

Berichte aus Forschung und Praxis

Hans Schirmer

Die Einbeziehung der lokalen Kaltluft in Planungsentscheidungen

The Inclusion of Local Cold Air in Planning Decisions

Kurzfassung

Die neue VDI-Richtlinie 3887 Blatt 5 behandelt die für die Stadt- und Regionalplanung wichtigen Vorgänge von Entstehung und Abfluss der lokalen Kaltluft und bewertet die Auswirkungen von planerischen Eingriffen auf Lufthygiene, Mensch, Pflanze, Verkehr und Siedlungsplanung. Sie begründet ferner die Ausweisung von Vorranggebieten für den Klimaschutz in den Regionalplänen.

Abstract

The new guideline of the German Association of Engineers (VDI) no. 3887, sheet 5 considers the processes of the development and flow-off of cold air that are important for urban and regional planning. It evaluates the impacts of planning interventions on air hygiene, human beings, plants, traffic and settlement planning. Furthermore it gives reasons for the designation of priority areas for climate protection in regional plans.

Von den zahlreichen Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung befassen sich einige speziell mit der Einbeziehung des Klimas in Planungsentscheidungen, z.B. Kistenmacher et al. (1993), Kiemstedt et al. (1993), Finke et al. (1993) und Schirmer (1996). Hierin wird u.a. auf fehlende Instrumentarien oder Vorgaben für eine Klimabewertung in regionalen Raumordnungsplänen hingewiesen. In diesem Zusammenhang bemerkt Kistenmacher (a.a.O., S. 5) konkret: „Unbestritten ist, daß die Sicherung von siedlungsklimatisch besonders wichtigen Freiraumbereichen als vorrangige regionalplanerische Aufgabe anzusehen ist. Hierzu sind vor allen Dingen sogenannte Kaltluftentstehungsgebiete und darüber hinaus Gebiete für den Transport von Kaltluft von entgegenstehenden Nutzungen freizuhalten.“

Diese aufgezeigte Lücke soll für den Bereich der lokalen Kaltluft die neue Richtlinie des Vereins Deutscher Ingenieure schließen:

VDI 3787, Blatt 5, Dezember 2003. Umweltmeteorologie. Lokale Kaltluft. Ausgabe deutsch/englisch. VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2003.

(zu beziehen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin)

Die Richtlinie soll Klimagutachter, Regional- und Stadtplaner in die Lage versetzen, die für den entsprechenden Abwägungsprozess notwendigen Schritte zur Entstehung, Dynamik und Wirkung lokaler Kaltluft objektiv einschätzen zu können. Für das Vorfeld einer

Planungsmaßnahme wird damit ein Leitfaden gegeben mit einer zusammenfassenden Darstellung der grundlegenden Untersuchungsschritte und Hinweise auf die zu beachtenden Gesetze und Vorschriften. In Betracht kommen räumliche Planungen auf regionaler und kommunaler Ebene, Landschaftsrahmenpläne und Landschaftspläne, Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) und -untersuchungen (UVU) sowie Anlagen-genehmigungen gemäß BImSchG.

Den fachlichen Rahmen der Richtlinie umreißt die Inhaltsangabe:

Vorbemerkung	
Anwendungsbereich	
Zugehörige Vorschriften, Normen und Richtlinien	
Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	
Glossar	
1 Einleitung	
2 Kaltluftentstehung	
2.1 Voraussetzungen zur Kaltluftentstehung	
2.2 Kaltluftentstehung über verschiedenen Oberflächen	
2.3 Einfluss von Flächennutzungsänderungen auf die Kaltluftentstehung	
2.4 Ermittlung der Kaltluftentstehung	
3 Kaltluftabfluss	
3.1 Fließbedingungen für Kaltluft	
3.2 Einfluss von Hindernissen	
4 Auswirkungen	
4.1 Lufthygienische Auswirkungen	
4.2 Biometeorologische Auswirkungen	
4.3 Technische Auswirkungen	
5 Sicherung und Förderung von Kaltluftentstehung und -abfluss, Planungsrelevanz	
5.1 Kaltlufteigenschaften	
5.2 Abschätzung der Auswirkungen eines Eingriffs	
5.3 Planerische Konsequenzen	
6 Empfehlungen zum Untersuchungsrahmen	
6.1 Untersuchungsmethoden	
6.2 Untersuchungsziele und empfohlene Methoden	
7 Forschungsbedarf	
Anhang: A Methoden / Numerische Modelle	
Anhang: B Methoden / Analoge physikalische Modelle	
Schrifttum	

