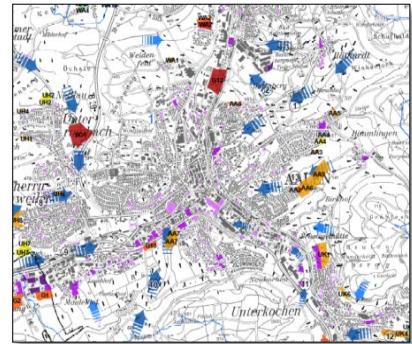
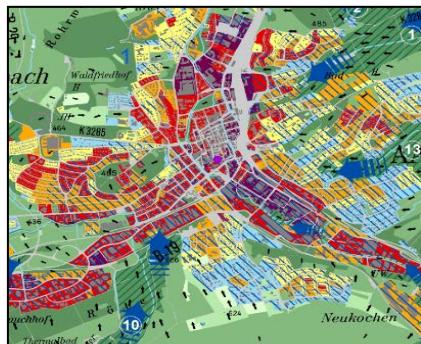


Klimagerechtes Flächenmanagement Stadt Aalen



KSI: Klimaschutzkonzept „Klimagerechtes Flächenmanagement“

Förderkennzeichen: 03K03483

Förderzeitraum: 01.10.2016-21.01.2018

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Stadtverwaltung Aalen
Grünflächen und Umweltamt / Stadtplanungsamt
Marktplatz 30
73430 Aalen



Erstellt von:
GEO-NET Umweltconsulting GmbH, Hannover

Veröffentlichung: Januar 2018





Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	II
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS	VI
1. EINFÜHRUNG.....	7
1.1 Hintergrund	7
1.2 Projektziele und -ablauf.....	7
1.3 Beteiligungsprozess	8
2. BESTANDSAUFNAHME	10
2.1 prognostizierte Bevölkerungsentwicklung und zukünftiger Flächenbedarf.....	10
2.2 Projizierter Stadtklimawandel	11
2.3 Flächenpotenziale.....	15
2.3.1 FNP-Potenzialflächen.....	15
2.3.2 Baulücken	16
3. POTENZIAL-/STADTKLIMAANALYSE	18
3.1 Vorgehensweise	18
3.1.1 Eingangsdaten für die Klimamodellierung.....	19
3.1.2 Abgrenzung und Bewertung der klimaökologisch wirksamen Nutzungsstrukturen	20
3.2 Methoden.....	21
3.2.1 Das Mesoskalige Klimamodell FITNAH-3D.....	21
3.2.2 Die Messkampagne	23
3.2.3 Weiterentwicklung gegenüber der Klimaanalyse von 1989	24
3.3 Ergebnisse	24
3.3.1 Modellergebnisse für zentrale Klimaparameter.....	24
3.3.2 Ergebniss der Messkampagne 2017	33
3.4 Synthesekarten.....	56
3.4.1 Klimaanalysekarte	56
3.4.2 Planungshinweiskarte.....	58



4. FLÄCHENMANAGEMENTSTRATEGIE UND MAßNAHMENKATALOG	71
4.1 Flächenmanagementstrategie	71
4.1.1 Grundsätzliches Vorgehen.....	71
4.1.2 zeichnerische Darstellung.....	74
4.1.3 Erläuterungstext	74
4.2 Maßnahmenkatalog	78
4.2.1 Cluster I: Verbesserung der Durchlüftung	78
4.2.2 Cluster II: thermisches Wohlbefinden	81
4.2.3 Cluster III: sonstige Maßnahmen.....	91
4.3 Verknüpfung der Flächenmanagementstrategie mit der vorliegenden städtischen Bewertung.....	92
4.4 Vertiefungsgebiete	93
4.4.1 Vertiefungsgebiet Ost (Taufbachtal)	93
4.4.2 Vertiefungsgebiet Süd-West (Heuchelbachtal)	95
4.4.3 Vertiefungsgebiet West (Sauerbachtal)	98
5. CONTROLLING UND KOMMUNIKATION.....	101
5.1 Controlling-Konzept.....	101
5.2 Strategie zur Kommunikation des Anpassungskonzeptes in die Stadtgesellschaft	102
6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	104
QUELLENVERZEICHNIS	105
ANHANG.....	108
Anhang 1. Klimaanalysekarte	108
Anhang 2. Planungshinweiskarte	108
Anhang 3. Klimagerechte Flächenmanagementstrategie	108
Anhang 4. Gesamtbewertung der FNP Potenzialflächen	111



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematischer Projektablauf. Quelle: Eigene Darstellung	8
Abbildung 2: Bevölkerungsstand in den Stadtteilen. Quelle: Jahresrückblick 2016, Statistikamt Aalen.	10
Abbildung 3: Anthropogener Strahlungsantrieb (RF) verschiedener IPCC-Klimaszenarien RCP, Quelle: Klimanavigator 2017	12
Abbildung 4: Mittlere Anzahl an heißen Tagen je Jahr für RCP 8.5. Quelle: Eigene Auswertungen.	13
Abbildung 5: Schema der Wertzuordnung zwischen Flächen- und Punktinformation. Quelle: Eigene Auswertungen.	14
Abbildung 6: Gegenüberstellung der FNP-Potenzialflächen nach Anzahl und Fläche in Prozent je Ortsteil.	16
Abbildung 7: Vorgehensweise Klimamodellierung	18
Abbildung 8: Schema der Wertzuordnung zwischen Flächen- und Punktinformation	20
Abbildung 9: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen	23
Abbildung 10: Nächtliches Strömungsfeld in einem Ausschnitt des Stadtgebiets Aalen (im Hintergrund: TK 50)	28
Abbildung 11: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom	29
Abbildung 12: Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom in einem Ausschnitt des Stadtgebiets Aalen (im Hintergrund: TK 50)	30
Abbildung 13: Wärmebelastung am Tage in der Kernstadt heute und für das Jahr 2030 mit beispielhaften Werten verschiedener Nutzungsstrukturen (im Hintergrund: TK50)	32
Abbildung 14: Messstation LUBW – Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit (10 m ü G.). Vergleich der Zeiträume 2007 – 2016 und 24.05. – 16.10.2017	33
Abbildung 15: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit (4.5 bzw. 10 m ü.G.). Zeitraum 24.05. – 16.10.2017, alle Tage	35
Abbildung 16: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit (4,5 bzw. 10 m ü. G.). Zeitraum 24.05. – 16.10.2017, Strahlungstage	36
Abbildung 17: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit (4,5 bzw. 10 m ü. G.). Zeitraum 24.05. – 16.10.2017, Strahlungstage - Tagsituation	37
Abbildung 18: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit (4,5 bzw. 10 m ü. G.). Zeitraum 24.05. – 16.10.2017, Strahlungstage – Nachsituation	37
Abbildung 19: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit (4,5 bzw. 10 m ü. G.). Zeitraum 24.05. – 16.10.2017, heiße Tage	38
Abbildung 20: Mittlere Tagesgänge der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit. Zeitraum 24.05. – 16.10.2017, Strahlungstage	40
Abbildung 21: Mittlere Tagesgänge der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit. Zeitraum 24.05. – 16.10.2017, heiße Tage	40
Abbildung 22: Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 28.-29.05.2017	41
Abbildung 23: Fotografische Dokumentation. Messfahrzeug mit Psychrometer der Fa. Ahlborn	43
Abbildung 24: Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 05.-06.07.2017	44
Abbildung 25: Ergebnisse profilihaft angelegter Lufttemperaturmessfahrten am 05.07.2017, 22:00 Uhr	45
Abbildung 26: Ergebnisse profilihaft angelegter Lufttemperaturmessfahrten am 06.07.2017, 01:00 Uhr	46
Abbildung 27: Vergleich der Ergebnisse profilihaft angelegter Lufttemperaturmessfahrten (05.07.2017) mit den numerisch berechneten Lufttemperaturverteilungen für eine windschwache, sommerliche Strahlungsnacht	47
Abbildung 28: Fotografische Dokumentation – Fesselballon mit Messgerät am Standort Schelhopen	48
Abbildung 29: Fotografische Dokumentation – kaltluftbedingte Ausbreitung von Rauschschwaden und Messgerät zur Erfassung der Windgeschwindigkeit	49
Abbildung 30: Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 29.-30.08.2017	50
Abbildung 31: Standorte der Vertikalsondierungen am 29.-30.08.2017	51
Abbildung 32: Ergebnisse der Vertikalsondierungen am 29.08.2017, Standorte 1 und 2	52



Abbildung 33: Ergebnisse der Vertikalsondierungen am 29-30.08.2017, Standorte 3 und 4	53
Abbildung 34: Ergebnisse der Vertikalsondierungen am 30.08.2017, Standort 5	54
Abbildung 35: Ergebnisse von Rauchschwadenbeobachtungen mit Windgeschwindigkeitsmessungen am 29.- 30.05.2017	55
Abbildung 36: Klimaanalysekarte für einen Ausschnitt des Aalener Stadtgebiets	57
Abbildung 37: Veranschaulichung der Standardisierung zur vergleichenden Bewertung von Parametern (z- Transformation)	59
Abbildung 38: Auswahl von Ortslagen für den planungsrelevanten Stadtklimaeffekt	59
Abbildung 39: Bewertungsschema zur bioklimatischen Bedeutung von Grünflächen in der Nacht	63
Abbildung 40: Bewertungsschema zur bioklimatischen Bedeutung von Grünflächen am Tage	65
Abbildung 41: Planungshinweiskarte für einen Ausschnitt des Aalener Stadtgebiets	68
Abbildung 42: Zusammenhang zwischen den Potenzialflächen, Entwicklungsmöglichkeiten und Flächenmanagementstrategie. Quelle: Eigene Darstellung.	71
Abbildung 43: Statistische Auswertung der FNP-Potenzialflächen nach ihrer Bedeutung für die klimaökologischen Funktionen. Ist und zukünftiger Zustand mit Berücksichtigung des Klimawandels und zukünftiger Bebauung.	72
Abbildung 44: Statistische Auswertung der Baulücken-Potenzialflächen nach ihrer Bedeutung für die klimaökologischen Funktionen. Ist und zukünftiger Zustand mit Berücksichtigung des Klimawandels.	73
Abbildung 45: Verknüpfung der Bewertungsstufen im gegenwärtigen Zustand und unter zukünftigen Bedingungen. Quelle: Eigene Darstellung.	74
Abbildung 46: Überblick über die prozentuale Verteilung der FNP-Potenzialflächen und Baulücken in den Flächenmanagementstrategiekategorien.	78
Abbildung 47: Durchlässige Bebauung am Hang, bei der auch die Talströmung nicht behindert wird (links) und Barrieren-Bebauung am Hang (rechts) (Quelle: MVI Baden-Württemberg 2012)	79
Abbildung 48: Zentrum von Ebnat mit schattenspendenden Baum und Bänken zum Verweilen (links). Hinterhofbegrünung in Berlin (rechts). Foto: Cornelia Burmeister, Dominika Leßmann.	82
Abbildung 49: Spritzenhausplatz mit Bäumen als Verschattungselemente für den Spielplatz. Foto: Josephine Förster.	84
Abbildung 50: Blick in den Stadtgarten in Aalen mit einer hohen mikroklimatischen Vielfalt. Foto: Ksenia Markainesk, Google+.	85
Abbildung 51: Beispiel für einen hohen Albedowert der Fassaden (helle Farbe). Häuser westlich des Stadtzentrums von Aalen. Foto: Josephine Förster.	86
Abbildung 52: Wasser in der Stadt. Der Regenbaum in Aalen und ein Wasserspielplatz. Quelle: Bild links: Cornelia Burmeister, Bild rechts: Rahmenplan Klimaanpassung Karlsruhe, 2015.	87
Abbildung 53: Erdgebundene Fassadenbegrünung im Aalener Stadtzentrum. Foto: Cornelia Burmeister.	89
Abbildung 54: Klimaökologische Situation im Taubachtal und Bewertung der Potenzialflächen Maiäcker 1-3	93
Abbildung 55: Klimaökologische Situation im Heuchelbachtal und Bewertung der Potenzialflächen Unterer Heuchel- bach	96
Abbildung 56: Kaltluftvolumenstrom im südlichen Teil Aalens (Ist-Situation; Größe der Strömungspfeile in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit dargestellt)	97
Abbildung 57: Kaltluftvolumenstrom im Sauerbachtal, Ist-Zustand	98
Abbildung 58: Nächtliche Lufttemperatur im Sauerbachtal; oben: Ist-Zustand, unten: Zukunft 2030	99
Abbildung 59: Die 3 Säulen des Controllingkonzeptes	101



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bevölkerungsvorausberechnung bis 2035 für die Stadt Aalen. Quelle: © Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2016	11
Tabelle 2: Bestandsaufnahme der FNP-Potenzialflächen.	15
Tabelle 3: FNP-Potenzialflächen unterschieden nach Wohnbau- und Gewerbenutzung je Ortsteil.	15
Tabelle 4: Aalener Baulücken aufgegliedert nach der Art ihrer Nutzung.	16
Tabelle 5: Übersicht über die bewerteten Baulücken mit Nutzung je Ortsteil.	17
Tabelle 6: Nutzungskategorien der FITNAH-Klimamodellierung	19
Tabelle 7: Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET während der Tagesstunden (nach VDI 2004).	31
Tabelle 8: Flächenanteile der nächtlichen Überwärmung im Siedlungs- und Gewerberaum	56
Tabelle 9: Einordnung der bioklimatischen Belastung im Siedlungs- und Gewerberaum in der Nacht (Lufttemperatur Ta) sowie am Tage (PET) und Flächenmittelwert sowie Standardabweichung (sd) der meteorologischen Parameter für die entsprechenden Flächen im Stadtgebiet Aalens	60
Tabelle 10: Verrechnungsvorschriften zur Verknüpfung der Bewertung von Tag- und Nachtsituation für Siedlungsflächen (links) sowie Gewerbeflächen (rechts)	61
Tabelle 11: Einordnung des Kaltluftvolumenstroms (z-Transformation)	62
Tabelle 12: Verrechnungsvorschrift zur Verknüpfung der Bewertung von Tag- und Nachtsituation für Grünflächen	66
Tabelle 13: Ausgewiesene Kaltluftleitbahnen bzw. Kaltluftleitbahnbereiche im Aalener Stadtgebiet	66
Tabelle 14: Bioklimatische Situation im Wirkungsraum (heute und 2030) und abgeleitete Planungshinweise	69
Tabelle 15: Bioklimatische Bedeutung der Ausgleichsräume (heute und 2030) und abgeleitete Planungshinweise	70
Tabelle 16: Zusammenfassende Bewertung Maiäcker 1-3, Taufbachthal	93
Tabelle 17: Zusammenfassende Bewertung Unterer Heuchelbach	95
Tabelle 18: Zusammenfassende Bewertung Sauerbachtal	100
Tabelle 19: Lokale Informationsmedien	103
Tabelle 20: mögliche Informationsveranstaltungen.	103



1. Einführung

1.1 HINTERGRUND

Die Stadt Aalen hat beschlossen, den Flächennutzungsplan (FNP) und Landschaftsplan (LaPI) fortzuschreiben. Im Zuge dessen thematisiert die Stadt eine Siedlungsgebietserweiterung, da der Kommune ein Bevölkerungswachstum bis 2025 zwischen 0,9 % bis +5,8 % vorausgesagt wird (Häusser 2015). Damit besteht der Handlungsdruck, neben Nachverdichtungen und Innenentwicklung auf Brachflächen und Baulücken auch neue Flächen für Wohn- und Gewerbegebiete auszuweisen. Mit der Fortschreibung des FNP soll gleichzeitig dem Klimaschutz und der Klimaanpassung Rechnung getragen werden, da aufgrund des Klimawandels immer häufiger mit lang anhaltenden Hitzeperioden und gleichzeitig zunehmenden Temperaturen tagsüber und nachts zu rechnen ist. Somit wird die Hitzebelastung der Aalener Bevölkerung in der Zukunft im Sommer deutlich zunehmen (vgl. Kapitel 2.2). Das Aalener Stadtclima ist zwar momentan durch keine übermäßig starke Wärmebelastung geprägt und bis auf die Innenstadt erfolgt auch eine gute Durchlüftung, da viele Kaltluftleitbahnen schon lange frei von Bebauung gehalten wurden. Jedoch wird es in Zukunft zu einer Temperaturerhöhung allein durch den Klimawandel kommen.

Ziel ist es also, die städtebauliche Entwicklung klimagerecht umzusetzen, wobei das Klima aber nicht das einzige Schutzgut bzw. Kriterium für eine zukunftsfähige nachhaltige Stadtentwicklung ist (Demographie, verändertes Wohnverhalten, wirtschaftliche Entwicklung, Agenda 2030 usw.).

Der deutsche Anpassungsprozess wird vom Umweltbundesamt bzw. vom dortigen „Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass)“ im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) gesteuert. Die Bundesrepublik gehört mit der 2008 verabschiedeten „Deutschen Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels (DAS)“ (Bundesregierung 2008) sowie dem „Aktionsplan Anpassung I + II“ (Bundesregierung 2011, 2015) zu den Vorreitern des Kontinents. Kommunen können Fördermittel für verschiedene Klimaschutzkonzepte im Rahmen der „Kommunalrichtlinie“ beantragen. Das hier vorliegende Konzept „Klimagerechtes Flächenmanagement“ wird als Klimaschutzteilkonzept vom Bundesministerium für Umwelt, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) gefördert.

Die Stadt Aalen hat daher die GEO-NET Umweltconsulting GmbH und Ökoplana mit der Erstellung einer Stadtklimaanalyse mit Messkampagne beauftragt, um eine Bewertungsgrundlage für das Aalener Stadtclima zu erarbeiten. Die Stadtklimaanalyse stellt die Basis für die weiterführende klimagerechte Flächenmanagementstrategie (FMS) dar. Ziel ist es, bereits frühzeitig auf Synergieeffekte und Zielkonflikte zwischen Flächennutzung, Klimaschutz und –anpassung aufmerksam zu machen und diese adäquat im Planungsprozess zu berücksichtigen und abzuwegen. Das bereits vorliegende klimatische Gutachten aus dem Jahr 1989 hat die Prozessgeschehen zwar solide, aber nur grob erfasst und entspricht nicht mehr dem heutigen Stand der Technik nach VDI. Besagtes Gutachten wird im Rahmen dieser Arbeit auf Grundlage neuester anerkannter Regeln der Technik aktualisiert und um wesentliche Inhalte im Hinblick auf die Flächenmanagementstrategie ergänzt.

1.2 PROJEKTZIELE UND -ABLAUF

Da das Projekt durch die bereits genannte „Kommunalrichtlinie“ gefördert ist, basiert die Berichtsstruktur auf dem „Merkblatt Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten“. Dieses gibt eine Gliederung in sechs Arbeitspakete vor (BMUB 2014). Abbildung 42 gibt den angepassten Projektablauf für Aalen wider.

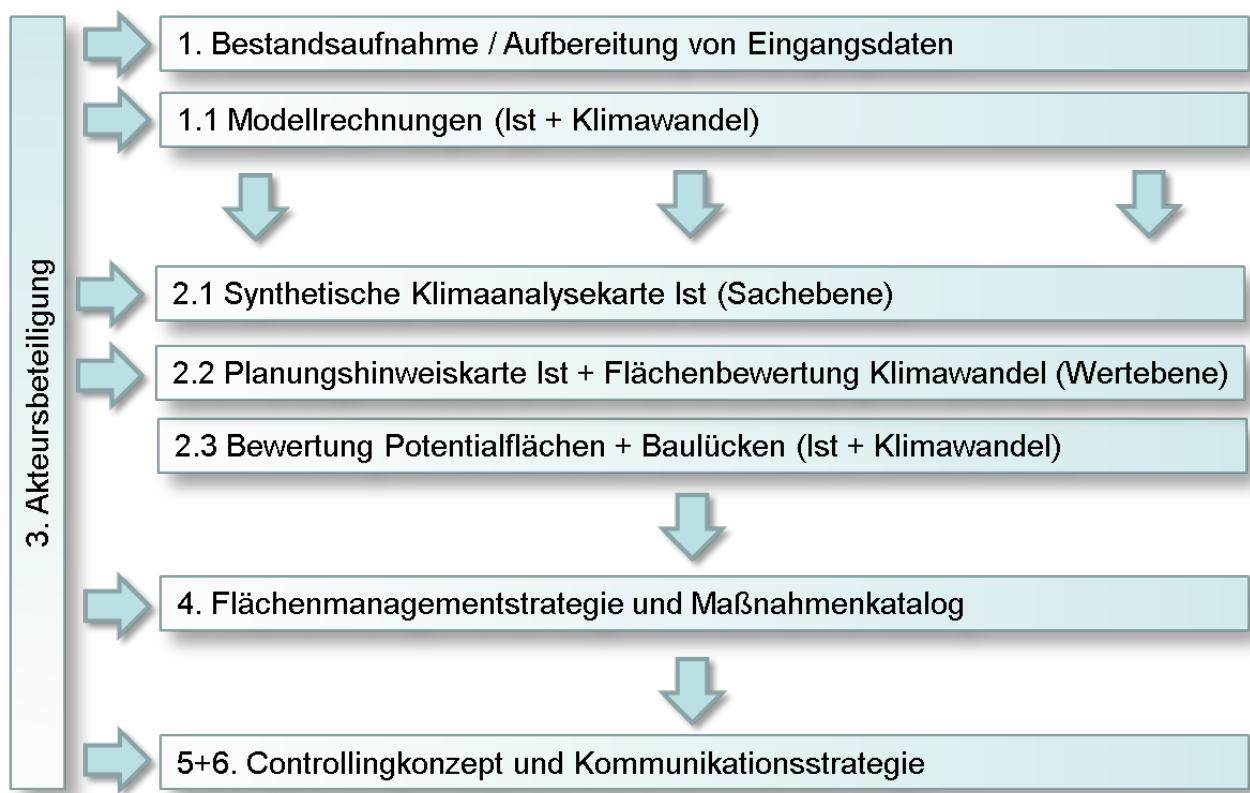


Abbildung 1: Schematischer Projektablauf. Quelle: Eigene Darstellung

Ziel des Klimaschutzteilkonzeptes „Klimagerechtes Flächenmanagement“ ist es, die Potenzialflächen hinsichtlich ihrer Bedeutung für das städtische Klima einzuschätzen und eine Bewertung für jede Fläche bezüglich ihrer Bebaubarkeit vor zu nehmen. Die in der Bestandsaufnahme (Kapitel 2) ermittelten Daten, dienen als Grundlage für die Modellrechnung. In Kapitel 3 erfolgt dann die Bewertung der Modellrechnung und die Potenzialanalyse der Flächen. Als Endergebnis werden die Potenzialflächen nach ihrer „Bebaubarkeit“ innerhalb abgestufter Kategorien eingeteilt und ggf. Maßnahmen für die Bebauung empfohlen (siehe Kapitel 4 Flächenmanagementstrategie und Maßnahmenkatalog). Parallel zu allen Arbeitspaketen erfolgte eine Akteursbeteiligung (siehe Kapitel 1.3).

Das Controllingkonzept und eine Kommunikationsstrategie (Kapitel 5) runden die Flächenmanagementstrategie ab und gewährleisten die nachhaltige Ergebnisverwertung über das Klimaschutzteilkonzept hinaus.

1.3 BETEILIGUNGSPROZESS

Um eine erfolgreiche Umsetzung des Klimaanpassungskonzeptes zu gewährleisten, wurde die verwaltungsinterne Arbeitsgruppe „Klimagerechtes Flächenmanagement“ gegründet. Während der Projektlaufzeit fanden 3. Sitzungen mit folgenden thematischen Schwerpunkten statt:

- Sitzung 1 am 11.04.2017:
 - Thema dieses Treffens war es, die inhaltliche Vorgehensweise und das Bearbeitungskonzept innerhalb des Projektes ab zu stimmen. Diskutiert wurde zum Indikatorenkonzept, Datengrundlagen, Bewertungskonzept, Klimaszenarien und Art der Ergebnisdarstellung. Erste Ergebnisse der Bestandsaufnahmen wurden vorgestellt.



- Sitzung 2 am 8.08.2017:
 - Auf diesem Treffen wurde die Klimaanalysekarte und der Entwurf der Planungshinweiskarte vorgestellt. Des Weiteren erfolgte eine Abstimmung zur Vorgehensweise der Bewertung der Potenzialflächen. Es erfolgt eine differenzierte Betrachtung von FNP-Potenzialflächen und Baulücken.
- Sitzung 3 am 22.11.2017
 - Bei diesem Treffen lag der Schwerpunkt auf der Vorstellung der Planungshinweiskarte und der erarbeiteten Flächenmanagementstrategie in kartographischer Form. Des Weiteren wurden die zentralen Ergebnisse aus der Intensivmesskampagne zu Temperaturtagesgängen, Windgeschwindigkeiten und Kaltluftströmungen vorgestellt. Die Ergebnisse wurden dem Ersten Bürgermeister Herrn Steidle präsentiert. Weitere Diskussionen und Abstimmungen erfolgten im Anschluss.





2. Bestandsaufnahme

2.1 PROGNOSTIZIERTE BEVÖLKERUNGSENTWICKLUNG UND ZUKÜNTIGER FLÄCHENBEDARF

Aalen ist aufgeteilt in die Kernstadt und acht Ortsteile: Dewangen, Ebnat, Fachsenfeld, Hofen, Unterkochen, Unterrombach-Hofherrnweiler, Waldhausen und Wasseralfingen.

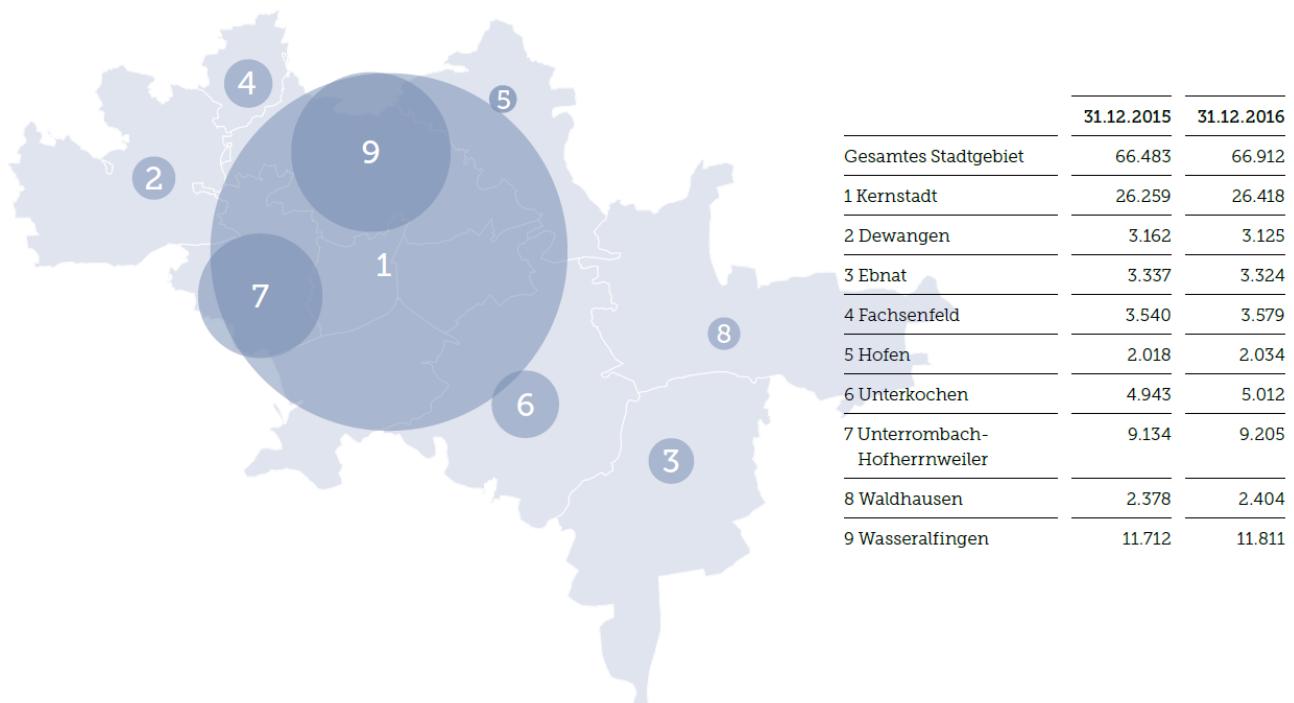


Abbildung 2: Bevölkerungsstand in den Stadtteilen. Quelle: Jahresrückblick 2016, Statistikamt Aalen.

Wird die Abbildung 2 betrachtet, gab es den höchsten Zuwachs innerhalb eines Jahres in der Kernstadt, gefolgt von Wasseralfingen, Unterrombach-Hofherrnweiler und Unterkochen. In den Stadtteilen Dewangen und Ebnat gab es eine Bevölkerungsabnahme. Gesamtstädtisch betrachtet, ist Aalen eine wachsende Stadt. Dies belegen auch die Zahlen der Bevölkerungsvorausberechnung, die eine Entwicklung von Aalen in der Hauptvariante bis 2035 auf 69.677 Einwohner vorhersagt (siehe Tabelle 1). Das statistische Landesamt Baden-Württemberg (2018) meldet einen Einwohnerstand zum 31.12.2016 mit 67.684 erstgemeldeten Einwohnern in Aalen. Somit sind bis 2035 ca. 1.993 Einwohner mehr zu erwarten, die mit Wohnraum und Infrastruktureinrichtungen (Grundversorgung, Schulen, Freizeiteinrichtungen) versorgt werden müssen.



Tabelle 1: Bevölkerungsvorausberechnung bis 2035 für die Stadt Aalen. Quelle: © Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2016

Stadt Aalen			
Bevölkerungsvorausrechnung			
13.12.2016			
Jahr ¹⁾	Hauptvariante	Entwicklungs korridor	
		unterer Rand	oberer Rand
2016	68.164	67.671	68.613
2017	68.557	67.856	69.212
2018	68.855	67.972	69.743
2019	69.104	68.036	70.227
2020	69.316	68.073	70.677
2025	69.725	68.060	72.398
2030	69.717	67.871	73.436
2035	69.677	67.628	73.908

1) Die der Vorausrechnung zugrunde liegende Ausgangsbevölkerung am 31. 12. Basis Zensus 2011.

Daher ist die Neuausweisung von Flächen für den Wohnbedarf und die Neuentwicklung von Gewerbe standorten/-gebieten unabdingbar für Aalen und wird nun mit der Fortschreibung des FNP aufgegriffen.

2.2 PROJIZIERTER STADTKLIMAWANDEL

Der Einfluss des Klimawandels auf die zukünftige klimatische Entwicklung Aalens kann durch die Auswertung der Ergebnisse regionaler Klimamodelle ermittelt werden. Dazu erfolgte eine statistische Auswertung der Representative Concentration Pathways Modellläufe (RCP, Repräsentative Konzentrationspfade, siehe Abbildung 3), die das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) global mit dem 5. Sachstandsbericht zur Verfügung stellt (Moss et al. 2010). Die RCPs ersetzen die ehemaligen SRES (Special Report on Emission Scenarios) und beinhalten unterschiedliche Szenarien zu Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre (vgl. auch):

- Das Szenario RCP 2.6 beschreibt einen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis zum Jahr 2040 auf knapp 3 W/m². Zum Ende des Jahrhunderts sinkt dieser langsam, aber stetig auf 2,6 W/m². Die globale Mitteltemperatur würde in diesem Szenario das 2 °C-Ziel nicht überschreiten (DKRZ 2017).
- RCP 4.5 zeigt einen steilen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis etwa zur Mitte des 21. Jahrhunderts, der danach nur noch geringfügig bis etwa 2075 steigt und in der Folge stagniert.



- Das Szenario RCP6.0 ist ein Stabilisierungsszenario in dem sich der Strahlungsantrieb nach 2100 auf $6,0 \text{ W/m}^2$ stabilisiert.
- Das Szenario RCP 8.5 weist den stärksten Anstieg des Strahlungsantriebes auf, der sich bis zum Ende des Jahrhunderts nicht abschwächt und eine Zunahme der globalen Mitteltemperatur um ca. 4°C gegenüber dem Zeitraum 1986-2005 bewirken würde (DKRZ 2017).

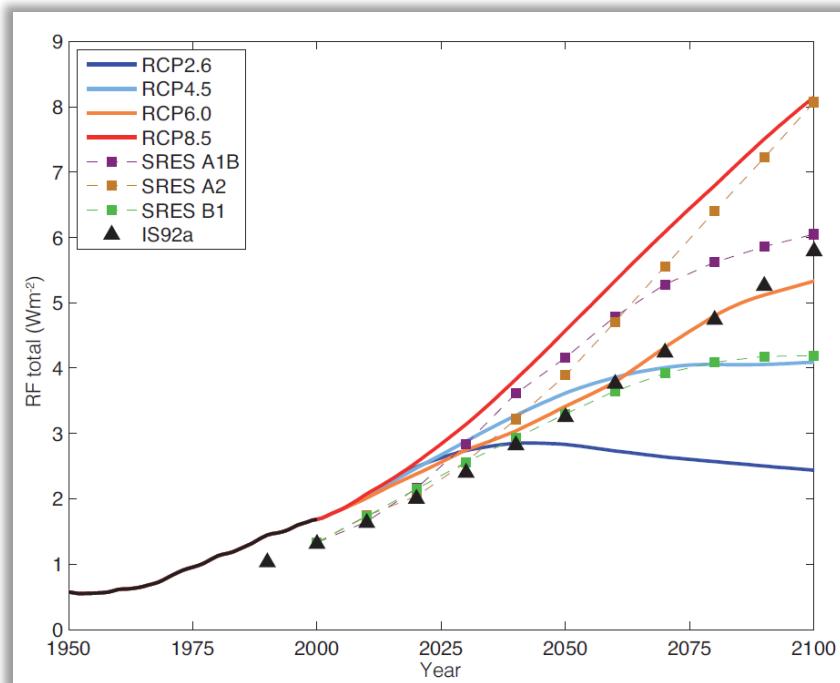


Abbildung 3: Anthropogener Strahlungsantrieb (RF) verschiedener IPCC-Klimaszenarien RCP, Quelle: Klimanavigator 2017

Diese globalen Modellläufe werden durch die EURO-CORDEX¹ Gruppe höher aufgelöst (12,5 km) in sogenannten Downscaling Verfahren für Europa zur Verfügung gestellt (Giorgi et al. 2009, Früh et al. 2011, Pavlak et al. 2012). Dabei wird die Atmosphärenphysik unter Verwendung räumlich höher aufgelöster Eingangsvariablen wie Orographie, Boden und Vegetation neu berechnet (vgl. Pavlak et al. 2012). Die Ausgabedaten des Globalmodells dienen dabei als meteorologischer Antrieb an den Rändern des regionalen Gitters.

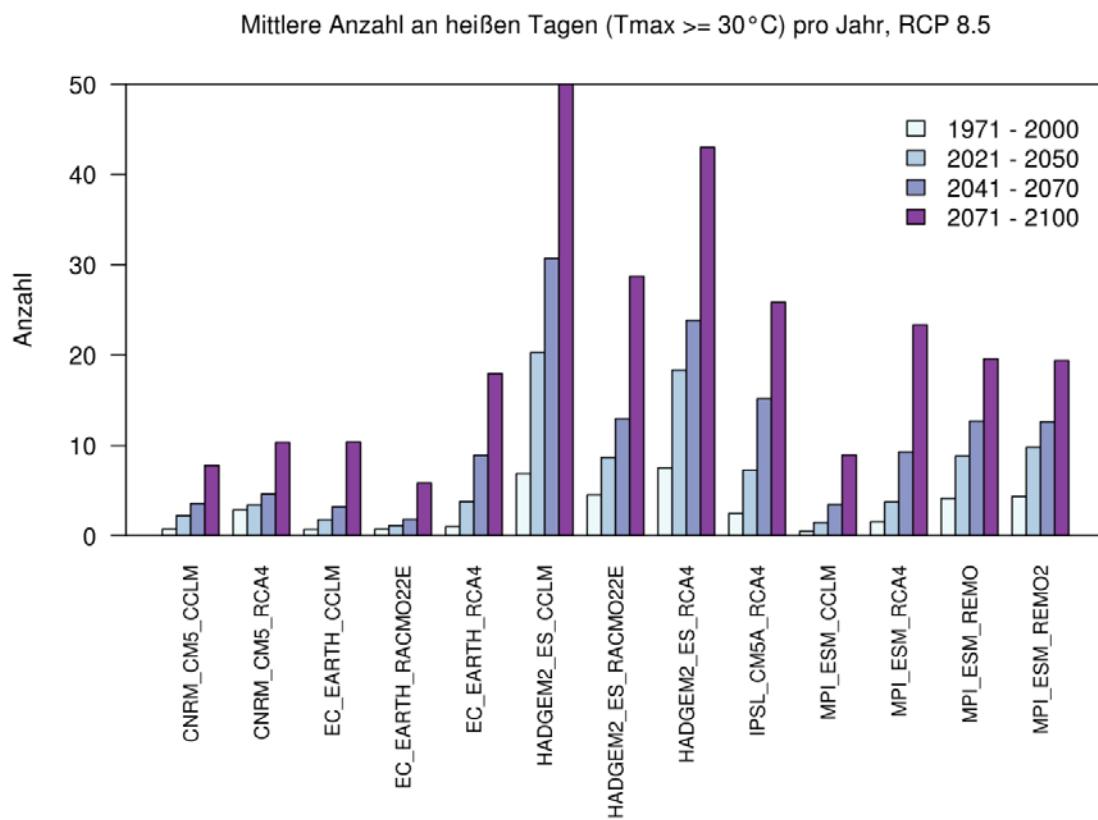
Da sich die momentane Entwicklung des Ausstoßes der Treibhausgase auf der Welt auf dem Niveau des Konzentrationspfades 8.5 befindet, steht dieses Ensemble für Aalen stellvertretend für den zu erwartenden Klimawandel. Ausgewertet werden für die Stadt Aalen:

- 1. Die Anzahl an heißen Tagen (siehe Abbildung 4) als auch
- 2. die Anzahl von Tropennächten (siehe Abbildung 5).

¹ Europäischer Zweig des Coordinated Regional Climate Downscaling Experiments

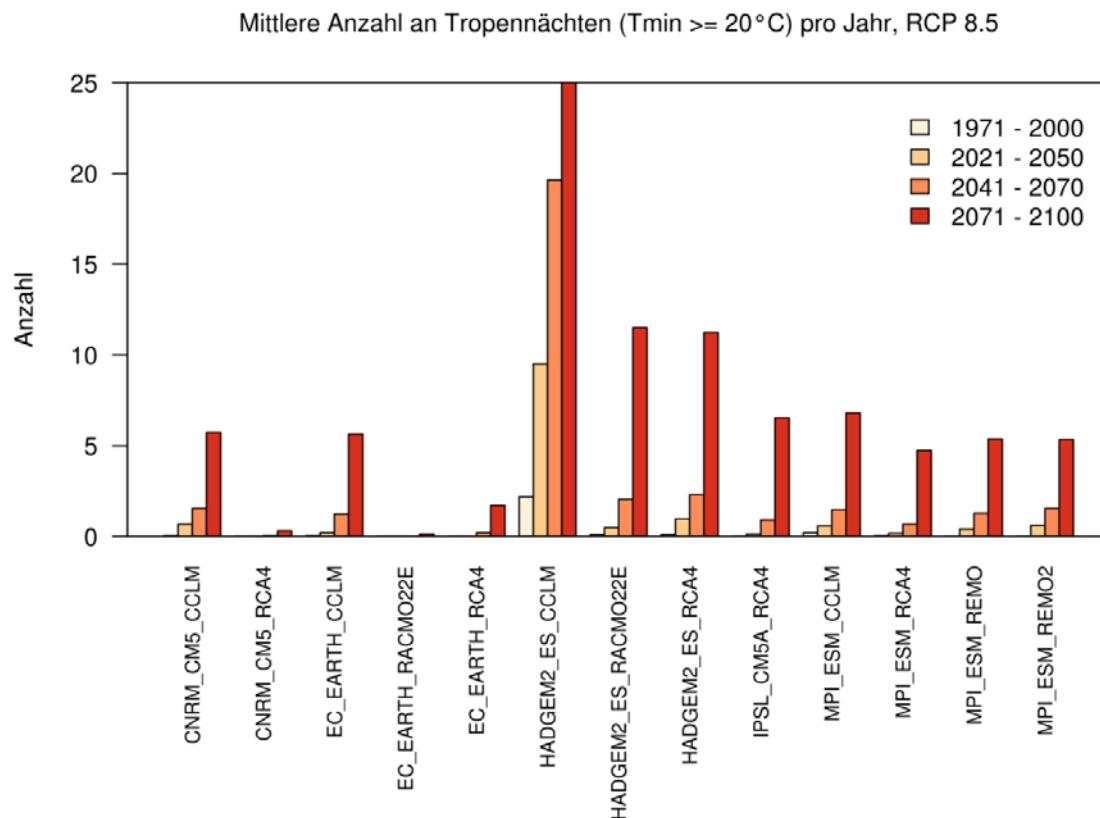


Beide Abbildungen enthalten alle verfügbaren 13 regionalen Modellensembles für das Konzentrationsszenario 8.5. Dabei wird die Klimanormalperiode oder der Referenzzeitraum (1971 – 2000), die nahe (2021 – 2050), die mittlere (2041 – 2070) und die ferne (2071 – 2100) Zukunft unterschieden. Eine mittlere Anzahl der Tage wird durch die Auftrittshäufigkeiten in den Zukunftsperioden pro Jahr durch Auszählen ermittelt. Die Abbildungen enthalten Ergebnisse der Modellensembles für die Stadt Aalen. In Abb. 4 ist die mittlere Anzahl an heißen Tagen je Jahr dargestellt. Auch wenn die Modelle eine unterschiedlich starke Zunahme der Anzahl an Tagen > 30 °C vorhersagen, ist es offensichtlich, dass die Anzahl in jedem Modell für jede Zukunftsperiode zunimmt. In der fernen Zukunft erfolgt sogar eine sehr deutliche Zunahme der Anzahl an Tagen > 30 °C.





In der Abbildung 5 ist die nächtliche Situation mit der Anzahl der Tropennächte je Jahr dargestellt. Auch hier ist ersichtlich, dass die Anzahl der Tropennächte zunehmen wird – in der fernen Zukunft wieder sehr deutlich.





2.3 FLÄCHENPOTENZIALE

Als Flächenpotenziale geht zum einen die geplante Flächenkulisse für die Fortschreibung des FNP 2030 mit Wohn- und Mischflächen und Gewerbebeflächen als auch die im Baulückenkataster enthaltenen Flächen ein.

2.3.1 FNP-POTENZIALFLÄCHEN

Zu den FNP Potenzialflächen zählen alle Mischbau- und Gewerbebeflächenpotenziale, die während des Neu-aufstellungsprozesses des FNP bewertet und auf Eignung geprüft werden.

Tabelle 2: Bestandsaufnahme der FNP-Potenzialflächen.

Auswertung FNP 2030 Flächen	Anzahl	Fläche [m ²]	ha
Summe Fläche	91	2.912.473	291
Wohn- und Mischbauflächenpotenziale	77	1.536.833	154
Gewerbebauflächenpotenziale	14	1.375.640	138

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Anzahl als auch die Flächengröße der Potenzialflächen. So haben die 14 Gewerbebeflächen fast die gleiche summative Flächengröße wie die 77 Wohn- und Mischbauflächenpotenziale.

Tabelle 3: FNP-Potenzialflächen unterschieden nach Wohnbau- und Gewerbenutzung je Ortsteil.

Ortsteil Wohnbauflächen	Anzahl Wohnbauflächen	Fläche [m ²]	Fläche [ha]	Anzahl Gewerbebauflächen	Fläche [m ²]	Fläche [ha]
Aalen Kernstadt	10	224.612	22	2	109.836	11
Dewangen	8	192.504	19			
Ebnat	12	336.597	34	3	735.517	73,5
Fachsenfeld	10	152.848	15			
Hofen	7	109.307	10,9	2	244.993	24
Unterkochen	6	152.246	15	2	73.909	7
Unterrombach/Hofherrnweiler	10	133.632	13	2	117.496	12
Waldhausen	4	105.544	10,5			
Wasseralfingen	10	129.537	13			
Essingen				3	93.886	9
Σ	77	1.536.833	154	14	1.375.640	137

Tabelle 3 gibt Auskunft über die Verteilung der Potenzialflächen unterschieden nach ihrer Nutzung je Ortsteil. Die meisten *Wohnbaupotenzialflächen* sind mit 12 an der Zahl in Ebnat zu finden. Die Flächen bilden auch den höchsten Flächenanteil mit rund 34 ha. Hohe Zahlen sind weiterhin mit jeweils 10 Flächen in der Kernstadt, Fachsenfeld, Unterrombach/Hofherrnweiler und Wasseralfingen zu finden. Die geringste Anzahl an neuen Wohnbauflächen weist der Ortsteil Waldhausen auf.

Bei der Verteilung der *Gewerbebaupotenzialflächen* ergibt sich ein anderes Bild. Die meisten Flächen gibt es auch wieder in Ebnat mit 3 an der Zahl, aber auch in der angrenzenden Gemeinde Essingen. Weitere Flächen sind jeweils mit 2 in der Kernstadt, in Hofen, Unterkochen und Unterrombach/Hofherrnweiler zu finden. In den anderen Ortsteilen gibt es keine Gewerbebaupotenzialflächen. Die größten Flächen mit 73,5 ha sind in diesem Zusammenhang in Ebnat zu finden.

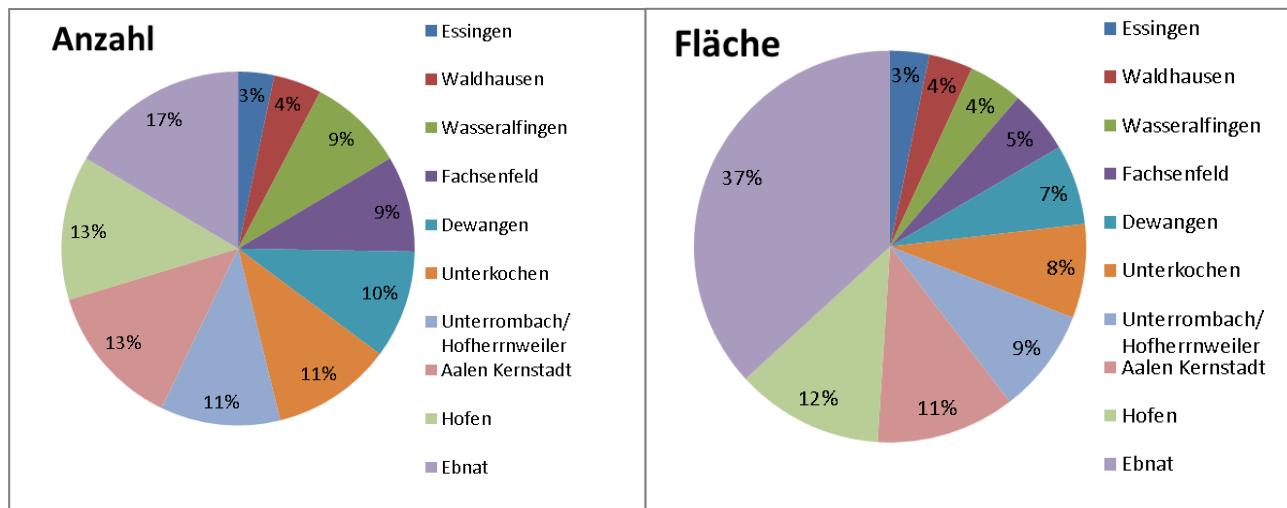


Abbildung 6: Gegenüberstellung der FNP-Potenzialflächen nach Anzahl und Fläche in Prozent je Ortsteil.

In Abbildung 6 sind die FNP-Potenzialflächen nach Anzahl und Fläche in den jeweiligen Ortsteilen dargestellt. Es wird deutlich, dass im Ortsteil Ebnat (wie auch schon oben beschrieben) die größten Flächenanteile zu finden sind. Der Ortsteil wird also stark wachsen, wenn alle Potenzialflächen in den fortgeschriebenen FNP eingehen und im Anschluss auch bebaut werden.

2.3.2 BAULÜCKEN

Die Stadt Aalen betreibt seit vielen Jahren ein Baulückenkataster, welches auch über das Geodatenportal der Stadt verfügbar ist und angezeigt werden kann. Dabei handelt es sich um klassische Baulücken, die noch unbebaut sind, minder genutzte Grundstücke und Flächen, die einer Umstrukturierung bedürfen (bspw. Brachflächen).

Tabelle 4 enthält eine Übersicht über alle 1.015 in Aalen bestehenden Baulücken. Baulücken, die für eine Wohnnutzung gedacht sind, überwiegen deutlich. Aber auch hier sind die Gewerbeflächenbaulücken, obwohl sie eine geringere Anzahl haben, in ihrer Flächensumme größer als die Wohnbaubaulücken.

Tabelle 4: Aalener Baulücken aufgegliedert nach der Art ihrer Nutzung.

Flächenart	Anzahl Baulücken	Fläche [m ²]	Fläche [ha]
Wohnbaufläche	614	514.585	51
Gewerbefläche	139	634.354	63
Grünfläche	1	1.244	0,1
Mischbaufläche	246	360.159	36
Nicht zugeordnet	15	35.744	3,5
Σ	1015*	1.546.088	154

*14 Flächen nicht einer Flächenart zuordenbar

Da unbebaute Flächen (Grünflächen) erst eine klimaökologische Wirkung entfalten, wenn sie eine gewisse Flächengröße aufweisen (im Siedlungsgebiet ca. 0,5 ha), wurden nebeneinanderliegende Baulücken zu größeren Flächen zusammengefasst (dissolve). Die Anzahl reduziert sich dadurch auf 709 Baulücken.

Davon sind:



- 442 Baulücken als Wohnbaufläche und
- 84 Baulücken als Gewerbeflächen eingestuft
- 1 Grünfläche
- 179 Baulücken sind der Kategorie Mischbauflächen zugeordnet
- 3 Baulücken sind keiner Flächenkategorie zugeordnet

Diese 709 Flächen wurden erneut auf ihre Größe überprüft. Insgesamt bleiben 51 Baulücken übrig (vgl. Tabelle 5), die größer als 0,5 ha sind und eine klimaökologische Wirkung entfalten können. Die anderen 658 Baulücken werden per se als unkritisch bei einer Bebauung eingestuft.

Tabelle 5: Übersicht über die bewerteten Baulücken mit Nutzung je Ortsteil.

Ortsteil	Anzahl Wohnbauflächen	Fläche [m²]	Anzahl Gewerbeflächen	Fläche [m²]	Anzahl Mischbauflächen	Fläche [m²]
Aalen Kernstadt	4	29.849	8	76.443	6	84.503
Dewangen			1	6.085		
Ebnat			6	122.343		
Fachsenfeld			1	38.773	1	7.859
Hofen			2	15.009		
Unterkochen			3	22.020	2	43.735
Waldhausen	2	17.310	3	58.038		
Wasseralfingen	1	7.045	3	25.009	1	6.560
Essingen			7	81.755		
Σ	7	54.204	34	445.475	10	142.657

Aus Tabelle 5 ist ersichtlich, dass die Gewerbeflächen den größten Teil der evtl. kritischen Baulücken ausmachen. Dabei ist der größte Flächenanteil von Gewerbebauflächen in Ebnat zu finden, gefolgt von der Nachbargemeinde Essingen und der Aalener Kernstadt. Die Mischbauflächen haben im Vergleich zu den Wohnbauflächen einen 3-mal höheren Flächenanteil. Das bedeutet, dass Wohnbauflächen sehr kleinräumig sind und dispers über das ganze Stadtgebiet verteilt sind, da nach dem Zusammenfassen von nebeneinanderliegenden Flächen nur insgesamt 7 für Aalen übrig bleiben, die dem Flächenkriterium >0,5 ha entsprechen.

Die Aalener Kernstadt weist mit Baulücken für Wohnen, Gewerbe als auch Mischbauflächen den größten Anteil unter den Stadtvierteln auf und zeugt von einem hohen Potenzial. Aber auch in Ebnat gibt es viele Baulücken.



3. Potenzial-/Stadtclimaanalyse

3.1 VORGEHENSWEISE

Die vorliegende Stadtclimaanalyse beruht auf zwei verschiedenen methodischen Ansätzen. Zum einen wurde das Aalener Stadtclima mithilfe des mesoskaligen Modells FITNAH-3D flächendeckend modelliert, zum anderen wurden im Sommer 2017 Messungen von Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Luftfeuchtigkeit durchgeführt. Sowohl für die Modellierung als auch die Intensivmesskampagne wurde eine sommerliche, austauscharme Wetterlage betrachtet.

Die Intensivmesskampagne fand im Juli und August 2017 statt und schließt zwei Lufttemperaturmessfahrten, Vertikalsondierungen an fünf Standorten und Rauchschwadenbeobachtungen zur Erfassung bodennaher Kaltluftbewegungen ein. Im Zeitraum von Mai bis Oktober 2017 haben zwei temporäre Messstationen (Schulze-Delitzsch-Straße im Sauerbachtal und Industriestraße im Kochertal) die wesentlichen meteorologischen Größen gemessen. Die Ergebnisse der temporären Stationen wurden anschließend mit der LUBW-Station in der Bahnhofstraße verglichen.

Für die Stadtclimamodellierung wurden zwei Rechenläufe durchgeführt (Abbildung 7). Im ersten Rechenlauf ist das derzeitige Klima mit der zu erwartenden Landnutzung 2022 eingegangen. Dagegen wurde im zweiten Rechenlauf eine zukünftige Klimasituation mit einer Temperaturzunahme von $1,3^{\circ}\text{C}$ sowie eine zukünftige Landnutzung angenommen, welche das Jahr 2030 repräsentiert. Die FNP-Flächen der Stadt Aalen dienten als Grundlage für die Darstellung der Landnutzung 2030. Die meteorologischen Felder, die sich jeweils aus den beiden Rechenläufen ergeben, wurden anschließend zu Klimaanalyse- und Planungshinweiskarten aufbereitet. Das Kartenmaterial von Ist- und Zukunftsszenario dient wiederum als Grundlage für die Entwicklung einer Flächenmanagementstrategie.

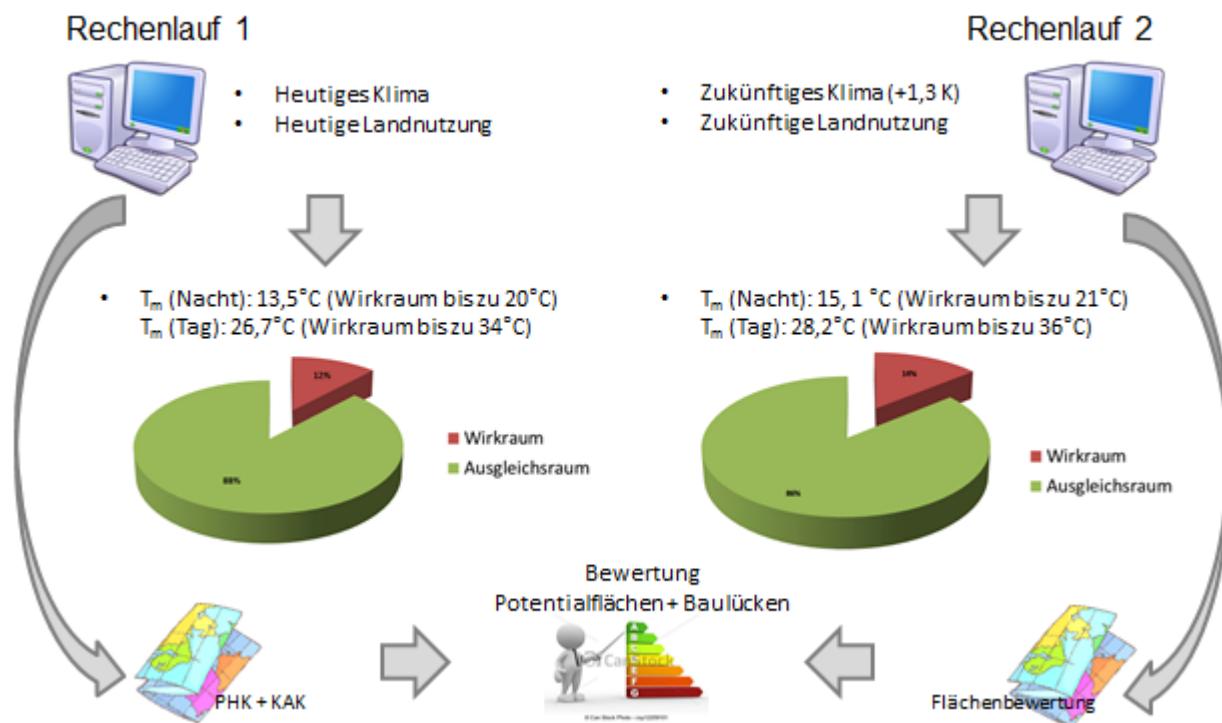


Abbildung 7: Vorgehensweise Klimamodellierung



3.1.1 EINGANGSDATEN FÜR DIE KLIMAMODELLIERUNG

Bei einem numerischen Modell wie FITNAH 3D werden zur Festlegung und Bearbeitung einer Aufgabenstellung eine Reihe von Eingangsdaten benötigt, die charakteristisch für die Landschaft des Untersuchungsgebiets sind und die größterskaligen meteorologischen Rahmenbedingungen wie Wetterlage oder Klimaszenario definieren. Für jede Rasterzelle müssen jeweils als repräsentativer Wert folgende Daten vorliegen:

- ◆ Geländedaten (Digitales Geländemodell, Höhe ü. NN)
- ◆ Nutzungsstruktur (Übersetzung der Landnutzung in 14 verschiedene FITNAH-Klassen, s. Tabelle 6)
- ◆ Strukturhöhe (hier: Parameter in Abhängigkeit der Landnutzung)
- ◆ Versiegelungsgrad (hier: Parameter in Abhängigkeit der Landnutzung)

Tabelle 6: Nutzungskategorien der FITNAH-Klimamodellierung

Klasse	Flächentyp	Beschreibung	Mittlerer Versiegelungsgrad (%)	Mittlere Strukturhöhe (m)
1	Zentrumsbebauung	Kerngebietsnutzung, welche durch einen sehr hohen Bebauungs- und Versiegelungsgrad gekennzeichnet ist.	95	25,0
2	Block- und Blockrandbebauung	Vergleichsweise dicht bebaute und häufig auch stark versiegelte Siedlungsfläche. Baustrukturell ist sie meist durch geschlossene Blockinnenhöfe geprägt. Sie umfasst sowohl Vorkriegs- als auch Nachkriegsbauten.	78	15,0
3	Industrie- und Gewerbebefläche	Sie weist einen ähnlich hohen Versiegelungsgrad wie die Zentrumsbebauung auf, gleichzeitig ist der versiegelte Flächenanteil oft größer als der mit Gebäuden bestandene.	87	10,0
4	Zeilen- und Hochhausbebauung	Zu diesem Flächentyp zählen sowohl freistehende Punkthochhäuser als auch halboffene Blockrand-bebauung und Zeilenbebauung. Gemeinsames Merkmal ist ein relativ hoher Grünflächenanteil, welcher sich durch die zwischen den Gebäudekörpern befindlichen Abstandsflächen ergibt.	55	15,0
5	Einzel- und Reihenhausbebauung	Dieser Typ weist unter den Siedlungsräumen den geringsten Überbauungsgrad auf. Der Übergang zwischen dicht ausgeprägter Reihenhausbebauung und einer Zeilenbebauung ist fließend.	41	5,0
6	Straßenraum	Ebenerdig versiegelte Fläche des Straßenraums.	95	0,0
7	Gleisfläche	Schienenverkehrsfläche mit geringer Strukturhöhe.	25	0,5
8	Baulich geprägte Grünfläche	Unter diesem Flächentyp sind vegetationsgeprägte Flächen zusammengefasst, welche zugleich auch einen gewissen Anteil an versiegelter Fläche (Zuwegungen) und/oder Bebauung aufweisen. Dazu zählen z.B. Kleingartenanlagen und Gartenbauflächen, sowie Spiel- und Sportplätze. Es überwiegt aber letztlich die Eigenschaft als Grünfläche.	25	5,0
9	Freiland	Beinhaltet vor allem landwirtschaftlich genutzte Wiesen und Weiden sowie ackerbaulich genutzte Flächen. Innerstädtisch handelt es sich meist um Rasenflächen mit geringem Gehölzanteil.	5	1,0
10	Gehölz	Diese Nutzungskategorie umfasst sowohl innerstädtische Parkareale und Gehölzflächen als auch Obstbauflächen, Baumschulen und Straßenbegleitgrün.	5	2,0
11-13	Wald	Waldflächen (unterschieden nach Laub-, Nadel- und Mischwald) sowie waldartige Bestände im Siedlungsbereich.	5	12,5
14	Wasserfläche	Still- und Fließgewässer.	0	0

In der Stadt Aalen waren die Flächentypen „Block- und Blockrandbebauung“ sowie „Zentrumsbebauung“ nicht vertreten. Für das Aalener Stadtzentrum wurde eine neue Nutzungsklasse („Stadt kern“) vergeben,



welche mit einem Versiegelungsgrad von 78 % und einer Strukturhöhe von 15 m parametrisiert ist. Sämtliche Eingangsdaten wurden anhand aktueller Luftbilder abgeglichen und auf Plausibilität geprüft.

