

Reihe KLIMOPASS-Berichte

Projektnr.: 4500281887/23

Das Konzept der Anpassungskapazität als Teil
der Vulnerabilitätsbestimmung
in der Stadt- und Raumplanung –
Evaluation und Weiterentwicklung in der Praxis

von

C. Hemberger und J. Utz

Finanziert mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM)

Oktober 2014

KLIMOPASS

– Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
KONTAKT KLIMOPASS	Dr. Kai Höpker, Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel; Tel.:0721/56001465, Kai.Hoepker@lubw.bwl.de
FINANZIERUNG	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg - Programm Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg (KLIMOPASS)
BEARBEITUNG UND VERANTWORTLICH FÜR DEN INHALT	Dr.-Ing. Christop Hemberger, Hemberger & Utz UG Dipl.-Ing. Jürgen Utz, Hemberger & Utz UG
BEZUG	http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/ ID Umweltbeobachtung U83-W03-N16
STAND	Oktober 2014, Internetausgabe Januar 2015

Verantwortlich für den Inhalt sind die Autorinnen und Autoren. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in den Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Nachdruck für kommerzielle Zwecke - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

ZUSAMMENFASSUNG	7
1 EINFÜHRUNG	8
2 FOKUS KOMMUNALE EBENE/MITTELSTÄDTE IN BADEN-WÜRTTEMBERG	11
3 THEORETISCHE GRUNDLAGEN UND DEFINITIONEN: DAS KONZEPT DER ANPASSUNGSKAPAZITÄT	13
3.1 Gängige Definition und Defizite des Konzepts	13
3.2 Neukonzeption der Anpassungskapazität	17
3.2.1 Zwei Kategorien von Anpassungsoptionen und -kapazitäten	17
3.2.1.1 Faktische Kompensatoren	17
3.2.1.2 Regulative Faktoren	18
3.2.1.3 Vorteile der Einführung der Kategorien	19
3.2.2 Weitere Arten von Anpassungsoptionen und -kapazitäten	19
3.2.2.1 Autonome Anpassung	19
3.2.2.2 Geplante Anpassung	20
3.2.3 Zeitlicher Bezugspunkt der Kapazitätenermittlung: Aktueller Stand versus Antizipation zukünftiger Planungen	21
3.2.4 Zusammenfassung der Neukonzeption	21
3.2.5 Exkurs: Inkommensurabilität der Komponenten zur Vulnerabilitätsermittlung	22
4 OPTIONENMATRIX FÜR ANPASSUNGEN AUF BASIS DER FAKTOREN DES STADTKLIMAS	24
4.1 Das Stadtklima als Ausgangspunkt für die Bestimmung von Anpassungsoptionen	24
4.1.1 Faktoren des Stadtklimas	25
4.1.2 Stadtklimatologische Ausgangslage für eine Anpassung und mögliche Anpassungsoptionen	26
4.1.3 Einordnung des Potenzials stadtplanerischer Anpassungsoptionen	27
4.2 Nutzen und Bedeutung von Klimakarten und Simulationen für die Anpassung	27
4.2.1 Aufbau und Funktion von Klimakarten	27
4.2.2 Relevanz von Klimainformationen für die Planung	28
4.2.3 Anpassungsoptionen und die Bedeutung von Klimakarten	28
4.3 Die physiologische/human-meteorologische Hitzebelastung im Stadtraum	30

4.4	Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Faktoren für thermische Lasten (Wirkweisen): Herleitung und GRundlagen der Elemente einer Optionenmatrix	30
4.4.1	Grünbewuchs	31
4.4.2	Wasser	32
4.4.3	Wind und Kaltluftleitung	33
4.4.4	Albedo und Wärmespeicherung	34
4.4.5	Technische Verschattung	35
4.4.6	Teilentsiegelung von Flächen (Wärmespeicherfähigkeit)	35
4.4.7	Grundlagen für die Bewertung von Wirkweisen zur Verbesserung des Stadtklimas	36
4.4.8	Zusammenfassendes Fazit zur Bewertung der Wirkweisen	37
4.5	Optionenmatrix der Anpassung an thermische Lasten für die kommunale Planung	38
4.5.1	Komponenten der Optionenmatrix	38
4.5.2	Struktureller Aufbau der Optionenmatrix	41
4.5.3	Ergebnisse der Optionenmatrix für die Musterkommune	42
4.5.4	Weiterführender Nutzen der Optionenmatrix	43
4.6	Alternative/Weitere Parameter zur Stadtklimauntersuchung/-betrachtung	43
5	ERMITTLUNG FAKTISCHER ANPASSUNGSKAPAZITÄTEN – METHODIK UND INSTRUMENTELLE UMSETZUNG	45
5.1	Anforderungen an ein Instrument zur Kapazitätenermittlung	45
5.2	Kapazitätenermittlungstool (KET)	46
5.2.1	Einführung in das KET	46
5.2.1.1	Methodischer Ansatz und Grundlagen	46
5.2.1.2	Funktionsprinzip: Prüfsequenz zur Ermittlung von Anpassungskapazitäten und Reduktion des Datenvolumens	50
5.2.1.3	Die KET-Komponenten und Prüfschritte im Überblick	51
5.2.1.4	Selektions-/Klassifizierungsoptionen (KET-Antwortoptionen)	53
5.2.1.5	Anwendungsbereich	54
5.2.2	Datengrundlage: Objektattribute zur Kapazitätenermittlung	54
5.2.3	Das KET für die drei Bereiche „Flächen“, „Straßenraum“ und „Anlagen“	59
5.2.3.1	KET-Komponente 1: „Prinzipielle Eignung“	59
5.2.3.2	KET-Komponente 2: „Aktuell vorhandene Klimaqualität“	62
5.2.3.3	KET-Komponente 3: „Schutzgutrelevanz“	65
5.2.3.4	KET-Abzweig: Alternative Szenarien	68

5.2.3.5	KET-Komponente 4: „Umfang des Handlungspotenzials“	68
5.2.3.6	KET-Komponente 5: „Technische/konstruktive Machbarkeit“	73
5.2.3.7	KET-Komponente 6: „Aufbereitung und Darstellung der ermittelten Anpassungskapazitäten“	75
5.2.3.8	Alle Komponenten des KET in der Zusammenschau	78
5.2.4	Das KET als flexibles Funktionsprinzip	79
6	ERMITTLUNG VON ANPASSUNGSKAPAZITÄTEN FÜR DIE MUSTERKOMMUNE LUDWIGSBURG	81
6.1	Grundsätzliches zur Kartendarstellung: Benutzeroberfläche und darstellungsmodi	81
6.2	Ergebnisse der Anwendung des Kapazitätenermittlungstools (KET)	84
6.2.1	Ergebnisse der flächenbezogenen Kapazitätenermittlung	85
6.2.1.1	Ergebnisse zur Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ (Bereich „Flächen“)	85
6.2.1.2	Ergebnisse zur Anpassungsoption „Anlegen von Wasserflächen“	93
6.2.1.3	Ergebnisse zur Anpassungsoption „Baumpflanzungen“ (Bereich „Flächen“)	99
6.2.1.4	Ergebnisse zur Anpassungsoption „Teilentriegelung“	106
6.2.2	Ergebnisse der straßenraumbezogenen Kapazitätenermittlung	112
6.2.2.1	Ergebnisse zur Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ (Bereich „Straßenraum“)	112
6.2.2.2	Ergebnisse zur Anpassungsoption „Baumpflanzungen“ (Bereich „Straßenraum“)	117
6.2.3	KET zur anlagenbezogenen Kapazitätenermittlung	122
6.2.3.1	Ergebnisse zur Anpassungsoption „Dachbegrünung“	122
6.3	GIS-Datenstruktur der Musterkommune und Excel-Funktionen für die KET-Anwendung	128
6.3.1	GIS-Arbeitsgrundlagen in Ludwigsburg und Hinweise zur Übertragbarkeit	128
6.3.2	Fehlerkorrekturen in Excel	129
6.3.3	Systembedingte Fehlerflächen	130
6.3.4	Befehle zur Umsetzung des KET in Excel	130
7	QUELLENVERZEICHNIS	135
ANHÄNGE 141		
	Anhang 1: Stadtklimatisches Grundlagenwissen	141
	Anhang 2: Urbane Energiebilanz	143
	Anhang 3: Forschungsergebnisse zur Klimawirksamkeit unterschiedlicher Flächentypen	144
	Anhang 4: Übersicht zu weiteren möglichen Wirkweisen für die /in der Optionenmatrix	146

Anhang 5: Bestimmung der Schutzgutarelevanz für KET-Komponente 3 für die Bereiche „Flächen“, „Straßenraum“ und „Anlagen“	148
Anhang 6: Definierte Mindestgrößen für KET-Komponente 4 für die Bereiche „Flächen“, „Straßenraum“ und „Anlagen“	152
Anhang 7: Selektionen/Klassifizierungen für KET-Komponente 1 für den Bereich „Flächen“	153
Anhang 8: Selektionen/Klassifizierungen für KET-Komponente 2 für den Bereich „Flächen“	157
Anhang 9: Funktionsspezifische Abschlüsse für KET-Komponente 4 für den Bereich „Flächen“, versiegelte Flächen	158
Anhang 10: Funktionsspezifische Abschlüsse für KET-Komponente 4 für den Bereich „Flächen“, unversiegelte Flächen	162
Anhang 11: Selektionen/Klassifizierungen für KET-Komponente 1 für den Bereich „Straßenraum“	165
Anhang 12: Selektionen/Klassifizierungen für KET-Komponente 2 für den Bereich „Straßenraum“	166
Anhang 13: Funktionsspezifische Abschlüsse für KET-Komponente 4 für den Bereich „Straßenraum“	167
Anhang 14: Selektionen/Klassifizierungen für KET-Komponente 1 für den Bereich „Anlagen“	168
Anhang 15: Klimatope des Regionalen Klimaatlas der Region Stuttgart	171
Anhang 16: Darstellung des Workflows in GIS am Beispiel „Flächenbegrünung“	172

Zusammenfassung

Infolge des Klimawandels ist eine Zunahme der Dauer und Intensität von Hitzeereignissen und daraus resultierenden negativen Folgewirkungen zu erwarten. Voraussetzung für eine pro-aktive Anpassungsplanung ist eine fundierte Bestimmung und Bewertung möglicher Betroffenheiten mittels Vulnerabilitätsanalysen. Neben Exposition (Klimaimpact) und Sensitivität (Empfindlichkeit gegenüber Klimabedingungen) wird das Konzept der Anpassungskapazität gemeinhin als ein zentraler Baustein solcher Analysen betrachtet. Es beschreibt Möglichkeiten, die negativen Folgen der Klimaveränderung durch Anpassungsmaßnahmen zu mindern. Konzeptionell wie methodisch ist es jedoch wenig ausgereift und kommt daher in der Praxis kaum zur Anwendung.

In diesem Projekt wird das Konzept der Anpassungskapazität des IPCC aufgegriffen und für das Handlungsfeld der raumwirksamen Planung auf kommunaler Ebene konkretisiert und operationalisiert. Das Ziel ist ein methodischer Ansatz, mit dem Akteure der raum- und umweltbezogenen Planung die Anpassungskapazitäten einer Kommune bestimmen und bewerten können.

Ausgehend von den prägenden Faktoren des Stadtklimas und Möglichkeiten, diese im Sinne einer Reduktion thermischer Lasten durch Anpassungsoptionen zu modifizieren, werden Indikatoren für Anpassungskapazitäten identifiziert. Darauf aufbauend wird ein auf GIS-Daten basierendes Kapazitätenermittlungstool (KET) entwickelt. Mittels dessen können die kommunalen Akteure Anpassungskapazitäten für das gesamte Gemeindegebiet flächenscharf lokalisieren, quantifizieren und bewerten. Dabei wird auf standardmäßig vorliegende Datenbestände zurückgegriffen. Der Ansatz ist auf unterschiedliche Kommunen übertragbar und kann aufgrund seines modularen Aufbaus an lokale Spezifika adaptiert werden. Das Vorgehen orientiert sich hinsichtlich der benötigten Softwareausstattung, des erforderlichen technischen und inhaltlichen Know-hows sowie des zu leistenden Arbeitsaufwands an den Ressourcen der Anwender (primär Akteure der raum- und umweltbezogenen Planung).

Der entwickelte Ansatz zur Kapazitätenermittlung wird exemplarisch in der Musterkommune Ludwigsburg (Mittelzentrum in der Region Stuttgart) angewandt. Die visualisierten Ergebnisse können für ein integriertes Anpassungsmanagement genutzt werden.

1 Einführung

Die Anpassungskapazität ist ein zentraler Baustein einer Vulnerabilitätsanalyse nach Definition des Intergovernmental Panel on Climate Change (vgl. IPCC 2007; 2012). Laut IPCC beschreibt sie die Möglichkeiten eines Systems, die aus tatsächlichen oder erwarteten Klimaveränderungen resultierenden negativen Folgen durch das Ergreifen von Anpassungsmaßnahmen zu mindern.

Ausgangslage

Eine kritische Sondierung einschlägiger Grundlagenliteratur sowie der praktischen Anwendung des Konzepts der Anpassungskapazität zeigt: Sowohl konzeptionell als auch im Hinblick auf die konkrete Ermittlung von Anpassungskapazitäten in der Praxis ist eine Reihe von Defiziten zu verzeichnen.

In der Praxis wird die Anpassungskapazität bei Untersuchungen nationaler, regionaler oder lokaler Vulnerabilitäten zwar oftmals als relevant benannt, in die tatsächlich vorgenommenen Berechnungen und/oder Abschätzungen des Ausmaßes der Vulnerabilität findet sie aber nicht oder nur fragmentarisch und/oder unzureichend Eingang – siehe in diesem Zusammenhang zum Beispiel das Vorgehen der acht Modellregionen im Rahmen der Phase I des vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) initiierten Modellvorhabens der Raumordnung (MORO) „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“, kurz KlimaMORO (vgl. BMVBS 2013a). Durch die fehlende oder unzureichende Berücksichtigung der Anpassungskapazität beschreiben solche Vulnerabilitätsanalysen mithin streng genommen nur „potenzielle Vulnerabilitäten“; bisweilen werden Analysen, die auf eine Integration der Komponente der Anpassungskapazität verzichten, auch als Klimafolgen- oder Betroffenheitsanalysen bezeichnet (vgl. BMVBS 2013b, 40).