Kaltluftentstehung

Lokale Kaltluft (im Folgenden nur noch Kaltluft genannt) entsteht bei bestimmten meteorologischen Situationen während des abendlichen Abkühlungsprozesses und insbesondere in der Nacht an der Erdoberfläche. Dieser Vorgang wird mit Hilfe der nächtlichen Energiebilanzgleichung erläutert. Für den Planer ist vor allem die Ausstrahlung der Erdoberfläche, die anthropogen verändert werden kann, von Bedeutung. Es bildet sich durch die Ausstrahlung im Laufe der Nacht eine mehrere Dekameter dicke Kaltluftschicht. Die Intensität der Kaltluftentstehung hängt insbesondere von Wolkenlosigkeit während einer windschwachen Hochdruckwetterlage sowie von geringem Wasserdampfgehalt der Atmosphäre ab.

Eine weitere grundlegende Voraussetzung zur Entstehung von Kaltluft stellt die Topographie und ihre Beschaffenheit dar: Geländeform, Exposition, Art und physikalische Eigenschaften der Oberfläche (Bodenart, -beschaffenheit). Durch heterogene Flächennutzung und unterschiedliche Bodenbeschaffenheit entstehen räumliche Unterschiede in der Abkühlung, die zu thermisch induzierten Lokalzirkulationen führen können, z.B. zum Flurwindsystem, bei stärkerem Einfluss der Orographie zu Hangabwinden und Bergwinden (= Talabwind), von denen die Bergwinde eine größere vertikale Mächtigkeit (einige Dekameter) erreichen.

Bei diesen Vorgängen können Ansammlung und Stau von Kaltluft in den Tälern auftreten, es bildet sich dabei oberhalb der Kaltluft an den Hängen die planungsrelevante warme Hangzone aus.

Eingehend wird die Kaltluftentstehung über verschiedene Oberflächen behandelt, da sie die Voraussetzung für das Verstehen ihrer Beeinflussung durch menschliche Aktivitäten ist. Dies trifft auch zu für die Kaltluftproduktion von Wäldern, u.a. um die Auswirkung der Planung von Aufforstung oder Abholzung aufzuzeigen. Der Wärmeinhalt der Kaltluft wird ferner durch urbane Gebiete und größere Wasserflächen beeinflusst; sie zehren in der Regel die Kaltluft auf. Die Auswirkungen von Nutzungsänderungen auf Entstehung, Abfluss und Qualität der Kaltluft demonstriert eine tabellarische Zusammenstellung für verschiedene Arten der Flächennutzung und für bestimmte Flächenmerkmale. Sie lässt erkennen, dass Flächenumwidmungen einen signifikanten Einfluss auf die Kaltluftentstehung haben können.

Die Richtlinie gibt Hinweise, auf welche Weise für Planungen die Kaltluftentstehung in einem bestimmten Gebiet ermittelt werden kann.

Kaltluftabfluss

Nach der Entstehung der Kaltluft wird deren Abfluss eingehend erläutert, da er ebenfalls durch Planungen beeinflusst werden kann. Zu berücksichtigen sind hierbei die Fließbedingungen, vertikale Struktur sowie Strömungsgeschwindigkeit und Schichtdicke der Kaltluft; sie werden anschaulich dargestellt, um die dreidimensionalen Vorgänge wiederzugeben. Für planerische Zwecke interessiert ferner der Kaltluftvolumenstrom als Maß für die Durchlüftung des Planungsgebietes.

In dem Zusammenhang wird der Einfluss von Hindernissen auf die fließende Kaltluft, z. B. durch Bebauung, Dämme, Büsche, Baumgruppen, eingehend behandelt (z. B. Bildung von Kaltluftstau und -seen). Der hemmende Einfluss der Bebauung auf die Kaltluftströmung richtet sich nach ihrer Flächenausdehnung, Gebäudeanordnung sowie -höhe. Es besteht dabei die Möglichkeit des Durch-, Um- oder Überströmens der Hindernisse bzw. das Erreichen einer Eindringtiefe der Kaltluft in dichtere Bebauung von etwa 100 m bis 1 000 m.

