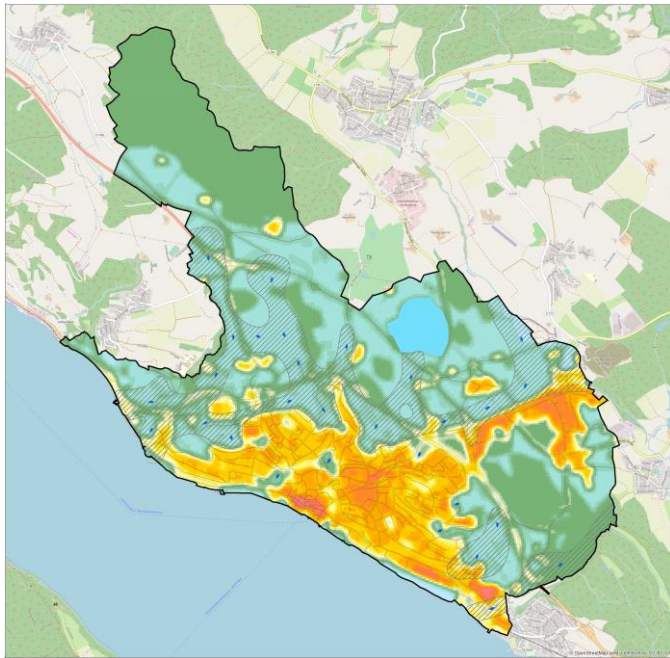




KLIMAANALYSE STADT ÜBERLINGEN

Klimaanalyse mit
Planungshinweisen zur
Anpassung an den Klimawandel
für die Stadt Überlingen.

Klimaanalyse Stadt Überlingen

Auftraggeber: Stadt Überlingen
Abteilung Stadtplanung
Bahnhofstraße 4
88662 Überlingen

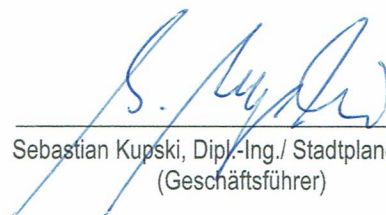


Auftragnehmer: INKEK GmbH
Institut für Klima- und Energiekonzepte
Schillerstraße 50
34253 Lohfelden



Bearbeitung: Dipl.-Ing. Sebastian Kupsi, Dipl.-Ing. Wiebke Kirchhof
Qualitätssicherung Prof. Dr. Lutz Katzschner

Lohfelden, 01.06.2020


Sebastian Kupsi, Dipl.-Ing./ Stadtplaner-IngKH
(Geschäftsführer)

Bei allen Bezeichnungen, die auf Personen bezogen sind, meint die gewählte Formulierung beide Geschlechter, auch wenn aus Gründen der leichten Lesbarkeit und Verständlichkeit die männliche Form gewählt wurde.

Die Erstellung des Gutachtens erfolgte nach Stand der Technik sowie nach bestem Wissen und Gewissen. Klimatische Analysen und Wetterbedingungen unterliegen einer entsprechenden Variabilität, das tatsächliche Eintreten kann naturgemäß nicht sicher prognostiziert werden.

Inhalt

1. HINTERGRUND.....	6
2. EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	7
2.1 ZIELE VON STADTKLIMAANALYSEN	9
2.2 STADTKLIMATISCHER BEWERTUNGSINDEX	9
3. METHODIK.....	11
3.1 EINFÜHRUNG KLIMAFUNKTIONSKARTE	11
3.2 METHODIK ZUR ERSTELLUNG VON KLIMAFUNKTIONSKARTEN	11
4. DATENGRUNDLAGE	13
4.1 METEOROLOGISCHE EINORDNUNG	13
5. ÜBERSICHT DER THEMEN	14
6. KLIMAFUNKTIONSKARTE (KFK)	17
6.1 KLIMATOPE	17
6.2 LEGENDE DER KLIMAFUNKTIONSKARTE	23
6.3 KLIMAFUNKTIONSKARTE	24
7. PLANUNGSHINWEISKARTE (PHK).....	25
7.1 BESCHREIBUNG DER RÄUMLICHEN PLANUNGSHINWEISE.....	25
7.2 LEGENDE DER PLANUNGSHINWEISKARTE	27
7.3 PLANUNGSHINWEISKARTE	28
8. ZUKUNFT	29
8.1 SZENARIO I (NAHE ZUKUNFT „BAULICHE ENTWICKLUNG“)	31
8.2 SZENARIO II (FERNE ZUKUNFT „KLIMAWANDEL“)	31
9. SCHLUSSBETRACHTUNG	32
10. LITERATUR	34
11. ANLAGE	36

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der "Wärmeinsel Stadt"	6
Abbildung 2: Schema "Thermischer Wirkungskomplex"	10
Abbildung 3: Prinzipielle Vorgehensweise zur Erstellung einer Stadtklimakarte nach Lohmeyer 2008.	12
Abbildung 4: Synthetische Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik des LUBW.	13
Abbildung 5: Schematische Darstellung der angewandten Methode.	16
Abbildung 6: Legende der Klimafunktionskarte Stadt Überlingen.....	23
Abbildung 7: Klimafunktionskarte Stadt Überlingen, ohne Maßstab (Original in Anhang).	24
Abbildung 8: Legende der Planungshinweiskarte mit abgestimmten Planungshinweisen.	27
Abbildung 9: Planungshinweiskarte der Stadt Überlingen, ohne Maßstab (Original in Anhang).	28
Abbildung 10: Stadt Überlingen Szenario I „Bauliche Entwicklung“, ohne Maßstab (Original in Anhang).....	31
Abbildung 11: Stadt Überlingen Szenario II „Klimawandel“, ohne Maßstab (Original in Anhang).	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bereiche von Hitzestress in Abhängigkeit des Bewertungsindex PET (Katzschner et al. 2010).	10
--	----

1. HINTERGRUND

Das Stadtklima ist charakterisiert durch eine Erhöhung der mittleren Lufttemperatur bei gleichzeitiger Reduzierung der mittleren Windgeschwindigkeit, im Vergleich zu den naturnahen Flächen im städtischen Umland (vgl. Abb.1). Dabei hat eine wirkungsvolle Belüftung der Städte und Ballungsräume einen positiven Einfluss auf die Verdünnung und den Abtransport der Luftschadstoffe sowie die Abkühlung des Stadtgebietes.

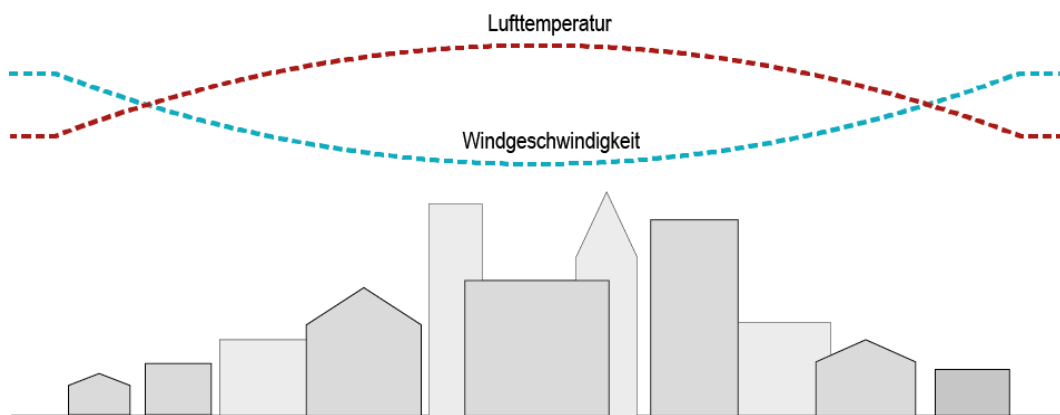


Abbildung 1: Schematische Darstellung der "Wärmeinsel Stadt".

Aufgrund der stadtklimatischen Veränderungen, die sich durch eine Veränderung der Flächennutzung und im Zuge des prognostizierten Klimawandels in Europa ergeben und ergeben werden, sind umfangreiche Grundlageninformationen von besonderer Bedeutung. Nur wenn die heutige Planung auf fundierten Bewertungen der zukünftigen Entwicklung aufbaut, ist eine klimabewusste Ausrichtung umsetzbar.

Zur Entwicklung einer Gesamtstrategie wird im ersten Schritt auf dem mesoklimatischen Maßstab (Stadtklima) die Vernetzungsstruktur der unterschiedlichen Klimatope analysiert. Gesamtstädtische Wirkzusammenhänge und Wechselwirkungen stehen im Fokus. Um die Potenziale zu lokalisieren und um Maßnahmen entwickeln und verorten zu können, wird eine Klimaanalysekarte (Klimafunktionskarte, KFK) unter Verwendung der aktualisierten Methodik (nach VDI Richtlinie 3787, Blatt 1, September 2015) des Untersuchungsraums angefertigt.

Zudem kann auf ein Datenmodell zurückgegriffen werden, auf dessen Basis Aussagen über das Kaltluftgeschehen in der Region getroffen werden. Eine quantitative Bewertung wird dadurch ermöglicht. Dies bietet große Vorteile, da die Kaltluftmengen einen entscheidenden Einfluss auf das Stadtklima haben.

2. Einleitung und Aufgabenstellung

Der Sommer 2018 und auch der Sommer 2019 zeigten durch die extrem langen und trockenen Hitzeperioden die projizierten Auswirkungen des fortschreitenden Klimawandels auf.

Die angewandte Stadtklimatologie befasst sich seit geraumer Zeit mit Analysemethoden, die direkte Grundlagen für eine Vielzahl planerischer Fragestellungen hervorbringen. Das Stadtklima setzt sich dabei aus zwei Komponenten zusammen, da es sowohl durch thermische als auch dynamische Aspekte geprägt wird. Starken Einfluss nimmt dabei der Mensch, da durch den Eingriff und die Veränderung der Umwelt auch die klimatischen Bedingungen beeinflusst und verändert werden. Ausgehend von einem hohen Versiegelungsgrad der Oberflächen, dem teilweise sehr geringen Vegetationsanteil, der Wärmespeicherfähigkeit der verwendeten Materialien sowie dem eingeschränkten Luftaustausch aufgrund der hohen Oberflächenrauigkeit, stellt der städtische Raum im Vergleich zum Umland eine veränderte Ausgangslage dar.

Die regionalklimatische Umgebung am Bodensee mit den Alpen im Hintergrund stellt dabei eine besondere Herausforderung dar. Da in diesem Bereich durch die Topografie ein besonders intensiver Austausch von Luftmassen zu erwarten ist, muss auch der umliegende Bereich des Untersuchungsgebietes berücksichtigt werden. Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Bereichen können nur so sinnvoll betrachtet und in Bezug gesetzt werden.

Zusätzlich soll ein Szenario der möglichen klimatischen Veränderungen in den nächsten Dekaden entwickelt werden. Dazu soll neben einer Veränderung der Bebauungssituation (Flächennutzung), auch auf die Auswirkungen des projizierten Klimawandels eingegangen werden. Somit kann die klimatische Situation sowohl in der nahen als auch in der fernen Zukunft dargestellt werden.

