

Lokale Klimate und ihre Dynamik – Fallbeispiele aus dem südlichen Saarland im Hinblick auf eine siedlungsklimatisch ausgewogene Raumplanung

Olaf Kühne

Kurzfassung: Anhand der Untersuchung von südsaarländischen Siedlungen werden lokalklimatische Phänomene besprochen. Dabei wird verdeutlicht, dass anthropogene Veränderungen des Lokalklimas sowohl bei unterschiedlichen Großwetterlagen als auch bei höheren Windgeschwindigkeiten auftreten. Auch kleine Siedlungen (zum Beispiel Aßweiler) modifizieren das lokale Klima deutlich. Wesentlich ist in dem vorliegenden Aufsatz die Untersuchung bioklimatischer Belastungen. Dabei wird deutlich, dass diese in Siedlungen im Sommer besonders hoch sind. Daraus folgt, dass selbst bei kleineren Siedlungen in der Planung eine Berücksichtigung der Frischluftströme – auch zur Kompensation der sich abzeichnenden Folgen der anthropogenen Klimamodifikation – eine entscheidende Rolle spielen sollte.

Schlüsselwörter: Saarland, Lokalklima, Stadtklima, Geländeklima, Homburg, Niederwürzbach, Assweiler, Raumplanung, Bioklima, Klimawandel, Treibhauseffekt.

Abstract: In Connection with the examination of southern Saarland settlements, local climatic phenomena are discussed. It is clarified that man-made changes of local climate arise as well due to different greater weather conditions as in times with higher wind speeds. Also small settlements (for example Aßweiler) modify the local climate considerably. Important in the present contribution is the investigation of bioclimatic loads. The examination of the bio-climatic situation shows that these loads are considerably high in the summer. Concerning the results of these investigations it has to be remarked that a consideration of the fresh streams of air should play a decisive role in the planning stage even of smaller settlements, especially in times of global warming.

Keywords : Saarland, local climate, urban climate, Homburg, Niederwürzbach, Aßweiler, urban planning, bio-climate, global warming

1. Einleitung

Der Mensch hat sich so stark seinem spezifischem klimatischen Umfeld in den meisten Teilräumen der Erdoberfläche angepasst, dass schon geringe Änderungen in der Beschaffenheit der Atmosphäre zu deutlichen gesundheitlichen Störungen bzw. sogar zum Tode führen können. Neben natürlichen Klimavariabilitäten existieren zahlreiche Eingriffe des Menschen in das Klimasystem. Dies kann sowohl in makroskaligem (z. B. Treibhauseffekt), mesoskaligem (z. B. Stadtklimaeffekte) wie auch mikroskaligen Maßstäben (z. B. Konvektionen in der Stadt) stattfinden. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Abhandlung werden im wesentlichen solche Veränderungen besprochen, die sich im

Zusammenhang mit baulichen Siedlungsmaßnahmen aber auch allgemein mit anthropogenen Veränderungen auf der Erdoberfläche ergeben – wobei diese in Beziehung zur prognostizierten globalen Lufttemperaturerhöhung gesetzt werden. Die Modifikationen der Gestaltung der Erdoberfläche durch unterschiedliche Nutzungen führen zur Bildung eines eigenen anthropogen bedingten Lokalklimas, das - im Vergleich zu natürlichen Lokalklimaten - durch eine höhere Belastung des menschlichen Organismus geprägt ist.

Bevor die detaillierte Betrachtung lokalklimatischer Charakteristika behandelt wird, seien einige wesentliche Termini kurz erläutert. Julius v. Hann (aus: FLOHN 1954) definierte bereits in der Mitte des 19. Jahrhunderts: „Unter Klima verstehen wir die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre an irgendeiner Stelle der Erdoberfläche kennzeichnen. Das Klima ist die Gesamtheit der Witterungen eines längeren oder kürzeren Zeitabschnitts, wie sie durchschnittlich zu dieser Zeit des Jahres einzutreten pflegen“. In praxisbezogener Anwendung lässt sich dieser übergeordnete Klimabegriff weiter differenzieren – in diesem Falle in das Lokalklima und das Bioklima. Als Lokalklima wird von LAUER (1993) das Klima einer räumlich begrenzten Einheit definiert, das durch die Einflüsse der Topographie mitgeprägt wird. Die klimatologische Teildisziplin der Bioklimatologie ist gemäß de RUDDER (1952: 18) folgendermaßen definiert „die Bioklimatologie ist die Lehre von den Einflüssen der Vorgänge und Zustände in der Atmosphäre auf Lebensvorgänge überhaupt.“

Das klimatische System der Erde ist dabei durch die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Sphären - der Atmosphäre, der Hydrosphäre, der Lithosphäre, der Kryosphäre, der Biosphäre und häufig der Anthroposphäre – ebenso geprägt wie Erscheinungsformen der einzelnen Klimazonen. Im System des spezifischen Klimas einer Siedlung dominieren dabei die internen Wechselwirkungen der atmosphärischen Grenzschicht, der Gebäude und des Baumaterials (siehe Abb. 1). Die durch die Tätigkeit des Menschen verursachten Änderungen der Flächennutzung führen zu einer Veränderung des bestehenden Mesoklimas. Neben den klimatischen Folgen der menschlichen Besiedlung der Erdoberfläche (insbesondere durch die Baukörper der menschlichen Siedlungen) ist deren Dichte und räumliche Ausdehnung ebenso von prägender Bedeutung wie die Auswirkungen von Hausbrand, Gewerbe, Industrie, Verkehr und Kraftwerken, die sich räumlich in Abhängigkeit von der Infrastruktur der Stadt verlagern können.

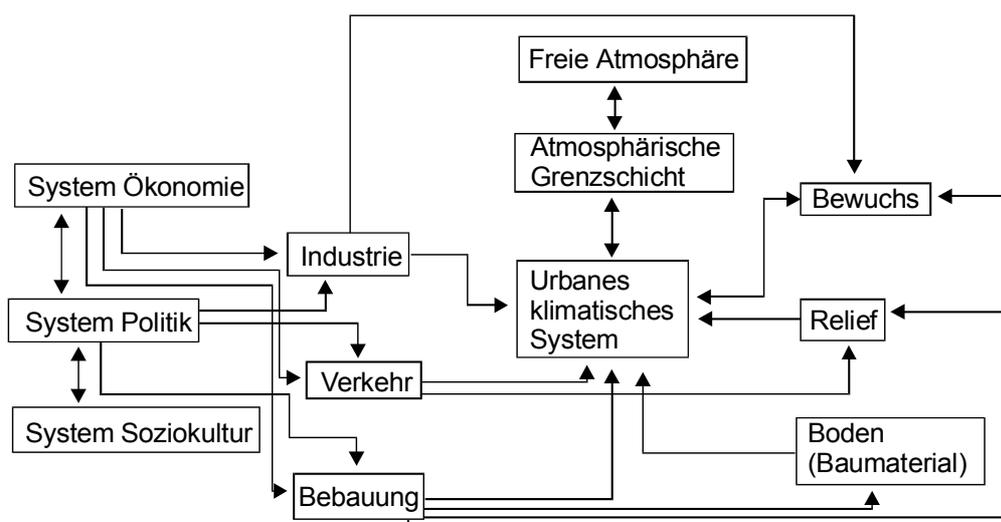


Abb. 1: Schema eines urbanen klimatischen Systems mit seinen Interferenzen zu natürlichen und gesellschaftlichen Systemen

Die im folgenden beschriebenen Messergebnisse wurden mit der Methodik der physikalischen Geographie bzw. angewandten (Lokal-)Klimatologie erzielt. Das heißt: Es handelt sich um instrumentengestützte Messungen, nicht um Ergebnisse phänologischer bzw. biogeographischer Untersuchungen, vielmehr stützen sich die Messergebnisse auf die Durchführung von Profilmessfahrten (die verwendete Methodik ist bei KÜHNE 1999 detailliert erläutert).

Ziel des vorliegenden Artikels ist es, einerseits die lokalklimatischen Verhältnisse im Saarland, hier speziell seinem südlichen Teil, hinsichtlich der Verteilung von Lufttemperatur, Wind, Luftfeuchte und Äquivalenttemperatur genauer zu beleuchten und somit einen Beitrag zur geographischen Heimatforschung zu leisten, andererseits sollen aber auch im Gefolge der Analysen der Messungen Rückschlüsse auf raumplanerische Erfordernisse hinsichtlich der lokalklimatischen Gegebenheiten von Siedlungen erfolgen. Darüber hinaus kann er zum Abgleich mit biogeographischen Forschungsergebnissen hinsichtlich lokalklimatischer Spezifika und deren Rückkopplung mit vegetations- (aber auch tier-)geographischen Aspekten dienen. Besondere Berücksichtigung finden dabei neben der Stadt Homburg auch kleinere Siedlungen, nämlich die Blieskasteler Stadtteile Assweiler und Niederwürzbach. Hierzu soll zunächst anhand der genannten Fallbeispielsiedlungen die Interferenz der lokalklimatisch bedingten Verteilung der Lufttemperatur sowie des Windfeldes untersucht werden. Im Anschluss daran erfolgt die Betrachtung der Luftfeuchte sowie der Äquivalenttemperatur als bioklimatisch wirksamer Größe. Im Fazit sollen aus den gewonnenen Erkenntnissen planungsrelevante Hinweise – auch für nichtstädtische Siedlungen – vor dem Hintergrund der prognostizierten anthropogenen globalen Erwärmung gewonnen werden.

2. Die lokalklimatische Modifikation der Verteilung der Lufttemperatur und des Windfeldes durch Siedlungen

Das großräumige Lufttemperaturfeld ist zwar wetterlagenabhängig (vgl. KÜHNE in diesem Band), an Strahlungstagen werden diese großräumigen Witterungscharakteristika durch regionale und lokale autochthone Effekte modifiziert, z.T. überlagert. Dabei ist eine erhebliche Abhängigkeit von der Bodenbedeckung und der Exposition festzustellen. Grundsätzlich gilt für die Bodenbedeckung: Je geringer Albedo und Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes sind, desto höher ist die Temperatur über dem Boden. Je stärker die Überhitzung ist, desto labiler ist die bodennahe Luftschicht aufgebaut. Aus dieser Labilisierung der Luftschichtung resultieren Konvektionsvorgänge, um den großen Temperatur- und Dichteunterschied der Luft auszugleichen. Insgesamt lässt sich feststellen: Je geringer die Messhöhe über Grund ist, desto größer treten auch die Tagesschwankungen der Temperatur (BLÜTHGEN/ WEISCHET 1980).