Die unzureichende Berücksichtigung in der Praxis liegt nicht zuletzt an den Unschärfen des Konzepts der Anpassungskapazität. So besteht jenseits der eingangs genannten allgemeinen Definition zum Beispiel kein „Common Sense“ in der Frage, anhand welcher Faktoren/Determinanten die Anpassungskapazität zu bemessen ist und inwieweit deren Bestimmung vom jeweiligen Betrachtungslevel (z.B. nationale vs. regionale vs. lokale Ebene) abhängt. Sofern Determinanten in der Fachliteratur benannt sind, werden diese zumeist relativ allgemein und damit gezwungenermaßen vage beschrieben. Demzufolge muss auch unklar bleiben, mittels welcher konkreten Indikatoren beziehungsweise Daten Anpassungskapazitäten zu bestimmen sind.

Die voranstehend aufgeführten Defizite des Konzepts der Anpassungskapazität (mehr dazu in Kap. 3.1) erschweren es, die Ausmaße tatsächlicher Betroffenheiten (Vulnerabilitäten) unter Einbeziehung möglicher Anpassungsoptionen zu ermitteln. Sie sind daher Anlass und Ausgangspunkt für dieses Projekt, das sich mit der konzeptionellen Erweiterung respektive Präzisierung des Konzepts der Anpassungskapazität und dessen praktischer Anwendung auf kommunaler Ebene befasst.

Zielstellung, Vorgehen und Kerninhalte dieses Projekts

Ziel des Vorhabens ist es, das bestehende Konzept aufzugreifen und weiterzuentwickeln. Auf dieser Grundlage soll ein methodischer Ansatz erarbeitet werden, mit dem sich Anpassungskapazitäten durch funktionale Reduktion auf in der raumwirksamen planerischen Praxis anwendbare Indikatoren ermitteln lassen.

Der Fokus des Vorhabens liegt auf der kommunalen Ebene und den Anpassungskapazitäten, die sich mit den Mitteln der raumwirksamen/städtebaulichen Planung realisieren lassen (Kap. 2).

In einer Neukonzeption der Anpassungskapazität (Kap. 3) unterscheidet das Vorhaben grundlegend zwischen Eingriffen in die reale, bauliche/gestaltete Umwelt – sogenannten faktischen Kompensatoren, die direkte Wirkeffekte zur Minderung der thermischen Belastung erzielen – und den Voraussetzungen für deren Umsetzung, den sogenannten regulativen Faktoren. Ausgehend von der Überlegung, dass die Grundlage für jede planerische Entscheidung zunächst die Kenntnis der tatsächlichen Möglichkeiten zur Anpassung in der physischen Umwelt ist, wird hier vorrangig der Bereich der faktischen Kompensatoren betrachtet, sprich: Was im physischen Raum kann mittels welcher Anpassungsoption wie verändert werden, um die negativen Folgen des Klimawandels mindern zu können? Das Vorhaben fokussiert dabei primär den Bereich der hitzeinduzierten Klimafolgen.

Im nächsten Schritt (Kap. 4) werden mögliche Wirkweisen zur Minimierung der Hitzebelastung (Temperatur senken, Aufheizung vermeiden etc.) und Anpassungsoptionen zu deren Umsetzung auf Flächen und an Gebäuden/baulichen Anlagen identifiziert und in einer Optionenmatrix (OPM) systematisiert dargestellt. Aus der Menge der theoretisch denkbaren Anpassungsoptionen wird eine Teilmenge stadtplanerisch und stadtklimatologisch besonders relevanter ausgewählt, für die im Folgeschritt die diesbezüglichen Handlungspotenziale (Anpassungskapazitäten) identifiziert werden.

Einer der Kerninhalte des Vorhabens ist die Entwicklung eines Kapazitätenermittlungstools (KET), das für jede betrachtete Anpassungsoption in einer Sequenz nachvollziehbarer, übertrag- und modulierbarer Prüfschritte alle kommunalen Flächen und Anlagen hinsichtlich deren Kapazitäten selektiert und klassifiziert und im Ergebnis die Anpassungskapazitäten für das gesamte Stadtgebiet anzeigt (Kap. 5). Im Zuge der GIS-gestützten, daten-/indikatorenbasierten Kapazitätenermittlung wird dabei geprüft, ob und in welchem Umfang die Realisierung einer Anpassungsoption auf welchen Flächen und Anlagen möglich ist. Die Ergebnisse des KET ermöglichen eine näherungsweise Quantifizierung der Kapazitäten und dienen als Grundlage für die Auswahl einzelner Flächen und Anlagen für die im nächsten Schritt notwendige Einzelfallprüfung durch die planenden Akteure vor Ort.

Ein weiterer Kernpunkt des Vorhabens ist die exemplarische Anwendung des KET in der Musterkommune Ludwigsburg (Kap. 6), einem Mittelzentrum in der Region Stuttgart mit rund 89.500 Einwohnern (Stand 2013).

Schwerpunkt hitzeinduzierte Problemlagen

Wie oben erwähnt, fokussiert das Vorhaben primär den Bereich der hitzeinduzierten Klimafolgen, insbesondere der gesundheitlichen Folgewirkungen. Die Anpassungskapazitäten im Bereich Hitze stellen in Teilen indes nicht nur Potenziale zur Anpassung an hitzeinduzierte Wirkfolgen dar, sondern ermöglichen oftmals auch Synergieeffekte für andere Klima-Wirkfolgen. Da zum Beispiel Grünelemente eine Wasserspeicherkapazität aufweisen und dadurch die Folgen von Starkniederschlägen (Stichwort lokale Überflutungsereignisse) mindern können, stellen vorhandene Potenziale zur urbanen Begrünung nicht nur Anpassungskapazitäten im Hinblick auf stadtklimatologische Aspekte dar (Stichwort Kaltluftproduktion), sondern auch im Hinblick auf siedlungswasserwirtschaftliche Aspekte; zudem können Grünelemente im Stadtraum neben der thermischen Entlastung durch Filterung und/oder das Festlegen von Schadstoffen auch einen Beitrag zur Verbesserung der Lufthygiene leisten, insbesondere bei geringer Ventilation beziehungsweise austauscharmen Wetterlagen.

Relevanz der Thematik für die Kommunen in Baden-Württemberg

Die Auseinandersetzung mit dem Thema Anpassungskapazität ist für Baden-Württemberg von großer Relevanz, da die Klimaanpassung vor dem Hintergrund der zu erwartenden Klimaveränderungen (siehe LUBW 2013) in den kommenden Jahren als paralleler Handlungsstrang zum Klimaschutz noch stärker als bislang zu entwickeln sein wird. Da hier eine Konkurrenz um Ressourcen und Budgets zu erwarten ist, muss neben einer Abschätzung der potenziellen Betroffenheit vor allem auch die Erfassung von Notwendigkeiten und Möglichkeiten zur Reaktion methodisch fundiert sein, was nicht zuletzt auch den Aspekt der Anpassungskapazität in den Mittelpunkt rückt.

2 Fokus kommunale Ebene/Mittelstädte in Baden-Württemberg

Betrachtungsschwerpunkt dieses Vorhabens ist die kommunale Ebene und hier insbesondere die Mittelstädte in Baden-Württemberg mit 20.000 – 99.999 Einwohnern. Die begriffliche Schärfung und Klärung des Konzepts der Anpassungskapazität sowie die Entwicklung des Kapazitätenermittlungstools (KET) im Weiteren sind auf diesen Anwendungsbereich ausgelegt.

Die kommunale Ebene ist die der konkreten Betroffenen und – im Rahmen und unter Berücksichtigung der Vorgaben übergeordneter Ebenen – auch die der konkreten, lokal wirksamen Eingriffe mit den Mitteln der raumwirksamen/städtebaulichen Planung.

Der Fokus auf Mittelstädte hat unterschiedliche Gründe, von der Bevölkerungsverteilung über die Struktur von Mittelzentren bis hin zur Funktion von Leitbildern, die nachfolgend kurz erläutert werden sollen.

Zum Zensusstichtag, dem 9. Mai 2011, hatte Deutschland insgesamt 80.219.695 Einwohner, davon 10.486.660 respektive 13,1 % in Baden-Württemberg.

Von diesen leben 30,4 % in den 87 Mittelstädten, was 3.157.848 Einwohnern entspricht (laut Datensatz des Zensus 2011, vgl. Statistisches Landesamt 23.06.2014).

Die Hälfte (50,6 %) der Bevölkerung Baden-Württembergs lebt in einer der 1.002 Gemeinden mit weniger als 20.000 Einwohnern. Diese kleineren Kommunen sind in ihrer Planung stärker raumbezogen, das heißt, es werden aufgrund deren Größe keine übergeordneten Konzepte für Verkehr etc. entwickelt, sondern der Raum und die Fläche als solche werden vorrangig mit Einzelprojekten beplant. Dahingegen rücken mit zunehmender Größe gesamtäumliche und übergreifende konzeptionelle Planungen in den Vordergrund (vgl. Baumgart 2010,255). Dies bedeutet nicht, dass kleinere Kommunen das Thema Klimawandelanpassung nicht als ebenso wichtig erachten und sich dieser Aufgabe nicht widmen; sie tun dies indessen unter anderen Rahmenbedingungen und nicht zuletzt mit weniger Personalkapazitäten. Wesentliches Kriterium für die Auswahl von Mittelstädten als Betrachtungsperimeter dieses Vorhabens und die Abgrenzung zu kleineren Kommunen ist, dass letztere eine geringere Dichte (als Indikator für Versiegelungsgrad) und damit weniger Anfälligkeit für sogenannte Urbane Hitzeinsel-Effekte aufweisen. Zudem sind kleinere Kommunen bei klimatisch relevanten Aspekten wie zum Beispiel den Barrieren für Kaltluft eindringung, der notwendige Kaltluftmenge oder der Erreichbarkeit von Naherholungsflächen in der Regel im Vorteil.

Die restlichen 19 % der Bevölkerung (2.019.591 Einwohner) Baden-Württembergs leben in den neun Großstädten mit mehr als 100.000 Einwohnern. Diese weisen vergleichsweise große Planungsstäbe mit einem breiten Themenspektrum und Fachexpertise aus und sind oftmals Vorreiter bei der Bearbeitung neuer Themen wie etwa der Klimawandelanpassung, was sich zum Beispiel an den Anpassungskonzepten der Städte Karlsruhe (siehe Stadt Karlsruhe 2013) und Stuttgart (siehe Landeshauptstadt Stuttgart 2013) erkennen lässt.

Betrachtet man die Entscheidungs- und Verwaltungsstrukturen der in diesem Vorhaben fokussierten Mittelstädte so zeigt sich, dass diese häufig vergleichsweise übersichtlich sind und das maßstabs- und ressortüber-

greifende Plänen eine besondere Qualität darstellt (vgl. Baumgart 2010, 256). Dies ist gerade im Hinblick auf die Komplexität der Themen im Rahmen der Klimawandelanpassung von Vorteil.

Da Mittelstädte sich in ihrer Planung in der Regel an Leitbildern orientieren, zum Beispiel der „Innenentwicklung vor Außenentwicklung“, müssen die Grundlagen geschaffen werden, um zukünftig die Aspekte der Anpassung an den Klimawandel in planerische Konzepte (z.B. Verkehrsentwicklungskonzepte) einbinden zu können. Die Berücksichtigung von Anpassungskapazitäten sollte, ähnlich wie es der Klimaschutz zum Teil schon ist, Bestandteil integrierter Entwicklungskonzepte werden und ein eigenes Leitbild begründen – oder, da sie oftmals quer zu anderen kommunalen Themen liegt – zur Weiterentwicklung der bestehenden Leitbilder (z.B. der nachhaltigen Stadt) beitragen. Zukünftig sollten Fragen der Sicherung und Schaffung von Anpassungskapazitäten bei der Stadtentwicklungsplanung, städtebaulichen Sanierungsmaßnahmen, dem Stadtbau, der Bestandsentwicklung und Stadterneuerung und dem kommunalen Flächenmanagement eine gewichtige Rolle spielen.

Die verallgemeinernde Betrachtung von Mittelstädten in diesem Vorhaben hat, wie jede Verallgemeinerung, ihre Schwächen. So ist eine allgemeingültige Definition von Mittelstädten aufgrund der heterogenen Verteilung im Raum, Unterschieden in der Struktur und bei den Funktionen nur bedingt möglich. Aufgrund der zuvor genannten gemeinsamen Merkmale und des Handlungsbedarfs ist die Entwicklung einer übertragbaren Methode zur Kapazitätenermittlung für Mittelstädte aber möglich und angezeigt.

3 Theoretische Grundlagen und Definitionen: Das Konzept der Anpassungskapazität

Dieses Projekt befasst sich mit dem Konzept der Anpassungskapazität als einem Teil des vom IPCC (vgl. 2007; 2012) entwickelten Vorgehens zur Vulnerabilitätsbestimmung, das den methodischen Rahmen der meisten aktuellen Klimaanpassungsforschungen vorgibt und unter anderem auch vom Umweltbundesamt (UBA), dem Bundesinstitut für Bau, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) als methodischer Orientierungsrahmen zugrunde gelegt wird.

Im Weiteren werden zunächst die gängigen Definitionen des Konzepts und deren Schwachstellen erörtert (Kap. 3.1). Als Reaktion darauf wird eine Neukonzeption mit Bezug zur kommunalen Ebene vorgenommen (Kap. 3.2).

3.1 GÄNGIGE DEFINITION UND DEFIZITE DES KONZEPTS

Die Anpassungskapazität („Adaptive Capacity“) wird in der einschlägigen Literatur zur Klimawandelanpassung häufig als ein Bestandteil der Vulnerabilitätsanalyse betrachtet. Nach IPCC (2007; 2012) ergibt sich die Vulnerabilität aus der Verrechnung der (a) klimatischen Veränderungen (Exposition), (b) der Anfälligkeit eines Systems (Sensitivität) und (c) dessen Anpassungskapazität (siehe auch die auf dem Ansatz des IPCC basierende Darstellung in Abb. 1).

Ungeachtet der mitunter leicht variierenden Übersetzungen der IPCC-Definition werden unter Anpassungskapazität gemeinhin die Fähigkeiten und Ressourcen eines Systems verstanden, langfristige Anpassungen an den Klimawandel (schleichende Umweltveränderungen und/oder Extremereignisse) und deren Folgen vorzunehmen, die Belastungen zu reduzieren und ohne große Einschränkungen weiter existieren zu können. Etwas modifiziert und mit Raumbezug: Das Konzept der Anpassungskapazität soll Aussagen darüber ermöglichen, ob und in welchem Maße ein Raum (Region, Stadt o.ä.) über Möglichkeiten verfügt, sich an klimabedingt veränderte Umweltbedingungen anzupassen und die (meist negativen) Folgen des Klimawandels zu mindern.