Abschließend steht der Stadt Überlingen eine Klimaanalyse zur Ermittlung des Gefährdungspotenzials sowie Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zur Verfügung, planungsrelevante Aufgaben, Maßnahmen und Empfehlungen für eine klimabewusste Entwicklung stehen bereit. Dafür werden als Grundlage u.a. folgende Kartenwerke angefertigt:

Klimafunktionskarte

Ziel dieser Untersuchung ist es, das Untersuchungsgebiet in der Ist-Situation detailreich zu analysieren, um Grundlagen für die räumliche Interpretation der Klimawirkung von Vegetation, Baudichten bzw. Bauhöhen zu erhalten. Auf diese Weise sollen flächenbezogene Aussagen ermöglicht werden. In der generierten Klimafunktionskarte (KFK) können die klimatischen Wechselwirkungen der Klimatope (d. h. Gebiete ähnlicher mikroklimatischer Ausprägung) sowie lokale als auch regionale dynamische Prozesse (z. B. Kaltluftabflüsse, Land-See-Windsystem) abgelesen werden. Durch die unterstützende Messkampagne konnten die

Modellergebnisse validiert werden und eine Kalibrierung der Klimatopkategorien konnte eine weitere Steigerung der Aussagekraft ermöglichen.

Planungshinweiskarte

Um die Integration der Ergebnisse in die Planungsprozesse reibungslos zu gestalten, wurde aufbauend auf der KFK eine Planungshinweiskarte (PHK) abgeleitet, in der die analysierten und vielschichtigen Ergebnisse zusammengefasst sind. Durch die vereinfachte Darstellung ist es möglich, schnell und eindeutig eine Einschätzung der klimatischen Bedeutung einer Fläche zu erhalten. Auf Basis eines Katalogs mit Planungsempfehlungen können fundierte und lokal abgestimmte Maßnahmen direkt den Flächen zugeordnet werden.

Geeignete Wetterlage für stadtklimatische Untersuchungen laut DMG (Deutsche Meteorologische Gesellschaft):

„Für das Erkennen von lokalklimatischen Einzelheiten geeignete Wetterlagen sind von hohem Luftdruck geprägt, bei denen nur geringe Windgeschwindigkeiten auftreten und nur geringe oder keine Bewölkung vorhanden ist. Die geringe Windgeschwindigkeit verhindert die Zufuhr von neuen Luftmassen: innerhalb einer einheitlichen Luftmasse erreichen die lokalklimatischen Eigenheiten ihre größten Gegensätze. Geringe oder fehlende Bewölkung bewirkt einen sehr ausgeprägten Tagesgang nahezu aller Klimaelemente, z. B. Temperatur, Feuchte und Wind.“

Vorgehensweise nach VDI RL 3787 Blatt 1 (Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen: 2015-09):

„In der vorliegenden Richtlinie wird beschrieben, wie stadtklimatische Sachverhalte in Karten dargestellt, bewertet und über daraus abgeleitete Hinweiskarten für die Planung nutzbar gemacht werden können.

Diese Karten stellen eine wichtige Grundlage für Richt-, Rahmennutzungs- und Sondernutzungspläne auf kommunaler und regionaler Ebene dar und gewinnen im Zuge des Klimawandels und der Umweltgerechtigkeit zunehmend an Bedeutung.

Hinsichtlich der dargelegten Aspekte zur Human-Biometeorologie wird auf die Richtlinien VDI 3785 Blatt 1 (Umweltmeteorologie – Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima) und VDI 3787 Blatt 2 (Umweltmeteorologie – Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil I: Klima) verwiesen, die wichtige, im Rahmen von Bewertungen der Wärmebelastung zu berücksichtigenden Faktoren ausführlich beschreiben und zudem die Grundlage dieser Richtlinie darstellen.“

2.1 Ziele von Stadtklimaanalysen

Das Signal, welches von Klimaveränderungen ausgeht, wird sich in Ballungsräumen und städtischen Gebieten verstärkt auswirken. Die Zunahme an austauscharmen Strahlungswetterlagen vermehrt den Hitzestress, vor allem innerhalb windschwacher Stadträume. Zu beachten ist somit, wie sich der Wärmeinseleffekt und die Belüftung auf die Lufthygiene und den thermischen Komfort auswirken. Die Hitzewellen im Juni und August 2003, im Juli/August 2015 sowie im Sommer 2018 und 2019 sind dafür eindrucksvolle Beispiele.

Damit Leistungsfähigkeit, Wohlbefinden und Gesundheit von Menschen in Städten auch zukünftig gesichert sind und lebenswerte urbane Räume erhalten werden, muss die Stadtplanung schon heute städtebauliche Planungen so optimieren, dass die thermischen Belastungen auch unter extremen Hitzebedingungen sowohl im Freien als auch in den Innenräumen auf ein erträgliches Maß begrenzt bleiben.

Stadtklimatologie erstreckt sich über die Bereiche Stadtplanung und Architektur, Gebäude- und Sondernutzungsplanung sowie Quartiers- und Stadtentwicklungsplanung. Sie unterstützt den Anwender bei der Bewertung der thermischen und lufthygienischen Situation und der Auswirkung von Flächen, Verdichtungen, Konversionsmaßnahmen, Stadtrückbau und Einzelbaumaßnahmen. Die Berücksichtigung des Klimas in der Stadtplanung erfordert eine detaillierte Kenntnis der Wechselwirkungen zwischen den städtischen Faktoren und der Atmosphäre. Die Ergebnisse werden in Abhängigkeit von der Stadtplanungsebene als Karten in unterschiedlicher räumlicher Auflösung dargestellt. Festlegungen von Untersuchungsmethoden und die Bewertung der Ergebnisse für den thermischen und lufthygienischen Wirkungskomplex sind abhängig von der Planungsebene und den hier verfügbaren Daten. Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) hat sich zur Aufgabe gestellt, Richtlinien zu verfassen und Verfahren zur Erstellung von Klimakarten einheitlich zu regeln, um sie vergleichbar zu machen.

2.2 Stadtklimatischer Bewertungsindex

Grundlage der analysierten Klimatope (siehe Kapitel 7.1), bzw. deren Abgrenzungen, bildet der stadtklimatische Bewertungsindex „physiologisch äquivalente Temperatur“ (PET) (vgl. Höppe 1999).

Die biometeorologische Kenngröße PET beschreibt unter Berücksichtigung der thermophysiologischen Zusammenhänge das thermische Empfinden des Menschen (Brandenburg und Matzarakis, 2007) und ist somit eine physikalische Kenngröße für das Wohlbefinden, das vom thermischen Wirkungskomplex abhängig ist (siehe Abbildung 2). Dabei liegt das Behaglichkeitsniveau des Menschen bei einem PET-Wert von 24°C. Neutralität herrscht dann, wenn so viel Wärme vom menschlichen Körper aufgenommen wird, wie selbstständig wieder abgegeben werden kann.

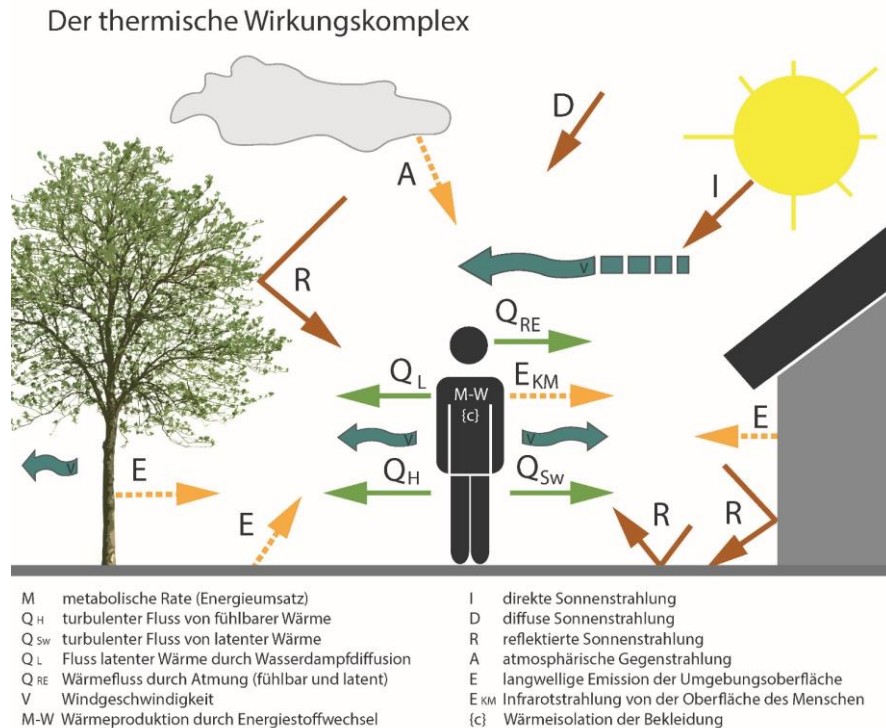


Abbildung 2: Schema "Thermischer Wirkungskomplex". Dargestellt sind die unterschiedlichen Parameter, die sich auf den Wärmehaushalt des Menschen auswirken. Durch planerische Eingriffe können diese Bedingungen beeinflusst werden (nach dem Klima-Michel-Modell, DWD).

Um Fehlinterpretationen vorzubeugen, werden die PET-Werte (angegeben in °C) in Abhängigkeit des Stressniveaus des Menschen in die Kategorien der Tabelle 1 eingeordnet.

Tabelle 1: Bereiche von Hitzestress in Abhängigkeit des Bewertungsindex PET (Katzschner et al. 2010).

PET (°C)	subjektives Empfinden	Stressniveau
> 42	sehr heiß	extremer Hitzestress
35 - 41	heiß	starker Hitzestress
29 - 34	sehr warm	moderater Hitzestress
25 - 28	warm	schwacher Hitzestress
18 - 24	neutral	kein thermischer Stress
13 - 17	kühl	schwacher Kältestress
< 13	kalt	Kältestress

3. Methodik

3.1 Einführung Klimafunktionskarte

Eine Klimafunktionskarte (KFK) stellt ein klimaökologisches Gutachten dar, welches für eine bestimmte geografische Verortung angefertigt wird. In den VDI Richtlinien (insbesondere VDI RL 3787 Blatt 1) wird die Vorgehensweise zur Generierung einer Klimafunktionskarte festgelegt. Hauptsächlich werden diese Gutachten für Ballungsräume und größere Städte erstellt. Die Anwendung der VDI Richtlinien macht eine Vergleichbarkeit zwischen Städten möglich. Grundlage ist stets die Analyse der Ist-Situation, also eine möglichst präzise Abbildung der realen Klimafunktionen im Untersuchungsraum. Diese Analyse der Ist-Situation wurde zudem messtechnisch erfasst und validiert. Die Analyse des planungsrechtlichen bzw. zukünftig erreichbaren Zustandes erfolgt in einem weiteren Schritt. Für eine komplexe Abbildung der Ist-Situation ist eine entsprechende Datenbasis Grundvoraussetzung. Aus klimaökologischen Gesichtspunkten sind Faktoren wie Höheninformationen und Fließgewässer ein erster Anhaltspunkt, um die natürlichen Bedingungen abzubilden. Analog hierzu spielen die anthropogenen Einflüsse eine entscheidende Rolle. Gerade in den Städten hat die vom Menschen verursachte Veränderung der Erdoberfläche den größten und in den meisten Fällen auch negativsten Einfluss. Deshalb werden ebenso Daten bezüglich der Flächennutzung und Gebäudeinformationen benötigt. Je detaillierter die Eingangsdaten vorliegen, umso präziser und kleinteiliger können die Analysen ausfallen.