Lokalklimatische Phänomene sind insbesondere bei Hochdruckwetter und Windstille, d.h. bei austauscharmen Wetterlagen, auf. Während dieser Wetterlagen sind zumeist Inversionen festzustellen, dabei lassen sich Inversionswetterlagen folgendermaßen charakterisieren (MIES 1972):

- Es ist eine Temperaturumkehr festzustellen, das heißt die Lufttemperatur verzeichnet mit wachsender Höhe über Grund eine Zunahme, anstatt eine Abnahme.
- Die Strahlungsumsätze sind besonders tagsüber vergleichsweise gering, daher kommt es (tagsüber) zu keiner entscheidenden Erwärmung der Atmosphäre vom Boden her.
- Die Windgeschwindigkeit in den bodennahen Luftschichten ist gering und überschreitet nicht den Wert von 3,0 m/s.

- Es fallen keine Niederschläge, die gas- und partikelförmige Schadstoffe durch ein „Auswaschen“ aus der Atmosphäre entfernen könnten.
- Diese Bedingungen bestehen über einen Zeitraum von mehr als zwei Tagen.

Bekanntestes lokalklimatisches Phänomen ist die städtische Überwärmung. Dabei sind die Veränderungen des Strahlungs- und Energiehaushaltes Ursache der innerstädtischen Wärmeinsel. Bei der städtischen Wärmeinsel handelt es sich um eine positive Temperaturanomale bebauter Flächen im Vergleich zu deren nicht oberflächenversiegelter Umgebung (KUTTLER 1993). Der Terminus Wärmeinsel erscheint dabei insofern irreführend, da es innerhalb von Städten zur Bildung mehrerer, voneinander getrennter Lufttemperaturmaximumareale kommen kann. Innerhalb der Stadt führt ein Wechsel von versiegelten Heizflächen, Grasflächen, Parks, Wasserflächen u.ä. zu einem vielgestaltigen Wärmearchipel (ERIKSEN 1976).

Diese Temperaturanomalien gegenüber dem Umland lassen sich auf einen differenzierten Ursachenkomplex zurückführen (GAJZÁGÓ 1968, KUTTLER 1985, KUTTLER 1993, WARNECKE 1991):

- Die kurzweilige Strahlung wird durch größere Gebäudeoberflächen und Mehrfachreflexionen in umbauten Straßen, Innenhöfen, Plätzen etc. stärker absorbiert,
- die städtische Dunstglocke verstärkt die langwellige Strahlung durch eine vergrößerte Absorption und Gegenstrahlung,
- die Horizonteinengung schränkt langwellige Ausstrahlungsverluste ein,
- vor allem von Gebäuden und Kraftfahrzeugen stammen anthropogene Wärmeemissionen,
- bebaute Flächen weisen eine höhere Wärmespeicherkapazität als unbebaute Flächen auf,
- das Fehlen von Vegetation, ein hoher Versiegelungsgrad der Flächen und eine gedeckte Kanalisation schränken die Evapotranspiration ein,
- verringerte Windgeschwindigkeiten reduzieren den turbulenten Wärmetransport,
- bei großräumiger Bodeninversion und schwacher Strömung führt die durch die erhöhte Reibung in der Stadt verringerte Windgeschwindigkeit zu einer im Lee abwärts gerichteten Luftströmung.

Diese städtische Überwärmung lässt sich anhand von Profilmessfahrten deutlich nachweisen. Die räumliche Ausprägung der städtischen Überwärmung in Homburg ist in Abbildung 2 dargestellt. Die der Karte zugrundeliegende Messung der lokalklimatischen Verhältnisse fand in der Nacht vom 11. bis 12. August 1997 unter wolkenlosem Himmel bei der Großwetterlage Hoch Fennoskandien, antizyklonal (HFA) statt. Ein allochthoner Wind konnte nicht festgestellt werden.

Das Maximumtemperaturareal (6,0 K-Isanomale) befindet sich westlich des Schriftzuges „Homburg“ über leicht nach Süden abfallendem Gelände. Es ist im wesentlichen durch Verkehrsflächen geprägt. Diese Verkehrsflächen wurden am Tage stark aufgeheizt und geben diese Wärme nun durch Ausstrahlung und fühlbaren Wärmefluss an ihre Umgebung ab. Über weiten Teilen der bebauten Fläche sind Temperaturabweichungen von ≥ 5 K in bezug auf die Lufttemperatur der Basisstation feststellbar. Minimumtemperaturareale befinden sich insbesondere in den Tälern, im Closenbruch (zwischen Homburg-Mitte und Sanddorf) sowie im Königsbruch (östlich von Beeden) als den Kaltluftammel- und Kaltluftentstehungsgebieten des Untersuchungsraumes, hier findet eine Sammlung von Kaltluft statt. Die niedrigste Temperatur wird im südlichen Erbachthal erreicht, das Bliestal und der unbebaute Teil des Closenbruchs weisen jeweils eine Temperatur auf, die 1,0 bis unter 2,0 K über derjenigen der Basisstation liegt. Auffällig ist die Tatsache, dass trotz weitgehender Flächenversiegelung die Temperaturabweichung im Industriegebiet Ost im Vergleich zu anderen Gewerbe- und Industriegebieten gering ist. Dies ist eine Folge der orographischen Lage im Kaltluftammelgebiet. Kaltluft strömt aus dem Königsbruch ein. Eine höhere

Lufttemperatur als die stadtwärtige Umgebung weist wiederum das Gebiet des Landeskrankenhauses auf, hier wirkt sich die orographische Lage dieses Gebietes aus. Bebauung, Bewaldung und die Lage in einer warmen Hangzone (entstanden durch das Absinken von Kaltluft und das Ersetzen dieser talwärts geströmten Kaltluft durch wärmere Luft aus höheren Luftschichten) erklären die vergleichsweise hohen Temperaturen.

Das Windfeld der Stadt Homburg (Abb. 2) weist eine deutliche Abhängigkeit von der Lufttemperaturverteilung auf: Die Luft im Stadtgebiet ist erwärmt, womit eine thermisch bedingte Expansion der Luftmoleküle verbunden ist und wird so spezifisch leichter als die kühlere Luft des Umlandes. Somit steigt sie auf und Frischluft aus dem Umland strömt in das Stadtgebiet nach, wo sie wiederum erwärmt wird und aufsteigt. Im Stadtzentrum von Homburg lässt sich keine horizontale Windbewegung nachweisen, dagegen weist das Windfeld eine deutliche vertikale Komponente von rund 1 m/s auf (vgl. KÜHNE 1999).

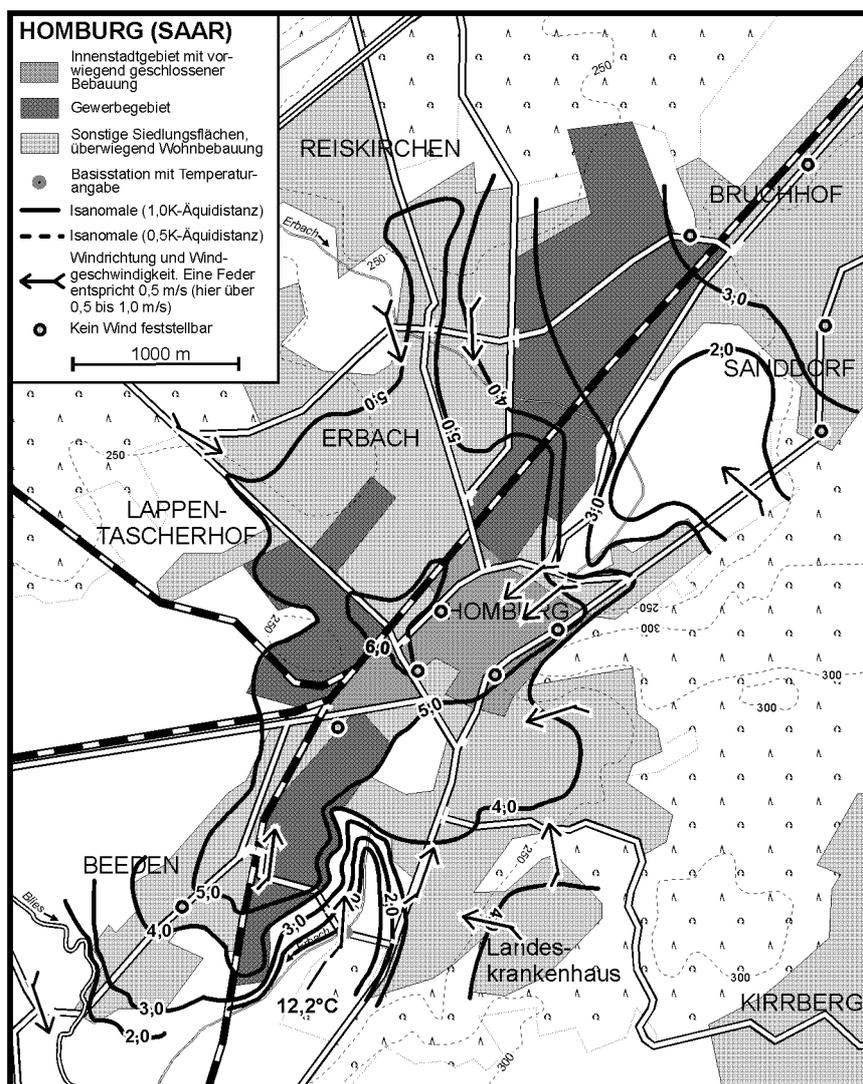


Abb. 2: Die Verteilung der Lufttemperatur und das Windfeld in der Nacht vom 11. zum 12.8.1997 (aus: Kühne 1999)

Grundsätzlich lassen sich auch am Tage eine positive Lufttemperaturanomalie und ein zentripetales Windfeld der Stadt Homburg feststellen, die Befunde weisen jedoch bei weitem nicht die Eindeutigkeit derjenigen der nächtlichen Messungen auf: Das Lokalklimasystem

wird durch die Sonneneinstrahlung deutlich komplexer, es erhält u.a. durch die direkte und die diffuse Einstrahlung zusätzliche Elemente mit zusätzlichen Rückkopplungen. Stadt-Umland-Winde sind darüber hinaus einem Tages- und Jahresgang unterworfen: Da die städtische Wärmeinsel und die Kaltluftproduktion im Umland überwiegend nächtliche Phänomene sind, treten sie in der Nacht, geeignete Wetterlage vorausgesetzt, deutlich häufiger auf als am Tage. Im Jahreslauf ist eine Häufung im Sommer festzustellen.