3.1.2 ABGRENZUNG UND BEWERTUNG DER KLIMAÖKOLOGISCH WIRKSAMEN NUTZUNGSSTRUKTUREN

Ziel der Eingangsdatenaufbereitung ist es, aus den flächenhaft vorliegenden Nutzungsinformationen punkthaft gerasterte Modelleingangsdaten mit einer Maschenweite von 25 m zu erzeugen. Aus diesen punkthaften Repräsentationen der Eingangsvariablen ergeben sich die in gleicher Weise aufgelösten Modellergebnisse in Form feldhaft berechneter Klimaparameter (Abbildung 8). Qualifizierende Aussagen zur bioklimatischen Bedeutung bestimmter Areale können sich allerdings nicht auf einzelne Rasterzellen beziehen. Hierfür muss eine Zonierung des Untersuchungsraumes in klimatisch ähnliche Flächeneinheiten erfolgen. Diese sollten in der Realität nachvollziehbar und administrativ oder nutzungstypisch abgrenzbar sein. Um die Ausprägung der Klimaparameter auf planungsrelevante und maßstabsgerechte Einheiten zu übertragen, wurden den Referenzflächen der verwendeten digitalen Nutzungsinformationen die relevanten Klimaparameter wie z.B. Lufttemperatur oder Kaltluftvolumenstrom zugeordnet. Dafür wurden alle Rasterzellen, die von einer bestimmten Fläche überdeckt werden, mit Hilfe zonaler Analysen zusammengefasst und statistisch ausgewertet. Auf diese Weise erhält jede Fläche eine umfassende Statistik aller zugehörigen Klimaparameter, die u.a. den Mittelwert der flächenspezifischen Werteausprägungen umfasst.

Aufgrund dieser Vorgehensweise liegen die Ergebnisse der Klimaanalyse in zweifacher Form vor: Zum einen als hochauflöste rasterbasierte Verteilung der Klimaparameter im räumlichen Kontinuum (vgl. Kap. 3.3.1), zum anderen als planungsrelevante und maßstabsgerechte, räumlich in der Realität abgrenzbare Flächeneinheiten (vgl. Kap 3.4). Auf diese Weise bleibt, in Ergänzung zur abstrahierten Darstellung der klimatischen Funktionszusammenhänge (als Flächen- und Beziehungstypen in den Synthesekarten), die flächeninterne Heterogenität der Klimaparameter als Detailinformation jederzeit abrufbar.

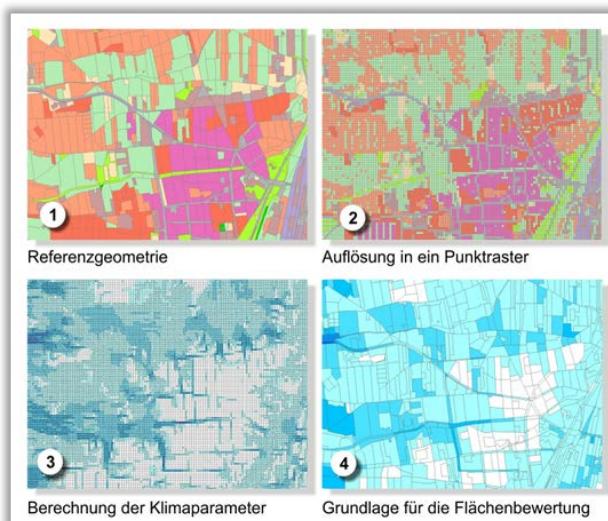


Abbildung 8: Schema der Wertzuordnung zwischen Flächen- und Punktinformation



3.2 METHODEN

3.2.1 DAS MESOSKALIGE KLIMAMODELL FITNAH-3D

Neben globalen Klimamodellen und regionalen Wettervorhersagemodellen wie sie zum Beispiel vom DWD für die tägliche Wettervorhersage routinemäßig eingesetzt werden, nehmen kleinräumige Modellanwendungen für umweltmeteorologische Zusammenhänge im Rahmen von stadt- und landschaftsplanerischen Fragestellungen einen immer breiteren Raum ein. Die hierfür eingesetzten mikro- und mesoskaligen Modelle erweitern das Inventar meteorologischer Werkzeuge zur Berechnung atmosphärischer Zustände und Prozesse.

Der Großteil praxisnaher umweltmeteorologischer Fragestellungen behandelt einen Raum von der Größenordnung einer Stadt bzw. Region. Die bestimmenden Skalen für die hier relevanten meteorologischen Phänomene haben eine räumliche Erstreckung von Metern bis hin zu einigen Kilometern und eine Zeitdauer von Minuten bis Stunden. Unter Verwendung des üblichen Einteilungsschemas meteorologischer Phänomene werden diese in die Meso- und Mikroskala eingeordnet. Beispiele für mesoskalige Phänomene sind Land-See-Winde, Flurwinde oder die Ausbildung einer städtischen Wärmeinsel, wobei der Übergang zur Mikroskala fließend ist (bspw. der Einfluss von Hindernissen auf den Wind wie Kanalisierung, Umströmung bzw. Düseneffekte, aber auch die klimaökologischen Auswirkungen von Begrünungsmaßnahmen).

Obwohl die allgemeine Struktur und physikalischen Ursachen dieser lokalklimatischen Phänomene im Wesentlichen bekannt sind, gibt es nach wie vor offene Fragen hinsichtlich der räumlichen Übertragbarkeit auf andere Standorte oder der Sensitivität bezüglich der Wechselwirkungen einzelner Strömungssysteme untereinander. Ein Grund hierfür sind die relativ kleinen und kurzen Skalen dieser Phänomene und deren unterschiedliches Erscheinungsbild in komplexem Gelände. Entsprechend ist es schwierig aus einer beschränkten Anzahl von Beobachtungen eine umfassende Charakterisierung zu erhalten, jedoch kann dieser Nachteil mit Hilfe ergänzender Modelluntersuchungen überwunden werden.

Beginnend mit einem Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurden in Deutschland eine Reihe mesoskaliger Modelle konzipiert und realisiert (DFG 1988). Der heutige Entwicklungsstand dieser Modelle ist extrem hoch und zusammen mit den über die letzten Dekaden gewonnenen Erfahrungen im Umgang mit diesen Modellen steht neben Messungen vor Ort und Windkanalstudien ein weiteres leistungsfähiges und universell einsetzbares Werkzeug zur Bearbeitung umweltmeteorologischer Fragestellungen in stadt- und landschaftsplanerisch relevanten Landschaftsausschnitten zur Verfügung.

3.2.1.1 GRUNDLAGEN MESO- UND MIKROSKALIGER MODELLE

Die Verteilung lokalklimatisch relevanter Größen wie Wind und Temperatur können mit Hilfe von Messungen ermittelt werden. Aufgrund der großen räumlichen und zeitlichen Variation der meteorologischen Felder im Bereich einer komplexen Umgebung sind Messungen allerdings nur punktuell repräsentativ und eine Übertragung in benachbarte Räume selten möglich. Stadtklimamodelle wie FITNAH 3D können zu entscheidenden Verbesserungen dieser Nachteile herangezogen werden, indem sie physikalisch fundiert die räumlichen und/oder zeitlichen Lücken zwischen den Messungen schließen, weitere meteorologische Größen berechnen und Wind- bzw. Temperaturfelder in ihrer raumfüllenden Struktur ermitteln. Die Modellrechnungen bieten darüber hinaus den Vorteil, dass Planungsvarianten und Ausgleichsmaßnahmen in ihrer Wirkung und Effizienz studiert und auf diese Art und Weise optimierte Lösungen gefunden werden können.

Für jede meteorologische Variable wird eine physikalisch fundierte mathematische Berechnungsvorschrift aufgestellt. Die Modelle basieren daher, genauso wie Wettervorhersage- und Klimamodelle, auf einem Satz sehr ähnlicher Bilanz- und Erhaltungsgleichungen. Das Grundgerüst besteht aus den Gleichungen für die



Impulserhaltung (*Navier-Stokes Bewegungsgleichung*), der Massenerhaltung (*Kontinuitätsgleichung*) und der Energieerhaltung (*1. Hauptsatz der Thermodynamik*).

Je nach Problemstellung und gewünschter Anwendung kann dieses Grundgerüst erweitert werden, um z.B. die Effekte von Niederschlag auf die Verteilung stadtklimatologisch wichtiger Größen zu berücksichtigen. In diesem Falle müssen weitere Bilanzgleichungen für Wolkenwasser, Regenwasser und feste Niederschlagspartikel gelöst werden. Die Lösung der Gleichungssysteme erfolgt in einem numerischen Raster. Die Rasterweite muss dabei so fein gewählt werden, dass die lokalklimatischen Besonderheiten des Untersuchungsraumes vom jeweiligen Modell erfasst werden können. Je feiner das Raster gewählt wird, umso mehr Details und Strukturen werden aufgelöst.

Allerdings steigen mit feiner werdender Rasterweite die Anforderungen an Rechenzeit und die benötigten Eingangsdaten. Hier muss ein Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Machbarkeit gefunden werden. In der vorliegenden Untersuchung beträgt die für die Modellierung mit FITNAH 3D verwendete horizontale räumliche Maschenweite 25 m. Die vertikale Gitterweite ist dagegen nicht äquidistant und in der bodennahen Atmosphäre besonders dicht angeordnet, um die starke Variation der meteorologischen Größen realistisch zu erfassen. So liegen die untersten Rechenflächen in Höhen von 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 und 70 m über Grund (ü. Gr.). Nach oben hin wird der Abstand immer größer und die Modellobergrenze liegt in einer Höhe von 3000 m ü. Gr. In dieser Höhe wird angenommen, dass die am Erdboden durch Orographie und Landnutzung verursachten Störungen abgeklungen sind.

Die Auswertungen der FITNAH-Modellierung beziehen sich auf das bodennahe Niveau der Modellrechnung (2 m ü. Gr. = Aufenthaltsbereich der Menschen).

3.2.1.2 BETRACHTETE WETTERLAGE

Die durchgeführte numerische Simulation mit FITNAH 3D legt eine autochthone Wetterlage zugrunde. Diese wird durch wolkenlosen Himmel und einen nur sehr schwach überlagernden synoptischen Wind gekennzeichnet, sodass sich die lokalklimatischen Besonderheiten einer Stadt besonders gut ausprägen. Entsprechend wurden die großräumigen synoptischen Rahmenbedingungen folgendermaßen festgelegt:

- ◆ Relative Feuchte der Luftmasse 50 %
- ◆ Bedeckungsgrad 0/8
- ◆ Kein überlagernder geostrophischer Wind

Die vergleichsweise geringen Windgeschwindigkeiten während der austauscharmen Wetterlage bedingen einen herabgesetzten Luftaustausch in der bodennahen Luftsicht. Bei gleichzeitig hoher Ein- und Ausstrahlung können sich somit lokal bioklimatische Belastungsräume ausbilden (Darstellung eines *worst case*-Szenarios). Charakteristisch für diese (Hochdruck-)Wetterlage ist die Entstehung eigenbürtiger Kaltluftströmungen (Flurwinde), die durch den Temperaturgradienten zwischen kühlen Freiflächen und wärmeren Siedlungsräumen angetrieben werden.

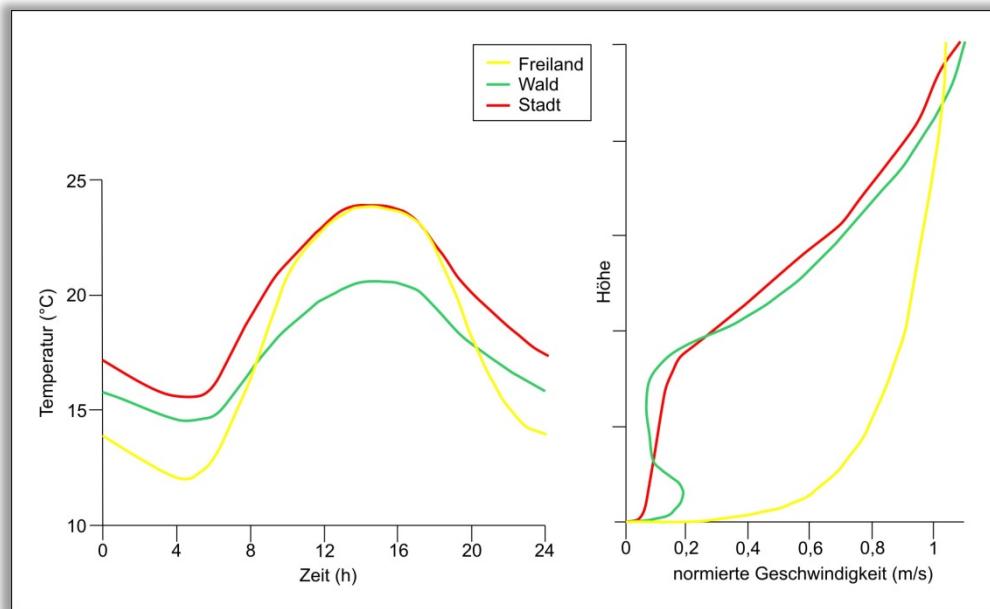


Abbildung 9: Temperaturverlauf und Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit verschiedener Landnutzungen

In Abbildung 9 sind schematisch die für eine austauscharme sommerliche Wetterlage simulierten tageszeitlichen Veränderungen der Temperatur und Vertikalprofile der Windgeschwindigkeit zur Mittagszeit für die Landnutzungen Freiland, Stadt und Wald dargestellt. Beim Temperaturverlauf zeigt sich, dass unversiegelte Freiflächen wie z.B. Wiesen und bebaute Flächen ähnlich hohe Temperaturen zur Mittagszeit aufweisen können, während die nächtliche Abkühlung über Siedlungsflächen vor allem durch die Wärme speichernen Materialien deutlich geringer ist. Waldflächen nehmen eine mittlere Ausprägung ein, da die nächtliche Auskühlung durch das Kronendach gedämpft wird. Hinsichtlich der Windgeschwindigkeit wird die Hinderniswirkung von Bebauung und Vegetationsstrukturen im Vertikalprofil deutlich.

3.2.2 DIE MESSKAMPAGNE

Für den Zeitraum vom 24.5. bis 16.10.2017 wurden die stationär erfassten Daten im Sauerbachtal und Kochertal in Form von Windrosen und Tagesgängen ausgewertet. Die Auswertung erfolgte für alle Tage, alle Strahlungstage, alle heißen Tage sowie auch separat für die Tag- und Nachtsituation. Außerdem wurden Tagesgänge von Lufttemperatur, Luftfeuchte und Wind analysiert und mit der LUBW-Station verglichen (Kap. 3.3.2.1).

Zur Erfassung der Lufttemperaturverteilung im Aalener Stadtgebiet wurden in einer sommerlichen Strahlungsnacht (05.-06.07.2017) an zwei Messterminen (22 und 1 Uhr) profilhaft angelegte Lufttemperaturmessfahrten durchgeführt. Dabei wurden zwei Messfahrzeuge mit einem Psychrometer der Fa. Ahlborn ausgestattet (Kap. 3.3.2.2).

Unter ähnlichen Wetterbedingungen wurden zu einem späteren Termin (29.-30.08.2017) Windmessungen mittels einer Fesselballonsonde sowie mit Hilfe von Rauchschwadenbeobachtungen durchgeführt. Die Fesselballonaufstiege geben an ausgewählten Messstandorten Aufschluss über die vertikale Mächtigkeit der lokalen Kaltluftbewegungen (Kap. 3.3.2.3).



3.2.3 WEITERENTWICKLUNG GEGENÜBER DER KLIMAANALYSE VON 1989

Während sich das Klimagutachten von 1989 lediglich auf Messungen stützt, kommen in diesem Gutachten erstmalig Klimamodellierung und Messungen zum Einsatz. Dies ermöglicht einen direkten Vergleich zwischen den berechneten Modellergebnissen und der direkten Messung. Neben Temperatur und Windgeschwindigkeit sowie -richtung sind in diesem Gutachten auch noch weitere wichtige Parameter in die Klimaanalyse eingegangen, so zum Beispiel der Kaltluftvolumenstrom und die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET). Letztere ist eine geeignete Größe, um das Temperaturempfinden am Tag zu beschreiben. Dagegen konzentriert sich das alte Klimagutachten vorrangig auf die Nachtsituation. Anhand des Kaltluftvolumenstroms, welcher in dem Modell FITNAH-3D ausgegeben wird, konnten für das gesamte Stadtgebiet Kaltluftleitbahnen und flächenhafte Kaltluftabflüsse verortet werden. Dabei wurde auch die Hinderniswirkung von Gebäuden und anderen städtischen Strukturen berücksichtigt. Das Modellgebiet deckt ein rechteckiges Areal von etwa 462 km² ab: Es umfasst die Stadt Aalen (146,6 km²) und ihr näheres Umland (315,4 km²) flächendeckend in einer Auflösung von 25 m. Eine weitere Besonderheit ist, dass sowohl der Ist-Zustand als auch die zukünftige Situation (mit der Flächenkulisse und dem Klimasignal für das Jahr 2030) betrachtet wurden. Auf der Grundlage der Ergebnisse vom Ist-Zustand und für 2030 konnten zudem eine Reihe von Planungsempfehlungen abgeleitet werden, welche u.a. in der Planungshinweiskarte und der Flächenmanagementstrategie dargestellt sind.

3.3 ERGEBNISSE

3.3.1 MODELLERGEBNISSE FÜR ZENTRALE KLIMAPARAMETER

Im Folgenden werden die rasterbasierten Modellergebnisse der Parameter Lufttemperatur, Kaltluftströmungsfeld und Kaltluftvolumenstrom (Nachtsituation) sowie Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET; Tagsituation) beschrieben. Sie basieren auf einer räumlichen Auflösung von 25 m (pro Rasterzelle ein Wert) und gelten für eine autochthone Sommerwetterlage (vgl. Kap. 3.2.1.2). Für die Darstellung in den Ergebniskarten wurden die Werte mittels einer bilinearen Interpolation auf die halbe Rasterzellenbreite geglättet. Flächenbezogene Analysen werden im anschließenden Kapitel zu den Klimaanalysekarten vorgenommen (z.B. die Ableitung von Kaltluftleitbahnen).

3.3.1.1 NÄCHTLICHES TEMPERATURFELD

Der Tagesgang der Lufttemperatur ist direkt an die Strahlungsbilanz eines Standortes gekoppelt und zeigt daher i.d.R. einen ausgeprägten Rückgang während der Abend- und Nachtstunden. Kurz vor Sonnenaufgang des nächsten Tages wird das Temperaturminimum erreicht. Das Ausmaß der Abkühlung kann, je nach meteorologischen Verhältnissen, Lage des Standorts und landnutzungsabhängigen physikalischen Boden- bzw. Oberflächeneigenschaften, große Unterschiede aufweisen. Besonders auffällig ist das thermische Sonderklima der Siedlungsräume mit seinen gegenüber dem Umland modifizierten klimatischen Verhältnissen.

Das Ausmaß der Temperaturabweichung im Siedlungsbereich ist vor allem von der Größe der Stadt und der Dichte der Überbauung abhängig. Doch auch über grünbestimmten Flächen weisen Luftvolumina keinen einheitlichen Wärmezustand auf. Die Abkühlungsrate natürlicher Oberflächen wird insb. von ihren thermischen Bodeneigenschaften (Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität) sowie eventuell vorhandenen Oberflächenbedeckungen (Bewuchs, Laubstreu, etc.) bestimmt. Dynamische Luftaustauschprozesse zwischen den Flächen, das Relief in Form von Geländehöhe, Exposition sowie Geländeneigung und die Lage im Mosaik der Landnutzungen üben weiteren Einfluss aus (bspw. macht es einen Unterschied, ob sich eine Freifläche neben einem Gewässer, Waldgebiet oder dicht versiegelten Bereich befindet).



Eine Sonderstellung nehmen Wald- und Gewässerflächen ein. Der gedämpfte, insgesamt vermittelnde Tagessgang der Temperatur im Wald beruht zu einem großen Teil auf dem zweischichtigen Strahlungsumsatz zwischen Atmosphäre und Kronendach sowie zwischen Kronendach und Stammraum. Größere Waldgebiete sind wichtige Frischluftproduktionsgebiete, in denen sauerstoffreiche und wenig belastete Luft entsteht. Während im Stammraum tagsüber durch Verschattung und Verdunstung relativ geringe Temperaturen bei hoher Luftfeuchtigkeit vorherrschen, treten nachts durch die abschirmende Wirkung des Kronendachs vergleichsweise milde Temperaturen auf. Stadtnahe Wälder können demnach auch am Tage Kaltluft zugunsten des Siedlungsraumes erzeugen, nachts fällt deren Kaltluftproduktion dagegen geringer aus als über unversiegelten Freiflächen – außerdem können sie ein Strömungshindernis darstellen. Die hohe spezifische Wärmekapazität von Wassern, seine besondere Art der Strahlungsabsorption und die im Wasserkörper stattfindenden turbulenten Durchmischungsvorgänge sorgen für eine (von hohen Absolutwerten ausgehend) deutlich verringerte diurnale Temperaturamplitude über größeren Gewässern. Da hier die Lufttemperaturen im Sommer tagsüber niedriger und nachts höher als in der Umgebung sind, wirken größere Gewässer auf bebauten Flächen am Tage klimatisch ausgleichend, während sie in der Nacht deren Abkühlung verringern.

Die Ermittlung des bodennahen Temperaturfeldes ermöglicht es, Bereiche mit potenziellen bioklimatischen Belastungen abzugrenzen, Aussagen zum Auftreten thermisch und/oder orographisch induzierter Ausgleichsströmungen zu treffen und die räumliche Ausprägung sowie Wirksamkeit von Kalt- bzw. Frischluftströmungen abzuschätzen. Die aufgeführten Absolutwerte der Lufttemperatur sind exemplarisch für eine autochthone Sommernacht als besondere Wetterlage zu verstehen. Die daraus abgeleiteten relativen Unterschiede innerhalb des Stadtgebiets bzw. zwischen den Nutzungsstrukturen gelten dagegen weitestgehend auch während anderer Wetterlagen, sodass die Flächenbewertung etwa der Planungshinweiskarten auf diesen beruht.

Das sich um 04:00 Uhr in der Nacht einstellende Lufttemperaturfeld im 462 km² großen Untersuchungsraum umfasst bei Minimalwerten von weniger als 13 °C über stadtfernen Freiflächen und Maximalwerten von mehr als 20 °C im Stadtzentrum eine große Spannweite. Die mittlere Temperatur im Untersuchungsgebiet liegt unter den angenommenen meteorologischen Rahmenbedingungen bei 13,3 °C. Die Siedlungsflächen im Aalener Stadtgebiet treten mit einer durchschnittlichen Temperatur von 16,6 °C deutlich als Wärmeinsel hervor. Das Temperaturfeld ist auch innerhalb der bebauten Gebiete räumlich differenziert, weil Areale mit Einzelhaus- oder Zeilenbebauung und Verkehrsanlagen unterschiedliche Boden- und Oberflächeneigenschaften aufweisen (Abbildung 10).

Die höchsten Temperaturen treten aktuell mit etwa 19,5 bis 20,5 °C auf den Gewerbegebäuden im Stadtzentrum auf und resultieren aus dem hohen Bauvolumen und Oberflächenversiegelungsgrad. Im Jahr 2030 ist davon auszugehen, dass nahezu alle Gewerbegebäude entlang der B19 und in Wasseralfingen Temperaturen von über 20 °C erreichen. Demnach treten Tropennächte (also Nächte, in denen das Minimum der Lufttemperatur mindestens 20 °C beträgt) verstärkt in diesen hochversiegelten Bereichen auf. Der größte Teil der Aalener Siedlungsflächen ist jedoch durch eine ausgedehnte Einzel- und Reihenhausbebauung geprägt, welche mit durchschnittlich 15,8 °C und maximal 19,3 °C unter den bebauten Flächen das geringste Temperaturniveau aufweisen. Im Jahr 2030 wird dieser Bebauungstyp im Schnitt 1,7 °C wärmer sein. Die durch Abstandsflächen geprägte Zeilen- und Hochhausbebauung, welche punktuell in den verschiedenen Stadtbezirken auftritt, liegt mit ca. 17,1 °C im heutigen Zustand und mit ca. 18,6 °C im Jahr 2030 zwischen den übrigen Stadtstrukturtypen.

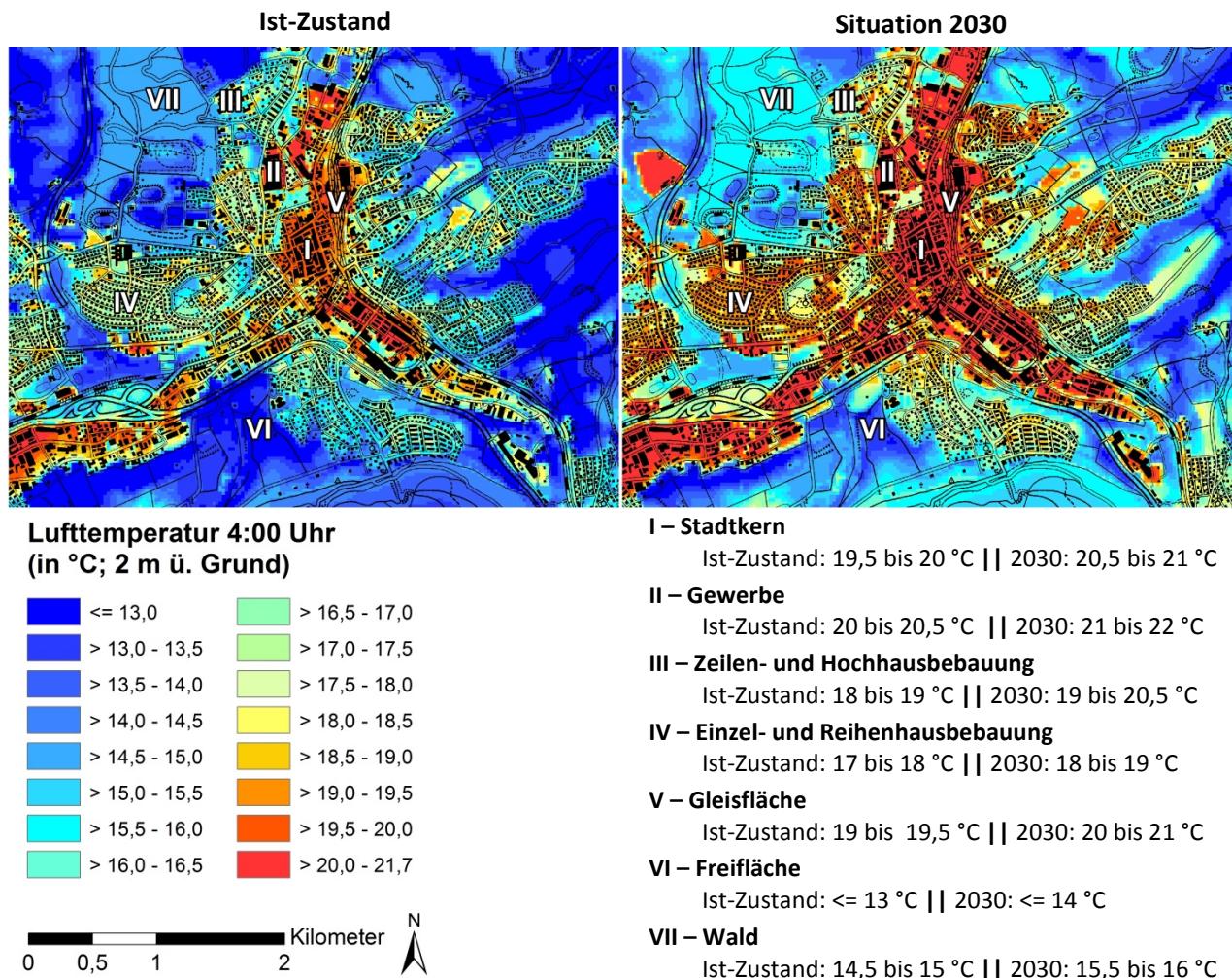


Abbildung 10: Nächtliches Temperaturfeld der Kernstadt heute und für das Jahr 2030 mit beispielhaften Werten verschiedener Nutzungsstrukturen (im Hintergrund: TK50)

Im Temperaturfeld treten unbebaute, vegetationsgeprägte Freiflächen mit deutlich geringeren Werten hervor. Die niedrigsten Temperaturen im Untersuchungsgebiet sind mit weniger als 13 °C über ausgedehnten landwirtschaftlich genutzten Arealen zu verzeichnen. Ähnlich geringe Werte können in Senkenbereichen auftreten, in denen sich Kaltluft aufgrund ihrer – im Vergleich zu wärmeren Luftmassen – höheren Dichte sammelt. In Wäldern dämpft das Kronendach die nächtliche Ausstrahlung und damit auch ein stärkeres Absinken der bodennahen Lufttemperatur, sodass in 2 m ü. Gr. Temperaturwerte über 13 °C erreicht werden (z.B. Rohrwang, Spitalwald, Schradenberg). Verglichen mit den weitläufigen Freiräumen im Außenbereich weisen innerstädtische Grünflächen mit ca. 15 – 17 °C ein höheres Wertespektrum auf (z.B. Schillerhöhe, Stadtgarten). Diese größeren vegetationsgeprägten Areale treten im Siedlungsraum mit vergleichsweise niedrigen Temperaturen deutlich hervor und stellen demnach potentielle Entlastungsräume für die umliegenden bebauten Areale dar. Im Jahr 2030 werden die Aalener Grünflächen im Schnitt 1,7 °C wärmer als in der heutigen Situation sein.



3.3.1.2 KALTLUFTSTRÖMUNGSFELD

Die variable bodennahe Lufttemperaturverteilung bedingt horizontale und vertikale Luftdruckunterschiede, welche wiederum Auslöser für lokale thermische Windsysteme sind. Die wichtigsten nächtlichen Luftströmungen dieser Art sind Hangabwinde und Flurwinde – erstgenannte treten im Untersuchungsgebiet aufgrund der vergleichsweise großen Reliefenergie verstärkt auf.

Ab einer Geländeneigung von ein bis zwei Grad setzen nach Sonnenuntergang über natürlichen Oberflächen abwärts gerichtete Strömungen ein, weil die hangnahe Luft durch nächtliche Ausstrahlung stärker abkühlt als die freie Luft in gleicher Höhe. Aufgrund ihrer höheren Dichte fließt die kühlere Bodenluft hangabwärts. Die Ausprägung dieses kleinräumigen Phänomens wird in erster Linie durch das Temperaturdefizit zur umgebenden Luft und durch die Neigung des Geländes bestimmt (Mosimann et al. 1999). Hangabwinde erreichen maximale Abflussgeschwindigkeiten von etwa 3 m/s, ihre vertikale Mächtigkeit liegt zumeist unterhalb von 10 m (Hergert 1991). In ebenen Lagen bilden sich unter günstigen Bedingungen sogenannte Flurwinde aus, die radial auf einen überwärmten Raum ausgerichtet sind. Flurwinde entstehen, wenn sich infolge der Überwärmung von überbauten oder versiegelten Gebieten gegenüber dem Umland ein lokales thermisches Tief aufbaut. Der resultierende Druckgradient kann daraufhin durch einströmende kühlere Luftmassen aus dem Umland ausgeglichen werden (Kiese et al. 1988). Flurwinde sind eng begrenzte, oftmals nur gering ausgeprägte Strömungsphänomene (Geschwindigkeit i.d.R. deutlich < 2 m/s.), die bereits durch einen schwachen überlagernden Wind überdeckt werden können. Kleinräumige Strömungsphänomene, die zwischen einzelnen strukturellen Elementen innerhalb der Stadt auftreten, werden Strukturwinde genannt.

Den hier beschriebenen Phänomenen kommt eine besondere landschaftsplanerische Bedeutung zu. Größere Siedlungen wirken aufgrund ihrer hohen aerodynamischen Rauigkeit als Strömungshindernis. Aus diesem Grund sind die Durchlüftung der Stadtkörper und ihr Luftaustausch mit dem Umland generell herabgesetzt. Die Abfuhr von schadstoffbelasteten und überwärmten Luftmassen in den Straßenschluchten kann in Abhängigkeit von Bebauungsart und -dichte deutlich eingeschränkt sein. Speziell bei austauschschwachen Wetterlagen wirken sich diese Faktoren bioklimatisch zumeist ungünstig aus. Daher können die genannten Strömungssysteme durch die Zufuhr frischer und kühlerer Luft eine bedeutende klima- und immissionsökologische Ausgleichsleistung für die Belastungsräume erbringen.

Die Kaltluftströmung ist in der vorliegenden Untersuchung ein wichtiger Parameter zur Beurteilung des Kaltlufthaushaltes, wobei sich vor allem die Luftaustauschprozesse am Stadtrand erst in der zweiten Nachthälfte vollständig entwickeln. Die Abbildung 10 zeigt das für den Zeitpunkt 04:00 Uhr modellierte Strömungsfeld für einen Ausschnitt des Aalener Stadtgebiets, das sich während einer sommerlichen austauscharmen Strahlungswetternacht herausgebildet hat. Die momentane Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit wird über die Pfeilrichtung und Pfeillänge in Form von Vektoren dargestellt. Im Strömungsfeld sind die Hinderniswirkung der Baukörper und die daraus resultierende Umlenkung der Strömung gut zu erkennen. Die unterlegten Farben stellen die Windgeschwindigkeit flächenhaft dar. Abgebildet sind alle Rasterzellen mit einer Windgeschwindigkeit von mindestens 0,1 m/s, für die unter Berücksichtigung der gebietstypischen Ausprägung eine potenzielle klimaökologische Wirksamkeit angenommen werden kann.

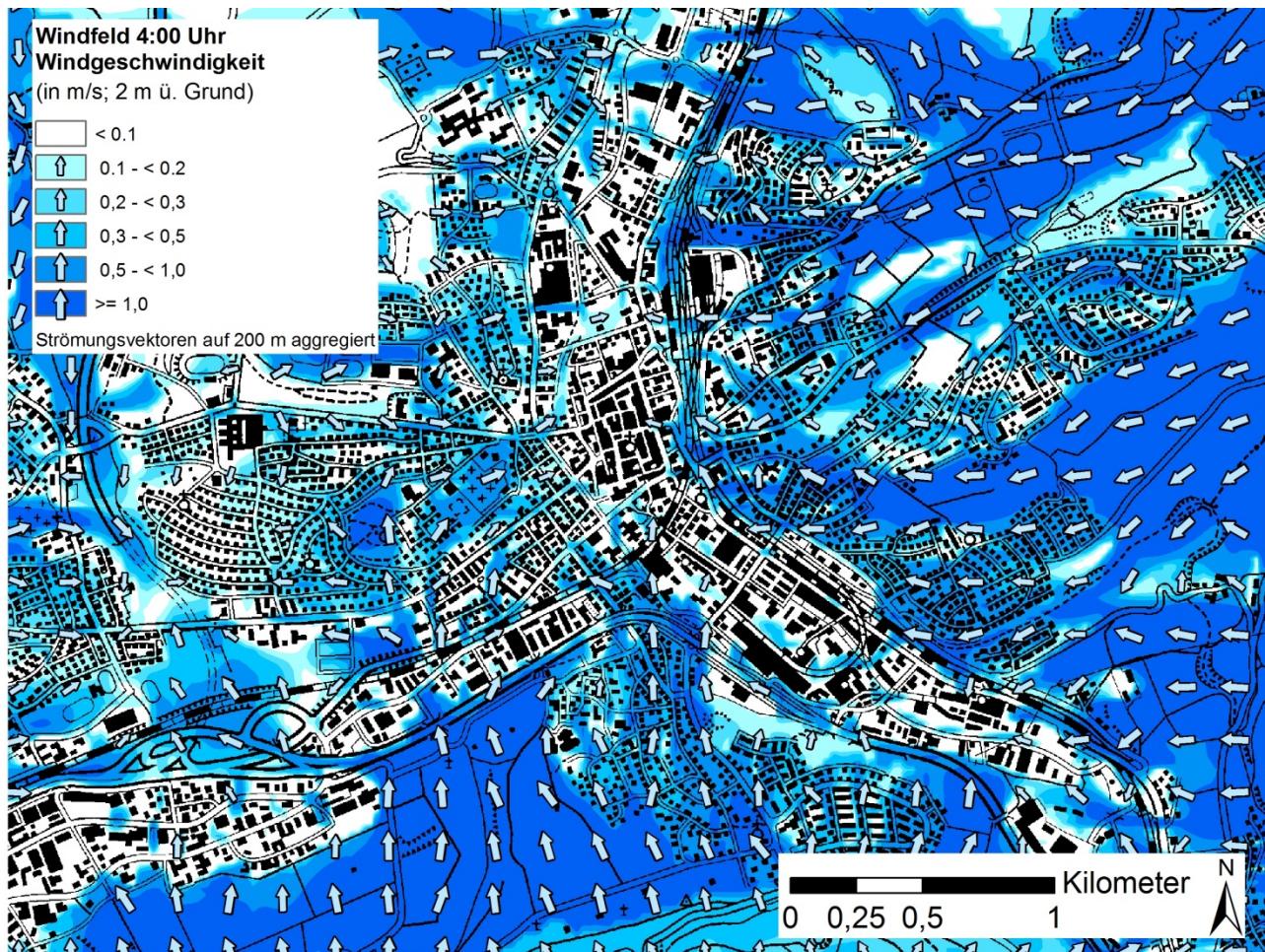


Abbildung 10: Nächtliches Strömungsfeld in einem Ausschnitt des Stadtgebiets Aalen (im Hintergrund: TK 50)

Die für das 2 m-Niveau wiedergegebenen Strömungsgeschwindigkeiten reichen von vollkommener Windstille bis zu reliefbedingten Maximalwerten von ca. 3,8 m/s im Bereich des Taufbachtals. Insgesamt liegen die Werte mit meist über 1 m/s relativ hoch, da das Strömungsfeld während der angenommenen autochthonen Wetterlage vor allem durch Hangabwinde bestimmt ist, wobei thermisch induzierte Flurwinde die Strömungsgeschwindigkeiten zusätzlich verstärken. Der in der Karte dargestellte Bereich von Aalen wird somit aufgrund der Tallage als auch aufgrund des Wärmeinseleffektes in der Nacht relativ gut mit kühlerer Luft aus der Umgebung versorgt. In Richtung des Zentrums nimmt die Strömungsgeschwindigkeit ab, wobei im Stadtkern keine wirksame Strömung von über 0,1 m/s mehr erreicht wird. Während die Einzel- und Reihenhausbebauung gut durchlüftet wird, stellen Gewerbegebiete eine Strömungsbarriere dar, insbesondere bei einer quer zur Windrichtung verlaufenden Baukörperstellung (z.B. das Gewerbegebiet auf der Fläche der ehemaligen Aalener Remonte-Kaserne nördlich der Innenstadt). Größere städtische Grünflächen, wie die Schillerhöhe und der St. Johann Friedhof, erreichen mit ihren Ausgleichsströmungen die umliegenden Siedlungsgebiete und tragen somit zu einer guten Durchlüftung des Stadtkörpers bei.

In den Ortslagen Dewangen und Fachsenfeld fallen aufgrund der verhältnismäßig geringeren Reliefunterschiede die Windgeschwindigkeiten deutlich geringer aus und erreichen selten Werte von über 1 m/s. Hier überwiegen die Flurwinde, welche sich als Ausgleichströmung zwischen der kühleren Umgebung und der wärmeren Ortslage herausbilden. In Ebnat und Waldhausen treten etwas stärkere Flur- und Hangabwinde auf, welche aber merklich schwächer ausgeprägt sind als in der Aalener Kernstadt. Jedoch ist die Hinderniswirkung in den benannten Ortslagen aufgrund der lockeren Bebauung deutlich geringer, sodass diese auch relativ gut durchlüftet werden.



3.3.1.3 KALTLUFTVOLUMENSTROM

Wie bereits im Vorkapitel zum autochthonen Windfeld erläutert, kommt den lokalen thermischen Windsystemen eine besondere Bedeutung beim Abbau von Wärme- und Schadstoffbelastungen größerer Siedlungsräume zu. Weil die potenzielle Ausgleichsleistung einer grünbestimmten Fläche aber nicht allein aus der Geschwindigkeit der Kaltluftströmung resultiert, sondern zu einem wesentlichen Teil durch ihre Mächtigkeit mitbestimmt wird (d.h. durch die Höhe der Kaltluftschicht), muss zur Bewertung der Grünflächen ein umfassender Klimaparameter herangezogen werden: der sogenannte Kaltluftvolumenstrom.

Vereinfacht ausgedrückt stellt der Kaltluftvolumenstrom das Produkt aus der Fließgeschwindigkeit der Kaltluft, ihrer vertikalen Ausdehnung (Schichthöhe) und der horizontalen Ausdehnung des durchflossenen Querschnitts (Durchflussbreite) dar. Er beschreibt somit diejenige Menge an Kaltluft in der Einheit m^3 , die in jeder Sekunde durch den Querschnitt beispielsweise eines Hanges oder einer Leitbahn fließt (Abbildung 11). Da die Modellergebnisse nicht die Durchströmung eines natürlichen Querschnitts widerstreichen, sondern den Strömungsdurchgang der gleichbleibenden Rasterzellenbreite (hier 25 m), ist der resultierende Parameter streng genommen nicht als Volumenstrom, sondern als rasterbasierte Volumenstrom-Dichte aufzufassen.

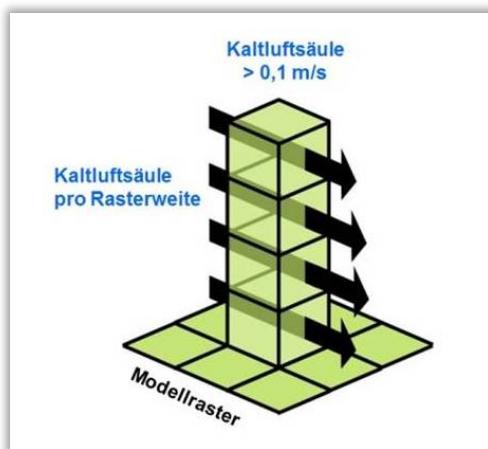


Abbildung 11: Prinzipskizze Kaltluftvolumenstrom

Dieser Wert kann über ein 25 m breites, quer zur Luftströmung hängendes Netz veranschaulicht werden, das ausgehend von der Obergrenze der Kaltluftschicht bis hinab auf die Erdoberfläche reicht. Wird nun die Menge der pro Sekunde durch das Netz strömenden Luft bestimmt, ist diese als rasterbasierte Volumenstromdichte zu verstehen.

Wie auch die anderen Klimaparameter ist der Kaltluftvolumenstrom eine Größe, die während der Nachtstunden in ihrer Stärke und Richtung veränderlich ist. Der jeweilige Beitrag beschleunigender und bremssender Faktoren zur Dynamik der Strömung wird unter anderem stark von der bisherigen zeitlichen Entwicklung des Abflusses beeinflusst. So können sich beispielsweise die Kaltluftströmungen über einer Fläche im Laufe der Nacht dadurch ändern, dass die Fläche zunächst in einem Kaltluftabflussgebiet und später in einem Kaltluftsammlgebiet liegt. Letzteres kann als Hindernis auf nachfolgende Luftmassen wirken und von diesen über- oder umströmt werden. Die sich im Verlauf der Nacht einstellenden Strömungsgeschwindigkeiten hängen im Wesentlichen von der Temperaturdifferenz der Kaltluft gegenüber der Umgebungsluft, der Hangneigung und der Oberflächenrauigkeit ab – wobei die Kaltluft selber auf alle diese Parameter modifizierend einwirken kann.

Gebäude, Mauern oder Straßendämme können als Strömungshindernisse wirken und luvseitig markante Kaltluftstaus auslösen. Werden die Hindernisse von größeren Luftvolumina über- oder umströmt, kommt es



im Lee zu bodennahen Geschwindigkeitsreduktionen, die in Verbindung mit vertikalen oder horizontalen Verlagerungen der Strömungsmaxima stehen kann. Die Eindringtiefe von Kaltluft in bebautes Gebiet hängt wesentlich von der Siedlungsgröße, Bebauungsdichte, anthropogenen Wärmefreisetzung und der Menge einströmender Kaltluft ab.

Die räumliche Ausprägung des Kaltluftvolumenstroms im Untersuchungsraum folgt im Wesentlichen dem Muster des Kaltluftströmungsfeldes, weicht an einigen Stellen jedoch von diesem ab.

Die geringsten Werte finden sich abermals im Stadtkern, der aufgrund der Hinderniswirkung der Bebauung nur beschränkt durchlüftet wird und in dem keine Grünflächen hohen Kaltluftentstehungspotenzials vorhanden sind (Abbildung 12).

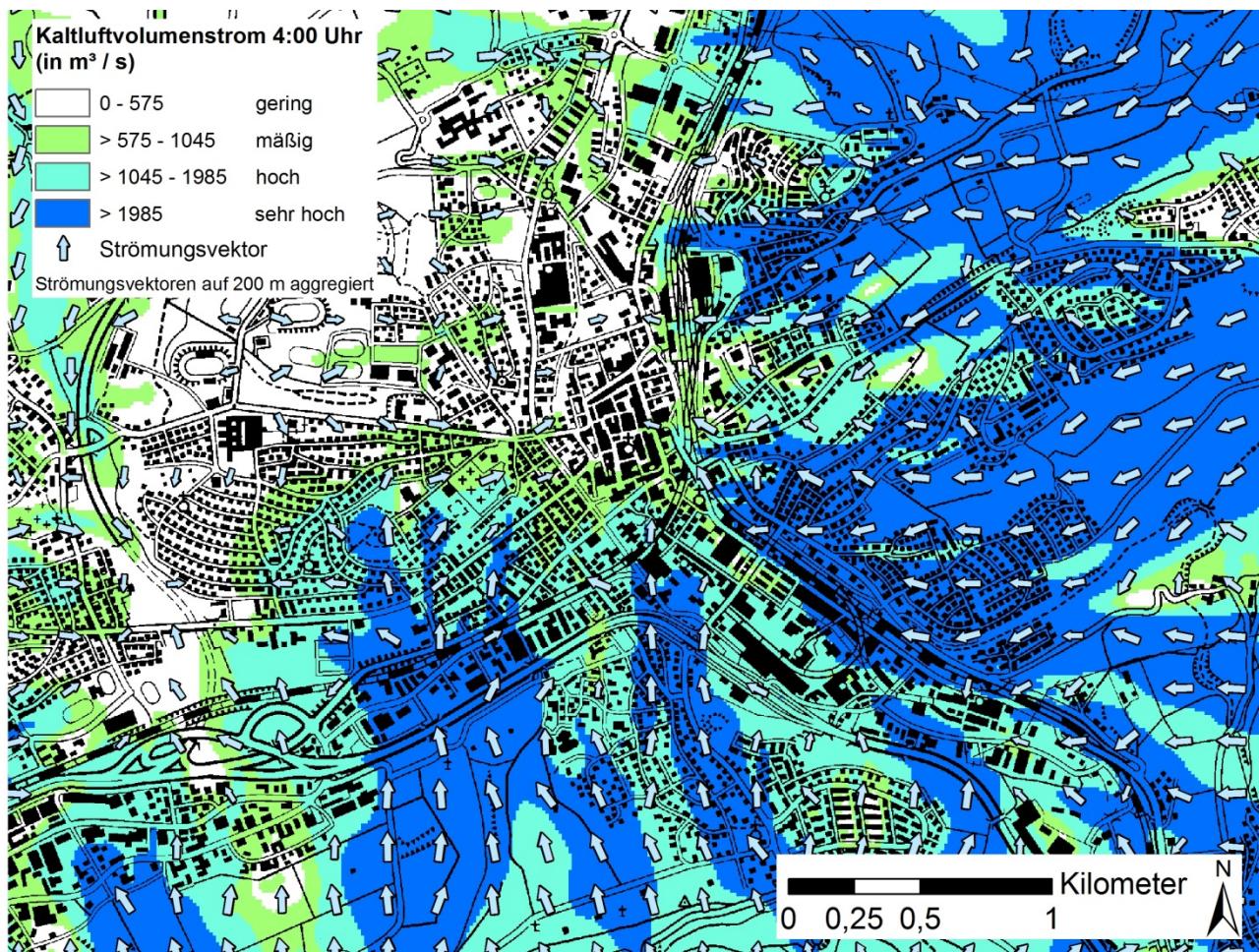


Abbildung 12: Nächtlicher Kaltluftvolumenstrom in einem Ausschnitt des Stadtgebiets Aalen (im Hintergrund: TK 50)

Von der Schwäbischen Alb fließt in der Nacht Kaltluft mit einem sehr hohen Volumenstrom hangabwärts in Richtung des Zentrums ab, wobei sogar Werte von über 2000 m³/s erreicht werden. Der südliche und östliche Teil des in der Karte dargestellten Stadtgebiets hat demnach die größten Volumenströme zu verzeichnen. Dagegen fällt die Kaltluftzufuhr aus westlicher Richtung deutlich geringer aus. Dies kann auf geringere Reliefunterschiede und das große Waldareal als Strömungsbarriere zurückgeführt werden. Zwar treten über Waldflächen geringe Kaltluftvolumenströme auf, doch können diese in Siedlungsnähe ebenfalls Ausgleichsleistungen bereitstellen, wenngleich weniger stark ausgeprägt als über Freiflächen. Analog zu den Windgeschwindigkeiten sind die Volumenströme in Ortslagen wie Dewangen, Fachsenfeld, Ebnat und Waldhausen geringer als im zentralen Bereich des Stadtgebiets.



Im Laufe einer (autochthonen) Sommernacht steigt die Kaltluftmächtigkeit i.d.R. an, sodass geringe Hindernisse überwunden werden können. Beispielsweise sind die Einzel- und Reihenhäuser, welche in der Regel eine geringe Gebäudehöhe aufweisen, durchlässig für Kaltluftströmungen. Auch können einzelne Grünflächen, die zwar nicht zusammen hängen, aber räumlich nahe liegen und durch nur wenige Hindernisse getrennt sind, als Trittsteine für Kaltluft dienen.

3.3.1.4 THERMISCHE BELASTUNG AM TAG (PHYSIOLOGISCH ÄQUIVALENTE TEMPERATUR)

Meteorologische Parameter wirken nicht unabhängig voneinander, sondern in biometeorologischen Wirkungskomplexen auf das Wohlbefinden des Menschen ein. Zur Bewertung werden Indizes verwendet (Kenngrößen), die Aussagen zur Lufttemperatur und Luftfeuchte, zur Windgeschwindigkeit sowie zu kurz- und langwelligen Strahlungsflüssen kombinieren. Wärmeaushaltsmodelle berechnen den Wärmeaustausch einer „Norm-Person“ mit seiner Umgebung und können so die Wärmebelastung eines Menschen abschätzen². Beispiele für solche Kenngrößen sind der PMV-Wert (Predicted Mean Vote) und der UTCI (Universal Thermal Climate Index).

Tabelle 7: Zuordnung von Schwellenwerten für den Bewertungsindex PET während der Tagesstunden (nach VDI 2004).

PET	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
4 °C	Sehr kalt	Extreme Kältebelastung
8 °C	Kalt	Starke Kältebelastung
13 °C	Kühl	Mäßige Kältebelastung
18 °C	Leicht kühl	Schwäche Kältebelastung
20 °C	Behaglich	Keine Wärmebelastung
23 °C	Leicht warm	Schwache Wärmebelastung
29 °C	Warm	Mäßige Wärmebelastung
35 °C	Heiß	Starke Wärmebelastung
41 °C	Sehr heiß	Extreme Wärmebelastung

In der vorliegenden Arbeit wird zur Bewertung der Tagsituation der humanbioklimatische Index PET um 14:00 Uhr herangezogen (Physiologisch Äquivalente Temperatur; vgl. Höppe und Mayer 1987). Gegenüber vergleichbaren Indizes hat dieser den Vorteil, aufgrund der °C-Einheit auch von Nichtfachleuten besser nachvollzogen werden zu können. Darüber hinaus handelt es sich bei der PET um eine Größe, die sich in der Fachwelt zu einer Art „Quasi-Standard“ entwickelt hat, sodass sich die Ergebnisse aus Aalen mit denen anderer Städte vergleichen lassen. Wie die übrigen humanbiometeorologischen Indizes bezieht sich die PET auf Außenklimatische Bedingungen und zeigt eine starke Abhängigkeit von der Strahlungstemperatur (Kuttler 1999). Mit Blick auf die Wärmebelastung ist sie damit vor allem für die Bewertung des Aufenthalts im Freien am Tage sinnvoll einsetzbar.

Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden und die physiologische Belastungsstufen quantifizieren (z.B. Starke Wärmebelastung ab PET 35 °C; Tabelle 7; VDI 2004).

² Energiebilanzmodelle für den menschlichen Wärmeaushalt bezogen auf das Temperaturempfinden einer Durchschnittsperson („Klima-Michel“ mit folgenden Annahmen: 1,75 m, 75 kg, 1,9 m² Körperoberfläche, etwa 35 Jahre; vgl. Jendritzky 1990).



Im Vergleich zur Lufttemperatur weist die PET eine höhere Spannbreite im Untersuchungsgebiet auf. PET-Werte $\leq 23^{\circ}\text{C}$ (keine Wärmebelastung) stellen eine Ausnahme dar und sind einzig in Wäldern zu finden, die tagsüber eine kühlende Wirkung auf ihre Umgebung haben (Abbildung 13). Der Großteil der Waldgebiete ist jedoch schwach wärmebelastet (PET $\leq 29^{\circ}\text{C}$). Der Aufenthaltsbereich des Menschen in 2 m ü. Gr. liegt unterhalb des Kronendachs und ist somit vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt, sodass Wälder als Rückzugsorte dienen können.

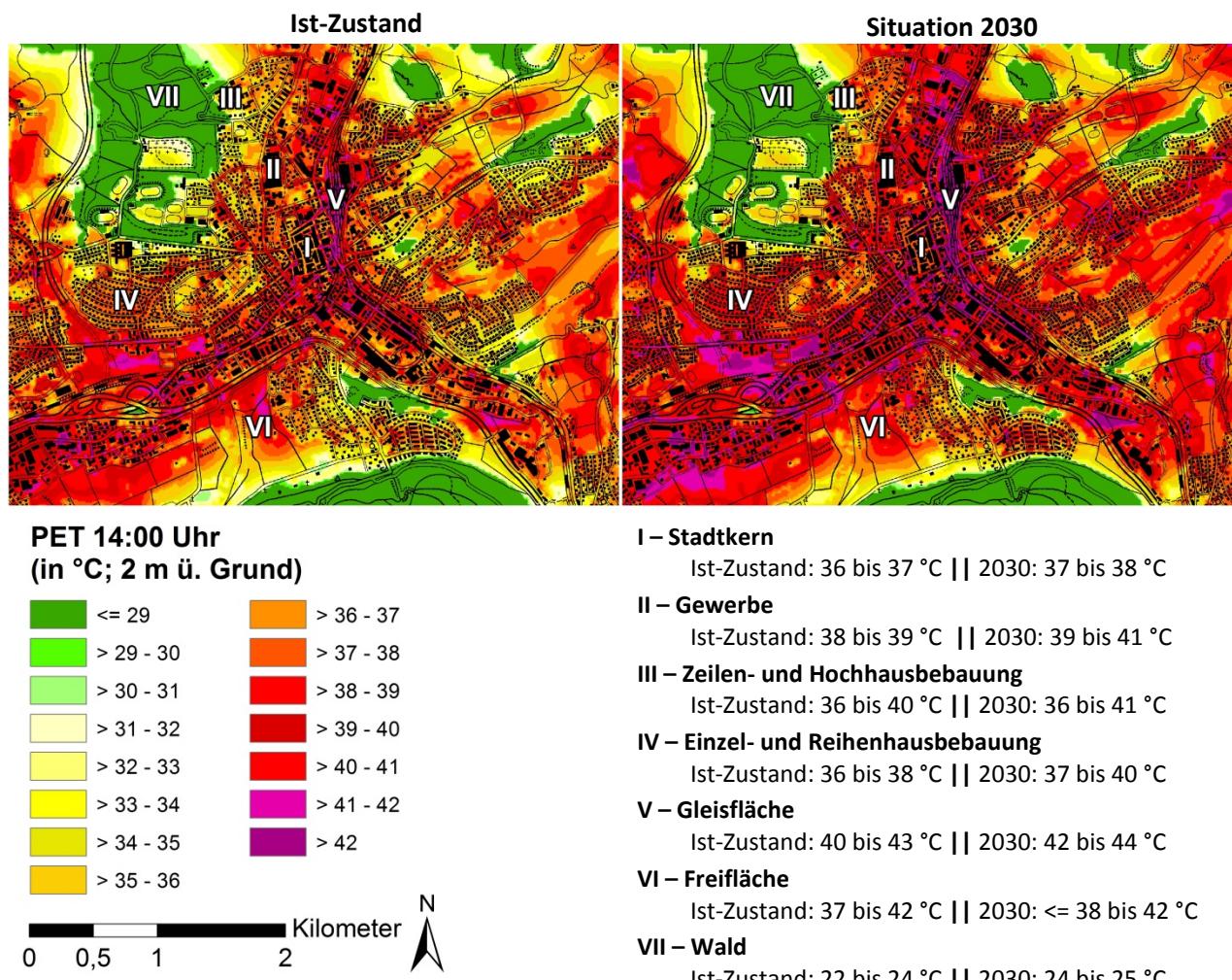


Abbildung 13: Wärmebelastung am Tage in der Kernstadt heute und für das Jahr 2030 mit beispielhaften Werten verschiedener Nutzungsstrukturen (im Hintergrund: TK50)

Alle weiteren Flächen weisen unter den gegebenen Annahmen eines autochthonen Sommertags (keine Bewölkung, d.h. ungehinderte Einstrahlung) mindestens eine mäßige Wärmebelastung auf, wobei der Siedlungsraum größtenteils von einer starken Wärmebelastung betroffen ist. Die höchsten Werte werden über ausgedehnten Gleisarealen und im Straßenraum erreicht (bis zu mehr als 41 °C PET; extreme Wärmebelastung). Durch die ungehinderte Sonneneinstrahlung erreicht die thermische Belastung über unversiegelten Freiflächen ähnlich hohe Werte. Im Gegensatz zur Situation in der Nacht fällt die thermische Belastung im Stadtkern weniger stark aus, da die dichte und zumeist hohe Bebauung für eine gewisse Verschattung sorgt. Innerhalb der Kernstadt zeichnen sich Parkareale wie die Schillerhöhe mit einer vergleichsweise geringen Wärmebelastung aus.

