aus dem Stammraum auszutreten. Bei größerer Neigung findet der Kaltluftabfluss oberhalb des Kronenraums statt. Aufgrund der sehr hohen Rauigkeit können Wälder von außen ankommende Kaltluftflüsse und lokale oder regionale Windsysteme behindern. Ihre Wirkung auf das lokale Klima kann sowohl positive als auch negative Auswirkungen nach sich ziehen und muss von Fall zu Fall kritisch geprüft werden. Wälder wirken zudem als Filter für Luftschadstoffe.

Kaltluftabflüsse (linien- oder flächenhaft, z. T. verzögert)

Ein linien- oder flächenhafter Kaltluftabfluss entsteht, wenn autochthon gebildete dichte und schwere Luft bei ausreichender Neigung (i. d. R. größer 2°) dem Gefälle folgend hangabwärts fließt. Erreichen Kaltluftabflüsse ein Siedlungsgebiet, so können sie dort in den Sommermonaten zu einer wünschenswerten Verminderung der Überwärmung und somit der bioklimatischen Belastung beitragen. Durch Frischluft, unbelastete Kaltluft, kann gleichzeitig die lufthygienische Belastung in bebauten Strukturen verringert werden. Angereichert mit Luftschadstoffen können Kaltluftabflüsse aber auch negative lufthygienische Auswirkungen in Siedlungen erzielen.

Ventilationsbahnen (lokal oder regional)

Bei allochthonen (fremdbürtigen) Wetterlagen können bodennah auftretende Winde entlang von Ventilationsbahnen in Siedlungsbereiche eindringen und diese be-, durch- und entlüften. Ventilationsbahnen liegen parallel zur Hauptwindrichtung an der Luvseite der klimatisch und lufthygienisch belasteten Siedlungsbereiche. Ihre klimatische und lufthygienische Funktion wird optimiert, wenn sie eine geringe Rauigkeit, eine geringe Versiegelung und keine Emissionen von Luftschadstoffen aufweisen.

Anhang 3: Beschreibung des Kaltluftmodells KALM

Modellbeschreibung

Das Modell KALM verwendet die sog. Flachwassergleichungen, eine vereinfachte (vertikal integrierte) Form der Grundgleichungen der Strömungsmechanik. Durch diese Vereinfachung ist es möglich, das Modell mit relativ geringem Rechenzeit- und Speicherbedarf auch auf Personal Computern zu betreiben (SCHÄDLER und LOHMEYER 1994).

Die Bezeichnung "Flachwassergleichungen" hat sich eingebürgert; die Gleichungen eignen sich jedoch genauso zur Beschreibung der Strömung jedes relativ zur Umgebung schweren Fluids, wie z.B. von Wasser oder von kalter Luft. Eine solche Strömung hat folgende Charakteristika:

- Abfluss über geneigtem Gelände entsprechend der Hangneigung;
- weiterbewegen der "Kaltluftfront" auch über ebenem Gelände;
- auffüllen von Becken (Kaltluftseen);
- Einfluss der Schichtdicke auf die Strömungsrichtung und die Strömungsgeschwindigkeit (Druckgradienten).

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

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

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

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

Eingabedaten und Ergebnisse des Modells

Vorausgesetzt wird die oben genannte für Kaltluftabflüsse optimale Situation, d.h. eine klare und windstille Nacht. Das Modell berechnet die zeitliche Entwicklung der Kaltluftströmung, ausgehend vom Ruhezustand (keine Strömung) bei gegebener zeitlich konstanter Kaltluftproduktionsrate. Diese, ebenso wie die Reibungskoeffizienten, werden über die Art der Landnutzung gesteuert.

Es werden 7 Landnutzungsklassen berücksichtigt:

- dichte Bebauung,
- lockere Bebauung,
- Gewerbegebiete,
- Wald,
- Freiland,
- Wasser,
- Verkehrsflächen (Gleisanlagen, Straßen und Parkplätze).

Für die Kaltluftproduktionsraten, Reibungskoeffizienten und Nullpunktverschiebungen sind Standardwerte vorgesehen, welche bei Bedarf geändert werden können. Die Kaltluftproduktionsrate von Wald wird in Abhängigkeit von der lokalen Hangneigung variiert. Weiterhin benötigt das Modell die Topographie in digitalisierter Form. Die Skala des Modells ist beliebig und beträgt im vorliegenden Fall 16 x 8 km, die Auflösung liegt zwischen 25 m und 200 m.

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

Anhang 4: aktualisierte Klimabetrachtungen



**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D-76229 Karlsruhe

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

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

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Büroleiter: Dr.-Ing. Wolfgang Bächlin

Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG

#61403-09-02

Stuttgart 21, Bahnstrecke PFA 1.3, aktualisierte Klimabetrachtungen

Für die Planung der Neubaustrecke der Deutschen Bahn AG am Flughafen Stuttgart und an der Rohrer Kurve wurden durch das Ingenieurbüro Dr.-Ing. Achim Lohmeyer im Februar 1999 Kaltluftabflussberechnungen durchgeführt und vorgelegt.