Neben dem Stadt-Umland-Wind dringt bei vorhandenem Relief und autochthoner Wetterlage auch gravitativ induzierter katabatischer Wind (näheres zu dieser Art Wind im Zusammenhang mit dem Lokalklima von Niederwürzbach an späterer Stelle) in das Stadtgebiet ein. Für beide gilt, dass diese nur dann eine stadtklimaverbessernde Wirkung aufweisen, wenn die transportierte Luft sauber, das heißt nicht bereits durch Emissionen aus dem Umland vorbelastet ist und möglichst weit in die Stadt eindringen kann (KUTTLER 1996, GABALA/KÜHNE 2002).

Neben den – durch lokale Phänomene verursachten – Strömungsmustern können durch Bauwerke und Reliefformen weitere, teilweise sehr komplexe Veränderungen im Windfeld der bodennahen Luftschicht entstehen (BECKRÖGE 1999):

- Düseneffekte treten dann auf, wenn durch eine Querschnittsverjüngung die Windgeschwindigkeit erhöht wird. Die Drängung der Stromlinien führt zu einer Windgeschwindigkeitszunahme. Düseneffekte treten vor allem in Straßen auf, wenn Windrichtung und Straßenachse annähernd gleich verlaufen,
- Lückeneffekte werden durch Baulücken, Durchfahrten, Einmündungen und ähnlichem hervorgerufen. Sie sind gekennzeichnet durch starke Wirbelbildung an den Gebäudekanten und damit durch starke Variationen des bodennahen Windes,
- Umlenkeffekte sind sowohl hinsichtlich der horizontalen als auch der vertikalen Komponente des Windfeldes festzustellen. Ursache sind zumeist Bauwerke, die als Riegel auf die Strömung einwirken. Horizontale Umlenkeffekte werden durch langgezogene Bauwerke erzielt und spielen bei bodennahen, autochthonen Strömungen eine große Rolle. Durch Hochhäuser wird häufig eine vertikale Umlenkung des Windfeldes erzielt, dadurch wird die Höhenströmung der bodennahen Luftschicht in den bodennächsten Bereich abgelenkt und verstärkt so Windgeschwindigkeit und Turbulenz.

Wirbelablösungen, Düsen- und Lückeneffekte sowie Strömungskanalisationen in Straßen überlagern sich innerhalb der Stadtbebauung häufig und machen somit einfache Berechnungen für Windgeschwindigkeit und -richtung innerhalb des Siedlungsbereichs vielfach nahezu unmöglich. Insbesondere kräftige allochthone Winde können durch Druck- und Sogeffekte sowie die Windführung in Straßenschluchten Richtungsänderungen bis zu 180 ° induzieren (FEZER 1995). Ist die orographische Lage der Siedlung noch durch deutliche Reliefunterschiede geprägt, wird die Vorhersagbarkeit der Ausprägung des lokalen Windfeldes weiter erschwert.

Die mittlere jährliche Windverteilung in Homburg (Abb. 3) zeigt eine geländebedingte Modifikation: eine deutliche Dominanz von westlichen und südwestlichen wie auch östlichen und nordöstlichen Winden. Diese Verteilung ist jedoch nicht allein auf die Auftrittshäufigkeit von Großwetterlagen mit der jeweiligen Grundströmung (siehe KÜHNE in diesem Band), sondern auch auf Windführungseffekte durch die im Homburger Raum etwa SW-NE-streichende Karlstalstufe zurückzuführen. Die hohe Calmenhäufigkeit ergibt sich aus der Tallage der Station.

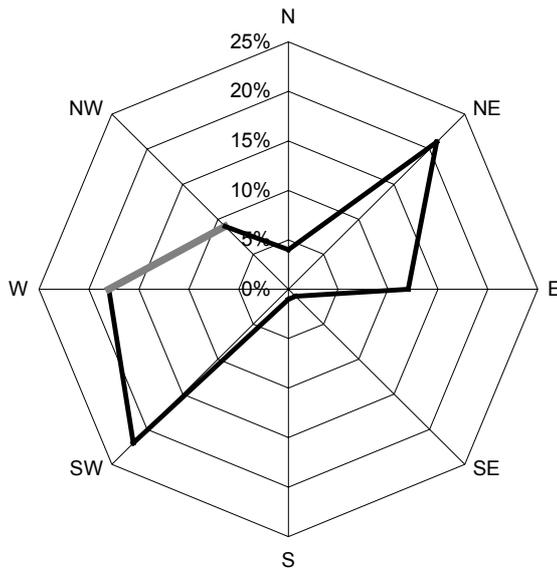


Abb. 3: Mittlere jährliche Windrichtungsverteilung in Homburg. Prozentuale Calmenhäufigkeit: 12 % (nach: ACHILLES 1983)

U.a. auch von den Strömungsverhältnissen ist die Intensität der städtischen Wärmeinsel abhängig. Wie alle lokalklimatischen Phänomene tritt die Wärmeinsel insbesondere bei wolkenarmen Hochdrucklagen mit schwacher allochthoner Windbewegung auf, dennoch lässt sie sich auch bei anderen Wetterlagen (s. KÜHNE S. 67), bei höheren Windgeschwindigkeiten und bewölktem Himmel feststellen (Abb. 4). Die maximale Temperaturdifferenz dient dabei als Indikator für die Intensität der städtischen Wärmeinsel. Allgemein lässt sich nachweisen, dass mit zunehmender Windgeschwindigkeit und zunehmender Himmelsbedeckung die Intensität der städtischen Wärmeinsel zurückgeht. Beträgt die maximale Temperaturdifferenz bei Windstille und bei wolkenfreiem Himmel noch bis zu 6,3 K, geht diese maximale Differenz bei 2/8 Himmelsbedeckung auf maximal 5,2 K zurück, bei stark bewölktem Himmel sind sogar nur maximal 3,2 K (bei 7/8) und 2,0 K (bei 8/8) festzustellen. In diesem Zusammenhang wird der direkte Einfluss der Großwetterlagentätigkeit auf das autochthone Lokalklima deutlich: Sie steuert die Möglichkeit der Ausprägung lokalklimatischer Effekte. Insbesondere bei antizyklonalen, stömungsschwachen Großwetterlagen prägen sich autochthone Wind-, Temperatur- und Feuchteverhältnisse aus. Doch auch bei weniger idealen Bedingungen lassen sich lokalklimatische Effekte – freilich in geringerer Intensität feststellen (KÜHNE 1999).

Blieskastel-Niederwürzbach hatte am 30.6.96 4.266 Einwohner (Angabe des Einwohnermeldeamtes Blieskastel). Durch die topographische Lage war die Entwicklungsrichtung der Siedlung Niederwürzbach weitgehend bestimmt. Sie verläuft primär entlang der L 111, der Verbindungsstraße durch das Würzbachtal von Blieskastel (Stadt) nach St. Ingbert. Die Bebauung entlang dieser Straße ist vergleichsweise dicht, die Gebäude in der Mehrzahl zweigeschossig. Von hier aus ist eine Bebauung der Seitentäler erst in jüngerer Zeit festzustellen, die zumeist mit ein- bis zweigeschossigen Ein- und Zweifamilienhäusern erfolgte. Am östlichen Rand der Siedlung ist ein Gewerbegebiet angesiedelt.

Während der hier genauer beschriebenen Messfahrt wehte ein schwacher NNE-Wind, der durchschnittlich auf der Stufenfläche eine Geschwindigkeit von 0,4 m/s erreichte. Der Himmel war zu 1/8 mit Cumulus humilis bedeckt. Die Großwetterlage ist mit Hoch über

Mitteleuropa (HM) angegeben, die zugleich dem Großwettertyp Hoch Mitteleuropa entspricht (AMTSBLATT DES DEUTSCHEN WETTERDIENSTES 1996, Nr. 204).