Neben den Geoinformationen ist das Wissen um klimarelevante Parameter von Bedeutung. Dabei ist die Lage eines verdichteten Stadtgebietes in Bezug auf Belüftung und regionale Windsysteme von besonderer Bedeutung. Aber auch lokale und kleinräumige Windzirkulationen entwickeln sich durch physikalische Prozesse und können im Rahmen einer Klimafunktionskarte berechnet werden. Weitere Klimaparameter lassen sich durch die geografische Lage des Untersuchungsraumes ableiten.

3.2 Methodik zur Erstellung von Klimafunktionskarten

Bei der statistischen Verknüpfung verschiedenster Sachinformationen ist die Gewichtung bzw. die Einflussnahme der einzelnen Faktoren von großer Bedeutung. Da diese Faktoren aus klimatischen Gründen von Untersuchungsraum zu Untersuchungsraum unterschiedlich sind, besteht derzeit noch kein automatisiertes System zur Erstellung einer Klimafunktionskarte (Lohmeyer 2008).

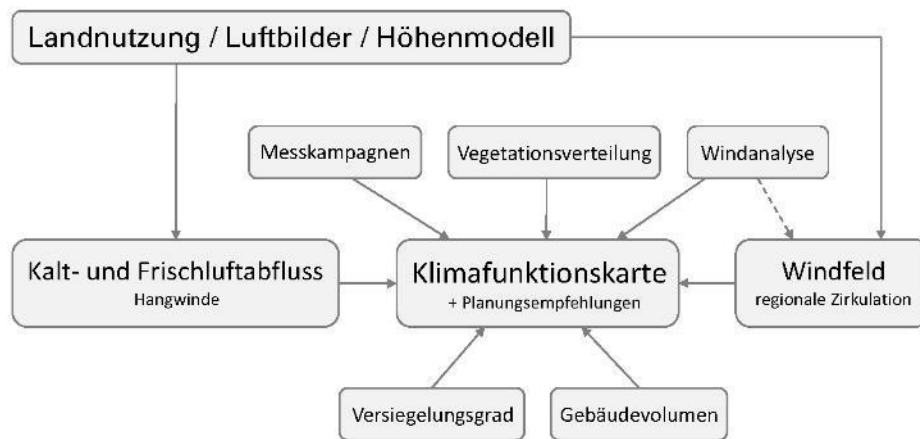


Abbildung 3: Prinzipielle Vorgehensweise zur Erstellung einer Stadtklimakarte nach Lohmeyer 2008.

Klimatische Rahmenbedingungen sind sehr heterogen, was durch die geografische Lage, die absolute Höhe über dem Meeresspiegel des Untersuchungsgebietes oder durch eine kontinentale bzw. maritime Beeinflussung verursacht wird. Neben diesen übergeordneten Faktoren gibt es eine Vielzahl kleinräumiger Einflüsse. Auf einer kleineren Skala können unterschiedliche Gegebenheiten/ Umgebungsbedingungen wie Binnengewässer oder Tallagen die örtlichen klimatischen Verhältnisse stark prägen. Somit ist eine vorgeschaltete klimatische Einschätzung unumgänglich, wobei dementsprechend ein größerer Ausschnitt als der abgegrenzte Untersuchungsraum zu betrachten ist.

Nach der Gruppierung von Themenkarten in die beiden klimatischen Komponenten Dynamik und Thermik, die beide unterschiedlichen Einfluss auf die jeweiligen Ebenen des Stadtklimas haben, wird durch geeignete Funktionen und Algorithmen mit anschließender Generalisierungen das Produkt in Form der Klimafunktionskarte aggregiert.

Die dynamische Komponente beinhaltet Luftbewegungen unterschiedlicher Skalierung wie Frisch- und Kaltluftabflüsse, regionale Strömungen und synoptische Winde. Eine zusätzliche, entscheidende Themenkarte der Dynamik ist die Einflussnahme der Hangwinde. Diese Strömungen entstehen durch das Berg-Tal-Windsystem, das tagesperiodisch auftritt und gerade bei einem ausgeprägten Relief an Mächtigkeit gewinnen kann (Kuttler 2013, Häckel 1985). Die entsprechende Themenkarte wurde auf Grundlage des Digitalen Geländemodells (DGM) angefertigt. Weitere Kriterien wie Rauigkeitslängen der Erdoberfläche (städtische Porosität) wurden ebenfalls in diese Rechenschritte integriert, um das Belüftungssystem realgetreu darzustellen.

Das klimatische Wechselspiel beinhaltet neben der Belüftungssituation die thermischen Eigenschaften der Erdoberfläche. Da diese Komponente die Basis darstellt und dementsprechend flächendeckend kartiert sein muss, wurde als Grundlage die aktuelle Realnutzungskartierung verwendet, um eine Kategorisierung vornehmen zu können. Dieser detaillierte Eingangsdatensatz wird um weitere Themenkarten ergänzt, wobei der Oberflächenversiegelungsgrad Aufschluss über die Wärmespeicherkapazität gibt und Freiflächen mit niedriger Oberflächenrauigkeit

Kaltluftentstehungsflächen darstellen. In diesem Zusammenhang ist die Albedo der Oberfläche eine zentrale Größe (Kupski 2017), da unterschiedliche Reflexions- und Absorptionsverhalten maßgeblich den Wärmehaushalt der städtischen Grenzschicht bestimmen (Oke 2006). In diesem Themenfeld ist der Effekt der Wärmeinsel Stadt besonders gut erkennbar, denn durch die Erwärmung der künstlichen Baumaterialien, gekoppelt mit der hohen Wärmespeicherleistung und der langsamen Abkühlrate, werden gerade in den Nachtstunden höhere Lufttemperaturen als im unbebauten Umland verursacht (Hupfer, Kuttler 1998; Baumüller 1995 et. al).

4. Datengrundlage

Für eine Klimaanalyse sind die regionalen Klimaverhältnisse wichtig. Von planerischer Bedeutung sind:

- thermische Verhältnisse (Wärmeinsel Stadt)
- und die
- Belüftungssituation im Sinne der horizontalen Durchmischung.

Daraus ergibt sich im Zusammenhang mit der Klimafunktionskarte die planerische Bewertung (Planungshinweiskarte) von einzelnen Flächen.

4.1 Meteorologische Einordnung

Die Stadt Überlingen befindet sich direkt am nördlichen Ufer des Bodensees und profitiert vom Land-See-Windeffekt und dem Kaltluftabfluss aus dem nördlich angrenzenden Owingen. Durch den topografischen Anstieg in Richtung Norden kann der Land-See-Windeffekt derzeit nicht eindeutig dargestellt werden.

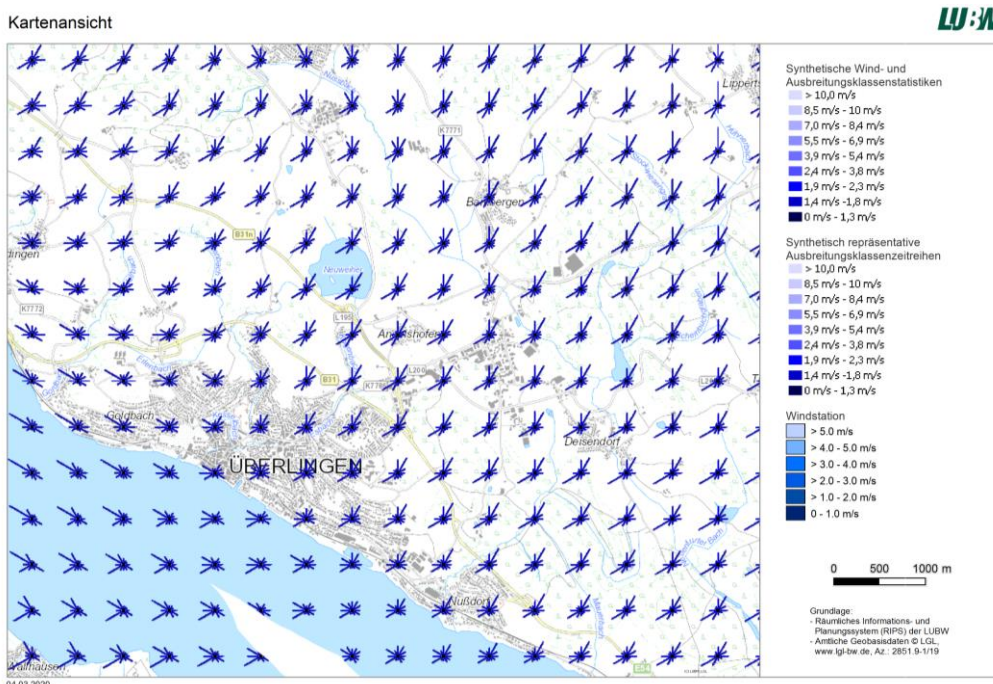


Abbildung 4: Synthetische Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik des LUBW.

5. Übersicht der Themen

Relieftypisierung

- Herausarbeitung klimatisch relevanter topografischer Faktoren (z. B. Höhenrücken, Täler, Hangneigungen, Exposition) und daraus ableitend Luftleitpotenzialbestimmung auf Basis des digitalen Höhenmodells von Luftbildern und topografischen Karten als wichtiges Ausgangsprodukt für die thermische und dynamische Analyse.

Strukturtypisierung

- Herausarbeitung der v.a. nutzungsbedingten Oberflächenrauigkeit, differenziert nach klimatischer Relevanz (z. B. potenzielle Barrierewirkung bzw. Kanalisierung von Luftmassen), auf Basis der Nutzungsartflächen, topografischen Karten sowie Luftbildern als wichtiges Ausgangsprodukt für die dynamische Analyse.

Abflussbahnen und Abflussrichtungen

- Herausarbeitung der orografisch bedingten Schneisen, die in Abhängigkeit von der Relieftypisierung, der Gebäudevolumina und der Strukturtypisierung berechnet werden konnten und als ergänzender Faktor für die dynamische Analyse eingesetzt werden.

Nutzungstypisierung

- Herausarbeitung der thermischen Bedeutung unterschiedlicher Oberflächennutzungen und Zusammenfassung mikroklimatisch ähnlicher Nutzungen (z. B. potenzielles Kaltluftentstehungsgebiet, potenzielles Überwärmungsgebiet) auf Basis der Realnutzungskartierung, der Gebäudekartierung sowie der Luftbilder als wichtiges Ausgangsprodukt für die thermische Analyse.

Gebäudedichte

- Herausarbeitung der gebäudeabhängigen, thermischen Belastung durch die Wärmespeicherkapazität und Reflexion.
- Herausarbeitung der gebäudeabhängigen Barrierewirkung und der daraus resultierenden Minderung des Belüftungspotenzials auf Basis der Gebäudefläche.
- Ableitung des physikalischen Verhaltens auf Grundlage der Gebäudekartierung (sowohl gesamtstädtisch als auch mikroklimatisch) als Ausgangsprodukt für die thermische Analyse.

Versiegelung der Oberflächen

- Herausarbeitung der versiegelten Bereiche und Generalisierung bestimmter Gebietstypen. Zweidimensionale Betrachtung auf Grundlage der Flächennutzung und der Gebäudekartierung als Ausgangsprodukt der thermischen Analyse.

Funktionsanalyse

- Die Analyse erfolgt zunächst zweigleisig, unterteilt nach dynamischen und thermischen Aspekten. Anschließend wird die gegenseitige Einflussnahme im Sinne einer Wirkungsanalyse untersucht und entsprechend eingearbeitet.