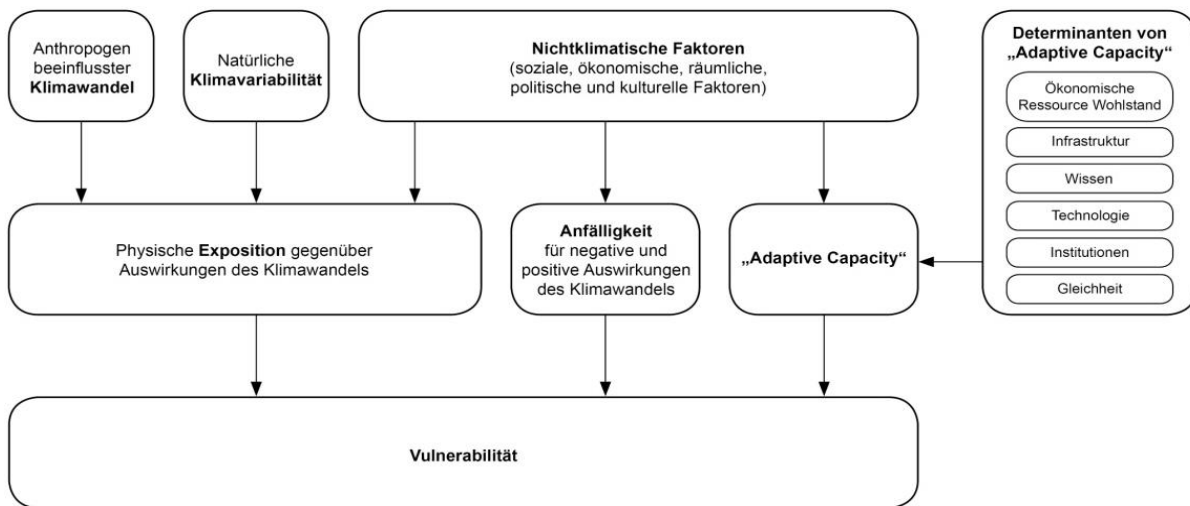


Abbildung 1: Die Anpassungskapazität als Teil der Vulnerabilitätsbewertung (Quelle: Frommer 2009 nach Birkmann 2008; Füßel und Klein 2004; Smit und Pilifosova 2001)

In der Literatur werden unterschiedliche Determinanten zur Bestimmung der Anpassungskapazität angeführt. Diese bezeichnen demnach übergeordnete Bereiche, die Auswirkungen auf die Vulnerabilität haben und in unterschiedlicher Weise Kapazitäten zur Anpassung bereithalten. Tabelle 1 gibt einen Überblick über einige dieser Determinanten.

	Frommer (2009)	Hecht (2009)	BBSR (2009)	BMVBS (2011)
Ökonomische Ressourcen	X		X	X
Technologie	X			X
Wissen/Know-how	X	X	X	X
Infrastruktur	X			
Institution	X			X
Gleichheit	X			
Politischer Wille			X	X
Freiheit			X	
Können		X		
Wollen/Dürfen		X		

Tabelle 1: Determinanten der Anpassungskapazität

Unter dem Begriff der Anpassungskapazität sind also in Form sogenannter Determinanten die Ressourcen verschiedener Dimensionen zusammengefasst: Ökonomische Ressourcen, Technologie, Wissen, Infrastruk-

tur, Institutionen, Gleichheit, Anpassungsbereitschaft etc. (vgl. auch Greiving et al. 2012). Augenscheinlich werden dabei unterschiedliche Bereiche aufgelistet, die für Maßnahmen zur Klimawandelanpassung direkt oder indirekt eine Rolle spielen und sich wechselseitig beeinflussen. Die Heterogenität spiegelt den Versuch wider, dem hohen Grad an Vernetztheit der Thematik Rechnung zu tragen. Aufgrund der Abstraktheit und des Themenspektrums der Determinanten ist es aber nahezu unmöglich, die Anpassungskapazitäten im Rahmen einer Vulnerabilitätsanalyse praktisch zu bearbeiten. Tabelle 1 zeigt zudem, dass die Vorstellungen bezüglich der Determinanten auf unterschiedlichen Ebenen ansetzen und zudem keinen Bezug zu dem vor allem für die Stadt- und Raumplanung wesentlichen Aspekt der Flächennutzung aufweisen. Die in der Literatur genannten Determinanten sind damit eher als Überbegriffe zu verstehen, deren genaue Ausfüllung mit konkreten Definitionen, Faktoren und/oder Maßnahmen und Hinterlegung mit Daten als möglichen Indikatoren zur Bestimmung der Anpassungskapazität bisher nur unzureichend erfolgt ist. So bleibt zum Beispiel offen, welcher institutionelle Rahmen sich eignet und wie sich dessen Kapazitäten bestimmen lassen, welche ökonomischen Ressourcen zu betrachten sind, um die Anpassungskapazität ermitteln zu können oder auf welche Weise der Aspekt „politischer Wille“ berücksichtigt werden soll. Unklar ist zudem, ob zum Betrachtungszeitpunkt bereits realisierte und wirksame Maßnahmen (z.B. gepflanzte Bäume) der Anpassungskapazität zuzurechnen sind oder ob diese gleichsam zum betrachteten System gehören, ein Merkmal desselben sind und somit nicht zu den Kapazitäten zählen (vgl. Adger et al. 2005). Die Defizite des Konzepts der Anpassungskapazität werden unter anderem auch von Heiland et al. (vgl. 2012, 45) und in diversen Forschungspublikationen des BMVBS thematisiert. Im Ergebnis wird die Betrachtung der Anpassungskapazität als „methodisch schwierig“ (BMVBS 2013b, 40) bezeichnet.

Die konzeptionellen Schwächen haben zur Folge, dass auf die Integration der Anpassungskapazität in der Praxis bei Vulnerabilitätsanalysen bisweilen gänzlich verzichtet wird, siehe in diesem Zusammenhang zum Beispiel die Vorgehensweisen der Regionen Vorpommern und Stuttgart im Projekt KlimaMORO, Phase I (vgl. BMVBS 2013a, 69). Auch in der baden-württembergischen Landesstrategie zur Anpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels, Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung, spielt dieser Aspekt keine Rolle. Dort wurde aus oben genannten Gründen die Anpassungskapazität aus der Vulnerabilitätsanalyse herausgenommen und in der Konsequenz für die Ergebnisse von einer potenziellen Vulnerabilität (pot. V) gesprochen (vgl. Hemberger und Utz 2013). Die potenzielle Vulnerabilität bezeichnet die Belastungen infolge der Klimaveränderungen, wie sie ohne die Nutzung vorhandener oder noch zu entwickelnder Anpassungskapazitäten auftreten könnten. Dieser Ansatz deckt sich mit dem Vorschlag des BMVBS, lediglich die Klimawandel-Betroffenheit mit den Analysebereichen Exposition und Sensitivität zum Gegenstand der Analyse des Anpassungsbedarfs zu machen (vgl. BMVBS 2013a, 32; 2013b, 40).

Vorteile einer von der potenziellen Vulnerabilität getrennten Betrachtung der Anpassungskapazität

Bei der Ermittlung potenzieller Vulnerabilitäten wird hinsichtlich der Schutzgüter (Sensitivitäten des Systems) gemeinhin vom Status Quo ausgegangen, das heißt, dass keine Prognosen zur weiteren Entwicklungen des Flächenverbrauchs und der Neuplanung von Anlagen oder anderer Sensitivitätsfaktoren zugrunde gelegt werden. Auch bei der separat erfolgenden Betrachtung der Anpassungskapazitäten in diesem Vorhaben wird vom aktuellen Zustand der Flächen und Anlagen ausgegangen.

Den Status Quo der Anpassungskapazität separat abzubilden hat gegenüber der „verrechnenden Vulnerabilitätsermittlung“, also der gemeinsamen Betrachtung von Exposition, Sensitivität und Anpassungskapazität,

einen Vorteil: Die zu sichernden Kapazitäten und damit einhergehend die Vermeidung zusätzlicher Belastungen, die eine Folge deren Reduktion wären, bleiben durch die getrennte Betrachtung klar erkennbar. Statt einer Verrechnung mit der Exposition und Sensitivität zu einem abstrakten Kennwert können diese somit Teil der Planung werden. Denn im selben Maße, wie noch vorhandene Kapazitäten abnehmen – also aktuell klimatisch günstige Flächen, Anlagen oder Stadtstrukturen reduziert werden (z.B. durch Nachverdichtung) –, steigt die zukünftige Belastung. Das liegt daran, dass die meisten unversiegelten Flächen Kaltluft produzieren, aber zur lokalen Hitzeentwicklung (Urbaner Hitzeinsel-Effekt (UHI)) beitragen, sobald sie infolge von Neuplanungen versiegelt werden. Der positive Klimaeffekt einer unversiegelten Fläche kehrt sich also mit deren Nutzung ins Gegenteil um, und für jede neu versiegelte Fläche bräuchte es sozusagen die doppelte Flächenzahl zu entsiegelnder Flächen, um den Klimaeffekt in der Summe neutral halten zu können. Dieser Zusammenhang würde bei einer „verrechnenden Betrachtung“ der Anpassungskapazität nicht mehr erkennbar sein, sondern sich mit den Veränderungen der Exposition und der Sensitivität vermengen. In der Konsequenz wäre mithin nicht mehr ersichtlich, wie groß der abmildernde Effekt der Anpassungskapazität auf die ermittelte Vulnerabilität ist (sofern nicht alle methodischen Schritte auf dem Weg zur Vulnerabilität explizit und transparent nachvollziehbar darlegt würden). Damit bestünde die Gefahr, die zukünftige Entwicklung der Vulnerabilität zu unterschätzen, da der Flächenverbrauch in die Verrechnung quasi doppelt eingeht: Die Kapazität zur Minderung der Klimafolgen nimmt ab und die Belastung nimmt zusätzlich noch zu.

Im Hinblick auf planerische Entwicklungen ist somit der Notwendigkeit der Sicherung von Kapazitäten und klimatisch positiv wirksamer Flächen besondere Aufmerksamkeit zu widmen, da eine Verringerung dieser fast immer eine zusätzliche Steigerung der Belastungen zur Folge hat.

Wie grundlegend und umfangreich vorzunehmende Anpassungen sein müssen, hängt vor allem von der zu erwartenden Exposition und Sensitivität des Systems ab. Alle Anpassungsaktivitäten zielen deshalb darauf ab

- (a) die Exposition zu reduzieren, im Falle der Schwerpunktsetzung dieses Vorhabens die Entstehung von Hitze (z.B. durch Verschattung oder Kaltluftproduktion) oder
- (b) die Sensitivität zu verringern (z.B. durch Hinweise auf die Notwendigkeit zur vermehrten Flüssigkeitsaufnahme an heißen Tagen).

Das im Rahmen dieses Projekts erarbeitete methodische Vorgehen legt den Fokus auf Maßnahmen zur Reduktion der Exposition, da die Anpassung der Schutzgüter zur Reduktion der Sensitivität nicht in den primären Zuständigkeitsbereich der raumwirksamen Planung fällt.

Beim Versuch, eine Kapazitätenermittlung für eine stadtplanerische Anpassung an hitzebedingte potenzielle Vulnerabilitäten vorzunehmen, ergibt sich die Schwierigkeit, dass es keine allgemein anerkannte Auffassung davon gibt, welche Ressourcen respektive Kapazitäten zur Expositionsreduktion zu betrachten sind. Es bedarf daher einer normativen Setzung, was Teil dieser Ermittlung sein soll. Infolge der unzureichenden Definition vorliegender Konzepte wird daher nachfolgend eine Neukonzeption des Begriffs der Anpassungskapazität vorgenommen.

3.2 NEUKONZEPTION DER ANPASSUNGSKAPAZITÄT

Dieses Vorhaben löst sich nicht gänzlich vom zuvor beschriebenen Verständnis der Anpassungskapazität, definiert dieses aber auf eine für die kommunale Praxis anwendbare Weise. Dazu werden relevante Determinanten – der Kategorisierung dienende Oberbegriffe für Teilbereiche der Kapazität – nicht mit einem „Top-down-Ansatz“, sondern mit einem „Bottom-up-Verfahren“ bestimmt, bei dem nicht von abstrakten Oberbegriffen, sondern vom eigentlichen Zweck einer Ermittlung der Anpassungskapazitäten ausgegangen wird: Der Minderung potenzieller Verwundbarkeiten unterschiedlicher Schutzgüter durch hitzebedingte Folgen des Klimawandels und der Frage, welche Maßnahmen in welchem Umfang dazu ergriffen werden können.

3.2.1 ZWEI KATEGORIEN VON ANPASSUNGSOPTIONEN UND -KAPAZITÄTEN

Als Ausgangspunkt des Bottom-up-Verfahrens werden in diesem Projekt zwei Kategorien definiert, die zusammen die Anpassungskapazität bilden. Diese Kategorien beziehen sich auf (1) die physische Welt und (2) sogenannte soziale Konstrukte (z.B. Institutionen, Kommunikationsstrukturen, Rechtsgrundlagen etc.), welche die Sicht auf die Problemlagen, den Beschluss möglicher Eingriffe in die physische Welt und damit die Nutzbarmachung von Anpassungskapazitäten maßgeblich mitbestimmen.

Hintergrund dieser Herangehensweise ist, dass eine Milderung der Klimawandelfolgen de facto nur durch Änderungen der Merkmale von Objekten und Subjekten in der „realen Welt“, sprich von Gebäuden (z.B. Merkmal „Verschattungselemente“), Flächen (z.B. Merkmal „Grad der Versiegelung“) oder den Verhaltensweisen von Menschen (z.B. Merkmal „hitzeangepasste Kleidung“) realisiert werden kann. Ein Teil der in der Literatur benannten Determinanten wie etwa Zugewinn an (Anpassungs-)Wissen, ökonomische Ressourcen, politischer Wille etc. sind hierfür notwendige Voraussetzungen, haben aber streng genommen keinen Einfluss auf die (physikalischen) Gegebenheiten der Welt als solche.

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen wird im Rahmen dieses Projekts grundsätzlich unterschieden zwischen

- (1) den faktischen Kompensatoren (konkret in die Umwelt eingreifende Maßnahmen) und
- (2) den regulativen Faktoren (Rahmenbedingungen und Voraussetzungen für die Umsetzung faktischer Kompensatoren).

3.2.1.1 FAKTISCHE KOMPENSATOREN

Der Umfang an realisierbaren faktischen Kompensatoren, im Weiteren auch als (faktische) Anpassungsoptionen bezeichnet, stellt das „reale Limit“ an Kapazitäten dar, auf das die Planung zurückgreifen kann und deren tatsächliche Ausschöpfung von den regulativen Faktoren abhängt. Eine faktische Anpassungskapazität ist mithin der Umfang, in dem ein faktischer Kompensator lokal realisiert werden kann. Ein einfaches Beispiel: Bei 100 % begrüntem Dächern wäre die diesbezügliche faktische Anpassungskapazität für den faktischen Kompensator respektive die Anpassungsoption „Dachbegrünung“ gleich Null.