In Aalen wird die PET bis zum Jahr 2030 in Abhängigkeit von der Landnutzung durchschnittlich um 1,2 bis 1,8 °C zunehmen. Die Zeilen- und Hochhausbebauung sowie die Einzel- und Reihenhausbebauung haben die



geringste PET-Zunahme zu verzeichnen. Dagegen ist auf den Freiflächen mit der stärksten Zunahme der PET zu rechnen. Mit über 1,6 °C erwärmen sich außerdem die Straßen- und Gleisflächen überdurchschnittlich stark. Demnach werden in Zukunft die tagsüber bereits besonders hoch belasteten Flächen besonders gravierend vom Klimawandel betroffen sein.

3.3.2 ERGEBNISS DER MESSKAMPAGNE 2017

3.3.2.1 STATIONÄRE MESSUNGEN

Die statische Auswertung der stationär erfassten Winddaten basiert auf dem Datenmaterial des Messzeitraums 24.05. - 16.10.2017. Da es an der Station Kochertal im Zeitraum 07.07 – 26.07.2016 zu Datenausfällen kam, bleiben diese Fehlzeiten unberücksichtigt.

Um die zeitliche Repräsentanz des Messzeitraums beurteilen zu können, wurden die an der LUBW-Luftmessstation Bahnhofstraße im Untersuchungszeitraum gemessenen Werte für die Windgeschwindigkeit und Windrichtung mit den Daten eines längeren Messzeitraums (2007 - 2016) verglichen – siehe Abbildung 14.

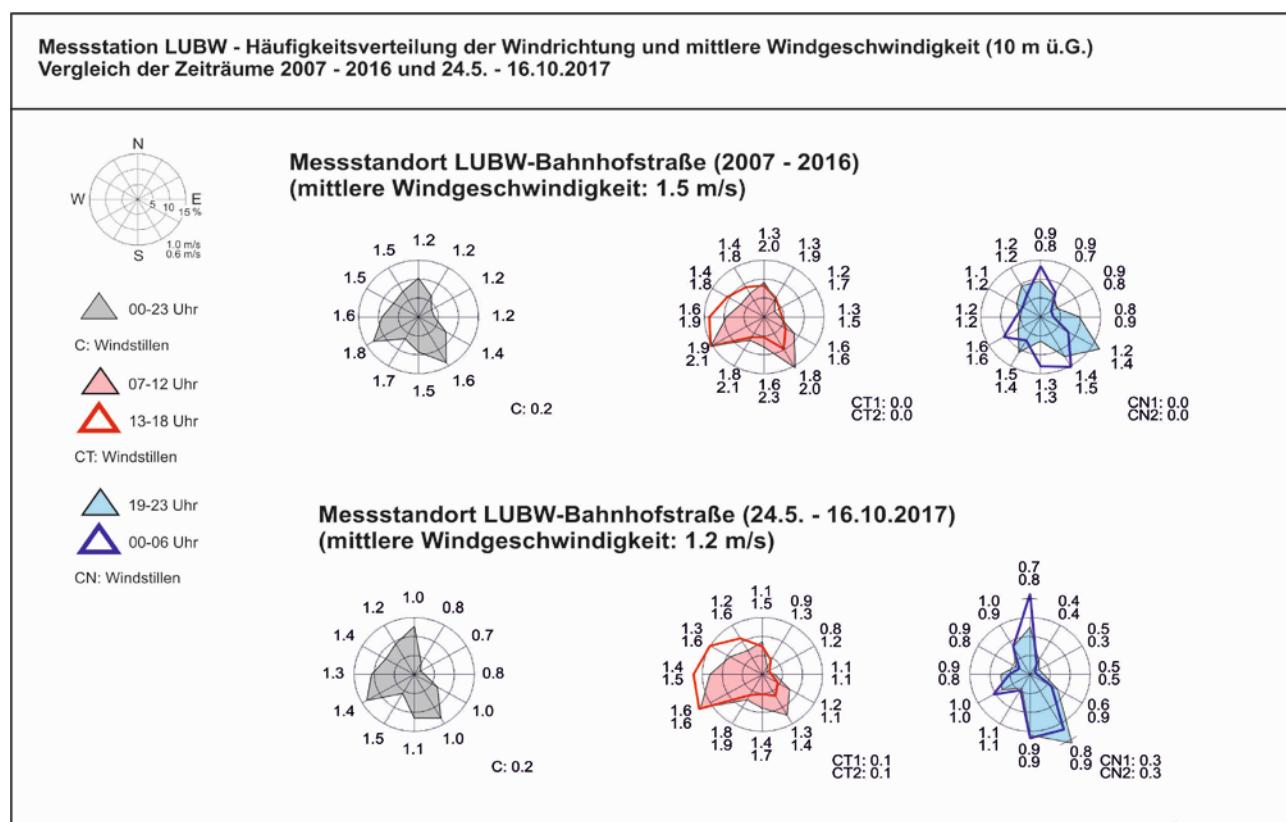


Abbildung 14: Messstation LUBW – Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit (10 m ü G.). Vergleich der Zeiträume 2007 – 2016 und 24.05. – 16.10.2017

Wie der Vergleich der Windrosen³ zwischen dem Kurzmesszeitraum 2017 und dem 10-jährigen Mittel dokumentiert, ergeben sich zwischen den beiden Zeiträumen keine gravierenden Unterschiede.

³ Die einzelnen Teilkreise entsprechen Häufigkeiten der Windrichtung (Halbstundenmittelwerte) von 5 %, 10 %, 15 % usw., dabei deuten die Teilstriche der Windrose in die Richtung aus welcher der Wind weht (Teilstrich nach oben entspricht einem Nordwind, nach rechts einem Ostwind). Als weitere Information werden die mittleren Windgeschwindigkeiten der 30-Grad-Richtungssektoren für die jeweiligen Tages- und Nachthälften dargestellt.



In beiden Zeiträumen dominieren südöstliche bis südwestliche und nördliche Windrichtungskomponenten. Das um ca. 0,3 m/s niedrigere Windgeschwindigkeitsmittel im Kurzmesszeitraum 2017 ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass in diesem Datenkollektiv die allgemein windstärkeren Herbst-, Winter- und Frühlingsmonate fehlen. Die durchgeführten Windmessungen vom 24.05. – 16.10.2017 können daher als näherungsweise repräsentativ für die örtliche Windrichtungsverteilung angenommen werden.

Betrachtet man bei den im Jahr 2017 erfassten Winddaten zunächst das Datenkollektiv „alle Tage“ (Abbildung 15), so kann am Messstandort Kochertal zwischen B19 im Süden und Ulmer Straße im Norden bilanziert werden, dass im knapp 5-monatigen Untersuchungszeitraum großwetterlagenbedingt ca. 52 % der am Tag gemessenen Windrichtungen in den westsüdwestlichen bis westnordwestlichen Sektoren liegen. Die mittleren Geschwindigkeiten betragen dabei 1,7 m/s. Als Sekundärmaximum treten mit einer Häufigkeit von ca. 22 % östliche bis ostsüdöstliche Luftströmungen mit mittleren Geschwindigkeiten von 1,3 m/s auf. Das Tagmittel der Windgeschwindigkeit liegt bei 1,4 m/s.

An der Station Sauerbachtal in Hofherrnweiler überwiegen am Tag mit ca. 57 % westsüdwestliche bis westliche Richtungen, wobei die mittlere Windgeschwindigkeit 1,3 m/s beträgt. Ost- bis Ostsüdostwinde zeigen eine Häufigkeit von ca. 18 % der Tagstunden. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt am Tag ca. 1,3 m/s. Die gegenüber dem Stationsstandort Kochertal etwas niedrigere Windgeschwindigkeit ist auf die größere Oberflächenrauigkeit der Umgebungsbebauung zurückzuführen.

An der LUBW-Station Bahnhofstraße zeigen sich am Tag vergleichbare Windrichtungshäufigkeiten, wobei das Tagmittel der Windgeschwindigkeit aufgrund der etwas größeren Messhöhe bei ca. 1,5 m/s liegt.

In der Nacht ist an den Messstandorten Kochertal und LUBW-Bahnhofstraße eine deutliche Zunahme südöstlicher Windrichtungen zu bestimmen. Südöstlich der Aalener Innenstadt werden im Bereich der Julius-Bausch-Straße (Messstandort Kochertal) zu ca. 52 % der Nachtstunden ostsüdöstliche bis südsüdöstliche Windrichtungen aufgezeichnet, die im Wesentlichen auf den Kochertalabwind zurückzuführen sind. Er zeigt eine mittlere Windgeschwindigkeit von ca. 0,3 – 0,5 m/s.

Der Kochertalabwind setzt sich über die Aalener Innenstadt bis in den Bereich der LUBW-Station in der Bahnhofstraße durch. Dort werden noch zu ca. 35 % der Nachtstunden südsüdöstliche bis südliche Windrichtungen aufgezeichnet. Hierbei beträgt in 10 m ü. G. die mittlere Windgeschwindigkeit ca. 0,9 m/s. Auffallend ist an der Windrose LUBW-Bahnhofstraße die Zunahme nördlicher Windrichtungen in der zweiten Nachhälfte. Sie deutet darauf hin, dass sich im Norden von Aalen zeitweise flurwindartige, talaufwärtsgerichtete Kaltluftbewegungen durchsetzen.

In Hofherrnweiler herrschen an der Station Sauerbachtal in der ersten Nachhälfte südwestliche Windrichtungen vor. Sie sind auf den Einfluss großwetterlagenbedingter Westwinde und lokaler Kaltluftabflüsse entlang des Sauerbachtals zurückzuführen. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt dabei ca. 0,7 m/s. In der zweiten Nachhälfte ist eine auffallende Häufung schwacher südlicher bis südöstlicher Winde zu bestimmen. Dies deutet darauf hin, dass die Hangabwinde, die sich insbesondere in Strahlungsnächten über der Hangzone Röte südlich der B29 entwickeln, bis zum Stationsstandort nachweisbar sind.

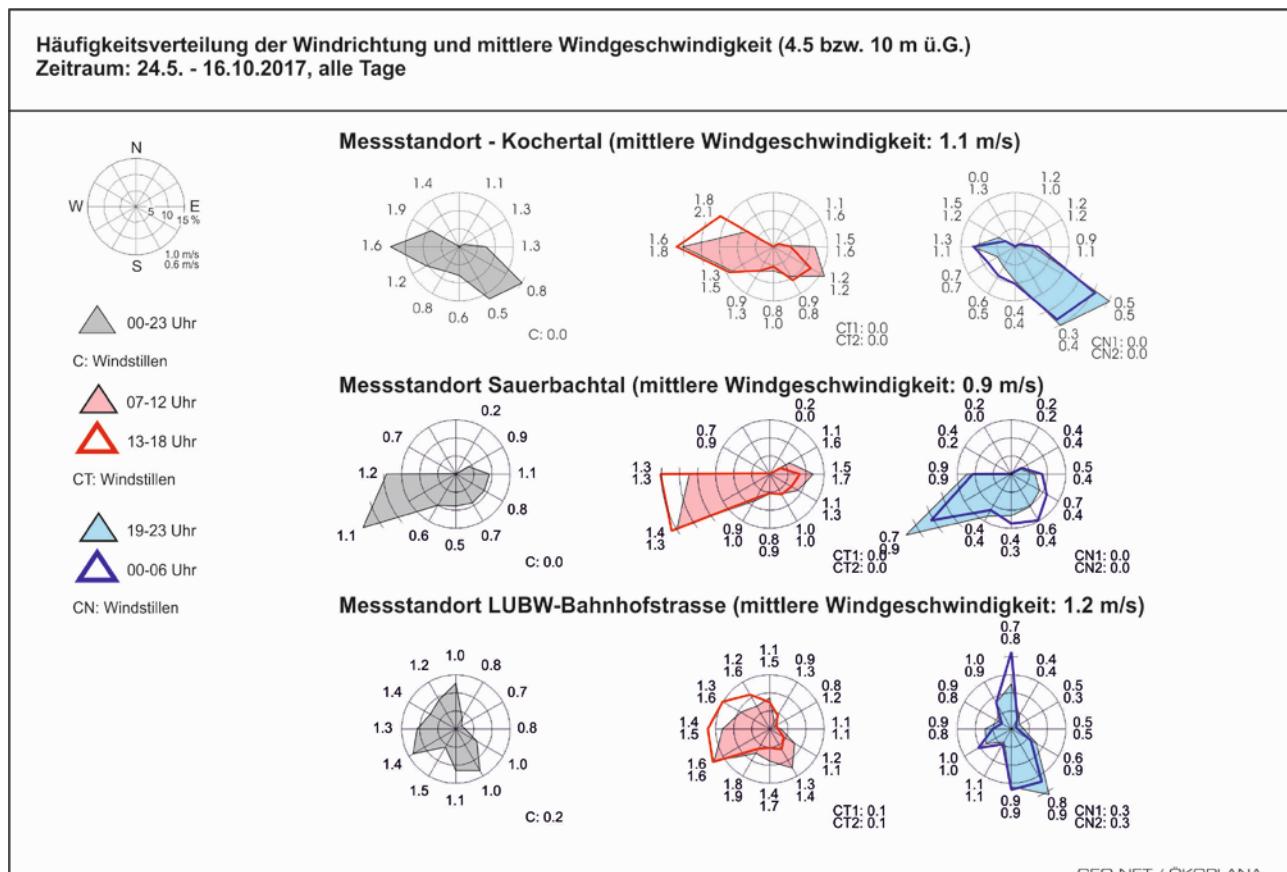


Abbildung 15: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit (4.5 bzw. 10 m ü.G.). Zeitraum 24.05. – 16.10.2017, alle Tage

Im Verlauf von lokalklimatisch besonders relevanten Strahlungswetterlagen (Abbildung 16 bis Abbildung 18) Häufigkeit: ca. 23 % der Tage im Untersuchungszeitraum 24.05. – 16.10.2017) kommt es am Tag, infolge langandauernder Sonneneinstrahlung, zu auffallender Erwärmung und in der Nacht durch ungehinderte Ausstrahlung der Oberflächen zu starker Abkühlung der bodennahen Luftsichten mit intensiver Kaltluftproduktion vegetationsbedeckter Flächen. Derartige Wetterlagen sind oft windschwach, wobei nächtliche Bodeninversionen entstehen, d.h. die Luft ist stabil geschichtet, der vertikale Luftaustausch ist reduziert oder weitgehend unterbunden. Das Ventilationsgeschehen wird vermehrt von Lokal- und Regionalströmungen begrenzter Reichweite bestimmt, deren Existenz der Kaltluftproduktion vegetationsbedeckter Flächen zu verdanken ist.

Den Richtungsverteilungen und Windgeschwindigkeitsmitteln an den Stationen Kochertal, Sauerbachtal und LUBW-Bahnhofstraße ist zu entnehmen, dass tagsüber die vorherrschenden Gradientwinde aus west-südwestlichen bis westnordwestlichen sowie östlichen bis ostsüdöstlichen Richtungen das ortsspezifische Ventilationsgeschehen bestimmen. Die mittleren Windgeschwindigkeiten betragen am Tag ca. 1,6 m/s (Station Kochertal), 1,4 m/s (Station Sauerbachtal) und 1,5 m/s (Station LUBW-Bahnhofstraße). Mittlere Windgeschwindigkeiten über 3,0 m/s, die eine intensive bodennahe Durchlüftung bewirken, treten nur zu ca. 1 % der Tagstunden auf.

Nach Sonnenuntergang nehmen im Kochertal (Stationen Kochertal und LUBW-Bahnhofstraße) die durchschnittliche Windgeschwindigkeit sowie die Häufigkeit von Winden aus westlichen Richtungssektoren auf fallend ab. Südöstlich der Aalener Innenstadt dominieren nahezu ausschließlich südöstliche Winde, die im Wesentlichen auf den Kochertalabwind zurückzuführen sind. Er zeigt mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 0,3 – 0,5 m/s (4,5 m ü. G.).



Der Talwind überstreicht die Aalener Innenstadt und macht sich daher auch am Messstandort LUBW-Bahnhofstraße bemerkbar. Dort werden zu ca. 41 % der Nachtstunden südliche bis südsüdöstliche Windrichtungen registriert. Die mittlere Windgeschwindigkeit beläuft sich dabei in der ersten Nachthälfte auf ca. 0,8 – 0,9 m/s. Im Laufe der zweiten Nachthälfte setzen zunehmend nördliche, talaufwärts gerichtete Windbewegungen ein, die auf flurwindartige Luftaustauschbewegungen zwischen der Kochertalaue und der Aalener Innenstadt hinweisen.

Am Messstandort Sauerbachtal in Hofherrnweiler bestimmt in der ersten Nachthälfte der Sauerbachtalabwind aus südwestlichen Richtungen das lokale Belüftungsgeschehen. Er zeigt mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 0,3 – 0,5 m/s (4,5 m ü. G.). In der zweiten Nachthälfte häufen sich südliche bis ostsüdöstliche Windrichtungen. Über der Hangzone Röte südlich der B29 entwickeln sich in den Nachtstunden breit angelegte Hangabwinde, die über das Industriegebiet West hinaus auch am Gewerbestandort in Hofherrnweiler Wirkung zeigen.

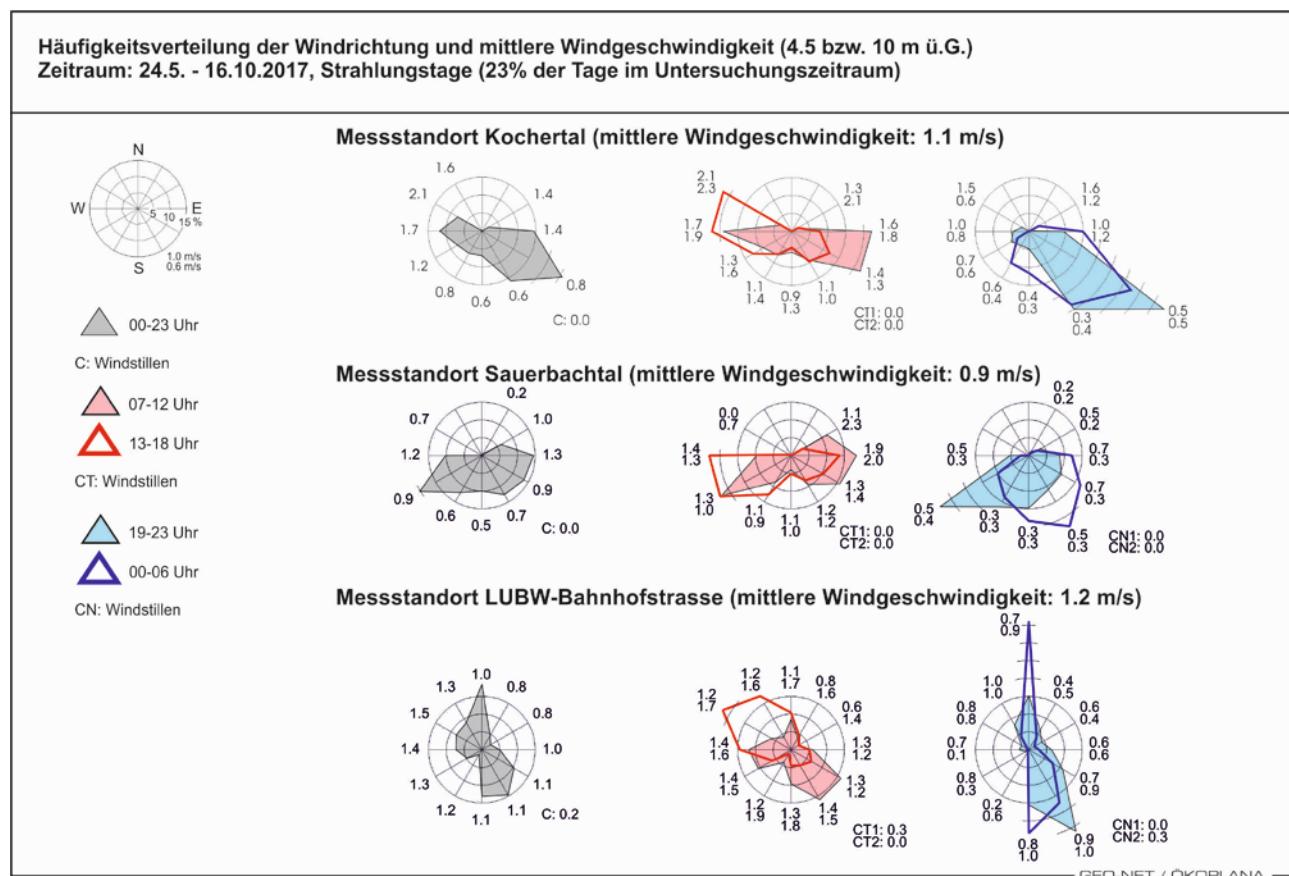


Abbildung 16: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit (4,5 bzw. 10 m ü. G.). Zeitraum 24.05. – 16.10.2017, Strahlungstage

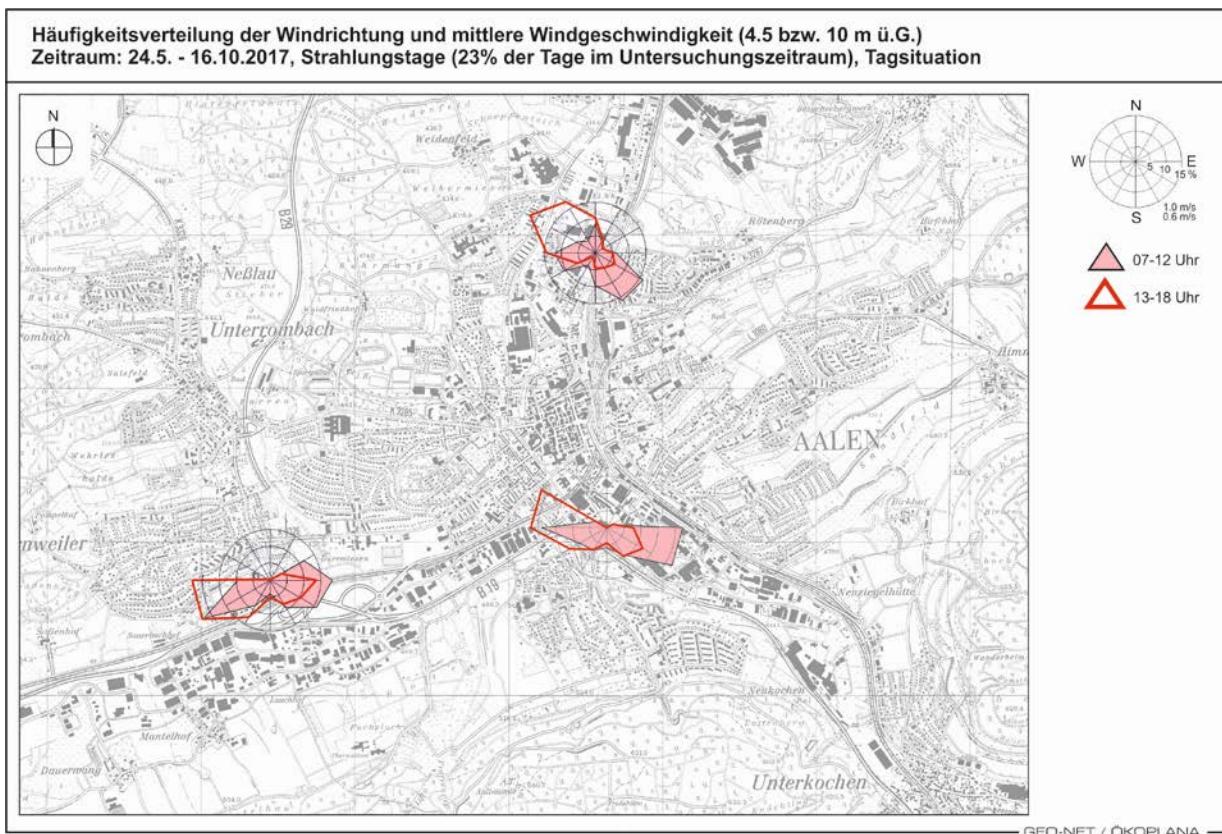


Abbildung 17: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit (4,5 bzw. 10 m ü. G.). Zeitraum 24.05. – 16.10.2017, Strahlungstage - Tagsituation

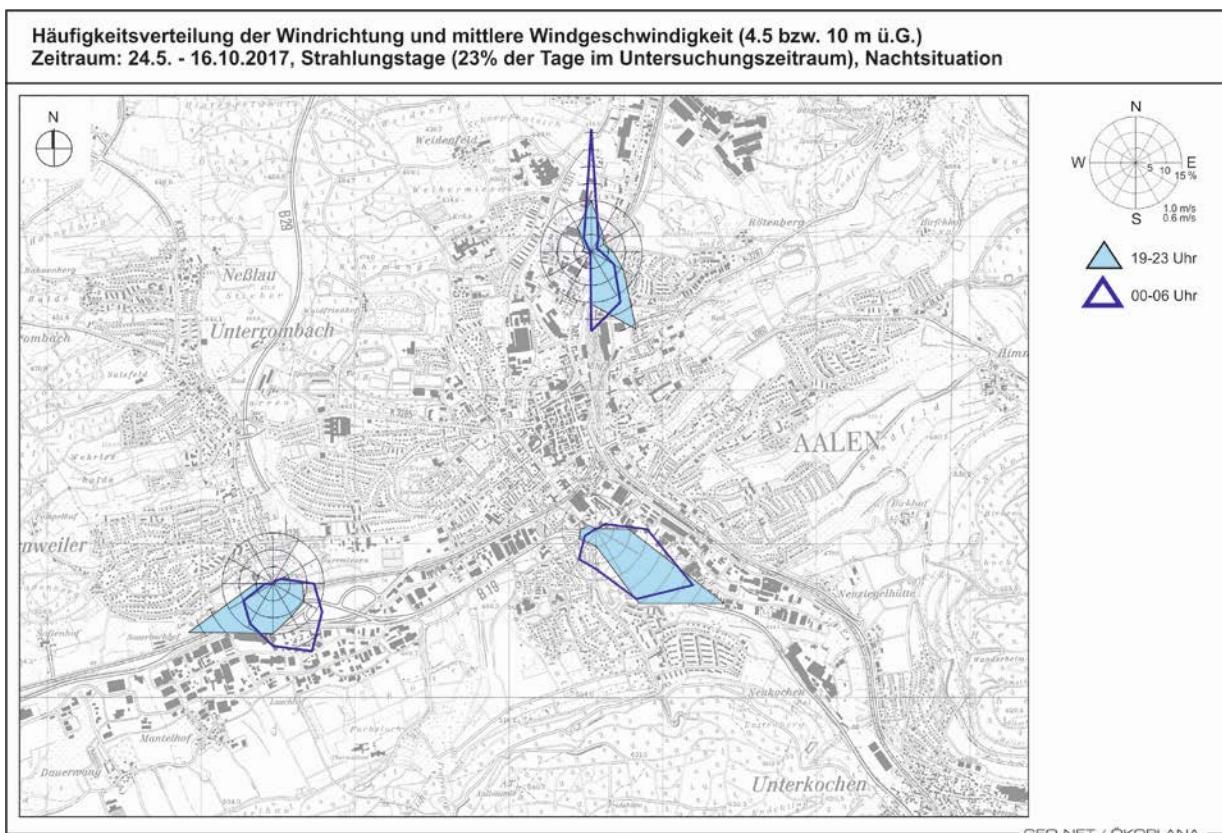


Abbildung 18: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit (4,5 bzw. 10 m ü. G.). Zeitraum 24.05. – 16.10.2017, Strahlungstage – Nachtsituation



Schwache Windbewegungen herrschen auch an heißen Sommertagen ($T_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$, Abbildung 19) vor. Die Windgeschwindigkeitsmittel betragen 1,0 m/s (Station Kochertal), 0,9 m/s (Station Sauerbachtal) und 1,1 m/s (Station LUBW-Bahnhofstraße).

Auch bei diesem Datenkollektiv (11 % der Tage im Untersuchungszeitraum) überwiegt im Planungsgebiet in den Nachtstunden die Belüftung über kaltluftbedingte Lokalströmungen entlang des Kocher- und Sauerbachtals, was die Bedeutung talparallel angeordneter Belüftungssachsen unterstreicht.

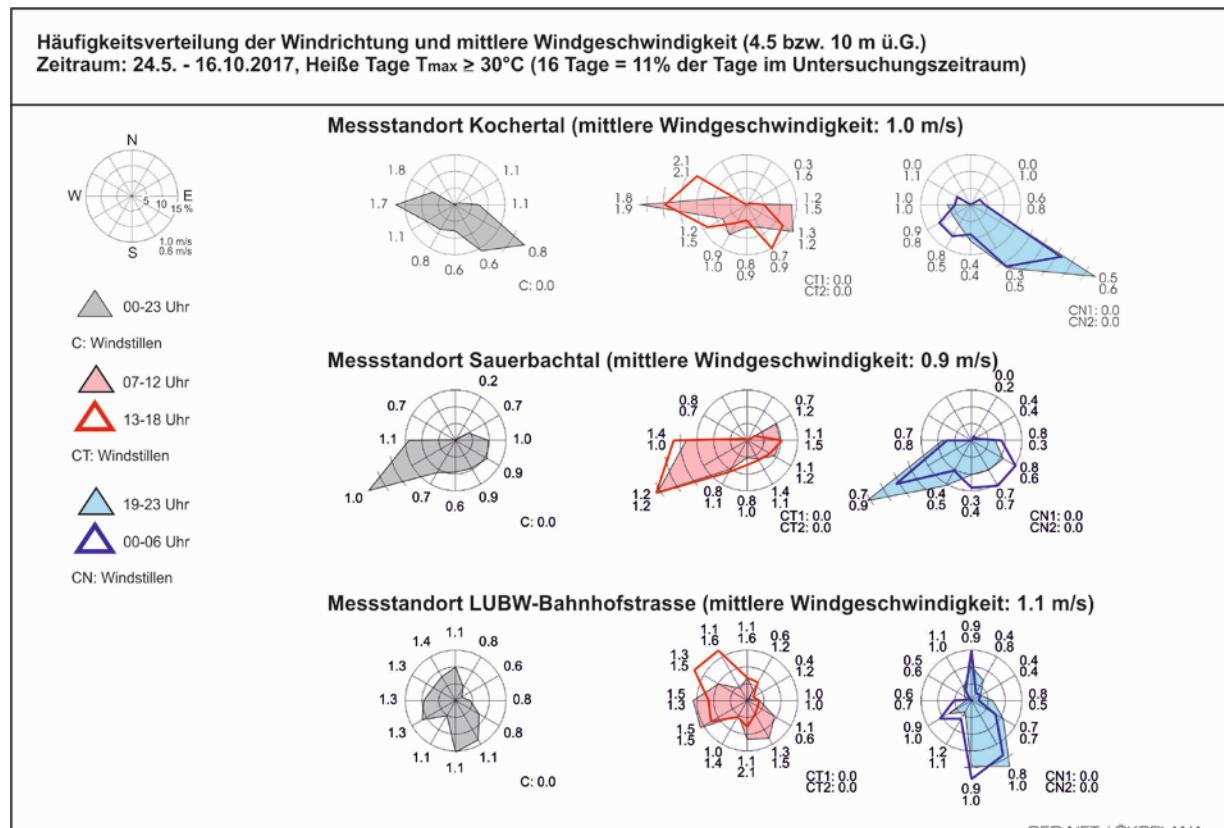


Abbildung 19: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und mittlere Windgeschwindigkeit (4,5 bzw. 10 m ü. G.). Zeitraum 24.05. – 16.10.2017, heiße Tage

3.3.2.2 THERMISCHE SITUATION UND VENTILATION BEI KLIMAÖKOLOGISCH RELEVANTEN WETTERLAGEN - VERGLEICHENDE DARSTELLUNG AUSGEWÄHLTER TAGESGÄNGE DER LUFTTEMPERATUR UND DES WINDES AUF BASIS DER STATIONÄREN MESSUNGEN

Das Verhalten der Lufttemperatur in Abhängigkeit von Relief, Flächennutzung und Strömungsgeschehen ist ein Indiz für die Funktion des horizontalen und vertikalen Luftaustausches.

Bei klimaökologisch relevanten Wetterlagen (ca. 25 bis 30 % der Tage im Jahr - langjähriges Mittel) ergeben sich im Stadtgebiet von Aalen lokalklimatische Differenzierungen. Typisch für diese Situationen ist, dass sich in der Bebauung verminderte Ventilation und durch die Aufheizung von Baukörpern und befestigten Flächen starke Erwärmung der Luft und Wärmestaus (→ Tendenz zu bioklimatischen Belastungen) einstellen. Nach Sonnenuntergang kommt es hingegen zu intensiver Kaltluftproduktion vegetationsbedeckter Flächen und zur Ausbildung stabiler Luftsichtung (Bodeninversionen).

Sowohl bei Tag als auch verstärkt in der Nacht stellen sich in Aalen flächennutzungsbedingt Lufttemperaturunterschiede ein, wobei zur Zeit der nächtlichen Abkühlungsphase zwischen der Aalener Innenstadt und den vegetationsbedeckten Talauen und Hangzonen Temperaturunterschiede bis ca. 7 K auftreten können.



Die thermische Situation und das Ventilationsgeschehen an den temporären Klimamessstationen und in deren Umfeld werden vor allem durch die Flächennutzungsstruktur und die Lagesituation zu klimaökologisch wirksamen Ausgleichsräumen (= Kaltluftproduktionsflächen) bestimmt.

Zur Verdeutlichung der örtlichen Klimadifferenzierung werden nachfolgend für die temporären Stationsstandorte mittlere Tagesgänge der Lufttemperatur /rel. Luftfeuchtigkeit für klimaökologisch relevante Strahlungstage und heiße Tage dargestellt.

3.3.2.3 MITTLERE TAGESGÄNGE DER LUFTTEMPERATUR UND DER WINDGESCHWINDIGKEIT

Nachfolgend werden die mittleren Tagesgänge der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit für hochdruckbeeinflusste Strahlungswetterlagen (Strahlungstage) und für heiße Tage im Untersuchungszeitraum 24.05. – 16.20.2017 dargestellt (Abbildung 20 und Abbildung 21).

Beide Tagesgänge dokumentieren, dass die Erwärmung der Luft nach Sonnenaufgang beginnt und ihr Maximum zwischen ca. 14:30 Uhr und 16:30 Uhr (MEZ) erreicht. Die dabei gegenüber dem Sonnenhöchststand verzögerte maximale Erwärmung ist darauf zurückzuführen, dass das Maximum der Energiebilanz der Oberfläche nach Sonnenhöchststand eintritt und sich infolgedessen die Erwärmung der dem Boden aufliegenden Luft auch noch danach fortgesetzt.

Bereits vor Sonnenuntergang setzt die Abkühlung ein, diese ist in der ersten Nachhälfte am stärksten. Das Temperaturminimum wird an allen Stationen kurz vor Sonnenaufgang gemessen.

An Strahlungstagen stellen sich an den beiden Stationsstandorten im Kochertal und Sauerbachtal Lufttemperaturmaxima von ca. 27,0 °C ein. Der ca. 1 K niedrigere Wert an der Station LUBW-Bahnhofstraße ist vor allem auf die größere Messhöhe und die unterschiedliche Flächennutzung am Stationsstandort zurückzuführen.

Die Lufttemperaturminima zeigen in Strahlungsnächten Werte von 13,4 °C (Station Sauerbachtal), 14,4 °C (Kochertal) und 14,2 °C (LUBW-Bahnhofstraße). Die gegenüber dem Sauerbachtal etwas höheren Temperaturen im Kochertal sind auf die dichtere Bebauung im Stationsumfeld zurückzuführen. Bei meist vorherrschenden Südostwinden wird an die Stationen Kochertal und LUBW-Bahnhofstraße wärmere Luft aus den vorgelagerten Gewerbegebieten bzw. Innenstadtarealen herangeführt, die die nächtliche Abkühlung reduzieren.

An heißen Sommertagen zeigen sich vergleichbare Lufttemperaturverläufe.

Die Luftfeuchte beeinflusst in Verbindung mit der Lufttemperatur das Behaglichkeitsempfinden des Menschen maßgeblich. Vor allem bei hohen Temperaturwerten in Verbindung mit hoher Luftfeuchte wird der Wärmehaushalt des menschlichen Körpers erheblich beeinträchtigt (= Schwüleempfinden). Da die Wasserdampfsättigung der Luft bei höheren Temperaturen erst später als bei niedrigen eintritt, wird in der Stadtklimatologie anstelle des absoluten Feuchtegehaltes bevorzugt die relative Luftfeuchte als Messgröße eingesetzt. Die relative Luftfeuchte gibt das Verhältnis (in Prozent) des wahren Wasserdampfgehaltes der Luft zu dem bei der jeweils herrschenden Lufttemperatur maximal möglichen an. Sie ist somit eine Maßzahl für die aktuelle Wasserdampfaufnahmefähigkeit der Luft

Die Tagesgänge der relativen Luftfeuchte sind invers zu den Lufttemperaturverläufen. Das Tagesminimum der relativen Luftfeuchte wird entsprechend dem Auftreten der Maximumstemperatur am frühen Nachmittag nach Sonnenhöchststand erreicht. In den Nachtstunden ist die relative Feuchte am höchsten.



Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit (2.5 bzw. 4 m ü.G.)
Zeitraum: 24.5. - 16.10.2017, Strahlungstage (23% der Tage im Untersuchungszeitraum)

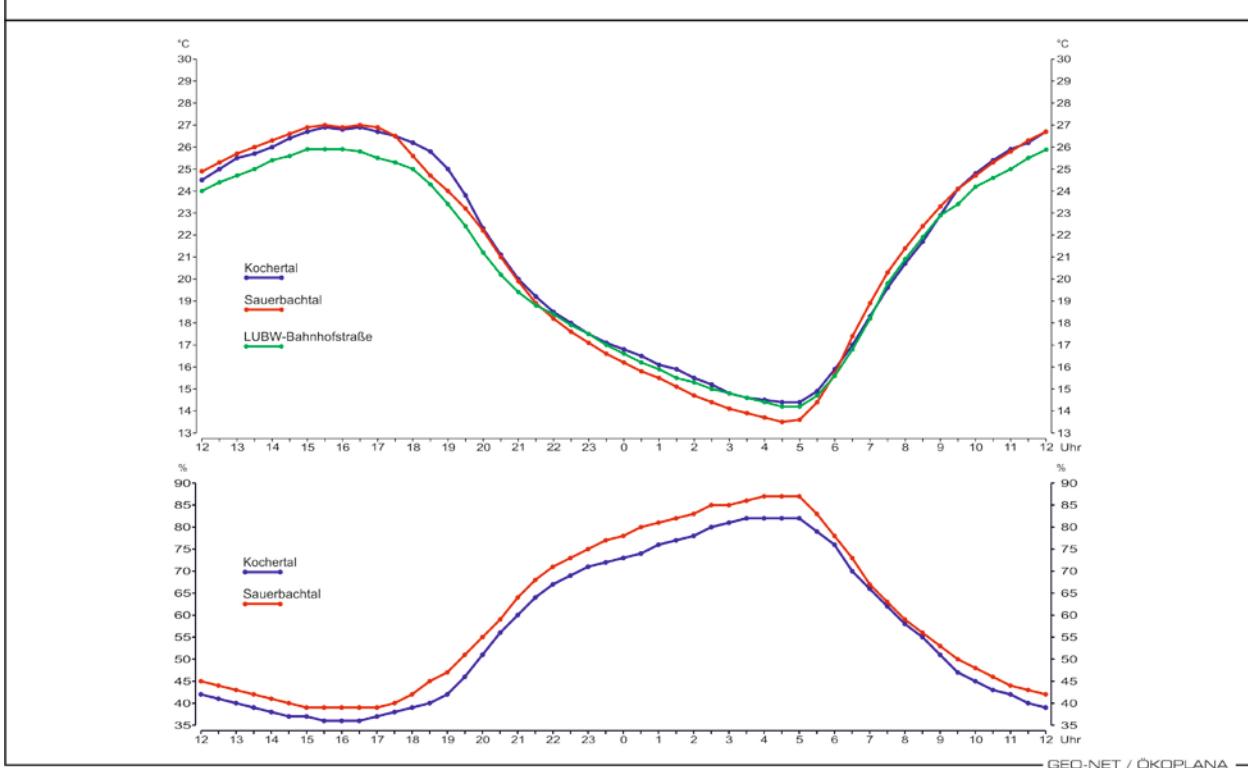


Abbildung 20: Mittlere Tagesgänge der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit. Zeitraum 24.05. – 16.10.2017, Strahlungstage

Mittlerer Tagesgang der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit (2.5 m bzw. 4 m ü.G.)
Zeitraum: 24.5. - 16.10.2017, heiße Tage $T_{max} \geq 30^{\circ}\text{C}$ (16 Tage = 11% der Tage im Untersuchungszeitraum)

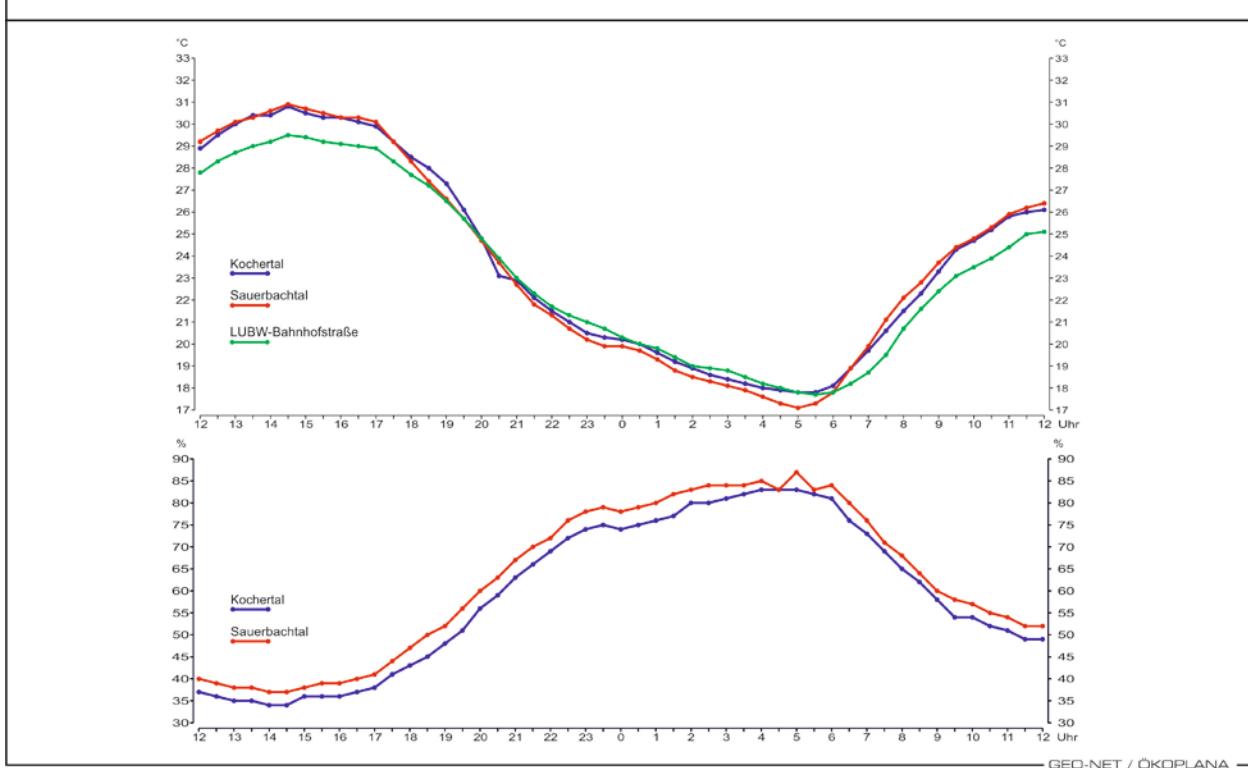


Abbildung 21: Mittlere Tagesgänge der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit. Zeitraum 24.05. – 16.10.2017, heiße Tage



3.3.2.4 BEISPIELHAFTER TAGESGANG DER LUFTTEMPERATUR, WINDRICHTUNG UND WINDGESCHWINDIGKEIT AM 28.-29.05.2017 -HEISSER TAG (TMAX ≥30°C)

Abbildung 22⁴: Unter dem Einfluss eines Hochs über Mitteleuropa (HM) stellen sich am Tag entsprechend der großräumigen Luftdruckverteilung an den Stationsstandorten zunächst schwache Winde aus östlichen Richtungssektoren ein, die mittlere Windgeschwindigkeiten zwischen 1,0 und 1,5 m/s erreichen. Die Lufttemperaturkurven dokumentieren, dass sich zwischen den Stationsstandorten tagsüber Lufttemperaturunterschiede von max. 1,9 K einstellen. An den Station Sauerbachtal und Kochertal machen sich die angrenzenden asphaltierten Straßenzüge thermisch negativ bemerkbar. Sie heizen sich bei intensiver Sonneneinstrahlung stark auf (Oberflächentemperaturen bis über 40 °C). Die Tageshöchsttemperatur wird mit 31,7 °C (= heißer Tag) gegen 16:30 Uhr an der Station Sauerbachtal gemessen.

Nach 19:00 Uhr flaut der Wind zunehmend ab. Die einsetzende Kaltluftproduktion vegetationsbedeckter Flächen und der durch die nächtliche Ausstrahlung bedingte Aufbau einer Bodeninversion führen zunehmend zu einem von der vorherrschenden Höhenströmung entkoppelten Ventilationsgeschehen.

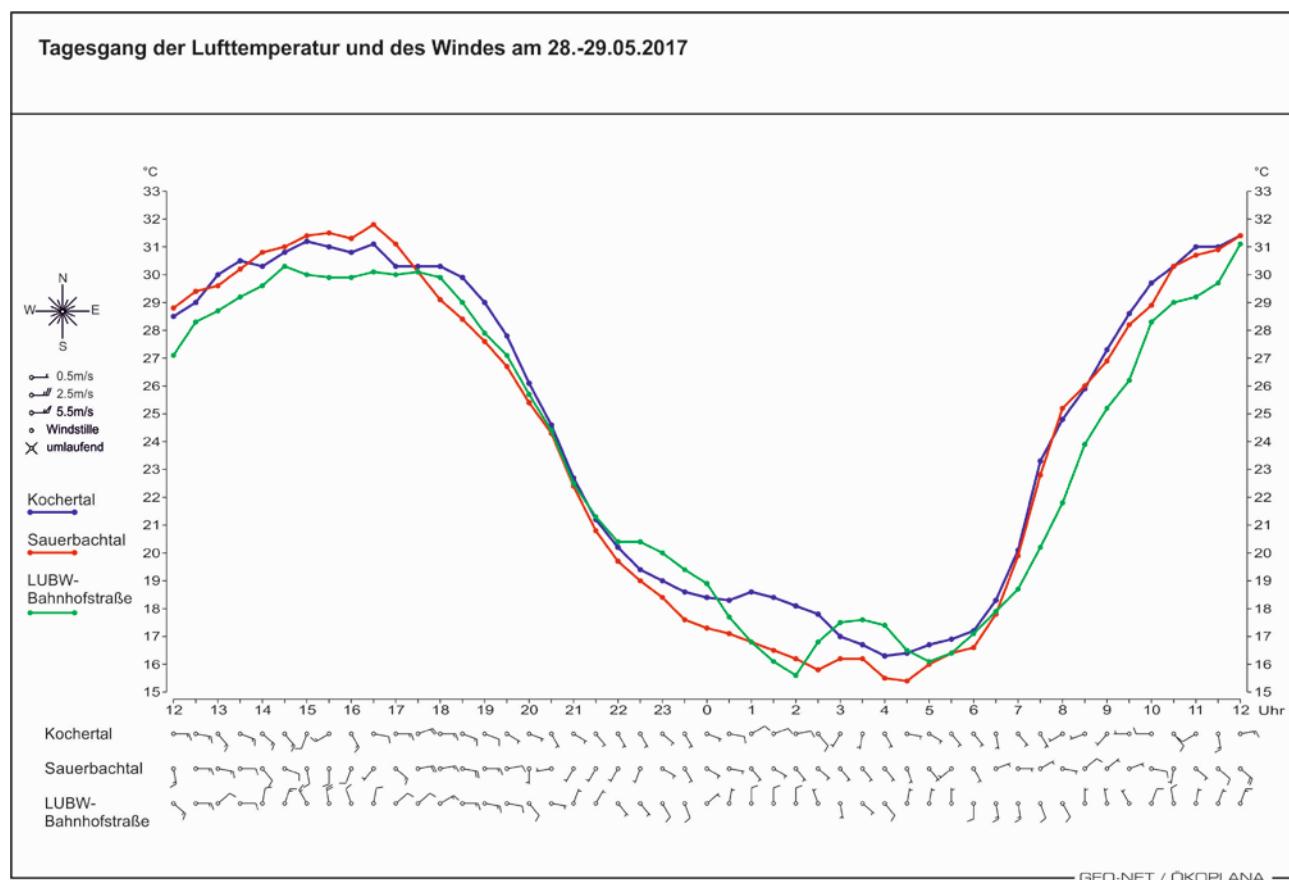


Abbildung 22: Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 28.-29.05.2017

Am Stationsstandort Kochertal setzen gegen 21:00 Uhr (Sonnenuntergang ca. 20:10 Uhr) schwache südöstliche Luftströmungen ein, die dem Kochertalabwind zuzuordnen sind. Er bewirkt trotz der südöstlich vorgelegerten Gewerbebebauung im Bereich der Julius-Bausch-Straße eine Intensivierung der nächtlichen Abkühlung.

⁴ (Zeichenerklärung: Die Windfahnen weisen in die Richtung, aus welcher der Wind kommt; ganzer Teilstrich = 1,0 m/s, halber Teilstrich = 0,5 m/s.)



Der Kochertalabwind ist im Laufe der ersten Nachthälfte (ab 22:00 Uhr) auch am Stationsstandort LUBW-Bahnhofstraße nördlich der Aalener Innenstadt zu messen. Mit der Südsüdostströmung wird Warmluft aus dem Innenstadtbereich herangeführt, weshalb die nächtliche Abkühlung gegenüber der Stationslage Kochertal verzögert ist.

In Hofherrnweiler bestimmt in der Schulze-Delitzsch-Straße (Station Sauerbachtal) ab 21:00 Uhr der Sauerbachtalabwind den bodennahen Luftaustausch. Die Südsüdwestwinde sind aufgrund der geringen Reliefernergie jedoch recht schwach (ca. 0,5 m/s). Ihre abkühlende Wirkung ist aber anhand des Lufttemperaturverlaufs deutlich zu erkennen.

In der zweiten Nachthälfte greift am Stationsstandort Kochertal zeitweise der vorherrschende östliche Gradientwind bodennah durch, was mit einem kurzzeitigen Lufttemperaturanstieg verbunden ist. Die Kühlwirkung des Kochertalabwindes wird offenbar.

An der LUBW-Station Bahnhofstraße ist in der zweiten Nachthälfte ebenfalls ein unruhiger Lufttemperaturverlauf zu verzeichnen. Auffallend ist der deutliche Lufttemperaturrückgang zwischen 00:00 Uhr und 02:00 Uhr, der mit einsetzenden Nordwinden verbunden ist. Dies deutet darauf hin, dass sich nördlich der Aalener Innenstadt zeitweise flurwindartige Ausgleichsströmungen zwischen der kühlen Kochertalaue und der warmen Aalener Innenstadt ausbilden können.

Am Stationsstandort Sauerbachtal ist im Laufe der Nachtstunden eine Drehung des Windes auf südöstliche Windrichtungen zu messen. Der Sauerbachtalabwind wird von Hangabwinden, die sich über der Hangzone Röte entwickeln, durchsetzt. Auch sie tragen örtlich zur Intensivierung der nächtlichen Abkühlung bei.

Mit Sonnenaufgang (ca. 04:20 Uhr) steigen die Lufttemperaturen an allen Stationsstandorten wieder an.





3.3.2.5 ERGEBNISSE MOBILER LUFTTEMPERATURMESSUNGEN

Im Rahmen der Messkampagne 2017 wurden zur Erfassung der Lufttemperaturverteilung im Aalener Stadtgebiet in einer sommerlichen Strahlungsnacht (05.-06.07.2017) an zwei Messterminen profilihaft angelegte Lufttemperaturmessfahrten durchgeführt. Dabei wurden zwei Messfahrzeuge mit einem Psychrometer der Fa. Ahlborn ausgestattet (siehe Abbildung 23).



Abbildung 23: Fotografische Dokumentation. Messfahrzeug mit Psychrometer der Fa. Ahlborn

Bei der Aufnahme der Lufttemperatur spielen die Wetterbedingungen eine entscheidende Rolle. Die Ausprägung flächennutzungsspezifischer, kleinräumiger Temperaturunterschiede zeigt sich am besten bei windschwachen Strahlungswetterlagen in den Nachtstunden.

Der gewählte Messtermin orientierte sich daher an folgenden Vorgaben:

- Geringe Bewölkung, d.h. intensive Ein- und Ausstrahlung,
- geringe Windgeschwindigkeit,
- möglichst hohe Tagestemperaturwerte.

Wie Abbildung 24 dokumentiert, herrschten während der beiden Messfahrttermine (22:00 Uhr und 01:00 Uhr) schwache Winde vor. Da es zudem wolkenlos war, lagen ideale Kaltluftbildungsverhältnisse vor.

Im Kocher- und Sauerbachtal zeigte sich deutlich der Einfluss der Talabwinde.

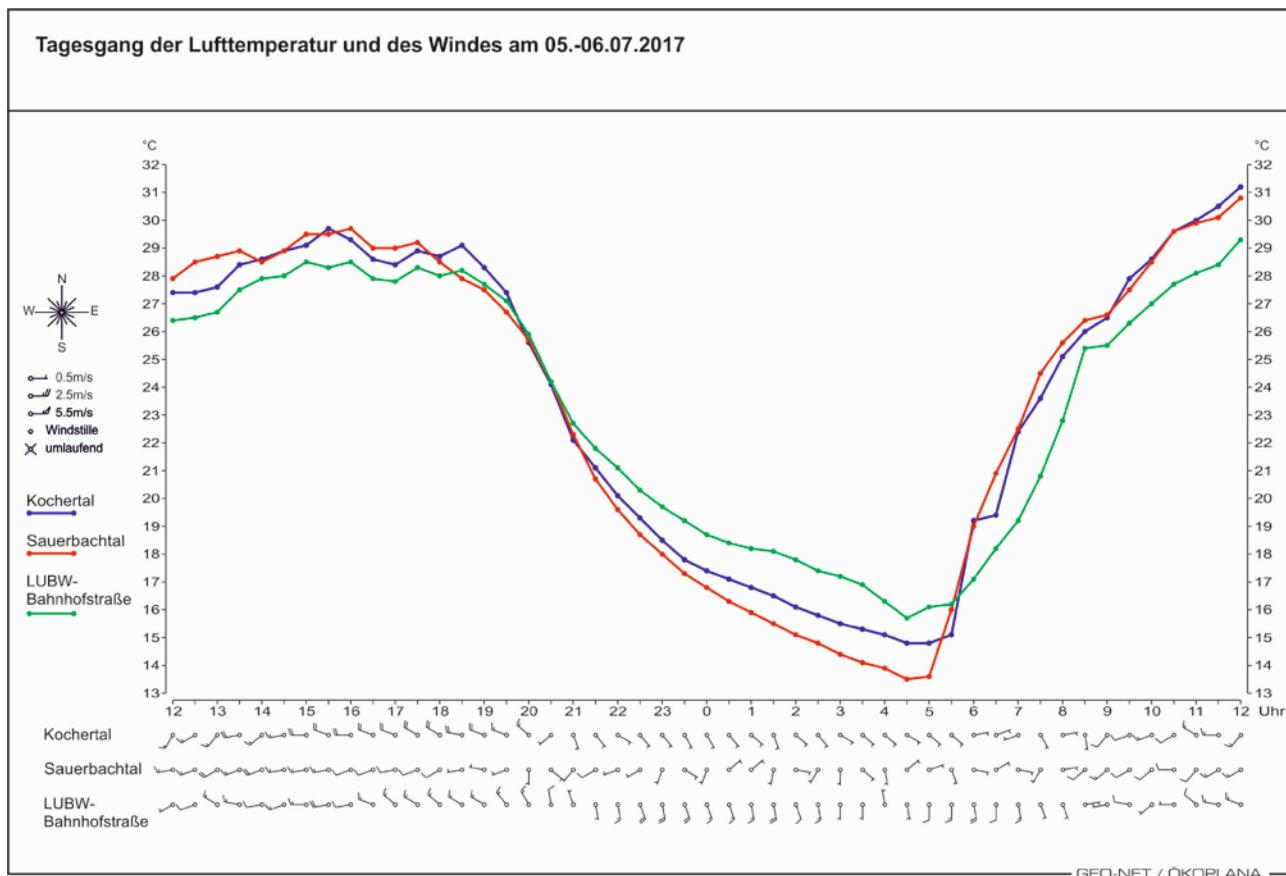


Abbildung 24: Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 05.-06.07.2017

Die Ergebnisse der Lufttemperaturmessfahrten vom 05.07.2017 (21:30 – 22:45 Uhr, korrigiert auf den Zeitpunkt 22:00 Uhr) sind in der Abbildung 25 dargestellt.