Dynamische Analyse

- Verknüpfung der dynamisch (und lufthygienisch) relevanten Erhebungsebenen untereinander (und damit Bestimmung z. B. der spezifischen Aktivität von Kalt-/Frischluftentstehungsgebieten, Land-See-Windeffekt).

Thermische Analyse

- Verknüpfung der thermischen (und lufthygienischen) Nutzungseigenschaften untereinander sowie mit den dynamischen Einflussfaktoren des Reliefs und der Strömungsstruktur (Bestimmung z. B. des Auftretens von Kaltluftseen und des Abkühlungseinflusses auf Überwärmungsbereiche).

Funktionssynthese

- Klimafunktionskarten stellen die Verknüpfung der dynamischen und thermischen Themenebenen in Bezug auf klimaökologische Potenziale, Defizite und Funktionen dar und symbolisieren damit eine idealtypische Wiedergabe der real existierenden flächenbezogenen, klimaökologischen Situation als Ausgangsbasis für die klimaökologische Bewertung.

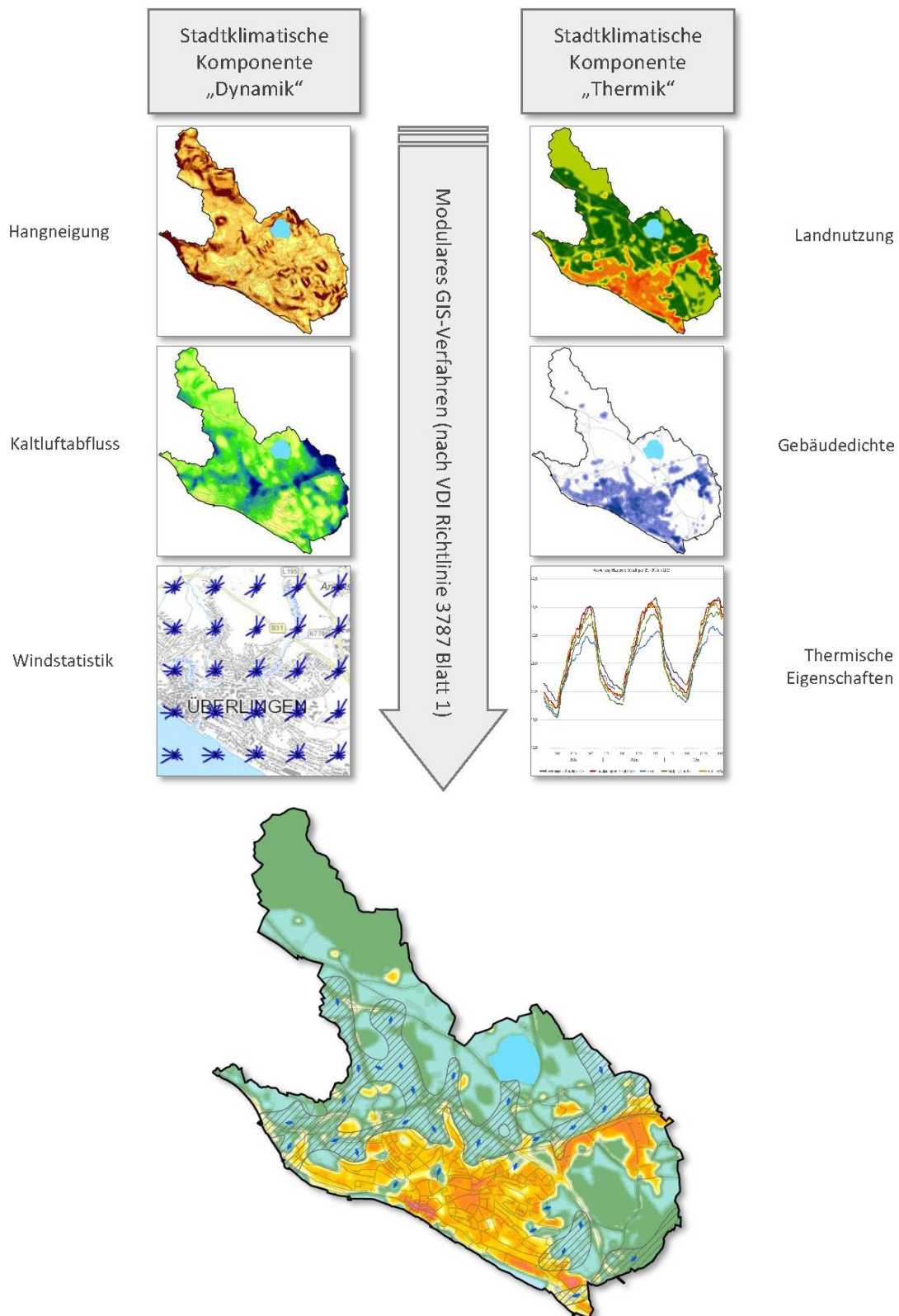


Abbildung 5: Schematische Darstellung der angewandten Methode.

6. Klimafunktionskarte (KFK)

Eine Klimafunktionskarte/ Klimaanalysekarte stellt die räumlichen Klimateigenschaften einer Bezugsfläche dar, die sich aufgrund der Flächennutzung und Topografie einstellen. Dargestellt werden darin die thermischen und dynamischen Verhältnisse.

6.1 Klimatope

Klimatope bezeichnen räumliche Einheiten, in denen die mikroklimatisch wichtigsten Faktoren relativ homogen und die mikroklimatischen Bedingungen wenig unterschiedlich sind (VDI RL 3787 Blatt 1).

Die Legende ist in sechs Klimatope unterteilt, welche farblich zugeordnet sind. Zusätzlich gibt es in dieser Legende, die auf dem Kartenwerk erscheint, eine kurze Beschreibung zur Einordnung der Funktionen. Die klimaökologische Wertigkeit ist an der linken Seite angedeutet und verläuft von sehr wertvoll (+) für die naturnahen Klimatope bis hin zu defizitär (-) für die Belastungsbereiche.

Eine wichtige Grundlage für die Charakterisierung der Klimatope ist der aufgeführte thermische Index PET (Höppe, 1999). Er beschreibt und bewertet die Eigenschaften und die Wirkung der Klimatope der Klimafunktionskarte auf den Menschen und vermittelt das Stressniveau (siehe Kap. 2.2). Grundlage bilden die Untersuchungen über das thermische Empfinden aus verschiedenen Forschungsprojekten, z.B. im Rahmen der „klimazwei-Projekte“ (Katzschner et al., 2010).

Klimatopbeschreibung nach VDI RL 3787 Blatt 1:

(Im Folgenden ist die Auflistung nach Richtlinie dargestellt, bei der KFK der Stadt Überlingen zum Teil nur implizit vorhanden, jedoch inhaltlich berücksichtigt.)

Gewässerklima (implizit vorhanden)

Aufgrund der hohen Wärmekapazität von Wasser kommt es an den Oberflächen von Gewässern zu nur schwachen tagesperiodischen Temperaturschwankungen, das heißt Wasserflächen sind am Tag relativ kühl und nachts vergleichsweise warm. Sie können daher das lokale Klima stark beeinflussen. Jedoch bleibt ihr klimatischer Einfluss in der Regel lediglich auf das Gewässer selbst und die unmittelbaren Randbereiche beschränkt.

Ein positiver Effekt für die klimatische Situation wird durch die geringe Rauigkeit von Gewässerflächen bewirkt, wodurch Austausch- und Ventilationsverhältnisse begünstigt werden. Dadurch ist eine Wirkung als funktionstüchtige Luftleitbahn möglich.

Hinweise für die Planung: Undurchlässige Strukturen (z. B. geschlossene Bebauung oder dichte Hecken bis hin zu Waldflächen) sollten am Uferrand und den angrenzenden Bereichen vermieden werden.

Freilandklima

Freilandklimatope stellen sich überwiegend über unbewaldeten, vegetationsbestandenen Außenbereichen ein. Sie zeichnen sich durch ungestörte Tagesgänge von Lufttemperatur und -feuchte und weitgehend unbeeinträchtigte Windströmungsbedingungen aus und wirken als Kaltluftentstehungsgebiete. Da in den Freilandbereichen selten Emittenten für Luftschadstoffe vorkommen und bei geeigneten Wetterlagen in den Nachtstunden Kaltluftmassen gebildet werden, können diese Bereiche eine sehr hohe Ausgleichsfunktion für die human-biometeorologisch und lufthygienisch belasteten, bebauten Bereiche besitzen.

Hinweise für die Planung: Aufforstungs- und Siedlungsmöglichkeiten entsprechend den lokalklimatischen Verhältnissen, jedoch zudem Bedeutung der Flächen für den großräumigen Luftaustausch beachten (z. B. in Stadtrandlage). Erhaltung des Kaltluftentstehungspotenzials.

Waldklima

Das Klima im Stammraum eines Waldes wird durch den Energieumsatz (verminderte Ein- und Ausstrahlung) bestimmt. Dichte und höher wachsende Baumvegetation führt zu gedämpften Tagesgängen von Lufttemperatur und -feuchte sowie zu niedrigen Windgeschwindigkeiten im Bestand. Das Kaltluftentstehungsgebiet befindet sich oberhalb des Kronenraums. Deshalb sind Waldgebiete auf geneigten Flächen hochrelevant für die Entstehung von Kaltluft/Frischlufte und deren Dynamik. Waldflächen erweisen sich aufgrund sehr geringer thermischer und human-biometeorologischer Belastungen als wertvolle Regenerations- und Erholungsräume. Darüber hinaus übernehmen Wälder bei geringen oder fehlenden Emissionen die Funktion als Frischluft- und Reinluftgebiete, können jedoch aufgrund der hohen Rauigkeit keine Luftleitfunktion übernehmen.

Hinweise für die Planung: Erhalten und ausbauen soweit lokalklimatisch verträglich (siehe Hindernisse für den Kaltluftabfluss).

Klima innerstädtischer Grünflächen

Die klimatischen Verhältnisse innerstädtischer Park- und Grünanlagen sind zwischen denen von Freiland- und Waldklima einzustufen. Dabei variiert die klimatische Reichweite von Parkflächen in Abhängigkeit von der Größe und Form der Parkanlagen, deren Ausstattung sowie von der Anbindung an die Bebauung oder Durchlüftungsbahnen.

Die Klimawirksamkeit von Grünflächen beschränkt sich je nach Größe, Relief und Rauigkeit auf die Fläche selbst (Mikroklimaeffekt), kann jedoch auch stadtklimatisch positive Fernwirkungen aufweisen.

Verschiedene Untersuchungen und Modellierungen haben gezeigt, dass mikroklimatische Kühlungseffekte in Abhängigkeit der Verdunstungsleistung und Beschattung auch bei geringer Flächengröße nachweisbar sind. Bei einer engen Vernetzung können kleinere Grünflächen zur Abmilderung von Wärmeinseln beitragen, u. a. indem sie den Luftaustausch fördern.

Hinweise für die Planung: Erhalten und möglichst vernetzen, offene Randbebauung erhalten oder anstreben (zur Förderung des Luftaustauschs).