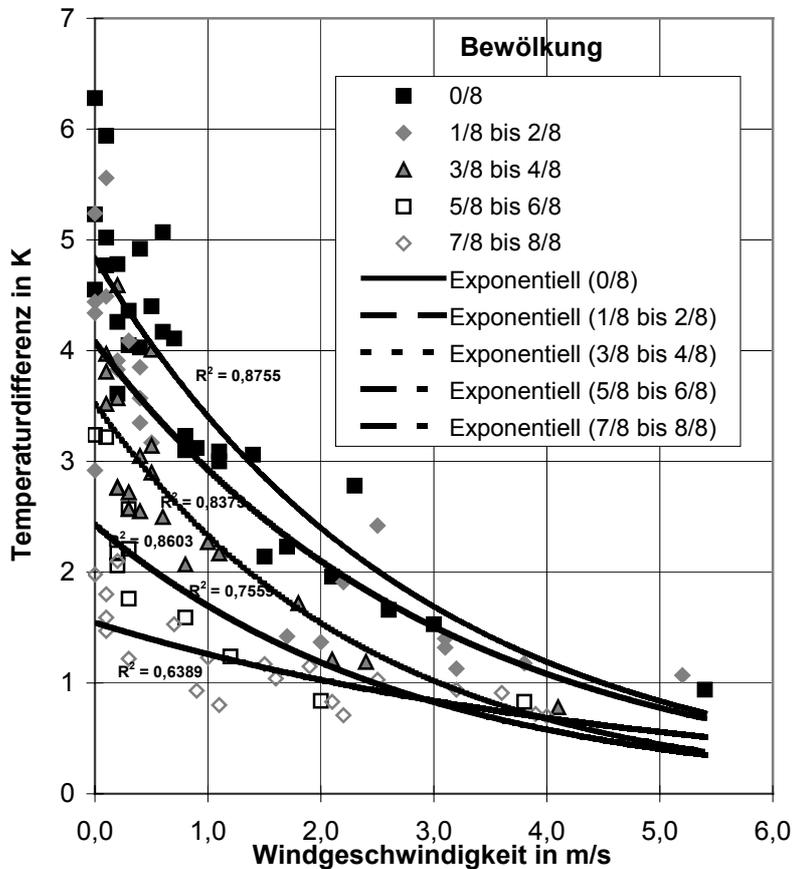


Abb. 4: Die Abhängigkeit der maximalen Lufttemperaturdifferenz zwischen der Bebauung der Stadt Homburg und ihrem Umland von der Windgeschwindigkeit und dem Grad der Bewölkung (aus: KÜHNE 1999)

Die Windverteilung in Niederwürzbach (Abb. 5) ist insofern als bemerkenswert zu charakterisieren, als dass sich mit Ausnahme der Basisstation (auf der Schichtstufe lokalisiert) offensichtlich nirgendwo der allochthone Wind durchsetzte. Das Würzbachtal weist vielmehr ein ausgeprägtes autochthones, vom allochthonen Wind abgekoppeltes Windsystem auf. Dieses wird zwar durch die Siedlung (aufgrund der dort höheren Bodenreibung) abgeschwächt, bleibt aber stets nachweisbar. Neben dem Talabwind treten auch aus Seitentälern Hangabwinde in Erscheinung, die sich mit dem katabatischen Wind des Würzbachtals vereinen. Hierbei handelt es sich um Kaltluftabflüsse. Bei der Bildung von Kaltluft – wie am Beispiel von Niederwürzbach deutlich wird – sind zwei unterschiedliche Prozesse wirksam: Die Abgabe von Energie der Boden- und Pflanzenoberfläche aufgrund der langwelligen Ausstrahlung gemäß dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz und der unmittelbare Energieverlust durch die Eigenstrahlung der Luftbestandteile Wasserdampf, Aerosole etc. Erstgenannter Prozess ist allerdings um den Faktor 100 größer als zweitgenannter (BAUMGARTNER 1963). Freiland mit niedriger Vegetationsdecke (Wiesen, Felder, Brachland, Gärten) produziert eine Kaltluftmenge von etwa $10 \text{ bis } 12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Hieraus ergibt sich bei fehlendem Abfluss ein Ansteigen der Kaltluftobergrenze von $0,2 \text{ m min}^{-1}$ (BADEN

WÜRTTEMBERG 1992). Da kalte Luft eine größere Dichte aufweist als warme, kann sie sich bei reliefiertem Gelände unter diese schieben und fließt dann mit der Hangneigung als Hangabwind katabatisch hangabwärts (LAUER 1993). Bereits ein Gefälle von $0,5^\circ$ ist dabei ausreichend, um diese Kaltluftabflüsse in Bewegung zu setzen. Diese Kaltluftabflüsse fließen nicht stetig, sondern tropfen portionsweise – mit Honig vergleichbaren Fließcharakteristika – ab (HÄCKEL 1993). Bei geeigneten Geländeconfigurationen (steiles Relief, geringe Bodenrauhigkeit, hohe Frischluftproduktionsraten) erreichen diese katabatischen Hangabwinde eine Geschwindigkeit von über 2 m/s .

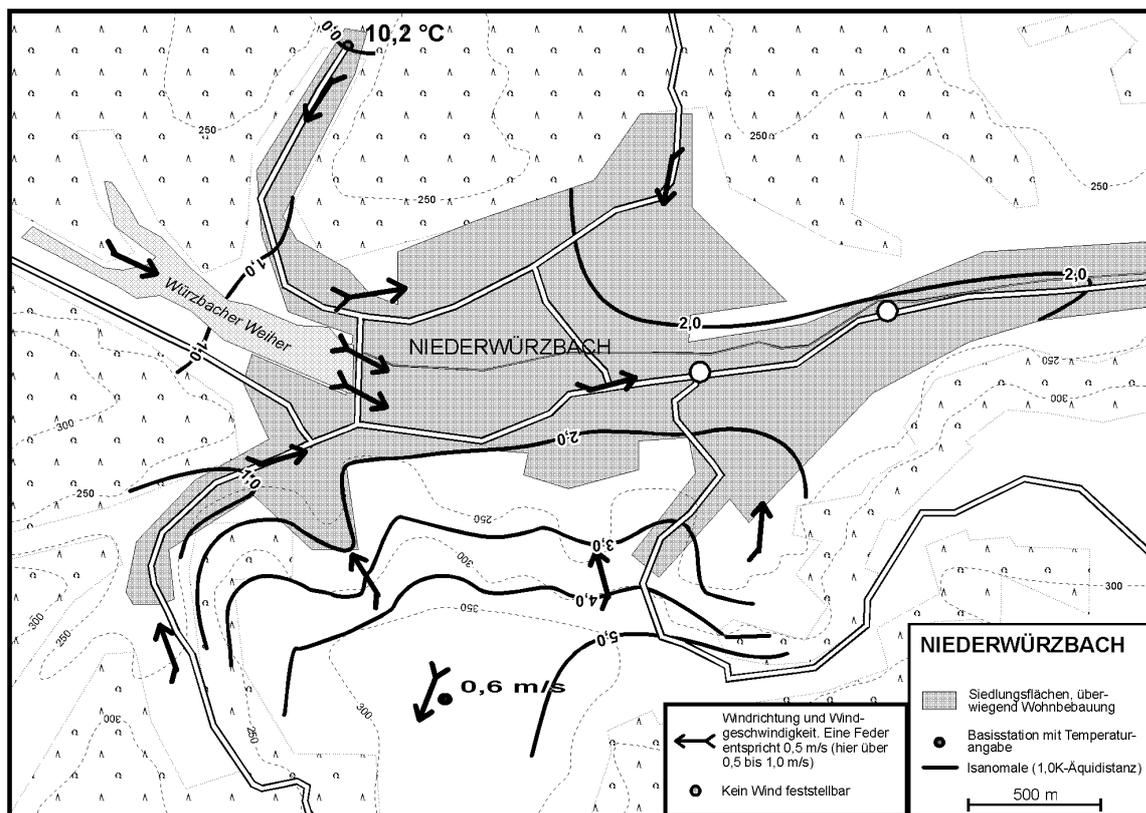


Abb. 5: Niederwürzbach, Temperatur- und Windverteilung in einer windschwachen Strahlungsnacht (22.7.1996; nach: KÜHNE 1996)

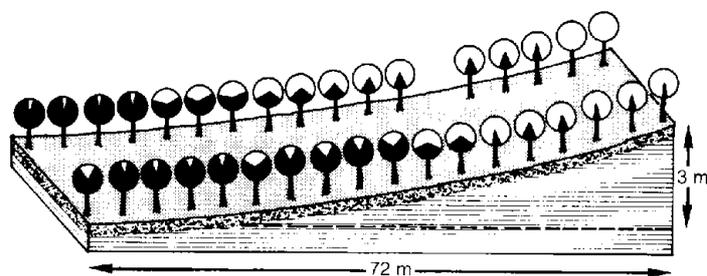


Abb. 6: Die Bildung eines Kaltluftsees. Die schwarzen Sektoren stellen den Anteil der erfrorenen Pfirsichfrüchte in einem geneigten Obstgarten während einer Spätfrostnacht dar (aus: HÄCKEL 1993)

Bei weitgehend ungestörter nächtlicher Ein- und Ausstrahlung ergibt sich in Tälern eine vertikale Dreiteilung der Temperaturverhältnisse: Im Talgrund entsteht ein Kaltluftsee, da andererseits die kalte Luft auf dem Plateau liegenbleibt, bildet sich dazwischen die warme Hangzone aus (GEIGER 1961). Die möglichen Auswirkungen eines Kaltluftsees dokumentiert Abbildung 6. Die Temperaturverteilung in Niederwürzbach (Abb. 5) zeigt diese charakteristische Dreiteilung: den warmen Stufenhang im Süden der Siedlung Niederwürzbach, das Temperaturgefälle von Süden nach Norden innerhalb der Siedlung und niedrigere Temperaturen in den nördlichen Nebentälern. Bemerkenswert ist der durch Sondermessungen (außerhalb der standardmäßig befahrenen Messroute) nachgewiesene, nahezu höhenlinienparallele Verlauf der Temperaturflächen am Stufenhang im Süden des Ortes. Die maximal gemessene Temperaturdifferenz liegt in der Größenordnung von 5,5 bis 6,0 K.

Neben der warmen Hangzone am Stufenhang lässt sich in Niederwürzbach der Kaltluftabfluss durch die Täler, der Einfluss des Würzbacher Weihers, der die Luft etwas erwärmt und insbesondere durch Verdunstung und Ufervegetation Feuchte an die Luft abgibt, feststellen. Allein die Temperaturabnahme um den höchsten Punkt der Messfahrt kann nicht allein als kühle Plateauzone, in der die Kaltluft gebildet wird, interpretiert werden, hier sind sicherlich auch die Folgen des allochthonen Windes, der kühlere Luft herantransportiert, nicht zu vernachlässigen. Hierfür spricht, dass in diesem Bereich auch keine Luftfeuchteanreicherung feststellbar ist. Siedlungsklimatisch ist insofern eine Erwärmung im Ort zu erkennen, da die aus den Seitentälern und dem Würzbachtal selbst kommende kalte Luft im Ort, wozu auch der Würzbacher Weiher beiträgt, nicht durchgreifen können bzw. rasch erwärmt werden (KÜHNE 1997).

Autochthone Lokalklimaeffekte lassen sich auch in kleinen Siedlungen feststellen, so in Blieskastel-Aßweiler. Aßweiler liegt auf der Stufenfläche des oberen Buntsandsteins/unteren Muschelkalks bzw. auf den darauf lagernden pleistozänen Lehmen. Die Landnutzung außerhalb der Siedlung ist geprägt von Obstwiesen und Feldern; bis auf ein kleines Areal im Südwesten der Siedlung finden sich in Aßweiler keine Waldflächen.