Die faktischen Kompensatoren werden dabei für den Fall einer eher moderaten klimatischen Belastung (siehe hierzu LUBW 2013) unter der Prämisse des Funktionserhalts betrachtet. Damit ist die Maßgabe gemeint, dass die aktuellen Funktionen von Flächen und Anlagen bei der zukünftigen Realisierung eines faktischen

Kompensatoren erhalten bleiben sollen, was den aktuell verfügbaren Anpassungskapazitäten entsprechende Grenzen setzt. Eine Freifläche ist demnach keine Potenzialfläche per se, die beliebig mit Bäumen bepflanzt werden kann, weil dadurch unter Umständen Funktionen der Freifläche wie Zugang, Stellplätze etc. beeinträchtigt oder unmöglich gemacht würden. Entscheidend ist in diesem Zusammenhang, dass sich das „Limit“ zur Realisierung faktischer Kompensatoren mit veränderten Grundannahmen und Prioritätensetzungen hinsichtlich des Bedarfs an Fläche für vorhandene Funktionen erweitert oder verengt und keine absolute Grenze darstellt (mehr dazu in Kap. 5.2.1.1).

Faktische Kompensatoren werden in diesem Vorhaben in einer Optionenmatrix erfasst und dargestellt (siehe Kap. 4.5). Diese ist zum einen gegliedert nach möglichen Ansatzpunkten der Kompensatoren in der physischen Umwelt (primär Flächen und Gebäude/Anlagen) und zum anderen nach deren Wirkweise (Temperatur senken, Aufheizung vermeiden etc.). Für eine stadtklimatologisch besonders relevante Teilmenge der theoretisch denkbaren faktischen Kompensatoren werden im Fortgang Indikatoren identifiziert, anhand derer sich eine Bestimmung der jeweiligen faktischen Anpassungskapazitäten auf Ebene einzelner Flurstücke, Straßenabschnittsflächen und baulicher Anlagen durchführen lässt.

3.2.1.2 REGULATIVE FAKTOREN

Mit der Kategorie der regulativen Faktoren werden die Variablen gefasst, von denen abhängt, ob und gegebenenfalls wo im (Stadt-)Raum wie viel von welchem faktischen Kompensator realisiert wird. So ist zum Beispiel ein Zuschuss für Privatpersonen für die Umgestaltung vollversiegelter in teilversiegelte Flächen (z.B. Rasengitter) denkbar und mit einem konkreten Nutzen verbunden (faktische Kompensation von Hitze und Überschwemmung durch lokalen Niederschlag). Ob die Kapazität des faktischen Kompensators „Teilentriegelung“ tatsächlich nutzbar gemacht wird, hängt vornehmlich ab von ökonomischen und politischen Überlegungen sowie den spezifischen Regeln (rechtlicher Rahmen etc.) – also Variablen der Kategorie der regulativen Faktoren. Ein weiteres Beispiel: Die Schaffung von Grünflächen (= faktischer Kompensator) ist mit einem konkreten Nutzen hinsichtlich mikroklimatischer Bedingungen verbunden. Ob entsprechende Flächen tatsächlich auf diese Weise genutzt werden, hängt indes ab von regulativen Faktoren, etwa vom politischen Willen und anderen Nutzungsinteressen für die fraglichen Flächen (Stichwort „Druck auf die Fläche“).

Für die Anpassung mit ausschlaggebend ist also stets, ob die regulativen Faktoren erfüllt sind, sprich ob das zur Realisierung eines faktischen Kompensators notwendige Know-how vorhanden ist, ob die (finanziellen) Ressourcen verfügbar sind und auch eingesetzt werden, ob der politische Wille ausreichend ausgebildet ist etc. Hecht (2009) fasst die Variablen unzureichendes Wissen, mangelnde ökonomische Mittel und geringe politische Willensbekundung im Dreiklang „Wissen – Können – Wollen/Dürfen“ zusammen. Zudem sind bestimmte faktische Kompensatoren in der Praxis bisweilen nur in Abhängigkeit von zeitaktuellen und/oder politischen Ereignissen realisierbar, zum Beispiel nach einem akuten Schadensereignis und einer infolgedessen sensibilisierten politischen Arena und/oder Öffentlichkeit.

3.2.1.3 VORTEILE DER EINFÜHRUNG DER KATEGORIEN

Die Trennung in die zuvor erläuterten Kategorien der (1) faktischen Kompensatoren und (2) regulativen Faktoren kann dazu beitragen, Klarheit und Systematik in Überlegungen und Diskurse über mögliche Anpassungsstrategien zu bringen.

So kann für die konkrete Eingriffs- und Handlungsebene (faktische Kompensatoren) ermittelt werden, welche Kapazitäten zur Anpassung an mögliche Klimaänderungen die vorhandenen Flächen und Gebäude etc. aufgrund ihrer entsprechenden Eigenschaften und/oder Ausbaupotenziale aktuell aufweisen. Getrennt davon werden mit der zweiten Kategorie regulative Faktoren wie politische Willensbildung, ökonomische Ressourcen (ggf. Umschichtungen im Haushalt), technische Ausrüstung von Ämtern und personelle Ausstattung oder das Vorhandensein von Institutionen etc. abgebildet, die limitierende Faktoren bei der Nutzbarmachung von Kapazitäten sind.

Durch die separate Betrachtung von faktischen Kompensatoren und regulativen Faktoren werden zwei Bereiche getrennt, die eine Vernetzung und wechselseitige Beeinflussung aufweisen und damit nicht vollkommen trennscharf zu unterscheiden sind. Die Trennung ermöglicht es aber, die Möglichkeiten der Anpassung in beiden Bereichen jeweils besser erkennen und differenzierter diskutieren zu können. Die raumbezogene Planung zur Anpassung basiert im Wesentlichen auf den faktischen Kompensatoren und damit den Möglichkeiten, die „reale Welt“ zu verändern. Wo hierbei allerdings der Fokus liegt, was als veränderlich und realisierbar erachtet wird, tritt deutlicher zutage, wenn Möglichkeiten zur Anpassung (faktische Kompensatoren) aufgrund bestimmter regulativer Faktoren nicht vorschnell bewertet (und ggf. ausselektiert) werden. Dies eröffnet nicht zuletzt die Chance, die Kriterien der Bewertung gesondert zu diskutieren und gegebenenfalls nach anderen, bislang als praxisfern erachteten faktischen Kompensatoren zu suchen.

3.2.2 WEITERE ARTEN VON ANPASSUNGSOPTIONEN UND -KAPAZITÄTEN

Zur Differenzierung der beiden oben eingeführten Kategorien der faktischen Kompensatoren und regulativen Faktoren wird bei beiden gleichermaßen zwischen verschiedenen Anpassungsarten unterschieden, und zwar der

- (1) autonomen Anpassung und der
- (2) geplanten Anpassung, die sich weiter untergliedert in
 - Bewältigungskapazität,
 - re-aktive und
 - pro-aktive Anpassung.

Die nachfolgende Erläuterung dieser Anpassungsarten orientiert sich an der gängigen Literatur (siehe u.a. Adger et al. 2005; Frommer 2009; Hecht 2009), die Konstrukte werden hier aber mit Fokus auf die Stadtplanung für das Projekt passend definiert.

3.2.2.1 AUTONOME ANPASSUNG

Die autonome Anpassungskapazität bezeichnet die „stillen Reserven“ eines Systems, die eine Anpassung an einen gewissen Grad von erhöhten Belastungen ohne eine aktive Veränderung (Eingriff/Maßnahme) von

außen ermöglichen (z.B. die natürliche Anpassung von Pflanzen an zunehmende Hitzebelastung). Sie wird bisweilen auch nicht zur Anpassungskapazität gerechnet, da sie kein aktives Handeln erfordert, sondern eine Eigenschaft der bestehenden Systeme darstellt. Die Kenntnis um die Grenzen der autonomen Reserven ist theoretisch maßgeblich für eine effiziente Auswahl und Koordination der re- und pro-aktiven Anpassungsmaßnahmen (siehe unten). Zu wissen, wann die autonome Anpassungskapazität erschöpft sein wird, würde es ermöglichen, frühzeitig festzulegen, wann mit einer aktiven Anpassung begonnen werden muss, um in Abhängigkeit vom jeweils notwendigen Zeitbedarf für deren Realisierung die erwünschten Effekte rechtzeitig erzielen zu können. Autonome Anpassungskapazitäten können in Einzelfällen eine ausreichende Anpassung ermöglichen, müssten aber gesondert erhoben werden, was aufgrund mangelnder Definitionen, Kenntnisse und Konzepte über die Sensitivität betroffener Systeme aktuell nur bedingt möglich ist (Ausnahmen: Hitzestress bei Pflanzen und Hitzebelastung bei bestimmten Personengruppen). Eine solche Bestimmung ist indes nicht Teil dieses Projekts.

3.2.2.2 GEPLANTE ANPASSUNG

Im Gegensatz zur autonomen Anpassung bedürfen die drei Varianten der geplanten Anpassung eines aktiven, geplanten Eingriffs in ein System. Die drei Anpassungsarten Bewältigungskapazität, re- und pro-aktive Anpassung unterscheiden sich dabei vor allem hinsichtlich des Zeitpunkts, zu dem diese Eingriffe vorgenommen werden.

Bewältigungskapazität

Die Bewältigungskapazität (auch „Coping Capacity“) kommt erst nach Eintritt eines Belastungsfalls zum Tragen und dient der kurzfristigen Bewältigung von extremen und singulären Belastungen (z.B. Sturzregen), die in ihrem lokalen Auftreten bisher nur bedingt antizipiert werden können und an die eine langfristige Anpassung schwer möglich ist. Beispiele für die kurzfristige Bewältigung von Schadensereignissen sind Straßensperren bei Überflutungen oder Räumarbeiten nach Sturmschäden. Die Bewältigungskapazität könnte in solchen Fällen etwa durch eine Erhöhung der Mannzahlen bei den Technischen Hilfswerken und der Feuerwehr inklusive einer Anpassung der technischen Ausrüstung gesteigert werden. Sie ist nicht Teil der Betrachtungen im Rahmen dieses Vorhabens.

Re-aktive Anpassungskapazität

Der Begriff re-aktive Anpassungskapazität bezeichnet die Möglichkeiten zur Realisierung jener Maßnahmen, die erst im akuten Belastungsfall und relativ kurzfristig, sprich ohne Planung mit größerem zeitlichem Vorlauf zum Ereignis, erfolgen. Diese Anpassungskapazität unterscheidet sich von der Bewältigungskapazität (siehe oben), da sie sich vorrangig auf schleichende und langfristig wirkende Klimaänderungen und deren Folgen (vornehmlich Hitze) bezieht. Ein Beispiel für eine re-aktive Anpassungsoption ist die Wiederherstellung einer geschlossenen Fahrbahndecke nach Flutschäden oder die aktive Kühlung von Straßen durch gezieltes Fluten mit Wasser. Eine re-aktive Anpassung hat den Nachteil, dass sie zuweilen (aufgrund des zeitlichen Verzugs vom Auftreten der Problemsituation über die Planung von Maßnahmen bis hin zur Umset-

zung) bei akuten Belastungssituationen nicht direkt zur Milderung beitragen kann. Die re-aktive Kapazität ist vorrangig als Möglichkeit zur Reaktion auf jene Entwicklungen zu betrachten, die sich außerhalb der Erwartungen (räumlich/zeitlich) bewegen, die der Grund für pro-aktive Anpassungen (siehe unten) waren. Die re-aktiven Maßnahmen können folglich im Sinne flexibler, adaptiver Pläne als ein vorzusehender „Puffer“ verstanden werden.

Pro-aktive Anpassungskapazität

Pro-aktive Anpassungskapazität bezeichnet die Möglichkeiten zur Realisierung all derjenigen Maßnahmen, die unter Annahme einer bestimmten klimatischen Änderung und der resultierenden negativen Folgen lange vor deren Eintreten ergriffen werden sollten. Hierzu zählt zum Beispiel die planerische Sicherung von Frischluftschneisen und Kaltluftentstehungsgebieten (etwa im FNP) ebenso wie die Ertüchtigung von Gebäuden für den sommerlichen Hitzeschutz.

Die pro-aktive Anpassung mittels faktischer Kompensatoren steht im Mittelpunkt dieses Vorhabens, da sie per Definition auf die Aufgaben und Instrumente der Stadtplanung und deren vorausschauenden, an vergleichsweise weiten Zeithorizonten orientierten Charakter zutrifft.

3.2.3 ZEITLICHER BEZUGSPUNKT DER KAPAZITÄTENERMITTLUNG: AKTUELLER STAND VERSUS ANTIZIPATION ZUKÜNFTIGER PLANUNGEN

In diesem Vorhaben werden Anpassungskapazitäten grundsätzlich als diejenigen Handlungspotenziale verstanden, die bei den gegenwärtig bestehenden Stadtstrukturen und Gegebenheiten vorhanden sind. Eine Annahme darüber, was zum Zeitpunkt X bei einer klimatischen Belastung Y unter den dann neuen, heute noch nicht absehbaren Gegebenheiten (Neubaugebiete, neu versiegelte Flächen etc.) an Kapazitäten vorhanden sein wird, wäre mit zu vielen Unsicherheiten verbunden. Die Ermittlung von Anpassungskapazitäten kann daher nur vom Ist-Zustand ausgehen und das aktuell gegebene Potenzial für eine zukünftige Umsetzung von Anpassungsoptionen darstellen, ohne Berücksichtigung eventueller Neuplanungen oder ähnlichem.

3.2.4 ZUSAMMENFASSUNG DER NEUKONZEPTION

Zur Erfassung der Anpassungskapazitäten wird in diesem Projekt grundlegend zwischen zwei Kategorien von Anpassungskapazitäten unterschieden (siehe auch Kap. 3.2.1 und Abb. 2):

- (1) Faktische Anpassungskapazitäten, mittels derer sich Beeinträchtigungen oder Schäden infolge des Klimawandels konkret mindern lassen. Diese Kapazitäten werden durch die Realisierung von Anpassungsoptionen abgerufen, die als faktische Kompensatoren bezeichnet werden (z.B. Schaffung neuer Wasserflächen zur Kaltluftproduktion und Kompensation von Hitzebelastungen). Hauptaugenmerk dieses Vorhabens liegt auf den pro-aktiven, vorbeugenden (faktischen) Anpassungsoptionen, die im Zuständigkeitsbereich der raumrelevanten kommunalen Planungen liegen.