Die niedrigsten Lufttemperaturwerte ($14,7^{\circ}\text{C}$) werden im Stadtteil Unterrombach am Eselsbach (Hermelinstraße) gemessen. Die über den Wiesen und Landwirtschaftsflächen sich bildende Kaltluft sorgt am Westrand der Ortslage für eine intensive nächtliche Abkühlung.

Intensive Kaltlufteinwirkbereiche sind in Unterrombach auch entlang des Sulzbachs (Im Sulzfeld) und im Nesselbachtal (Biberweg/Badgasse) zu erfassen. Auch dort zeigen sich Lufttemperaturen von unter $16,0^{\circ}\text{C}$.

Als prägnante Kaltluftbewegungsbahnen mit intensiver nächtlicher Abkühlung stellen sich zudem das Sauerbachtal im Süden von Hofherrnweiler, die Wiesenflächen im Bereich des Bachlaufs alte Aal, die Hangzone Röte mit dem Heuchelbachtal südlich der B29, das Pflaumbachtal östlich der Ulmer Straße und das Hirschbachtal östlich der Aalener Innenstadt dar.

Die höchste Lufttemperatur ($21,5^{\circ}\text{C}$) wird bei den Messfahrten gegen 22:00 Uhr in der Mittelbachstraße im Stadtzentrum von Aalen registriert. Dort macht sich der Wärmeinseleffekt der dicht bebauten Aalener Kernstadt bemerkbar. Zum Bereich Eselsbach in Unterrombach ergibt sich somit ein Temperaturgradient von 6,8 K.

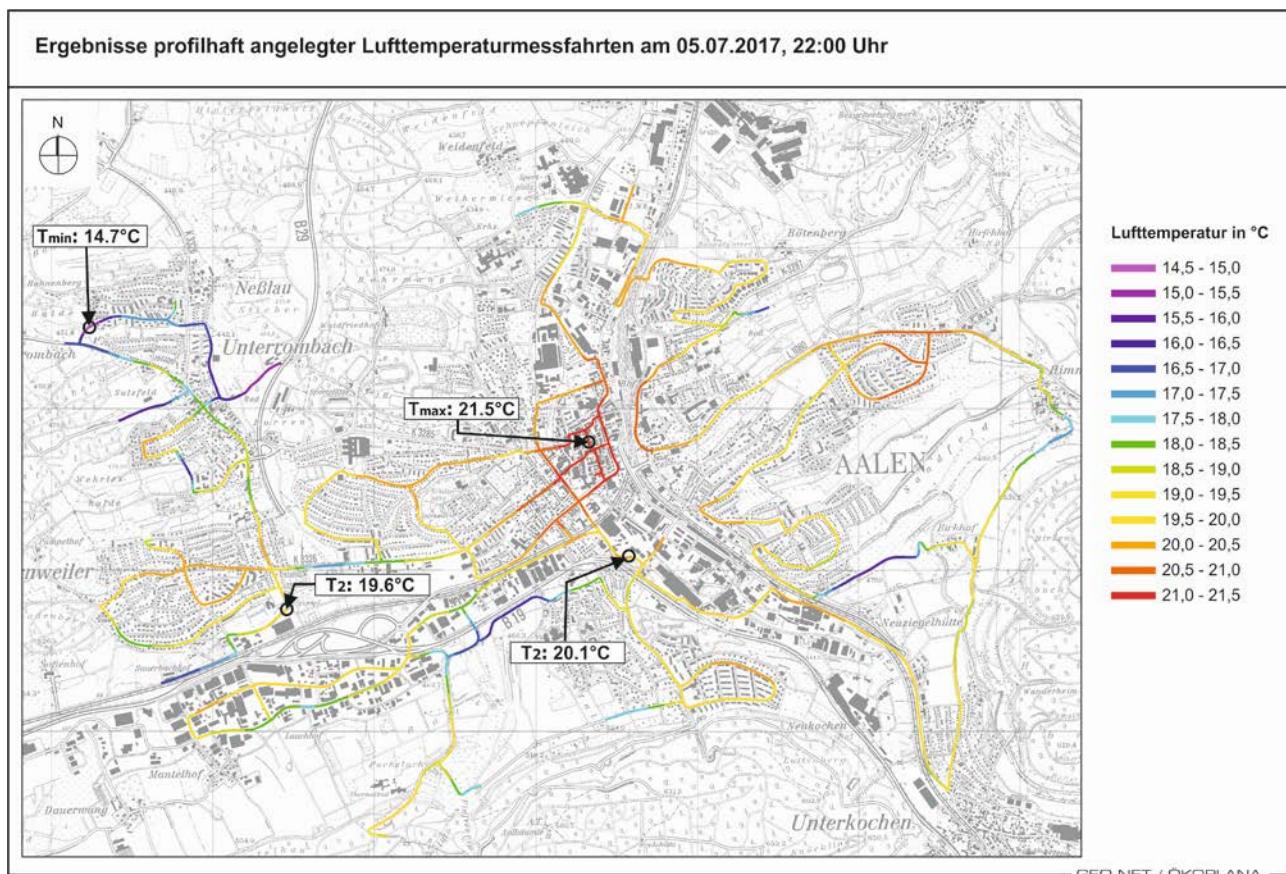


Abbildung 25: Ergebnisse profilhaft angelegter Lufttemperaturmessfahrten am 05.07.2017, 22:00 Uhr



Abbildung 26: Bei den Messfahrten am 06.07.2017 gegen 01:00 Uhr (00:30 – 01:45 Uhr) beträgt die max. Lufttemperaturdifferenz im Untersuchungsgebiet 7,1 K. Die höchste Lufttemperatur (19,4 °C) wird wiederum in der Aalener Altstadt (An der Stadtkirche) erfasst. Niedrigste Lufttemperaturwerte (12,3 °C) sind am Eselsbach in Unterrombach zu bestimmen.

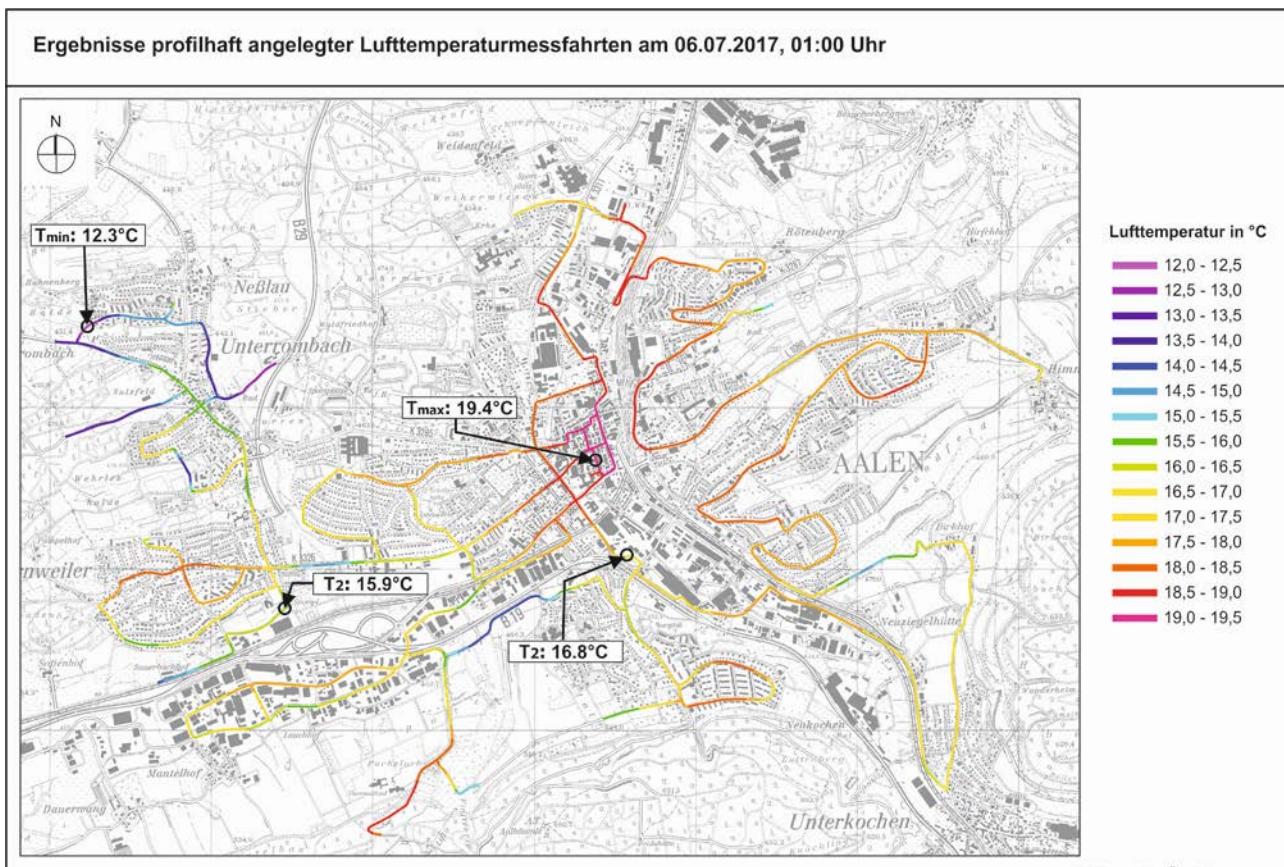


Abbildung 26: Ergebnisse profiliert angelegter Lufttemperaturmessfahrten am 06.07.2017, 01:00 Uhr

Vergleicht man die durchgeführten Ergebnisse der Profilmessfahrten mit den Ergebnissen der numerischen Modellrechnungen (siehe Abbildung 27), so lassen sich sehr gute Übereinstimmungen bilanzieren.

Der Wärmeinseleffekt der Aalener Innenstadt sowie die kühlen Kaltluftzugbahnen in Tallagen (z.B. Sauerbachatal, Heuchelbachtal, Eselsbach, Nesselbach/Rombach) zeigen weitgehend identische Lufttemperaturdifferenzierungen.

Abweichungen zeigen sich z.T. in locker durchgrünten Wohngebieten (z.B. in Hofherrnweiler, Wohngebiet Grauleshof). Diese sind im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass mit den Profilmessfahrten allein die Lufttemperaturen entlang der Straßenzüge erfasst werden. Die flächenhaften Einwirkungen der kühleren Gartenbereiche, die bei den Modellrechnungen Berücksichtigung finden, sind hierdurch unterrepräsentiert.



Vergleich von Messfahrtergebnissen mit Modellergebnissen (Lufttemperaturfeld)

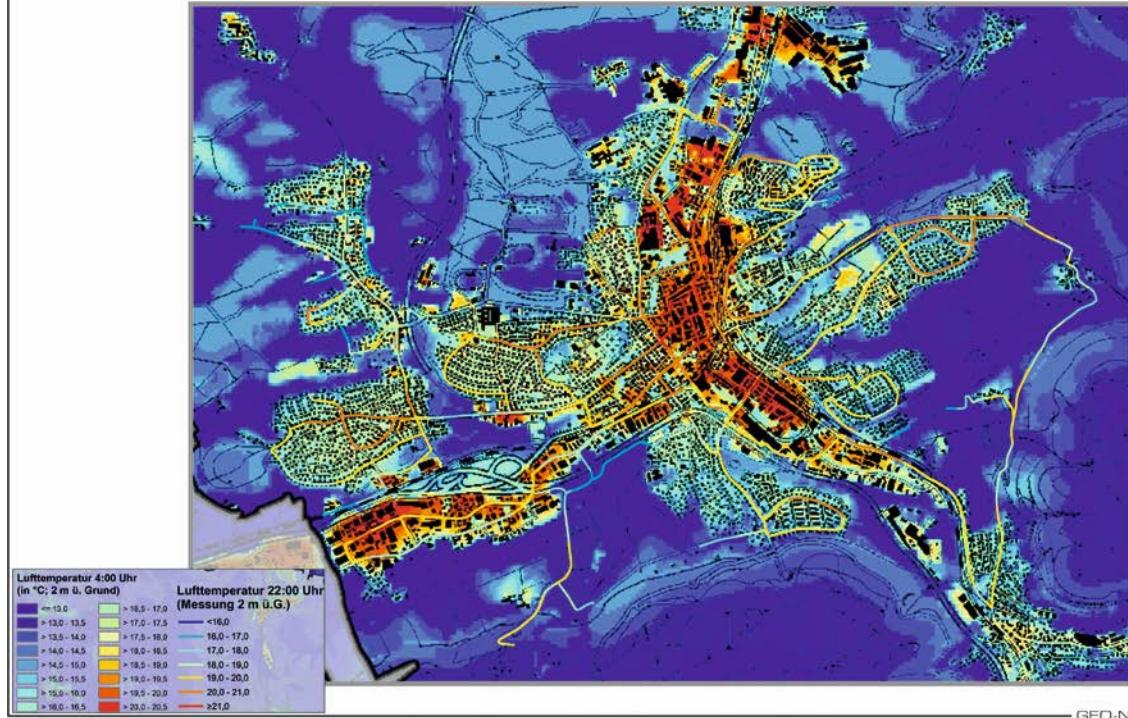


Abbildung 27: Vergleich der Ergebnisse profilhaft angelegter Lufttemperaturmessfahrten (05.07.2017) mit den numerisch berechneten Lufttemperaturverteilungen für eine windschwache, sommerliche Strahlungsnacht



3.3.2.6 ERGEBNISSE MOBILER WINDFELDMESSUNGEN

Zur Erfassung der örtlichen Kaltluftbewegungen wurden in einer sommerlichen Strahlungsnacht (29.-30.08.2017) Windmessungen mittels einer Fesselballonsonde sowie mit Hilfe von Rauschschwadenbeobachtungen durchgeführt.

Die Fesselballonaufstiege geben an ausgewählten Messstandorten Aufschluss über die vertikale Mächtigkeit der lokalen Kaltluftbewegungen. Während die Ausrichtung des Fesselballons (siehe Abbildung 28) die Windrichtung anzeigt, werden die Windgeschwindigkeit und die Lufttemperatur mit dem Messgerät „Skywatch“ der Fa. JDC Electronica SA erfasst.

Die Erfassung des vertikalen Windfeldes wurde aus Gründen der Flugsicherung auf eine Höhe von max. 80 m ü. G. begrenzt.



Abbildung 28: Fotografische Dokumentation – Fesselballon mit Messgerät am Standort Schelhopen

Die Rauschschwaden zeigen über ihre Ausbreitung die bodennahe Windrichtung an. Die Messung der Strömungsgeschwindigkeit erfolgt zeitgleich mit einem hochempfindlichen Hitzdrahtanemometer (Abbildung 29).



Abbildung 29: Fotografische Dokumentation – kaltluftbedingte Ausbreitung von Rauschschwaden und Messgerät zur Erfassung der Windgeschwindigkeit

Wetterablauf am 29.-30.08.2017: Unter dem Einfluss einer Troglage über Westeuropa (TrW) ist es am 29.08. tagsüber meist heiter bis wolkenlos. Auch in der ersten Nachthälfte ist es über Aalen nahezu wolkenlos. Im Laufe der zweiten Nachhälften ziehen hohe Wolkenfelder auf, die mit einem auffrischenden Wind verbunden sind. Während der Messungen bis gegen 01:30 Uhr herrschen noch die für Strahlungsnächte ortstypischen Strömungsverhältnisse vor (siehe Abbildung 30).

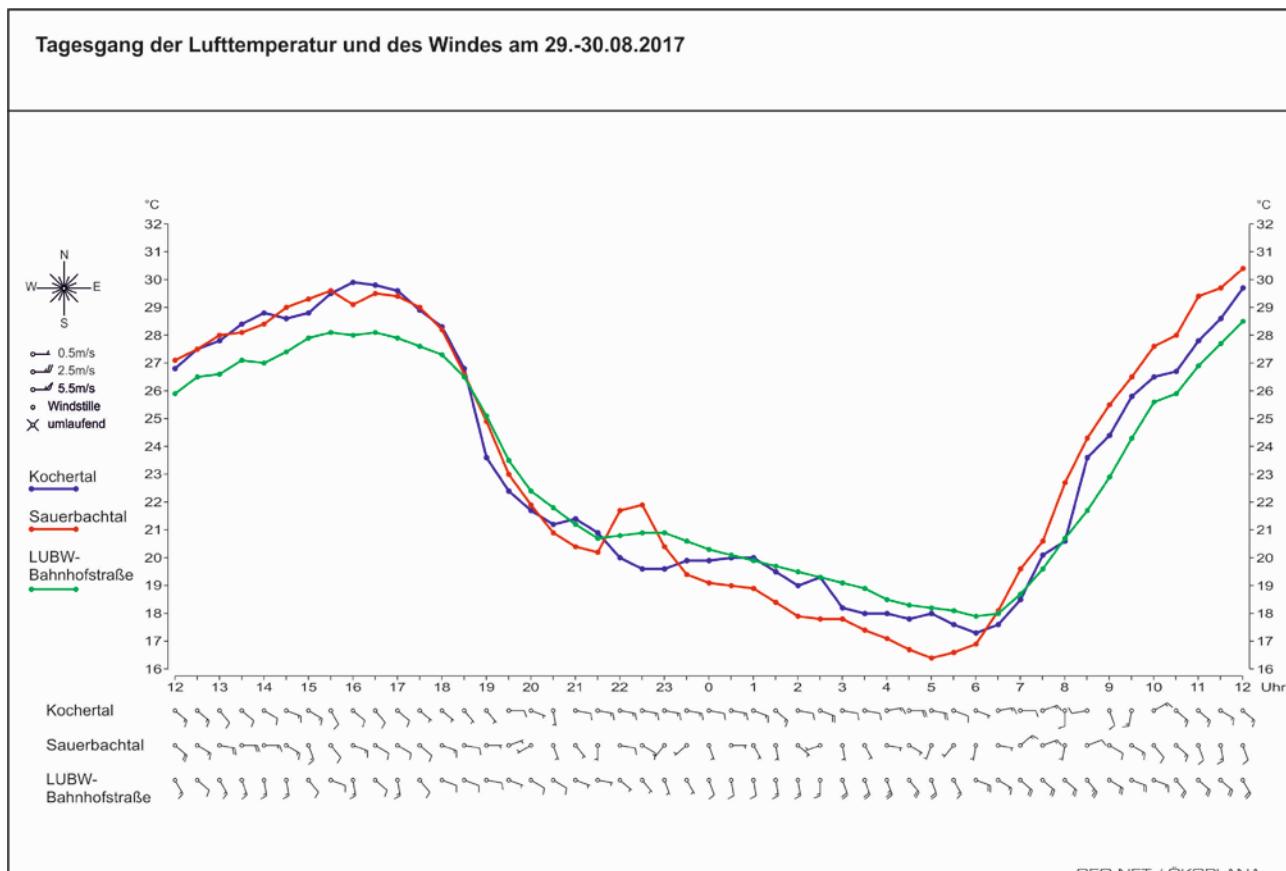


Abbildung 30: Tagesgang der Lufttemperatur und des Windes am 29.-30.08.2017

Die Fesselballonaufstiege wurden an insgesamt fünf Standorten durchgeführt (siehe Abbildung 31).

Die Messungen am Standort 1 (Schelhopen) dienen zur Erfassung lokaler Kaltluftbewegungen im oberen Sauerbachtal westlich von Hofherrnweiler. Am Standort 2 (Weilerstraße) ist das Strömungsgeschehen im bestehenden Freiraumgefüge zwischen Hofherrnweiler und Aalen von Interesse. Standort 3 (Dr. Georg-Kress-Straße) gibt Aufschluss über die Mächtigkeit von Kaltluftabflüssen entlang des Heuchelbachs. Der Standort 4 befindet sich im Nahbereich des Hangeinschnitts Taufbach und der Standort 5 dokumentiert die Kaltluftbewegungen über das Hirschbachtal.

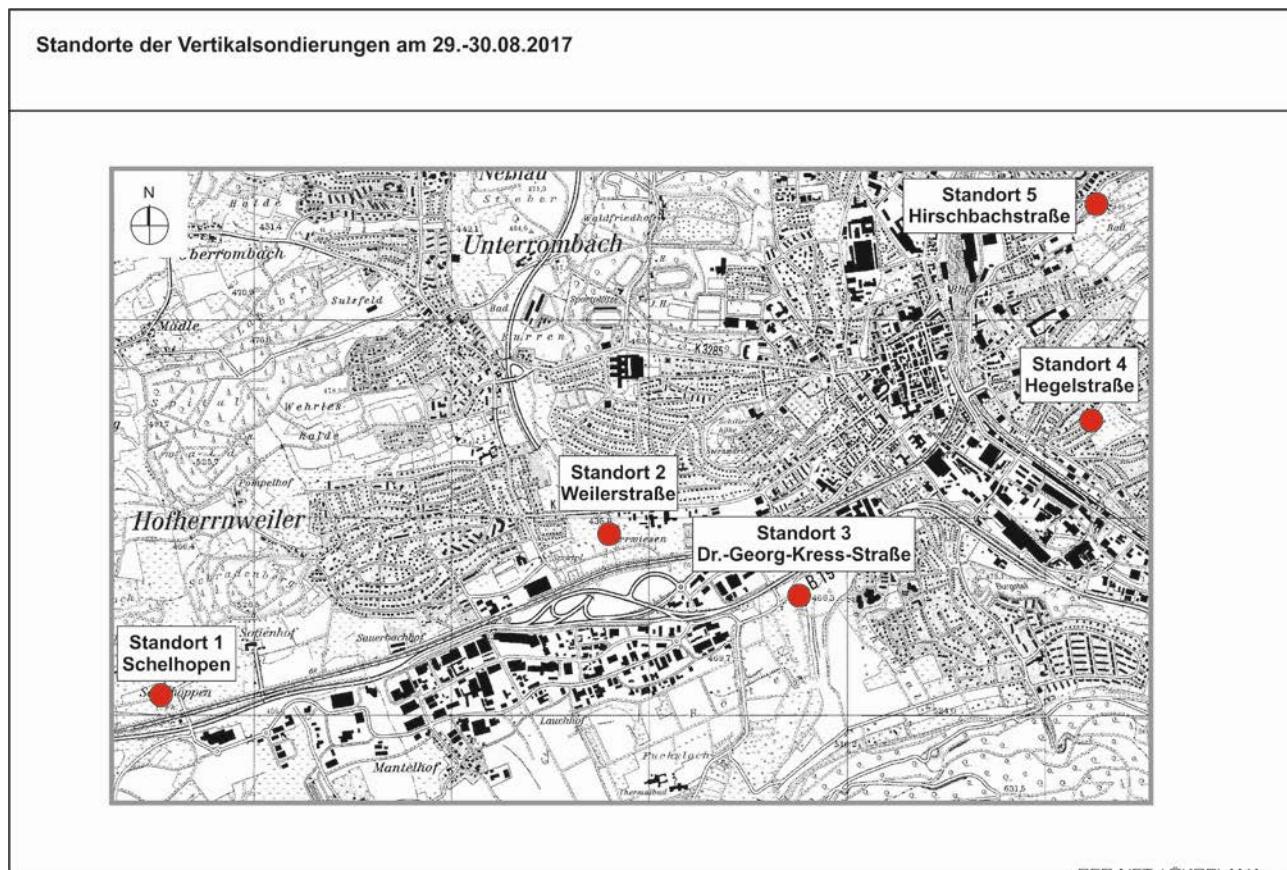


Abbildung 31: Standorte der Vertikalsondierungen am 29.-30.08.2017

Am Standort 1 (Schelhopen, Abbildung 32) werden gegen 21:30 Uhr (ca. 1,5 Std. nach Sonnenuntergang) bis in eine Höhe von ca. 14 m ü.G. schwache westliche Luftbewegungen (< 1,0 m/s) registriert, die auf lokale Kaltluftbewegungen zurückzuführen sind. Innerhalb dieser Luftsicht werden Lufttemperaturen von ca. 18,2 – 19,9 °C gemessen. Oberhalb von 14 m ü. G. dreht der Wind zunehmend zu nordnordwestlichen Richtungen, wobei die mittlere Windgeschwindigkeit auf Werte von 2,0 – 3,5 m/s und die Lufttemperatur bis ca. 23,1 °C (80 m ü. G.).

Gegen 22:05 Uhr beträgt die Mächtigkeit der lokalen Kaltluftbewegungen entlang des oberen Sauerbachtals nur noch ca. 10 m. Durch das begrenzte Kaltluftezugsgebiet und die damit recht geringe Kaltluftmächtigkeit greift hier der vorherrschende Höhenwind immer wieder bodennah durch.

Die Messergebnisse am Standort 2 (Weilerstraße, Abbildung 32) im Sauerbachtal dokumentieren, dass gegen 22:50 Uhr im Talfreiraum zwischen Hofherrnweiler und Aalen ein ca. 28 m mächtiger, nach Osten gerichteter Kaltluftstrom vorherrscht. Die Strömungsgeschwindigkeit der Kaltluftbewegungen beträgt 0,4 – 1,0 m/s. Oberhalb von 28 m dreht der Wind vermehrt zu großwetterlagenbedingten südsüdöstlichen Richtungen. Damit ist ein deutlicher Windgeschwindigkeits- und Lufttemperaturanstieg verbunden.

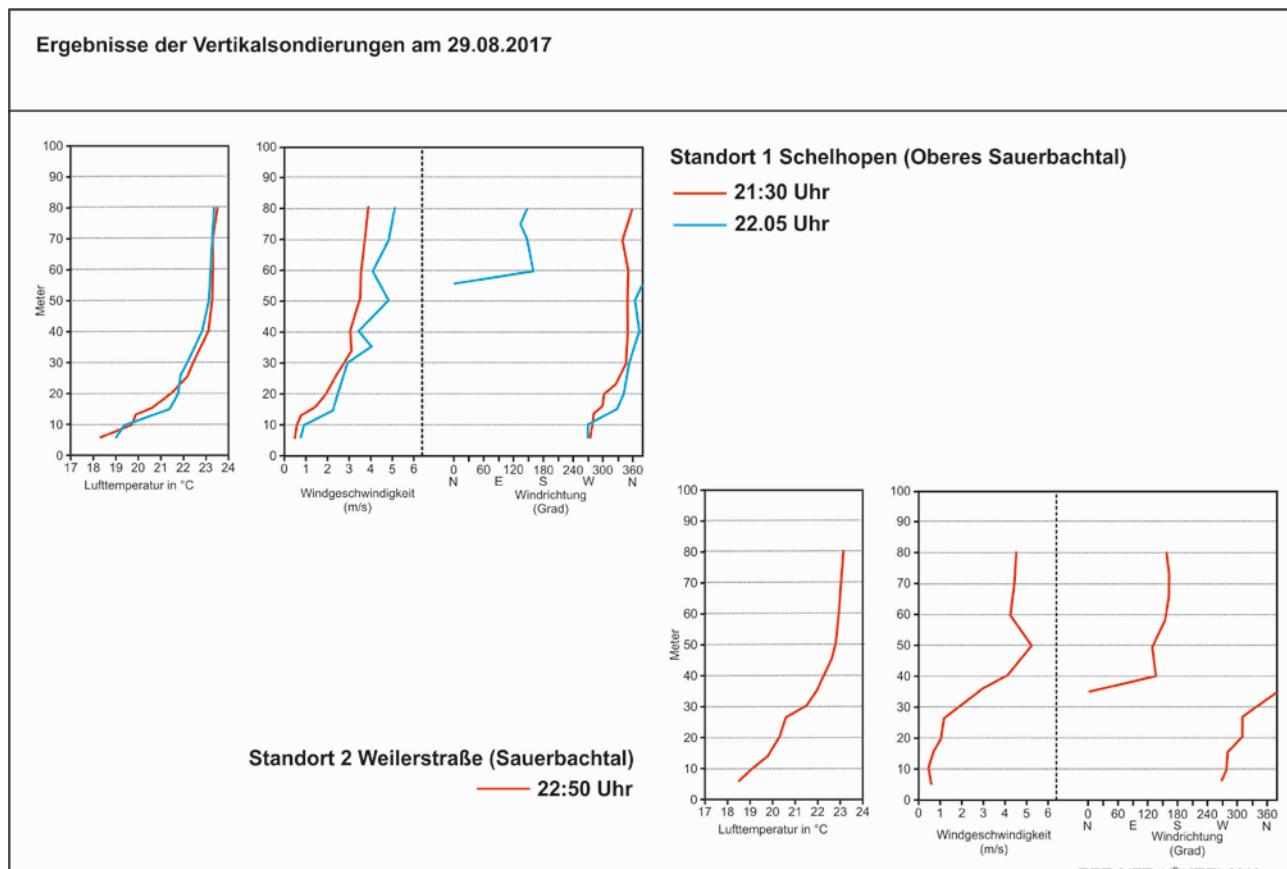


Abbildung 32: Ergebnisse der Vertikalsondierungen am 29.08.2017, Standorte 1 und 2

Die Ergebnisse des Fesselballonaufstiegs am Standort 3 (Dr.-Georg-Kress-Straße, Abbildung 33) gibt orientierend Aufschluss über die vertikale Mächtigkeit des Talabwinds entlang des Hangeinschnitts Heuchelbach. Bis in eine Höhe von ca. 24 m ü. G. sind Winde aus südlichen bis südsüdwestlichen Richtungen zu erfassen, die den lokalen Kaltluftabflüssen zuzuordnen sind. Sie erreichen mittlere Windgeschwindigkeiten von ca. 1,0 – 1,4 m/s. Oberhalb von 24 m ü. G. bestimmen großwetterlagenbedingte südsüdöstliche Winde das Strömungsgeschehens. Die Abgrenzung zu den lokalen Kaltluftabflüssen wird über die deutliche Lufttemperaturzunahme und den prägnanten Anstieg der Windgeschwindigkeit markiert.

Am Standort 4 weisen die Kaltluftbewegungen entlang des Taufbachs (siehe Abbildung 33) gegen 00:15 Uhr eine vertikale Mächtigkeit von ca. 18 m auf. Eine größere Mächtigkeit wird durch den zunehmend auffrischenden südsüdöstlichen Höhenwind unterbunden.

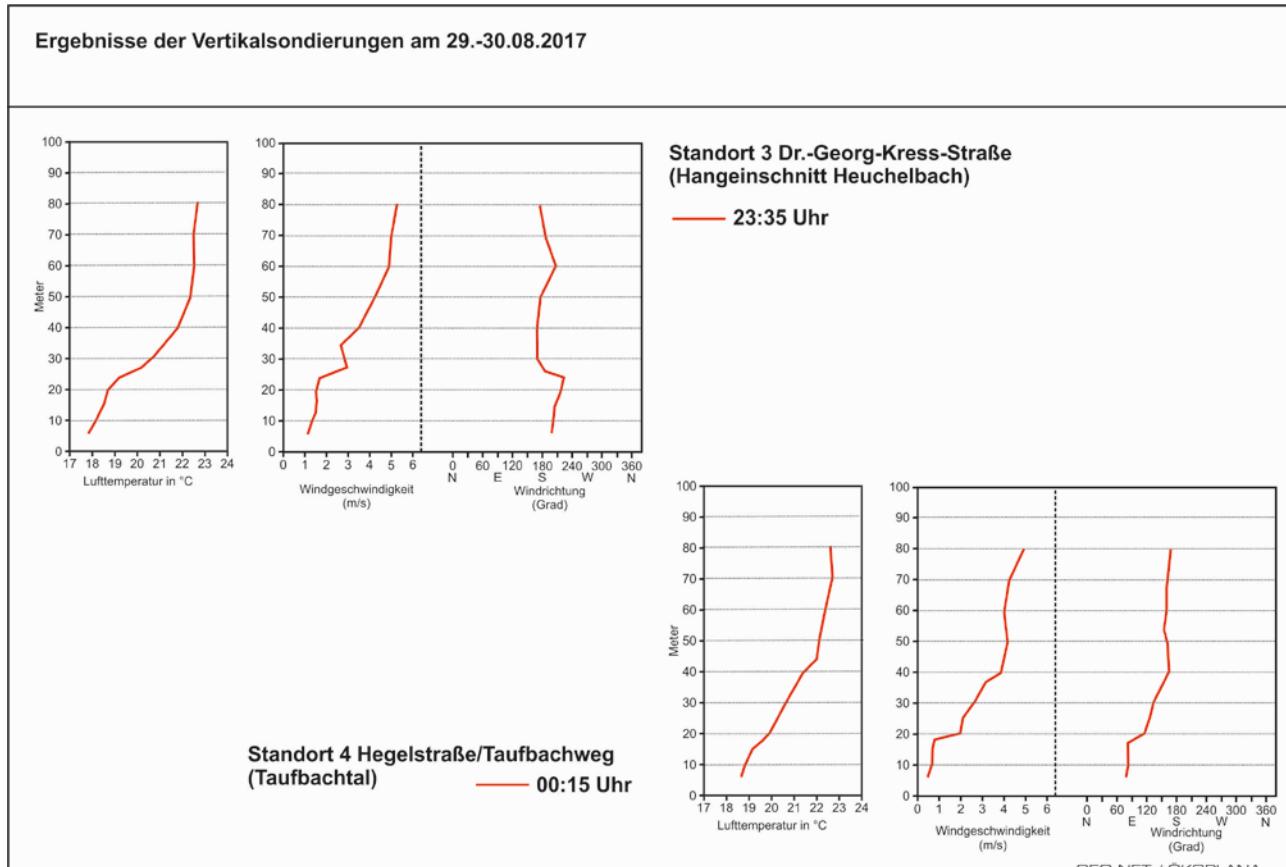
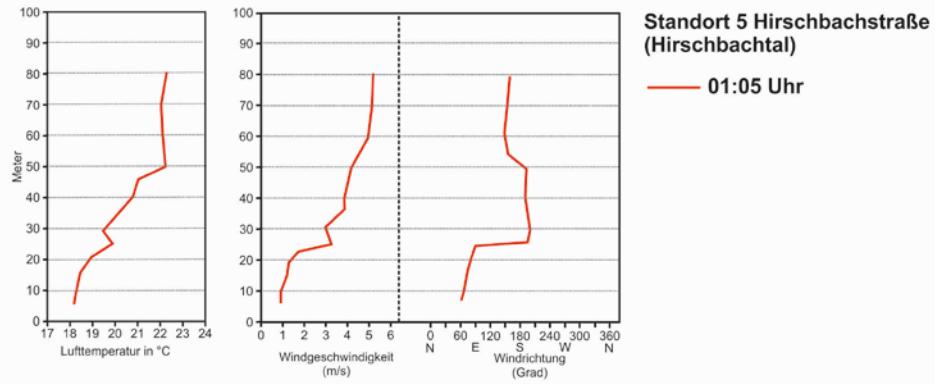


Abbildung 33: Ergebnisse der Vertikalsondierungen am 29.-30.08.2017, Standorte 3 und 4

Im Hirschbachtal (Standort 5, Hirschbachstraße – Abbildung 34) werden bis in eine Messhöhe von ca. 25 m ü.G. nordöstliche bis östliche Windrichtungen gemessen, die dem lokalen Talabwind zuzuordnen sind. Er weist Strömungsgeschwindigkeiten von ca. 0,9 – 1,5 m/s auf. Der Talabwind ist somit in der Lage die örtliche Bebauung nicht nur zu durchsetzen, sondern auch zu überströmen. Oberhalb von 25 m ü.G. ist ein markanter Windrichtungswechsel zu vermehrt großwetterlagenbedingten südlichen bis südsüdöstlichen Windrichtungen zu verzeichnen. Damit einher geht ein deutlicher Temperaturanstieg.



Ergebnisse der Vertikalsondierungen am 30.08.2017



GEO-NET / ÖKOPLANIA

Abbildung 34: Ergebnisse der Vertikalsondierungen am 30.08.2017, Standort 5

Neben Fesselballonaufstiegen wurden zur Erfassung lokaler Kaltluftbewegungen in der Nacht vom 29.-30.08.2017 zusätzlich umfangreiche Rauchschwadenbeobachtungen (siehe Abbildung 35) durchgeführt.

Die Beobachtungen und Messungen zeigen, dass das Kochertal und Sauerbachtal in Aalen als bedeutsame Kaltluftsammel- und Kaltluftabflussgebiete fungieren und somit die stadtclimatische Situation in Aalen prägen. Von den Seitentälern und Hangeinschnitten (z.B. Rombachtal, Heuchelbachtal, Hirschbachtal, Taufbachtal und Pflaumbachtal) gelangt in Strahlungsnächten langandauernd Kalt- und Frischluftluft in innenstadtnahe Lagen, so dass dort der prägnante Wärmeinseleffekt räumlich eng begrenzt wird.

Kaltluftfließgeschwindigkeiten von zumeist weniger als 1,0 m/s (1,5 m ü. G.) deuten aber auch auf die Empfindlichkeit der Kaltluftbewegungen gegenüber von Strömungshindernissen in Form von riegelartiger Bebauung und dichten Gehölzgruppen hin.

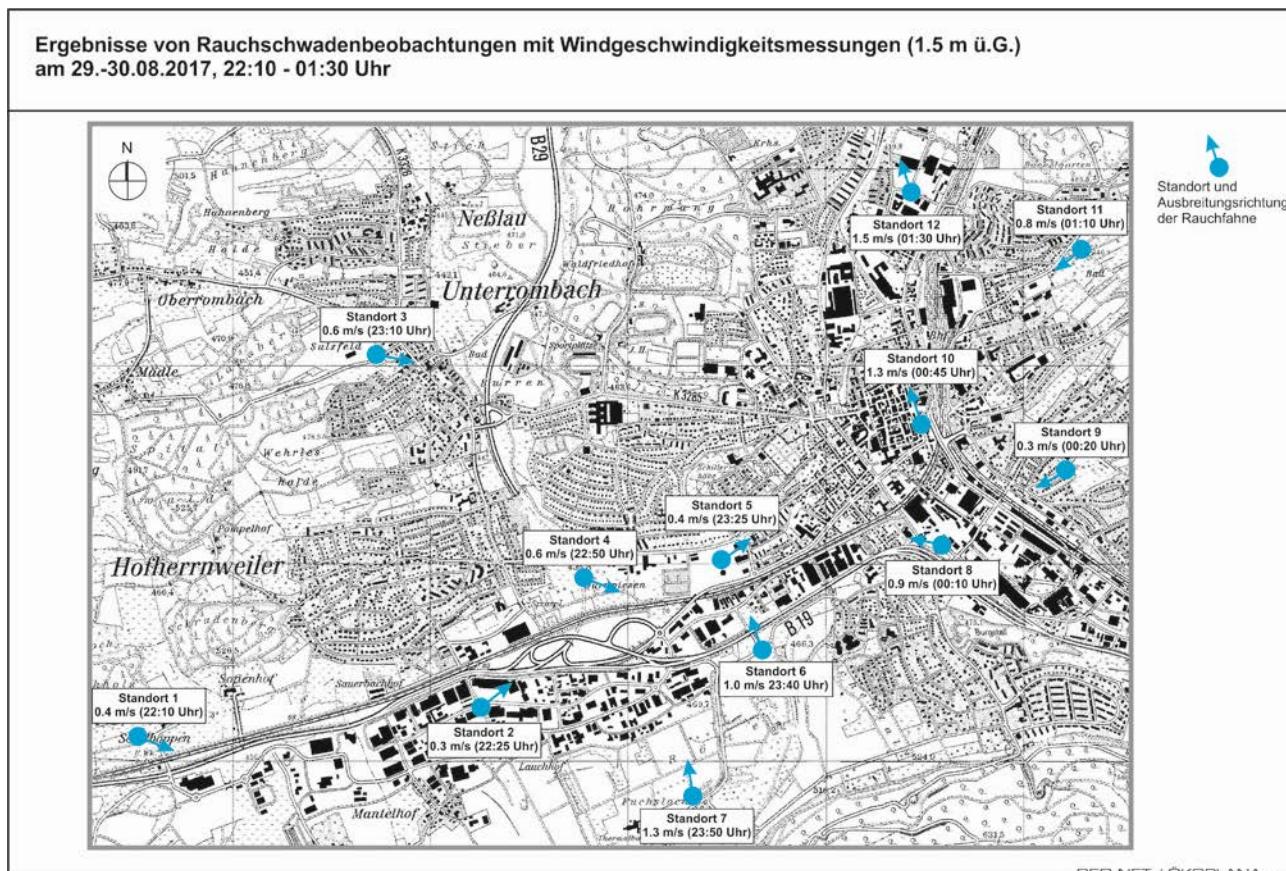


Abbildung 35: Ergebnisse von Rauchschwadenbeobachtungen mit Windgeschwindigkeitsmessungen am 29.-30.05.2017



3.4 SYNTHESEKARTEN

3.4.1 KLIMAANALYSEKARTE

Um Aussagen über Funktionszusammenhänge treffen zu können, müssen unterschiedliche Flächeneinheiten von Grünarealen einerseits und bebauten Bereichen andererseits in ihren klimatischen Merkmalen untereinander abgrenzbar sein. Zum Beispiel ist die Kaltluftlieferung von Grünflächen sehr unterschiedlich ausgeprägt, auch in den Siedlungsflächen kann die bioklimatische Situation je nach Bebauungsstruktur und Lage im Raum stark variieren. Um diese Heterogenität in der Klimaanalyse- bzw. Planungshinweiskarte darstellen zu können, wurden Blockflächen anhand ihrer Nutzungsinformationen unterschieden und ihnen jeweils die Ergebnisse der Klimaparameter aus der Modellrechnung zugeordnet (Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Kaltluftvolumenstrom, PET).

Die Klimaanalysekarte⁵ bildet die Funktionen und Prozesse des nächtlichen Luftaustausches im gesamten Untersuchungsraum ab. Für Siedlungs- und Gewerbegebiete stellt sie die nächtliche Überwärmung dar, basierend auf der bodennahen Lufttemperatur in einer autochthonen Sommernacht um 04:00 Uhr morgens.

3.4.1.1 BIOKLIMATISCHE BELASTUNG IN DEN SIEDLUNGS- UND GEWERBEFLÄCHEN

Die nächtliche Überwärmung beruht auf dem Temperaturunterschied zu Grün- und Freiflächen im Stadtgebiet, die unter den angenommenen Bedingungen eine mittlere Lufttemperatur von rund 12 °C aufweisen. Der Wärmeinseleffekt ergibt sich als Abweichung von diesem Bezugswert und stellt somit eine geeignete Kenngröße zur Erfassung des Stadtklimaeffekts dar als absolute Temperaturwerte.

Die mittlere nächtliche Lufttemperatur über allen Siedlungs- und Gewerbegebieten im Stadtgebiet liegt bei 16,5 °C. Bei Betrachtung der Flächenanteile zeigt sich, dass die meisten bebauten Flächen eine Überwärmung > 2 K aufweisen, darunter der Großteil Werte von > 3 bis 5 K (47,4 %) und über ein Drittel sogar > 5 K (Tabelle 8). Die Anteile beziehen sich auf Siedlungs- und Gewerbegebiete innerhalb des Stadtgebiets, wobei aufgelockerte Areale mit Einzel- und Reihenhausbebauung tendenziell durch eine geringere und Gewerbegebiete sowie der Stadtkern durch eine stärkere Überwärmung geprägt sind.

Tabelle 8: Flächenanteile der nächtlichen Überwärmung im Siedlungs- und Gewerberaum

Nächtlicher Wärmeinseleffekt [K]	Flächenanteil im Stadtgebiet [%]
bis 2	5,2
> 2 bis 3	9,7
> 3 bis 4	21,2
> 4 bis 5	26,2
> 5 bis 6	19,9
> 6 bis 7	11,6
> 7 bis 8,3	6,2

⁵ Die Klimaanalysekarte ersetzt nach VDI-Richtlinie 3787, Blatt 1 die ehemalige synthetische Klimafunktionskarte (VDI 2014).



3.4.1.2 KALTLUFTPROZESSGESCHEHEN ÜBER GRÜN- UND FREIFLÄCHEN

In der Klimaanalysekarte werden Grün- und Freiflächen hinsichtlich ihres Kaltluftliefervermögens charakterisiert. Als Kaltluft produzierende Bereiche gelten insb. unversiegelte Freiflächen (z.B. Ackerflächen) sowie durch aufgelockerten Vegetationsbestand geprägte Grünflächen wie z.B. Parkareale, Kleingärten und Friedhofsanlagen (sowohl innerhalb als auch außerhalb der Siedlungsräume), doch auch Wälder können als Kaltluftentstehungsgebiete fungieren. Für die Charakterisierung der Ausgleichsleistung wird in der Klimaanalysekarte der Kaltluftvolumenstrom herangezogen. Er drückt den Zustrom von Kaltluft aus den benachbarten Rasterzellen aus (vgl. Kap. 3.3.1.3). Auf den Grünflächen im Aalener Stadtgebiet beträgt der durchschnittliche Kaltluftvolumenstrom $1064,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

In der Klimaanalysekarte wird das Prozessgeschehen des Kaltlufthaushalts dargestellt, d.h. der Kaltluftvolumenstrom wird in Form quantitativer Angaben in abgestufter Flächenfarbe abgebildet, ohne eine Bewertung vorzunehmen (Abbildung 36). Zudem werden über Grün- und Freiflächen Flurwinde ab einer (als wirksam angesehenen) Windgeschwindigkeit von $0,1 \text{ m/s}$ durch Pfeilsignatur in Hauptströmungsrichtung gezeigt, sofern sie eine bedeutende Rolle für das Kaltluftprozessgeschehen spielen. Der Übersichtlichkeit halber sind nur Flurwinde über Flächen ab 1 ha Größe aufgeführt.

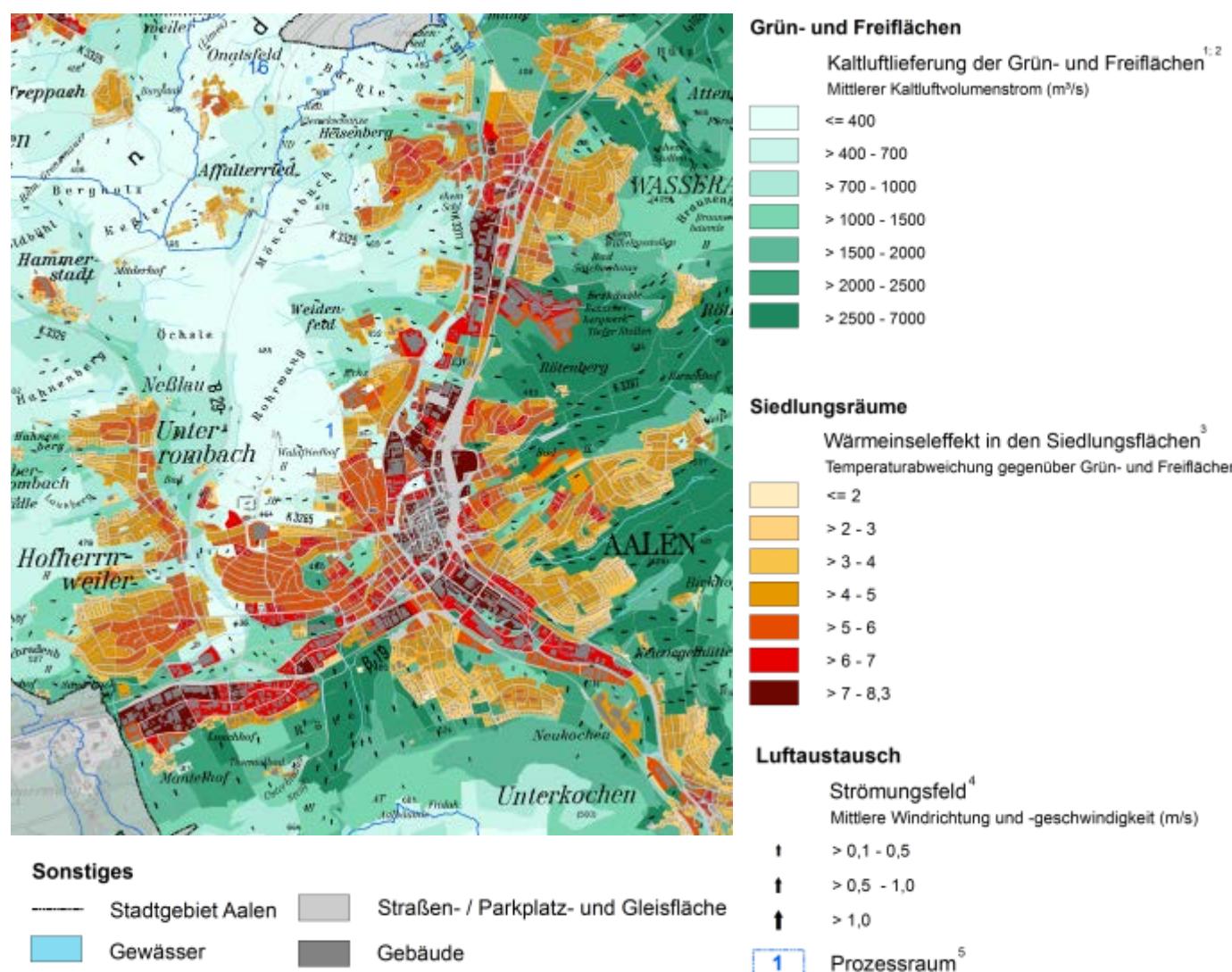


Abbildung 36: Klimaanalysekarte für einen Ausschnitt des Aalener Stadtgebiets



3.4.1.1 PROZESSRÄUME

Die Prozessräume wurden auf der Basis einer Einzugsgebietsanalyse nach King ausgewiesen. Als klimaökologische Prozessräume werden größere zusammenhängende Gebiete mit einem einheitlichen übergeordneten Strömungsmuster definiert. Der Prozessraum im Zentrum der Stadt wird überwiegend durch sein Relief geprägt, während die umliegenden Prozessräume (z.B. Dewangen, Fachsenfeld, Waldhausen und Ebnat) aufgrund der geringeren Reliefunterschiede vor allem durch ihre Thermik bestimmt sind. Die Prozessräume wurden in der Klimaanalysekarte flächendeckend für das gesamte Stadtgebiet definiert, während in der Planungshinweiskarte nur die Prozessräume mit planerisch relevantem Stadtklimaeffekt dargestellt sind (Bilanzräume, vgl. Kap. 3.4.2.2 und 3.4.2.10).

3.4.2 PLANUNGSHINWEISKARTE

Für das Stadtgebiet Aalens wurde eine Planungshinweiskarte (PHK) erstellt, welche sich sowohl auf die Tag- als auch Nachtsituation bezieht. In Anlehnung an die VDI-Richtlinien 3785, Blatt 1 bzw. 3787, Blatt 1 erfolgte eine Bewertung der bioklimatischen Belastung in Siedlungsflächen als Wirkungsraum bzw. der Bedeutung von Grünflächen als Ausgleichsraum (VDI 2008a, VDI 2014). Ausgehend von ihren Bewertungen werden den Flächen allgemeine Planungshinweise zugeschrieben.

3.4.2.1 STANDARDISIERUNG DER PARAMETER (Z-TRANSFORMATION)

Die Modellergebnisse und Klimaanalysekarten bilden das Prozessgeschehen in Form absoluter Werte ab – diese gelten jedoch nur für den Zustand einer autochthonen Sommerwetterlage. Die Bewertung in den Planungshinweiskarten fußt dagegen auf den relativen Unterschieden der meteorologischen Parameter zwischen den Flächen, um losgelöst von einer bestimmten Wetterlage Belastungen beschreiben und Planungshinweise ableiten zu können.

Für die qualitative Bewertung von Klimafaktoren bedarf es eines begründeten, nachvollziehbaren Maßstabes. Nicht immer ist ersichtlich, aufgrund welcher Kriterien eine Klassifizierung in Kategorien wie bspw. *Hoch* und *Niedrig* oder *Günstig* und *Ungünstig* erfolgt. In der VDI-Richtlinie 3785, Blatt 1 wird daher vorgeschlagen, einer Beurteilung das lokale bzw. regionale Werteneveau der Klimaanalyse zugrunde zu legen und die Abweichung eines Klimaparameters von den mittleren Verhältnissen im Untersuchungsraum als Bewertungsmaßstab heranzuziehen (VDI 2008a).

Erstrebenswert wäre zudem, die Beurteilungskriterien sowohl mit der Ausprägung zusätzlich modellierter Variablen als auch mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen vergleichen zu können. Um eine solche Vergleichbarkeit herzustellen, wurden die Parameter über eine z-Transformation standardisiert. Rechnerisch bedeutet dies, dass von jedem Ausgangswert der Variablen das arithmetische Gebietsmittel abgezogen und durch die Standardabweichung aller Werte geteilt wird. Hieraus ergeben sich Bewertungskategorien, deren Abgrenzung durch den Mittelwert ($= 0$) und positive sowie negative Standardabweichungen (S_1) von diesem Mittelwert festgelegt sind (standardmäßig vier Bewertungskategorien durch Mittelwert, obere und untere S_1 -Schranke; Abbildung 37).

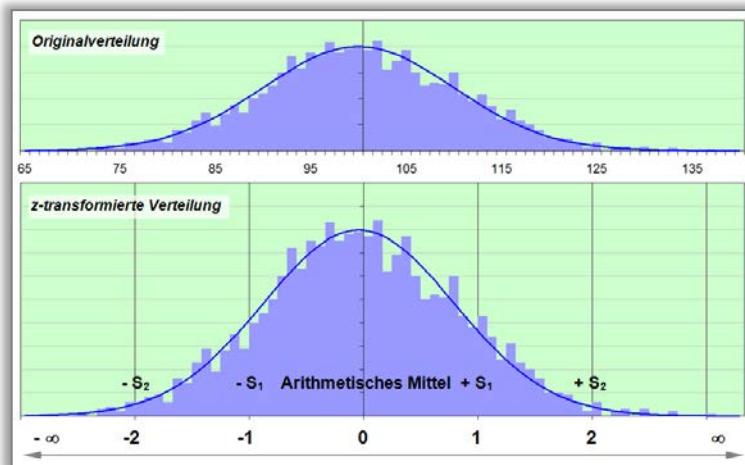


Abbildung 37: Veranschaulichung der Standardisierung zur vergleichenden Bewertung von Parametern (z-Transformation)

3.4.2.2 BEWERTUNG DER SIEDLUNGS- UND GEWERBEFLÄCHEN (WIRKUNGSRAUM)

Der Siedlungsraum stellt den primären Wirkungsraum des stadtclimatischen Prozessgeschehens dar. Im Folgenden wird die Herleitung der bioklimatischen Belastungssituation geschildert. Grundsätzlich wurden nur diejenigen Ortslagen bewertet, welche einen planungsrelevanten Stadtclimaeffekt aufweisen. Auch andere Aspekte, welche den Kaltluftaushalt betreffen (Leitbahnen, Kaltluftabflüsse, Einwirkbereiche), wurden nur für Ortslagen ermittelt, welche ein relevantes Stadtclima aufzeigen. Bei einer Flächengröße von mindestens $0,5 \text{ km}^2$ und einer Wärmeinselintensität⁶ von mindestens 4 K zeigt eine Ortslage einen planungsrelevanten Stadtclimaeffekt (Abbildung 38).

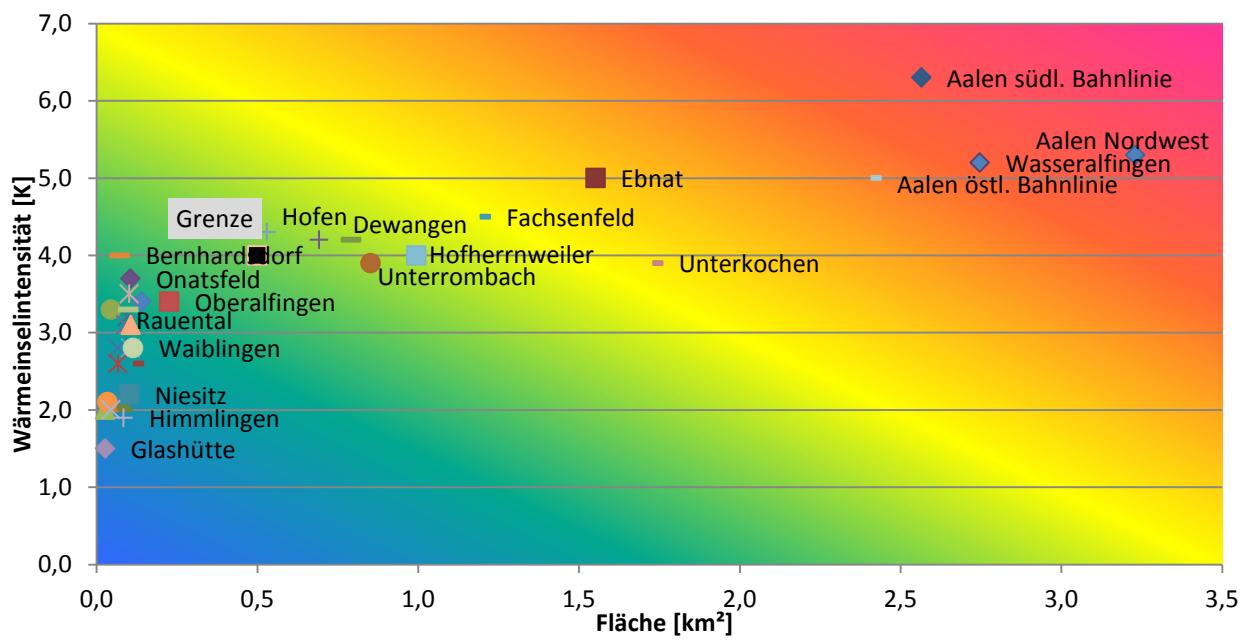


Abbildung 38: Auswahl von Ortslagen für den planungsrelevanten Stadtclimaeffekt

⁶ Die Wärmeinselintensität wird an dieser Stelle definiert als Differenz aus Durchschnittstemperatur und Minimumtemperatur (jeweils zum Zeitpunkt 4:00 Uhr) der Ortslage.