Blieskastel-Aßweiler hatte zum Zeitpunkt der Messung rund 1.050 Einwohner. Die Siedlung hat vier Entwicklungsrichtungen: Entlang der L 234 in Richtung Norden, entlang der L 107 in Richtung Westen, in Richtung Südwesten entlang der B 423 und entlang derselben Straße in Richtung Osten. Im Kreuzungsbereich dieser drei Straßen ist die Bebauung verdichtet. Hier ist sie ein- bis zweigeschossig, im übrigen Bereich in der Regel eingeschossig. Eine Bebauung, die sich von der älteren mit bäuerlicher Nutzung unterscheidet, befindet sich zwischen der B 423 und der L 107 und westlich der L 234. Ein kleines Gewerbegebiet liegt am südwestlichen Ortsausgang.

Die Messfahrt, deren Ergebnisse im folgenden diskutiert werden, fand vom 21. bis 22.7.96 und war von einem schwachen Wind (0,4 m/s an der Basisstation) geprägt, der recht stetig aus NE wehte. Die Bewölkung bestand aus Cirrocumulus, der den Himmel zu 1/8 bedeckte.

Die Lufttemperaturverteilung von Aßweiler ist in Abbildung 7 dargestellt. Auffällig ist hierbei einerseits die geteilte Wärmeinsel über dem Ortskern, wie auch deren Ausläufer nach SW zum Gewerbegebiet hin. Andererseits sind die niedrigen Temperaturen am Nordostrand der Bebauung auffällig. Die maximale Temperaturdifferenz beträgt 4,0 bis 4,5 K. Diese vorgefundene Feldverteilung ist wie folgt zu interpretieren: Die Wärmeinsel ist auf die bekannten Modifikationen des Lokalklimas innerhalb von Siedlungen zurückzuführen. In diesem Falle insbesondere auf die Wärmespeicherung der Bebauung und die Abwärmeemission von Kraftfahrzeugen. Sie ist trotz der sehr geringen Luftbewegung leicht nach Lee verdriftet. Der Kaltluftsee im Nordosten ist durch eine flache Mulde in diesem Bereich zu erklären, die im Süden durch eine leicht erhöhte Straßenführung abgeschlossen wird, so dass

sich die Kaltluft dort sammeln kann, was zusätzlich durch den leichten NE-Wind dort unterstützt wird.

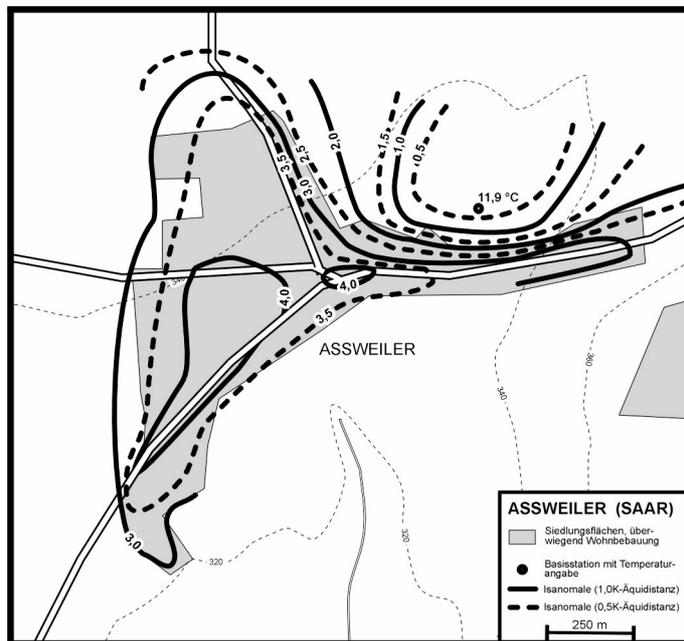


Abb. 7: Assweiler, Temperatur- und Windverteilung in einer windschwachen Strahlungsnacht (22.7.1996; nach: KÜHNE 1996)

3. Die Verteilung der Luftfeuchte

Neben der Lufttemperatur und dem Windfeld lassen sich auch bei der Luftfeuchte erhebliche siedlungsklimatische Spezifika im Vergleich zum Umland feststellen. Die Luftfeuchte in Siedlungen ist dadurch geprägt, dass deutlich weniger verdunstungsfähige Freiflächen zur Verfügung stehen. Der größte Teil des durch Niederschlag zugeführten Wassers wird über die Kanalisation abgeführt und ist so einer flächenhaften Verdunstung entzogen. Dadurch besteht auch eine eingeschränkte Speicherung des zugeführten Wassers. Weiterhin ist durch eine weitgehende Versiegelung der natürlichen Oberflächen die Verdunstungsfläche deutlich reduziert.

Im Zusammenhang mit der Beurteilung der lokalklimatischen Modifikationen der Luftfeuchteverteilung wird mit der spezifischen Luftfeuchte (in g Wasser / kg feuchter Luft), einem konservativen Feuchtemaß, im Vergleich zur gebräuchlicheren relativen Luftfeuchte der Vorzug gegeben, da jene nicht die erhebliche Lufttemperaturabhängigkeit aufweisen, wie sie die relative Feuchte hat. Die Verteilung der spezifischen Luftfeuchte in Homburg weist bei windschwachen Hochdruckwetterlagen charakteristische Veränderungen im Vergleich zum Umland auf (Abb. 8). Zwischen der Verteilung der spezifischen Luftfeuchte am Tage und in der Nacht lassen sich jedoch erhebliche Differenzen hinsichtlich der Lage von Maximum- und Minimumarealen feststellen (Abb. 9). Zwar weisen die Isanomalien einen ähnlichen Verlauf auf, doch sind die Vorzeichen invers: Während in der Nacht in der Atmosphäre der Stadt Homburg eine höhere spezifische Luftfeuchte nachzuweisen ist als im Umland, ist die spezifische Luftfeuchte am Tage geringer als die des Umlandes. Während am Tage der Mangel an verdunstenden Flächen (aufgrund des hohen Versiegelungsgrades) innerhalb der Bebauung zu einer verringerten spezifischen Luftfeuchte führt, verhindert oder verzögert in

der Nacht die höhere Lufttemperatur ein Kondensieren der Luftfeuchte (wie dies im Umland wahrscheinlicher ist); durch die Kondensation von Feuchtigkeit verliert die kühlere Luft Feuchte, während wärmere den Taupunkt noch nicht erreicht hat (vgl. KÜHNE 1999).

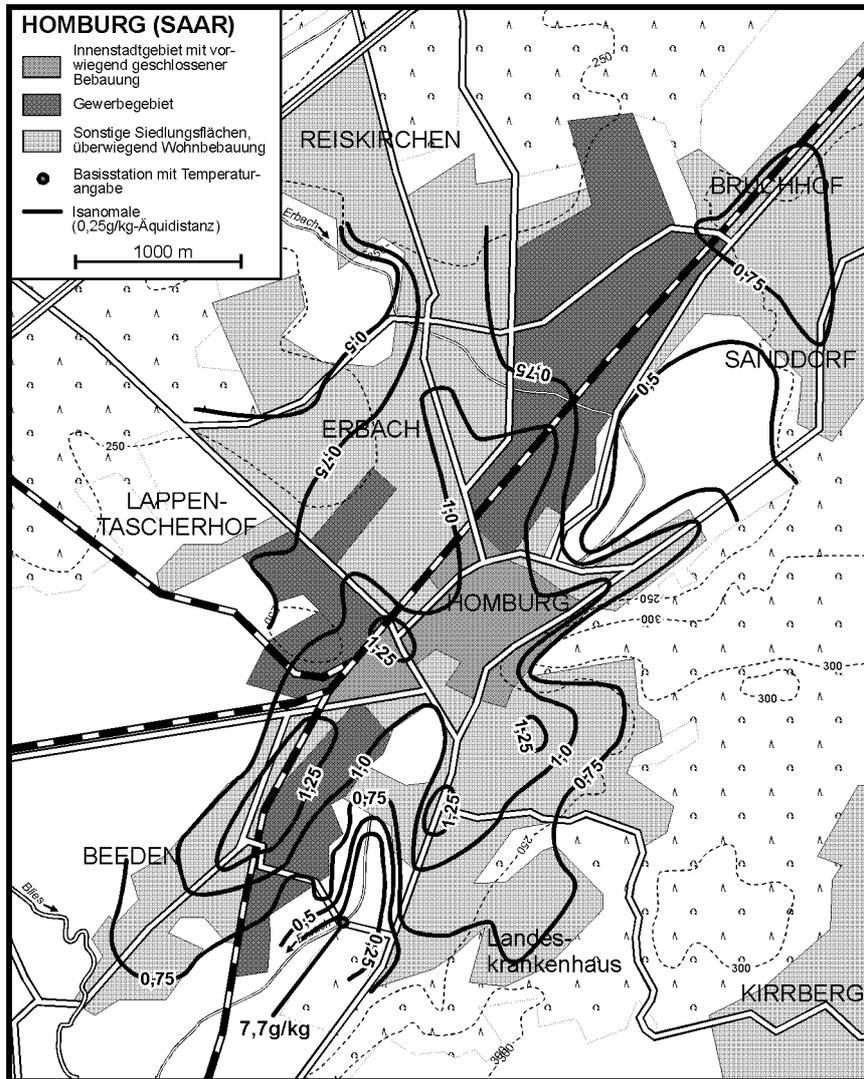


Abb. 8: Die Verteilung der spezifischen Luftfeuchte in der Nacht vom 11. zum 12.8.1997. Die meteorologischen Bedingungen der Messung der Nacht vom 11. zum 12.8.1997 wurden bereits im Zusammenhang mit der Lufttemperaturverteilung beschrieben (aus: KÜHNE 1999).

