



Sachbearbeitung	SUB - Stadtplanung, Umwelt, Baurecht		
Datum	23.10.2018		
Geschäftszeichen	SUB II - Wil/ Ly		
Beschlussorgan	Fachbereichsausschuss Stadtentwicklung, Bau und Umwelt	Sitzung am 20.11.2018	TOP
Behandlung	öffentlich		GD 438/18
<hr/>			
Betreff:	Stadtklimatologische Untersuchung - Abschlussbericht -		
Anlagen:	1 Stadtklimaanalyse Ulm 2018 mit Anlagen <b>nur elektronisch</b>		Anlage 1

**Antrag:**

Den Abschlussbericht zur Kenntnis zu nehmen.

i.V. Kalupa

Zur Mitzeichnung an:	Bearbeitungsvermerke Geschäftsstelle des Gemeinderats:
BM 3, C 3, OB _____	Eingang OB/G _____
_____	Versand an GR _____
_____	Niederschrift § _____
_____	Anlage Nr. _____

## **Sachdarstellung:**

Im Mai 2017 wurde die Verwaltung beauftragt, eine neue stadtklimatologische Untersuchung zu erstellen. Die letzte vorliegende Untersuchung aus den 1990er Jahren sollte aktualisiert werden, denn zwischenzeitlich haben sich die Randbedingungen wie mittlere Lufttemperatur, Dauer, Intensität und Häufigkeit von Hitzewellen oder die Anzahl heißer Tage im Jahr deutlich verändert. Außerdem können durch die heute zur Verfügung stehenden technischen Mittel rechnerbasierte Simulationen durchgeführt werden, deren Genauigkeit und Auswertungsmöglichkeiten die damaligen Untersuchungen bei weitem übertrifft.

Als vorrangige Ziele der stadtklimatologischen Untersuchung wurden definiert:

- Schaffung einer aktuellen Planungsgrundlage für das gesamte Stadtgebiet
- Ableitung von Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen
- Erhaltung und Verbesserung bioklimatischer Verhältnisse

### **1. Allgemeine Informationen**

Durch den menschlichen Einfluss, den hohen Versiegelungsgrad und den geringen Anteil an Vegetation entsteht vor allem im Sommer in einer Stadt der Wärmeinsel-Effekt, d.h. es kommt zu höheren Temperaturen und bioklimatischen Belastungen (direkte und indirekte Einflüsse von Wetter, Witterung und Klima insbesondere auf den Menschen) als im unbebauten angrenzenden Umland.

Während der Tagsituation können diese Wärmebelastungen aufgrund der meist ähnlichen Temperaturen zum Umland nicht abgebaut werden. Winde tragen hier nur zur Durchmischung der bodennahen Luftschichten und Verdünnung von Luftschadstoffen bei.

Während der Nacht kühlt das unbebaute Umfeld im Vergleich zum Stadtkörper stärker aus und die kühle Luft fließt in das warme Stadtgebiet ein. Dieser Luftaustausch erfolgt entlang von Flächen ohne Strömungshindernisse, sogenannten Kaltluftleitbahnen. Jedoch werden durch die geringe Fließgeschwindigkeit und die damit verbundene geringe Eindringtiefe in den Stadtkörper nicht alle Teile der Stadt optimal mit Kaltluft versorgt, so dass auch in der Nacht Teilbereiche der Stadt von Wärmebelastung betroffen sind.

Die stadtklimatologische Untersuchung soll dazu dienen, gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse für die Bevölkerung zu schaffen, zu optimieren bzw. sicherzustellen.

### **2. Klimaschutz im Planungsrecht**

Klimaschutz ist gem. §1 Abs. 5 BauGB eine Aufgabe der Bauleitplanung: "Die Bauleitpläne sollen [...] dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln sowie den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern [...]." Weiter heißt es in § 1a Abs. 5 BauGB: „Den Erfordernissen des Klimaschutzes soll sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, Rechnung getragen werden.“ Umgesetzt können diese Belange beispielsweise durch Festlegung der Gebäudestellung, Anzahl der Vollgeschosse, Ausweisung von Grünflächen oder durch Begrünungsmaßnahmen.