3.4.2.3 BEWERTUNG DER NACHTSITUATION

In der Nacht ist weniger der Aufenthalt im Freien Bewertungsgegenstand (entsprechend wurde keine Bewertung des Straßenraums vorgenommen), sondern vielmehr die Möglichkeit eines erholsamen Schlafes im Innenraum. Die VDI-Richtlinie 3787, Blatt 2 weist darauf hin, dass die „Lufttemperatur der Außenluft die entscheidende Größe“ für die Bewertung der Nachtsituation darstellt und näherungsweise ein direkter Zusammenhang zwischen Außen- und Innenraumluft unterstellt werden kann (VDI 2008b, 25). Als optimale Schlaftemperaturen werden gemeinhin 16 – 18 °C angegeben (UBA 2016), während Tropennächte mit einer Minimumstemperatur ≥ 20 °C als besonders belastend gelten. Eine mit der PET vergleichbare Bewertungsskala existiert für die nächtliche Situation im Innenraum (noch) nicht.

Für die Planungshinweiskarte erfolgte die räumlich differenzierte Bewertung der Nachtsituation daher über die nächtliche Überwärmung. Abweichend zur Klimaanalysekarte liegt der Bewertung eine z-Transformation zugrunde, um die relativen Unterschiede im Stadtgebiet zu erfassen. Dabei wurde die bioklimatische Belastung der Siedlungsflächen in vier Klassen von *Günstig* bis *Sehr ungünstig* eingeteilt (Tabelle 9). Auch Gewerbeflächen wurden hinsichtlich ihrer bioklimatischen Situation klassifiziert, doch spielt deren Belastungssituation aufgrund der geringen Betroffenenzahlen in der Nacht eine untergeordnete Rolle im Vergleich zu Wohnbauflächen.

3.4.2.4 BEWERTUNG DER TAGSITUATION

Zur Bewertung der Tagsituation wurde der humanbioklimatische Index PET um 14:00 Uhr herangezogen. Für die PET existiert in der VDI-Richtlinie 3787, Blatt 9 eine absolute Bewertungsskala, die das thermische Empfinden und die physiologische Belastungsstufen quantifizieren (vgl. Tabelle 7 auf S. 31; VDI 2004). Die Bewertung der thermischen Belastung im Stadtgebiet Aalen orientiert sich daran, basiert jedoch letztlich auf einer z-Transformation, um das Verhältnis zwischen den Flächen im Stadtgebiet darstellen zu können (wiederum in vier Klassen von *Günstig* bis *Sehr ungünstig*; Tabelle 9).

Tabelle 9: Einordnung der bioklimatischen Belastung im Siedlungs- und Gewerberaum in der Nacht (Lufttemperatur Ta) sowie am Tage (PET) und Flächenmittelwert sowie Standardabweichung (sd) der meteorologischen Parameter für die entsprechenden Flächen im Stadtgebiet Aalens

Mittlerer z-Wert Ta	PET	Ta [°C] (04:00 Uhr)	PET [°C] (14:00 Uhr)	Qualitative Einordnung
bis -0,3	bis -0,5	bis 16	bis 35,5	1 = Günstig
> -0,3 bis 0,5	> -0,5 bis 0	> 16 bis 17,4	> 35,5 bis 36,5	2 = Mittel
> 0,5 bis 1,4	> 0 bis 0,5	> 17,4 bis 19	> 36,5 bis 37,5	3 = Ungünstig
> 1,4	> 0,5	> 19	> 37,5	4 = Sehr ungünstig
Mittelwert (\pm sd)		16,5 (\pm 1,8)	36,5 (\pm 1,9)	

Die bioklimatische Bewertung am Tage ist ein Maß für die Aufenthaltsqualität in den Siedlungsflächen außerhalb von Gebäuden. Dieses übt einen gewissen Einfluss auf die Situation innerhalb der Gebäude aus, doch hängt das Innenraumklima von vielen weiteren Faktoren ab und kann hier nicht bestimmt werden.



3.4.2.5 GESAMTBEWERTUNG DER SIEDLUNGS- UND GEWERBEFLÄCHEN

Zur Beurteilung der Gesamtsituation in den Siedlungs- und Gewerbevlächen sind die Einzelergebnisse der Tag- und Nachtsituation aggregiert worden. Aufgrund des ordinalen Skalenniveaus der Bewertungsstufen ist eine statistische Mittelwertbildung mathematisch nicht zulässig. Daher erfolgte eine gutachterliche Zuordnung, welche Klassenkombination zu welchem Ergebnis führt. Die Klassifizierung der Gesamtsituation lässt sich dabei wie folgt beschreiben:

- 1 Sehr günstige bioklimatische Situation**
- 2 Günstige bioklimatische Situation**
- 3 Weniger günstige bioklimatische Situation**
- 4 Ungünstige bioklimatische Situation**
- 5 Sehr ungünstige bioklimatische Situation**

Die Berechnung erfolgt separat für Siedlungs- und Gewerbevlächen. In Siedlungsflächen ist ein erholsamer Schlaf für die menschliche Gesundheit relevanter anzusehen als die thermische Belastung am Tage, da die Anpassungskapazität der Bevölkerung an Hitzestress grundsätzlich höher einzustufen ist. Daher geht die nächtliche Überwärmung stärker gewichtet in die Berechnung ein (Tabelle 10 links)⁷. In der Berechnung der Gesamtsituation für Gewerbevlächen wird die Tagsituation stärker gewichtet. Gewerbevlächen werden vorwiegend tagsüber genutzt, sodass die thermische Belastung am Tage die entscheidende Rolle spielt (Arbeit im Freien, Arbeitswege, Innenraumklima, etc.). Auch nachts werden Gewerbevlächen genutzt, jedoch sollten selbst in Tropennächten die Lufttemperaturen keine gesundheitliche Belastung für die Arbeitskräfte darstellen. Da die nächtliche Überwärmung jedoch einen Einfluss darauf hat, ob bzw. inwieweit ein Gebäude nachts abkühlen kann (sodass die Vorbelastung für den nächsten Arbeitstag geringer ist), geht sie ebenfalls in die Berechnung für Gewerbevlächen ein (Tabelle 10 rechts).

Tabelle 10: Verrechnungsvorschriften zur Verknüpfung der Bewertung von Tag- und Nachtsituation für Siedlungsflächen (links) sowie Gewerbevlächen (rechts)

		Nächtliche Überwärmung						Nächtliche Überwärmung			
		1	2	3	4			1	2	3	4
PET 14 Uhr	1	1	2	3	3	PET 14 Uhr	1	1	1	1	2
	2	1	2	3	4		2	2	2	2	3
	3	2	3	4	5		3	3	3	3	4
	4	3	3	4	5		4	4	4	4	5

3.4.2.6 BEWERTUNG DER GRÜN- UND FREIFLÄCHEN (AUSGLEICHSSRAUM)

Im Gegensatz zur Klimaanalysekarte stehen in der Planungshinweiskarte die stadtklimatische Bedeutung von Grünflächen sowie die Ableitung deren Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen im Mittelpunkt. Zur Bewertung der klimaökologischen Charakteristika bedarf es in Hinblick auf planungsrelevante Belange einer Analyse der vorhandenen Wirkungsraum-Ausgleichsraum-Systeme im Untersuchungsgebiet. Kaltluft, die während einer Strahlungsnacht innerhalb der Freiräume entsteht, kann nur dann von planerischer Relevanz sein, wenn den Flächen ein entsprechender Siedlungsraum zugeordnet ist, der von ihren

⁷ Weist eine Fläche z.B. die Kombination PET = 3 (Ungünstig) und Überwärmung = 4 (Stark) auf, so wird sie insgesamt mit der Klasse 5 (Sehr ungünstig) bewertet, während der umgekehrte Fall zur Klasse 4 (Ungünstig) führt (PET = 4 und Überwärmung = 3).



Ausgleichsleistungen profitieren kann. Für die Bewertung der bioklimatischen Bedeutung von grünbestimmten Flächen wurde ein teilautomatisiertes Verfahren angewendet, das sich wie folgt skizzieren lässt.

Die Grünflächen wurden für die Tag- und Nacht-Situation getrennt bewertet und in der Gesamtbewertung in vier Stufen von *Keine* bis *Sehr hohe bioklimatische Bedeutung* eingeteilt. Die Bewertung ist anthropozentrisch ausgerichtet, d.h. Flächen, die für den derzeitigen Siedlungsraum keine Funktion erfüllen bzw. keinen Ausgleichsraum darstellen, wurden gering bewertet. Im Falle zusätzlicher Bebauung im Bereich dieser Flächen kann sich deren Funktion ändern und muss ggf. neu bewertet werden.

3.4.2.7 BEWERTUNG DER GRÜNFLÄCHEN IN DER NACHT

Für die Bewertung von Grünflächen in der Nacht rückt der Kaltlufthaushalt in den Fokus. So erhielten Kaltluftentstehungsgebiete bzw. Grünflächen als Teil einer Kaltluftleitbahn die höchste Bedeutung. Auch die Menge der über einer Fläche strömenden Kaltluft spielt eine Rolle. Dazu wurde der Kaltluftvolumenstrom via z-Transformation in vier Klassen von *Gering* bis *Sehr hoch* eingeteilt (Tabelle 11). Zusätzlich wurde die Entfernung zu belasteten Siedlungsräumen berücksichtigt.

Tabelle 11: Einordnung des Kaltluftvolumenstroms (z-Transformation)

Mittlerer z-Wert	Kaltluftvolumenstrom (04:00 Uhr) [m³/s pro Rasterzelle]	Qualitative Einordnung
bis -0,5	≤ 566	Gering
> -0,5 bis 0	> 566 bis 1064,5	Mittel
> 0 bis 1	> 1064,5 bis 2061,6	Hoch
> 1	> 2061,6	Sehr hoch

Im Einzelnen wurde folgender Bewertungsschlüssel verwendet (siehe vereinfachte Darstellung in Abbildung 39):

Sehr hohe bioklimatische Bedeutung (4)

- a) Grünflächen, die Teil einer *Kaltluftleitbahn* sind

Leitbahnen verbinden Kaltluftentstehungsgebiete (Ausgleichsräume) und Belastungsbereiche und sind somit elementarer Bestandteil des Luftaustausches. Die Ausweisung der Leitbahnbereiche erfolgt manuell und orientiert sich an der Ausprägung des autochthonen Strömungsfeldes der FITNAH-Simulation.

- b) Grünflächen, die im Bereich von Siedlungsflächen mit *Starker* (bis 250 m Entfernung) bzw. *Mäßiger nächtlicher Überwärmung* liegen (bis 100 m).

Grünflächen im Umfeld belasteter Siedlungsräume kommt grundsätzlich eine hohe Bedeutung zu. Zusätzlich zu ihrem Kaltluftliefervermögen wirken sie ausgleichend auf das thermische Sonderklima in ihrem meist dicht bebauten Umfeld. Je stärker der Siedlungsraum belastet ist, desto wichtiger sind Grünflächen als Ausgleichsflächen, sodass die tolerierbare Entfernung zu diesen entsprechend gewichtet wurde.

Hohe bioklimatische Bedeutung (3)

- c) Grünflächen, die im Bereich von Siedlungsflächen mit *Starker* (> 250 – 500 m Entfernung) bzw. *Mäßiger nächtlichen Überwärmung* liegen (> 100 – 250 m Entfernung).
- d) Grünflächen, die an die Flächen aus b) angrenzen (Toleranz 50 m) und einen mindestens *Hohen Kaltluftvolumenstrom* aufweisen.
- e) Waldflächen, sofern sie nicht in eine der vorgenannten Kategorien fallen.



- f) Übrige Grünflächen, die kein anderes Kriterium erfüllen und einen *Sehr hohen Kaltluftvolumenstrom* aufweisen.

Mittlere bioklimatische Bedeutung (2)

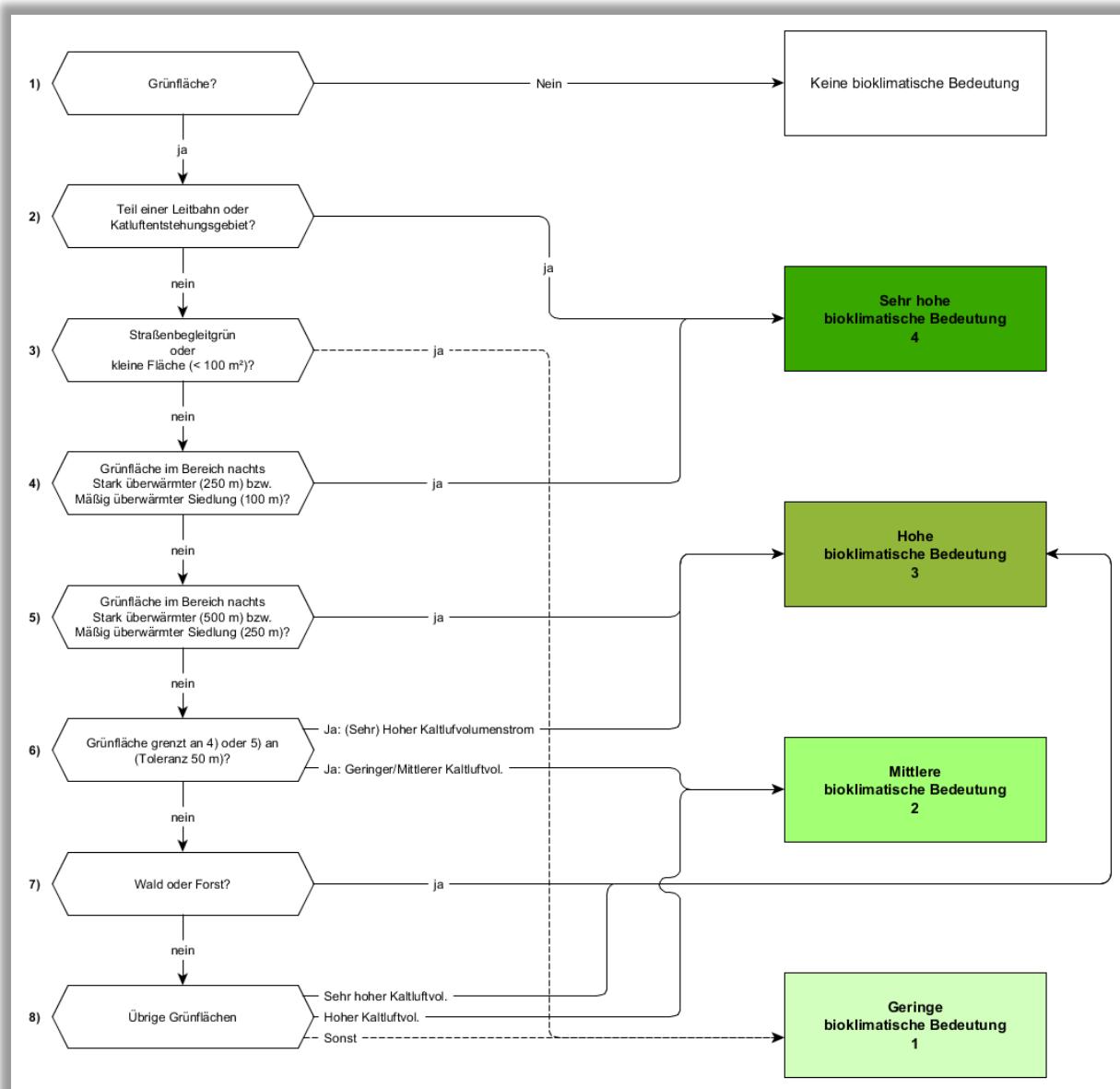
- g) Grünflächen, die an die Flächen aus b) angrenzen (Toleranz 50 m) und einen *Mittleren bzw. Geringen Kaltluftvolumenstrom* aufweisen.
- h) Übrige Grünflächen, die kein anderes Kriterium erfüllen und einen *Hohen Kaltluftvolumenstrom* aufweisen.

Geringe bioklimatische Bedeutung (1)

- i) Straßenbegleitgrün und kleine Grünflächen (< 100 m²).

In Bezug auf das Kaltluftliefervermögen einer Grünfläche ist auch die Größe der Grünfläche von Bedeutung, da dieser Einfluss auf die thermische Reichweite hat (vgl. Kuttler 2011).

- j) Übrige Grünflächen, die keine der genannten Kriterien erfüllen.





3.4.2.8 BEWERTUNG DER GRÜNFLÄCHEN AM TAGE

Für den Tag basiert die Bewertung der Grünflächen hauptsächlich auf der Entfernung zu belasteten Siedlungs- und Gewerberäumen⁸. Insbesondere Bäume können durch ihren Schattenwurf für ein angenehmeres Aufenthaltsklima sorgen, da dieser den Strahlungseinfluss deutlich vermindert⁹. Aus diesem Grund wurde z.B. Wäldern eine hohe Bedeutung zugewiesen. Im Einzelnen liegt der Einstufung folgender Bewertungsschlüssel zugrunde (siehe vereinfachte Darstellung in Abbildung 40):

Sehr hohe bioklimatische Bedeutung (4)

- a) Grünflächen, die im Bereich von Siedlungs-/Gewerbeflächen mit einer *Sehr ungünstigen* (bis 250 m Entfernung) bzw. *Ungünstigen bioklimatischen Situation* liegen (bis 100 m).

Grünflächen im Umfeld belasteter Siedlungsräume kommt grundsätzlich eine hohe Bedeutung zu. Je stärker ein Siedlungsraum belastet ist, desto wichtiger sind schattenspendende Grünflächen als Rückzugsorte, sodass die tolerierbare Entfernung zu diesen entsprechend gewichtet wurde.

- b) Wald- und Forstflächen innerhalb der in a) bzw. c) ermittelten Flächen

Wälder stellen aufgrund ihres dichten Baumbestandes (zumeist größere) Flächen mit deutlich herabgesetzter Wärmebelastung dar und können am Tag als Rückzugsorte dienen. Waldflächen, die nahe des Siedlungsraums liegen, werden eine besonders hohe Bedeutung zugesprochen.

Hohe bioklimatische Bedeutung (3)

- c) Grünflächen, die im Bereich von Siedlungs-/Gewerbeflächen mit einer *Sehr ungünstigen* (> 250 – 500 m Entfernung) bzw. *Ungünstigen bioklimatischen Situation* liegen (> 100 – 250 m).

- d) Wald- und Forstflächen außerhalb der in a) bzw. c) ermittelten Flächen liegen.

Die Bedeutung von Waldflächen am Tage ist auch dann als hoch einzustufen, wenn sie nicht im unmittelbaren Siedlungsraum liegen.

Mittlere bioklimatische Bedeutung (2)

- e) Grünflächen, die im Bereich von Siedlungs-/Gewerbeflächen mit einer *Ungünstigen* (> 250 – 500 m Entfernung) bzw. *Weniger günstigen bioklimatischen Situation* liegen (bis 250 m).

- f) Unversiegelte Freiflächen die innerhalb der in a) bzw. c) ermittelten Flächen liegen oder Teil einer Leitbahn sind.

Aufgrund der ungehinderten Einstrahlung heizen sich unversiegelte, insb. trockene, Freiflächen am Tage ähnlich stark auf wie versiegelte Flächen, sodass ihnen keine hohe Bedeutung zugewiesen werden kann. Freiflächen können jedoch bei übergeordnetem Luftaustausch durchströmt werden, sodass Freiflächen innerhalb belasteter Siedlungsräume bzw. die Teil einer Leitbahn sind, eine gewisse Bedeutung zugesprochen wird.

Geringe bioklimatische Bedeutung (1)

- g) Unversiegelte Freiflächen außerhalb der in a) bzw. c) ermittelten Flächen liegen und die nicht Teil einer Leitbahn sind.

- h) Grünflächen, die keine der genannten Kriterien erfüllen.

8 Entfernung von Grünflächen zu am Tag belasteten Räumen.

9 Aufgrund der der Klima-Modellierung zugrunde liegenden Auflösung von 25 m konnten einzelne Bäume und deren Standort nicht erfasst werden. In diesem teilautomatisierten Bewertungsschritt wird davon ausgegangen, dass Grünflächen (hier ohne Freiflächen) stets einen gewissen Baumanteil aufweisen – ob die Bäume einzeln, in einer Reihe (würde z.B. beim Straßenbegleitgrün für eine durchgängige Beschattung sorgen) oder gruppiert stehen, kann nicht beurteilt werden.

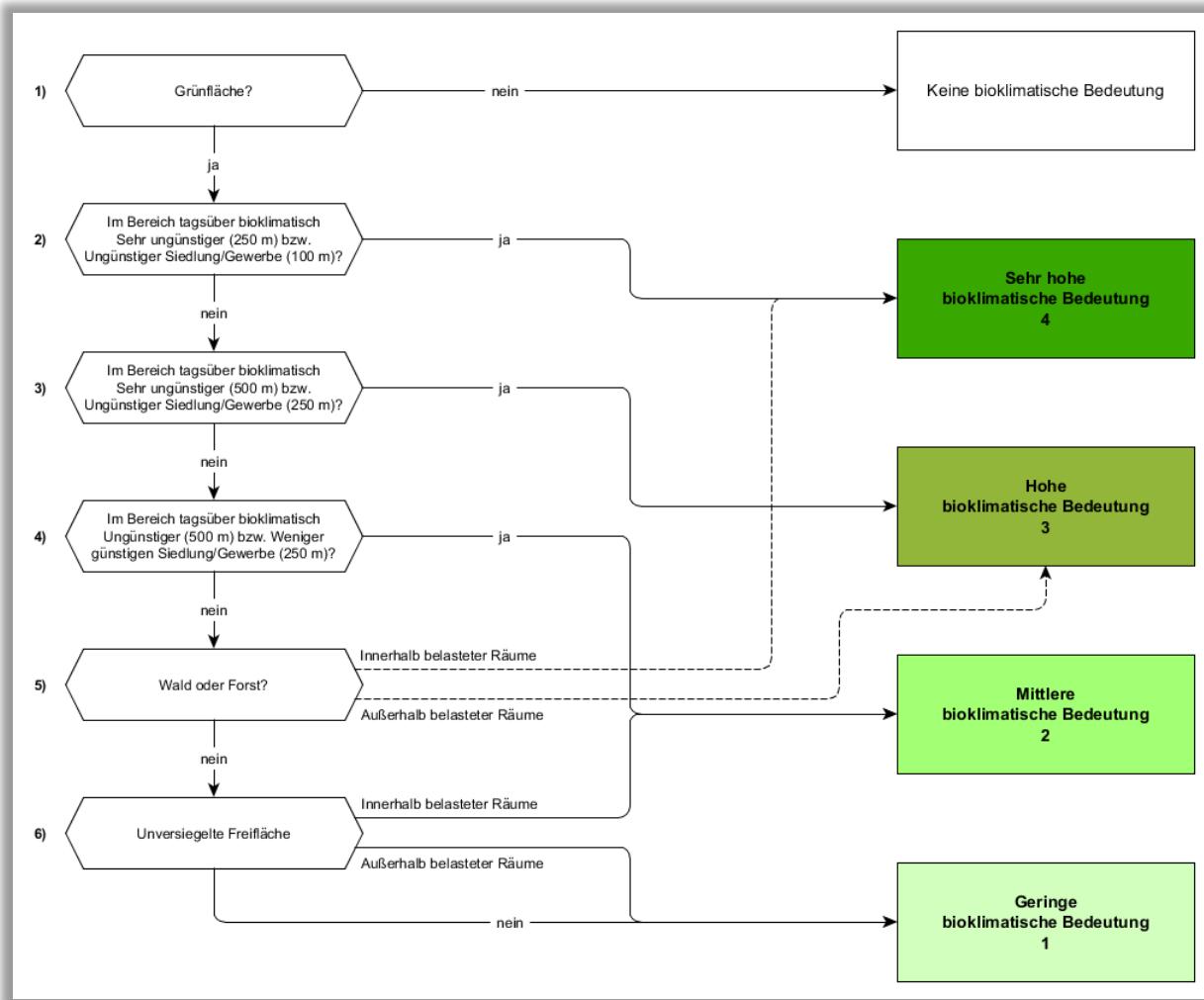


Abbildung 40: Bewertungsschema zur bioklimatischen Bedeutung von Grünflächen am Tage

3.4.2.9 GESAMTBEWERTUNG DER GRÜN- UND FREIFLÄCHEN

Analog zu den Siedlungsflächen wurde für die Gesamtsituation der Grün- und Freiflächen eine fünfte Stufe zur besseren Differenzierung der Grünflächen eingeführt. Die Bewertung der Grünflächen in der Gesamtsituation erfolgt nach demselben Schlüssel wie bei den Siedlungsflächen, d.h. die Bedeutung von Grünflächen in der Nacht wird stärker gewichtet als am Tag (Tabelle 12). Zusätzlich bekommen Grünflächen, die Teil einer Leitbahn sind, unabhängig von der Tagsituation automatisch die höchste bioklimatische Bedeutung zugewiesen, um dem besonderen Stellenwert des Kaltluftprozessgeschehens für das Stadtklima Rechnung zu tragen. Grünflächen, die Teil von flächenhaften Kaltluftabflüssen sind oder an Kaltluftleitbahnen angrenzen (Toleranz 20 m Entfernung), bekommen automatisch eine sehr hohe bioklimatische Bedeutung zugewiesen, sofern Sie nicht bereits die Kriterien für eine höchste bioklimatische Bedeutung erfüllen.

Damit ergeben sich in der Planungshinweiskarte folgende Bewertungsklassen für Grünflächen:

- 1 Keine bioklimatische Bedeutung**
- 2 Geringe bioklimatische Bedeutung**
- 3 Mittlere bioklimatische Bedeutung**
- 4 Hohe bioklimatische Bedeutung**
- 5 Sehr hohe bioklimatische Bedeutung**



Tabelle 12: Verrechnungsvorschrift zur Verknüpfung der Bewertung von Tag- und Nachtsituation für Grünflächen

Grün- flächen	Bedeutung in der Nacht			
	1	2	3	4
Bedeutung am Tag	1	1	2	3
	2	1	2	3
	3	2	3	4
	4	3	3	5

3.4.2.10 KALTLUFTHAUSHALT

Neben der Bewertung von Siedlungs- und Grünflächen spielt auch der Kaltluftaushalt in der Planungshinweisekarte eine entscheidende Rolle. In diesem Abschnitt werden Kaltluftleitbahnen, flächenhafte Kaltluftabflüsse, Bilanzräume und Einwirkbereiche näher betrachtet.

Kaltluftleitbahnen verbinden Kaltluftentstehungsgebiete (Ausgleichsräume) und Belastungsbereiche (Wirkungsräume) miteinander und sind somit elementarer Bestandteil des Luftaustausches. Die Ausweisung der Leitbahnbereiche orientiert sich am autochthonen Strömungsfeld der FITNAH-Simulation. Als geeignete Oberflächenstrukturen innerhalb von Siedlungsräumen, die ein Eindringen von Kaltluft in die Bebauung erleichtern, dienen sowohl gering bebaute vegetationsgeprägte Freiflächen, Kleingärten und Friedhöfe als auch Gleisareale, Wasserflächen und breite Straßenräume. Da Leitbahnen selbst ebenfalls Kaltluft produzieren können, lassen sich Freiflächen, von denen Kaltluft direkt in die Bebauung strömt, nicht immer trennscharf abgrenzen von Leitbahnen, die als mehr oder weniger reine „Transportwege“ fungieren. Kaltluftleitbahnen sind vorwiegend thermisch induzierte und auf das Siedlungsgebiet ausgerichtete linienhafte Strukturen, die Flurwinde in das Stadtgebiet hineinragen. Zusätzlich werden die thermisch induzierten Winde durch das Relief im Aalener Stadtgebiet verstärkt: So befinden sich viele Leitbahnen in Talbereichen und sind durch besonders hohe Kaltluftvolumenströme gekennzeichnet (z.B. Hirschbachtal).

Insgesamt sind 14 Kaltluftleitbahnen bzw. Kaltluftleitbahnbereiche ausgewiesen, die aufgrund ihrer Lage und Charakteristika als besonders wichtig für die großräumige Durchlüftung des Aalener Stadtgebiets gesehen werden (Tabelle 13). Die Aalener Leitbahnen sind mind. 100 m breit, haben einen überdurchschnittlichen Kaltluftvolumenstrom, eine Fließgeschwindigkeit von mind. 0,5 m/s und sind zum wärmebelasteten Siedlungsraum ausgerichtet. Eine Ausnahme bildet die Leitbahn südl. Kocher, welche zum Großteil schmäler als 100 m ist und geringere Fließgeschwindigkeiten aufweist, aber dennoch klimäkologisch wirksam ist.

Tabelle 13: Ausgewiesene Kaltluftleitbahnen bzw. Kaltluftleitbahnbereiche im Aalener Stadtgebiet

Nummer	Lage / Benennung	Nummer	Lage / Benennung
1	Hirschbachtal	8	Hofherrnweiler
2	Hirschbachtal-Nord	9	Sauerbachtal
3	Hirschklingenbach	10	Heuchelbachtal
4	Hofen-Süd	11	Südl. Kocher
5	Nördl. Kocher	12	Unterkochen
6	Krummhaldenbach	13	Taufbach
7	Rombachtal	14	Dewangen



Neben den Kaltluftleitbahnen als linienhafte Strukturen gibt es auch Kaltluftabflüsse, welche flächenhaft über unbebauten Hangbereichen auftreten. Für das Stadtgebiet Aalens spielen diese aufgrund der größeren Reliefunterschiede eine wichtige Rolle. Aufgrund der vergleichsweise höheren Dichte von Kaltluft setzt diese sich, dem Gefälle folgend, hangabwärts in Bewegung. Durch diese „Beschleunigung“ weisen Kaltluftabflüsse meist höhere Strömungsgeschwindigkeiten auf als Flurwinde, die sich aufgrund des Temperaturunterschiedes zwischen kühlen Freiflächen und überwärmter Bebauung einstellen. Flächenhafte Kaltluftabflüsse treten in den Bereichen Unterkochen, Neuziegelhütte, Mantelhof, Oberrombach, Weidenfeld und nördlich von Hofen auf. Auch die Ortslagen Dewangen, Fachsenfeld, Waldhausen und Ebnat profitieren von flächenhaften Kaltluftabflüssen.

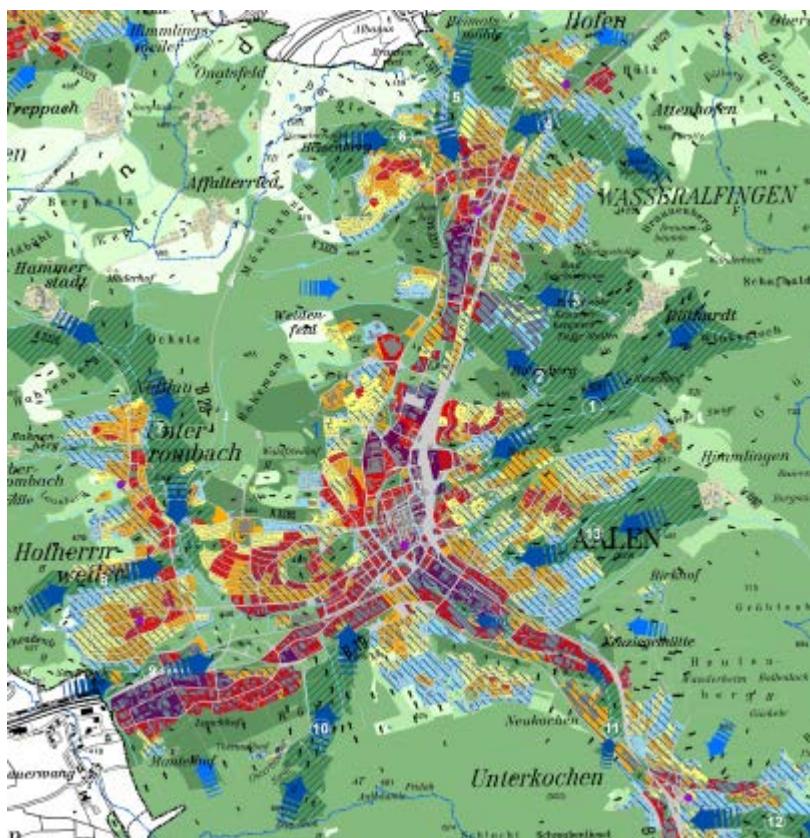
Daneben gibt es viele Bereiche, die zwar weder als Kaltluftleitbahn noch als Kaltluftabfluss ausgewiesen wurden, in denen die Flurwinde lokal dennoch eine wichtige Durchlüftungsfunktion erfüllen (siehe Strömungsfeld in Abbildung 41 in Kap. 3.4.2.11).

Weiterhin sind in der PHK fünf Bilanzräume dargestellt, welche die Prozessräume der Ortslagen mit planerisch relevantem Stadtklimaeffekt umfassen. Aalen-Mitte stellt dabei den größten Bilanzraum dar und ist durch thermisch-orographische Ausgleichsströmungen in Richtung Stadtkern charakterisiert. Aalen-Mitte umfasst die Stadtteile Hofen, Wasseralfingen, Röthardt, Himmlingen, Kernstadt, Unterkochen, Unterrombach und Hofherrnweiler.

Für den Siedlungsraum wurde ein sogenannter Kaltlufteinwirkbereich ausgewiesen, welcher das bodennahe Ausströmen der Kaltluft aus den Grünflächen in die angrenzende Bebauung während einer sommerlichen Strahlungswetternacht kennzeichnet. Die Methodik für die Definition des Kaltlufteinwirkbereichs ist abhängig vom Prozessgeschehen und somit auch vom Bilanzraum. Während in Aalen-Mitte hohe Kaltluftvolumenströme erreicht werden, fallen letztere in den umliegenden Bereichen verhältnismäßig gering aus. Dennoch werden auch die Siedlungen in den Randbereichen durchlüftet. Der Einwirkbereich in Aalen-Mitte umfasst die Siedlungsgebiete mit einem mind. mittleren Kaltluftvolumenstrom von $566 \text{ m}^3/\text{s}$. Als Einwirkbereich in den Bilanzräumen Dewangen, Fachsenfeld, Waldhausen und Ebnat sind diejenigen Siedlungsräume definiert, welche klimaökologisch wirksame Flurwinde von mindestens $0,1 \text{ m/s}$ aufweisen. Mit wenigen Ausnahmen (meist Gewerbeflächen) wird diese Bedingung flächendeckend erfüllt, was u.a. auch auf eine lockere Bebauung mit Einzel- und Reihenhäuser zurückzuführen ist.

3.4.2.11 ERGEBNISSE

Die Planungshinweiskarte für die Ist-Situation ist in der Abbildung 41 dargestellt. Mit einem Flächenanteil von jeweils 25 % ist die bioklimatische Situation der Aalener Siedlungsflächen aktuell sehr günstig, günstig bzw. mittelmäßig ausgeprägt (Tabelle 14). Dabei handelt es sich größtenteils um locker bebaute Bereiche und/oder gut durchlüftete Areale in der Nähe von Kaltluftleitbahnen. Allerdings gibt es auch Einzel- und Reihenhäuser mit einer ungünstigen bioklimatischen Situation; dies betrifft vor allem die Gebäude an den Südhängen, welche tagsüber einer starken Sonneneinstrahlung (und damit einer hohen PET) ausgesetzt sind. Ungünstige Bedingungen machen derzeit einen Flächenanteil von 20 % aus und treten verstärkt auf Gewerbeflächen und in der Innenstadt in Erscheinung. Letzteres gilt auch für die sehr ungünstigen thermischen Bedingungen, welche einen Flächenanteil von 5 % ausmachen. Bis zum Jahr 2030 ist zu erwarten, dass mittlere bis sehr ungünstige thermische Bedingungen vermehrt auftreten. Die Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsänderungen wird sich demzufolge verstärken und Maßnahmen zur Klimaanpassung gewinnen an Bedeutung.



Sonstiges

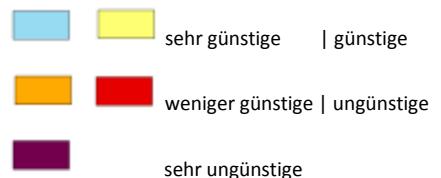
- | | | | |
|---|-------------------|---|---------------------------------------|
| — | Stadtgebiet Aalen | ■ | Straßen- / Parkplatz- und Gleisfläche |
| ■ | Gewässer | ■ | Gebäude |

Ausgleichsräume Grün- und Freiflächen



keine | geringe | mittlere | hohe | sehr hohe
bioklimatische Bedeutung

Wirkungsräume Siedlungs- und Gewerbeflächen



bioklimatische Situation

Luftaustausch

Strömungsfeld

Mittlere Windrichtung und -geschwindigkeit (m/s)

- ↑ > 0,1 - 0,5
- ↑ > 0,5 - 1,0
- ↑ > 1,0

Kaltluftleitbahn

Flächenhafter Kaltluftabfluss

- 1 Bilanzraum

- Leitbahnkorridor

- Wirkungsbereich der lokal entstehenden Strömungssysteme innerhalb der Bebauung

Abbildung 41: Planungshinweiskarte für einen Ausschnitt des Aalener Stadtgebiets



Tabelle 14: Bioklimatische Situation im Wirkungsraum (heute und 2030) und abgeleitete Planungshinweise

Bewertung der Siedlungsflächen	Flächenanteil [%]		Allgemeine Planungshinweise
	Ist	2030	
1 = Sehr günstig	25	5	Mittlere Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Keine Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation notwendig. Eingriffe sollten nicht zu einer Verschlechterung auf der Fläche selbst bzw. angrenzenden Flächen führen. Der Vegetationsanteil sollte erhalten werden.
2 = Günstig	25	8	Mittlere Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Keine Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation notwendig. Eingriffe sollten nicht zu einer Verschlechterung auf der Fläche selbst bzw. angrenzenden Flächen führen und die Baukörperstellung beachtet werden. Der Vegetationsanteil sollte erhalten werden.
3 = Mittel	25	27	Mittlere bis hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation werden empfohlen. Nachverdichtungen sollten nicht zu einer Verschlechterung auf der Fläche selbst bzw. angrenzenden Flächen führen und die Baukörperstellung beachtet sowie möglichst eine Erhöhung des Vegetationsanteils angestrebt werden.
4 = Ungünstig	20	36	Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind notwendig. Sie sollten sich sowohl auf die Tag- als auch Nachtsituation auswirken. Nachverdichtungen sollten nicht zu einer Verschlechterung auf der Fläche selbst bzw. angrenzenden Flächen führen („Entkoppelung“) und eine Verbesserung der Durchlüftung sowie möglichst eine Erhöhung des Vegetationsanteils angestrebt werden.
5 = Sehr ungünstig	5	24	Sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind notwendig und prioritär. Sie sollten sich sowohl auf die Tag- als auch Nachtsituation auswirken. Es sollte keine weitere Verdichtung (insb. zu Lasten von Grün-/Freiflächen) erfolgen, stattdessen der Erhalt der Freiflächen und eine Verbesserung der Durchlüftung sowie möglichst eine Erhöhung des Vegetationsanteils bzw. Entsiegelungsmaßnahmen angestrebt werden.

Etwa zwei Dritteln der Aalener Grünflächen kommt aktuell eine hohe bis sehr hohe bioklimatische Bedeutung zu (Tabelle 15). Bei diesen Flächen handelt es sich vor allem um Leitbahnbereiche oder andere Gebiete mit hohen Kaltluftvolumenströmen (meist Freiflächen), Waldareale, sowie Grünflächen in der Nähe von belasteten Siedlungsräumen. Knapp ein Fünftel der Aalener Grünflächen weisen keine bioklimatische Bedeutung auf, d.h. sie erfüllen für den derzeitigen Siedlungsraum keine Funktion bzw. stellen für diesen keinen Ausgleichsraum dar – mehrheitlich handelt es sich dabei um siedlungsferne Grünflächen. Generell gilt, dass im Falle einer Bebauung der Flächen selbst bzw. in ihrer Umgebung die Bewertung neu vorgenommen werden muss. Bis zum Jahr 2030 wird die bioklimatische Bedeutung von Grünflächen tendenziell zunehmen, insbesondere vor dem Hintergrund einer stärkeren Belastungssituation im Siedlungskörper.



Tabelle 15: Bioklimatische Bedeutung der Ausgleichsräume (heute und 2030) und abgeleitete Planungshinweise

Bedeutung der Grünflächen	Flächenanteil [%]		Allgemeine Planungshinweise
	Ist	2030	
1 = Keine	19	9	<p>Flächen stellen für die gegenwärtige Siedlungsstruktur keine relevanten Klimafunktionen bereit und weisen keine Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung auf. Bauliche Eingriffe sollten unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen. Im Falle einer Bebauung auf den Flächen selbst bzw. in ihrer näheren Umgebung sollte die Bewertung neu vorgenommen werden.</p>
2 = Geringe	9	7	<p>Für die gegenwärtige Siedlungsstruktur ergänzende klimaökologische Ausgleichsräume mit einer geringen Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Die angrenzende Bebauung profitiert von den bereitgestellten Klimafunktionen, ist in aller Regel aber nicht auf sie angewiesen. Bauliche Eingriffe sollten unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen. Im Falle einer Bebauung auf den Flächen selbst bzw. in ihrer näheren Umgebung sollte die Bewertung neu vorgenommen werden.</p>
3 = Mittlere	6	8	<p>Für die gegenwärtige Siedlungsstruktur wichtige klimaökologische Ausgleichsräume mit einer mittleren Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Bauliche Eingriffe sollten unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen und eine gute Durchströmbarkeit der angrenzenden Bebauung angestrebt werden.</p>
4 = Hohe	57	64	<p>Für die gegenwärtige Siedlungsstruktur wichtige klimaökologische Ausgleichsräume mit einer hohen Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Bauliche Eingriffe sollten äußerst maßvoll bzw. unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen. Eine gute Durchströmbarkeit der angrenzenden Bebauung sollte angestrebt und zur Optimierung der Ökosystemdienstleistung ggf. eine Vernetzung mit benachbarten Grün-/Freiflächen erreicht werden (Grünverbindungen).</p>
5 = Sehr hohe	9	12	<p>Für die gegenwärtige Siedlungsstruktur besonders wichtige klimaökologische Ausgleichsräume mit einer sehr hohen Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Bauliche Eingriffe sollten gänzlich vermieden oder, sofern bereits planungsrechtlich vorbereitet, unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen. Eine gute Durchströmbarkeit der angrenzenden Bebauung sollte angestrebt und zur Optimierung der Ökosystemdienstleistung ggf. eine Vernetzung mit benachbarten Grün-/Freiflächen erreicht werden (Grünverbindungen).</p>



4. Flächenmanagementstrategie und Maßnahmenkatalog

4.1 FLÄCHENMANAGEMENTSTRATEGIE

4.1.1 GRUNDSÄTZLICHES VORGEHEN

Die Flächenmanagementstrategie basiert auf den Ergebnissen der Stadtklimaanalyse und deren anschließende Bewertung in der Planungshinweiskarte. Hierfür wurde die Lage der Potenzialflächen in den Bewertungskategorien der Planungshinweiskarte untersucht und ausgewertet (siehe Kapitel 3.4.2). Die Planungshinweiskarte unterteilt die Stadtfläche in Ausgleichsräume (Grünflächen) als auch Wirkungsräume (Siedlungsfläche). Die FNP-Potenzialflächen sind im gegenwärtigen Zustand noch unbebaut und gehören daher zum Ausgleichsraum. Werden sie jedoch zukünftig bebaut, gehören die Flächen zum Wirkungsraum. Bei den Baulücken wurde keine bauliche Entwicklung angenommen, da die kommunale Steuerung für die Entwicklung der Flächen nicht vorausgesagt werden kann. Abbildung 42 verdeutlicht den Zusammenhang noch einmal graphisch.

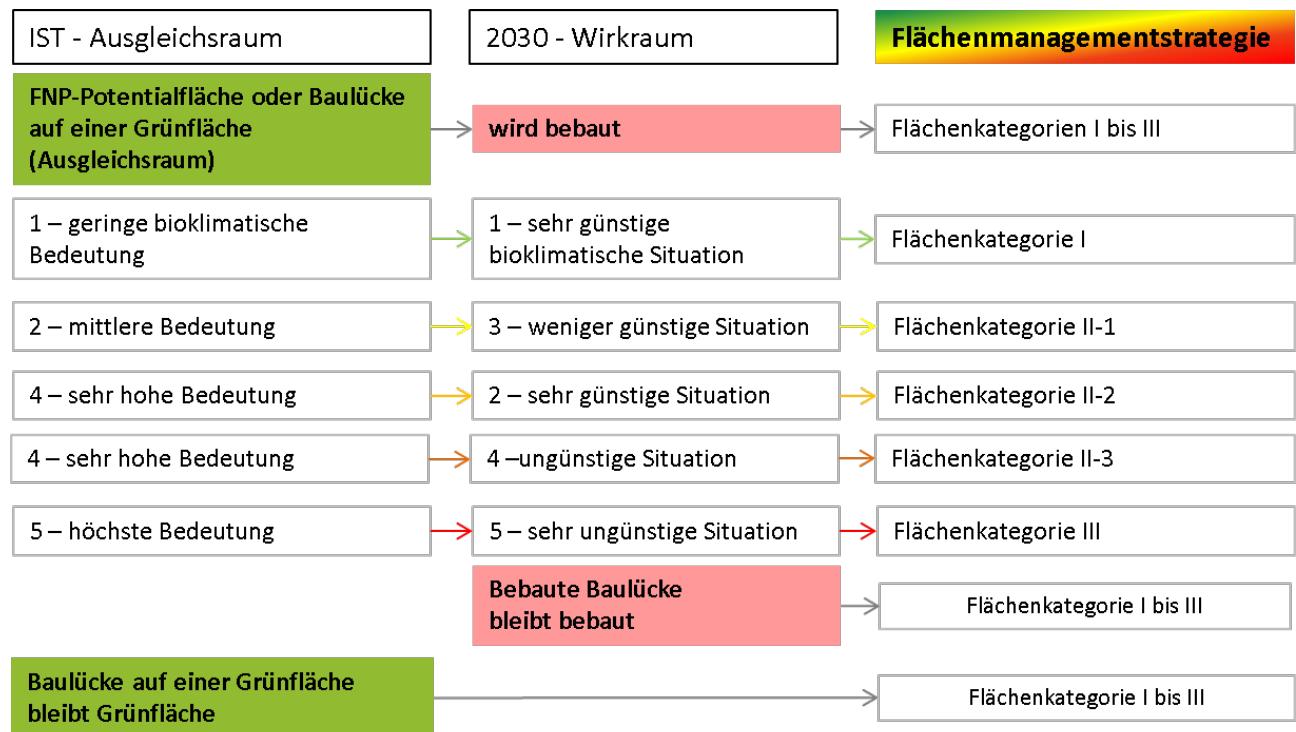


Abbildung 42: Zusammenhang zwischen den Potenzialflächen, Entwicklungsmöglichkeiten und Flächenmanagementstrategie. Quelle: Eigene Darstellung.

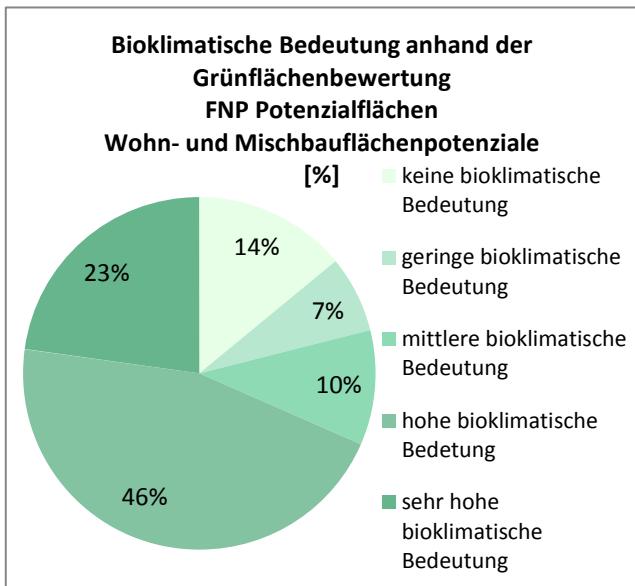
Daher wurde die Auswertung sowohl mit den Ergebnissen des Ist-Zustandes als auch mit den Ergebnissen der Klimawandelrechnung (unter Einbeziehung der Bebauung der FNP-Potenzialflächen) durchgeführt.

In Abbildung 43 und Abbildung 44 sind die Ergebnisse der Auswertung der FNP-Potenzialflächen und Baulücken für den gegenwärtigen Zustand und den zukünftigen Zustand (2030) dargestellt. Die FNP-Flächen wurden unterteilt nach ihrer Nutzungsart: Wohn- und Mischbauflächen und Gewerbegebiete. Abbildung 42 verdeutlicht, dass alle FNP-Potenzialflächen im Ist-Zustand dem Ausgleichsraum zugeordnet sind, da sie

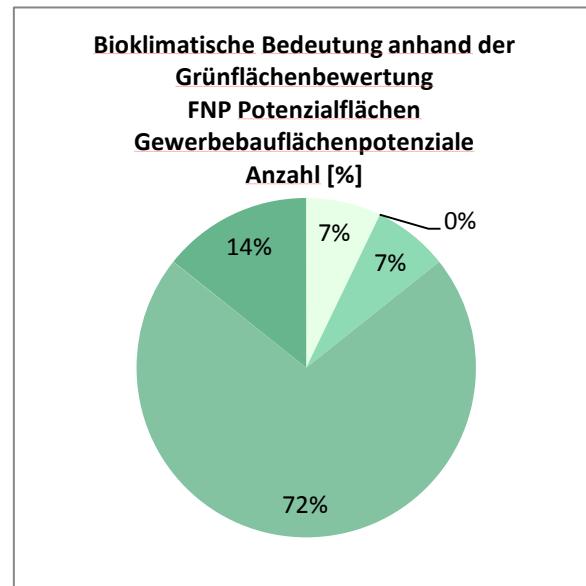


noch unbebaut sind. Hierbei weisen 14 % der Wohn- und Mischbauflächen keine bioklimatische Auswirkung auf, bei den Gewerbeflächen handelt es sich um 7 %. Ca. ¾ der Gewerbebauflächenpotenziale weisen in der Ist-Situation eine hohe Bedeutung auf, 14 % eine sehr hohe Bedeutung. Bei den Wohn- und Mischbauflächenpotenzialen sind es 46 % in der Kategorie hohe Bedeutung und rund ¼ in der Kategorie sehr hohe Bedeutung. In der Zukunft rutschen diese Flächen dann auch eher in eine ungünstige bioklimatische Situation.

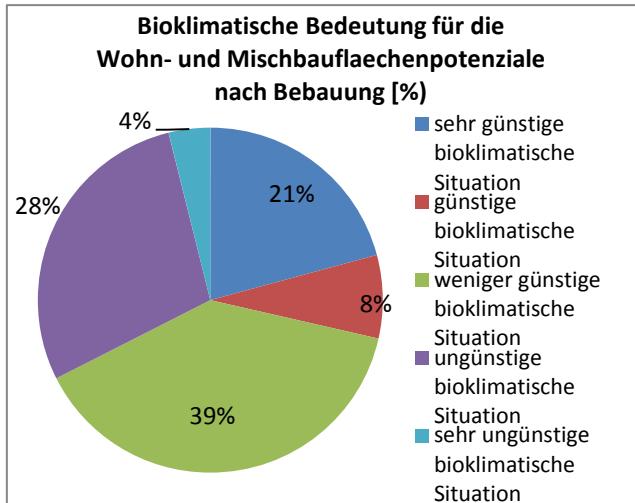
Ist-Situation



Ist-Situation



2030-Situation



2030-Situation

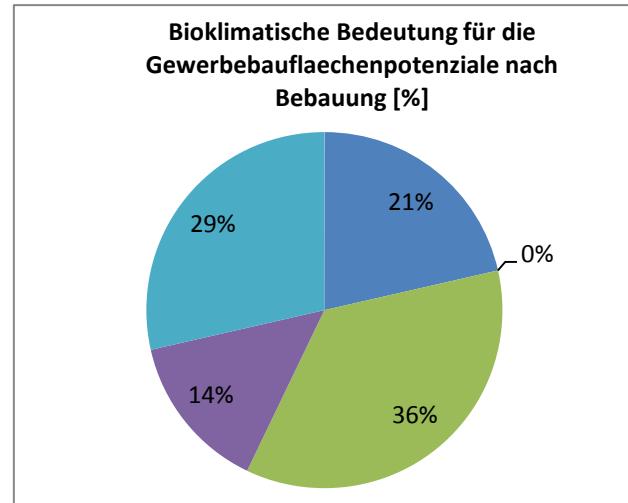


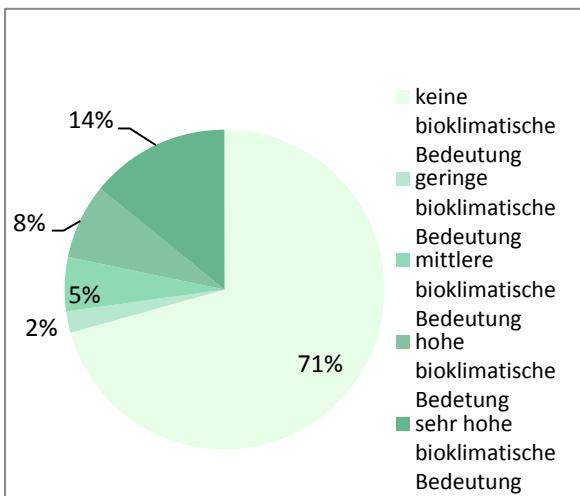
Abbildung 43: Statistische Auswertung der FNP-Potenzialflächen nach ihrer Bedeutung für die klimaökologischen Funktionen. Ist und zukünftiger Zustand mit Berücksichtigung des Klimawandels und zukünftiger Bebauung.

Laut Abbildung 42 sind die flächenmäßig zusammengefassten Baulücken im Ist-Zustand entweder dem Wirkungsraum zuzuordnen, wenn sie bebaut sind oder dem Ausgleichsraum, wenn sie unbebaut sind. Die Auswertung der Baulücken mit der Planungshinweiskarte für den gegenwärtigen Zustand brachte für unbebaute Baulücken (Abbildung 44, Ist-Situation) als Ergebnis, dass ca. ¾ der Flächen keine bioklimatische Bedeutung aufweisen. Lediglich 14 % weisen eine sehr hohe bioklimatische Bedeutung auf. Bei bereits bebauten Baulücken im Ist-Zustand weisen 97 % sehr günstige bioklimatische Verhältnisse auf. Im Jahr 2030 unter-

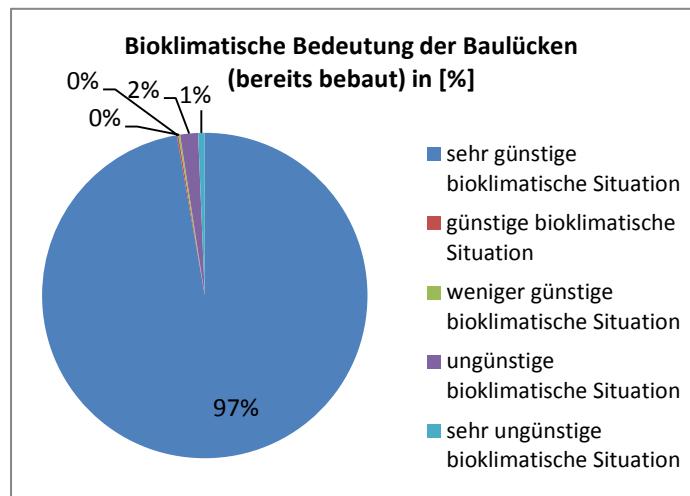


Klimawandelbedingungen verschiebt sich das Bild (Abbildung 44, 2030-Situation). 95 % der Baulücken, die 2030 noch als Grünfläche gelten, weisen keine bioklimatische Bedeutung auf und nur noch 2 % eine sehr hohe bioklimatische Bedeutung. Bei den bereits bebauten Baulücken weisen 77 % eine sehr günstige bioklimatische Situation auf und 15 % eine sehr ungünstige Situation. Hier verschiebt sich der Zustand der Flächen aufgrund der als bebaut angenommenen FNP-Potenzialflächen, da die Bewertung der humanbioklimatischen Situation immer Auswirkungen auf die benachbarten Flächen hat und zusätzlich der Klimawandel eine Temperaturzunahme mit sich bringt.

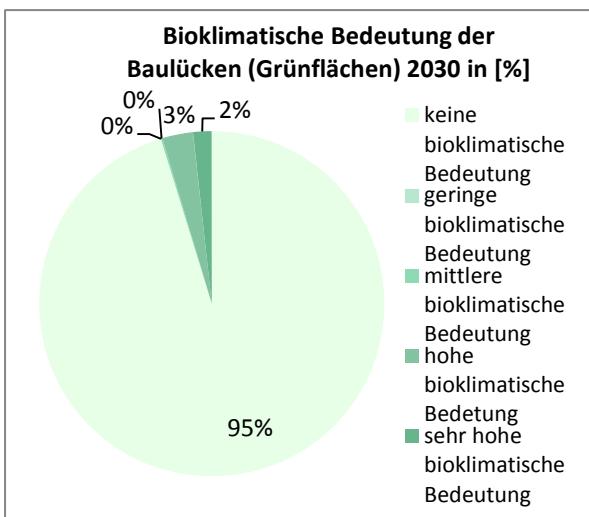
Ist-Situation



Ist-Situation



2030



2030

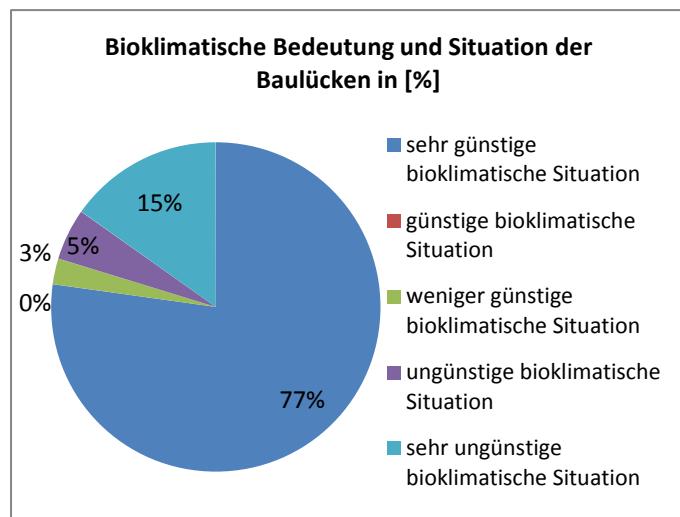


Abbildung 44: Statistische Auswertung der Baulücken-Potenzialflächen nach ihrer Bedeutung für die klimaökologischen Funktionen. Ist und zukünftiger Zustand mit Berücksichtigung des Klimawandels.