Auswirkungen

Von besonderem Interesse für die Planer sind die Ausführungen über die lufthygienischen Auswirkungen der Kaltluft, da sie die Luftqualität verbessern oder verschlechtern kann. Kaltluft, die sich über natürlichen Flächen wie Wiesen, Äcker und Wäldern bildet, ist in der Regel frei von unerwünschten Luftbeimengungen. Die abfließende Kaltluft behält die Eigenschaft von Frischluft so lange bei, bis sie über Emissionsquellen, bei denen auftretende Tages-, Wochen- und Jahreszyklen zu beachten sind, driftet. Zum quantitativen Einordnen der Luftqualität bestehen in Gesetzen, Richtlinien und Verwaltungsvorschriften festgelegte emissionsspezifische Kenngrößen: Mittel-, Perzentil-, Spitzenwerte für bestimmte Beurteilungszeiträume, Häufigkeit des Überschreitens von ausgewählten Grenz-, Richt-, Leit- und Schwellenwerten von Luftbeimengungen oder Gerüchen.

Die Ausbreitung von Luftbeimengungen in der Kaltluft wird durch folgende Faktoren bestimmt: Leitwirkung durch Orographie und Hindernisse, Abhängigkeit der Verdünnung enthaltener Luftbeimengungen von der Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluft, Höhe der Emissionsquelle über dem Erdboden, Höhe der durch die Kaltluft entstehenden Bodeninversion, erhebliche Verminderung des horizontalen und vertikalen Austausches, Abhängigkeit der mechanisch induzierten Turbulenz von der Rauigkeit des Untergrundes.

Gesondert betrachtet werden die Ausbreitung in der Kaltluft von Kfz-Emissionen der Straßen, von Gerüchen (Deponien, Kompostierungsanlagen, landwirtschaftliche Betriebe, Kläranlagen) und von Schall (Lärm).

Es folgt die Darstellung der biometeorologischen Auswirkungen, beginnend mit denen der Humanbiometeorologie. Die Einflüsse von Kaltluft auf die humanbiometeorologischen Wirkungskomplexe sind in der Richtlinie VDI 3787, Blatt 2 (siehe auch RuR 1/2001, S. 70–72) beschrieben. Die Verfahren basieren auf der Energiebilanz des menschlichen Körpers und resultieren in verschiedene thermophysiologisch relevante Indizes. Das thermische Empfinden des Menschen reicht von extremer Wärmebelastung über Behaglichkeit bis zum extremen Kältestress. Bei der thermophysiologischen Auswirkung von Kaltluft stellt die Temperatur den entscheidenden Parameter dar.

Auch die pflanzenphysiologischen Vorgänge werden maßgeblich von der Temperatur beeinflusst. So verlangsamten tiefe Temperaturen die biochemischen Prozesse in den Pflanzen (z. B. Respiration) bis zum Erliegen. Unterhalb von etwa 5° C kommt das Wachstum der Nutzpflanzen zum Stillstand. Es sind ferner Auswirkungen über die Gefährdung durch Krankheiten und Frost zu erwarten, die im Einzelnen erläutert werden. Am intensivsten sind die Auswirkungen durch die Frostgefährdung (Winterfrost, Spätfrost). Die dabei von den Pflanzenarten gerade noch zu ertragenden Gewebetemperaturen sind unterschiedlich (sie reichen von -4° bis +3° C). Der Gefährdung von Pflanzen durch Spätfrost kann unterschiedlich begegnet werden und zwar durch planerische Maßnahmen (Anbau, Aufforstung, Umlenkung der Kaltluftströme, Auswahl der Bäume), saisonale Maßnahmen (Bodenlockerung, Unkraut/Unterwuchs, Bodenabdeckung, Düngung) und akute Maßnahmen (Abdecken, Frostschutzberegung).

Ferner sind technische Auswirkungen durch Kaltluft zu berücksichtigen. Insbesondere im gegliederten Gelände können Kaltluftentstehung, -abfluss und -stau durch damit verbundene Glätte und Nebel Auswirkungen auf den Straßenverkehr haben, die bisher nicht oder nur in Ausnahmefällen von Seiten der Straßenplanung berücksichtigt wurden. Zur gefährdungsvorbeugenden Verkehrssteuerung besteht nunmehr das Straßenzustands- und Wetterinformationssystem (SWIS) in den Wintermonaten, das sich auch auf die geländeklimatologischen Zusammenhänge stützt.