In Flächennutzungsplänen können Einrichtungen oder Maßnahmen dargestellt werden (§ 5 Abs. 2 c BauGB), welche der Anpassung des Klimawandels dienen. Beispielsweise die Sicherung von Flächen, welche der Kaltluftproduktion dienen oder Frischluftleitbahnen.

Weitere Möglichkeiten zur Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen stellen städtebauliche Verträge oder ein städtebaulicher Rahmenplan dar.

### 3. Untersuchungsmethodik

Das für Ulm zugrundegelegte Untersuchungsgebiet umfasst die Stadtgebiete von Ulm und Neu-Ulm sowie eine erweitere Pufferzone außerhalb der Stadtgrenzen. Als "Ist-Zustand" wurden die zum Projektbeginn aktuelle Aufsiedelung sowie die geplanten Baugebiete des Flächennutzungsplanes, welche sich bereits im Aufstellungsverfahren eines Bebauungsplanes befanden, zugrundegelegt.

Um die gesamten notwendigen Parameter zu erfassen, zu berechnen und auszuwerten wurde ein digitales Stadtklimamodell mit Hilfe der Software "FITNAH 3D" erstellt. Die detaillierten digitalen Eingangsdaten waren unter anderem meteorologische Größen wie Windrichtung und -geschwindigkeiten, Temperaturen, Wetterlagen und Niederschlag sowie Daten zum 3D-Geländemodell, 3D-Stadtmodell, Nutzungsstrukturen, Landnutzung und Versiegelungsgrad. Mit den Berechnungen dieses Modells konnte das Luftaustauschgeschehen und die Verhältnisse der bodennahen Atmosphäre umfassend und räumlich hochaufgelöst abgebildet werden. Es liegen Informationen und Bewertungen der klimaökologischen Gegebenheiten für die Nacht- und Tagsituation vor, welche als Basis für die Erstellung der Klimaanalysekarten sowie der Planungshinweiskarten dienen. Ein weiterer Vorteil der Berechnungen ist, dass beispielsweise Planungsvarianten oder Ausgleichsmaßnahmen in ihrer Wirkung studiert und somit optimierte Lösungen gefunden werden können.

Simulierte Wetterlage:

Berechnet wird eine "Autochthone Sommerwetterlage", d.h. eine Hochdruckwetterlage mit wolkenlosem Himmel und ohne überlagernde Winde. Durch die hohe Ein- und Ausstrahlung und den herabgesetzten Luftaustausch bodennaher Schichten können sich lokale Klimate wie das Stadtklima bzw. lokale Berg- und Talwinde an stärksten ausbilden. Charakteristisch für diese Wetterlage ist die Entstehung von nächtlichen Kaltluftströmungen, welche durch das Relief bzw. durch die Temperaturunterschiede zwischen Frei- und Siedlungsräumen angetrieben werden.

### 4. Modellergebnisse

Als erstes Ergebnis der Modellberechnungen wurden Rasterkarten der Parameter Lufttemperatur, Kaltluftströmungsfeld, Kaltluftvolumenstrom und der thermischen Belastung auf den Menschen erstellt:

- Lufttemperatur:

Die Ermittlung der Lufttemperatur ermöglicht es, Bereiche mit bioklimatischen Belastungen abzugrenzen oder die räumliche Ausprägung von Kaltluftströmungen abzuschätzen. Die Temperaturen wurden für eine autochthone Sommernacht um 4:00 Uhr morgens berechnet und reichen von 9,6 °C über stadtfernen Ackerflächen bis zu 20,7 °C im Stadtkern.