Im Anschluss wurde eine Verknüpfungsmatrix (Abbildung 45) des gegenwärtigen Zustandes und des zukünftigen Zustandes erarbeitet (die im Folgenden näher erläutert wird). Bewertet wurde hier wieder der gegenwärtige Zustand der Flächen als Grünfläche (Ausgleichsraum) und der Zustand nach Bebauung und Klimawandelbedingungen. Dabei kommt es zu einer Differenzierung in drei Hauptkategorien, wobei Kategorie II aus drei Unterkategorien: II-1, II-2 und II-3 besteht, um die Bedeutung als Grünfläche und die zukünftige humanbioklimatische Situation als bebaute Fläche besser verdeutlichen zu können. Somit sind



Empfehlungen zur klimagerechten Entwicklung der Potenzialflächen möglich. Das Ergebnis ist die Einteilung der Potenzialflächen in drei übergeordnete Flächenkategorien I bis III.

Verknüpfungsmatrix Ist und Zukunft		2030 – Siedlungsraum: humanbioklimatische Belastung				
Ist – Ausgleichsraum: Bedeutung der klimaökologischen Funktionen ↓		gering		hoch		
gering	gering	I	I	II-1	II-1	II-2
	hoch	I	I	II-1	II-1	III
		II-2	II-2	II-2	II-3	III
		II-2	II-2	II-2	II-3	III

Abbildung 45: Verknüpfung der Bewertungsstufen im gegenwärtigen Zustand und unter zukünftigen Bedingungen.
Quelle: Eigene Darstellung.

Die Flächenmanagementstrategie gliedert sich in einen zeichnerischen Teil (Anhang 3) und einem erläuternden Textteil (Abschnitt 4.1.3).

4.1.2 ZEICHNERISCHE DARSTELLUNG

Im Anhang 3 ist die zeichnerische Darstellung der Flächenmanagementstrategie zu finden. Die Karte greift zentrale Ergebnisse der Stadtclimaanalyse aus der Planungshinweiskarte auf. Hier sind Angaben zum Luftaustausch wie Windgeschwindigkeiten und Kaltluftvolumenströme, die als Kaltluftleitbahnen dargestellt sind, zu nennen. Des Weiteren werden die Bilanzräume der Kaltluftentstehungsgebiete und die Kaltluftleitbahnen noch einmal namentlich aufgeführt.

Im rechten Teil der Legende befindet sich die Darstellung der aus der Stadtclimaanalyse resultierenden Flächenmanagementstrategie. Hier werden die FNP-Potenzialflächen und Baulücken dargestellt nach ihrer Bewertung:

- Flächenkategorie I – Bauliche Entwicklung vertretbar,
- Flächenkategorie II – Bauliche Entwicklung kritisch, jedoch mit klimatisch optimierenden Maßnahmen vertretbar und
- Flächenkategorie III – Bauliche Flächenentwicklung aus stadtclimatischer Sicht nicht empfehlenswert.

Auf der Karte folgt eine kurze Beschreibung der Kategorien mit der Angabe der Flächeneinfärbung. Der kurze erläuternde Text fasst zusammen, worauf bei einer Entwicklung der Flächen geachtet werden sollte.

4.1.3 ERLÄUTERUNGSTEXT

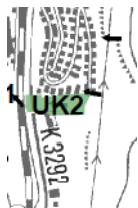
Im Folgenden werden die einzelnen Flächenmanagementstrategiekategorien I bis III vorgestellt und mit einem Beispiel aus der Karte verdeutlicht. Dies erfolgt einmal für die FNP-Potenzialflächen und ein weiteres Mal für die Baulücken.

Flächenkategorie I – Entwicklung vertretbar

Die **FNP-Potenzialflächen**, die in diese Flächenkategorie I fallen, sind ca. 17 % aller Flächen, die im gegenwärtigen Zustand wichtige klimaökologische Funktionen erfüllen. Werden diese Flächen bebaut und kommt noch der Einfluss des Klimawandels hinzu, zeigen diese Flächen keine Belastungen hinsichtlich der human-



bioklimatischen Situation. Daher kann eine Bebauung als stadtclimatisch unbedenklich eingestuft werden und es sind keine weiteren Detailuntersuchungen im Rahmen der Umweltprüfung bei B-Planverfahren nötig. Hier fallen auch die FNP-Potenzialflächen hinein, die in einer Ortslage mit keinem planungsrelevanten Stadtklima liegen (siehe Abschnitt 3.4.2.2).



Potenzialfläche im Kochertal, die in die Kategorie I eingeordnet wurde.



Flächen im Ortsteil Fachsenfeld. Diese Ortsteile weisen kein planungsrelevantes Stadtklima auf, da hier der Wärmeinseleffekt nicht nachweisbar ist.

Die **Baulücken**, die in die Flächenkategorie I fallen, sind Baulücken, die kleiner als 0,5ha sind. Ein Einfluss auf etwaige klimaökologische Funktionen des Ausgleichsraums bzw. auf eine etwaige thermische Belastungssituationen des Wirkraumes ist - unabhängig vom Klimawandel - erst für größere Flächen zu erwarten. Eine Entwicklung ist daher aus stadtclimatischer Sicht unbedenklich. Eine über das in Aalen etablierte Maß hinausgehende Beratung der Bauherren im Rahmen des Bauantrages ist nicht zwingend notwendig.

Der größte Teil der Baulücken fällt in diesen Bereich (93 %).



Baulücken an der Schillerhöhe im südwestlichen Bereich der Aalener Innenstadt, die ebenfalls in die Kategorie I eingeordnet wurden.

Flächenkategorie II – Entwicklung kritisch, mit klimatisch optimierenden Maßnahmen vertretbar und

FNP-Potenzialflächen

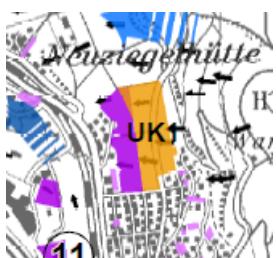
Rund ¾ aller FNP-Potenzialflächen und nur 5 % aller Baulücken liegen in dieser Flächenkategorie. Werden die Potenzialflächen bebaut, sollte auf klimawirksame Maßnahmen unterschiedlichen Umfangs zurückgegriffen werden (siehe 4.2). Bewertet wurde hier wieder der gegenwärtige Zustand der Flächen als Grünfläche (Ausgleichsraum) und der Zustand nach Bebauung und Klimawandelbedingungen. Dabei kommt es zu einer Differenzierung in drei Unterkategorien: II-1, II-2 und II-3. Die Zuordnung zu den Unterkategorien erfolgte mit der bereits erwähnten Verknüpfungsmatrix (vgl. Abbildung 45), die den gegenwärtigen Zustand und den zukünftigen Zustand mit zusätzlicher Bebauung und Einfluss des Klimawandels berücksichtigt.

FNP-Potenzialflächen, die in der **Kategorie II-1** eingeordnet wurden, sind so charakterisiert, dass weder in der aktuellen Situation als auch unter Klimawandelbedingungen die klimaökologischen Funktionen des Ausgleichsraums gefährdet sind, aber die Bebauung an dieser Stelle würde eine weniger günstige oder ungünstige humanbioklimatische Situation ergeben.



Diese Fläche in Unterrombach in der Nähe des Sauerbaches fällt in die Kategorie II-1, da bei Bebauung darauf geachtet werden sollte, dass die Kaltluftleitung des Sauerbaches nicht beeinträchtigt wird. Daher sollten klimawirksame optimierende Maßnahmen bei der Bebauung ergriffen werden.

In der **Kategorie II-2** sind Flächen enthalten, die im zukünftigen bebauten Zustand keine neuen humanbioklimatische Belastungssituation auf den Potenzialflächen selbst entstehen lässt, aber im Umfeld Flächen mit hoher oder sehr hoher Bedeutung für die klimaökologische Funktion gefährdet und somit eine Verschlechterung der Belastungssituation im angrenzenden Siedlungsraum mit sich bringt.



Diese Potenzialfläche in Unterkochen fällt in die Kategorie II-2, da sie die nächtlichen Flurwinde in Richtung Aalen abbremst. Daher sollten klimawirksame optimierende Maßnahmen bei der Bebauung ergriffen werden.

In der **Flächenkategorie II-3** sind FNP-Potenzialflächen enthalten, durch deren Entwicklung in Verbindung mit dem Klimawandel sowohl klimaökologische Funktionen mit hoher oder sehr hoher Bedeutung für die umliegenden Siedlungsräume gefährdet sind als auch neue weniger günstige oder ungünstige humanbioklimatische Situationen auf den Flächen selbst entstehen können.



Diese Flächen im Ortsteil Dewangen sind in der Kategorie II-3 eingeordnet. Eine Bebauung führt zu einer höheren Belastung auf den Flächen und im umgebenden Gebiet zu einer Verschärfung der Hitzebelastung im Siedlungsraum. Um dies zu verhindern, sollten klimawirksame optimierende Maßnahmen bei der Bebauung ergriffen werden.

Eine Bebauung von Flächen in den Kategorien II-1, II-2 und II-3 ist stadtclimatisch grundsätzlich vertretbar, wenn im Rahmen des B-Planverfahrens optimierende Maßnahmen ergriffen werden (siehe Maßnahmenkatalog Abschnitt 4.2). In den jeweiligen Umweltberichten sollte diese Einschätzung durch verbal-argumentative Stellungnahmen für die Kategorien II-1 und II-2 erfolgen. Die Bebauung einer Fläche in der Kategorie II-3 sollte durch modellgestützte Detailanalysen überprüft und konkretisiert werden.

Die enthaltenen **Baulücken** in der **Flächenkategorie II** sind alle größer als 0,5 ha. Die humanbioklimatische Belastungssituation verschlechtert sich durch den zu erwartenden Klimawandel von (sehr) günstig in eine weniger günstige oder ungünstige Belastungssituation. Auch hier sollten stadtclimatisch optimierende Maßnahmen bei einer Bebauung verfolgt werden (siehe Maßnahmenkatalog Abschnitt 4.2). Dazu sollte eine entsprechend spezifizierte Bauherrenberatung angeboten werden. Handelt es sich in dieser Kategorie um eine Baulücke, die bereits stark versiegelt ist durch vorhergehende Nutzungen, sollte hier bei einer Re-



aktivierung auf eine Verbesserung auf der Fläche durch optimierende Maßnahmen wie Entsiegelung und Durchgrünung geachtet werden.



Diese Baulücken am Mantelhof unweit der westlichen Aalener Stadtgrenze fallen in die Flächenkategorie II. Werden diese Flächen bebaut, so kommt es zu einer Belastung auf den Flächen selbst als auch zu einer Erhöhung des Wärmeinseleffektes im umliegenden Gebiet.

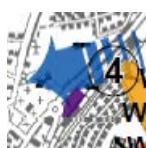
Flächenkategorie III – Flächenentwicklung aus stadtclimaticher Sicht nicht empfehlenswert

In diese Flächenkategorie fallen **FNP-Potenzialflächen**, die durch eine Bebauung selbst in die Wirkraumkategorie „sehr ungünstige bioklimatische Situation“ fallen würden und die auch die Grünflächen mit einer sehr hohen Bedeutung im Umfeld in ihren Funktionen gefährden würden. Daher sollte auf eine Entwicklung zum Erhalt eines gesunden Aalener Stadtclimas verzichtet werden. Sollten diese Flächen trotzdem bebaut werden, sollte im Vorfeld, modelltechnisch der Einsatz von klima-optimierenden Maßnahmen mit dem Ziel der kompletten Nivellierung (Entkoppelung) durchgeführt werden.



Diese Sonderbaufläche der Hochschule in Unterrombach liegt unmittelbar in einer Kaltluftleitbahn. Daher sollte auf eine Bebauung aus stadtclimaticher Sicht verzichtet werden. Falls diese Flächen trotzdem bebaut werden sollten, empfiehlt es sich eine modellgestützte Untersuchung zu klimawirksamen Maßnahmen durchzuführen.

Alle enthaltenen **Baulücken** in dieser Kategorie sind größer 0,5 ha und weisen bereits heute oder bedingt durch den zu erwartenden Klimawandel eine sehr ungünstige humanbioklimatische Situation auf. Auch hier sollte auf eine bauliche Entwicklung der Flächen verzichtet werden.



Diese Baulücke in Hofen Süd liegt in einer Kaltluftleitbahn. Es empfiehlt sich aus stadtclimatischer Perspektive nicht, diese Fläche zu bebauen.

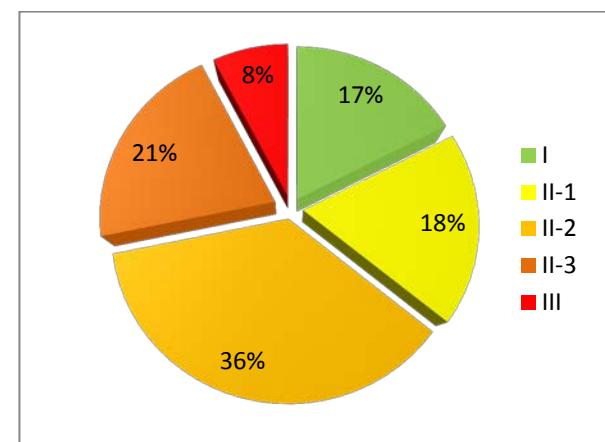
Da die Bewertung der klimatischen Funktion der Potenzialflächen nicht alle Detailinformationen berücksichtigen kann - es wurden gesamtstädtisch 92 FNP-Potenzialflächen und mehr als 1.000 Baulücken bewertet - und die klimatische Perspektive ein Bestandteil im Abwägungsprozess der Eignung von Flächen Berücksichtigung findet, sollte im Einzelfall immer eine Prüfung stattfinden. Dies sollte sowohl bei der Eröffnung von Bauleitplanverfahren oder laufenden Verfahren berücksichtigt werden als auch bspw. bei der Entsiegelung von bereits bebauten, also stark versiegelten Baulücken, wo durch Umstrukturierungen und Umbau eine deutliche Verbesserung erreicht werden kann.



Eine Verknüpfung mit der städtischen Bewertung der Potenzialflächen (Lage, Angebundenheit, etc. pp.) sollte auf alle Fälle erfolgen. Die hier erarbeitete klimatische FMS kann dazu einen Baustein in der Bewertung liefern.

Abbildung 46 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die prozentuale Verteilung der FNP-Potenzialflächen und Baulücken in den einzelnen FMS-Kategorien.

Prozentuale Verteilung der FNP-Potenzialflächen
in den Flächenkategorien I bis III



Prozentuale Verteilung der Baulücken in den Flächenkategorien I bis III

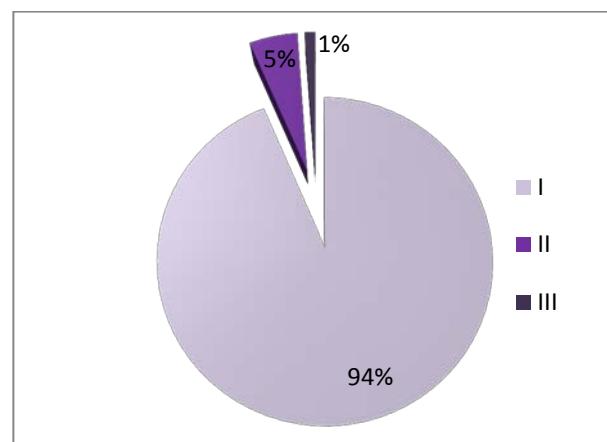


Abbildung 46: Überblick über die prozentuale Verteilung der FNP-Potenzialflächen und Baulücken in den Flächenmanagementstrategiekategorien.

4.2 MAßNAHMENKATALOG

4.2.1 CLUSTER I: VERBESSERUNG DER DURCHLÜFTUNG

Die aufgeführten Maßnahmen können einzeln als auch zusammen umgesetzt werden, da sie sich gut ergänzen und verstärken. Die Wirkung der Maßnahmen betreffen unterschiedliche Wirkungsbereiche wie bspw. Verbesserung der Durchlüftung und Reduktion der Wärmebelastung, sie sind zum Teil also synergetisch. Die Maßnahmen können aber auch gegenläufig sein, wenn bspw. durch Anlage von offenen Wasserflächen zwar die thermische Situation tagsüber verbessert wird aber nicht nachts oder wenn Bäume zwar tagsüber verschatten, aber gleichzeitig auch ein Strömungshindernis sind. Es ist immer im Einzelfall zu prüfen, welche Maßnahmen sinnvoll sind und angewendet werden sollen. Eine gezielte Zuordnung zu den Flächenkategorien II der Flächenmanagementstrategie kann also nicht erfolgen. Es sollte immer der Einzelfall entschieden werden.

M1 BAUKÖRPERSTELLUNG UND ABSTANDSFLÄCHEN BEACHTEN

Die Maßnahme der optimalen Gebäudeanordnung verfolgt bei Neubebauung das Ziel vorhandene Kaltluftströme und –abflüsse weiterhin zu nutzen und für die bestehenden Quartiere zu sichern. Die Gebäude sollten daher parallel zur Kaltluftströmung ausgerichtet sein. Gleichzeitig sollten ausreichend (grüne) Freiflächen zwischen der Bebauung vorgesehen werden, damit die Kaltluft hindurchfließen kann, was zu einer Durchlüftung und auch zur Reduktion des Wärmestaus führt (vgl. Abbildung 47). Durch den Klimawandel werden sich die Temperaturen deutlich erhöhen, so dass diese Maßnahme eine Schlüsselfunktion für die Abkühlung in der Nacht durch die Kaltluftströmung bekommt. Vor allem bei Neubebauung von Flächen, die



in einer Leitbahn liegen oder einen starken flächenhaften Kaltluftabfluss aufweisen, sollte diese Maßnahme zum Tragen kommen.

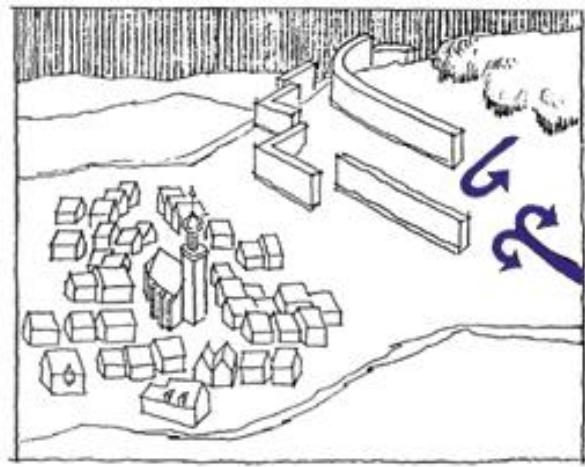
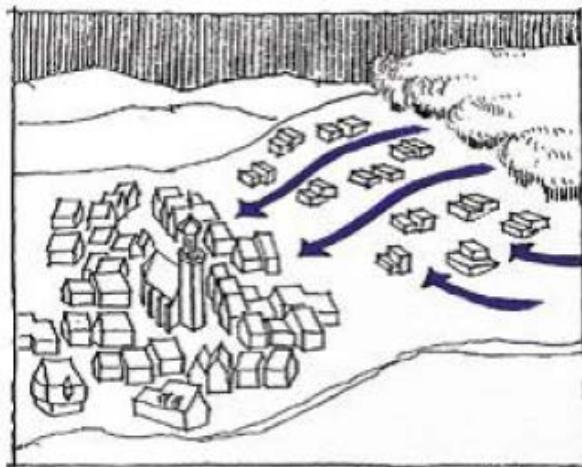


Abbildung 47: Durchlässige Bebauung am Hang, bei der auch die Talströmung nicht behindert wird (links) und Barrieren-Bebauung am Hang (rechts) (Quelle: MVI Baden-Württemberg 2012)

Da die Festsetzung von Baufeldern, Geschoß- und Grundflächenzahlen in den Bebauungsplänen erfolgt, stellen die verbindliche Bauleitplanung aber auch die Bauberatung zentrale Instrumente zur Umsetzung dieser wichtigen Maßnahme dar.

M2 LOCKERE BEBAUUNG

Die lockere Bebauung von Neubaugebieten ergänzt die Maßnahme M1 optimal. Durch eine lockere Bebauung, d.h. ausreichend Abstandsflächen zwischen den Gebäuden, kommt es zu einer Reduktion der Wärmebelastung tagsüber, da sich die Wärmeabstrahlung der versiegelten Gebäudeflächen auf das Umfeld nicht überlagern und somit potenzieren können. Die Wärmebelastung nachts reduziert sich aufgrund einer besseren Durchlüftung. Diese Maßnahme sollte vor allem für Neubaugebiete, die in einer Kaltluftleitbahn oder in Gebieten mit einem hohen flächenhaften Kaltluftabfluss liegen, angewendet werden (vgl. auch Abbildung 47 links). Gleichzeitig sollte eine starke Versiegelung der Abstandsflächen vermieden werden.

Die Festlegung einer lockeren Bebauung kann wieder über die Gestaltung von Baufenstern durch Geschoss- und Grundflächenzahlen als auch durch Vorgaben für die Anlage von Grünflächen im Rahmen der Bauleitplanung gesteuert werden. Auch eine Bauberatung bei kleineren Flächen ist hier für die Umsetzung der Maßnahme an zu raten.

M3 VERMEIDUNG VON AUSTAUSCHBARRIEREN

Die Vermeidung von Austauschbarrieren hat zum Ziel, die Durchlüftung eines Quartiers zu erhalten oder bei Neubebauung sicher zu stellen. Quer zur Fließrichtung verlaufende bauliche Hindernisse wie Bahndämme, Gebäude oder natürliche Hindernisse wie Baumgruppen (Beibehaltung bestehender Gehölze) sind für eine Durchlüftung und Durchströmung hinderlich und können zu einer Erhöhung der Wärmebelastung als auch Anreicherung von Luftschaadstoffen (kein Abtransport) im Gebiet führen (vgl. Abbildung 47, rechts). Vor allem im Einflussbereich von Kaltluftabflüssen sollten solche Hindernisse unbedingt vermieden werden und die Gebäudeausrichtung und Bebauungsdichte auf klimaökologische Belange angepasst werden.



Gesteuert werden kann diese Maßnahme im Rahmen der verbindlichen Bauleitplanung und durch eine gezielte Beratung von Bauherren.

M4 SCHAFFUNG VON WASSERFLÄCHEN

Die Schaffung von offenen Wasserflächen hat zum Ziel, die Wärmebelastung tagsüber zu verringern und eine erhöhte Aufenthaltsqualität von Plätzen zu schaffen. Mit Fontänen, Wasserspielplätzen, Teichen, Regenrückhaltebecken, offene Führung der Oberflächenentwässerung (Gräben, Mulden), etc. kann eine deutliche Reduktion der Wärmebelastung tagsüber herbeigeführt werden. Bei der Verdunstung von Wasser wird der umgebenden Luft Energie entzogen und kühlt diese damit ab (Verdunstungskühlung). Je größer die Wasseroberfläche, desto stärker ist die kühlende Wirkung. Bewegtes Wasser erzielt eine stärkere kühlende Wirkung als stehendes Gewässer, da die verdunstungsfähige Oberfläche bei der Bewegung vergrößert wird (Xue et al. 2014). In Sommernächten verbessern Wasserflächen aufgrund ihrer hohen Wärmespeicherkapazität hingegen eher nicht den thermischen Komfort. Während langer Wärmeperioden können sie in den Nachtstunden sogar wärmer werden als die umgebende Luft und somit deren Abkühlung verringern (Kuttler 2013).

Gleichzeitig können Synergien zum Niederschlagsmanagement gezogen werden, bspw. können die Wasserflächen bei Starkregenereignissen eine Rückhaltefunktion übernehmen.

M5 RÜCKBAU (ENTDICHTUNG)

Durch den Rückbau von Gebäuden werden die Bebauungsdichte und das Bauvolumen verringert, wodurch wiederum der Wärmeinseleffekt lokal reduziert wird. Auf frei werdenden Flächen können klimatische Entlastungsgebiete entstehen (z.B. Pocket Parks). Die geringere Bebauung führt zur Verbesserung der Durchlüftung. Der erhöhte Vegetationsanteil senkt die umgebende Lufttemperatur und es kommt zur Verringerung des Regenwasserabflusses. Die Siedlung gewinnt an Ästhetik und bietet Erholungsmöglichkeiten vor Ort. Es entstehen neue Lebensräume, die im Idealfall mit weiteren vernetzt werden können.

Vor allem auf Blockinnenhöfe (z.B. Garagen oder Lagerhallen) sowie alte Bahnanlagen, perspektivisch ggf. auch Industrie- und Gewerbebrachen besitzen Potenzial die thermische Belastung zu verringern. Folglich liegt die Verantwortung für die Umsetzung der Maßnahme eher im privaten Bereich, die Öffentliche Hand kann hier aber unterstützend tätig sein (z.B. im Rahmen des Stadtumbaus).

M6 SCHUTZ UND VERNETZUNG VON RELEVANTEN FLÄCHEN FÜR DEN KALTLUFTAUSHALT

Großräumige, gut wasserversorgte und durch flache Vegetation geprägte Freiflächen wie Wiesen, Felder, Kleingartenanlagen und Parklandschaften sind Quellen für Kalt- und Frischluft und bedürfen daher eines besonderen Schutzes. Die bodennahen Luftmassen kühlen hier nachts sehr viel schneller ab als über den versiegelten Oberflächen urbaner Räume. Die entstehende Kaltluft ist für die Stadtbevölkerung nur dann von Relevanz, wenn sie über hindernisarme Leitbahnen (z.B. zusammenhängende Grünzüge, Gleistrassen, breite Straßen und Fließgewässer) in Richtung der thermisch belasteten Siedlungsräume transportiert werden kann und dort zu einer Reduzierung der Wärmebelastung führen kann.

Grünland produziert während seiner nächtlichen Abkühlung Kaltluftmengen in der Größenordnung von etwa $10 - 12 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$. Bei fehlendem Abfluss würde sich in der Zeit eine 12 m hohe Kaltluftschicht bilden, die nur durch stark ausgeprägte Hindernisse abgebremst werden könnte. Auch Wälder können Kaltluftquellgebiete darstellen, die nächtlichen Abkühlungsraten sind aber geringer als über dem Freiland. Aller-



dings sind Wälder in der Lage, auch am Tage kühlere Luft für angrenzende Siedlungsflächen zu erzeugen. Besonders wirksam für die Abkühlung am Tage sind stadtnahe Wälder an Nord- und Osthängen (MVI 2012).

Auch wenn ihre Wirkung meist überschätzt wird, nehmen neben den großen Kaltluftentstehungsgebieten im städtischen Umland auch größere Grün- und Parkanlagen im innerstädtischen Bereich eine wichtige Funktion für den lokalen Kaltlufthaushalt ein. Auch stark durchgrünte Siedlungstypen können einen Beitrag zum Kaltlufthaushalt leisten.

In Aalen sind alle Grün- und Freiflächen, insbesondere die Hanglagen an den Flusstälern aufgrund ihres Beitrages zum Kaltlufthaushalt schützenswert, die einen hohen oder sehr hohen Kaltluftvolumenstrom aufweisen und/oder innerhalb einer Leitbahn liegen. Der besonderen Schutzbedürftigkeit kann beispielsweise über eine entsprechende Festsetzung in den Programmplänen des Landschaftsprogramms bzw. im gesamtstädtischen Flächennutzungsplan Rechnung getragen werden.

4.2.2 CLUSTER II: THERMISCHES WOHLBEFINDEN

4.2.2.1 CLUSTER IIA: REDUKTION DER WÄRMEBELASTUNG (AUßenRAUM)

M7 HOHER VEGETATIONSANTEIL / DURCHGRÜNUNG VORSEHEN (POCKET PARKS, HINTERHOFBEGRÜNUNG...)

Pocket-Parks sind kleine (manchmal auch gärtnerisch gestaltete) Grünflächen im innerstädtischen Raum (siehe Abbildung 48, links). Sie werden vornehmlich auf ungenutzten oder brachliegenden Flächen oder Baulücken errichtet, so dass die zentralen Akteure von den jeweiligen Besitzverhältnissen abhängig sind. Ihre Ausstattung reicht von einfachen Pflanzenbeeten und Bänken unter Bäumen bis hin zu Gartenkunst mit hochwertiger Gestaltung. Dominieren auf der Fläche Bäume und/oder offene Wasserflächen, bieten sie an heißen Sommertagen eine lokale Kühlinsel zum Abbau des thermischen Stresses. Ein dichtes Netz aus Pocket-Parks stellt die Nutzbarkeit durch alle zu jederzeit sicher. Sind die Pocket-Parks so verteilt, dass sie zur Vernetzung größerer Grünflächen beitragen, kann ihre bioklimatische Wirkung verstärkt werden (Scherer 2007). Darüber hinaus dienen die Anlagen auch einer Verbesserung der Biotopvernetzung.

Das Ziel von Innen-/Hinterhofbegrünungen liegt in der Verbesserung des Mikroklimas direkt am Ort des Eingriffs. Dabei steht die Verbesserung der Tagsituation durch die Bereitstellung von Schattenflächen im Fokus (siehe Abbildung 48, rechts). In Kombination mit einer Entsiegelung und einer Verschattung von sonnenexponierten Gebäudeseiten kann auch eine unmittelbare Verbesserung der thermischen Situation im Gebäudeinneren insbesondere auch für die Nachtsituation erreicht werden. Zentrale Akteure bei der Maßnahmenumsetzung sind zum einen Privatpersonen (Eigentümer und Bewohner) und die Privatwirtschaft (Wohnungsbaugesellschaften). Wettbewerbe und Förderprogramme können für diese Gruppe aktivierend wirken. Als effektiv haben sich in vielen Städten auch Nachbarschaftsaktionen zur Gestaltung der Hinterhöfe erwiesen (Netzwerk Nachbarschaft 2015). Zum anderen kann die Öffentliche Hand in ihren eigenen Liegenschaften auch direkt tätig werden.



Abbildung 48: Zentrum von Ebnat mit schattenspendenden Baum und Bänken zum Verweilen (links). Hinterhofbegrünung in Berlin (rechts). Foto: Cornelia Burmeister, Dominika Leßmann.

M8 WENIG VERSIEGELTE FLÄCHEN UND ENTSIEGELUNG

Unter Entsiegelung wird der Austausch von komplett versiegelten Flächen zugunsten von teilversiegelnden Oberflächenmaterialien (z.B. Rasengittersteine, Fugenpflaster, Sickerpflaster) verstanden. Auch eine Komplettentsiegelung mit anschließender Begrünung ist möglich (Sieker, 2014). Das Ziel der Maßnahme ist die (teilweise) Wiederherstellung der natürlichen Bodenfunktionen. Aus klimatischer Sicht sind vor allem die Effekte einer reduzierten Wärmespeicherung sowie einer erhöhten Verdunstungskühlung von Bedeutung.

Entsiegelungsprojekte entsprechen zudem den Zielen des Bodenschutzes, des Hochwasserschutzes sowie eines naturnahen Wasserkreislaufs und unterstützen den Ansatz einer dezentralen Siedlungswasserwirtschaft. Die Maßnahme kann daher als multieffektiv bezeichnet werden. Diese Maßnahme ist insbesondere auf Gehwegen, Parkplätzen, wenig befahrenen Straßen sowie Hinter-, Innen- und Betriebshöfen umsetzbar. Insofern können sowohl die Öffentliche Hand als auch Privatpersonen und die Unternehmen als zentrale Akteure identifiziert werden.

M9 FLÄCHENINANSPRUCHNAHME GERING HALTEN (EHER HOHE ALS BREITE BEBAUUNG)

Ein Ziel der Bundesregierung ist es, den Flächenverbrauch bis 2020 auf 30 ha pro Tag und bis 2030 auf weniger als 30 ha pro Tag zu senken. Das integrierte Umweltprogramm 2030 des Umweltministeriums aus dem Jahr 2016 strebt sogar einen Wert von 20 ha pro Tag an. Die derzeitige Inanspruchnahme neuer Flächen in Deutschland liegt mit einem Wert von ca. 66 ha/Tag erheblich über den angestrebten Zahlen. Je mehr Flächen versiegelt und bebaut werden, desto stärker kommt es zum städtischen Wärmeinseleffekt, also einer thermischen Belastung im Siedlungsbereich. Um der übermäßigen Flächenneuinanspruchnahme entgegen zu wirken, sollte in Zukunft eher höher gebaut werden (Stichwort: vertikale Verdichtung).



M10 VERSCHATTUNG VON GEHWEGEN, STRÄßen, PARKPLÄTzen

Straßen, (Geh- und Fahrrad-)Wege, Parkplätze sowie Stadtplätze sind der zentrale öffentliche Aufenthaltsbereich der Stadtbevölkerung und der Touristen im Außenraum. Die zumeist ungehinderte Einstrahlung führt tagsüber zu einer hohen Wärmebelastung direkt auf der Straßen-, Gehweg- oder Parkfläche. Die hohe Wärmespeicherkapazität des Bodenbelags (Asphalt, Beton, Schotter) kann darüber hinaus auch die Abkühlung in den angrenzenden Wohngebieten verringern.

Der Einsatz von Vegetation (Bäume, Sträucher) kann diese Effekte reduzieren. Zusätzlich wird die Wärmeemission der an- und abfahrenden Kraftfahrzeuge durch Verschattung und Verdunstungskühlung kompensiert und auch der Aufheizung der PKW-Innenräume wird vorgebeugt. Zum Einsatz kommen auch Kleinbauten (z. B. Wartehäuschen an ÖPNV-Haltestellen). Perspektivisch ist auch der großflächigere Einsatz künstlicher Materialien denkbar (z. B. Sonnensegel). Aufgrund der fehlenden Verdunstung, ist ihre Wirkung im Vergleich zu Bepflanzung jedoch herabgesetzt. Darüber hinaus übernehmen Bäume und Sträucher im Straßenraum die Funktion der Deposition und Filterung von Luftschadstoffen und verbessern dadurch die Luftqualität. Durch die Begrünung wird das Gelände ästhetisch aufgewertet.

Mit Blick auf den Klimawandel (häufigere und intensivere Hitzeperioden), dem demographischen Wandel (höherer Anteil an hitzesensiblen Bevölkerungsgruppen), dem zunehmenden Fußgänger- und Fahrradverkehr sowie den weiter steigenden Touristenzahlen sollte einer nicht gesundheitlich belastenden thermischen Situation auf diesen Flächen besondere Beachtung geschenkt werden. Die gezielte Verschattung stellt eine zentrale Maßnahme zur Erreichung dieses Ziels dar. Neben der Verbesserung der Aufenthaltsqualität im Straßenraum im engeren Sinne stehen bei der Verschattung auch die Wege der gezielt zur Erhöhung aufgesuchten Grün-/Freiflächen im Fokus.

Die Verschattung verringert die thermische Belastung durch die direkte Sonneneinstrahlung am Tage. Die beschatteten Straßen und versiegelten Gehwege speichern weniger Wärme als die der Sonnenstrahlung ausgesetzten. Bei großflächiger Verschattung kann somit auch der nächtliche Wärmeinseleffekt und damit die thermisch Belastung angrenzender Wohnquartiere reduziert werden.

Bei der Umsetzung der Maßnahme sollte darauf geachtet werden, dass der vertikale Luftaustausch erhalten bleibt, um Schadstoffe abzutransportieren und die nächtliche Ausstrahlung zu gewährleisten. Geschlossene Kronendächer sind daher insbesondere bei kleinen Straßenquerschnitten und hohem motorisierten Verkehrsaufkommen zu vermeiden. Bei mehrspurigen Straßen bieten sich begrünte Mittelstreifen zur Baumpfanzung an. Im Bereich von Luftleitbahnen dürfen Verschattungselemente zudem keine Barriere für Kalt- und Frischluftströmungen darstellen und sollten möglichst nicht quer zur Fließrichtung angelegt werden.

Die Umsetzung der Maßnahme kann beim Errichten von neuen Parkplätzen und beim Stadtumbau erfolgen. Beim Pflanzen der Bäume und Aufstellen von Sonnensegel etc. muss auf die Verkehrssicherheit geachtet werden. Es muss genügend Platz und gute Sichtbarkeit für die Einparkmanöver vorhanden sein. Je nach Besitzverhältnissen können entweder die Öffentliche Hand, Unternehmen oder Privatpersonen die zentralen Akteure darstellen.



Abbildung 49: Spritzenhausplatz mit Bäumen als Verschattungselemente für den Spielplatz. Foto: Josephine Förster.

Mit Blick auf den Klimawandel sollte bei der Artenauswahl von Neu- oder Ersatzpflanzungen auf deren Hitze- und Trockenheitstoleranz geachtet werden (Klima-Arten-Matrix von Rolof A. et al., 2008). Dabei sind solche Gehölze zu bevorzugen, die keine hohen Emissionen an flüchtigen organischen Stoffen (z.B. Terpenen), die zur Bildung von Ozon beitragen, aufweisen. Nadelhölzer emittieren tendenziell mehr flüchtige organische Stoffe als Laubhölzer, wobei die Emissionen je nach Baumart variieren. Nadelholzemissionen reichen von $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tanne) bis $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kiefernkerne). Bei den Laubhölzern reichen die Konzentrationen von $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Pappel) bis $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ahorn) (Ohlmeyer et al., 2008).

Stark versiegelte Straßen- und Parkplätze sind vielerorts anzutreffen, so dass ihre Begrünung und Verschattung auf thermisch belasteten Teilflächen aller Raumeinheiten empfohlen wird. Der Siedlungsraum (u.a. Parkplätze in Blockinnenhöfen oder als Bestandteil von großen Gewerbegebäuden) sowie Parkraum als Bestandteil öffentlicher Straßen und Plätze sind von besonderer Bedeutung.

M11 ERHÖHUNG DER MIKROKLIMATISCHEN VIELFALT

Damit innerstädtische Grün- und Freiflächen ihr Potenzial an klimaökologischen Dienstleistungen sowohl für die Tag- als auch für die Nachtsituation umfänglich ausschöpfen können, sollten sie möglichst vielfältige Mikroklima bereitstellen. Als Leitbild kann der erweiterte, für jedermann kostenlos begehbar „Savannentyp“ (Kuttler 2013, 271) dienen.

Er besteht zu einem großen Anteil aus gut wasserversorgten Rasenflächen und kleinen Baumgruppen, die mit offenen multifunktionalen Wasserflächen (z. B. Wasserspielplatz und Retentionsraum für Starkregenereignisse), Hügellandschaften, verschatteten Wegen und Sitzgelegenheiten sowie weiteren Strukturmerkmalen (Beete, Rabatten, Blumenwiesen, Sukzessionsflächen) angereichert sind (vgl. Abbildung 50). Die Übergangsbereiche zur angrenzenden Bebauung sollten offen gestaltet sein. Unter der Prämisse einer angemessenen großen Fläche von mindestens 1-2 ha wird durch diese Konfiguration sichergestellt, dass sowohl die



nächtliche Kaltluftproduktion und der -abfluss gewährleistet sind als auch der Aufenthalt am Tage für alle Ziel- und Risikogruppen optimiert ist durch Verschattungselemente.



Abbildung 50: Blick in den Stadtgarten in Aalen mit einer hohen mikroklimatischen Vielfalt. Foto: Ksenia Markainesk, Google+.

M12 HOHER ALBEDOWERT FÜR VERSIEGELTE FLÄCHEN

Ein wesentlicher Einflussfaktor auf die Ausbildung der urbanen Wärmeinsel ist die Beschaffenheit der städtischen, nicht natürlichen Oberflächen (vor allem Gebäude, Dächer, Straßen). Sie bestimmt die Wärmeleitungsfähigkeit ins Gebäude (bzw. in den Boden) sowie die Oberflächentemperatur und damit die Lufttemperatur im angrenzenden Außenraum (Kuttler 2013).

Ein Maß für das Rückstrahlvermögen von Oberflächen ist die Albedo. Sie gibt das Verhältnis von einfallender zu reflektierter Strahlung an und wird in Werten von null bis eins angegeben. Eine hohe Albedo hat aus thermischer Perspektive sowohl eine positive Auswirkung auf die Wärmeleitung als auch auf die Luftherwärmung. Je höher also die Albedo der Baumaterialien oder der Fassadenanstriche („cool colors“) ist, desto mehr einfallende Sonnenstrahlung wird von ihnen reflektiert und desto geringer fällt die Erwärmung der Oberfläche und der angrenzenden Luftmassen aus. Auch die Entsiegelung und Begrünung führen oft zu einer Verstärkung des Albedo-Effektes, da Pflanzen ein höheres Rückstrahlvermögen als beispielsweise dunkler Asphalt aufweisen.

Die Maßnahme kann zum einen beim Neubau von Gebäuden und Straßen angewendet werden. Vor allem bei Südfassaden, die der stärksten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, ist ein heller Anstrich empfehlenswert.

Das weitaus größere Potenzial besteht allerdings im thermisch belasteten Bestand. Praktisch bei jedem Gebäude und jeder Fläche im Straßenraum kann im Rahmen der Instandhaltung oder Sanierung die Albedo der Fassade, des Daches oder ebenerdig versiegelten Flächen erhöht werden. Entsprechend vielfältig sind auch die entscheidenden Akteure.



Abbildung 51: Beispiel für einen hohen Albedowert der Fassaden (helle Farbe). Häuser westlich des Stadtzentrums von Aalen. Foto: Josephine Förster.

M13 WASSER IM ÖFFENTLICHEN RAUM

Diese Maßnahme wurde bereits als Maßnahme M4 zur Verbesserung der Durchlüftung benannt. An dieser Stelle wird die Maßnahme noch einmal zur Verbesserung des thermischen Wohlbefindens bei starker Hitzebelastung aufgeführt.

Neben den oben genannten Wirkungszielen zum reibungsarmen Fließen kann Wasser im öffentlichen Raum (Fontänen, Wasserspielplätze, Teichen, Regenrückhaltebecken, offene Führung der Oberflächenentwässerung (Gräben, Mulden)) die thermische Situation im unmittelbaren Umfeld tagsüber verringern (Verdunstungskälte) und eine erhöhte Aufenthaltsqualität von Plätzen schaffen. Außerdem bietet es bspw. Kindern im Sommer eine Planschgelegenheit, die zur sofortigen Abkühlung führt.

Bewegtes Wasser erzielt eine stärkere kühlende Wirkung als stehendes Gewässer, da die verdunstungsfähige Oberfläche bei der Bewegung vergrößert wird (Xue et al. 2014). In Sommernächten verbessern Wasserflächen aufgrund ihrer hohen Wärmespeicherkapazität hingegen eher nicht den thermischen Komfort. Während langer Wärmeperioden können sie in den Nachtstunden sogar wärmer werden als die umgebende Luft und somit deren Abkühlung verringern (Kuttler 2013).



Abbildung 52: Wasser in der Stadt. Der Regenbaum in Aalen und ein Wasserspielplatz. Quelle: Bild links: Cornelia Burmeister, Bild rechts: Rahmenplan Klimaanpassung Karlsruhe, 2015.

M14 SCHUTZ BESTEHENDER GROßFLÄCHIGER PARKS/GRÜNFLÄCHEN

Großflächige Park- und Grünanlagen sind nicht nur aufgrund ihrer Bedeutung für den Kaltlufthaushalt besonders schützenswert, sondern auch, weil sie wichtige Erholungsflächen darstellen, die von den Stadtbewohner inklusive der klimasensiblen Bevölkerungsgruppen am Tage gezielt aufgesucht werden. Die große Fläche bietet auch Schutz vor Lärmimmissionen. Eine besondere Rolle nehmen in diesem Zusammenhang städtische Wälder ein.

Aufgrund der hohen Einwohnerdichte und der recht hohen Versiegelung der mittelalterlichen Aalener Altstadt sind die Park- und Grünanlagen im innerstädtischen Bereich besonders schützenswert. Über das Landschaftsprogramm und den Flächennutzungsplan kann und wird der besonderen Schutzwürdigkeit dieser Flächen Rechnung getragen.

M15 SCHUTZ VON WALDFLÄCHEN

Wälder gehören zu den besonders schützenswerten Biotopen. Die Waldfunktionen reichen von der CO₂ Deposition über den Arten- und Biotopschutz sowie die Grundwasserneubildung und den Bodenschutz bis hin zur Quelle für nachhaltige Rohstoffe und Energie. Mit Bezug zum Stadtklima stellen Wälder darüber hinaus drei wichtige Ökosystemdienstleistungen bereit.

Auch wenn ihr nächtliches Kaltluftliefervermögen im Vergleich zum Freiland weniger stark ausgeprägt ist, sind Waldflächen dennoch elementarer Bestandteil des Luftaustauschsystems. Der Energieumsatz erfolgt zu einem großen Teil an den Grenzflächen zwischen dem weitgehend geschlossenen Kronendach und den



darüber liegenden Luftsichten, so dass der Erdboden verschattet und seine Erwärmung auf diese Weise gegenüber dem Freiland verringert ist, was tagsüber im Vergleich zum Freiland zu einem angenehmeren Bioklima führt.

Der gleiche Effekt führt nachts dazu, dass die bodennahen Luftsichten sich nicht so schnell abkühlen. Hieraus resultieren im Vergleich zum Offenland geringere Kaltluftvolumina, deren Ausströmen durch die Kraut- und Strauchschicht zusätzlich behindert wird, wenn es nicht durch Hangneigungen von > 1° zu Kaltluftabflüssen kommt. Besonders wirksam sind daher stadtnahe Wälder an Nord- und Osthängen. Neben diesen beiden thermischen Effekten, erfüllen Stadtwälder durch ihre große Oberfläche auch eine wichtige Filterfunktion für Luftschadstoffe (MVI 2012).

4.2.2.2 CLUSTER IIB: REDUKTION DER WÄRMEBELASTUNG (INNENRAUM)

M16 DACHBEGRÜNUNG

Es gibt grundsätzlich zwei Formen einer Dachbegrünung. Extensive Dachbegrünungen haben eine dünne Substratschicht und eine rasenartige Vegetation. Intensive Dachbegrünungen hingegen zeichnen sich durch mehrere Substratschichten und höhere Vegetation aus. Sie können je nach Platzverfügbarkeit eine Gartenlandschaft mit Bäumen, Teichen, Sumpfzonen und Wegen darstellen und bedürfen im Regelfall einer Pflege, sowie ggf. einer Bewässerung und Düngung (FLL 2002, DDV 2011).

Die kühlende Wirkung einzelner Dachbegrünungen beschränkt sich auf die Luftmassen direkt über der Dachoberfläche. Mit der Maßnahme lässt sich also vor allem das Innenraumklima in den darunter liegenden Dachgeschoßwohnungen verbessern (Groß 2012). Es kann allerdings begründet angenommen werden, dass eine Begrünung vieler Dächer auch einen signifikanten Effekt auf die gesamtstädtische Wärmeinsel aufweist. Intensive Gründächer können zudem begangen werden und bieten damit auch unmittelbar eine thermische Komfortzone. Dachbegrünungen sind mit vielen weiteren Synergieeffekten verbunden. Hierzu zählen u.a. Reduktion des Niederschlagsabflusses, Lärminderung und die Erhöhung der Biodiversität (Pfoser et al. 2013).

Alle Dachbauweisen bis ca. 45° sind für Begrünungen grundsätzlich geeignet. Eine Prüfung der statischen Verhältnisse ist erforderlich. Vor allem für die intensive Begrünung ist eine massive Baukonstruktion unabdingbar. Außerdem muss das Dach wasserdicht sein und gegen Durchwurzelung geschützt werden (FFL 2008). In Abhängigkeit dieser bautechnischen Vorgaben besteht ein vielfältiges Potenzial für Dachbegrünungen in thermisch belasteten Räumen. Die entscheidenden Akteure sind die Gebäudeeigentümer, so dass für die Öffentliche Hand für ihre eigenen Liegenschaften eine unmittelbare Umsetzungskompetenz besteht.

M17 FASSADENBEGRÜNUNG

Der planmäßige und kontrollierte Bewuchs geeigneter oder speziell vorgerichteter Fassaden mit Pflanzen wird als Fassadenbegrünung bezeichnet. Es wird zwischen erd- und fassadengebundenen Systemen unterschieden.

In erster Linie wirkt die Grünfassade dämmend auf das Gebäude und führt zur Abmilderung der Inntemperaturexteme im Tages- und Jahresverlauf. Das schattenwerfende Blattwerk, die Luftsicht zwischen der Vegetation und der Hauswand sowie die Evaporation verringern die Wärmeaufnahme und die Oberflächentemperatur der Gebäudehülle und erhöhen den thermischen Komfort in allen Stockwerken des Gebäudeinneren sowie im unmittelbar angrenzenden Außenklima. Ein weiterer positiver Effekt ist die Verbesserung der Luftqualität in der Nähe der Fassadenbegrünung. Die relativ große Pflanzenoberfläche ad- und



absorbiert den Feinstaub und andere Luftschadstoffe. Auch eine lärmindernde Wirkung der Fassadenbegrünung ist messtechnisch nachgewiesen. Ähnlich wie Dachbegrünung tragen auch Fassadenbegrünungen zur Speicherung und Verdunstung von Niederschlagswasser und damit zum Hochwasserschutz sowie zur Erhöhung der Biodiversität bei (Pfoser et al. 2013).



Abbildung 53: Erdgebundene Fassadenbegrünung im Aalener Stadtzentrum. Foto: Cornelia Burmeister.

Es gibt diverse Ausführungsmöglichkeiten einer Fassadenbegrünung (vgl. Abbildung 53). Die Entscheidung hängt hauptsächlich von den Bauwerkseigenschaften ab und sollte gut geplant werden, um eventuelle Schäden am Gebäude oder der Begrünung zu vermeiden. Dabei ist sowohl der Aufbau (Pflanzenart, Befestigungsart und die entstehende Last) zu berücksichtigen als auch die späteren pflegerischen Maßnahmen (Bewässerung, Pflanzenschnitt) (FLL 2000). Das Potenzial der Fassadenbegrünung ist enorm und besteht grundsätzlich in allen thermisch belasteten Siedlungsräumen (vgl. Kapitel 3.3.1.1 und Kapitel 3.3.1.4). Aufgrund seiner umfassenden humanbioklimatischen Wirkung und seiner Multieffektivität in Bezug zu anderen Schutzgütern (s.o.) kann die Maßnahme als absolut priorität bezeichnet werden. Analog zur Dachbegrünung liegt auch hier die Verantwortung für die Umsetzung der Maßnahme vor allem bei den Gebäudeeigentümern.



M18 ENERGETISCHE GEBÄUDESANIERUNG

Die energetische Gebäudesanierung ist in erster Linie eine Klimaschutzmaßnahme, die durch technische und bauliche Maßnahmen den (Heiz-)Energiebedarf der Gebäude verringern soll. Allerdings weisen die gängigen Dämmmaterialien auch einen geringeren Wärmedurchgang von außen nach innen auf, so dass im Sommer auch der thermische Komfort im Innenraum verbessert wird. Die Energieeinsparverordnung (EnEV 2013) regelt die einzuhaltende Qualität der Dämmstoffe. Es besteht eine enge Verbindung zu M12 – Erhöhung der Oberflächenalbedo, auch Fassaden- und Dachbegrünungen weisen dämmende Eigenschaften auf (vgl. M16 und M17).

Das Potenzial der Maßnahme ist bei Sanierungen als auch bei Neubau sehr groß. Sanierungsmöglichkeiten der Gebäudehülle bestehen bei fast allen Flächentypen des Siedlungsraumes. Relevante Akteure sind die jeweiligen Eigentümer der Gebäude, aber auch finanzierende Banken spielen eine entscheidende Rolle (z.B. die Kreditanstalt für Wiederaufbau).

M19 VERSCHATTUNG VON GEBÄUDEN DURCH BÄUME ODER BAUTECHNISCHE MAßNAHMEN

Gebäude können durch Bäume oder Gebäudebegrünung aber auch durch bautechnische Maßnahmen verschattet werden. Das primäre Ziel ist es, die direkte Aufheizung sowie die Wärmespeicherung der Gebäude über die Gebäudehülle (Dach, Fassade, Fenster) zu verringern. Sonnenexponierte Gebäudeseiten sind dabei von besonderer Bedeutung. Großkronige Laubbäume sind gegenüber Nadelbäumen zu bevorzugen, da sie im Winter einen vergleichsweise geringen Einfluss auf die Einstrahlung ausüben und dadurch zu einer Reduktion von Heizenergie und damit von Heizkosten und Treibhausgasemissionen führen können (vgl. auch Abbildung 51). Bei Neupflanzungen sollte auf die Kompatibilität mit dem Klimawandel geachtet werden (vgl. Hinweis zur Pflanzliste bei M10). Die meisten architektonischen Möglichkeiten bieten Neubauten, viele bautechnische Elemente lassen sich aber auch nachrüsten. Ausführungsbeispiele hierfür sind Vordächer, Vertikallamellen, Markisen, Sonnensegel und/oder reflektierendes Sonnenschutzglas. Für die Maßnahmen direkt am Gebäude trägt der (private) Eigentümer die Verantwortung. In den eigenen Liegenschaften sowie im Grenzbereich zwischen Straßenraum und Privatgrundstück kann die Öffentliche Hand direkt tätig werden. Eine Verschattung ist in fast allen Flächentypen möglich und sinnvoll. Denkbar ist auch eine angepasste Gebäudeausrichtung bei Neubauten, bei denen die sensiblen Zimmernutzungen (Schlafzimmer, Kinderzimmer, Arbeitszimmer bei Wohngebäuden) des Gebäudes nicht gen Süden ausgerichtet sind, sondern nach den Himmelsrichtungen zwischen Norden und Osten (N, NNO, NO, ONO und O) (vgl. auch M21).

M20 TECHNISCHE GEBÄUDEKÜHLUNG

Technische Gebäudekühlung dient der Reduktion der Wärmebelastung in Innenräumen, in denen passive Maßnahmen nicht oder nicht ausreichend angewendet werden können. Aktuell werden nur rund 1-2 % der Wohngebäude, aber 50 % aller Büro- und Verwaltungsgebäude in Deutschland technisch gekühlt (Bettgenhäuser et al. 2011). Dies erfolgt auf der Basis von DIN 13779.

Klassische Klimaanlagen weisen aufgrund ihres hohen Energiebedarfs sowie ihres klimaschädlichen Kältemittels eine schlechte Ökobilanz auf (UBA 2015a). Ressourcenschonende Lösungen sind die Erdkälte Nutzung oder die adiabate Abluftkühlung, in der Regenwasser genutzt wird. Auch Adsorptionskältemaschi-



nen, die durch solare Energie oder KWK-Abwärme angetrieben werden, werden derzeit erprobt und weiterentwickelt (SenStadtUm Berlin 2010).

Sinnvoll ist es für Gebäude, die in einem sowohl thermisch belasteten Siedlungsbereich liegen als auch das Potenzial für eine technische Kühlung besitzen. Akteure sind hier Privateigentümer als auch die Öffentliche Hand, die für öffentliche Liegenschaften eine nachhaltige Gebäudekühlung gerade für vulnerable Nutzungen wie bspw. Krankenhäuser anstreben kann.

4.2.3 CLUSTER III: SONSTIGE MAßNAHMEN

M21 ANPASSUNG DES RAUMNUTZUNGSKONZEPTES

Innerhalb von Wohngebäuden sind Schlafräume, Kinderzimmer und Arbeitszimmer als besonders hitze-schutzbedürftig einzustufen. In Büroräumen soll die Temperatur 26 °C nicht übersteigen (ASTA 2010). Bei klimasensiblen Gebäudenutzungen sollte grundsätzlich in von den Risikogruppen genutzten Zimmern ein angenehmes – oder zumindest nicht belastendes - Raumklima herrschen. In Krankenhäusern gilt dies ganz besonders für die Säuglings- und Kinderstation sowie für die Kardiologie.

Neben Maßnahmen, die zu einer unmittelbaren Verringerung der Lufttemperatur im Innenraum führen (siehe M20), stellt die Anpassung des Raumnutzungskonzeptes in Bestandsgebäuden bzw. die Optimierung des Grundrisses bei Neubauten eine weitere Option zur Verringerung von thermischem Stress dar. Dies bedeutet vor allem, dass – sofern möglich – sensible Räume (s.o.) nach den Himmelsrichtungen zwischen Norden und Osten (N, NNO, NO, ONO und O) ausgerichtet werden und damit nicht dauerhaft einer unmittelbaren Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind.

In Berlin kann die Maßnahme vorrangig in Gebäuden mit klimasensibler Nutzung sowie in Einfamilienhaussiedlungen, die einer thermischen Belastung ausgesetzt sind, umgesetzt werden (Abbildung 74).

M22 REDUKTION ANTHROPOGЕНER WÄRMEEMISSIONEN AUS DEM VERKEHR

Kraftfahrzeuge erzeugen Abwärme, die vor allem in viel befahrenen Straßenabschnitten und stark frequentierten Industrie- und Gewerbegebieten zu einer zusätzlichen Aufheizung der Stadtatmosphäre beitragen kann. Insbesondere auf diesen Flächen besitzt die Maßnahme daher eine besondere Relevanz.

Untersuchungen aus London zeigen, dass der Effekt der Größenordnung der Nettostrahlungsbilanz an einem Sommertag entspricht und somit in Großstädten einen erheblichen Beitrag zur Ausbildung der städtischen Wärmeinsel haben kann (MEGAPOLI, 2010). Das primäre Ziel der Maßnahme ist daher die Minderung der Wärmebelastung durch eine nachhaltige Reduktion der anthropogenen Wärmeemissionen aus dem Individualverkehr und dem öffentlichen Personennahverkehr.

Dies kann beispielsweise durch eine Förderung der Elektromobilität, Verkehrsberuhigungen, Einbahnstraßenregelungen, Tempolimits oder die Verbesserung des Modal Splits erreicht werden. Diese nicht abschließende Aufzählung macht deutlich, dass die Maßnahme vielfältige Synergieeffekte mit der Lufreinhaltung aufweist. Die Öffentliche Hand stellt hierbei den zentralen Akteur dar, der durch Politiken und Fördermaßnahmen den Umbau des städtischen Verkehrs aktiv mitgestalten kann.





M23 AUSBAU SOZIALER INFRASTRUKTUR UND NETZWERKE

Unter der Förderung stadtgesellschaftlicher sozialer Netzwerke werden sämtliche Maßnahmen subsummiert, in denen zwischenmenschliche Beziehungen genutzt werden, um die Vulnerabilität der Quartiersbewohner gegenüber thermischem Stress zu reduzieren.

Aus städtebaulicher Sicht kann hierbei allen Projekten im Zusammenhang mit dem Programm der deutschen Städtebauförderung „Soziale Stadt“ bzw. dem öffentlich finanzierten Stadtteil- und Quartiersmanagement ein großes Potenzial zugeschrieben werden. Die Projekte werden in aller Regel unter intensiver Einbeziehung der Quartiersbewohner und damit der vulnerablen Gruppen durchgeführt. Über diese Projekte können beispielsweise Maßnahmen wie die vom Deutschen Städtetag geforderten „Trinkpatenschaften“ (Deutscher Städtetag 2012) initiiert oder auch „Hitzestuben“ für Obdachlose eingerichtet werden (in Anlehnung an die für Kälteeinbrüche eingerichteten „Kältestuben“).