4. Die Verteilung der Äquivalenttemperatur als bioklimatische Kenngröße

Neben der Betrachtung einzelner lokalklimatisch wirksamer Größen erscheint es sinnvoll, kombinierte Größen zu betrachten, die die Auswirkungen des Lokalklimas auf den Menschen beschreiben, um so eine räumlich differenzierte thermische Belastung des menschlichen Organismus quantifizieren zu können. Zunächst erscheinen dazu einige Erläuterungen hinsichtlich der Wärmeregulation des menschlichen Körpers notwendig.

Der menschliche Körper hat insgesamt vier Möglichkeiten der Energieabgabe an seine Umgebung zu regeln (nach: HENTSCHEL 1978 und de RUDDER 1952):

1. Die Haut gibt Wärme in Form von Abstrahlung ab. Dies geschieht allerdings nur unter der Bedingung, dass die umgebenden Flächen niedriger temperiert sind als die Körperoberfläche. Ist die Körperoberflächentemperatur gleich der Temperatur der den Körper umgebenden Flächen, so findet keine Wärmeabgabe statt. Ist die Temperatur der umgebenden Flächen größer als die der menschlichen Körperoberfläche, ist der Wärmeübergangstrom zum Körper hin gerichtet.
2. Es erfolgt die Abgabe fühlbarer Wärme (Wärmeleitung). Dies ist abhängig von den wärmeleitenden Eigenschaften und der Bewegung des umgebenden Mediums sowie vom Temperaturgefälle zwischen der Körperoberfläche und dem umgebenden Medium, in diesem Falle also der Luft. Hinsichtlich der Temperaturniveaudifferenz zwischen Körper und Umgebung gelten dabei die selben Prinzipien wie bei dem Wärmeausgleich durch Strahlung.

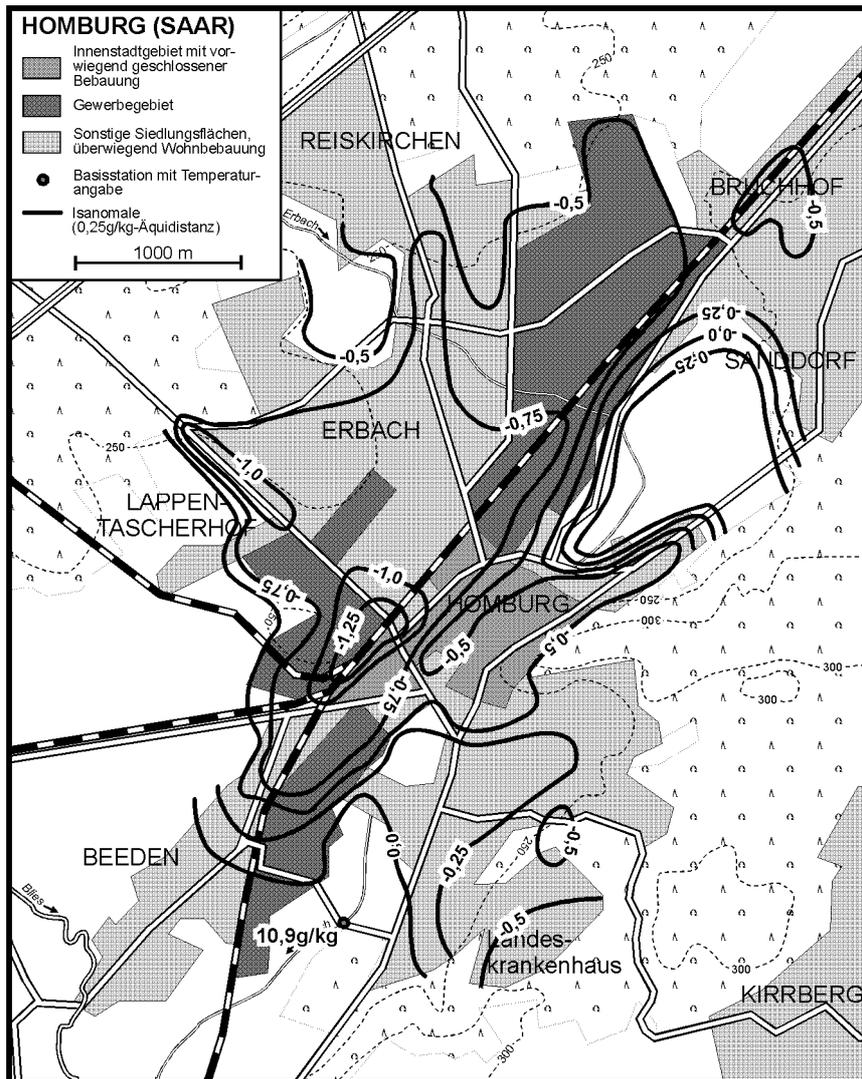


Abb. 9: Die Verteilung der spezifischen Luftfeuchte am Mittag des 21.8.1997. Am Mittag des 21.8.1997 waren diese vergleichbar: 1/8 Cumulus humilis, Wind umlaufend 0,1 m/s, Großwetterlage Hoch Fennoskandien, antizyklonal (HFA). (aus: KÜHNE 1999)

3. Der menschliche Körper überführt durch die Körperverdunstung Wasser in Wasserdampf, wodurch Wärme verbraucht wird (2,4 kJ/g; HÄCKEL 1993). Hierzu ist allerdings ein Dampfdruckgefälle von der Körperoberfläche zur Umgebungsluft notwendig, existiert dieser nicht, findet keine Verdunstung und somit keine Kühlung des Organismus statt.
4. Der menschliche Körper führt Wärme durch die Abgabe von erwärmter Ausatemungsluft ab. Diese Möglichkeit der Wärmeabgabe besteht aber ebenfalls nur dann, wenn die Umgebungslufttemperatur unter der Innentemperatur des menschlichen Körpers liegt. Weiterhin erfolgt eine Abgabe latenter Wärme durch die Abgabe von Wasserdampf in der Atemluft, sofern ein Dampfdruckgefälle zwischen Alveolenoberflächen und eingeatmeter Luft besteht.

Die thermische Belastung des menschlichen Organismus ist dementsprechend besonders hoch, wenn eine hohe Lufttemperatur mit einer gleichzeitig hohen Luftfeuchte auftritt: Die Körpertemperaturregelungssysteme des menschlichen Organismus werden hinsichtlich ihrer Effektivität (und zugleich auch Effizienz) eingeschränkt bzw. versagen vollständig. Die Funktionsfähigkeit dieser Körpertemperaturregulationsmechanismen ist aber sowohl einem Tagesgang als dem menschlichen Lebenszyklus unterworfen: Am Tage sind sie in der Regel effektiver als in der Nacht und im Säuglings- sowie im Greisenalter sind sie gemeinhin weniger effektiv als im adulten Organismus – mit der Folge erhöhter Mortalitätsraten bei Risikopersonengruppen bei schwülen Witterungsbedingungen (vgl. z.B. LORENZ 1990, JENDRITZKY 1990).

Zur Quantifizierung der thermischen Belastung des Menschen gibt es eine Reihe von Kenngrößen wie die „gefühlte Temperatur, den Windchill etc. Die Äquivalenttemperatur ist dabei eine solche Behaglichkeitskenngröße. Sie stellt ein Maß für den Gesamtwärmegehalt der Luft dar, setzt sich also aus dem Gehalt latenter und fühlbarer Wärme zusammen. Die Äquivalenttemperatur wird wie folgt berechnet (BRÜNDL / MAYER / BAUMGARTNER 1986):

$$t_{\text{ä}} = t_{\text{a}} + \frac{0,622 * r' * VP}{p * c_p}$$

wobei:	t_{a}	=	Lufttemperatur in °C
	r'	=	Verdunstungswärme des Wassers in Jkg ⁻¹
	VP	=	Dampfdruck in hPa
	p	=	Luftdruck in hPa
	c_p	=	spezifische Wärme der Luft bei konstantem Druck in Jkg ⁻¹ K ⁻¹

Eine vereinfachte Berechnungsmethode ergibt sich nach BLÜTHGEN / WEISCHET 1980:

$$t_{\text{ä}} = t_{\text{a}} + s * 2,5$$

Sind also in einem kg feuchter Luft s Gramm Wasserdampf enthalten, so wird bei Kondensation die Lufttemperatur um 2,5 * s K erhöht werden.

Gemäß dem Deutschen Wetterdienst werden die Umgebungsluftbedingungen als schwül eingestuft, wenn $t_{\text{eq}} > 49$ °C erfüllt ist. Eine genauere Differenzierung kann mit dem Physioklimagramm nach Robitzsch und Leistner (in FLACH 1957) vorgenommen werden. Für eine Windgeschwindigkeit von 1 m/s gilt:

51,0	≤	t_{eq}		schwül	
47,0	≤	t_{eq}	<	51,0	leicht schwül
34,0	≤	t_{eq}	<	47,0	neutral (behaglich)

$27,0 \leq t_{eq} < 34,0$ leicht kühl
 $t_{eq} < 27,0$ kühl

Die Äquivalenttemperatur hat den Vorteil gegenüber anderen bioklimatischen Kenngrößen, dass die nötigen Messgrößen (Lufttemperatur, Luftdruck und relative Luftfeuchte) in der Regel weitgehend flächendeckend erhoben werden bzw. sich bei lokalklimatischen Sonderuntersuchungen mit geringem Aufwand ermitteln lassen.