Vorstadtklima

Das Klimatop ist dem Übergangsbereich zwischen Freilandklima und dem Klima bebauter Flächen zuzuordnen und wird durch eine grüngerprägte Flächennutzung und Oberflächenstruktur geformt. Es überwiegt der Einfluss des unbebauten Geländeanteils. Dieser Klimatoptyp ist charakteristisch für die Vorstadtsiedlungen, Gartenstädte oder Ortsränder, die darüber hinaus oft im unmittelbaren Einflussbereich des Freilands stehen und dadurch günstige bioklimatische Verhältnisse aufweisen. Das Klima in den Vorstadtsiedlungen zeichnet sich durch eine leichte Dämpfung der Klimaelemente Lufttemperatur, -feuchte, Wind und Strahlung aus. Die Windgeschwindigkeit ist niedriger als im Freiland, aber höher als in der Innenstadt.

Hinweise für die Planung: Weitere Versiegelung vermeiden, Arrondierung möglich. Emissionsarme Energieversorgung anstreben.

Stadtrandklima (implizit vorhanden)

Das Stadtrandklima unterscheidet sich vom Vorstadtklima durch eine dichtere Bebauung und einen geringeren Grünflächenanteil. Dennoch handelt es sich um Bereiche mit einer lockeren Bebauung und einer relativ günstigen Durchgrünung. Hieraus resultiert eine nur schwache Ausprägung von Überwärmung, zumeist kann von einem ausreichenden Luftaustausch sowie eher günstigen bioklimatischen Bedingungen in diesen Gebieten ausgegangen werden.

Hinweise für die Planung: Besonders in diesen Klimatopen ist die Grünflächenvernetzung zum Freiland zu erhalten oder zu schaffen. Hohe, geschlossene Bauformen und verriegelnde Bebauung zum Umland vermeiden. Emissionsarme Energieversorgung anstreben.

Stadtklima

Charakteristisch für das Stadtklima ist eine überwiegend dichte, geschlossene Zeilen- und Blockbebauung mit hauptsächlich hohen Baukörpern und Straßenschluchten. Bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad, die ausgeprägten Oberflächenrauigkeiten und geringen Grünflächenanteile, ist der Stadtkörper während austauscharmer Strahlungsnächte deutlich überwärmt. Tagsüber treten hohe Strahlungstemperaturen auf, die zu Hitzestress führen. Die dichte städtische Bebauung verursacht ausgeprägte Wärmeinseln mit eingeschränkten Austauschbedingungen, die mit zeitweise ungünstigen human-biometeorologischen Verhältnissen und erhöhter Luftbelastung verbunden sind und das Stadtklima prägen.

Hinweise für die Planung: Entsiegelung, Blockentkernung und -Begrünung, Fassaden-, Dachbegrünungen anstreben, hohe Verkehrsdichte in engen Straßenschluchten vermeiden, Verkehrsberuhigung und emissionsarme Energieversorgung anstreben.

Innenstadtklima

Kennzeichnend für das Innenstadtklima sind ein sehr hoher Versiegelungsgrad, hohe Oberflächenrauigkeit sowie ein geringer Grünflächenanteil, der lediglich durch Einzelbäume im Straßenraum sowie kleine Rasenflächen, zum Teil mit Strauchvegetation als Straßenbegleitgrün, charakterisiert ist. Aufgrund dieser Eigenschaften weist das Innenstadtklima die stärksten mikroklimatischen Veränderungen im Stadtgebiet auf. Hierzu zählt vor allem der starke Wärmeinseleffekt, bedingt durch die Wärmespeicherfähigkeit der städtischen Oberflächen und die starken Windfeldveränderungen, die sich in den straßenparallelen Be- und Entlüftungssituationen widerspiegeln. Human-biometeorologisch ist dies sehr ungünstig.

Hinweise für die Planung: Siehe Stadtklima, Vorrang für emissionsarme Energieversorgung

Gewerbe-/Industrieklima (implizit vorhanden)

Gewerbebetriebe mit den dazugehörigen Produktions-, Lager- und Umschlagstätten prägen das Mikroklima maßgeblich. Bedingt durch den hohen Versiegelungsgrad in Kombination mit erhöhten Emissionen an Produktionsstätten kommt es verstärkt zu lufthygienischen und human-bioklimatischen Belastungssituationen. Zu diesen Flächen zählen auch häufig Sonderflächen, wie militärisch genutzte Flächen usw.

Hinweise für die Planung: Dach- und Fassadenbegrünung anstreben. Begrünung von Parkplätzen, Flächenbegrünung, Grünvernetzung, Entsiegelung, durchgängige Belüftungsstrukturen erhalten/schaffen, Beschränkung auf emissionsarme Betriebe, emissionsarme Energieversorgung, z. B. Fernwärme.

Gleisanlagen (implizit vorhanden)

Extremer Lufttemperaturtagesgang, trocken, nachts mögliche Kaltluftleitbahnen, geringe Strömungshindernisse.

Hinweise für die Planung: Von Emittenten und bei Umnutzung von erhöhter Rauigkeit freihalten. Flächenbegrünung vorsehen zum Erhalt der hochwertigen Funktion.

Klimaphänomene nach VDI RL 3787 Blatt 1:

Kaltluftbahn/ Kaltluftabflussrichtung

Der Kaltluftabfluss ist ein thermisches, während der Nacht induziertes Windsystem (Hangabwind). Dabei fließt die am Hang bodennah erzeugte Kaltluft ab. Diese, durch Temperatur- und Dichteunterschiede entstehenden, bodennahen Kaltluftabflüsse, initiieren und/oder verstärken das nächtliche Windsystem. Generell beeinflusst Kaltluft das lokale Klima signifikant. Die vertikale Mächtigkeit der Kaltluftabflüsse ist auf wenige Dekameter beschränkt.

Neben der Stärke des Abflusses ist es entscheidend, ob durch die Kaltluft unbelastete (=Frischluft) oder belastete Luftmassen herab transportiert werden. Kaltluft kann sich zudem an Hindernissen aufstauen und in Senken und Tälern ansammeln (Sammelgebiete). In der Regional- und Stadtplanung sind Entstehungsgebiete, Sammelgebiete und Abflüsse der Kaltluft zu berücksichtigen.

Luftleitbahn

Durch Ausrichtung, Oberflächenbeschaffenheit und Breite stellt eine Luftleitbahn eine bevorzugte Fläche für den bodennahen Luftmassentransport dar. Luftleitbahnen, häufig auch als Ventilationsbahn bezeichnet, sind durch geringe Rauigkeit (keine hohen Gebäude, nur einzeln stehende Bäume), möglichst geradlinige oder nur leicht gekrümmte Ausrichtung und größere Breite (möglichst in einem Längen-/Breitenverhältnis 20:1) gekennzeichnet. Sie ermöglichen den Luftmassenaustausch zwischen Umland und Stadt. Die Wirksamkeit hängt von der Windverteilung ab, in Kombination mit der Ausrichtung der Luftleitbahn. Ferner können Luftleitbahnen vor allem bei Schwachwindlagen von großer Bedeutung für die klimatische Entlastung innerstädtischer Gebiete sein. Das Relief kann die Funktion als Luftleitbahn unterstützen. Effiziente Luftleitbahnen werden z. B. durch breite Flussauen gebildet. Breite, geradlinige Straßen oder Bahnanlagen können auch Luftleitbahnen darstellen. Luftleitbahnen können je nach Nutzung und Emissionseintrag lufthygienisch und thermisch beeinträchtigt sein.

6.2 Legende der Klimafunktionskarte

Die Legende der Klimafunktionskarte beschreibt sowohl die thermische (Farbkodierung), als auch die dynamische (Schraffur und Symbolik) Komponente des Stadtklimas im Untersuchungsraum.

Thermische Komponente:

	Kategorie	Name	Beschreibung
Klimakologische Wertigkeit +		Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiet	Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Freilandklima . Hoch aktive, vor allem kaltluftproduzierende Flächen im Außenbereich; Größtenteils mit geringer Rauigkeit und entsprechender Hangneigung.
		Frischlufteutstehungsgebiet	Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Waldklima . Flächen ohne Emissionsquellen; Hauptsächlich mit dichten Baumbestand und hoher Filterwirkung.
		Misch- und Übergangsklimate	Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Klima innerstädtischer Grünflächen . Flächen mit sehr hohem Vegetationsanteil, geringe und diskontinuierliche Emissionen; Pufferbereiche zwischen unterschiedlichen Klimatopen.
		Überwärmungspotential	Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Vorstadtklima . Baulich geprägte Bereiche mit versiegelten Flächen, aber mit viel Vegetation in den Freiräumen; Größtenteils ausreichende Belüftung.
		Moderate Überwärmung	Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Stadtklima . Dichte Bebauung, hoher Versiegelungsgrad und wenig Vegetation in den Freiräumen; Belüftungsdefizite.
-		Starke Überwärmung	Orientierung nach VDI Klimaeigenschaft: Innenstadtklima . Stark verdichtete Innenstadtbereiche/City, Industrie- und Gewerbeflächen mit wenig Vegetationsanteil und fehlender Belüftung.

Dynamische Komponente:

Kategorie	Name	Beschreibung
	Land-See-Windeffekt (hoch)	Bereiche mit hohem Land-See-Windeffekt.
	Land-See-Windeffekt (gering)	Bereiche mit geringem Land-See-Windeffekt.
	Kaltluftbahn/ Kaltluftabflussrichtung	Thermisches, während der Nacht induziertes Windsystem (Hangabwind). Dabei fließt die am Hang bodennah erzeugte Kaltluft ab. Das Pfeilsymbol entspricht der Abflussrichtung.
	Durchlüftung/ Durchlüftungsbahn	Neben Luftleitbahnen auch Gleisanlagen, breite Straßen, Flussläufe etc. die als zusätzliche Bahnen belüftend wirken. Kanalisierung von Luftströmungen.

Abbildung 6: Legende der Klimafunktionskarte Stadt Überlingen.