Einer der prozentual größten Anteile des Primärenergieverbrauchs in Deutschland entfällt auf die Beheizung von Gebäuden (Siedlungsplanung). Einspar-

maßnahmen bestehen durch Wärmedämmung und den Einsatz moderner Heiztechnik. Eine heiztechnische Kenngröße, mit deren Hilfe technische Maßnahmen über die Berücksichtigung des Geländeklimas optimiert werden können, ist die sog. Gradtagzahl, ausgehend von einer Innenraumtemperatur von 20° C. Gebäude außerhalb von Kaltluftflüssen oder -staugebieten weisen – falls nicht windextrem gelegen – einen geringeren Heizenergiebedarf auf. Maßnahmen zur Wärmedämmung sind in diesen Lagen nicht so notwendig wie in den Tälern.

Sicherung und Förderung von Kaltluftentstehung und -abfluss, Planungsrelevanz

Es wird aufgezeigt, wann und in welchem Maß planerische Eingriffe Maßnahmen zur Sicherung von Kaltluftentstehung und -abfluss erfordern, wobei die Relevanz des Eingriffs abzuschätzen ist. Kaltluft besitzt, je nachdem ob sie fließt oder stagniert, unterschiedliche Eigenschaften, die bewertbare Funktionen erfüllen. Diese hängen z.B. von der Fließgeschwindigkeit, der Stabilität und vertikalen Mächtigkeit der Kaltluft ab. Hierbei müssen der *Herkunftsraum* und der *Wirkungsraum* unterschieden werden. Die Bewertung der Kaltluft basiert auf der Situation innerhalb des Wirkungsraumes und den klimatisch / lufthygienischen Erfordernissen:

- Auswirkung der Kaltluft zur Abkühlung (thermischer Ausgleich)
- Auswirkung des Kaltluftflusses zum Abtransport bzw. zur Durchmischung von Abluft (lufthygienische Entlastung)
- Vermeidung einer stärkeren Abkühlung (thermischer Schutz).

Hierfür werden Bewertungen der Auswirkungen auf Menschen und Pflanzen sowie wesentliche Parameter angegeben.

Aus den Eigenschaften fließender und stagnierender Kaltluft kann im räumlichen Bezug auf die möglichen Auswirkungen geschlossen werden, die aufgezählt werden, unterteilt nach dem Herkunftsraum (bei stagnierender und abfließender Kaltluft) und dem Wirkungsraum. Diese Eigenschaften können sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die zu betrachtenden Flächen ausüben, die dann zu quantifizieren sind, hinsichtlich der Intensität und Häufigkeit der Kaltluftabflüsse und die daraus resultierenden Veränderungen der thermischen und lufthygienischen Belastungen, der Frostgefährdung sowie des Heizenergiebedarfs.

Für die Bewertung klimatologischer Aspekte sollten daher die in der Planung gebräuchlichen Kriterien herangezogen werden:

- Luftqualität (z.B. Grenz- und Richtwerte von Luftschadstoffen)
- Bioklimatische Qualität (Bewertungsindizes)
- Energieeinsatz (Gradtagszahlen)
- Kaltluftempfindlichkeit (z.B. Ertragseinbußen).

Als Maß der Beeinflussung dient die prozentuale Änderung eines Parameters gegenüber dem Ist-Zustand sowie die der Häufigkeit des Auftretens (in Jahresstunden) durch: gering <5 % mäßig >10 % hoch.

Es wird die Ausweisung in den Regionalplänen von folgenden Vorranggebieten für den Klimaschutz mit dem Ziel von Nutzungsbeschränkungen vorgeschlagen:

(1)

Vorranggebiet für den Klimaschutz (Kaltluftentstehung):

- keine Besiedlung
- keine emissionsträchtigen Nutzungen zur Sicherung der nächtlichen Frischluftversorgung für einen Wirkungsraum.

(2)

Vorranggebiet für Klimaschutz (Kaltluftabfluss):

- keine Besiedlung
- keine Dämme oder Aufschüttungen (Deponien, Rohstoffablagerungen), die den Kaltluftabfluss hemmen
- keine dichte Bepflanzung oder Aufforstung, die den Kaltluftabfluss (nachts) oder die Durchlüftung (tags) behindern
- keine neuen emissionsträchtigen Nutzungen, sondern Verminderung / Beseitigung bestehender Emissionsquellen.