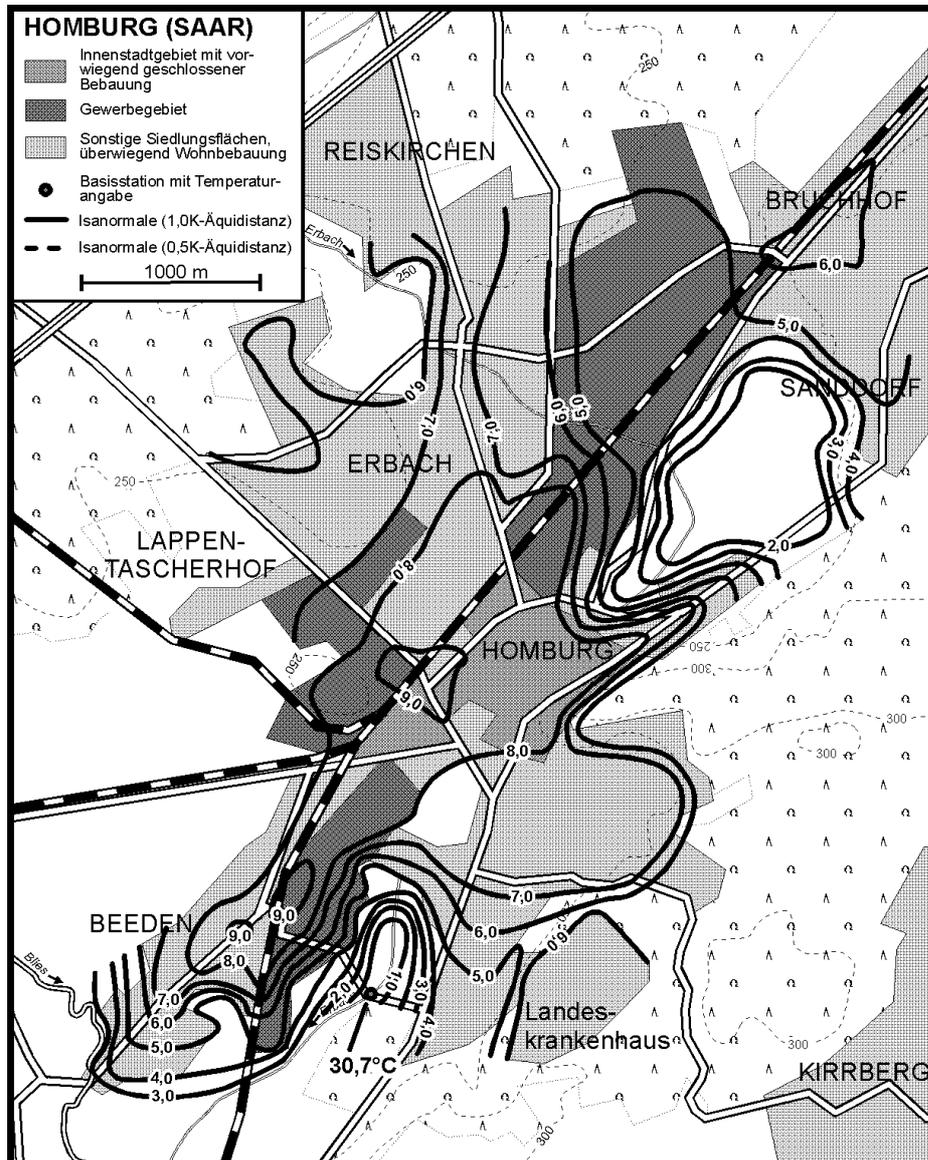


Abb. 10: Die Verteilung der Äquivalenttemperatur in der Nacht vom 11. zum 12.8.1997 (aus: KÜHNE 1999)

Als Fallbeispiel für die Verteilung der Äquivalentlufttemperatur ist die Messung vom 11. bis 12. August 1997 in Abbildung 10 dargestellt. Die Maximumäquivalenttemperaturreale befinden sich im Bereich des südlichen Hauptbahnstreckenabschnitts und den angrenzenden übrigen Verkehrsflächen sowie im Industriegebiet West. Das Innenstadtgebiet und die daran anschließenden Bereiche werden durch die 8,0 K-Isanomale begrenzt. Die Minimum-

äquivalenttemperaturareale befinden sich im südlichen Erbachtal, im Closenbruch sowie im Bliestal.

Die Äquivalenttemperatur folgt in ihrer Verteilung ihren beiden Ursprungsgrößen. Da die Lufttemperatur und die spezifische Feuchte in der nächtlichen Verteilung ihre Maximum- und Minimumareale gemeinsam haben, ergibt sich daraus eine sich verstärkende Tendenz: Die maximale Äquivalenttemperaturdifferenz im Untersuchungsraum betrug 9,3 K, während sich die maximale Lufttemperaturdifferenz auf 5,6 K belief. Im einzelnen heißt dies: Die Lufttemperatur der Stadt liegt aufgrund der gespeicherten Wärme, der anthropogenen Wärmezufuhr usw. über der des Umlandes und insbesondere über der von Kaltluftammelgebieten (Bliestal, Erbachtal und Closenbruch). Daraus ergibt sich, dass bei hoher relativer Luftfeuchte die Luft im Umland früher kondensiert und somit ihr Wassergehalt abnimmt, während in der Siedlung die Feuchtigkeit länger in der Luft verbleibt. Aus dieser Genese ergibt sich insbesondere bei gradientwindschwachen Strahlungsnächten eine Überlagerung der Maximumareale von sensibler Wärme und latenter Wärme. Bioklimatisch bedeutet dies im Sommer unter anderem, dass im Stadttinneren nachts, im Vergleich zum Umland, mit einer deutlich größeren Schwüle zu rechnen ist. In diesem Falle ist es im Umland „leicht kühl“, während in der Stadt „neutrale“ Werte erreicht werden. Ist es jedoch im Umland bereits „neutral“ bzw. „leicht schwül“, erreicht die Innenstadt „schwüle“ Werte. Darüber hinaus ist in der Stadt der Wärmetransport zwischen Innenräumen von Gebäuden und Atmosphäre behindert, so dass bei hohen Lufttemperaturen und hohem Luftfeuchtegehalt (= hohe Äquivalenttemperatur) eine verzögerte Abkühlung der Innenräume stattfindet, was sich somit nachteilig auf das Innenraumklima auswirkt.

Hinsichtlich der mittäglichen Verteilung der Äquivalenttemperatur lassen sich keine signifikanten Differenzen zwischen Stadt und Umland feststellen, da am Tage die die Äquivalenttemperatur konstituierenden Variablen, Lufttemperatur und (konservative) Luftfeuchte eine zueinander inverse Verteilung aufweisen: Die Lufttemperatur ist in der Stadt höher als im Umland, die spezifische Luftfeuchte weist einen geringeren Wert auf (vgl. KÜHNE 1999).

Durch die Messungen in Homburg wird deutlich, dass die thermische Belastung des menschlichen Organismus insbesondere im Sommer in der Nacht durch lokalklimatische Effekte (positive Wärme- und Feuchteanomalie gegenüber dem Umland) verstärkt wird. Besonders wirksam werden diese Belastungen – im Vergleich zum Umland – bei anfälligen Personengruppen (Senioren, Kreislaufferkrankten und Säuglingen).

5. Fazit

Wie die im vorangegangenen beschriebenen Messungen des lokalen Klimas im südlichen Saarland gezeigt haben, ist in reliefiertem Gelände eine Beschränkung der Planung auf die Hauptwindrichtung in unseren Klimazonen hinsichtlich der Siedlungsplanung nicht als ausreichend zu bezeichnen. Der Anreicherungsseffekt von Luftschadstoffen (oder aber auch von geruchsbelästigenden Stoffen – z.B. in der Landwirtschaft) sowie die thermische Belastung in den Sommermonaten bei austauscharmen Wetterlagen kann bei der ausschließlichen Anwendung der Hauptwindrichtungsregel (emittierende Einheiten nicht im Luv der Hauptwindrichtung zu bauen) sogar zu einer erhöhten Belastung mit Luftschadstoffen bzw. einer erhöhten thermischen Belastung führen. Somit ist es nicht ausreichend auf eine Anlage von Industriestandorten, aber auch geruchsstoffemittierenden Betrieben, im Lee der Hauptwindrichtung zu versichten, um Belästigungen bzw. Gefährdungen der Anwohner auszuschließen, sondern es sollte auch auf die Errichtung von solchen Betrieben im Luv der bei

autochthonen Wetterlagen auftretenden Windrichtung verzichtet werden (Abb. 11), zumal bei allochthonen Wetterlagen die Windgeschwindigkeiten größer sind und folglich mit einer verstärkten turbulenten Durchmischung der Atmosphäre zu rechnen ist.

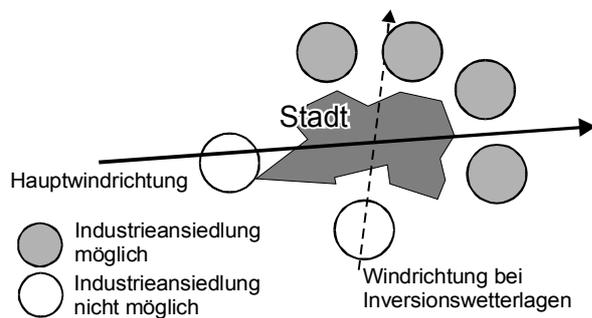


Abb. 11: Auswahl von Standorten von luftschadstoffemittierenden Gewerbeanlagen aus lokal-klimatologischer Sicht (nach: BECKRÖGE 1999)

Um eine weitgehende Ventilation des Siedlungsgebietes – auch bei windschwachen Hochdrucklagen – zu gewährleisten, empfiehlt es sich, Luftleitbahnen freizuhalten, über die insbesondere bei Schwachwindwetterlagen ein Luftaustausch möglich ist. Ziel einer stadtklimatisch sinnvollen Raumordnung in Bezug auf die Ventilation des urbanen bzw. urbanisierten Raumes sollte es also sein, ein möglichst weites Eindringen möglichst unverschmutzter, kühler Luft in das Stadtgebiet zu ermöglichen. Neben dem Schutz von Luftleitbahnen erweist sich in besonderer Weise der Schutz von Frischluftentstehungsgebieten als wichtig. Die großen land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen zwischen den Siedlungen dienen durch ihre filternde Wirkung, durch die Erzeugung von Sauerstoff und die raschere nächtliche Auskühlung durch Ausstrahlung als Lieferanten von Frischluft.

Liegt eine Stadt in reliefiertem Gelände, so sammelt sich die Kaltluft in den Geländevertiefungen. Die Intensität, mit der dieser Vorgang stattfindet, hängt von der Größe des Einzugsgebietes, der Weite der Täler und der Hindernisfreiheit sowie der Bodenrauigkeit ab. Unbelastete Frischluft kann durch lokale Luftströme aber nur dann herangeführt werden, wenn die Grünflächen in der Umgebung und in den größeren Parkanlagen der Städte noch intakt sind. Hindernisse für den Kaltluftfluss sind:

- Talverengungen,
- Dämme (quer zum Talverlauf),
- Baumriegel (quer zum Talverlauf),
- geschlossene Siedlungskörper,
- quer zum Talverlauf gebaute, vielgeschossige Blockbebauung usw.