Gemeinnützig organisierte Sozialverbände und privatwirtschaftliche Pflegedienste bieten persönliche und telefonische Betreuung von Senioren an, bei der sich u.a. regelmäßig über das Wohlbefinden der Personen informiert wird. Über diesen Weg lassen sich u. a. ältere Menschen zur Aufnahme von Flüssigkeit während Hitzeperioden animieren.

Persönliche soziale Kontakte werden heute zunehmend durch Begegnungen in digitalen Medien ergänzt. Über soziale Netzwerke, Apps, Spiele etc. kann den Stadtbewohnern das Hitzeproblem zum einen anschaulich nahe gebracht werden, zum anderen besitzen diese Instrumente aber auch das Potenzial Nachbarn mit einander zu verknüpfen.

Es besteht Bedarf an der Förderung stadtgesellschaftlicher sozialer Netzwerke und Projekte insbesondere dort, wo hohe thermische Belastungssituationen mit einem überdurchschnittlichen Anteil der stadtclimatischen Risikogruppen an der Quartiersbevölkerung einhergehen.

4.3 VERKNÜPFUNG DER FLÄCHENMANAGEMENTSTRATEGIE MIT DER VORLIEGENDEN STÄDTISCHEN BEWERTUNG

Im Anhang (Anhang 4) ist die Gesamtbewertung der FNP-Potenzialflächen dargestellt. Neben der klimatischen Bewertung der Flächen (vorletzte Spalte) sind die Flächen durch die Stadt Aalen hinsichtlich ihrer Erreichbarkeit mit dem ÖPNV, der Lage zu Infrastruktureinrichtungen wie Kindergarten, Schulen und Supermärkten als auch die Bewertung der Attraktivität und des Landschaftsbildes bewertet. Die Gesamtbewertung in der letzten Spalte gibt Aufschluss über die Eignung einer einzelnen Fläche. Die Farbkategorien erleichtern die Einschätzung der Bewertung: von rot (nicht gut geeignet) über gelb (mittlere Eignung) bis grün (sehr gut geeignet). Sehr gut geeignet sind bspw. die Flächen Waldhausen-West (WH1) und Waldhausen-Nord (WH2). Nicht gut geeignet ist bspw. die Fläche Maiäcker (AA9).





4.4 VERTIEFUNGSGEBIETE

4.4.1 VERTIEFUNGSGEBIET OST (TAUFBACHTAL)

Tabelle 16: Zusammenfassende Bewertung Maiäcker 1-3, Taufbachtal

Flächenziffer	Bezeichnung	Stadt/Gemeinde, Ortsteil	Größe
AA2, AA6 und AA9	Maiäcker 1-3	Aalen-Ost, Taufbachtal	14,5 ha
Zusammenfassende Bewertung			
	Klimaanalysekarte	Planungshinweiskarte	Flächenmanagementstrategie
			Maßnahmen erforderlich
AA2	Grün-/Freifläche (KVS >2.500 m³/s)	Ausgleichsraum (Sehr hohe Bedeutung)	Entwicklung vertretbar (Kat. II-3) Ja
AA6	Grün-/Freifläche (KVS >2.500 m³/s)	Ausgleichsraum (Sehr hohe Bedeutung)	Entwicklung vertretbar (Kat. II-2) Ja
AA9	Grün-/Freifläche (KVS >2.500 m³/s)	Ausgleichsraum (Sehr hohe Bedeutung)	Entwicklung vertretbar (Kat. II-2) Ja

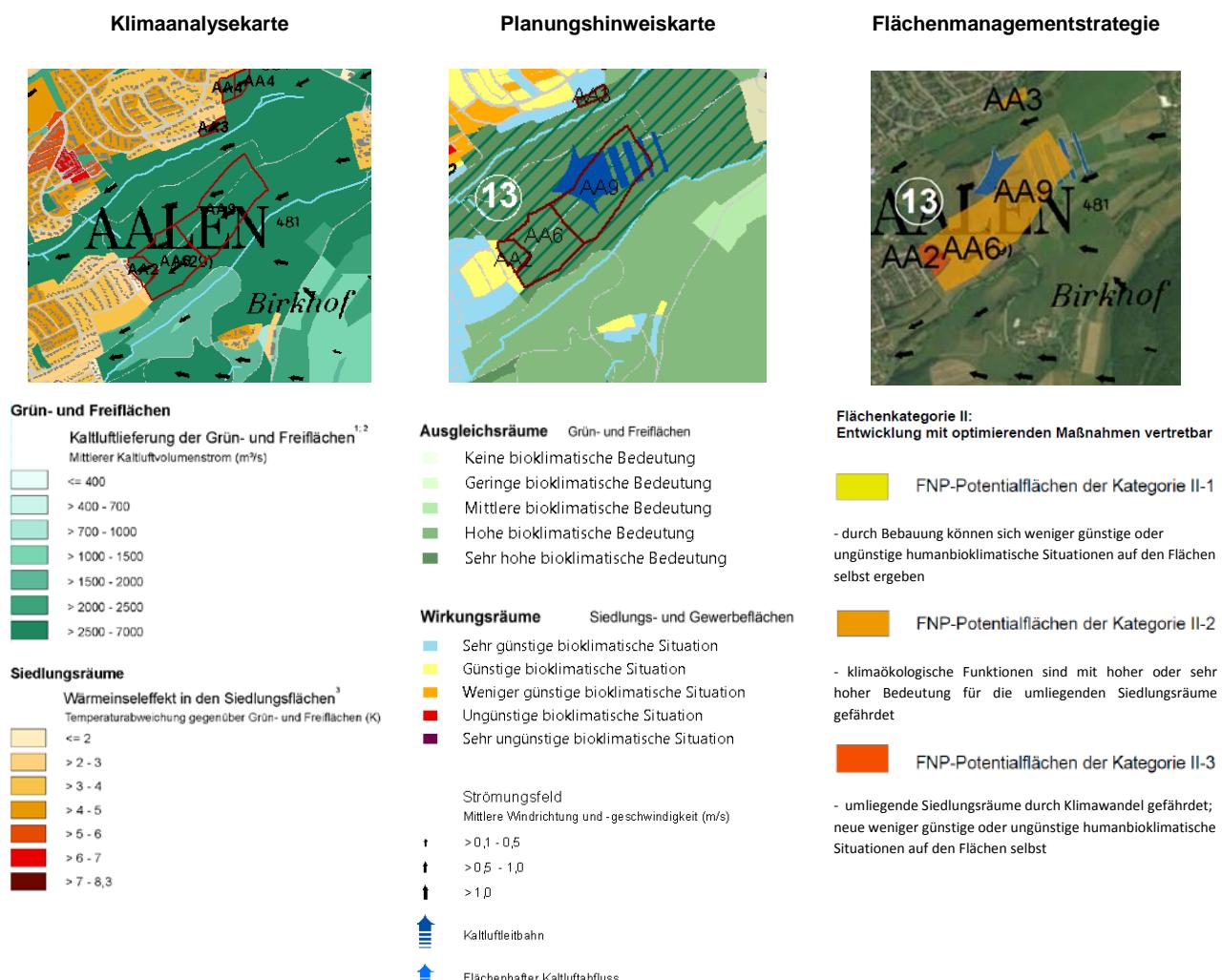


Abbildung 54: Klimaökologische Situation im Taufbachtal und Bewertung der Potenzialflächen Maiäcker 1-3



4.4.1.1 KLIMAÖKOLOGISCHE AUSGANGSSITUATION

Das Taufbachtal ist eine Kaltluftleitbahn im Aalener Stadtgebiet, welche sich von Nordost nach Südwest erstreckt. Über diese Leitbahn werden unmittelbar die darin gelegenen Siedlungsbereiche als auch die Kernstadt belüftet. Bei einer austauscharmen Hochdruckwetterlage herrscht zwischen Taufbach und Pflaumbach eine Strömung aus Nordost vor. Die Kaltluftlieferung im Bereich der Planflächen AA2, AA6 und AA9 ist derzeit mit über 2500 m³/s (vgl. Klimaanalysekarte in Abbildung 54) sehr stark ausgeprägt. Der im Südwesten an diese Flächen angrenzende Siedlungsraum profitiert von diesem Kaltluftzustrom; in dieser Siedlung ist der Wärmeinseleffekt mit max. 4 K nur schwach ausgeprägt.

Als Teil der Kaltluftleitbahn ist die bioklimatische Bedeutung der Grünfläche im Bereich Maiäcker 1-3 sehr hoch (vgl. Planungshinweiskarte in Abbildung 54). Der an diese Planflächen unmittelbar angrenzende Siedlungsraum weist ein günstiges bis sehr günstiges Humanbioklima auf und ist Teil des Einwirkbereichs von Kaltluft in die Bebauung.

4.4.1.2 ZU ERWARTENDE VERÄNDERUNGEN

In Anbetracht der Bedeutung der Planflächen für den nächtlichen Luftaustausch steht die Beeinträchtigung des bodennahen Strömungsfeldes im Vordergrund. Eine zukünftige Bebauung mit Einzel- und Reihenhäusern wird voraussichtlich die Durchlüftung des südwestlich an das Plangebiet angrenzenden Bestands reduzieren.

Trotz der Bedeutsamkeit der Freifläche zwischen Taufbach und Pflaumbach kann eine Entwicklung der Potenzialflächen als vertretbar eingestuft werden (Tabelle 16). Klimaoptimierende Maßnahmen sind dabei jedoch zwingend erforderlich (vgl. Flächenmanagementstrategie in Abbildung 54). Bei der Entwicklung der Flächen AA6 und AA9 ergeben sich in Verbindung mit dem Klimawandel zwar keine neuen humanbioklimatischen Belastungssituationen auf den Flächen selbst, allerdings sind klimaökologische Funktionen mit hoher oder sehr hoher Bedeutung für die umliegenden Siedlungsräume gefährdet. Durch die Entwicklung der Planfläche AA2 in Verbindung mit dem Klimawandel sind klimaökologische Funktionen mit hoher oder sehr hoher Bedeutung für die umliegenden Siedlungsräume gefährdet. Es können sich dort außerdem neue weniger günstige oder ungünstige humanbioklimatische Situationen auf den Flächen selbst ergeben.

4.4.1.3 EMPFEHLUNGEN AUS KLIMATISCHER SICHT

Bei der Erschließung und Bebauung des Plangebietes sollte die aus Nordosten einströmende Kaltluft berücksichtigt werden. Dies gilt vor allem für die Ausrichtung von Gebäudekörpern und Abstandsflächen (M1), welche möglichst parallel zur Kaltluftströmung erfolgen sollte. Eine riegelhaft ausgeprägte Bebauung ist unbedingt zu vermeiden. Die Abstandsflächen sollten von dichten Vegetationsstrukturen und weiterer Bebauung frei gehalten werden, da diese den bodennahen Kaltluftstrom beeinflussen können. Mit Blick auf das Strömungsgeschehen ist eine lockere Einzel- und Reihenhausbebauung mit großen Gärten einer Zeilen- und Hochhausbebauung vorzuziehen. Eine gute Durchlüftungssituation auf den Planflächen verhindert Nachteile für den benachbarten Siedlungsraum durch die Neubebauung.

Um die Wärmebelastung tagsüber und nachts im Quartier zu reduzieren, sollte ein hoher Vegetationsanteil (M7) angestrebt werden. Eine hohe mikroklimatische Vielfalt von Grünflächen (M11) kann durch das Zusammenspiel von offenen Wiesenflächen, Bäumen, Sträuchern und sonstigen Pflanzungen sowie Wasserflächen erzielt werden.

Zur Verbesserung des Innenraumklimas sowie des unmittelbar angrenzenden Außenraumklimas kann sowohl eine Fassadenbegrünung (insbesondere Südfassaden, M17) als auch die Verwendung heller Oberflächenmaterialien (hohe Albedo, M12) empfohlen werden. Weiterhin dienen Verschattungsmaßnahmen zur



Verbesserung der thermischen Situation am Tag (M19). Zu den Möglichkeiten zählen die Verschattung von Fassaden durch Bäume oder bautechnische Maßnahmen sowie die Verschattung von Gehwegen, Straßen und Parkplätzen (M10). Bautechnische Verschattungsmaßnahmen reichen von Vordächern und Balkongestaltung über Markisen, Überdachung von Haltestellen und Sonnensegeln bis hin zu Jalousien. Auch kann reflektierendes Sonnenschutzglas bzw. –folie das Innenraumklima verbessern (M19). Um ein günstiges Innenraumklima zu gewährleisten, sollten sensible Räume wie Schlaf- und Arbeitszimmer möglichst nicht nach Süden ausgerichtet sein.

Die Entwicklung der Potenzialfläche AA2 ist mit stärkeren klimatischen Auswirkungen verbunden als es bei den beiden übrigen Flächen (AA6 und AA9) der Fall ist. Demnach sollten verstärkt in diesem Bereich optimierende Maßnahmen umgesetzt werden. Neben den bisher genannten Maßnahmen können hier eine Dachbegrünung (M16), die Schaffung von Wasserflächen (M4), eine technische Gebäudekühlung (M20) sowie die grundsätzliche Vermeidung hoher Austauschbarrieren (M3) empfohlen werden.

4.4.2 VERTIEFUNGSGEBIET SÜD-WEST (HEUCHELBACHTAL)

Im Vertiefungsgebiet Unterer Heuchelbach befinden sich eine potenzielle Wohnbaufläche (AA7) sowie eine Gewerbepotenzialfläche (G10; vgl. Tabelle 17). Im nördlichen Bereich der Wohnbaufläche ist eine Zeilen- und Hochhausbebauung angedacht, während der südliche Teil für Einzel- und Reihenhäuser vorgesehen ist. Im Folgenden werden Empfehlungen zur Bebauung der Potenzialflächen gegeben sowie mögliche Auswirkungen der Bebauung auf die Kernstadt untersucht.

Tabelle 17: Zusammenfassende Bewertung Unterer Heuchelbach

Flächenziffer	Bezeichnung	Stadt/Gemeinde, Ortsteil	Größe
AA7, G10	Unterer Heuchelbach	Aalen-Süd, Heuchelbachtal	4,6 ha (AA7) 2 ha (G10)
Zusammenfassende Bewertung			
	Klimaanalysekarte	Planungshinweiskarte	Flächenmanagementstrategie
AA7	Grün-/Freifläche (KVS >2.500 m³/s)	Ausgleichsraum (Sehr hohe Bedeutung)	Entwicklung vertretbar (Kat. II-2)
G10	Grün-/Freifläche (KVS >2.500 m³/s)	Ausgleichsraum (Hohe Bedeutung)	Entwicklung vertretbar (Kat. II-3)
			Maßnahmen erforderlich
			Ja
			Ja

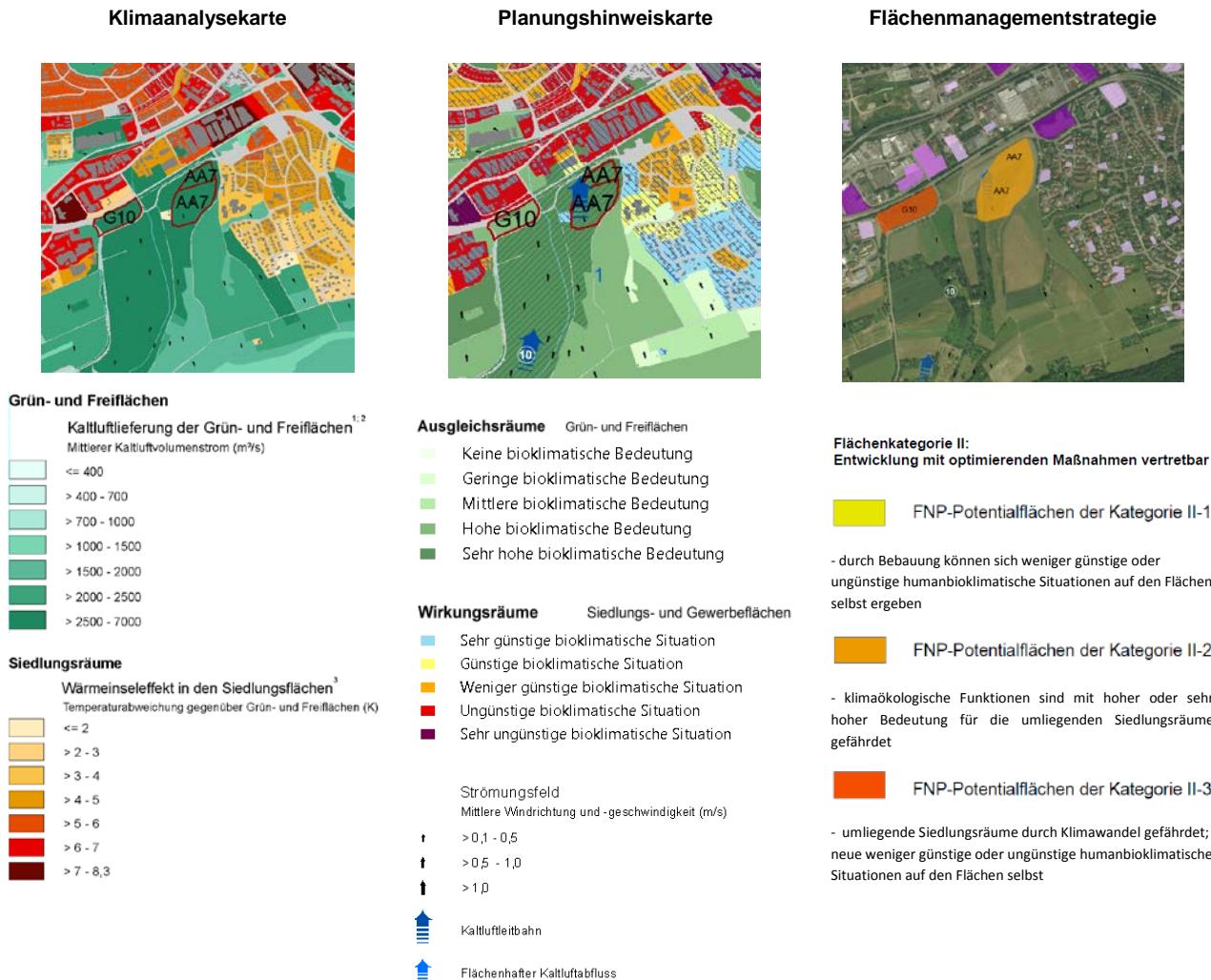


Abbildung 55: Klimaökologische Situation im Heuchelbachtal und Bewertung der Potenzialflächen Unterer Heuchelbach

4.4.2.1 KLIMAÖKOLOGISCHE AUSGANGSSITUATION

Die Grünfläche im Bereich der Potenzialfläche AA7 ist Bestandteil der Kaltluftleitbahn Heuchelbachtal, welche sich im südlichen Stadtgebiet befindet. Die Gewerbe potenzialfläche G10 liegt im Übergangsbereich zwischen der Leitbahn Heuchelbachtal und dem Siedlungsraum. Mit Werten von über 2500 m³/s ist der Kaltluftvolumenstrom auf beiden potentiellen Planflächen sehr stark ausgeprägt; die bioklimatische Bedeutung auf den aktuellen Grünflächen ist hoch (G10) bis sehr hoch (AA7) (vgl. Abbildung 55). Nördlich der Planflächen und westlich von G10 befinden sich Gewerbegebiete mit einem starken Wärmeinseleffekt, welcher sich in einer ungünstigen bioklimatischen Situation widerspiegelt. Der östlich an die Potenzialfläche AA7 angrenzende Siedlungskörper ist durch eine Wohnbebauung mit sehr günstiger bis weniger günstiger bioklimatischer Situation gekennzeichnet. Auf der Freifläche zwischen den beiden Potenzialflächen wurden am 29.8.2017 Vertikalsondierungen durchgeführt (vgl. Kapitel 3.3.2.3). Die Ergebnisse des Fesselballonaufstiegs ergaben, dass die Mächtigkeit der Kaltluftschicht zum Zeitpunkt der Messung etwa 24 m betrug.



4.4.2.2 ZU ERWARTENDE VERÄNDERUNGEN

Die geplante Bebauung in der Leitbahn Heuchelbach hat einen geringen bis mäßigen Einfluss auf die Belüftung der Kernstadt. Der mittelalterliche Stadtkern wird bereits heute während austauscharmer Strahlungswetterlagen nicht mehr hinreichend durchlüftet (vgl. Abbildung 56). Jedoch profitieren die Bereiche westlich und südwestlich des Stadtkerns vom Kaltluftvolumenstrom der Leitbahn Heuchelbachtal. Zwischen den beiden Potenzialflächen G10 und AA7 bleibt ein Abstandsbereich von etwa 150 m bestehen, sodass die Kaltluftzufuhr vom Heuchelbachtal in Richtung Norden nicht zum Erliegen kommt. Die Kaltluft kann in diesem Zwischenbereich kanalisiert werden; jedoch wird es infolge einer Bebauung in manchen Bereichen auch zu einer Reduktion des Volumenstroms kommen. Erwartungsgemäß wird am stärksten der Nahbereich betroffen sein, welcher sich östlich der Potenzialfläche AA7 befindet. Dort muss mit einer Verschlechterung der bioklimatischen Situation in den Wohnquartieren gerechnet werden. Bis zum Jahr 2030 wird sich die Temperatur um etwa 3 bis 4 K auf der Wohnpotenzialfläche erhöhen, wobei im nördlichen Teil (Zeilen- und Hochhausbebauung) die Erwärmung stärker ausgeprägt ist als im südlichen Teil (Einzel- und Reihenhausbebauung). Auf der Gewerbefläche G10 kommt es bis zum Jahr 2030 sogar zu einer Temperaturzunahme von etwa 6 bis 7 K. Ursache dafür ist eine deutliche Zunahme des Versiegelungsgrades. Für die Temperaturzunahme ist hauptsächlich die Bebauung (Umwandlung einer Grünfläche in bebaute Fläche) verantwortlich; der Effekt der Klimawandels ist mit durchschnittlich 1,3 K geringer.

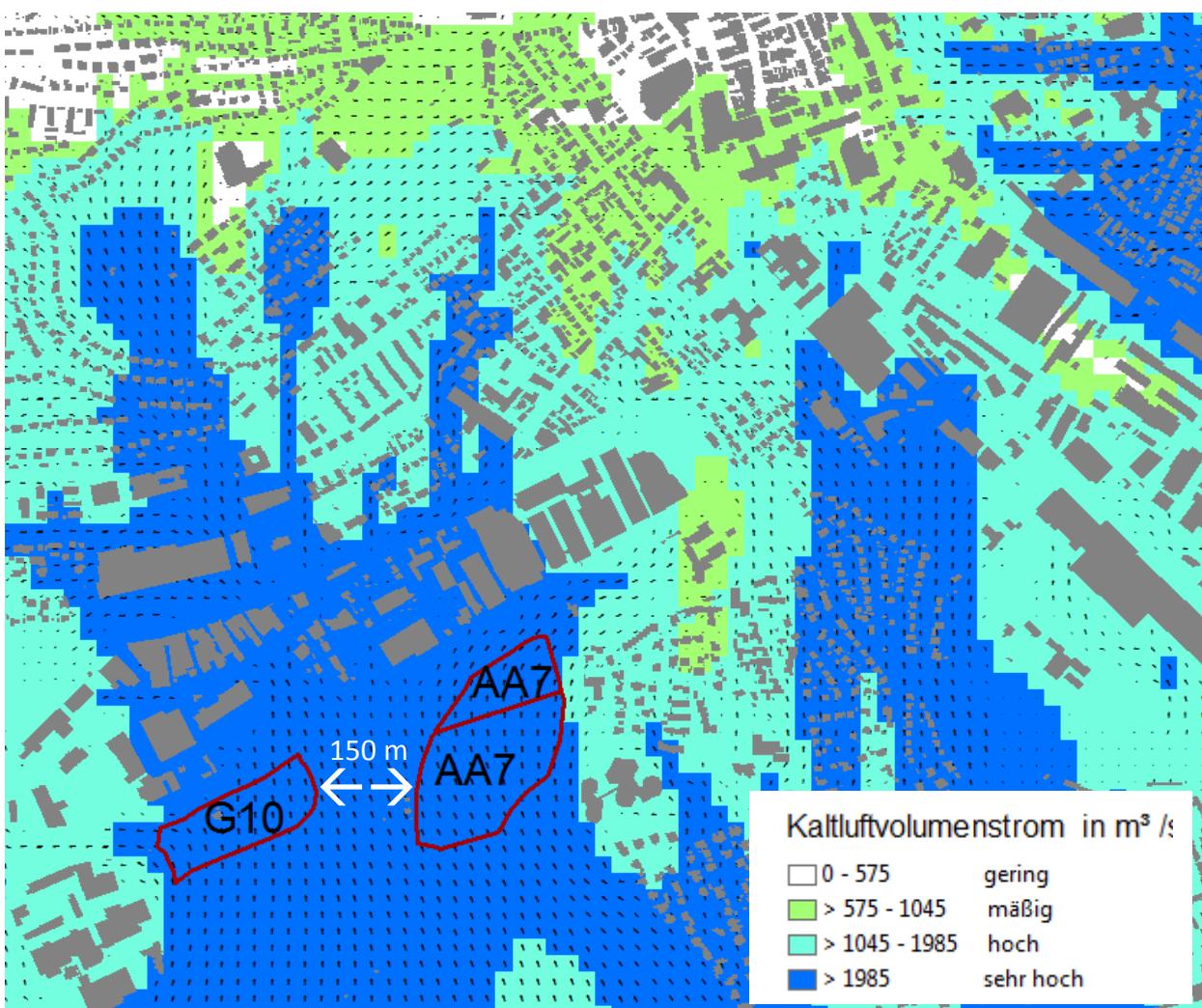


Abbildung 56: Kaltluftvolumenstrom im südlichen Teil Aalens (Ist-Situation; Größe der Strömungspfeile in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit dargestellt)



4.4.2.1 EMPFEHLUNGEN AUS KLIMATISCHER SICHT

Die Leitbahn Heuchelbachtal hat für das Aalener Stadtclima eine hohe Bedeutung, da ihr Kaltlufteinzußgebiet bis in die Bereiche südlich und südwestlich des Stadtcores hineinreicht. Die Leitbahn gewährleistet die Durchlüftung von bereits überwärmten, innerstädtischen Arealen. Aus der Flächenmanagementstrategie (vgl. Abbildung 55 rechts) ergibt sich, dass die Entwicklung der Potenzialflächen mit optimierenden Maßnahmen vertretbar sind. Der Erhalt der Grünfläche zwischen den beiden Potenzialflächen als Frischluftkorridor hat zunächst oberste Priorität, damit eine Belüftung in Richtung des Zentrums weiterhin gewährleistet wird. Für die Fläche G10 sind sowohl Maßnahmen zur Verbesserung der Durchlüftung (vgl. Kap. 4.2.1) als auch Maßnahmen zur Reduktion der Wärmebelastung auf der Fläche selbst (infolge der starken Temperaturzunahme, vgl. 4.2.2) erforderlich. Für die Fläche AA7, insbesondere im nördlichen Teil, ist auf eine gute Durchströmbarkeit zu achten (M1, M2, M3, M9). Bei der gemessenen Höhe der Kaltluftschicht von 24 m ist davon auszugehen, dass eine Bebauung mit Einzel- und Reihenhäusern (AA7-Süd) keinen gravierenden Einfluss auf den Kaltlufthaushalt hat. Wichtig ist außerdem, dass die umliegenden Grünflächen im Leitbahnkorridor geschützt werden (M6, M14).

4.4.3 VERTIEFUNGSGEBIET WEST (SAUERBACHTAL)

Das Vertiefungsgebiet West geht über die Stadtgrenze Aalens hinaus und schließt zum Großteil die Gemeinde Essingen ein. Da für die Gemeinde Essingen keine vollständigen Daten in Form von Klimaanalyse- und Planungshinweiskarte sowie Flächenmanagementstrategie vorliegen, erfolgt eine Bewertung der Potenzialflächen anhand der rasterbasierten Ergebnisse von Kaltluftvolumenstrom und Lufttemperatur in der Nacht. In diesem Kapitel wird untersucht, ob die Entwicklung der Potenzialflächen im Sauberbachtal Auswirkungen auf das Aalener Stadtclima haben.

4.4.3.1 KLIMAÖKOLOGISCHE AUSGANGSSITUATION

Im Bereich des Sauerbachtals befinden sich die Potenzialfläche UH9 (Quartier am Sauerbach im Aalener Stadtgebiet), die Essinger Gewerbepotenzialflächen G1, G2 und G3 sowie zwei Brückenbauwerke (BW5/6) und ein Wartungsstützpunkt für Schienenfahrzeuge (W). Alle Potenzialflächen befinden sich derzeit im Bereich von Grün- und Freiflächen mit hohem bis sehr hohem Kaltluftvolumenstrom (Abbildung 57). Als besonders wichtig für die Kaltluftzufuhr ist die Freifläche des Quartiers am Sauerbach hervorzuheben.

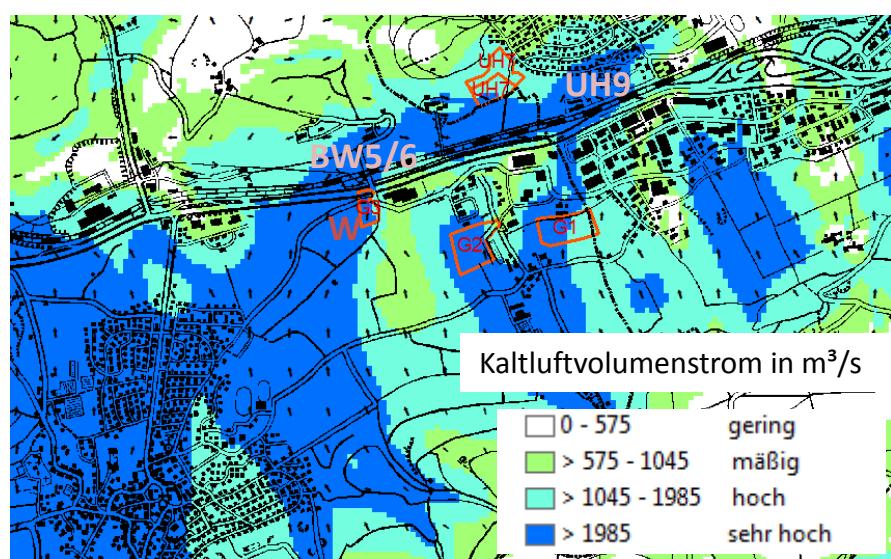


Abbildung 57: Kaltluftvolumenstrom im Sauerbachtal, Ist-Zustand



Im Falle einer Bebauung wird es bis zum Jahr 2030 zu einer starken Temperaturzunahme von bis zu 7 K auf den Potenzialflächen selbst kommen (vgl. Abbildung 58). In die Modellrechnung 2030 sind jedoch nur die rot hervorgehobenen Potenzialflächen G1, G2, G3 und UH7 eingegangen, da für die übrigen Potenzialflächen zum Zeitpunkt der Modellierung noch keine Daten vorlagen. Dies bedeutet, dass die Potenzialflächen UH9, BW5/6 und W im Jahr 2030 als unbebaut angenommen wurden und diese Flächen demnach das reine Klimawandelsignal abbilden. Die derzeitige Freifläche UH9 wird sich infolge des Klimawandels bis zum Jahr 2030 um etwa 2 bis 3 K (und damit überdurchschnittlich stark) erwärmen. Dagegen sind die Freiflächen im Bereich der Brückenbauwerke und der Wartungshalle nicht so stark vom Klimawandel betroffen.

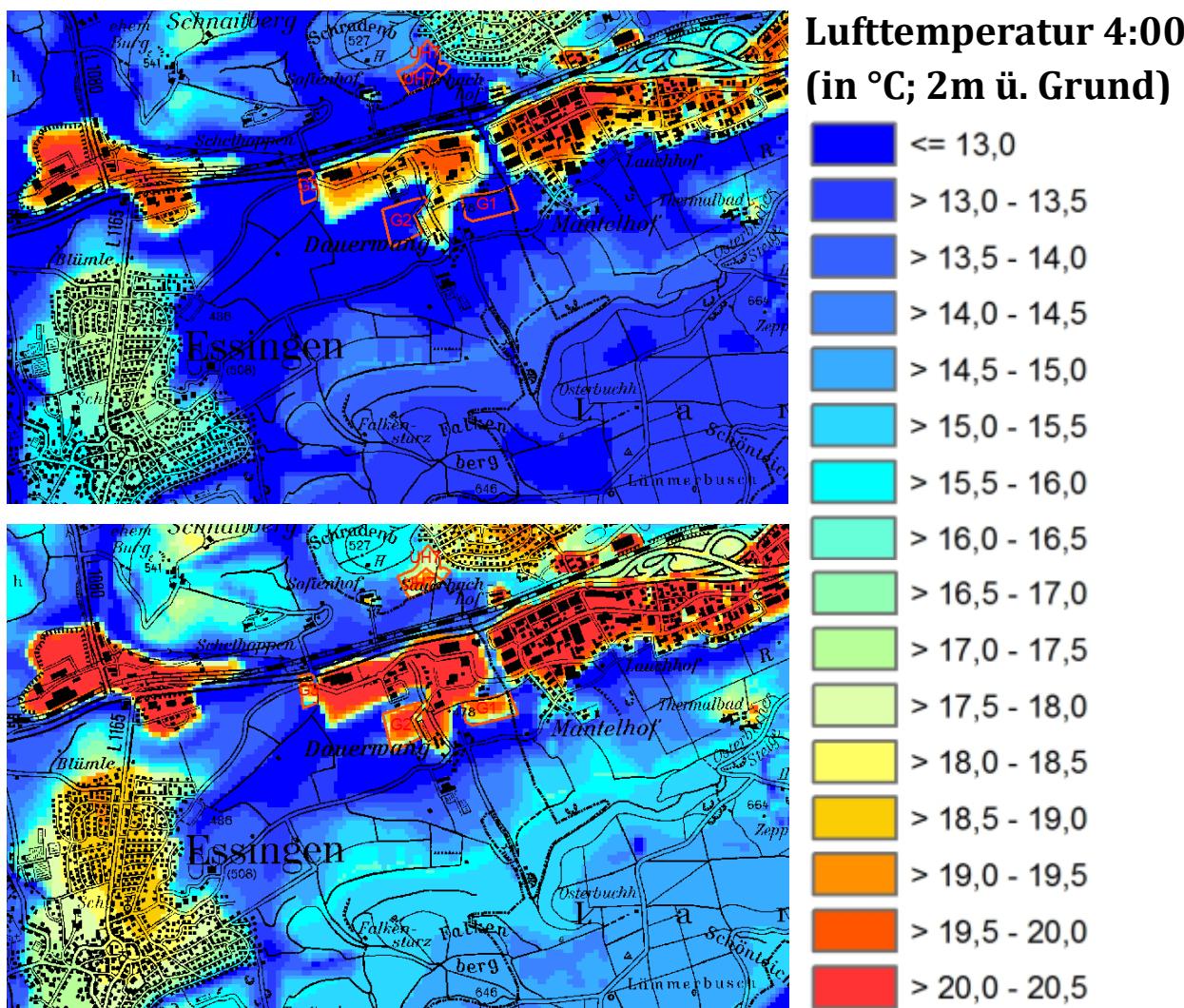


Abbildung 58: Nächtliche Lufttemperatur im Sauerbachtal; oben: Ist-Zustand, unten: Zukunft 2030

Im Bereich der Brückenbauwerke BW5/6 wurden am 29.8.2017 Vertikalsondierungen durchgeführt (vgl. Abbildung 32 in Kap. 3.3.2.3, Standort Schelhopen). Die Messungen ergaben eine relativ geringe Höhe der Kaltluftschicht von etwa 14 m (gegen 21:30 Uhr) bzw. 10 m (gegen 22:05 Uhr).

4.4.3.2 ZU ERWARTENDE VERÄNDERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

Eine Bebauung entlang des Sauerbachs wirkt sich negativ auf benachbarte Gebiete aus, da über dem Gewässerlauf eine starke Frischluftströmung zu verzeichnen ist. Es ist davon auszugehen, dass die Entwicklung des Quartiers am Sauerbach zum Verlust der Leitbahn Sauerbachtal führt. Demnach ist eine Bebauung der derzeitigen Freifläche UH9 aus klimatischer Sicht nicht empfehlenswert. In Bezug auf Kaltluftvolumen und der Anzahl der Bewohner, die von der Leitbahn profitieren, zählt das Sauerbachtal jedoch zu den Leitbah-



nen mit einer geringeren Bedeutung. Zudem reicht die Leitbahn nicht bis in die Kernstadt hinein und grenzt im Süden sowie weiter östlich an Gewerbegebiete an, welche durch ihre Hinderniswirkung das Kaltlufteingangsgebiet verkleinern. Demnach kommt die Kaltluft des Sauerbachtals lediglich den Bewohnern von Hofherrnweiler (insbesondere dem südlichen Teil) zugute.

Die Potenzialflächen im Essinger Stadtgebiet liegen zum Großteil im Einzugsgebiet der Kaltluftleitbahn Sauerbachtal, sodass auch diese Flächen möglichst schonend bebaut werden sollten. Eine Realisierung der Gewerbepotenzialfläche G1 kann nicht empfohlen werden; dagegen ist die Entwicklung der Gewerbepotenzialflächen G2 und G3 mit optimierenden Maßnahmen vertretbar. Eine Realisierung der Brückenbauwerke in Essingen wird als unkritisch eingestuft; hier sind keine Auswirkungen auf das Aalener Stadtgebiet zu erwarten. Letzteres gilt auch für den Wartungsstützpunkt für Schienenfahrzeuge. In der Tabelle 18 sind die abschließenden Bewertungsergebnisse zusammengefasst.

Tabelle 18: Zusammenfassende Bewertung Sauerbachtal

Flächenziffer	Bezeichnung	Stadt/Gemeinde	Größe
UH9	Quartier am Sauerbach	Aalen	4,67 ha
G1	Gewerbepotenzialfläche	Essingen	3,90 ha
G2	Gewerbepotenzialfläche	Essingen	4,10 ha
G3	Gewerbepotenzialfläche	Essingen	1,40 ha
W	Wartungsstützpunkt für Schienenfahrzeuge	Essingen	
BW5/6	Brückenbauwerke	Essingen	
Zusammenfassende Bewertung			
UH9	Entwicklung der Fläche führt zu Verlust der Leitbahn Sauerbachtal		
G1-3	G1: Entwicklung nicht empfehlenswert G2: Entwicklung mit optimierenden Maßnahmen vertretbar G3: Entwicklung mit Maßnahmen zur Verbesserung der Durchlüftung vertretbar		
W, BW5/6	Auswirkungen auf das Aalener Stadtgebiet nicht zu erwarten		



5. Controlling und Kommunikation

5.1 CONTROLLING-KONZEPT

Der Aufbau eines dauerhaften Controllings ist eine zentrale Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung des Konzeptes zum klimagerechten Flächenmanagement der Stadt Aalen. Es wird empfohlen, das Controlling in die Bausteine „Evaluation“, „Monitoring“ und „Fortschreibung“ zu untergliedern und die Erkenntnisse in regelmäßigen Controlling-/Fortschrittsberichten mit dem Ziel zusammenzufassen, etwaige Nachsteuerungsbedarfe bzw. –potenziale zu identifizieren.

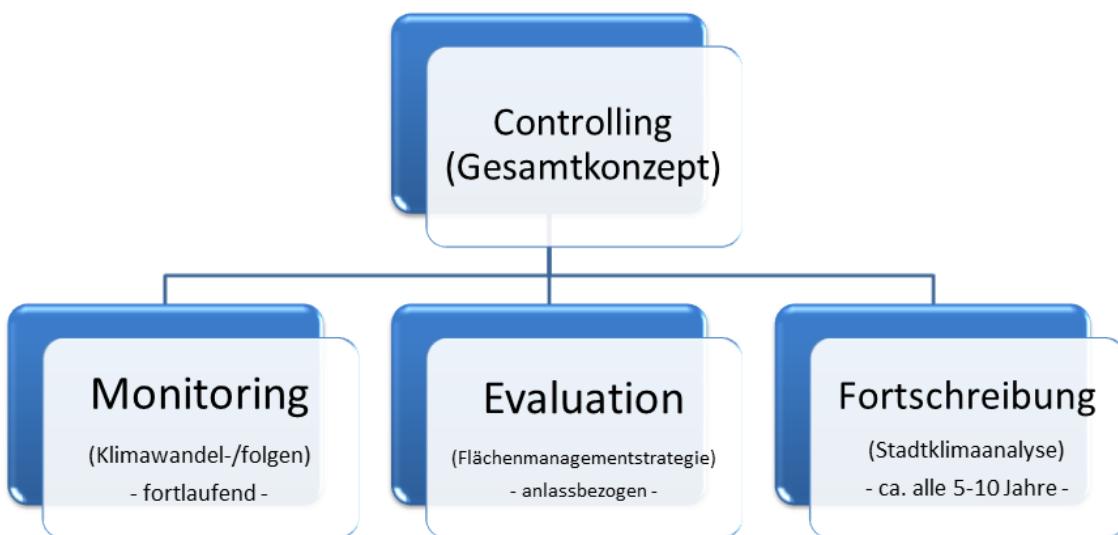


Abbildung 59: Die 3 Säulen des Controllingkonzeptes

Der Evaluationsbaustein bezieht sich dabei auf die Flächenmanagementstrategie im engeren Sinne (vgl. Kapitel 4) und des mit ihr verknüpften Maßnahmenkatalogs. Gegenstand der Evaluation ist eine Durchführungs- sowie eine Wirkungs-/ Zielerreichungskontrolle. Da die Strategie im vorliegenden Fall unselbstständiger Bestandteil des FNP-Neuaufstellungsprozesses ist, wird empfohlen, die Evaluation anlassbezogen durchzuführen. Mögliche Planungsstände-/instrumente hierfür sind z.B. das Vorliegen eines FNP-Entwurfs im Zuge der formellen Öffentlichkeitsbeteiligung, der Umweltbericht in der Begründung zum FNP-Beschluss oder auch die Festsetzungen in den aus dem FNP entwickelten Bebauungsplänen. Bei der Evaluierung ist zunächst zu untersuchen und zu bewerten, inwiefern die Flächenmanagementstrategie bei der Aufstellung der Bauleitpläne berücksichtigt wurde. Für die FNP-Ebene ist hier die Frage zu beantworten, inwieweit die Darstellungen den Empfehlungen der Strategie (Kap. 4.1) grundsätzlich entsprechen. Auf der B-Planebene ist zu evaluieren, ob – insbesondere für die Flächen der Kategorie II und III – die jeweils empfohlenen Maßnahmen festgesetzt bzw. im Aufstellungsprozess berücksichtigt worden sind. Nach der Wirksamkeit dieser Maßnahmen ist in der darauf aufbauenden Zielerreichungskontrolle zu fragen. Hier muss untersucht werden, inwiefern die festgesetzten – bzw. tatsächlich durchgeführten – Maßnahmen geeignet waren, um die humanbioklimatische Situation nicht erheblich zu verschlechtern. Sofern sich aus der Evaluierung ein Nachsteuerungsbedarf ergibt, sollte der Evaluationsbericht mit konkreten Vorschlägen hierzu schließen.



Insbesondere die Wirkungskontrolle der Maßnahmen weist eine enge Verknüpfung zum Monitoring als zweite Säule des Controlling-Konzeptes auf. Gegenstand ist die Überprüfung des tatsächlichen Eintretens des modellbasiert projizierten Stadtklimawandels. Hierfür wird ein ausreichend dichtes Dauermessnetz benötigt. Die Minimalanforderungen an ein solches Netz werden durch die gegenwärtigen Strukturen (Luftgütemessstation der LUBW in der Bahnhofsstraße) bereits erfüllt. Unter der Voraussetzung einer Finanzierbarkeit sollte dieses Netz mit dem Ziel erweitert werden, möglichst viele der typischen Aalener Stadtstrukturen (mittelalterlicher Kern, Zeilenbebauung der 1960er bzw. 1970er Jahre, Neubausiedlungen, Hangbereiche, innerstädtische Grünflächen,...) messtechnisch abzubilden. Die Investitionskosten je Dauermessstelle belaufen sich auf einen oberen 4-stelligen Betrag zzgl. Wartungs- und Reparaturkosten. Der Betrieb von weiteren Dauermessstellen in Aalen gewährleistet die Gewinnung eines repräsentativeren Datenbestands, da das Klima innerhalb der Stadt sehr variabel ist (vgl. Kapitel 3.3.1). Eine einzelne Messstation ist somit nicht in der Lage, das Aalener Stadtklima hinreichend zu beschreiben.

Die erzeugten Daten sollten in einem regelmäßigen (z.B. jährlichen) „Klima-Bericht“ synthetisiert und mit Bezug zur jeweils gültigen Klimanormalperiode (aktuell: 1961-1990) eingeordnet werden. Die Analyse der folgenden Parameter sollte der entsprechende Bericht im Sinne von Klimawandel-Indikatoren mindestens umfassen:

- Auftrittshäufigkeit und Andauer von autochthonen Wetterlagen
- Durchschnittstemperaturen (Jahr, Jahreszeiten, Monate)
- Auftrittshäufigkeit und Andauer von Tropennächten, Heißen Tage und Hitzeperioden
- Verteilung von Windrichtungs/-stärkeklassen

Sofern der Aufwand für die Analyse der Daten nicht durch die Verwaltung geleistet werden kann, wird eine Vergabe an einen privatwirtschaftlichen Klimadienstleister oder die Zusammenarbeit mit einer Hochschule angeregt. Die Kosten für die Berichtserstellung bewegen sich im unteren 4-stelligen Bereich.

Die dritte Säule des Controlling-Konzeptes bildet die Fortschreibung der Stadtklimaanalyse als zentrales Instrument für die fachliche Herleitung der Inhalte der Flächenmanagementstrategie. Da sowohl die städtebauliche Entwicklung Aalens dynamisch voranschreitet als auch die Erkenntnisse, Methoden und Möglichkeiten im Bereich der Stadtklimadienstleistungen sich in einem kontinuierlichen Evolutionsprozess befinden, sollte eine Aktualisierung der Stadtklimaanalyse alle 5-10 angestrebt werden.

Im Erarbeitungsprozess der Flächenmanagementstrategie wurde deutlich, dass Querverbindungen zu einigen anderen strategischen Zielen der Stadt Aalen bestehen. In diesem Zusammenhang sollte seitens der Verwaltung geprüft werden, inwiefern eine Verknüpfung mit den Controlling-Prozessen z.B. des Integrierten Klimaschutzkonzeptes oder mit den in der Entwicklung befindlichen Nachhaltigkeitsindikatoren der lokalen Agenda 21 möglich und sinnvoll erscheint.

5.2 STRATEGIE ZUR KOMMUNIKATION DES ANPASSUNGSKONZEPTES IN DIE STADTGESELLSCHAFT

Die Sensibilisierung und Information der Öffentlichkeit sind unverzichtbarer Bestandteil eines jeden gesamtstädtischen Konzeptes. Mithilfe der Kommunikationsstrategie sollen die erarbeiteten Ergebnisse und Empfehlungen der klimagerechten Flächenmanagementstrategie der Stadtgesellschaft zugänglich gemacht werden. In der Bevölkerung, Politik, Wirtschaft und bei weiteren relevanten Akteuren soll dadurch ein Bewusstsein für die Handlungsanforderungen geschaffen werden, die sich durch die klimatischen Veränderungen in Verbindung mit der Aalener Stadtentwicklung ergeben.



Die Ziele der Kommunikationsstrategie lauten:

- Wissens- und Ergebnistransfer,
- Konsens- und Akzeptanzförderung,
- Verfestigung der erarbeiteten Ziele und Inhalte des Konzeptes sowie
- aktive Mitarbeit der Bevölkerung und sonstiger relevanter Akteure.

Tabelle 19 zeigt lokale Informationsmedien auf, die für die Verbreitung der Ergebnisse und Ziele des Anpassungskonzeptes sowie zur Information über geplante Maßnahmen genutzt werden können. Es sollten unterschiedliche Medien in Kombination genutzt werden, um eine möglichst große Zielgruppe zu erreichen.

Tabelle 19: Lokale Informationsmedien

Informationsmedien	Art der Information	Erscheinen
Internetseite der Stadt Aalen	Zusammenfassung der Inhalte und Ziele der Strategie; Berichterstattung über die Planung/Umsetzung von Maßnahmen sowie Möglichkeiten zur Beteiligung und Einflussnahme; Veranstaltungshinweise; Hinweise Beratungsangebote und Verhaltensvorsorge; Infoflyer zu verschiedenen Themen;	regelmäßig
Internes Geoinformationssystem	GIS-Projekt, ggf. layerbasierte PDF	Einmalig nach Projektende
sonstige Flyer und Broschüren der Verwaltung	u. a. zielgruppenspezifisch aufgearbeitete Informationen zur Betroffenheit	regelmäßig
Schwäbische Post	Sachstände im Rahmen des Prozesses	regelmäßig

Neben den klassischen Kommunikationsmedien, bei denen die reine Informationsvermittlung im Mittelpunkt steht, kommt vor allem den sozialen Medien eine Schlüsselrolle zu: Sie erreichen ein großes Publikum in allen Altersklassen und Gesellschaftsebenen, sie sind im Vergleich zu den traditionellen Medien sehr kostengünstig und sie bieten die Möglichkeit, in einen Dialog mit den Nutzern zu treten. Das ermöglicht wiederum, unmittelbar Informationen über die Bedürfnisse und Interessen der Bevölkerung zu erhalten. Daher eignen sich die sozialen Medien besonders gut, um die Konsensfindung, Akzeptanz und Mitwirkungsbereitschaft positiv zu beeinflussen.

Der direkte Austausch mit der Öffentlichkeit steht auch bei Informationsveranstaltungen im Fokus. Daher stellen sie auch zukünftig ein zentrales Element der Öffentlichkeitsarbeit zum Klimaanpassungskonzept dar. Veranstaltungen bieten die Möglichkeit, Aufmerksamkeit herzustellen und den Teilnehmerkreis aktiv in die Informationsvermittlung einzubinden. Dadurch lassen sich Informationen besonders nachhaltig vermitteln. Die aufgeführten Veranstaltungen sind in der Regel so ausgelegt, dass die Stadtverwaltung diese in Zusammenarbeit mit anderen Akteuren initiieren und durchführen würde (Tabelle 20).

Tabelle 20: mögliche Informationsveranstaltungen.

Stadtführungen	Sonderführungen zur Klimaanpassung; Hinweise bei regulären Stadtführungen (Schulung der Gästeführer)
„Tag...“	Aktionstage, mit Führungen, Informationsforen etc. zu speziellen Themen, z.B. : „...der grünen Gebäude“ „...des Stadtbaumes“ „... der Kaltluft“
Marktplätze und Kooperationsbörsen der lokalen Wirtschaft	Vorstellung der Ergebnisse zur Sensibilisierung des lokalen Handwerks sowie von Ingenieuren, Architekten etc.
thematische Stadtgespräche/ Bürgerforen (Kammern, Verbände, VHS etc.)	als Themenreihen mit Fachvorträgen und/oder projektbegleitend zur Maßnahmenunterstützung
Vorstellung der Sachstände in politischen Ausschüssen/Gremien	öffentlicher Teil ist für Bürger zugänglich und wird ggf. auch themenbezogen von der Presse aufgegriffen



6. Zusammenfassung und Ausblick

Die Stadt Aalen weist im Vergleich zu anderen deutschen Groß- und Mittelstädten ein großflächig gesundes Stadtklima auf. Um der Stadtgesellschaft unter dem Einfluss des Klimawandels und der fortschreitenden Stadtentwicklung auch weiterhin gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse bieten zu können, hat die Stadtverwaltung eine Strategie zum klimagerechten Flächenmanagement erstellen lassen. An der Erarbeitung war neben dem beauftragten Klimadienstleister - die GEO-NET Umweltconsulting GmbH – eine fachgebietsübergreifende verwaltungsinterne Arbeitsgruppe unter Federführung des Stadtplanungsamtes beteiligt.

Die zentrale Basis hierfür stellt eine räumlich hochauflöste modellbasierte Stadtklimaanalyse dar. Zentrales Produkt ist zunächst die „Planungshinweiskarte Stadtklima (PHK)“. Die PHK ordnet sämtliche Flächen im Stadtgebiet einem Ausgleichs-/Wirkungsraumgefüge zu und bewertet auf einer jeweils 5-stufigen Skala ihre Bedeutung für den Kaltlufthaushalt (Frei- und Grünflächen) bzw. das gegenwärtige thermische¹⁰ Belastungsniveau (bebaute Flächen) ein. Das Kartenwerk stellt darüber hinaus das sich während hochsommerlichen autochthonen - also potenziell gesundheitlich belastenden - Wetterlagen einstellenden lokale Windsystem dar und leitet daraus 12 gesamtstädtisch relevante Luftleitbahnen zur Versorgung der Stadtbevölkerung mit Kalt- und Frischluft ab. Ein planungsrelevantes Stadtklima wurde für die Aalener Kernstadt sowie für die Ortsteile Dewangen, Ebnat, Fachsenfeld, Hofen, Hofherrnweiler, Unterkochen, Unterrombach, Waldhausen und Wasseralfingen identifiziert. Insgesamt werden rd. 75 % dieser Gebiete von Kaltluft durchströmt. Zu den wenigen nicht großflächig durch Kaltluft profitierenden Gebieten gehört neben einzelnen Gewerbegebieten aufgrund seiner Bebauungsstruktur und Tallage insbesondere der mittelalterliche Stadtteil, für den gleichsam eine moderate Handlungsnotwendigkeit besteht. Die Erkenntnisse werden durch eine in den Sommermonaten 2017 durchgeführte Messkampagne gestützt.

Die PHK-Ergebnisse wurden anschließend modelltechnisch mit einem zu erwartenden Stadtklimawandel sowie einer möglichen Stadtentwicklung verknüpft. Die Analyseergebnisse verdeutlichen, dass ein Großteil der denkbaren bzw. anvisierten städtebaulichen Entwicklungen das hohe stadtklimatische Niveau Aalens nicht nachhaltig gefährden wird. Die Funktionen aller identifizierten Luftleitbahnen bleiben zukünftig weitgehend erhalten, so dass die Bevölkerung auch weiterhin mit Kalt- und Frischluft aus dem Umland versorgt wird. Um lokal begrenzte Auswirkungen auf ein Minimum zu beschränken sollten bei einzelnen Vorhaben nichtsdestotrotz stadtklimatische Belange ein besonderes Gewicht in der Abwägung erhalten (bspw. Sonderbaufläche SO1 der Hochschule in Aalen, oder die Flächen in Fachsenfelds Zentrum (FF1 und FF4)). Zudem sollten vorhaben-individuell Maßnahmen vorgesehen werden, um den Kaltlufthaushalt zu erhalten (z.B. Baukörper in Strömungsrichtung ausrichten, Bauhöhen an der Kaltluftmächtigkeit orientieren) bzw. die mikroklimatische Situation zu verbessern (Gebäudebegrünungen, Entsiegelungen). Im Zweifelsfall sind ergänzende mikroskalige Modellierungen und/oder Messungen angeraten.

Die im Rahmen der Strategieerstellung erzeugten Daten und Erkenntnisse sowie die in der Arbeitsgruppe geführten Diskussionen befanden unmittelbar den Aufstellungsprozess des in Fortschreibung befindlichen Flächennutzungsplans und werden im Rahmen des dortigen Beteiligungsverfahrens der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

¹⁰ Da in Aalen sämtliche gesetzlich normierte Grenzwert bei Luftbeimengungen (u.a. Stickoxide und Feinstäube) eingehalten werden, konnte der lufthygienische Wirkungskomplex vernachlässigt werden.



Quellenverzeichnis

Ausschuss für Arbeitsstätten (ASTA) (2010): Technische Regel für Arbeitsstätten: Raumtemperatur, ASR A3.5, Quelle: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)(31.01.2018). Internet: <http://www.baua.de/cae/servlet/contentblob/1108456/publicationFile/89166/ASR-A3-5.pdf> (Zugriff: 31.01.2018)

Bettgenhäuser et al. (2011): Klimaschutz durch Reduzierung des Energiebedarfs für Gebäudekühlung. Schriftenreihe Climate Change des UBA. UFO-Planvorhaben 3708 41 110.

BMUB (2014) – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Merkblatt Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten - Hinweise zur Antragsstellung. Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative vom 15.09.2014.

www.klimaschutz.de/sites/default/files/page/downloads/140912_MB_TK_0.pdf

Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels.

Bundesregierung (2011): Aktionsplan Anpassung zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. www.bmub.bund.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/aktionsplan-anpassung-zur-deutschen-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel/

Bundesregierung (2015): Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Abruf am 3.01.2018.

http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_das_fortschrittsbericht_bf.pdf

DDV (=Deutscher Dachgärtner Verband e.V.) (2011): Leitfaden Dachbegrünung für Kommunen. Nutzen, Fördermöglichkeiten, Praxisbeispiele.

DFG (1988) – Deutsche Forschungsgemeinschaft: Physikalische Grundlagen des Klimas und Klimamodelle. Abschlussbericht. Bonn.

DKRZ (2017) – Deutsches Klimarechenzentrum: Globale Mitteltemperatur. Abruf 3.01.2018.

www.dkrz.de/Klimaforschung/konsortial/ipcc-ar5/ergebnisse/Mitteltemperatur

FLL (2014) – Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.: Leitfaden Gebäude Begrünung Energie

Früh B., Becker P., Deutschländer T., Hessel JD., Kossmann M., Mieskes I., Namyslo J., Roos M., Sievers U., Steigerwald T., Turau H., Wienert U. (2011): Estimation of Climate-Change Impacts on the Urban Heat Load Using an Urban Climate Model and Regional Climate Projections. JAMS.

Giorgi F., Jones C., Asrar G. R. (2009): Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework, WMO Bulletin, 58(3):175-183.

Groß, G. (2012): Numerical simulation of greening effects for idealised roofs with regional climate forcing. In: Meteorologische Zeitschrift, Vol. 21, No. 2, 173-181.



Häusser, T. (2015): Fortschreibung der Bevölkerungsvorausrechnung bis zum Zieljahr 2025, Stadt Aalen.
<http://www.aalen.de/bevoelkerungsvorausrechnung-2025.86005.25.htm>

Hergert (1991): Klimatische und lufthygienische Situation am Kronsberg und die Beeinträchtigung der klimäkologischen Ausgleichswirkung durch Bebauung. Diplomarbeit an der Universität Hannover.

Höppe, P. und H. Mayer (1987): Planungsrelevante Bewertung der thermischen Komponente des Stadtklimas. Landschaft und Stadt 19 (1): S. 22-29.

IPCC (2014a) – Intergovernmental Panel on Climate Change: Synthesebericht des Fünften IPCC Sachstandsberichts.

IPCC (2014b) – Intergovernmental Panel on Climate Change: Summary for Policymakers. In: IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland.

Jendritzky, G., et al. 1990. Methodik zur raumbezogenen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen (Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell). Beitr. Akad. Raumforsch. Landesplan. Nr. 114.