6.3 Klimafunktionskarte

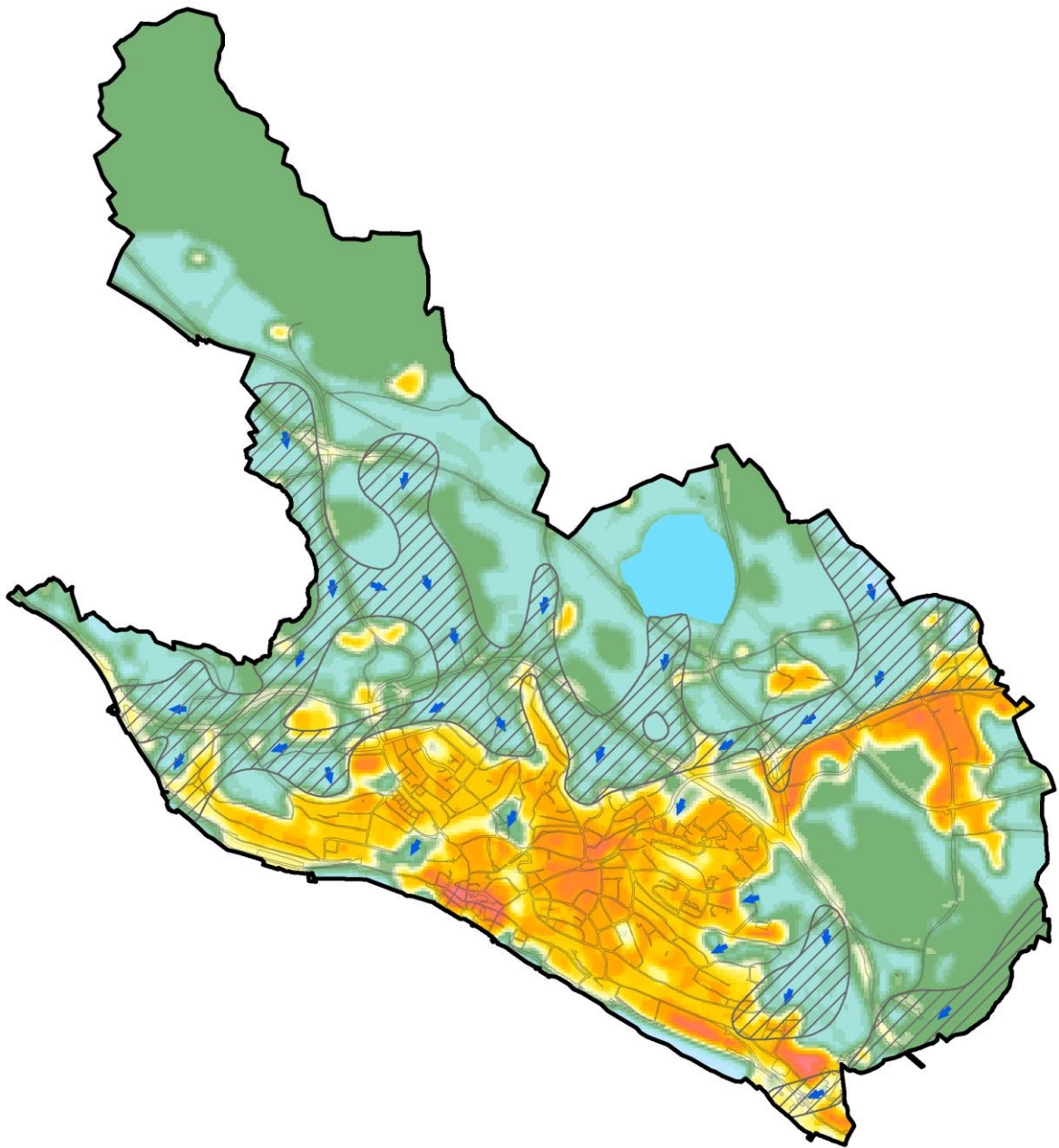


Abbildung 7: Klimafunktionskarte Stadt Überlingen, ohne Maßstab (Original in Anhang).

7. Planungshinweiskarte (PHK)

Die Bewertung der im Analyseprozess gewonnenen Erkenntnisse in einer für die Richt-, Rahmennutzungs- und Sondernutzungsplanung verständlichen „Sprache“, fördert eine erfolgreiche Einbindung stadtklimatischer Anforderungen in Planungsprozesse.

Die bewertenden Stufen der PHK beinhalten Hinweise bezüglich der klimatischen Empfindlichkeit von Flächen gegenüber nutzungsändernden Eingriffen oder Bebauungsänderungen.

7.1 Beschreibung der räumlichen Planungshinweise

Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung

Dies sind vor allem klimaaktive Freiflächen mit direktem Bezug zum Siedlungsraum, wie innerstädtische und siedlungsnahen Grünflächen oder solche, die im Einzugsgebiet eines Berg-/Talwindsystems bzw. der lokalen oder regionalen Belüftung liegen.

Diese Gruppe umfasst des Weiteren nicht bebaute Täler, insbesondere deren Talsohlen und Geländeeinschnitte, in denen ein Kaltluftabfluss auftritt. Diese Gebiete sind mit hohen Restriktionen gegenüber Bebauung belegt. Außerdem sind große zusammenhängende Freiflächen aus klimatisch-lufthygienischen Gründen für den Ballungsraum von großer Wichtigkeit.

Die genannten Flächentypen sind mit einer hohen Empfindlichkeit gegenüber nutzungsändernden Eingriffen bewertet; das heißt bauliche und zur Versiegelung beitragende Nutzungen führen zu bedenklichen klimatischen Beeinträchtigungen. Dasselbe gilt für Maßnahmen, die den Luftaustausch behindern.

Sollten trotz klimatischer Bedenken in solchen Gebieten Planungen in Erwägung gezogen werden, sind dafür klimatisch-lufthygienische Sondergutachten unbedingt notwendig.

Ausgleichsraum

Diese Freiflächen haben entweder keine direkte Zuordnung zum Siedlungsraum, das heißt, dort entstehende Kalt- und Frischluft fließt nicht direkt in Richtung bebauter Gebiete, oder es liegt nur eine geringe Kaltluftproduktion vor. Für eine möglichst geringe klimatische Beeinträchtigung ist die Erhaltung von Grünflächen und Grünzügen zu empfehlen.

Sie sind mit geringerer Empfindlichkeit gegenüber nutzungsändernden Eingriffen bewertet. Auf derartigen Flächen ist aus klimatischer Sicht eine maßvolle Bebauung, die den regionalen Luftaustausch nicht wesentlich beeinträchtigt, möglich.

Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion

Hierbei handelt es sich um bebaute Gebiete, die aufgrund ihrer Lage und ihrer Bebauungsart klimarelevante Funktionen übernehmen. Darunter fallen z. B. locker bebaute und durchgrünte Siedlungen oder Siedlungsränder, die nachts entsprechend abkühlen und relativ windoffen sind oder gut durchlüftete verdichtete Siedlungsbereiche (z. B. Kuppenlagen).

Diese Gebiete führen weder zu intensiver thermisch-lufthygienischer Belastung, noch zu Beeinträchtigungen des Luftaustauschs und weisen im Allgemeinen geringe klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeiten gegenüber Nutzungsintensivierungen auf.

Damit sind z. B. Arrondierungen an den Siedlungsrändern und das Schließen von Baulücken gemeint, wobei die in diesem Gebiet vorhandene Dimension der Bebauung beibehalten werden sollte. Solche relativ geringfügigen und der Umgebung angemessenen Nutzungsänderungen ziehen keine wesentlichen klimatisch-lufthygienischen Änderungen nach sich.

Allerdings ist bei Planungen von Baumaßnahmen in diesen ausgewiesenen Flächen eine Beurteilung eines klimatisch-lufthygienischen Sachverständigen bezüglich der Dimensionierung und Anordnung von Bauwerken sowie der Erhaltung und Schaffung von Grün- und Ventilationsschneisen von Vorteil. Eine zusätzliche Versiegelung ist minimal zu halten und durch Schaffung von Vegetationsflächen sowie Dach- und Fassadenbegrünung auszugleichen.

Bebautes Gebiet mit klimatischen Nachteilen

Diese Ausweisung umfasst vornehmlich verdichtete Siedlungsräume, die klimatisch-lufthygienisch stark belastet sind; dazu zählen auch diejenigen bebauten Bereiche, in denen der Luftaustausch maßgeblich durch Bauwerke behindert ist.

Diese Gebiete sind unter stadtklimatischen Gesichtspunkten sanierungsbedürftig.

Als Aufwertungs- oder Sanierungsmaßnahmen kommen infrage:

Erhöhungen des Vegetationsanteils, Verringerungen des Versiegelungsgrads und Verringerungen des Emissionsaufkommens, insbesondere des Verkehrs und der Feuerungsanlagen. Zudem wird eine Schaffung oder Erweiterung von möglichst begrünten Durchlüftungsbahnen empfohlen; damit ist u. U. die Entfernung oder Verlagerung störender Bauwerke verbunden.

Bei allen Planungen innerhalb dieser Flächenausweisungen sind klimatisch-lufthygienische Gutachten notwendig.

7.2 Legende der Planungshinweiskarte

Die Legende der Planungshinweiskarte mit zugeordneten Planungshinweisen unterteilt die zusammengefassten Klimatope der Klimafunktionskarte in Hinblick auf den Umgang der entsprechenden Flächen aus stadtklimatischer Sicht.

	Kategorie	Name	Planungshinweise
schützen		Ausgleichsraum mit hoher Bedeutung	Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen. Diese Flächen stellen ein hohes Ausgleichspotenzial der städtischen Klimatope mit direkten Wirkzusammenhang dar. Hohe klimaökologische Wertigkeit (Kaltluftproduktion und -abfluss, Belüftung allgemein, thermische Entlastung). Weitere Bebauung und zur Versiegelung beitragende Nutzungen führen zu klimatischen Beeinträchtigungen der verdichteten Bereiche. Dasselbe gilt für Maßnahmen, die den Luftaustausch behindern (Bodenrauigkeit, Querbebauung). <i>Schützen und Funktionsfähigkeit aufrechterhalten, nach Möglichkeiten weitere Vernetzungen anstreben. Innerstädtische Potentialflächen über Schneisen und Vegetationsflächen verbinden.</i>
		Ausgleichsraum	Empfindlich gegenüber Nutzungsänderungen. Für eine möglichst geringe klimatische Beeinträchtigung sind die Erhaltung von Grünflächen und Grünzügen zu empfehlen. Vor allem die südlichen Hänge mit Waldgebiet können zur Verbesserung der Lufthygiene (Frischluftentstehung) beitragen. Weitere naturnahe Ausgleichsräume mit Abstand zur verdichteten Stadt haben positive regionale Wirkung. Klimabewusste Entwicklungen sind unter Beachtung des „Bodenverbrauchs“/ Klimaschutz durchführbar. Eine möglichst <i>geringe Gebäudehöhe, sowie windoffene Gebäudeanordnungen</i> sind zu empfehlen. In Bereichen der Luftleitbahnen wird ein klimatisches Gutachten empfohlen (Ausrichtung beachten!).
sanieren		Bebautes Gebiet mit klimarelevanter Funktion	Geringe klimatisch-lufthygienische Empfindlichkeiten gegenüber Nutzungsintensivierung. Bestehende <i>Belüftungsmöglichkeiten erhalten</i> (Schraffur und Pfeilsymbolik beachten) und sicherstellen, dass zusätzliche Emissionen keine nachteilige Wirkung auf Siedlungsräume nach sich ziehen. Durch <i>Dach- und Fassadenbegrünung</i> sowie Beibehaltung/ Ausbau von <i>Grünflächen</i> kann einer thermischen Belastung vorgebeugt werden. Allgemein Vegetationsanteil beachten und Siedlungsränder offenhalten; Vernetzungspotentiale der Ausgleichsräume durch vertiefende Stadtklimabetrachtung prüfen.
		Bebautes Gebiet mit klimatischen Nachteilen	Diese Gebiete sind unter stadtklimatischen Gesichtspunkten sanierungsbedürftig. Erhöhungen des Vegetationsanteils, Verringerungen des Versiegelungsgrads und Verringerungen des Emissionsaufkommens, insbesondere der Verkehrsemissionen. Zudem wird eine <i>Schaffung oder Erweiterung von möglichst begrünten Ventilationsbahnen</i> empfohlen, damit das lokale Belüftungssystem entlastend wirken kann. Porosität zum Obersee beachten um den Land-See-Windeffekt zu nutzen. Human-Biometeorologische Empfehlung: Schaffung und Erhalt lokaler Gunsträume (Freiräume mit Vegetation und Schatten), vor allem in Hinblick auf „Auswirkungen des Klimawandels“ und bei unzureichender Belüftung.

Abbildung 8: Legende der Planungshinweiskarte mit abgestimmten Planungshinweisen.