In der Umgebung der geplanten Bahnstrecke fanden seitdem bauliche Erweiterungen statt, insbesondere ist hier der Neubau der Messe Stuttgart anzuführen.

Die Trassenplanung des PFA 1.3 ist im wesentlichen unverändert gegenüber den bisherigen Planungen. Lediglich im Kreuzungsbereich der NBS mit der B 312 wird die Gradienten um ca. 1,30 m angehoben und von dort zu beiden Seiten wieder an die bisherigen Planung angepasst.

Im Jahr 2008 wurden im Auftrag der Region Stuttgart für das gesamte Gebiet der Region Stuttgart Kaltluftberechnungen mit aktualisierter Landnutzung von unserem Büro durchgeführt. Damit liegen die Daten digital vor. Diese werden kurz im Vergleich zu den Ergebnissen der Kaltluftberechnungen aus dem Jahr 1999 beschrieben.

Im Bereich des Flughafens erfolgten südlich der Autobahn durch den Neubau der Messe Stuttgart deutliche Landnutzungsänderungen, indem landwirtschaftliche Nutzflächen in bebaute Bereiche überführt wurden. Auf dem Gelände der Messe Stuttgart findet damit keine Kaltluftbildung statt; weiterhin stellen die Gebäude deutliche Strömungshindernisse dar. Dies wirkt sich in der Anfangsphase der Kaltluftbildung aus, indem im Bereich der Messe keine nennenswerten Kaltluftströmungen vorherrschen. Bei andauernden Kaltluftbedingungen stellt sich ein aus westlicher Richtung kommender Kaltluftstrom ein, der weitgehend parallel zur Autobahn nördlich des Messegeländes in östliche Richtung orientiert ist. Diese Kaltluftströmung wird nur teilweise

Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG,
Sitz ist Karlsruhe (KA),
Registergericht KA, HRA 4948
Proj.: Dr.-Ing. Wolfgang Bächlin

Pers. haftende Gesellschafterin:
Lohmeyer GmbH, Karlsruhe,
Registergericht KA, HRB 7455
Geschäftsführer:
Dr.-Ing. Achim Lohmeyer

Büro Dresden:
Mohrenstraße 14, D-01445 Radebeul
Tel.: +49 (0) 351 / 8 39 14 - 0, Fax: - 59
E-Mail: info.dd@lohmeyer.de
Büroleiter: Dr. rer. nat. Ingo Düring

Sparkasse Karlsruhe
Kto.: 226 880 22, BLZ: 660 501 01
IBAN: DE41 6605 0101 0022 6880 22
BIC (SWIFT): KARSDE66
UST-IdNr.: DE813768755

durch die Nutzung der Messe Stuttgart beeinflusst. Die Kaltluftmächtigkeit beträgt nördlich der Autobahn bis 70 m, im Bereich der geplanten Trasse überwiegend über 20 m; die Volumenstromdichten liegen im Bereich der geplanten Trasse und der parallel dazu verlaufenden Autobahn zwischen $10 \text{ m}^3/(\text{m s})$ und $20 \text{ m}^3/(\text{m s})$. Die Strömung verläuft häufig entlang der Autobahn bzw. der geplanten Trasse oder überströmt sie von Nordwesten kommend unter spitzem Winkel. Damit sind gegenüber der Kaltluftberechnung aus dem Jahr 1999 vergleichbare Strömungsrichtungen bei verminderter Intensität bedingt durch die Nutzungsänderungen der Messe Stuttgart berechnet. Nachdem entsprechend den Kaltluftberechnungen von 1999 für den Planzustand im Bereich des Flughafens festgestellt wurde: „Zusammenfassend ist festzuhalten, dass durch die geplante Bahntrasse mit ihren Aufschüttungen und Einschnitten keine Änderungen der Kaltluftströme zu erwarten sind“, sind diese Ableitungen auch auf die aktuelle Situation und nur geringfügig geänderte Planung zutreffend.

Im Bereich Rohrer Kurve zeigen die aktualisierten Kaltluftberechnungen der Region vergleichbare Strömungsbedingungen zu den Ergebnissen der Berechnungen aus dem Jahr 1999; in der Umgebung der Rohrer Kurve fanden keine großflächigen Landnutzungsänderungen statt. Die Kaltluftströmungsgeschwindigkeiten liegen um 1 m/s , die Kaltluftmächtigkeiten erreichen Werte von etwa 40 m, die Volumenstromdichte variiert im Untersuchungsgebiet stark; es werden Maximalwerte bis etwa $25 \text{ m}^3/(\text{m s})$ erreicht, während im Bereich der geplanten Trasse die Werte meist unterhalb $5 \text{ m}^3/(\text{m s})$ liegen. Nachdem entsprechend den Kaltluftberechnungen von 1999 für den Planzustand im Bereich der Rohrer Kurve festgestellt wurde: „Auch im Bereich der Rohrer Kurve bewirkt die geplante Bahntrasse somit keine Änderung der Kaltluftströme“, sind diese Ableitungen auch auf die aktuelle Situation und Planung zutreffend.

Karlsruhe, 05.03.2009