Die Nutzbarmachung faktischer Kapazitäten durch die Veränderung von Merkmalen von Flächen und Anlagen ist an bestimmte Rahmenbedingungen geknüpft, die in der zweiten Kategorie gebündelt werden:

- (2) Regulative Faktoren wie (Anpassungs-)Wissen, Ressourcen (ökonomische, institutionelle) und politischer Wille zur Realisierung von Anpassungsoptionen. Solche Faktoren haben Einfluss auf die Vulnerabilität, weil sie maßgeblich über den Umfang der Nutzung vorhandener Kapazitäten auf Seiten der faktischen Kompensatoren bestimmen.

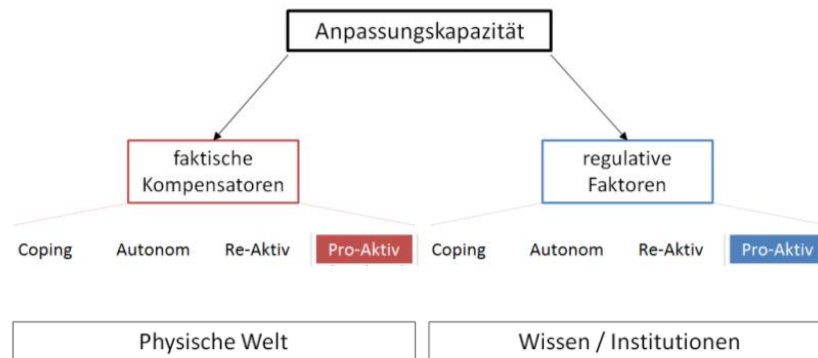


Abbildung 2: Kategorien und Grundbegriffe der Anpassungskapazität

Im folgenden Kapitel 4 werden Anpassungsoptionen zur Realisierung von Anpassungskapazitäten der Kategorie der faktischen pro-aktiven Kompensatoren erörtert.

3.2.5 EXKURS: INKOMMENSURABILITÄT DER KOMPONENTEN ZUR VULNERABILITÄTSERMITTLUNG

Das IPCC-Modell (vgl. IPCC 2007; 2012) sieht eine Verrechnung von potenzieller Vulnerabilität (Überlagerung von Exposition und Sensitivität) und Anpassungskapazität vor. Damit dies methodisch möglich ist, müssen klar definierte Eingangswerte der potenziellen Vulnerabilität für die Verrechnung und entsprechend verrechenbare Einheiten vorliegen. Beides ist aktuell nicht der Fall.

Wie in Hemberger und Utz (2013) deutlich wird, ist für die Bestimmung der potenziellen Vulnerabilität kein methodisch einheitliches Verfahren etabliert. Demnach liefern potenzielle Vulnerabilitätsbewertungen keine vergleichbaren, klar definierten Werte für eine Verrechnung, was nachfolgend beschrieben Grund hat. Unter anderem entscheidend für das Ergebnis einer potenziellen Vulnerabilitätsanalyse ist die Skala zur Bewertung der Veränderung von Klimafaktoren. Es lässt sich auf den Werten eines Klimafaktors für einen bestimmten Betrachtungszeitpunkt aufsetzen, zum Beispiel das 50. Perzentil mit einer Anzahl von 1,3 bis 16,7 heißen Tagen für den Zeitraum 2021-2050. Oder es wird eine Skala auf Basis der tatsächlichen Veränderung der Werte eines Klimafaktors angelegt, zum Beispiel die Zunahme der Anzahl an heißen Tagen um ein bis 2,9 Tage von einem Betrachtungszeitpunkt 1971-2000 zum nächsten Betrachtungszeitpunkt 2021-2050. In Abhängigkeit der gewählten Skala kommt es zu unterschiedlichen Einstufungen der potenziellen Vulnerabilitäten betroffener Räume. Siehe hierzu auch die Erläuterungen in Hemberger und Utz (2013).

Die für die Ermittlung potenzieller Vulnerabilitäten genutzten Klimafaktoren (Exposition) liegen in Einheiten „Temperatur“ (z.B. Durchschnittstemperatur) oder als Zahlenwert für die Häufigkeit bestimmter Belastungssituationen (z.B. Anzahl heißer Tage) vor. Die Einheiten der im IPCC genannten Anpassungskapazitäten wie vorhandene Finanzmittel, Wissen etc. sind für die im IPCC-Modell angedachte Verrechnung inkommensurabel. Außerdem erfolgt eine Anpassung in der Stadtplanung vornehmlich in Form von Plänen zu Flächen und Anlagen sowie der Nutzungssteuerung. Solche Pläne basieren auf entsprechenden Skalen beziehungsweise Einheiten, etwa Aussagen zur Lage (z.B. lokale Gemarkung), Größe (z.B. m² oder ha) und Nutzung (z.B. Nutzungsart) eines Flurstücks. Die in der Planung üblichen Skalen/Einheiten sind nicht mit jenen der Klimaveränderung (z.B. Temperatur oder Anzahl Tage) oder Sensitivität (z.B. Anzahl Personen Ü75) und damit der potenziellen Vulnerabilität direkt verrechenbar (Inkommensurabilität).

4 Optionenmatrix für Anpassungen auf Basis der Faktoren des Stadtklimas

Der Logik der faktischen Kompensatoren folgend, müssen sich Anpassungsoptionen zur Reduktion von Hitzebelastungen im Stadtraum an den Spezifika des städtischen Klimas und dessen zentralen Faktoren orientieren. Dieses Kapitel führt deshalb in grundlegende Zusammenhänge des Stadtklimas ein, die – in einer Optionenmatrix abgebildet – dazu genutzt werden, jene Anpassungsoptionen im Zuständigkeitsbereich der kommunalen raumwirksamen Planung zu bestimmen, für die mittels des in Kapitel 5 vorgestellten Kapazitätenermittlungstools (KET) in der Musterkommune Ludwigsburg Anpassungskapazitäten erhoben werden (siehe dazu Kap. 6).

Es wird nachfolgend zum Teil eine vereinfachte, dem Fokus des Projekts dienliche Darstellung des Stadtklimas vorgenommen – wohlwissend, dass dieses ein komplexes Wirkgefüge ist. Die hier getroffenen Aussagen berücksichtigen den Stand der Forschung. Die entsprechenden wissenschaftlichen Grundlagen finden sich im als Quellenangaben am Ende eines jeden Abschnitts. Zudem wurden im Zuge der Entwicklung des KET mehrere Interviews mit Experten aus dem Bereich der Stadtklimatologie geführt, unter anderem mit Professor Jendritzky (Freiburg), Professor Kuttler (Essen) und Professor Matzarakis (Freiburg). Diese stützen aus Sicht der Stadtklimatologie die gewählte Herangehensweise, die Ermittlung von Anpassungsoptionen auf den Faktoren des Stadtklimas und entsprechenden Indikatoren aufzubauen. Die in den Interviews erörterten Details und Feinheiten des Stadtklimas spielen indes für die Bestimmung von Anpassungskapazitäten mittels des KET keine Rolle, sondern dienen der Fundierung der dabei verwendeten Indikatoren und Prüfschritte in der Entwicklungsphase.

4.1 DAS STADTKLIMA ALS AUSGANGSPUNKT FÜR DIE BESTIMMUNG VON ANPASSUNGSOPTIONEN

Das Stadtklima entsteht infolge der klimawirksamen Einflüsse der den Stadtraum prägenden Elemente in Wechselwirkung mit dem Umland (z.B. Flurwinde) vor dem Hintergrund großräumlicher Klimabedingungen (Klimazone, Topographie etc.)¹. Will man einer Zunahme der Hitzebelastung entgegensteuern, stellt die Einflussnahme auf klimabedingende Faktoren eine mögliche faktische Kompensation dar, die es zu nutzen gilt. Diese Faktoren werden nachfolgend in hinreichender Ausführlichkeit beschrieben, um die im weiteren Verlauf des Kapitels resultierende Bestimmung und Bewertung von Anpassungsoptionen besser nachvollziehen zu können.

¹ Ein guter Überblick zu den Grundlagen des Stadtklimas findet sich auch unter www.staedtebauliche-klimafibel.de und www.stadtklima-stuttgart.de.

4.1.1 FAKTOREN DES STADTKLIMAS

Ein bebauter städtisch-/industrieller Siedlungsraum hat infolge anthropogener Klimabeeinflussung ein eigenes Mikro- und Mesoklima, das sich vom Umland unterscheidet und unter dem Begriff „Stadtklima“ gefasst wird. Anthropogene Einflussfaktoren sind (a) die Reduzierung natürlicher Bodenoberflächen und Versiegelung, (b) der geringe Anteil an Vegetation, (c) die Abwärme von technischen Prozessen (Kfz-Verkehr, Gewerbe und Industrie etc.), (d) die Schaffung dreidimensionaler baulicher Strukturen, die aufgrund ihrer Oberflächenbeschaffenheit Wärme speichern und vermehrt reflektieren und die (e) durch ihre Rauigkeit die Windgeschwindigkeit herabsetzen.



Abbildung 3: Einflussgrößen des urbanen Wärmehaushalts (nach Robel et al. 1978)

Diese Faktoren nehmen Einfluss auf die urbane Energiebilanz (siehe Anhang A2), das Wasserspeichervermögen von Böden, die Verdunstungsrate und das lokale Windfeld (Luftaustausch mit dem Umland). In der Folge weisen Stadträume in der Regel deutlich höhere Luft- und Oberflächentemperaturen als das Umland auf und eine niedrigere relative Luftfeuchte, eine schlechte Durchlüftung und eine vergleichsweise hohe Konzentration von Luftschadstoffen (vgl. Kuttler 1996; Kuttler 2013, 212-225). Der resultierende „Urbane Hitzeinsel-Effekt“ (UHI) tritt je nach baulicher Dichte, Einwohnerzahl, Bewuchs und Windverhältnissen sowie den anderen zuvor genannten Faktoren in unterschiedlich starken Ausprägungen auf. Er ist ferner stark von der Witterung sowie der Tages- und Jahreszeit abhängig und unterliegt einem steten Wechsel in Ausformung und Intensität (vgl. Kuttler 2011a, 6-8). Aufgrund der erhöhten klimatischen Belastungen treten

negative Folgen des Klimawandels (z.B. hitzebedingte gesundheitliche Belastungen) in Stadträumen vermehrt und mit höherer Intensität zutage².

Die zuvor ausgeführten Aspekte finden sich bei: *Kuttler, W. (1996); Kuttler, W. (2011a); Kuttler, W. (2013); Robel F. et al. (1978); Sukopp, H. und Wittig, R. Hrsg. (1998); siehe auch Anhang 1 und 2*

4.1.2 STADTKLIMATOLOGISCHE AUSGANGSLAGE FÜR EINE ANPASSUNG UND MÖGLICHE ANPASSUNGSOPTIONEN

Die zuvor beschriebenen Faktoren (a) bis (e) für die Ausbildung des Stadtklimas sind Angriffspunkte für eine Anpassung im Sinne einer gezielten Senkung der klimabedingten Belastungen (die nachfolgende analog nummerierte Aufzählung bezieht sich auf die Faktoren). Diese ist möglich durch Änderungen (a) von Flächen und deren Oberflächenbeschaffenheit (Versiegelungsgrad), (b) des Anteils und der Art des Grünbewuchses in der Stadt, (c) von Nutzungsstrukturen und Nutzerverhalten sowie (d) und (e) der Struktur und materiellen Beschaffenheit der Bebauung.

Um geeignete Anpassungsoptionen mit ihrem faktischen Einfluss auf das Stadtklima bestimmen zu können, wird im Rahmen dieses Projekts eine sogenannte Optionenmatrix (OPM) entwickelt. Diese beinhaltet die oben mit (a) bis (e) bezeichneten Möglichkeiten zur gezielten Einwirkung auf das Stadtklima (z.B. Änderung des Bewuchses) – im Weiteren auch Wirkweisen genannt – und setzt jede dieser Wirkweisen in Bezug zu allen prinzipiell denkbaren konkreten (physischen) Elementen im Stadtraum (z.B. Flächen), auf denen sich die Wirkweisen theoretisch realisieren lassen – im Weiteren auch Ansatzpunkte genannt. Durch dieses in Bezug setzen von Wirkweise und Ansatzpunkt lassen sich mögliche Anpassungsoptionen für eine Beeinflussung des Stadtklimas systematisch identifizieren. Nähere Erläuterungen hierzu in Kapitel 4.5.

Der Fokus dieses Projekts liegt mit Bezug auf das „Fachgutachten für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung“ (Hemberger und Utz 2013), der „Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels“ und den dort zugrunde gelegten „Klimatischen Leitplanken“ (vgl. LUBW 2013) auf Anpassungsoptionen zur Reduktion der thermischen Lasten im Stadtraum und dem Schutz hitzesensitiver Güter. Gemäß den „Klimatischen Leitplanken“ (Klimaprojektionen für Baden-Württemberg) ist ein eindeutiger Entwicklungstrend zu verzeichnen, wonach es zu einer signifikanten Zunahme der Hitzebelastung kommen wird, die sich unter anderem durch eine Zunahme heißer Tage und Tropennächte sowie längere Hitzeperioden bemerkbar machen wird. Wie stark einzelne Kommunen Baden-Württembergs in der Zukunft hiervon betroffen sein werden, ist hinsichtlich der eigentlichen Zielsetzung dieses Projekts, der Ermittlung von Anpassungskapazitäten, indes methodisch irrelevant. Hier gilt: Anpassungskapazitäten im Sinne von Handlungspotenzialen können zunächst unabhängig von der klimatischen Belastung erhoben werden. Deren Bewertung in Relation zu den lokal erwarteten potenziellen Vulnerabilitäten ist kein Kernanliegen dieses Vor-

² Nähere Informationen zu den Einflussgrößen und Berechnungsmöglichkeiten des städtischen Wärmehaushalts (Bilanzierung), insbesondere was die urbane Strahlungsbilanz infolge der unterschiedlich starken kurz- und langwelligen Strahlungsströme betrifft, finden sich im Anhang 2 und unter anderem bei Kuttler (2013). Für die Identifikation geeigneter Anpassungsoptionen und die Ermittlung von Anpassungskapazitäten sind derlei Detailkenntnisse aber nicht notwendig.

habens (für einen kurzen Exkurs zur Verrechenbarkeit von Anpassungskapazität und potenzieller Vulnerabilität siehe Kap. 3.2.5).