7.3 Planungshinweiskarte

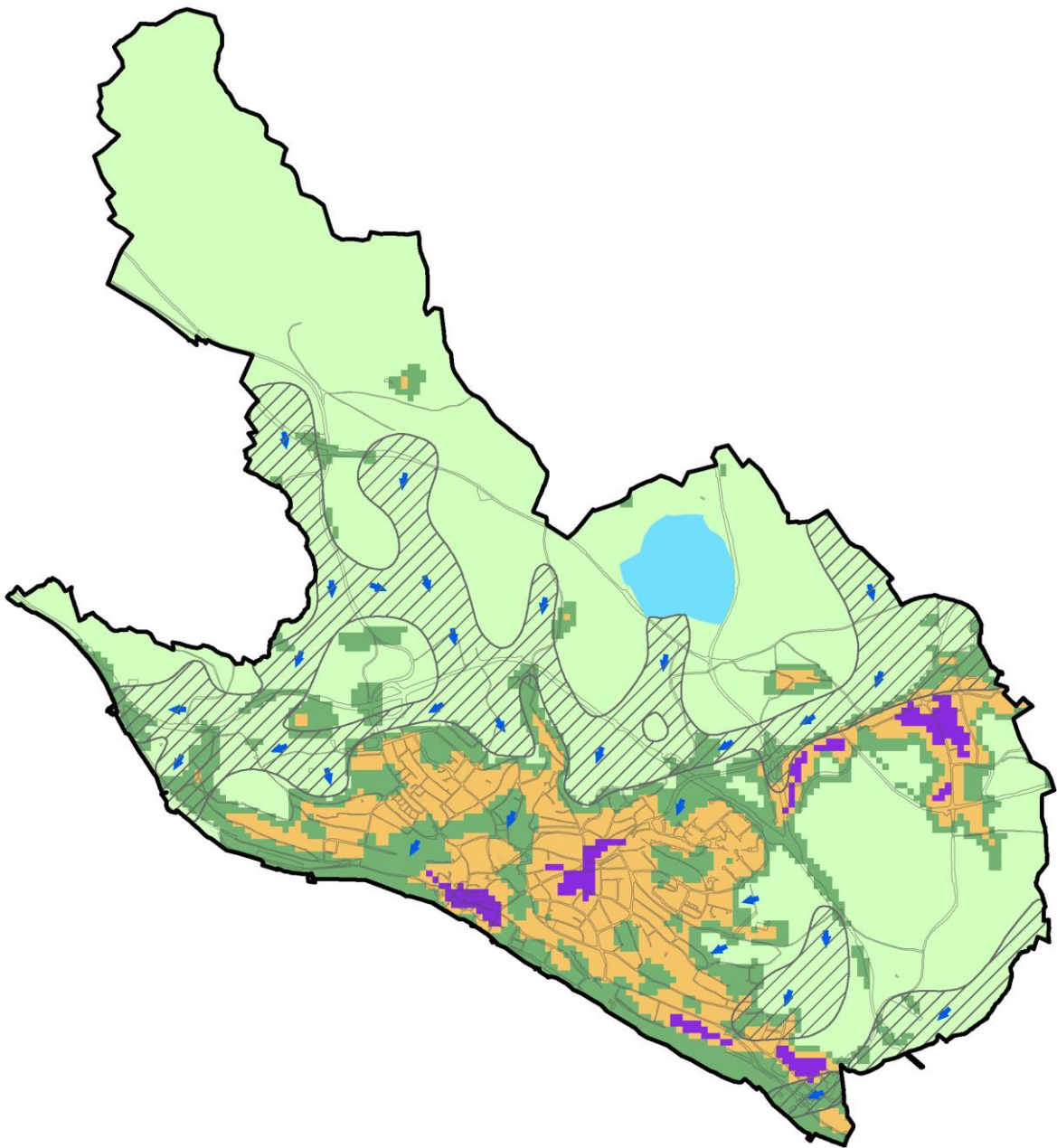


Abbildung 9: Planungshinweiskarte der Stadt Überlingen, ohne Maßstab (Original in Anhang).

8. Zukunft

Um für heutige Planungsprozesse eine klimabewusste und zukunftsfähige Ausrichtung zu realisieren, müssen Kenntnisse vorhanden sein, in welche Richtungen sich die klimatologischen Trends entwickeln und welche Auswirkungen diese auf den konkreten Planungsraum haben können.

Um diesen Trend der wahrscheinlich eintretenden Veränderungen zu veranschaulichen, wurden aufbauend auf der detaillierten Klimaanalyse der Ist-Situation (Klimafunktionskarte Stadt Überlingen, Kapitel 7.3) zwei Szenarien entwickelt. Für beide Szenarien gilt die Legende der KFK (Abbildung 16).

Szenario I

Im ersten Szenario für die nahe Zukunft „Bauliche Entwicklung“ wurde die Grundlage der Analyseschritte, die Landnutzung, durch die zukünftige Bebauungssituation laut der aktuellen Fortschreibung des Regionalplans des Regionalverbands Bodensee-Oberschwaben als Eingangsdatensatz in die Berechnung integriert. Hierdurch werden die rein baulich verursachten Veränderungen der Vorranggebiete für Wohnungsbau (Hildegardring/ Nellenbachstraße und Owinger Straße/ Alte Owinger Straße) und des Vorranggebietes für Industrie und Gewerbe (Reuterweg / L200) innerhalb der Klimatope dargestellt.

Da für die zukünftigen Flächen keine Gebäudeinformationen vorliegen wurden diese Parameter über Mittelwerte, bzw. in Anlehnung des Dichtetyps abgebildet. Die fehlenden Gebäudedaten der Flächen des Szenario I führten aus technischen Gründen dazu, dass eine horizontale Rasterauflösung von 40m je Rasterzelle erreicht wurde (im Vergleich: KFK Stadt Überlingen Rastergröße = 20m). Eine direkte Gegenüberstellung soll vermieden werden, das Ablesen der möglichen Trends und Entwicklungen ist jedoch gesichert.

Szenario II

Für die Berechnung des Szenario II „Klimawandel“ wurden Daten aus dem 5. Sachstandsberichtes des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) genutzt. Der IPCC fasst den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand der Klima- und Klimafolgenforschung zusammen. Als Eingangsdaten für das statistische Downscaling wurde auf Ergebnisse von EURO-CORDEX (Coordinated Downscaling Experiment - European Domain) zurückgegriffen. Dabei wurde vom Worst-Case-Szenario RCP8.5 ausgegangen.

Dargestellt wird die projizierte Klimaerwärmung für die Stadt Überlingen in der fernen Zukunft (2071-2100).

Durch den Klimatrend treten unterschiedliche Veränderungen in Abhängigkeit der Nutzungsart und Lage auf. Vor allem steigert sich der Effekt der städtischen Wärmeinsel. Urbane Gebiete, geprägt von künstlichen Baumaterialien wie Asphalt, Beton etc. werden zukünftig besonders stark betroffen sein (Kuttler 2011). In der

Stadt Überlingen sind dies vor allem die dicht bebauten, städtischen Gebiete sowie die großflächigen Gewerbe- und Industrieflächen.

Locker besiedelte Gebiete mit einem hohen Vegetationsanteil auf den Flächen sind weniger stark von der Überhitzung betroffen, allerdings sind die Auswirkungen auch auf Naturflächen festzustellen.

Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete werden durch die ebenfalls projizierten längeren Trockenperioden einen leichten Verlust ihrer Funktionsfähigkeit erleiden. Dies trifft vor allem auf die Waldflächen in den Hanglagen zu.

Im Gegensatz dazu werden die Kaltluftentstehungsgebiete über Freilandflächen, die besonders entscheidend für den Kaltluftabfluss sind, wahrscheinlich ihre Funktion weiterhin erfüllen können. Somit sind für den Kaltluftabfluss nahezu keine Einschränkungen zu erwarten. Er sollte demnach besonders geschützt werden, da er in Zukunft eine noch höhere Bedeutung für das Stadtklima haben wird als bisher.

8.1 Szenario I (nahe Zukunft „Bauliche Entwicklung“)

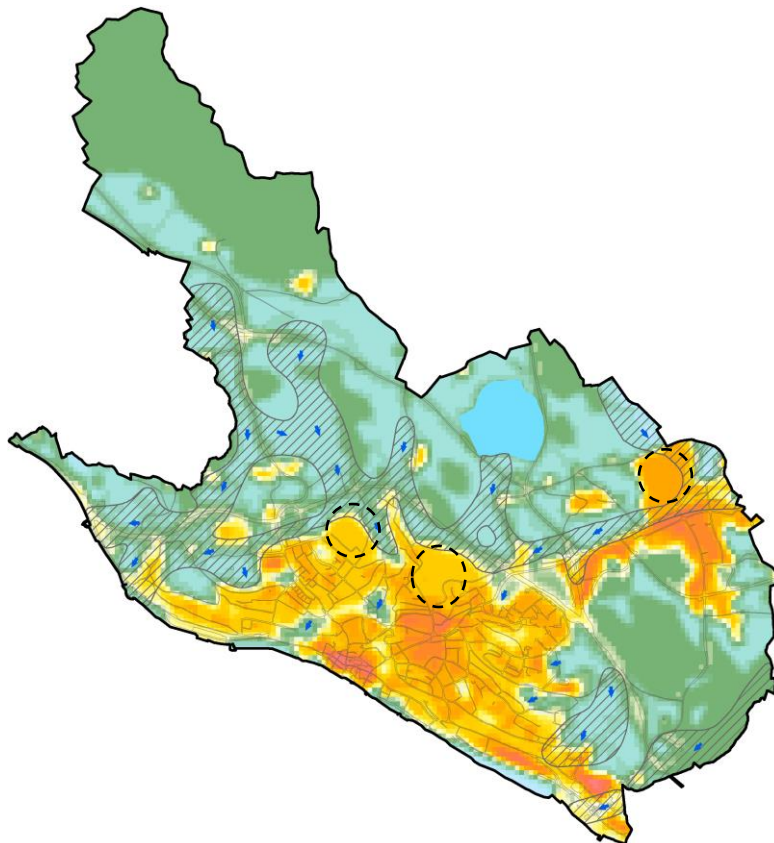


Abbildung 10: Stadt Überlingen Szenario I „Bauliche Entwicklung“, ohne Maßstab (Original in Anhang).

8.2 Szenario II (ferne Zukunft „Klimawandel“)

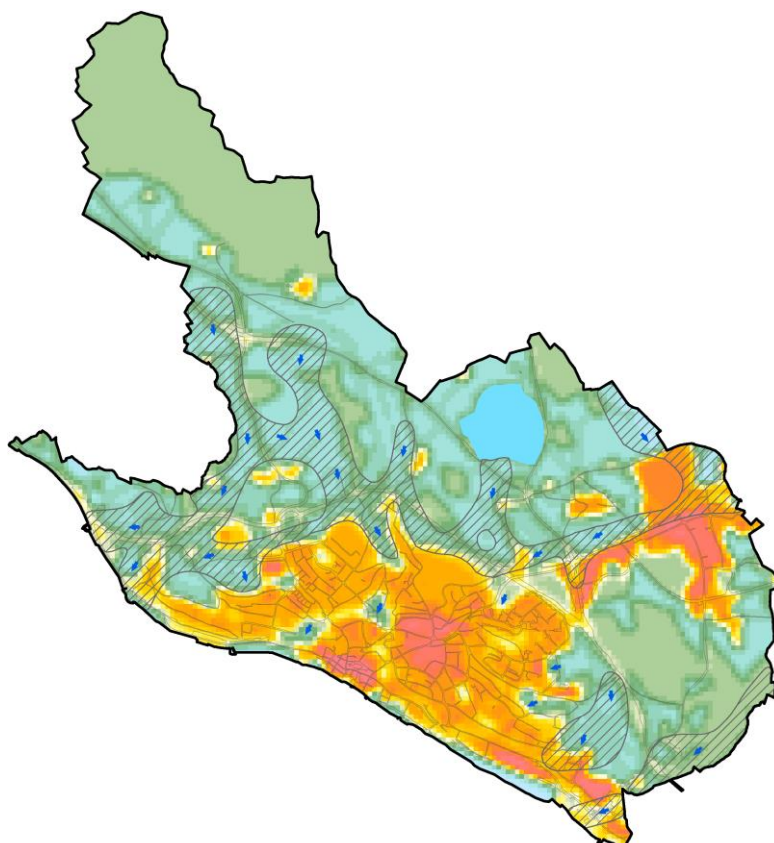


Abbildung 11: Stadt Überlingen Szenario II „Klimawandel“, ohne Maßstab (Original in Anhang).