- Kaltluftströmungsfeld:

Im Ulm sind die wichtigsten nächtlichen Luftströmungen die Hangwinde (reliefbedingt) und die Flurwinde (thermisch bedingt). Dabei treten z.T. hohe Fließgeschwindigkeiten bis zu 2 m/ s insbesondere in un bebauten Abschnitten auf, während in Richtung des dicht bebauten Zentrums diese fortschreitend abnimmt, bis in Teilen der Stadtmitte und der Weststadt keine wirksame Strömung mehr vorhanden ist. Dies ist auf die Hindernis- und Umlenk Wirkung der Gebäude zurückzuführen.

- Kaltluftvolumenstrom:

Der Kaltluftvolumenstrom stellt das Produkt aus Fließgeschwindigkeit, der Schichthöhe sowie der Durchflussbreite der Kaltluft dar. Die höchsten Werte werden dabei über Freiflächen mit Siedlungsbezug erreicht, über welchen die Kaltluft als Ausgleichsleistung in Richtung der Siedlungsgebiete strömt. Die geringsten Werte finden sich im Stadtkern.

- Thermische Belastung:

Unter thermischer Belastung verstehen sich die im Zusammenhang stehenden meteorologischen Einwirkungen auf das Wohlbefinden des Menschen. Diese Einflüsse wurden für die Tagsituation um 14:00 Uhr und im Freien berechnet. Der größte Teil des Siedlungsraumes weist danach eine starke Wärmebelastung auf. Die Höchstwerte werden im Straßenraum, auf den Gleisanlagen und auf hoch versiegelten Gewerbeflächen erreicht (extreme Wärmebelastung). Nur in den Waldgebieten tritt keine Wärmebelastung auf.

Als Ausgangspunkt für die Analyse der klimatologischen Funktionen wurde das Stadtgebiet in drei Raumkategorien gegliedert:

- Wirkraum: Bebaute oder zur Bebauung vorgesehener Raum (Siedlungs- und Gewerbeflächen), in dem eine bioklimatische Belastung auftreten kann.
- Ausgleichsraum: Grüneprägte, relativ unbelastete Freifläche, die an einen Wirkungsraum angrenzt oder mit diesem über Kaltluftleitbahnen verbunden ist. Durch die Bildung kühlerer und frischerer Luft sowie über funktionsfähige Austauschbeziehungen trägt dieser zur Verminderung oder zum Abbau der Belastungen im Wirkungsraum bei. Mit seinen günstigen klimatischen Eigenschaften bietet er eine besondere Aufenthaltsqualität für Menschen.
- Kaltluftleitbahn: Kaltluftleitbahnen verbinden Kaltluftentstehungsgebiete in Ausgleichsräumen und Belastungsbereiche in Wirkräumen miteinander und sind somit elementarer Bestandteil des Luftaustausches.

## 5. Klimaanalyse- und Planungshinweiskarten

Auf Basis dieser Untergliederung mit ihren verbindenden Strukturen wurde durch eine flächenhafte Analyse die **Klimaanalysekarte** erstellt:

Die Klimaanalysekarte wurde für die Nachtsituation um 4:00 Uhr morgens berechnet, da zu diesem Zeitpunkt die stärkste Kaltluftentstehung und –strömung besteht und bildet den nächtlichen Luftaustausch für das gesamte Untersuchungsgebiet ab.

Für die besiedelten Bereiche zeigt sie den Wärmeineffekt, d.h. die Temperaturdifferenz zwischen dem überwärmten Siedlungskörper und der abgekühlten Umgebung, auf. Die Freiflächen der Umgebung werden hinsichtlich ihres Kaltluftlieferungsvermögens, also der Masse des Kaltluftvolumenstromes charakterisiert.