Die zuvor ausgeführten Aspekte finden sich bei: *Barlag, A.-B. (1997); Endlicher, W. (2012); Goldbach, A. (2012); Goldbach, A. und Kuttler, W. (2013); Harlaß, R. (2008); Jendritzky, G. et al. (2007); Kuttler, W. (2010a); Kuttler, W. (2010b); Kuttler, W. (2011b); Kuttler, W. (2013); Landeshauptstadt Stuttgart (2010); LUBW (2013); Müller, N. et al. (2014b); siehe auch Anhang 1.*

4.1.3 EINORDNUNG DES POTENZIALS STADTPLANERISCHER ANPASSUNGSOPTIONEN

Grundsätzlich ist anzumerken, dass sich eine Veränderung lokaler Temperaturen und eine Anpassung an die negativen Folgen des Klimawandels mit stadtplanerischen Maßnahmen nur in begrenztem Maße erreichen lassen. Vorrangigen Einfluss auf das lokale Klima haben die geographische und topographische Lage der jeweiligen Siedlungsstruktur sowie die großklimatische Prägung des Siedlungsraums. Innerhalb der durch diese Parameter gesetzten Grenzen sind die Gestaltungsmöglichkeiten der Stadt- und Raumplanung indes maßgeblich für die Anpassung und sollten, gerade aufgrund der zu erwartenden klimatischen Entwicklungen (siehe oben), möglichst vollumfänglich ausgeschöpft werden, um spürbare Anpassungseffekte zu erzeugen.

4.2 NUTZEN UND BEDEUTUNG VON KLIMAKARTEN UND SIMULATIONEN FÜR DIE ANPASSUNG

Die zuvor beschriebenen Faktoren des Stadtklimas bedingen durch ihre jeweilige lokale Ausprägung unterschiedliche Klimatope im Stadtraum. Diese lassen sich auf unterschiedliche Weise bestimmen und in Klimakarten darstellen. Nachfolgend werden diese in Grundzügen beschrieben und ihre Bedeutung für das Projekt und allgemein für die Planung erläutert.

4.2.1 AUFBAU UND FUNKTION VON KLIMAKARTEN

Die in Kapitel 4.4 beschriebenen Faktoren des Stadtklimas liegen innerhalb einer Siedlungsstruktur in der Regel in sehr heterogener Ausprägung vor. Unterschiede in der baulichen Dichte, dem Versiegelungsgrad, der Begrünung etc. prägen lokal die klimatischen Gegebenheiten und führen zu sogenannten Klimatopen mit unterschiedlichen klimatischen Belastungen (z.B. Stadtkernklimatop, Stadtrandklimatop und Gartenstadtklimatop), die sich in Klimakarten darstellen lassen. Zu deren Erstellung gibt es unterschiedliche Verfahren und Datenquellen, von Messfahrten, lokalen Wetterstationen über Befliegungen (Infrafortmessung) und Satellitenaufnahmen bis hin zur Modellierung/Simulation am Rechner in Form sogenannter „Synthetischer Klimafunktionskarten“ (VDI 3785, Blatt1; für einen Überblick siehe Kuttler und Düttemeyer 2003). Entsprechende Klimakarten mit Klimatopen, gegebenenfalls ergänzt um weitere Informationen zum lokalen Klima wie zum Beispiel Kaltluftbahnen und Windfeldern, sind gekennzeichnet durch folgende Eigenschaften und Funktionen:

- (1) Abgrenzung von Klimatopen mit dem Ziel der flächenhaften Differenzierung von Räumen, die ähnlich auftretende klimatisch-lufthygienische Merkmale aufweisen (z. B. Innenstadtklimatop)

- (2) Darstellung von klimatopübergreifenden Flächen, denen definierte Klimafunktionen zugesprochen werden können (z. B. Kaltluftproduktionsgebiet)
- (3) Ausweisung von punktuell auftretenden Phänomenen (z. B. Windfeldveränderungen durch Bebauungsstrukturen)

Der inhaltliche Schwerpunkt liegt bei diesen Karten in der Ausweisung und flächenhaften Abgrenzung von

- (1) stadtklimatischen Lasträumen,
- (2) stadtklimatischen Ungunsträumen,
- (3) Übergangsbereichen von Last- zu Ausgleichsräumen,
- (4) Ausgleichsräumen mit der Funktion einer Klimaverbesserung für/begünstigenden Einfluss auf das Klima angrenzender Räume.

Die zuvor ausgeführten Aspekte finden sich bei: *Beckröge, W. (1990); Kuttler, W. und Dütemeyer, D. (2003); Kuttler, W. et al. (2012); VDI (2014)*

4.2.2 RELEVANZ VON KLIMAINFORMATIONEN FÜR DIE PLANUNG

Das in Klimakarten abgebildete Wissen über lokale Klimaverhältnisse kann bei der Abwägung von Planungsentscheidungen herangezogen werden. Es bietet eine Hilfestellung, um bei planerischen Eingriffen mit klimatisch sensiblen Flächen/Bereichen entsprechend sorgsam umgehen zu können, zum Beispiel, indem vorhandene Kaltluftleitbahnen freigehalten werden. Es gilt, die Entstehung neuer Lasträume und eine Verschärfung der Situation in bereits existierenden zu vermeiden sowie gegebenenfalls neue Übergangsbereiche und Ausgleichsräume zu schaffen.

Informationen über das lokale Klima sind zudem hilfreich bei der Entscheidung, in welchen Stadträumen Maßnahmen zur Anpassung vorrangig umzusetzen sind (Lasträume und Ungunsträume) und wo an bestehende Ausgleichsräume angeschlossen werden kann.

4.2.3 ANPASSUNGSOPTIONEN UND DIE BEDEUTUNG VON KLIMAKARTEN

Obwohl Klimakarten für die Planung wie in Kapitel 4.2.2 erläutert durchaus Relevanz haben, spielen sie für die Entwicklung von Anpassungsoptionen und einer Erhebung deren Kapazitäten, die im Mittelpunkt dieses Vorhabens stehen, keine Rolle. Diese orientieren sich ausschließlich am Beitrag einer Anpassungsoption zur faktischen Kompensation (Wirkweise) und den Möglichkeiten, diese im Stadtraum zu realisieren (Ansatzpunkte) – nicht an den thermischen Lasten in einem Stadtraum. Genutzt werden können Klimakarten indes für die Identifizierung von Räumen mit prioritärem Anpassungsbedarf (klimatische Lasträume) und für eine langfristige Sicherung vorhandener Klimaqualitäten sowie die Schaffung von Ausgleichsräumen. Sofern lokale, kleinräumliche Klimadaten in ausreichender Qualität vorliegen, können sie – gerade bei begrenzten Budgets – die Entscheidung erleichtern, in welchem Stadtgebiet Anpassungsoptionen prioritär zu realisieren

sind: in den hoch belastenden Klimatopen (z.B. Stadtkernklimatop), in denen sich viele Menschen aufhalten. Im Regelfall sind diese Gebiete aber aufgrund der baulichen Struktur (hohe Dichte, viele Verkehre), den spezifischen Nutzungen/Nutzungsarten (sensible Einrichtungen) und der Lage in einem Stadtgebiet (Stadtkern) auch ohne Klimakarten erkennbar und/oder den lokalen Akteuren bekannt.

Würde sich die Bestimmung von Anpassungskapazitäten an Klimakarten ausrichten, würden vornehmlich die hoch belasteten Stadträume in den Fokus geraten und es würden nur für diese in einer Art „Einzelfallprüfung“ mögliche Anpassungsoptionen bestimmt werden. Entscheidend für eine „effiziente“ Anpassung ist aber der Gesamtüberblick über möglichst alle stadtplanerischen Kapazitäten einer Kommune. Liegt ein solcher vor, kann in Kombination mit den Klimakarten der Komplexität und Vernetztheit des lokalen Klimagesüßes Rechnung getragen werden, zum Beispiel, indem Last- wie Ausgleichsräume mit den jeweiligen Kapazitäten im Zusammenhang betrachtet werden. Die Gesamtbetrachtung kann dann unter Umständen aufzeigen, dass es für eine Minimierung der Belastung potenziell betroffener Personengruppen zielführender ist, verfügbare Mittel in die Nutzbarmachung von Kapazitäten in Ausgleichsräumen zu investieren, statt in Kapazitäten in Lasträumen. Zudem bietet eine Gesamtschau der Kapazitäten die Möglichkeit, diese mit anderen Planungsaktivitäten abzustimmen, zum Beispiel der Grünvernetzung, der Verkehrsplanung oder Aspekten des Naturschutzes. (Für die Priorisierung der für die Musterkommune Ludwigsburg ermittelten Anpassungskapazitäten für die Einzelfallprüfung liegen entsprechende Klimakarten vor, siehe dazu Kap. 5.2.3.7.)

Es gibt aktuell bereits gute Möglichkeiten zur quantitativen Untersuchung mikroklimatischer Effekte von stadtplanerischen Maßnahmen wie zum Beispiel der Pflanzung von Bäumen auf Plätzen (vgl. Fröhlich und Matzarakis 2011). Die Modellierung mittels entsprechender Software (z.B. „RayMan“ oder „ENVI-Met“) ist aber für ganze Stadtsysteme nicht ohne weiteres möglich und von Kommunen nur sehr bedingt selbstständig durchführbar. Aufgrund dieser Einschränkungen scheiden solche Verfahren zur quantitativen Ermittlung von Kapazitäten aus, nicht zuletzt, da sie die Anforderung einer einfachen Umsetzbarkeit (siehe Kap. 5.1) nicht erfüllen. Sie können jedoch ein sehr hilfreiches Werkzeug sein, um eine Einzelfallprüfung und nachfolgende Planungsschritte im Detail zu optimieren und konkretisieren.

Dass eine Kommune alle klimarelevanten Faktoren im Stadtraum in ihrer unterschiedlichen Ausprägung erhebt (z.B. Begrünung und Oberflächenbeschaffenheit von Gebäuden), ist in der Praxis nicht leistbar. Ein Kapazitätenermittlungstool muss daher auf den für den Stadtraum flächendeckend vorliegenden Indikatoren (z.B. Versiegelungsgrad) für die maßgeblich klimaprägenden Faktoren aufbauen. Anpassungsoptionen setzen infolgedessen genau dort an, wo klimarelevante Faktoren im Stadtgefüge zu hohen Hitzebelastungen führen (z.B. infolge hoher Versiegelung) und gewährleisten somit den größtmöglichen Nutzen (mehr dazu in Kap. 4.5). Hohe Belastungen zeigen zwar auch Klimakarten an, beinhalten aber dabei nicht die notwendigen Informationen, um faktische Kompensatoren mit deren Wirkweise zum Beispiel auf einer konkreten Fläche (Ansatzpunkt) verorten zu können.

Die zuvor ausgeführten Aspekte finden sich bei: *Fröhlich, D. und Matzarakis, A. (2011); Groß, G. und Etling, C. (2003); Matzarakis, A. et al. (2007); Matzarakis, A. et al. (2010)*

4.3 DIE PHYSIOLOGISCHE/HUMAN-METEOROLOGISCHE HITZEBELASTUNG IM STADTRAUM

Wie oben erwähnt, fokussiert das Projekt bei der Identifikation möglicher Optionen zur Anpassung darauf, an was vornehmlich angepasst werden soll: erhöhte thermische Lasten infolge des Klimawandels. Diese werden in Klimamodellen vor allem über temperaturabhängige Klimafaktoren dargestellt (z.B. Anzahl heißer Tage), welche in der Realität im Stadtraum aber durch das lokale Zusammenspiel unterschiedlicher Aspekte wie Wind, Rückstrahlung von Gebäuden, Lufttemperatur, Luftdruck, Feuchtegehalt der Luft und weiteren Faktoren bestimmt werden (siehe Kap. 4.1.1). Um dies zu berücksichtigen, gibt es zur Bestimmung der Belastung für den menschlichen Organismus und dessen Reaktion/Thermoregulation unterschiedliche Modelle, welche diverse Faktoren miteinander verrechnen. Zu nennen sind hier der Predicted Mean Vote (PMV), Perceived Temperature (pt), die sogenannte Physiologisch-äquivalente Temperatur (PET; vgl. Fanger 1972; Jendritzky et al. 1990; Höppe 1999) und der Universal Thermal Climate Index (UTCI-Fiala model; vgl. Fiala et al. 2012; Jendritzky, De Dear, Havenith 2012; Psikuta et al. 2012). Ein Überblick zu den gängigen Modellen findet sich bei Kuttler (2013, 195). Die unterschiedlichen Ansätze haben ihre Vor- und Nachteile, können jedoch nur Einzelsituationen abbilden, da in der Regel Daten zu den baulichen Gegebenheiten (Gebäudehöhe, Materialität etc.) eingegeben werden müssen, die sich im Stadtraum von Ort zu Ort fortlaufend ändern. Eine genaue Bestimmung, in welchen Stadtteilen sich die Belastung wie stark erhöht beziehungsweise wie stark sie ausfallen wird, ist theoretisch mittels genannter Simulationen oder durch lokale Messungen bestimmbar, in der Praxis des planerischen Alltags aber nicht realistisch. Die PET und der UTCI bilden demnach keine Grundlage für eine flächendeckende Bestimmung der Belastungen in einer ganzen Kommune. Zudem sind Daten zur aktuellen Belastung für die im Rahmen dieses Projekts angestrebte flächendeckende Ermittlung von Anpassungskapazitäten grundsätzlich irrelevant (siehe Ausführungen in Kap. 4.2.3).

Hohe Lufttemperaturen sind aus human-meteorologischer Sicht für den Menschen belastend, darüber hinaus ist aber die Globalstrahlung ein wesentlicher Faktor für die tatsächliche Hitzebelastung. Die zuvor genannten Modelle (z.B. PET und UTCI) betrachten die direkte unterschiedlichen Strahlungsbelastungen als eigenständige Faktoren (auch als Reflexion von Oberflächen), da diese den Organismus stärker belastet als nur höhere Lufttemperaturen (vgl. Jendritzky 1990; Fiala et al. 2012). Dies wird auch in der nachfolgend in Kapitel 4.5 vorgestellten Optionenmatrix berücksichtigt. Dort wird unter der Kategorie „Wirkweise“ zwischen den Teilaspekten einer Veränderung der Lufttemperatur (Temperatur senken, z.B. durch Verdunstung) und der Strahlungsbilanz (Aufheizung vermeiden, z.B. durch Verschattung) unterschieden.

Die zuvor ausgeführten Aspekte finden sich bei: *Fanger, P. O. (1972); Fiala, D. et al. (2012); Höppe, P., (1999); Jendritzky G. et al. (1990); Jendritzky, G. et al. (2012); Kuttler, W. (2013); Matzarakis, A. et al. (1999); Psikuta, A. et al. (2012); VDI, (1998); VDI, (1994)*

4.4 MÖGLICHKEITEN DER EINFLUSSNAHME AUF DIE FAKTOREN FÜR THERMISCHE LASTEN (WIRKWEISEN): HERLEITUNG UND GRUNDLAGEN DER ELEMENTE EINER OPTIONENMATRIX

Mit der in Kapitel 4.5 vorgestellten Optionenmatrix (OPM) wird eine systematische Ableitung unterschiedlicher Möglichkeiten zur Senkung der thermischen Lasten im Stadtraum durch faktische Kompensatoren angestrebt. Dazu wird in der OPM-Kategorie „Wirkweise“ zwischen drei grundlegenden Teilaspekten für eine Anpassung an die Hitzebelastungen unterschieden: (a) Temperatur senken, (b) Aufheizung vermeiden und (c) Temperaturunterschiede nutzen. Möglichkeiten, diese Wirkweisen durch das Ergreifen faktischer Anpassungsoptionen (z.B. Erhöhung des Grünbewuchs zur Kaltluftproduktion respektive Temperatursenkung)

konkret im Stadtraum umzusetzen, werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die jeweils erzielbaren Wirkeffekte (thermisches Reduktionspotenzial) erörtert. Dabei werden unter anderem die in Kapitel 4.1.2 genannten Möglichkeiten zur gezielten Einwirkung auf das Stadtklima aufgegriffen.