Die Größe der Ausweisung eines Vorranggebietes in einer Talsohle hängt von deren Breite in Bezug zur abfließenden Kaltluftmenge ab. Ferner sollte bei der Ausweisung von regionalen Grünzügen die jeweilige klimatologische Funktion gezielt herausgestellt werden (Bioklima, Luftregeneration, Kaltluftentstehung, Kaltluftabfluss).

Anhand von zwei konkreten Beispielen (1. Geplante Straße am Hang mit Überquerung von Geländeeinschnitten und partiellen Lärmschutzmaßnahmen, 2. Ausweisung eines Wohngebietes im Bereich von Kaltluftabflüssen) werden folgende Punkte beschrieben: Ausgangslage, Wirkungen des Eingriffs, Bewertung des Eingriffs, Maßnahmen zur Minimierung der Folgen des Eingriffs.

Empfehlungen zum Untersuchungsrahmen

Ein besonderes Kapitel behandelt die Empfehlungen zum Untersuchungsrahmen, um für die betreffende Planung Zeitplan und Kosten abschätzen zu können. Hierzu gehören:

- Auswertung von Karten und Literatur / Hypothesenbildung, Ortsbesichtigung
- Messungen im Untersuchungsraum: Minimumtemperatur, horizontale Temperaturprofile, meteorologische Stationen, Vertikalsondierungen, Rauchkerzenuntersuchung, Traceruntersuchung, Constant-Level-Ballon, Strömungsmodelle.

In einer besonderen Tabelle „Untersuchungsmethoden zum Phänomen Kaltluft“ sind für acht kaltluftrelevante Zielgrößen (u.a. Kaltluftentstehungsgebiet, -abfluss, -sammelgebiet, räumliche Verteilung der Kaltluft) die empfohlenen Untersuchungsmethoden mit ergänzenden Bemerkungen zusammengestellt. Diese Tabelle vermittelt einen komprimierten Überblick über Ziel und Inhalt der Richtlinie.

Forschungsbedarf

Abschließend wird kurz auf den noch bestehenden Forschungsbedarf für die Bewertung des Phänomens Kaltluft hinsichtlich der Entstehung (vor allem unterschiedliche Waldtypen, notwendige Größe von Einzugsgebieten und innerstädtische Grünflächen), des Abflusses (Länge und Mindestbreite von Belüftungsschneisen, Kaltlufteindringtiefe in Bebauung, Hindernisse) und der Bewertung (Frischlufte, Häufigkeit und Quantität des Volumenstroms mit horizontaler und vertikaler Differenzierung) hingewiesen.

Die Methoden der numerischen Modelle werden im Anhang A erläutert, die der analogen physikalischen Modelle im Anhang B und zwar anhand von Anforderungen, Eingabedaten, Modellergebnisse, modellmäßige Umsetzung und Beispiele, Vergleich von Modellaussagen mit Beobachtungen und Messungen.

Glossar und Schrifttum ergänzen die Richtlinie, die auch zur Nachhaltigkeit in der Raumplanung einen wesentlichen Beitrag liefern wird.

Literatur

Kistenmacher, H.; Domhardt, H.-J.; Geyer, Th.; Gust, D. (1993): Planinhalte für den Freiraumbereich. Handlungsmöglichkeiten der Regionalplanung zur Differenzierung von Planinhalten für den Freiraumbereich. = ARL Beiträge Nr. 126. – Hannover
Kiemstedt, H.; Horlitz, Th.; Ott, St. (1993): Umsetzung von Zielen des Naturschutzes auf regionaler Ebene. = ARL Beiträge Nr. 123. – Hannover

Finke, L.; Reinkober, G.; Siedentop, S.; Strotkemper, B. (1993): Berücksichtigung ökologischer Belange in der Regionalplanung in der Bundesrepublik Deutschland. = ARL Beiträge Nr. 124. – Hannover

Schirmer, H. (1996): Klimabewertung des Raumes als Abwägungsmaterial für die Landes- und Regionalplanung mit Beispielen aus dem Bereich der LAG Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland. = ARL Arbeitsmaterial Nr. 227. – Hannover

Prof. Dipl.-Met. Hans Schirmer
Körnerstraße 51
63067 Offenbach