9. Schlussbetrachtung

Das aufbereitete Kartenmaterial bietet die Voraussetzung, auf klimatische Belastungssituationen planerisch zu reagieren und zukünftige Umsetzungen im Sinne einer klimabewussten Ausrichtung zu begleiten. Die Analysekarte (Klimafunktionskarte) beantwortet Fragestellungen zu klimatischen Wechselwirkungen im mesoklimatischen Maßstab. Informationen über die real vorhandenen Gegebenheiten in der Ist-Situation sind darin abrufbar und werden zur Bewertung der Belüftungsverhältnisse sowie der thermischen Bedingungen zusammengeführt.

Daraus abgeleitet wurde die Planungshinweiskarte, als bewertende und vereinfachende Karte für den Planungsprozess mit konkreten Hinweisen zum Erhalt, bzw. zur Verbesserung der klimatischen Bedingungen entwickelt.

Informationsgewinn aus der Klimafunktionskarte:

Flächig dargestellte Potenzial- und Defizitbereiche können aufgrund der feinen Auflösung (20 Meter-Raster) räumlich verortet werden. Vor allem urbane Gebiete mit wenig Vegetation, hoher Versiegelung und dichtem Gebäudebestand (Altstadt) werden in hohe Belastungskategorien eingestuft. Ähnlich belastet sind die Verhältnisse in den weiter nördlich und östlich liegenden Gewerbe- und Industriearealen. Der große Anteil durchgrünter Wohnquartiere führt zu moderaten Belastungsstufen. Besonders die von Norden herabfließende Kaltluft versorgt große Teile der bebauten Gebiete.

Planerische Empfehlungen aus der Planungshinweiskarte:

Die Potenzialbereiche wurden auf Grund ihrer Wirksamkeit kategorisiert. Ausgleichsräume mit hoher Bedeutung sind im direkten Wirkzusammenhang mit Belastungsbereichen zu finden und haben die höchsten Auflagen, während Ausgleichsräume/ Naturräume, die keinen unmittelbaren Bezug zur Bebauung haben, andere Planungshinweise enthalten. Allgemein reichen die Hinweise von „sichern und schützen“ (-> sensible Bereiche mit direktem Bezug zu Defizitbereichen, die in ihrer Funktion unbedingt erhalten werden sollten), bis hin zu „klimabewusste Entwicklungen möglich“ (-> Bereiche, die zwar in der Fläche eine hohe klimaökologische Wertigkeit haben, aber unter gewissen Gesichtspunkten Entwicklungsmöglichkeiten bieten).

Analog zu den Potenzialbereichen/ Ausgleichsräumen wurden die bebauten Gebiete mit klimatischen Defiziten in zwei Kategorien unterteilt. „Bebautes Gebiet mit klimatischer Funktion“ bezeichnet Flächen, die unter bestimmten Aspekten nutzungsintensiviert werden können, wobei stets der Zusammenhang zu benachbarten Arealen berücksichtigt werden muss und vertiefende Betrachtungen empfohlen werden. „Bebautes Gebiet mit klimatischen Nachteilen“ hingegen sind die Bereiche der höchsten Belastungsstufe, die aus Sicht der Stadtklimatologie

sanierungsbedürftig sind. Dies spiegelt sich vor allem in den angefertigten Szenarien wider. Hier sind kleinräumige Aufwertungen (Freiräume mit Vegetation und Schatten) zu empfehlen und eine Vernetzung von Belüftungsstrukturen anzustreben. Vor allem die Altstadt mit der höchsten thermischen Belastung (dies gilt sowohl in den Nachtstunden als auch in den Tagstunden) ist aufgrund ihrer Nutzung als Wohnstandort und touristischer Nutzung besonders vulnerabel und sollte dringend an die klimatischen Extremsituationen angepasst werden. Aufgrund der fehlenden Belüftung könnten hier hauptsächlich schattenspendende Maßnahmen und Entsiegelung zielführend sein. Die potenziellen Siedlungserweiterungen sollten hinsichtlich der Belüftung und somit der Bebauungsstruktur genau analysiert werden, während die Tendenzen der Klimaerwärmung eindeutig eine Flächenerweiterung der Belastungsklimatope mit sich bringen wird. Bei komplexen Fragestellungen innerhalb der verbindlichen Bauleitplanung reicht die hier gewählte Genauigkeit nicht aus. Entsprechend der Planungshinweiskarte kann in diesen Gebieten eine vertiefende mikroklimatische Analyse notwendig sein.

Abschließend ist festzustellen, dass die analysierte Stadt Überlingen sehr stark von den regionalen Gegebenheiten profitiert. Neben dem Land-See-Wind, der in dieser Studie nicht im Detail untersucht wurde, findet ein Zusammenspiel von nächtlichen Kaltluftabflüssen statt, die schon in den frühen Abendstunden im bebauten Gebiet wirken. Für die Stadt Überlingen findet demnach eine günstige nächtliche Abkühlung zu vergleichbar großen Städten in anderer Lage statt.

Auch die Erkenntnisse der zukünftigen Szenarien bilden klimaökologische Potenziale ab. Dennoch wird die Hitzebelastung auch in Überlingen relevant.

Die extrem hohen Temperaturen im Sommer 2018 und 2019 weisen auf den Handlungsbedarf hin, der in den analysierten Überwärmungsgebieten besteht. Der öffentliche Raum sollte so gestaltet werden, dass er auch bei heißen Wetterlagen attraktiv bleibt und kleinklimatische Oasen für eine lebenswerte Stadt bietet.

10. Literatur

Baugesetzbuch (BauGB):

Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), zul. geändert 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474).

Baumüller, J.; Hoffmann, U.; Reuter, U. 1995:

Städtebauliche Klimafibel, Hinweise für die Bauleitplanung Folge 2. Stuttgart: Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg.

Brandenburg C., Matzarakis, A., 2007:

Das thermische Empfinden von Touristen und Einwohnern der Region Neusiedler See. In: Matzarakis, A., Mayer, H. (Eds.), Proceedings zur 6. Fachtagung BIOMET. Ber. Meteor. Inst. Univ. Freiburg Nr. 16, 67-72.

DWD 2011:

Frankfurt am Main im Klimawandel - Eine Untersuchung zur städtischen Wärmebelastung.

http://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaforschung/klimawirk/stadtpl/projekt_frankfurt/stadtpl_ffm_node.html, zugegriffen am 17.11.2016

DWD 2016:

Das Kaltluftabflussmodell KLAM_21. Deutscher Wetterdienst, Klima- und Umweltberatung.

Früh B., P. Becker, T. Deutschländer, J.-D. Hessel, M. Koßmann, I. Mieskes, J. Namyslo, M. Roos, U.

Sievers, T. Steigerwald, H. Turau, U. Wienert, 2011:

Estimation of climate change impacts on the urban heat load using an urban climate model and regional climate projections. Journal Applied Meteorology and Climatology, Vol. 50, No. 1, 167-184.

Häckel H. 1985:

Meteorologie. UTB – Ulmer, Stuttgart.

HMUELV 2011:

1. Fortschreibung, Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main Teilplan Frankfurt am Main.

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden.

Hupfer P., Kuttler, W. 1998:

Witterung und Klima B.G. Teubner Stuttgart.

Höppe, P. 1999:

The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. Int. J. Biometeorol. 43, 71-75.

Katzschner, L. 2004:

Beitrag der Stadtklimatologie zu den Zielen einer neuen Urbanität UVP Report, Nr. 1/2004, Hamm.

HMUELV 2011:

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 1. Fortschreibung Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Kassel, Wiesbaden April 2011.

Katzschner, L.; Katzschner, A.; Kupski, S. 2010:

Abschlussbericht des BMBF Verbundprojekts KLIMES. Teilvorhaben Planerische Bewertung der kleinräumigen Stadtklimaanalyse zur Umsetzung der Maßnahmen „Anpassung an Klimaextreme“, Universität Kassel.

Katzschner, L 2011:

Urban Climate Strategies Against Future Heat Stress Conditions. Resilient Cities: Cities and Adaptation to Climate Change. Proceedings of the Global Forum 2010. K. Otto-Zimmermann. Dordrecht, Heidelberg, London, New York, Springer: 79-89.

- Kirchhof, W., Kupski, S. 2019:
Stadtklimaanalysen zur Förderung von Klimaschutz und Klimaanpassung. Schwerpunktbeitrag UVP-report 32(4) | 2018. UVP-Gesellschaft e.V., Paderborn, Juni 2019.
- Kupski S. 2017:
Klimagerechte Materialien – Hitze Hotspot Stadt. Natürlich Technik: Mit neuen Materialien dem Klimawandel trotzen. In Garten + Landschaft 07/2017, Georg D.W. Callwey GmbH & Co. KG, München.
- Kuttler, W. 2011:
Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 1, Wirkungen; Climate change in urban areas, Part 1, Effects. In: Environmental Sciences Europe (ESEU), Springer open, DOI: 10.1186/2190-4715-23-11, S. 1-12.
- Kuttler, W. 2013:
Klimatologie, Schöningh UTB, Paderborn
- Lohmeyer, A. 2008:
Klimafunktions- und Klimaplanungskarten, Lohmeyer Aktuell, 20/2008, Karlsruhe.
- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (ehem. MUNLV NRW) 2010:
Handbuch Stadtklima– Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Düsseldorf.
- OKE, T. R. 2006:
Boundary layer climates. Routledge. London. New York.
- Robel F., Hoffmann U., Riekert A., 1978:
Daten und Aussagen zum Stadtklima von Stuttgart auf der Grundlage der Infrarot Thermographie Beiträge zur Stadtentwicklung Nr. 15, Landeshauptstadt Stuttgart.
- Stadt Frankfurt am Main 2009:
Klimaplanatlas der Stadt Frankfurt am Main. Universität Kassel.
- TA Luft 2002:
Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) vom 24.07.2002 (GMBI. S. 511).
- Umweltbundesamt 2015:
Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel, Climate Change 24/2015, Dessau-Roßlau.
- VDI 2008:
Richtlinie 3785 Blatt 1 Umweltmeteorologie – Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI 2015:
Richtlinie 3787 Blatt 1 Umweltmeteorologie – Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI 2008:
Richtlinie 3787 Blatt 2 Umweltmeteorologie – Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung – Teil I: Klima. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

11. Anlage

(Din A2; Maßstab 1:20.000)

- Klimafunktionskarte Stadt Überlingen
- Planungshinweiskarte Stadt Überlingen

(Din A3; Maßstab 1:30.000)

- Szenario I (Nahe Zukunft „Bauliche Entwicklung“)
- Szenario II (Ferne Zukunft „Klimawandel“)