Solche Hindernisse stauen die Kaltluft an, bis sie überfließen werden können. Vor allem über bebauten Gebieten wärmt sich der Kaltluftfluss aufgrund von Wärmeemissionen dann auf und vermindert somit seine Reichweite und Wirkung.

Mit den sich abzeichnenden Folgen des anthropogen verstärkten Treibhauseffektes erhält die Thematik des Lokalklimas eine erhebliche Aktualität: Können durch – lokalklimatische Belagen berücksichtigende Planungen – die Ursachen der globalen Erwärmung nicht oder nur geringfügig beeinflusst werden, so lassen sich doch die Folgen für den Menschen hinsichtlich der bioklimatischen Wirksamkeit verringern: Wird dafür Sorge getragen, dass die Versorgung der Siedlungen mit kühler Frischluft effektiver gelingt, kann eine durch die globale Erwärmung induzierte Lufttemperaturerhöhung in der bodennahen Luftschicht durch die Verringerung stadtklimatischer Effekte (insbesondere der Wärmeinsel) zumindest teilweise im Wohnumfeld kompensiert werden. Dem gemäß sollte die übergemeindliche Planung dazu Sorge tragen, dass die Kaltluftentstehungsgebiete ihre spezifische Funktion erfüllen können. Dazu gehört auch die Offenhaltung der Frischluftleitbahnen nicht nur von Bebauung, sondern

auch von Verbuschung und Aufforstung. Bei Wiesen ist für eine regelmäßige Mahd zu sorgen, damit der Reibungskoeffizient möglichst gering bleibt, eine Düngung mit geruchsintensiven Stoffen ist hingegen zu vermeiden. Damit ergibt sich ein Bedeutungsgewinn für die Landwirtschaft, die – insbesondere bei extensiver Grünlandnutzung der betreffenden Flächen – einen erheblichen Beitrag zur Stabilität des thermischen lokalklimatischen Niveaus beitragen kann. Da es sich bei Frischluftbahnen häufig um Talauen handelt, ist ein Konflikt zwischen Natur- bzw. Hochwasserschutz (mit dem Ziel einer naturnahen Uferrandvegetation mit Weide, Schwarzerlen etc.) mit der Offenhaltung von Frischluftleitbahnen nicht immer auszuschließen. Hier ist eine sorgsame Abwägung im Einzelfall über die Bedeutung des jeweiligen Talabschnitts für den Schutz der Natur, der Hochwasserprävention bzw. der Versorgung der betreffenden Siedlung mit kühler Frischluft insbesondere in Sommernächten nötig.

Sofern zur Stadt geneigte Hänge nicht bereits bewaldet sind oder für eine Bewaldung vorgesehen sind, ist zwischen Waldrand und Bebauung jeweils eine ausreichend große Fläche freizuhalten, um einen guten Abfluss der bei Tag besonders wertvollen Kaltluft aus dem Stammraum des Waldes zu gewährleisten (vergleiche Abb. 12).

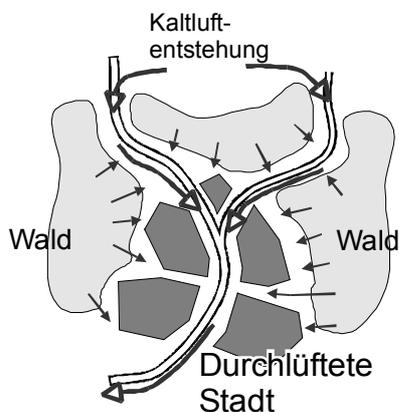


Abb. 12: Die durchlüftete Stadt (nach: BECKRÖGE 1999)

Insbesondere Grünflächen nahe dem Bereich in der Nähe des Siedlungszentrums sind für deren Belüftung von herausragender Bedeutung, sie produzieren Frischluft und dienen als Zufluchtsstätten vor Lärm. Somit ist die Gewinnung von Wohn-, Gewerbe und Verkehrsflächen sorgfältig gegen den Verlust an Lebensqualität in den bestehenden Vierteln abzuwägen. Auch wenn Gartenstädte ein günstiges Eigenklima aufweisen, so können sie doch kaum mehr etwas für die Frischluftversorgung angrenzender Viertel beitragen. Entsprechend erscheint es – nicht allein aus lokalklimatologischer, sondern auch aus ästhetischer Sicht – sinnvoll, Garagen unter die Geländeoberkante zu verlegen und deren Dächer zu begrünen. Gleichfalls sind die Dächer einstöckiger Gebäude (Pausenhöfe von Schulen mit Dach, Schalterhallen) zu bepflanzen. Bei austauscharmen Wetterlagen fällt so kühlere Luft auf die darunter liegende Fläche und schafft so eine Mikrozirkulation (vgl. hierzu BECKRÖGE 1999).

6. Literatur

- ACHILLES, A. (1982): Das Klima der Kreisstadt Homburg-Saar. 25 Jahre Wetter: 1954-1978. — Städtisches Kulturamt Homburg/Saar, Homburg/Saar.
- BADEN-WÜRTTEMBERG (1992): Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung. Folge 1. — Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart.

- BADEN-WÜRTTEMBERG (1993): Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung. Folge 2. — Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart.
- BAUMGARTNER, A. (1963): Einfluß des Geländes auf Lagerung und Bewegung der nächtlichen Kaltluft. — In: SCHNELLE, F. (Hrsg.): Frostschutz im Pflanzenbau. Bd. 1. BLV Verlagsgesellschaft, München: 151-194.
- BECKRÖGE, W. (1999): Windfeld. — In: HELBIG, A., BAUMÜLLER, J. & M. KERSCHGENS (Hrsg.): Stadtklima und Luftreinhaltung. Springer, Berlin, Heidelberg u.a.O., 53-94.
- BLÜTHGEN, J. & W. WEISCHET (1980): Allgemeine Klimageographie. — De Gruyter, Berlin, New York.
- BRÜNDEL, W., MAYER, H. & A. BAUMGARTNER, A. (1987): Untersuchung des Einflusses von Bebauung und Bewuchs auf das Klima und die lufthygienischen Verhältnisse in bayrischen Großstädten. — Selbstverlag, München.
- ERIKSEN, W. (1975): Probleme der Stadt- und Geländeklimatologie. — Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- ERIKSEN, W. (1976): Die städtische Wärmeinsel. Neuere Erkenntnisse zur Gliederung, Genese und Bedeutung des innerstädtischen Temperaturfeldes. — Geographische Rundschau **28**: 368-373.
- FEZER, F. (1995): Das Klima der Städte. — Perthes, Gotha.
- FLACH, E. (1957): Grundbegriffe und Grundtatsachen der Bioklimatologie. — In: BAUR, F. (Hrsg.): Linkes Meteorologisches Taschenbuch. Bd. 3. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig: 178-271.
- FLOHN, H. (1954): Witterung und Klima in Mitteleuropa. — Hirzel, Zürich.
- GABALA, J. & O. KÜHNE (2002): Distribution of air pollution and its microclimatological condition with Tarnów city as an example. — Prace Geograficzne **110**: 61-76.
- GAJZÁGÓ, L. (1968): Variation of global radiation in Budapest. — In: WORLD METEOROLOGICAL ORGANISATION (Hrsg.): Urban climates. WMO Technical Note No. 108. Geneva: 78-79.
- GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. Ein Lehrbuch der Mikroklimatologie. — Vieweg, Braunschweig.
- HÄCKEL, H. (1993): Meteorologie. — Ulmer, Stuttgart.
- HENTSCHEL, G. (1978): Das Bioklima des Menschen. — Volk und Gesundheit, Berlin.
- KÜHNE, O. (1997): Die Lokalklimate der Orte Blieskastel-Aßweiler, Homburg-Schwarzenbach, Homburg-Erbach, Blieskastel-Niederwürzbach und Kirkel-Neuhäusel in ihrer Abhängigkeit von Wetterlagen an Tagen mit weitgehend ungestörter Ein- und Ausstrahlung. — Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- KÜHNE, O. (1999): Die Wetterlagen-, Tages- und Jahreszeitabhängigkeit der Verteilung von Lufttemperatur, spezifischer Luftfeuchte, Windfeld, Äquivalenttemperatur und anderer bioklimatisch wirksamer Größen im Lokalklima der Stadt Homburg/Saar. — Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- KUTTLER, W. (1985): Stadtklima. Struktur und Möglichkeiten zu seiner Verbesserung. — Geographische Rundschau **37**: 226-233.
- KUTTLER, W. (1993): Stadtklima. — In: SUKOPP, H. & R. WITTIG (Hrsg.): Stadtökologie. Fischer, Stuttgart, Jena, New York: 113-153.
- KUTTLER, W. (1996): Aspekte der Angewandten Stadtklimatologie. — Geowissenschaften **14**: 221-228.
- JENDRITZKY, G. (1990a): Bioklimatische Bewertungsgrundlage der Räume am Beispiel von mesoklimatischen Bioklimakarten. — AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG (1990): Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen. Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell. Hannover.

- LAUER, W. (1993): *Klimatologie*. — Westermann, Braunschweig.
- LORENZ, C. (1990): *Biotrope Wetterfaktoren und ihr Einfluß auf das Unfallgeschehen im Straßenverkehr*. — Universität des Saarlandes, Homburg/Saar.
- MIES, M. (1974): *Planungsrelevante und kausalanalytische Aspekte der Stadtklimatologie*. — *Landschaft und Stadt* **1**: 23-49.
- RUDDER, B. de (1952): *Grundriß einer Meteorobiologie des Menschen. Wetter- und Jahreszeiteinflüsse*. — Springer, Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- WARNECKE, G. (1991): *Meteorologie und Umwelt. Eine Einführung*. — Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest.

Anschrift des Autors:

Priv.-Doz. Dr. Olaf Kühne
Zum Tauhügel 13
66459 Kirkel
e-mail: o.kuehne@umwelt.saarland.de