Die Karte stellt die thermisch bedingten Flurwinde und die reliefbedingten flächenhaften Kaltluftabflüsse ebenso dar wie die Kaltluftleitbahnen. Diese Leitbahnen sind geeignete Oberflächenstrukturen wie Grünzüge, Friedhöfe oder Gleisanlagen, welche das Eindringen von Kaltluft in die Bebauung erleichtern. Sie befinden sich meist in Tallagen und weisen einen hohen Volumenstrom auf, wodurch sie besonders wichtig für die großräumige Durchlüftung des Stadtgebiets sind. Die fünf wichtigsten für Ulm ausgewiesenen Kaltluftleitbahnen befinden sich im Örlinger Tal, im Lehrer Tal, im Blautal, im Wiesental (Roter Bach) und im Grünzug Söflingen.

Das bodennahe Einströmen der Kaltluft aus der Umgebung in die angrenzende Bebauung wird durch den Kaltluftereinwirkungsbereich dargestellt. Die in diesen Bereichen befindliche Bebauung weist vergleichsweise günstigere Temperaturverhältnisse auf. Fast 45 % der Siedlungsfläche liegt in einem Kaltluftereinwirkungsbereich, wobei es sich dabei meist um Siedlungsrandbereiche handelt - in der Innenstadt treten sie nur vereinzelt auf.

Auch die Kaltluftentstehungsgebiete, welche eine überdurchschnittliche Produktionsrate aufweisen und die Kaltluftleitbahnen speisen, werden dargestellt.

### Planungshinweiskarten:

Es wurde jeweils eine Planungshinweiskarte für die Tag- und die Nachtsituation erstellt. Es erfolgte eine Bewertung der bioklimatischen Belastung in Siedlungs- und Gewerbeflächen sowie die Bedeutung von Grünflächen als Ausgleichsräume.

Bewertungsrahmen der Siedlungsbereiche:

In der Nacht lag der Maßstab eines erholsamen Schlafes zugrunde. Die optimalen Schlaftemperaturen liegen zwischen 16 °C und 18 °C, ab einer Temperatur von 20 °C liegt bereits eine Tropennacht mit besonderer Belastung vor.

Am Tage wurde die Aufenthaltsqualität in den Siedlungsflächen bewertet. Hier flossen die thermische Belastung sowie die Verschattungssituation des Straßenraumes in die Berechnungen ein.

Bewertungsrahmen der Grün- und Freiflächen:

Für die Nachtsituation rückte die Betrachtung des Kaltluftabflusses in den Fokus. So wurde die Lage zu einer Kaltluftleitbahn und die transportierte Kaltluftmenge sowie die Entfernung zu belasteten Siedlungsräumen bewertet.

Am Tage basierte die Betrachtung auf der Entfernung zu belasteten Siedlungsgebieten und einer möglichst hohen Aufenthaltsqualität als Rückzugsort.

Ergebnisse Nachtsituation:

Ungünstige bioklimatische Situationen der nächtlichen Überwärmung betreffen große Bereiche der Innenstadt, während in den Siedlungs-Randbereichen überwiegend sehr günstige Verhältnisse vorherrschen. Die Gewerbeflächen weisen nachts eine starke Überwärmung aufgrund des hohen Versiegelungsgrades auf. Mehr als die Hälfte der Freiflächen haben eine hohe bis sehr hohe Bedeutung da sie einen wichtigen Ausgleichsraum für belastete Siedlungsbereiche darstellen. Freiflächen mit geringer Bedeutung sind meist siedlungsferne Wald- und Ackerflächen.

Ergebnisse Tagsituation:

Wohngebiete zeigen mehrheitlich eine mittlere bioklimatische Belastung, da hier meistens Grünflächen mit schattenspendenden Grünstrukturen bzw. im Zentrum eine höhere Bebauung mit entsprechendem Schattenwurf vorhanden ist. Bei Gewerbeflächen fällt aufgrund der niedrigeren Gebäude und dem geringeren Anteil Grünflächen die thermische Belastung höher aus. Über die Hälfte der Freiflächen wird eine hohe Bedeutung zugeschrieben, da sie eine hohe Aufenthaltsqualität und einen erreichbaren Rückzugsort bilden. Viele weitläufige landwirtschaftliche Flächen im Umland haben jedoch aufgrund der meist ungehinderten Einstrahlung eine mittlere oder geringe Bedeutung als Aufenthalts- und Rückzugsort.