Kiese, O. (1988): Die Bedeutung verschiedenartiger Freiflächen für die Kaltluftproduktion und die Frischluftversorgung von Städten. Landschaft + Stadt 20, H.2: S. 67-71.

Klimanavigator (2017): Die RCP-Szenarien für den aktuellen 5. IPCC Sachstandsbericht. www.klimanavigator.de/dossier/artikel/012038/index.php

Kuttler, W. (1999): Human-biometeorologische Bewertung stadtclimatologischer Erkenntnisse für die Planungspraxis. In: Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig und dem Institut für Troposphärenforschung e. V. Leipzig. Band 13.

Kuttler, W. (2011): Klimawandel im urbanen Bereich. Teil 2, Maßnahmen. Environmental Sciences Europe 2011: 23:21.

Kuttler, W. (2013): Klimatologie. Kapitel: Lokale Maßnahmen gegen den globalen Klimawandel. Paderborn: Schöningh (2. Auflage).

Megapoli (2010): MEGAPOLI Scientific Report 10-01, Global to City Scale Urban Anthropogenic Heat.

Mosimann et al. (1999): Schutzgut Klima/Luft in der Landschaftsplanung. Informationsdienst Natur-schutz Niedersachsen. Heft 4/99: S. 202-275.

Moss R.H., Edmonds J.A., Hibbard K.A., Manning M.R., Rose S.K., van Vuuren D.P., Carter T.R., Emori S., Kainuma M., Kram T., Meehl G.A., Mitchell J.F.B., Nakicenovic N., Riahi K., Smith S.J., Stouffer R.J., Thomson A.M., Weyant J.P., Wilbanks T.J. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature 463, 747–756. doi:10.1038/nature08823

Müller, W. (1989): Klima – Gutachten über Aalen. Universität Hohenheim, Stuttgart.

MVI (2012) - Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg: Städtebauliche Klimafibel. Hinweise für die Bauleitplanung.

Ohlmeyer M., Makowski M., Schöler M., Hasch J., Fried H. (2008): Entwicklung von Konzepten zur Reduzierung von VOC-Emissionen aus Holz und Holzwerkstoffen unter Berücksichtigung des Herstellungspro-



zesses – weiterführende Untersuchungen. In: Arbeitsbericht aus dem Institut für Holztechnologie und Holzbiologie Nr. 2008/1.

Pavlik D., Söhl D., Pluntke T., Mykhnovych A., Bernhofer C. (2012): Dynamic downscaling of global climate projections for Eastern Europe with a horizontal resolution of 7 km. Environ Earth Sci 65(5): 1475–1482.

Pfoser et al. (2013): Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potenziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld, Forschungsbericht, Technische Universität Darmstadt.

Roloff A., Gillner S., Bonn S., TU Dresden (2008): Klima-Arten-Matrix (KLAM- Stadt) aus der Broschüre des Bundes Deutscher Baumschulen e.V. (BdB): Forschungsstudie Klimawandel und Gehölze.

SenStadtUm (=Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin) (Hrsg.) (2010): Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung. Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung. Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung; Bearbeitung: Technische Universität Berlin, Hochschule Neubrandenburg.

Statistikamt Aalen (2017): Jahresrückblick 2016. Statistik. Aalen in Zahlen. Abruf am 3.01.2018.
<http://www.aalen.de/daten-zahlen-informationen-2016.102147.25.htm>

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2018): Bevölkerung, Gebiet, Bevölkerungsdichte. Online:
<https://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/GebietFlaeche/01515020.tab?R=GS136088>

UBA (2016) - Umweltbundesamt: Heizen, Raumtemperatur. Online: www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/umweltbewusstleben/heizen-raumtemperatur

Xue, F., Xiaofeng Li, Zhiqin Zhang (2014): Numerical Study on Thermal Environment around the Fountain, Proceedings 7. Japanes-German Meeting, Hannover.



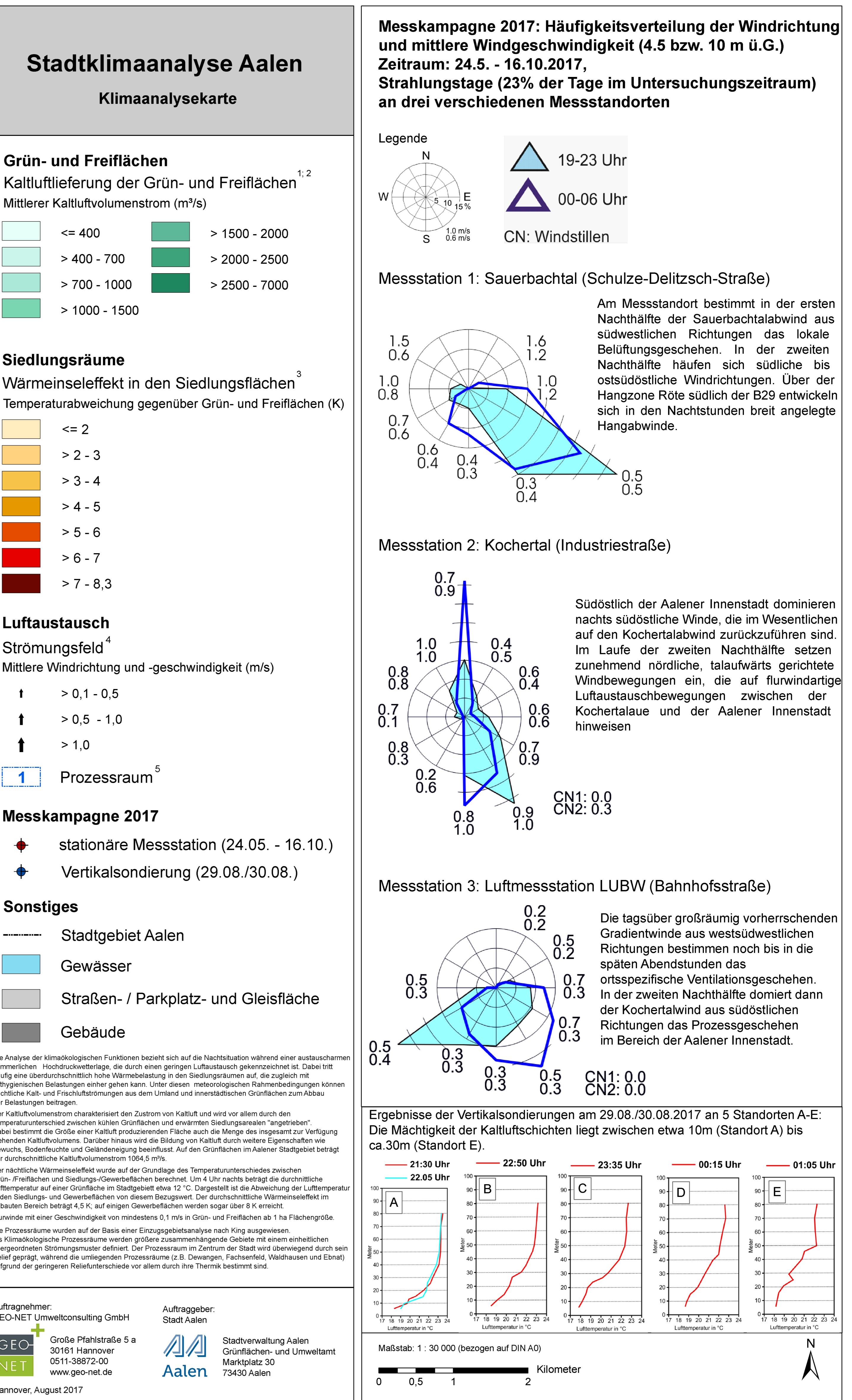
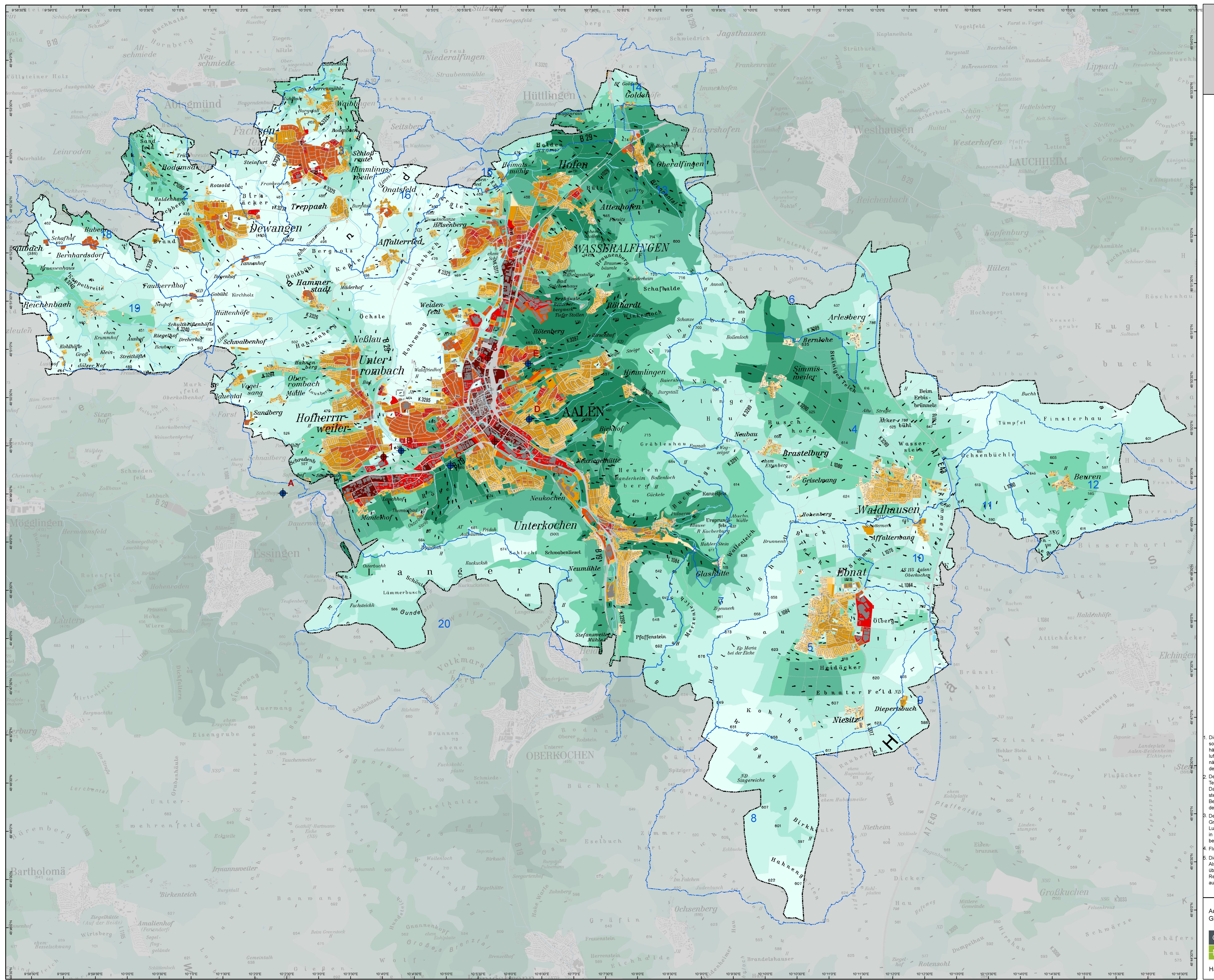
Anhang

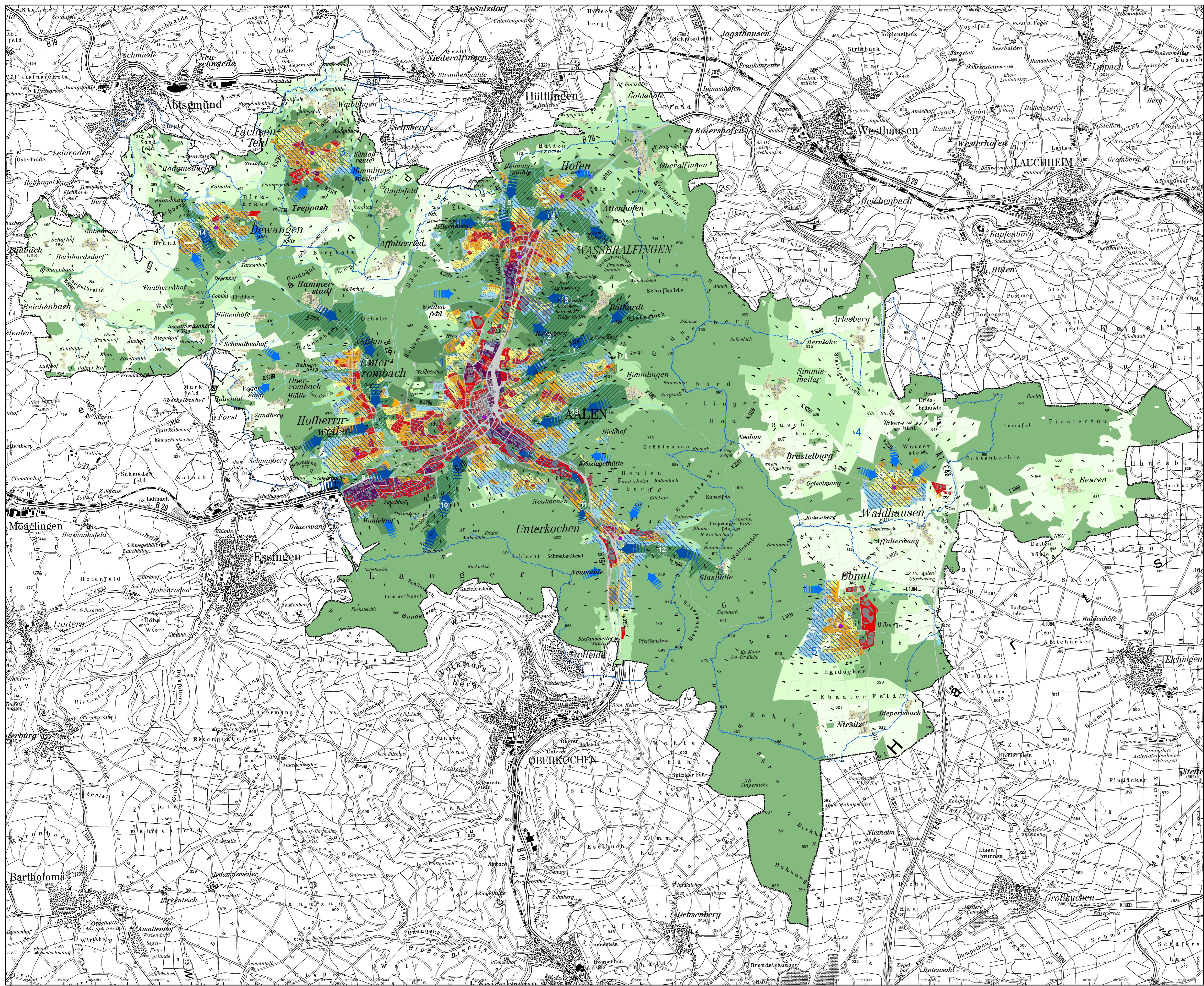
ANHANG 1. KLIMAANALYSEKARTE

ANHANG 2. PLANUNGSHINWEISKARTE

ANHANG 3. KLIMAGERECHTE FLÄCHENMANAGEMENTSTRATEGIE

ANHANG 4. GESAMTBEWERTUNG DER FNP POTENZIALFLÄCHEN





Stadtclimaanalyse Aalen

Planungshinweiskarte

Luftaustausch

Strömungsfeld Mittlere Windrichtung und -geschwindigkeit (m/s)

- ↑ > 0,1 - 0,5
- ↑ > 0,5 - 1,0
- ↑ > 1,0

Kaltluftleitbahn

Flächenhafter Kaltluftabfluss

Bilanzraum

Bilanzräume

- 1 Aalen-Mitte
- 2 Dewangen
- 3 Fachsenfeld
- 4 Waldhausen
- 5 Ebnat

Kaltluftleitbahnen

- | | |
|----------------------|------------------|
| ① Hirschbachtal | ⑧ Hofherrnweiler |
| ② Hirschbachtal-Nord | ⑨ Sauerbachtal |
| ③ Hirschklingenbach | ⑩ Heuchelbachtal |
| ④ Hofen-Süd | ⑪ südl. Kocher |
| ⑤ nördl. Kocher | ⑫ Unterkochen |
| ⑥ Krummhaldenbach | ⑬ Taufbach |
| ⑦ Rombachtal | ⑭ Dewangen |

Sonstiges

- Stadtgebiet Aalen
- Gewässer
- Straßen- / Parkplatz- und Gleisfläche
- Gebäude

Auftraggeber: GEO-NET Umweltconsulting GmbH

GEO-NET
+ Großes Pfahlstraße 5 a
30161 Hannover
Tel. (0511) 388 72 00
Fax (0511) 388 72 01
Email: info@geo-net.de
Internet: www.geo-net.de

Auftraggeber: Stadt Aalen

Stadtverwaltung Aalen
Grünflächen- und Umweltamt
Marktplatz 30
73430 Aalen

Hannover, August 2017

Ausgleichsräume Grün- und Freiflächen

Für alle Flächen gilt, dass die Bewertung im Falle einer Bebauung auf den Flächen selbst bzw. in ihrer näheren Umgebung neu vorgenommen werden muss.

 Keine bioklimatische Bedeutung
Flächen stellen für die gegenwärtige Siedlungsstruktur keine relevanten Klimafunktionen bereit und weisen keine Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung auf. Bauliche Eingriffe sollten unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen. Im Falle einer Bebauung auf den Flächen selbst bzw. in ihrer näheren Umgebung sollte die Bewertung neu vorgenommen werden.

 Geringe bioklimatische Bedeutung
Für die gegenwärtige Siedlungsstruktur ergänzende klimaökologische Ausgleichsräume mit einer geringen Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Die angrenzende Bebauung profitiert von den bereit gestellten Klimafunktionen, ist in aller Regel aber nicht auf sie angewiesen. Bauliche Eingriffe sollten unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen. Im Falle einer Bebauung auf den Flächen selbst bzw. in ihrer näheren Umgebung sollte die Bewertung neu vorgenommen werden.

 Mittlere bioklimatische Bedeutung
Für die gegenwärtige Siedlungsstruktur wichtige klimaökologische Ausgleichsräume mit einer mittleren Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Bauliche Eingriffe sollten unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen und eine gute Durchströmbarkeit der angrenzenden Bebauung angestrebt werden.

 Hohe bioklimatische Bedeutung
Für die gegenwärtige Siedlungsstruktur besonders wichtige klimaökologische Ausgleichsräume mit einer sehr hohen Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Bauliche Eingriffe sollten gänzlich vermieden oder, sofern bereits planungsrechtlich vorbereitet, unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen. Eine gute Durchströmbarkeit der angrenzenden Bebauung sollte angestrebt und zur Optimierung der Ökosystemdienstleistung ggf. eine Vernetzung mit benachbarten Grün-/Freiflächen erreicht werden (Grünverbündungen).

 Sehr hohe bioklimatische Bedeutung
Für die gegenwärtige Siedlungsstruktur besonders wichtige klimaökologische Ausgleichsräume mit einer sehr hohen Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Bauliche Eingriffe sollten gänzlich vermieden oder, sofern bereits planungsrechtlich vorbereitet, unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Klimafunktionen erfolgen. Eine gute Durchströmbarkeit der angrenzenden Bebauung sollte angestrebt und zur Optimierung der Ökosystemdienstleistung ggf. eine Vernetzung mit benachbarten Grün-/Freiflächen erreicht werden (Grünverbündungen).

Wirkungsräume Siedlungs- und Gewerbegebiete

 Sehr günstige bioklimatische Situation
Mittlere Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Keine Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation notwendig. Eingriffe sollten nicht zu einer Verschlechterung auf der Fläche selbst bzw. angrenzenden Flächen führen. Der Vegetationsanteil sollte erhalten werden.

 Günstige bioklimatische Situation
Mittlere Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Keine Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation notwendig. Eingriffe sollten nicht zu einer Verschlechterung auf der Fläche selbst bzw. angrenzenden Flächen führen und die Baukörperstellung beachtet werden. Der Vegetationsanteil sollte erhalten werden.

 Weniger günstige bioklimatische Situation
Mittlere bis hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation werden empfohlen. Nachverdichtungen sollten nicht zu einer Verschlechterung auf der Fläche selbst bzw. angrenzenden Flächen führen und die Baukörperstellung beachtet werden sowie möglichst eine Erhöhung des Vegetationsanteils angestrebt werden.

 Ungünstige bioklimatische Situation
Hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind notwendig und prioritär. Sie sollten sich sowohl auf die Tag- als auch Nachsituation auswirken. Nachverdichtungen sollten nicht zu einer Verschlechterung auf der Fläche selbst bzw. angrenzenden Flächen führen („Entkopplung“) und eine Verbesserung der Durchlüftung sowie möglichst eine Erhöhung des Vegetationsanteils angestrebt werden.

 Sehr ungünstige bioklimatische Situation
Sehr hohe Empfindlichkeit gegenüber Nutzungsintensivierung. Maßnahmen zur Verbesserung der thermischen Situation sind notwendig und prioritär. Sie sollten sich sowohl auf die Tag- als auch Nachsituation auswirken. Es sollte keine weitere Verdichtung (insb. zu Lasten von Grün-/Freiflächen) erfolgen, stattdessen des Vegetationsanteils angestrebt werden.

Siedlungsflächen ohne planungsrelevantem Stadtclima

● Ortslage ohne planerisch relevantem Stadtclimaeffekt

● Ortslage mit planerisch relevantem Stadtclimaeffekt

Wirkungsbereich der lokal entstehenden Strömungssysteme innerhalb der Bebauung

Öffentliche Straßen, Wege und Plätze

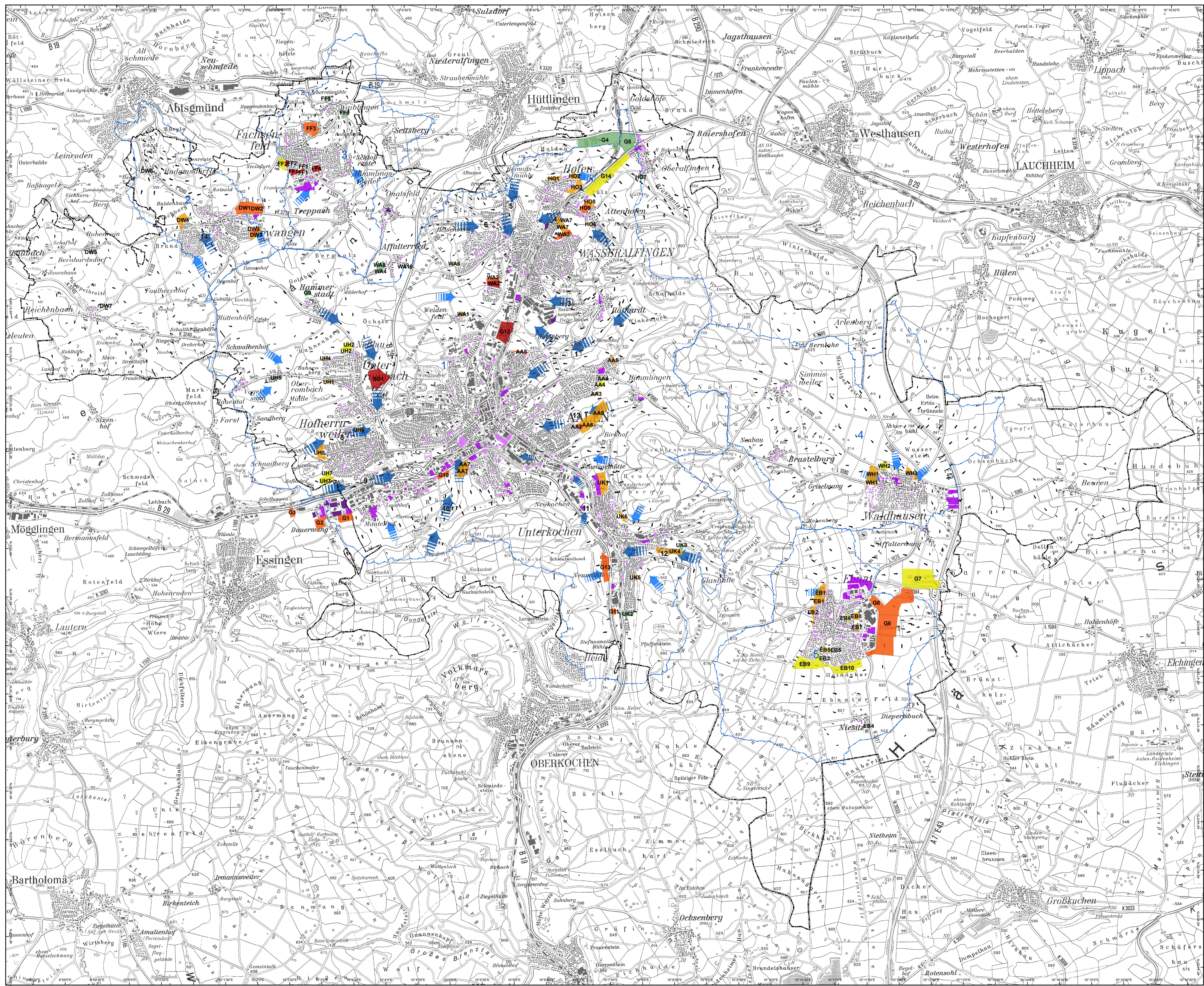
Starke Wärmebelastung am Tage

Versiegte Flächen weisen typischerweise eine starke Wärmebelastung am Tage auf. Grünstrukturen wie Bäume können durch Schattenwurf die Belastung erheblich senken. Entsprechend sollte der Grünanteil erhalten bzw. erhöht werden.

Maßstab: 1 : 30 000 (bezogen auf DIN A0)

0 0,5 1 2 Kilometer





Klimagerechte Flächenmanagementstrategie zeichnerischer Teil

Luftaustausch

Strömungsfeld Mittlere Windrichtung und -geschwindigkeit (m/s)

- ↑ > 0,1 - 0,5
- ↑ > 0,5 - 1,0
- ↑ > 1,0

Kaltluftleitbahn

Flächenhafter Kaltluftabfluss

Bilanzraum

Bilanzräume

- 1 Aalen-Mitte
- 2 Dewangen
- 3 Fachsenfeld
- 4 Waldhausen
- 5 Ebnat

Kaltluftleitbahnen

- | | |
|----------------------|------------------|
| ① Hirschbachtal | ⑧ Hofherrnweiler |
| ② Hirschbachtal-Nord | ⑨ Sauerbachtal |
| ③ Hirschklingenbach | ⑩ Heuchelbachtal |
| ④ Hofen-Süd | ⑪ südl. Kocher |
| ⑤ nördl. Kocher | ⑫ Unterkochen |
| ⑥ Krummhaldenbach | ⑬ Taufbach |
| ⑦ Rombachtal | ⑭ Dewangen |

Sonstiges

Stadtgebiet Aalen

Auftragnehmer: GEO-NET Umweltconsulting GmbH

GEO-NET
+
Große Pfahlstraße 5 a
30161 Hannover
Tel. (0511) 388 72 00
Fax (0511) 388 72 01
Email: info@geo-net.de
Internet: www.geo-net.de

Auftraggeber: Stadt Aalen

Stadtverwaltung Aalen
Grünflächen- und Umweltamt
Marktplatz 30
73430 Aalen

Hannover, Dezember 2017

Flächenkategorie I: Entwicklung vertretbar

FNP-Potentialflächen der Kategorie I (17,4% aller Potentialflächen)

In dieser Kategorie sind alle FNP-Potentialflächen enthalten, durch deren Entwicklung auch unter dem Einfluss des Klimawandels weder ein Verlust wichtiger klimakologischer Funktionen droht, noch neue humanbioklimatische Belastungssituationen auf den Flächen selbst zu erwarten sind.

Eine Entwicklung der Flächen in dieser Kategorie auf der Basis der vorgesehenen Bebauungstypen kann als stadtökologisch unbedenklich eingestuft werden. Über das in Aalen etablierte Maß hinausgehende Festsetzungen sind im B-Planverfahren nicht zwingend erforderlich. Auf eine Detailluntersuchung im Rahmen der Umweltprüfung kann verzichtet werden.

Baulücken der Kategorie I (92,8% aller Baulücken)

In dieser Kategorie sind alle Baulücken enthalten, die kleiner als 0,5 ha sind. Ein Einfluss auf schwige klimakologische Funktionen des Ausgleichsraums bzw. auf eine etwaige thermische Belastungssituationen des Wirkraumes ist unabhängig vom Klimawandel erst für größere Flächen zu erwarten.

Eine Entwicklung der Baulücken dieser Kategorie auf der Basis der umgebenden städtebaulichen Struktur kann als stadtökologisch unbedenklich eingestuft werden. Eine über das in Aalen etablierte Maß hinausgehende Beratung der Bauherren im Rahmen des Bauantrages ist nicht zwingend notwendig.

Flächenkategorie II: Entwicklung kritisch, mit optimierenden klimatischen Maßnahmen vertretbar

FNP-Potentialflächen der Kategorie II-1 (18,5% aller Potentialflächen)

In dieser Kategorie sind alle FNP-Potentialflächen enthalten, durch deren Entwicklung in Verbindung mit dem Klimawandel zwar keine wichtigen klimakologischen Funktionen des Ausgleichsraums gefährdet sind, sich durch die Bebauung aber neue weniger günstige oder ungünstige humanbioklimatischen Situationen auf den Flächen selbst ergeben können.

FNP-Potentialflächen der Kategorie II-2 (35,9% aller Potentialflächen)

In dieser Kategorie sind alle FNP-Potentialflächen enthalten, durch deren Entwicklung in Verbindung mit dem Klimawandel zwar keine neuen humanbioklimatischen Belastungssituationen auf den Flächen selbst ergeben, aber klimakologische Funktionen mit hoher oder sehr hoher Bedeutung für die umliegenden Siedlungsräume gefährdet sind.

FNP-Potentialflächen der Kategorie II-3 (20,7% aller Potentialflächen)

In dieser Kategorie sind alle FNP-Potentialflächen enthalten, durch deren Entwicklung in Verbindung mit dem Klimawandel sowohl klimakologische Funktionen mit hoher oder sehr hoher Bedeutung für die umliegenden Siedlungsräume gefährdet sind als auch neue weniger günstige oder ungünstige humanbioklimatische Situationen auf den Flächen selbst entstehen können.

Eine Entwicklung der Flächen der Kategorien II-1, II-2 und II-3 auf der Basis der vorgesehenen Bebauungstypen kann als stadtökologisch grundsätzlich vertretbar eingestuft werden, wenn im Rahmen des B-Planverfahrens optimierende Maßnahmen ergriffen werden (siehe Maßnahmenkatalog im beschreibenden Teil der Flächenmanagementstrategie). In den jeweils Umweltberichten sollte diese Einschätzung durch verbal-argumentative (Kategorien II-1 und II-2) sowie ggf. modellgestützte (Kategorie II-3) Detailanalysen verifiziert und konkretisiert werden.

Baulücken der Kategorie II (5,2% aller Baulücken)

In dieser Kategorie sind alle Baulücken größer 0,5 ha enthalten, deren humanbioklimatische Situation sich durch den zu erwartenden Klimawandel von (sehr) günstig in weniger günstig oder ungünstig verschlechtert.

Eine Entwicklung der Baulücken dieser Kategorie auf der Basis der umgebenden städtebaulichen Struktur kann als stadtökologisch grundsätzlich vertretbar eingestuft werden, wenn optimierende Maßnahmen ergriffen werden (siehe Maßnahmenkatalog im beschreibenden Teil der Flächenmanagementstrategie). Eine entsprechend spezifizierte Bauherrenberatung sollte angeboten werden.

Flächenkategorie III: Entwicklung aus klimatischer Sicht nicht empfehlenswert

FNP-Potentialflächen der Kategorie III (7,6% aller Potentialflächen)

In dieser Kategorie sind alle FNP-Potentialflächen enthalten, durch deren Entwicklung in Verbindung mit dem Klimawandel klimakologische Funktionen mit sehr hoher Bedeutung für die umliegenden Siedlungsräume gefährdet sind und/oder neue humanbioklimatisch sehr ungünstige Situationen auf den Flächen selbst entstehen können.

Auf eine Entwicklung der Flächen dieser Kategorie sollte zum Erhalt eines gesunden Aalener Stadtklimas verzichtet werden. Sollte es dennoch zu einem Aufstellungsbeschluss kommen, wird dringend die modellgestützte Herleitung und Umsetzung von optimierenden Maßnahmen mit dem Ziel einer Nivellierung (sog. Entkopplung) der vorhabenbezogenen Auswirkungen empfohlen.

Baulücken der Kategorie III (1,3% aller Baulücken)

In dieser Kategorie sind alle Baulücken größer 0,5 ha enthalten, deren humanbioklimatische Situation bereits heute oder bedingt durch den zu erwartenden Klimawandel als sehr ungünstig bewertet wird.

Auf eine Entwicklung der Flächen dieser Kategorie sollte zum Erhalt eines gesunden Aalener Stadtklimas verzichtet werden. Im Falle von bestehendem Baurecht wird die Prüfung plausichernder Instrumente angeregt.

Maßstab: 1 : 30 000 (bezogen auf DIN A0)

0 0,45 0,9 1,8 Kilometer





ANHANG 4. GESAMTBEWERTUNG DER FNP POTENZIALFLÄCHEN

Fläche	Bezeichnung	ha	Ge-biets-kate-gorie	Siedlungs-struktur	Ortsmit-te	Lebens-mittel-markt	Bewertung Siedlung + Nahversor-gung	ÖPNV-Takt	ÖPNV-Halt	Verkehrs-anbindung	Bewer-tung Verkehr	Sport	Schule	Kita	Bewertung Infrastruk-tur	Erho-lung	Aussicht	Immissionen	Bewertung Attraktivi-tät	Städte-bau Gesamt	Landschaft	Bewer-tung Land-schaft	Bewer-tung Klima	Gesamt-bewer-tung
AA2	Maiäcker	1,0	W	Außen-entwicklung	2400m	1500m	0,5	2	500 m	schwieri-ger An-schluss	0,5	1900 m	GS	600m	1,5	0 m	sehr attraktiv	Landwirtschaft	2,5	5,0	Klimatischer Aus-gleichsraum, Beein-trächtigung Land-schaftsbild, gute Bö-den, Bebauung kritisch	1,5	0,0	6,5
AA3	südöstlich der Fichtestraße	0,4	W	Abrundung	2700m	1100m	1,0	3	180 m	schwieri-ger An-schluss	2,0	1200 m	GS + Wei-terf.	200m	2,5	700 m	sehr attraktiv	keine Belastung	2,0	7,5	Versiegelung, Bioto-pstrukturen, Land-schaftsbild	1,5	0,0	9,0
AA4	Himmlinger Blick	1,2	W	Abrundung	2700m	1200m	1,0	3	25 m	schwieri-ger An-schluss	2,0	1300 m	GS + Wei-terf.	100m	2,5	550 m	attraktiv	Landstraße iD	1,0	6,5	Topografie schwierig, Untergrund aufgefüllt, sinnvolle Arrondierung, Bebauung vertretbar	3,0	2,0	11,5
AA5	Wasserloch	0,9	W	Außen-entwicklung	3000m	1400m	0,5	2	400 m	schwieri-ger An-schluss	1,0	1600 m	GS	750m	1,5	0 m	sehr attraktiv	Stromleitung	2,5	5,5	Überschneidung mit regionalem Grünzug und LSG, Bebauung in Teilen kritisch	1,5	2,0	9,0
AA6	Maiäcker 2	5,1	W	Ausstülpung	2300m	1800m	0,0	2	650 m	schwieri-ger An-schluss	0,5	1900 m	GS	700m	1,5	0 m	sehr attraktiv	Landwirtschaft	2,5	4,5	klimatischer Aus-gleichsraum, expo-nierte Lage	1,5	0,0	6,0
AA7	Unterer Heuchel-bach	4,6	W	Außen-entwicklung	1300m	900m	1,5	2	170 m	direkter Anschluss	2,5	2000 m	GS + Wei-terf.	450m	1,5	0 m	attraktiv	Bundesstraße Gewerbe iD	1,5	7,0	klimatischer Aus-gleichsraum, neuer Siedlungskörper	0,0	0,0	7,0
AA8	Schlauchwasen	0,9	W	Abrundung	1800m	1100m	1,0	1	150 m	direkter Anschluss	2,0	700m	GS + Wei-terf.	450m	2,5	550 m	attraktiv	Landwirtschaft	1,5	7,0	Hanglage, Kleinraum-klima	3,0	1,0	11,0
AA9	Maiäcker 3	8,4	W	Ausstülpung	2600m	2100m	0,0	2	650 m	schwieri-ger An-schluss	0,5	2200 m	GS	1000m	0,5	0 m	sehr attraktiv	Landwirtschaft	2,5	3,5	klimatischer Aus-gleichsraum, expo-nierte Lage	1,5	0,0	5,0
DW1	Birkäcker 1	6,3	W	Außen-entwicklung	600m	600m	2,0	3	170 m	direkter Anschluss	3,0	400m	GS	700m	2,0	400 m	attraktiv	Kreisstraße iD	1,5	8,5	Vorrangfläche LaWi, Bebauung vertretbar	3,0	1,0	12,5
DW2	Birkäcker 2	4,6	W	Außen-entwicklung	800m	800m	2,0	3	450 m	direkter Anschluss	2,0	350m	GS	1000 m	1,5	500 m	attraktiv	Kreisstraße Gewerbe iN	1,0	6,5	Bebauung vertretbar, Immissionskonflikt mit Gewerbe	3,0	1,0	10,5
DW3	Rotfeld-Süd	3,1	W	Abrundung	700m	700m	2,5	3	400 m	leichter Anschluss	2,0	150m	GS	550m	2,0	1200 m	attraktiv	Nähe zu Sport-plätzen	1,0	7,5	Bebauung vertretbar, Immissionskonflikt mit Gewerbe	3,0	1,5	12,0
DW4	Fischberg	4,0	W	Ausstülpung	700m	800m	2,0	2	300 m	direkter Anschluss	2,0	1500 m	GS	700m	2,0	0 m	attraktiv	Schießstand Kreisstraße iD	1,5	7,5	exponierte Lage	1,5	2,0	11,0
DW5	Bernhardsdorf-Süd	0,6	M	Abrundung	2600m	4900m	0,5	<1	120 m	direkter Anschluss	2,0	3300 m	keine	2600 m	0,0	0 m	attraktiv	Landwirtschaft	2,0	4,5	Versiegelung, landwirtschaftliche Nutzung, Ortsrand	1,5	3,0	9,0
DW6	Rodamsdörfle-Nordwest	0,1	M	Abrundung	1800m	2100m	0,5	<1	110 m	direkter Anschluss	2,0	2300 m	keine	1800 m	0,0	1 m	attraktiv	Kreisstraße iN	2,0	4,5	Versiegelung, Bioto-pstrukturen, intakter Ortsrand	0,0	3,0	7,5
DW7	nördlich der Osterberger Steige	0,3	W	Ausstülpung	3100m	3100m	0,0	<1	220 m	direkter Anschluss	1,5	3500 m	keine	3000 m	0,0	0 m	attraktiv	Kreisstraße iN	2,0	3,5	Streuobstbestand, Bioto-pnähe, Konflikt-dichte	0,0	3,0	6,5
EB1	Hölläcker	6,3	W	Abrundung	750m	900m	2,0	2	200 m	direkter Anschluss	2,5	800m	GS	900m	1,5	800 m	keine Aussicht	Bundesstraße	0,5	6,5	Lage im WSG, vorhan-dene Dolinen, geplante Ortsumfahrung (Lärm), Bebauung kritisch	1,5	2,0	10,0
EB2	Beckenwiesäcker	1,7	W	Abrundung	500m	1100m	2,0	2	400 m	direkter Anschluss	2,0	900m	GS	700m	2,0	0 m	attraktiv	Bundesstraße	2,0	8,0	Südlicher Bereich mit Bioto-pstrukturen, schwieriger Topografie, Bebauung vertretbar	3,0	2,0	13,0
EB3	Neuwiesen	2,0	W	umschlossen	750m	1600m	2,0	1	140 m	schwieri-ger An-schluss	1,0	1200 m	GS	200m	2,0	0 m	sehr attraktiv	keine Belastung	3,0	8,0	Lage im WSG, vorhan-dene Dolinen, Reduzie-rung wg. Landschaftsbild und Erholungsfunktion, Bebauung kritisch (67: unumstritten)	1,5	2,5	12,0



EB4	Niesitz-Südost	0,2	M	Abrundung	2400m	2400m	1,0	<1	160 m	direkter Anschluss	2,0	2300 m	keine	2200 m	0,0	140 m	keine Aussicht	Betrieb Landwirtschaft	1,5	4,5	Versiegelung, Ortsrand begrünen	3,0	3,0	10,5
EB5	Herbstgartenweg	1,3	W	umschlossen	450m	1200m	2,5	1	75 m	schwieriger Anschluss	1,0	900m	GS	200m	2,5	350 m	keine Aussicht	Landwirtschaft	0,5	6,5	Innenentwicklung	3,0	2,5	12,0
EB6	Trainingsplatz	0,7	W	umschlossen	350m	500m	3,0	2	500 m	schwieriger Anschluss	0,5	200m	GS	150m	2,5	750 m	keine Aussicht	keine Belastung	1,0	7,0	Innenentwicklung	3,0	2,5	12,5
EB7	nordwestlich des Friedhofs	0,9	W	umschlossen	550m	650m	3,0	2	180 m	schwieriger Anschluss	1,5	250m	GS	250m	2,5	850 m	keine Aussicht	Gewerbe iD	0,5	7,5	Innenentwicklung	3,0	2,0	12,5
EB8	Sportplatz	1,4	W	umschlossen	600m	350m	3,0	2	280 m	schwieriger Anschluss	1,0	150m	GS	350m	2,5	900 m	keine Aussicht	Gewerbe iD	0,5	7,0	Innenentwicklung	3,0	0,0	10,0
EB9	Südlich Auchtwei-sen	10,1	W	Ausstülpung	1000m	1700m	0,5	1	350 m	schwieriger Anschluss	0,5	1400 m	GS	450m	1,5	0 m	sehr attraktiv	Landwirtschaft	2,5	5,0	Grundwassergefähr-dung (vorhandene Dolinen), Beeinträchtigung von Orts- und Lanschaftsbild sowie der Erholung	0,0	2,5	7,5
EB10	Bühlfeld	10,0	W	Ausstülpung	1000m	1300m	1,0	1	300m	schwieriger Anschluss	0,5	1100 m	GS	600m	1,5	0 m	sehr attraktiv	Landwirtschaft	2,5	5,5	Dolinen und Auffüllun-gen vermutet, Beein-trächtigung von Orts- und Lanschaftsbild sowie der Erholung	0,0	2,5	8,0
FF1	Hohfeld-Süd	1,7	M	umschlossen	700m	650m	3,0	2	450 m	leichter Anschluss	1,0	1400 m	GS	250m	2,0	700 m	keine Aussicht	Nähe zu Gewer-be	0,0	6,0	Abrundung wg. Orts- und Lanschaftsbild, Bebauung vertretbar	3,0	0,0	9,0
FF2	Steinfurtäcker	3,4	W	Abrundung	600m	1000m	2,0	2	300 m	schwieriger Anschluss	1,0	1200 m	GS	300m	2,0	500 m	attraktiv	Kreisstraße iD	1,5	6,5	Abrundung wg. Orts- und Lanschaftsbild, Bebauung vertretbar	3,0	1,0	10,5
FF3	Steine	5,9	W	umschlossen	300m	1300m	2,5	3	350 m	schwieriger Anschluss	1,5	1300 m	GS	850m	1,0	750 m	sehr attraktiv	Kreisstraße iD	1,5	6,5	Kuppenlage, Konflikte lösbar, Bebauung vertretbar	3,0	1,0	10,5
FF4	Festplatz	1,9	W	umschlossen	600m	450m	3,0	3	190 m bzw. 400 m*	leichter Anschluss	2,5	450m	GS	650m	2,0	700 m	keine Aussicht	Nähe zu Gewer-be	0,0	7,5	Innenentwicklung	3,0	0,0	10,5
FF5	Waiblingen-Nord	0,7	M	Außen-entwicklung	1400m	2200m	0,5	1	230 m	direkter Anschluss	1,5	600m	GS	1200 m	1,5	390 m	attraktiv	Betrieb Landwirtschaft	1,5	5,0	Versiegelung, Bio-topflächen, Land-schaftsbild	1,5	3,0	9,5
FF6	westliches Sand-feld	1,2	W	Außen-entwicklung	1200m	1800m	0,5	1	100 m	leichter Anschluss	1,5	500m	GS	1000 m	1,5	220 m	sehr attraktiv	Landwirtschaft Kreisstraße iD	2,0	5,5	Hanglage, Bebauung kritisch	1,5	3,0	10,0
HO1	Dorfäcker	1,6	W	Abrundung	300m	1400m	2,0	1	200 m	schwieriger Anschluss	1,0	450m	GS	250m	2,5	0 m	attraktiv	Landwirtschaft	2,0	7,5	Reduzierung wg. Schutz des Talraumes, Bebauung kritisch	1,5	2,0	11,0
HO2	Strütfeld	0,6	W	Abrundung	500m	1400m	2,0	1	30 m	schwieriger Anschluss	1,0	450m	GS	600m	2,0	0 m	attraktiv	Landwirtschaft	2,0	7,0	Landschaftsplanerisch unproblematisch, Bebauung kritisch wg. Lage in Grünzäsur	1,5	2,0	10,5
HO3	Brunnenwiesen	3,5	W	Außen-entwicklung	450m	1000m	1,5	2	130 m bzw. 550 m*	schwieriger Anschluss	1,0	150m	GS	600m	2,0	270 m	attraktiv	Bahnlinie und Straße iN	1,0	5,5	Landschaftsplanerisch unproblematisch, Bebauung kritisch wg. Lage in Grünzäsur	3,0	0,0	8,5
HO6	Grubenweg-Süd	0,2	W	Außen-entwicklung	1700m	1300m	0,5	1	240 m	schwieriger Anschluss	0,5	1200 m	GS	1800 m	1,0	0 m	sehr attraktiv	Bahnlinie iD	2,5	4,5	Versiegelung, Verlust von strukturierten Grünflächen	1,5	1,0	7,0
HO7	Panoramaweg	0,2	W	Außen-entwicklung	1900m	2500m	0,0	1	200 m	schwieriger Anschluss	1,0	1900 m	keine	550m	1,0	110 m	attraktiv	Stromleitung	2,0	4,0	Versiegelung, Ortsrand begrünen	3,0	3,0	10,0
HO8	Brühl-Nordost	1,5	W	umschlossen	1400m	1300m	2,0	2	100 m bzw. 630 m*	schwieriger Anschluss	1,0	1000 m	GS	1600 m	1,5	150 m	attraktiv	Gewerbe iN	2,0	6,5	außerhalb Ortsrand-strukturen, potentielle Ausgleichsfläche	0,0	2,0	8,5
HO9	Brühl-Süd	2,3	W	umschlossen	1200m	1100m	2,0	2	200 m bzw. 430 m*	schwieriger Anschluss	1,0	850m	GS	1400 m	1,5	500 m	attraktiv	Gewerbe iN	1,5	6,0	kritisch, Erhalt der Grünstrukturen, Bebauung der Ackerfläche	1,5	1,0	8,5



UH1	südlich der Ober-rombacher Straße	0,6	W	Abrundung	700m	1200m	2,0	3	140 m	direkter Anschluss	3,0	1900 m	GS + Weiterf.	500m	2,0	550 m	attraktiv	Kreisstraße iN	1,0	8,0	Eine Bauzeile, Talbereich freihalten, Obstwiese kompensieren, Ortsrand gestalten, Bebauung kritisch
UH2	Mühläcker	2,6	W	Ausstülpung	1100m	1600m	0,5	2	270 m	direkter Anschluss	2,0	1800 m	GS + Weiterf.	650m	2,0	500 m	attraktiv	Kreisstraße iN	1,5	6,0	Vorranggebiet für Naturschutz und Landschaftspflege, klimatische Ausgleichsfunktionen, Bebauung kritisch
UH4	Hahnenbergstraße-West	0,6	W	Abrundung	1300m	1800m	1,0	4	330 m bzw. 510 m*	leichter Anschluss	2,0	2200 m	GS	750m	1,0	0 m	attraktiv	keine Belastung	2,5	6,5	Versiegelung, Landschaftsraum, intakter Siedlungsrand
UH5	Oberrombach-Südwest	1,4	W	Abrundung	1800m	2300m	0,5	1	160 m	direkter Anschluss	2,0	2900 m	GS	1500 m	0,5	270 m	attraktiv	Kreisstraße iN	1,5	4,5	Nähe zu regionalen Grünzügen, Verkleinerung empfohlen
UH6	Pelikanweg westlich des Friedhofs	0,7	W	umschlossen	500m	500m	3,0	3	190 m	leichter Anschluss	2,5	800m	GS + Weiterf.	250m	3,0	130 m	attraktiv	Schule	2,0	10,5	Innenentwicklung
UH7	vor dem Schraderenberg	4,3	W	Ausstülpung	1100m	1700m	0,5	4	400 m bzw. 900 m*	schwieriger Anschluss	1,5	850m	GS	700m	2,0	560 m	sehr attraktiv	Bundesstraße Bahnlinie Gewerbe iD	1,0	5,0	kritisch, Waldnähe, hochwertige Böden
UH8	Erlsacker	3,3	W	Abrundung	1400m	1600m	1,0	3	400 m	schwieriger Anschluss	1,5	1200 m	GS	1000 m	1,0	0 m	attraktiv	keine Belastung	2,5	6,0	nicht vertretbar, ökologisch wertvoll, vorhandener Ortsrand
UK1	Pfromäcker/Brand	5,6	W	Abrundung	1000m	900m	1,5	3	350 m	schwieriger Anschluss	1,5	2300 m	keine	600m	0,5	0 m	sehr attraktiv	Gewerbe Bahnlinie	2,0	5,5	Nähe zum LSG und Regionale Grünzüge, Abgrenzung im Norden reduzieren, Bebauung kritisch
UK2	Steinschelle-Süd	1,9	W	Außenentwicklung	1700m	1700m	0,0	3	600 m	direkter Anschluss	2,0	2400 m	GS	500m	1,0	850 m	attraktiv	Bahnlinie und Straße	0,5	3,5	Klimatischer Ausgleichsraum, Beeinträchtigung Landschaftsbild, Bebauung kritisch
UK3	Hungerbühl-Ost	0,9	W	Außenentwicklung	1500m	1400m	0,5	3	300 m	schwieriger Anschluss	1,5	100m	GS + Weiterf.	800m	2,5	0 m	attraktiv	Nähe zu Sportplätzen	2,0	6,5	Überschneidung mit regionalem Grünzug, Beeinträchtigung Landschaftsbild und klimatische Ausgleichsfunktion
UK4	Ober Geheuertal	5,0	W	Außenentwicklung	1000m	900m	1,0	3	300 m	direkter Anschluss	2,5	700m	GS + Weiterf.	600m	2,5	0 m	attraktiv	Bundesstraße	0,5	6,5	kritisch, Beeinträchtigung des Landschaftsbild und klimatischen Ausgleichraums
UK5	Am Viehtrieb	0,6	W	Außenentwicklung	900m	900m	2,0	3	370 m	schwieriger Anschluss	1,5	1700 m	GS + Weiterf.	450m	2,0	0 m	sehr attraktiv	Landwirtschaft	2,5	8,0	nicht vertretbar, Beeinträchtigung des Landschaftsbilds, wertvoller Biotopstrukturen und der Erholung
UK6	Kellersteige	1,3	W	Außenentwicklung	600m	600m	2,0	3	580 m	schwieriger Anschluss	1,0	1700 m	GS + Weiterf.	500m	2,0	0 m	sehr attraktiv	Gewerbe iD	2,5	7,5	nicht vertretbar, Beeinträchtigung des Landschaftsbilds, wertvoller Biotopstrukturen und der Erholung
WA1	Schnepfenteich	0,7	M	Außenentwicklung	2200m	1300m	0,5	2	700 m	leichter Anschluss	1,0	1300 m	Weiterf.	1500 m	1,0	260 m	attraktiv	Nähe zu Landwirt	1,0	3,5	Nähe zu landwirtschaftlichen Betrieben und Schulen, Bebauung nicht vertretbar
WA2	Katzenberg	4,1	W	Außenentwicklung	1300m	750m	1,5	5	300 m bzw. 700 m*	direkter Anschluss	2,0	1600 m	GS + Weiterf.	300m	2,5	0 m	attraktiv	Kreisstraße Gewerbe iD	1,5	7,5	kritisch, Konflikte mit Immissionen, Freiraum und Erholung
WA3	Eichelberg	2,4	W	umschlossen	1200m	500m	2,5	1	300 m	schwieriger Anschluss	0,5	1100 m	GS + Weiterf.	750m	2,0	400 m	sehr attraktiv	Bahnlinie iD	2,0	7,0	Exponierte Kuppenlage, daher nur nordöstlichen Teil bebauen, Bebauung kritisch



WA4	Schaffeld/ Hochfeld	0,8	W	Lücken-schluss	3100m	2600m	2,0	2	350 m	leichter Anschluss	1,5	1700 m	keine	2000 m	0,5	400 m	attraktiv	Bundesstraße	1,5	5,5	Landschaftsplanerisch unkritisch, Bebauung kritisch wg. Vorranggebiet Naturschutz und Landschaftspflege	1,5	3,0	10,0
WA6	Wasseralfinger Tor	0,3	W	Abrundung	1600m	1600m	0,5	2	190 m	direkter Anschluss	2,5	200m	GS + Weit erf.	400m	3,0	0 m	attraktiv	Nähe zu Sportplätzen	2,0	8,0	gut geeignet	3,0	2,0	13,0
WA7	Eichelberg II	3,0	W	Außen-entwicklung	850m	450m	2,0	2	200 m	schwieri-ger An-schluss	1,5	650m	GS + Weit erf.	650m	2,5	400 m	sehr attraktiv	Bahnlinie Kreisstraße	2,0	8,0	kritisch, Isolation wichtiger Grünfläche	1,5	0,0	9,5
WA8	Hausäcker / Schaffeld	1,5	W	Außen-entwicklung	3200m	2600m	0,0	2	180 m	leichter Anschluss	2,0	1800 m	keine	2100 m	0,5	420 m	attraktiv	Bundesstraße Landwirtschaft	1,5	4,0	vertretbar, Landwirtschaft, Naturzschutz	3,0	3,0	10,0
WA10	östl. Ortsausgang Affalterried	0,2	M	Abrundung	2600m	2400m	0,5	2	0 m	direkter Anschluss	2,5	1200 m	keine	1400 m	0,5	600 m	attraktiv	Bundesstraße Landwirtschaft	1,0	4,5	Versiegelung, Ortsrand begrünen	3,0	3,0	10,5
WH1	Waldhausen-West	6,5	W	Abrundung	600m	850m	2,5	2	50 m	direkter Anschluss	2,5	450m	GS	750m	2,0	140 m	attraktiv	Landstraße iD	2,0	9,0	Konflikte lösbar, Reduzierung auf südlichen Teil, dann unproblematisch, Bebauung vertretbar	3,0	2,0	14,0
WH2	Waldhausen-Nord	1,9	W	umschlossen	600m	900m	3,0	2	450 m	leichter Anschluss	1,0	250m	GS	700m	2,0	260 m	attraktiv	keine Belastung	2,0	8,0	Konflikt mit angrenzender Landwirtschaft, Erhaltung Biotopstrukturen, Ortsrandabrandung, Bebauung vertretbar	3,0	2,0	13,0
WH3	Heidfeld	2,2	W	Abrundung	400m	450m	2,5	2	300 m	schwieri-ger An-schluss	1,0	300m	GS	350m	2,5	750 m	attraktiv	Autobahn Windkraft	0,5	6,5	Sinnvolle Arrondierung, Konflikte lösbar, Bebauung vertretbar	3,0	2,0	11,5
Summe		152,8																						

Bewertungs-schema		Siedlungs-struktur	Ortsmit-te	Lebens-mittel-markt		ÖPNV-Takt	ÖPNV-Halt	Verkehrs-anbindung		Sport	Schule	Kita		Erholung	Aussicht	Immissionen								
	2,0	um-schlossen, Lücken-schluss	< 900m	< 900m	2,5 bis 3,0	3+x	< 200 m	direkter Anschluss	2,5 bis 3,0	< 1000 m	GS + Weit erf. *	< 400m	2,5 bis 3,0	< 150m	sehr attraktiv (Hang-lage / freier Blick)	keine Lärm- oder Geruchsbelas-tung	2,5 bis 3,0	8,0 bis 12,0	3	0,0 bis 0,5	11,5 bis 18,0			
1,0	Abrundung	> 900m	> 900m	1,0 bis 2,0	2	< 400 m	leichter Anschluss	1,0 bis 2,0	< 2000 m	GS oder Weit erf. *	< 800m	1,0 bis 2,0	< 500m	attraktiv (Aus-sicht im Rand-bereich)	geringe Lärm- und / oder Geruchsbelas-tung	1,0 bis 2,0	6,0 bis 7,5	1,5	1,0 bis 2,0	9,0 bis 11				
0,0	Außen-entwicklung, Ausstülpung	> 1500m	> 1500m	0,0 bis 0,5	1	> 400 m	schwieri-ger An-schluss	0,0 bis 0,5	> 2000 m	keine *	> 800m	0,0 bis 0,5	> 500m	geringe bis mittlere Attrak-tivität	hohe Lärm- und / oder Geruchsbelas-tung	0,0 bis 0,5	0,0 bis 5,5	0	2,5 bis 3,0	0,0 bis 8,5				

Fahr-ten je h
in NVZ

iD = in Distanz iN
= in Nähe



- * Einzugsgebiet Schulen: maximal 2000m Wegentfernung angenommen
- * Bei FF4 wird die nähere Haltestelle zur Wertung herangezogen, weil diese durch den überwiegenden Teil der Fahrten bedient wird.
- * Bei HO3, HO8 und HO9 wird der Mittelwert aus Bus- und Bahnhaltepunkt herangezogen, weil sich die Fahrten auf beide gleichmäßig verteilen.
- * Bei UH 4 wird der Mittelwert aus zwei Bushaltestellen herangezogen, weil sich die Fahrten auf beide gleichmäßig verteilen.
- * Bei UH 7 wird die näher gelegene Bushaltestelle herangezogen, weil diese im Vergleich zum geplanten Bahnhaltepunkt durch den überwiegenden Teil der Fahrten bedient wird.
- * Bei WA2 wird die weitere Haltestelle zur Wertung herangezogen, weil diese durch den überwiegenden Teil der Fahrten bedient wird.