4.4.1 GRÜNBEWUCHS

Eine Begrünung von Flächen hat einen positiven Einfluss auf das Stadtklima, da Pflanzen durch Verdunstung (Evapotranspiration; vgl. Harlaß 2008, 110) zur Kühlung beitragen, eine geringere Wärmeaufnahme als versiegelte Flächen aufweisen und, je nach Pflanzenart in unterschiedlichem Umfang, Schatten spenden. Es sind demnach Größe, Aufbau und Zusammensetzung der Vegetation maßgeblich für die Klimafunktion (Strahlungs- und Wärmebilanz). Die Versorgung mit Wasser stellt dabei einen entscheidenden Faktor dar.

Neben der Begrünung von Flächen bieten Fassaden die Möglichkeit für weiteren Grünbewuchs im Stadtraum mit positiven Effekten für diesen durch Verdunstung und – aufgrund der geringen Aufheizung der Oberflächen – auch für die Gebäudenutzer (vgl. Köhler 2008; Köhler 2012). Daten zu Fassadenoberflächen liegen in den Kommunen in der Regel nicht flächendeckend vor. Eine Ermittlung entsprechender Kapazitäten ist somit nicht möglich.

Die Begrünung von Dachflächen, in der Regel möglich bis zu einer Neigung von 30°, ist für einen lokal spürbaren Effekt im Straßenraum nur bedingt von Nutzen (vgl. Harlaß 2008, 106). Sie leistet aber durch die Verdunstung einen Beitrag zur Kühlung der Luftmassen im Stadtraum insgesamt, bewirkt eine geringere Aufheizung (vgl. Kuttler 2011b, 5) von Gebäudeoberflächen und wirkt als Isolator für unmittelbar angrenzende Innenräume. Zudem stellen Dachflächen gerade in verdichteten und damit klimasensiblen Innenstadtbereichen, wo Flächen auf Straßenniveau in der Regel aufgrund deren Nutzungen/Funktionen nicht ohne weiteres für Grünbewuchs zur Verfügung stehen, oftmals ein wichtiges Potenzial dar.

Bäumen kommt durch die kombinierte Wirkung von Verdunstung und Schattenspenden eine besondere Bedeutung für die Reduktion thermischer Lasten zu. Über den Nutzen eines jeden einzelnen Baumes hinaus kann sich bei ausreichendem und nicht zu dichtem Baumbestand ein sogenannter „Oaseneffekt“ bilden (vornehmlich durch Parkanlagen des „Savannentyp“) mit niedrigeren Oberflächen- und Lufttemperaturen als in der Umgebung (vgl. Kuttler 2013, 269). Man spricht bei einer solchen horizontalen Temperaturdifferenz von einer „Parkkälteinsel“, deren Abkühlung mit zunehmender Größe steigt und nachts höher ausfällt als am Tag. Neben der lokalen Kühlung ist ab einer Größe von circa 2 ha eine Kühlwirkung für die angrenzende Bebauung durch Eindringen der produzierten Kaltluft möglich (siehe hierzu Bongardt 2006). Der Umfang hängt jeweils von der Struktur (geschlossener Block vs. offene Straßenachsen; Gebäudehöhe) und den lokalen Temperaturdifferenzen ab. Man spricht hier von lokaler Ausgleichszirkulation oder sogenannten Parkwinden, deren Eindringtiefe auch von der Gestalt (z.B. Muldenlage) und Einfassung (z.B. Mauerbegrenzung) der Grünfläche mit Baumbestand abhängt. Zu berücksichtigen ist, dass eine zu enge Pflanzung von Bäumen aufgrund des dann geschlossenen Kronendachs die nächtliche Abkühlung behindert. Zudem können Bäume Barrieren für lokale Windströmungen darstellen und so deren kühlende Wirkung mindern oder gar unterbinden. Die klimatischen Vorteile sind im Einzelfall gegeneinander abzuwägen, wobei der Kühleffekt von

Windsystemen in der Regel jenen von Bäumen deutlich übersteigt (siehe Anhang 3). Bei der Auswahl der Baumart ist auf die Standorteignung (Lichtbedarf, Höhe, Breite, Bodenanspruch, Wasserbedarf und Hitzeresistenz) und der Beitrag zur Ozonbildung (durch BVOCs; vgl. Kuttler 2011a, 10) zu beachten. Die Straßenbaumliste der deutschen Gartenamtsleiterkonferenz bietet hier einen guten Anhaltspunkt.³

Generell ist ein linearer Zusammenhang zwischen Abkühlungseffekt einerseits und Bewuchs (Vegetationsdichte) und Größe andererseits feststellbar (siehe Hupfer und Kuttler 2006, 425; Kuttler 2011b). Dabei kommt Bäumen und Sträuchern eine besondere Bedeutung zu, da in deren Kronendach und Blätterwerk ein Großteil der Globalstrahlung absorbiert wird, die damit nicht zur Aufheizung des Bodens oder der Luft beitragen kann.

Fazit: Grünbewuchs auf Flächen und Anlagen im Stadtraum ist von zentraler Bedeutung wenn es um Anpassung an höhere Temperaturen im Stadtraum geht. Umso größer die Fläche, desto eher ist ein positiver Effekt auch für die angrenzende Bebauung möglich. Von besonderem Nutzen sind Bäume aufgrund ihres Schattenschwurfs, der die Aufheizung von Oberflächen verhindert. Zur Vermeidung der Aufheizung von Gebäudeoberflächen (Anlagen) ist zudem die Fassadenbegrünung eine äußerst effektive Maßnahme.

Die zuvor ausgeführten Aspekte finden sich bei: *Bongardt, B. (2006)*, *Harlaß, R. (2008)*; *Hupfer, P. und Kuttler, W. (2006)*; *Kiese, O. (1995)*; *Köhler, M. (2008)*; *Köhler M. (2012)*; *Kuttler, W. (2011b)*; *Kuttler, W. (2013)*; *Matzarakis, A. und Streiling, S. (2004)*; *Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie (1999)*; *Sukopp, H. und Wittig, R. (1998)*

4.4.2 WASSER

Eine Eigenschaft von Wasserflächen, sei es in stehender Form oder als Fließgewässer, sind vergleichsweise geringe Albedowerte (hohe solare Strahlungsaufnahme) bei gleichzeitig hoher spezifischer Wärmespeicherkapazität. Vereinfacht gesagt: Wasserflächen verändern ihre Temperatur nur wenig und langsam, nehmen aber viel Energie auf. Eine Wasserfläche in der Stadt reduziert also die lokale Aufheizung im Vergleich zu sonstigen Materialien.

Als zweiter Effekt kommt die Kühlwirkung durch Verdunstung beziehungsweise Dämpfung des Temperaturverlaufs durch eine hohe Wärmeaufnahmekapazität zum Tragen. Die zur Verdunstung aufgewandte Energie steht nicht mehr zur weiteren Aufheizung der Luft bereit. Wie groß eine Fläche sein muss, um spürbaren Einfluss auf das kleinräumliche Siedlungsklima zu haben, ist nicht hinreichend untersucht. Als einzig gesichert kann die simple Regel gelten: je größer die Fläche, desto größer der Effekt.

Maßgeblichen Einfluss auf die Verdunstung haben die lokalen Windverhältnisse. Je stärker eine Wasserfläche von lokalen Winden überströmt und die feuchte Luft abtransportiert wird, desto mehr Wasser kann verdunstet werden. Hier spielt als weiterer Faktor der Grad der direkten Sonneneinstrahlung eine wesentliche

³ Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz (GALK): GALK-Straßenbaumliste; interaktive Auswahl und Download unter: http://www.galk.de/arbeitskreise/ak_stadtbaeume/webprojekte/sbliste/

Rolle. Den maximalen Wirkeffekt haben Wasserflächen an wolkenlosen Sommertagen, wenn die Energie zur Verdunstung ungehindert auftrifft.

Bei größeren Fließgewässern kann es zudem zur Ausbildung von Flusswinden in Abhängigkeit von der Gebäudestruktur-/ausrichtung unterschiedlicher Eindringtiefe in die bebaute Umgebung kommen (vgl. Kuttler 1991).

Nicht zuletzt bieten Wasserflächen aufgrund ihrer sehr geringen Rauigkeit nahezu keinen Luftwiderstand und stellen somit keine Barrieren in sensiblen Bereichen von Kaltluftströmen dar. Diesbezüglich sind sie, im Vergleich zu Baumpflanzungen, im Vorteil. Lage und Form von Wasserflächen sowie bei Fließgewässern der Verlauf können daher eine wichtige Rolle für ein Heranführen von Frischluft aus dem Umland bei austauscharmen Wetterlagen spielen.

Neben der klimatischen Funktion werden Wasserflächen als Erholungsmöglichkeit zur aktiven Abkühlung in Zukunft an Bedeutung gewinnen.

Fazit: Wasserflächen sind Wärmepuffer, die Energie „binden“ und über Verdunstung kühlen. Der tatsächliche Kühleffekt hängt dabei stark von lokalen Windverhältnissen und der Wolkendecke ab. Es ist zu berücksichtigen, dass Wasserflächen nachts eine geringere Abkühlung als ihre bebaute Umgebung aufweisen und somit lokal das Auskühlen von Wärmeinseln abschwächen können. Wasserflächen stellen aufgrund der geringen Rauigkeit keine Barrieren für Kaltluftströme dar und können zudem der Erholung dienen.

Die zuvor ausgeführten Aspekte finden sich bei: *Kuttler, W. (1991); Sukopp, H. und Wittig, R. (1998)*

4.4.3 WIND UND KALTLUFTLEITUNG

Das Stadtklima unterscheidet sich vom Umland hinsichtlich der Windverhältnisse vor allem durch niedrigere Windgeschwindigkeiten und häufigere Windstille, bedingt durch die Ausformung der Baukörper und deren Oberflächenrauigkeit (vgl. Mayer et al. 1994; siehe auch Anhang 1).

Bei Strahlungswetterlagen und niedrigen übergeordneten Winden kann es zur Ausbildung sogenannter Flurwinde kommen (stadteinwärts gerichteten bodennahe Luftströmung; UHI-Zirkulationen; vgl. Hidalgo 2008; Kuttler 2013, 226)

Eine Beeinflussung von Windsystemen ist planerisch nur bedingt möglich, da sie sehr fragil sind und sich die Folgen eines Eingriffs ohne entsprechende Simulationen nur schwer abschätzen lassen. Es bedürfte hierfür zudem größerer Eingriffe in die Bausubstanz in Form einer Umgestaltung oder Schaffung von Lücken im Bestand, was in der Praxis unrealistisch ist. Auch eine Veränderung der Oberflächenrauigkeit und der Strömungseigenschaften von Baukörpern ist im Bestand nur sehr begrenzt realisierbar.

Zwar ist es theoretisch vorstellbar, im Umland vorliegende Kaltluftströme und Kaltluftsammelbecken/-bereiche durch landschaftsplanerische Umgestaltung für den Stadtraum nutzbar zu machen (Umleitung von Winden durch Geländemodellierung). Dies würde aber einen enormen Eingriff im großen Maßstab bedeuten, zudem sind Realisierungsmöglichkeiten und Nutzen stark abhängig von der lokalen Topographie. Bislang gibt es aus der Praxis keine bekannten Beispiele für ein solches Vorgehen.

Fazit: Lokale Winde und Kaltluftleitbahnen sind wesentliche thermoregulative Faktoren, die aber im baulichen Bestand nicht in nennenswertem Umfang zur Anpassung genutzt werden können. Die Freihaltung von Kaltluftleitbahnen ist aktuell schon Bestandteil der Planung, unter anderem durch Festlegungen in den Flächennutzungsplänen. Die Beseitigung bestehender baulicher Barrieren stellt aktuell keine realistische Anpassungsoption dar.

Die zuvor ausgeführten Aspekte finden sich bei: *Dütemeyer, D. (2000); Hidalgo, J. et al. (2008); Mayer, H. et al. (1994); VDI (2003)*

4.4.4 ALBEDO UND WÄRMESPEICHERUNG

Unter Albedo versteht man das Rückstrahlungsvermögen einer Oberfläche in Abhängigkeit von deren Materialbeschaffenheiten wie Farbe und Struktur. Ein hoher Albedowert, wie ihn zum Beispiel Schnee aufweist, verringert eine Aufheizung der Oberfläche und damit auch der angrenzenden bodennahen Luftschichten. Mit einer Veränderung der Albedo kann folglich eine Verschiebung der Strahlungsbilanz und geringere Aufheizung (Albedoeffekt) erreicht und damit theoretisch dem UHI-Effekt entgegenwirkt werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass hierdurch Energie (in Form von Strahlung) nur umgeleitet wird und im schlechtesten Fall statt einer Aufheizung von Oberflächen eine zusätzliche Belastung der Menschen im Straßenraum auftritt. Eine Änderung der Albedo, zum Beispiel durch hellere Oberflächen im Stadtraum, kann damit die thermische Belastung der Passanten zusätzlich erhöhen. Sie ist in der Regel nur auf bestimmten Dachflächen oder anderen Flächen von Vorteil, wo die Rückstrahlung in „leere“, ungenutzte Räume erfolgt.

Der Albedoeffekt kommt nur tagsüber zum Tragen und hat keinen Effekt für die oftmals notwendige nächtliche Abkühlung (siehe Anhang 3). Durch die geringere Erwärmung von Materialien über den Tagesverlauf ist theoretisch eine geringere nächtliche Wärmeabstrahlung entsprechender Oberflächen im Stadtraum zu erwarten. Alles in allem ist der Albedoeffekt hinsichtlich der thermischen Wirksamkeit gegenüber anderen Wirkweisen/Einflussgrößen als sehr gering einzustufen.