Schlussfolgerung Planungshinweiskarten:

Die Ergebnisse zeigen, dass es in Ulm thermisch belastete Siedlungsbereiche gibt. Um deren bioklimatische Situation zu erhalten bzw. möglichst zu verbessern, sollte die Durchlüftung durch geeignete Maßnahmen im Fokus stehen, insbesondere der Erhalt der Funktion der Kaltluftleitbahnen. Die Aufteilung in eine Nacht- und eine Tagsituation hat den Vorteil, dass einzelne Flächen separat bewertet und entsprechende Maßnahmen zugeordnet werden können.

## **6. Betroffenheitsanalyse**

Um die Betroffenheit der Stadtbevölkerung durch thermische Belastung aufzuzeigen, wurde zum einen die Gesamtbevölkerung und zum anderen die am stärksten betroffenen Teile der Bevölkerung, wie Kleinkinder und Seniorinnen und Senioren sowie Verletzte und Kranke, analysiert. Diese Gruppen wurde im Stadtgebiet verortet (z.B. einwohnerstarke Stadtteile, Pflegeheime, Krankenhäuser) und mit den Planungshinweiskarten kombiniert. Die Darstellung verdeutlicht, dass viele Menschen im Stadtkern von einer mittleren bis ungünstigen klimatischen Situation betroffen sind. Diese nimmt jedoch mit zunehmender Entfernung zum Stadtkern ab. Durch die Tag- und Nachtsituation ist beispielsweise auch erkennbar, dass es Bereiche gibt, die sowohl am Tage wie auch bei Nacht belastet sind.

## 7. Maßnahmenkatalog

Basierend auf den Bewertungen der Planungshinweiskarten sowie der Betroffenheitsanalyse wurde für Ulm ein Katalog aus Einzelmaßnahmen zusammengestellt. Diese sind räumlich einzelnen Baublöcken zugeordnet und dienen als Planungsempfehlung.

Beispiele für Maßnahmen:

- Verbesserung der Durchlüftung: Baukörperstellung, Abstandsflächen, Vermeidung von Barrieren, Schutz relevanter Flächen für den Kaltlufthaushalt
- Thermisches Wohlbefinden: Verschattungen, Begrünungen, Entsiegelung, Wasserflächen, Schutz von Grün- und Waldflächen
- Reduktion der Wärmebelastung in Innenräumen: Dachbegrünung, Fassadenbegrünung, Gebäudekühlung, Gebäudesanierung
- Sonstige Maßnahmen: Schutz von Wasserflächen, Reduktion von Wärmeemissionen

### Zusammenfassung:

Mit der dieser Untersuchung liegt eine räumlich hoch aufgelöste Analyse der städtischen klimatischen Zusammenhänge vor. Die Klimaanalysekarte spiegelt dabei die Überwärmung der Siedlungsflächen und den Kaltluftprozess der Umgebung wider. Die Planungshinweiskarten bewerten die Belastung der Siedlungsflächen sowie die Bedeutung der Freiflächen, wobei in der Nacht ein erholsamer Schlaf und am Tage eine hohe Aufenthaltsqualität in den Freiflächen im Vordergrund steht. Die Betroffenheitsanalyse verdeutlicht, dass viele Menschen sowohl am Tag wie auch bei Nacht von ungünstigen klimatischen Verhältnissen betroffen sind. Die vorgeschlagenen Maßnahmen dienen der Verbesserung bzw. dem Erhalt wichtiger Klimafunktionen und der Verbesserung bioklimatischer Verhältnisse.

Die Ergebnisse des Gutachtens liegen als Abschlussbericht mit Plankarten in analoger Form vor. Darüber hinaus steht ein umfassender digitaler Datenbestand zur Verfügung, welcher die gesamten Grundlagen-, Analyse- und Ergebnisdaten beinhaltet.