Neben der Albedo spielt für die Energiebilanz einer Stadt und die Ausbildung von urbanen Wärmeinseln die Aufheizung der baulichen Strukturen⁴ eine wichtige Rolle. Diese hängt von den thermischen Eigenschaften der verwendeten Materialien ab, also deren spezifischen Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit, Wärmeeindringungskoeffizient, etc. (vgl. Kuttler 2013, 217) die bestimmen, wie viel Energie in Form von Wärme über die Luft oder direkte Strahlung aufgenommen wird. Eine umfangreiche Änderung der thermischen Eigenschaften vorhandener Materialien der städtischen Oberflächen und Gebäude (Speichermasse) wäre nur durch einen Austausch von Materialien, den Einsatz spezieller Folien/Farben („cool colours“; vgl. Kuttler 2011b, 4) und/oder Umbau möglich. Solche Eingriffe sind für den Bestand als eher unwahrscheinlich einzustufen.

⁴ Hierbei spielen auch der Anteil transluzenter Fassadenteile und resultierende solare Einträge, welche zur Aufheizung von Innenräumen und damit Baustrukturen führen, eine Rolle. Die thermische Wechselwirkung von Innen- und Außenraum ist aktuell Gegenstand der Forschung unter anderem im Projekt KLISGEE der TU Dortmund; http://www.bauwesen.tu-dortmund.de/eeb/de/Forschung/Forschungsprojekte/Laufende/KLIMOPASS_Teil_1_-_KLISGEE/index.html

Aus stadtklimatologischen Gesichtspunkten kann eine Kombination aus Albedoeffekt und Materialien mit geringer Wärmeübergangszahl und -kapazität lokal durchaus interessant sein. Dies hätte den Vorteil, dass solche Flächen tagsüber wenig Wärme aufnehmen können und so die nächtliche Abkühlung nicht durch einen latenten Wärmestrom gebremst würde.

Fazit: Veränderungen der Albedo sind im Stadtraum aufgrund der genannten Aspekte eher kritisch zu sehen. Gegebenenfalls ist darauf zu achten, dass bei einer Umsetzung die Rückstrahlung in „leere Räume“ erfolgt (z.B. Anwendung auf Dachflächen). Anderweitige Nutzbarmachungen des Albedoeffekts, etwa durch Wahl heller Kleidung, scheinen in diesem Zusammenhang sinnvoller. Ein Austausch vorhandener Materialien (vor allem Fassaden) gegen solche mit für das Stadtklima besseren thermischen Kennwerten scheint in der Praxis nur bedingt umsetzbar.

Die zuvor ausgeführten Aspekte finden sich bei: *Müller, N. (2013); Kuttler, W. (2013); Sukopp, H. und Wittig, R. (1998, 127ff)*

4.4.5 TECHNISCHE VERSCHATTUNG

Wie bereits deutlich wurde, ist die Erwärmung von Oberflächen durch auftreffende Strahlungsenergie ein entscheidender Faktor für die thermische Belastung im Stadtraum. Diese kann durch technische/bauliche Verschattung von Gebäuden oder öffentlichen Plätzen in Form von Jalousien, Vordächern, Sonnensegeln etc. reduziert werden. Den möglichen Varianten sind in der Regel nur durch bauliche Gegebenheiten und eventuell durch Sicherheitsaspekte (z.B. Sichtbehinderung bei technischen Installationen im Straßenraum) Grenzen gesetzt. Dabei ist eine flexible Nutzbarkeit, also auf-/abbaubare Einheiten, die sich nach Bedarf öffnen und schließen lassen, einer starren Installation vorzuziehen, da letztere im Winter eventuell erwünschte solare Einträge blockieren und zudem für Verschmutzung und Beschädigung anfälliger sind.

Fazit: Eine technische Verschattung stellt nahezu immer eine sinnvolle Option der Anpassung dar. Ihre Umsetzung ist, neben sicherheitstechnischen Einschränkungen, auf nahezu jeder Fläche und an jeder Anlage in beliebiger Dimension möglich. Da in diesem Sinne keine Differenzierungsmöglichkeit gegeben ist, ist eine Ermittlung von Anpassungskapazitäten im Sinne von Handlungspotenzialen, wie sie in diesem Projekt im Fokus steht, für diese Anpassungsoption nicht sinnvoll.

4.4.6 TEILENTSIEGELUNG VON FLÄCHEN (WÄRMESPEICHERFÄHIGKEIT)

Die Versiegelung von Flächen ist ein wesentlicher Faktor für die Ausbildung des Stadtklimas (siehe Anhang 1, 2 und 3). Eine Reduktion des Versiegelungsgrads auf Flächen hat somit direkten Einfluss auf lokale Temperaturentwicklungen. In Kombination mit einer teilweisen Bepflanzung, zum Beispiel in Form von Rasengittersteinen auf Parkierungsflächen, stellt eine Teilentsiegelung somit eine Wirkweise der Anpassung dar, welche aktuell in Kommunen, gerade auch im Bereich privater Flächen (z.B. Zufahrten), zur Anwendung kommt und insbesondere dann sinnvoll ist, wenn Nutzungen eine vollständige Entsiegelung und Begrünung nicht zulassen. Nach LfU (2002) wird die entsiegelbare Fläche bundesweit auf rund 200.000 ha geschätzt, was rund 10 % der insgesamt versiegelten Fläche entspricht, wobei die größten Entsiegelungspotenziale auf wenig genutzten Verkehrsflächen wie Wohnstraßen und Hofflächen, Park- und Stellplätzen, in Blockinnenbereichen und Betriebsflächen bestehen. Die Verringerung des Versiegelungsgrades trägt außer zur Verbes-

serung des Stadtklimas auch zu einer Verminderung des Oberflächenabflusses von Niederschlagswasser bei, wodurch eine Entlastung von Kanalisation, Regenüberlaufbecken und Kläranlagen erreicht und lokalen Überflutungen vorgebeugt werden kann.

Fazit: Die Teilentsiegelung von Flächen reduziert die Aufheizung und ist eine Wirkweise, die vor allem dann zur Anwendung kommen kann, wenn die Begrünung einer Fläche aufgrund von Nutzungen/Funktionen nicht möglich ist.

4.4.7 GRUNDLAGEN FÜR DIE BEWERTUNG VON WIRKWEISEN ZUR VERBESSERUNG DES STADTKLIMAS

Die vorausgegangen und nachfolgenden Ausführungen werden von unterschiedlichen Studien und Untersuchungen bestätigt, zum Beispiel jener in Oberhausen (vgl. Müller, 2013; Müller et al. 2014a; siehe Anhang 3). Ohne weitere Details zum Wirkgefüge des Stadtklimas auszuführen, weil sich diese bei der Identifizierung und Auswahl von Anpassungsoptionen nicht berücksichtigen lassen, werden nachfolgend Aussagen zur klimatischen Wirksamkeit unterschiedlicher Flächenbeschaffenheiten getroffen. Diese ermöglichen eine relative Einordnung der faktischen Kompensatoren zueinander anhand deren klimatischen Reduktionspotenzial.

Allgemein ist bei der Einordnung des thermischen Reduktionspotenzials der unterschiedlichen Flächentypen zwischen dem Taglastfall (~ 16 CET) und Nachtlastfall (~ 4 CET) zu unterscheiden. So können Flächen, die tagsüber Energie absorbieren, diese in der Nacht als latenten Wärmestrom an die Umgebung abgeben und auf diese Weise die Abkühlung verhindern. Nachfolgend werden wesentliche Stadtklimafaktoren anhand ihres thermischen Reduktionspotenzials zueinander in Relation gesetzt (Referenz ist hier die Untersuchung in Oberhausen; vgl. Müller 2013).

- Wasserflächen weisen nachts in der Regel einen Reduktionseffekt für die Temperatur auf. Tagsüber ist die Verdunstungskälte (adiabatische Kühlung) stark abhängig von der Sonnenscheindauer, Bewölkung und dem Windfeld. Sie kann unter Umständen bei Windstille und Bewölkung durch die Abgabe gespeicherter Energie (als latenter Wärmestrom) überkompensiert werden, so dass eine Wasserfläche zur Aufheizung beitragen kann.
- Albedoänderung ist für die thermische Reduktion von untergeordneter Relevanz und weist in unseren Breiten selbst tagsüber nur geringe Reduktionswerte auf. Dies ist ein Grund, weshalb Anpassungsoptionen wie die Aufhellung von Gebäudeoberflächen, die auf einer Veränderung der Albedo beruhen, bei der Kapazitätenermittlung (siehe Kap. 5 und 6) nicht weiter betrachtet werden.
- Begrünung respektive Erhöhung des Bewuchses großer Flächen auf Straßenniveau rangiert hinsichtlich des Reduktionspotenzials immer vor Wasserflächen, Dachbegrünung oder Albedo. Baumpflanzungen weisen, sofern sich keine geschlossenen Kronendächer ergeben oder Kaltluftströme blockiert werden, ein höheres Reduktionspotenzial als reine Grasflächen oder vergleichbarer Bewuchs auf.
- Wind hat den maximalen Kühleffekt, welcher aber (mit den Mitteln der Stadtplanung) offenkundig nicht erzeugt und nur bedingt geleitet, bestenfalls nicht blockiert oder gebremst werden kann. Im Zusammenspiel mit Windsystemen kann in manchen Fällen zum Beispiel eine Wasserfläche besser geeignet sein als eine Fläche mit Bäumen, weil Wasser kein Hindernis für Kaltluftbahnen darstellt. Der

Nutzen hieraus übersteigt im Regelfall den Effekt der Baumpflanzung (Verdunstung/Schatten) und kommt vor allem nachts zum Tragen.

Vernachlässigt man Faktoren wie Windgeschwindigkeit und Bewölkung sowie den Tag-Nachtgang und geht von einem Vergleich gleich großer Flächen aus, lässt sich folgende Rangfolge der faktischen Kompensatoren hinsichtlich des thermischen Reduktionspotenzials bilden:

Wind > Bäume (Baumwiese) > Grünbewuchs > Wasserflächen > Teilentsiegelung > Albedo; eine windüberströmte Fläche wird linear zur Windstärke aufgewertet.

Diese Rangfolge orientiert sich unter anderem an den Ergebnissen der Untersuchungen in Oberhausen (vgl. Müller 2013; 104- 118; Müller et al. 2014a, 247-250; siehe Anhang 3). Weitere Werte die ein vergleichbares Bild zeichnen finden sich bei Dütemeyer et al. (2013). Darüber hinaus wird die im Kapitel 4 genannte Literatur mit in Betracht gezogen.

Anzumerken ist, dass auf eine Übernahme der Grad Kelvin für die thermischen Reduktionpotenziale aus der Studie in Oberhausen verzichtet wurde, da diese nicht 1:1 übertragbar sind. Die in der Studie Oberhausen angegebenen Flächengrößen von 0.4 ha (4.000 m²) für Wasser- und Parkflächen sowie 1 ha (10.000 m²) für Gras- und Waldflächen in der stadtplanerischen Praxis kaum umzusetzen sind. Gerade in den klimatisch belasteten Bereichen der Innenstadt und verdichteten Zonen (Stadtkern- und Stadtrandklimatop) sind im Regelfall keine Flächen in dieser Größenordnung verfügbar. Solche Flächenpotenziale können bestenfalls im Zuge umfassender Sanierungs- und Stadtumbaumaßnahmen gewonnen werden. Entsprechende Eingriffe in den Bestand nur zum Zwecke einer Anpassung sind aber vorerst (bei einem moderaten Klima-Szenario) nicht zu erwarten.

Die zuvor ausgeführten Aspekte finden sich bei: *Müller, N. (2013); Müller, N. et al. (2014a); Dütemeyer, D. et al. (2013)*

4.4.8 ZUSAMMENFASSENDES FAZIT ZUR BEWERTUNG DER WIRKWEISEN

Aufgrund der vorherigen Ausführungen zum thermischen Reduktionspotenzial und den Einflussmöglichkeiten der raumwirksamen Planung werden für die Bestimmung möglicher Anpassungsoptionen mittels einer Optionenmatrix (OPM) folgende Aspekte vorrangig betrachtet:

- Grünbewuchs, unterschieden nach Flächenbegrünung und Baumpflanzung
- Wasserflächen
- Teilentsiegelung

Diese Wirkweisen finden sich als Teilaspekte von „Temperatur senken“ und „Aufheizung vermeiden“ in der Optionenmatrix wieder. Die oben vorgenommene Priorisierung erleichtert es, aus den umfassenden Kombinationsmöglichkeiten der OPM die besonders relevanten auszuwählen. Alle anderen Möglichkeiten zur thermischen Lastreduktion (Wirkeffekte), wie zum Beispiel der Albedoeffekt, werden in der OPM ebenfalls

dargestellt, um damit durch die Kombinationen mit den Ansatzpunkten weitere Anpassungsoptionen bei Bedarf ableiten zu können.

4.5 OPTIONENMATRIX DER ANPASSUNG AN THERMISCHE LASTEN FÜR DIE KOMMUNALE PLANUNG

Teil dieses Projekts ist eine systematische Identifizierung und Darstellung kommunaler Optionen einer proaktiven Anpassung an den Klimawandel mittels faktischer Kompensatoren. Dies erfolgt in einer sogenannten Optionenmatrix (OPM), welche die möglichen Wirkweisen zur Beeinflussung des Stadtklimas mit den möglichen unterschiedlichen planerischen Ansatzpunkten (z.B. Flächen oder bauliche Anlagen) verschneidet. Auf diese Weise lässt sich für jede Wirkweise systematisch prüfen, wo diese realisierbar ist und entsprechend theoretisch eine Anpassungskapazität vorliegen kann, zu deren Ermittlung im Rahmen dieses Projekts ein Verfahren entwickelt wird (siehe Kap. 5).

4.5.1 KOMPONENTEN DER OPTIONENMATRIX

Die Optionenmatrix definiert mögliche Anpassungsoptionen anhand der Schnittpunkte einer y-Achse für den Aspekt „Wirkweise“ und einer x-Achse für den Aspekt „Ansatzpunkte“.

Aspekt 1: Wirkweise der Anpassungsoptionen (y-Achse der Optionenmatrix)

Wirkweise bezeichnet Mechanismen, mittels derer eine Anpassungsoption zu einer Minderung der Hitzebelastung beiträgt. Es geht dabei vornehmlich um physikalische Vorgänge, durch welche faktische Kompensatoren eine Anpassung an die thermischen Lasten ermöglichen und deren verschiedene Ausprägungen.

So werden zur Beeinflussung des Stadtklimas (nachfolgend auch als Habitatterperatur bezeichnet) auf der Ebene 1 der OPM für die Wirkweise „Temperatur senken“ zum Beispiel die Möglichkeiten zur Kaltluftproduktion nach drei Varianten differenziert: Kaltluftproduktion durch Begrünung (Verdunstung), durch Wasserflächen (Verdunstung) oder den Einsatz von Technik (z.B. durch Kühlanlagen). Weitere Wirkweisen der Ebene 1 sind „Aufheizung vermeiden“ und „Temperaturunterschiede nutzen“, die ebenfalls weitere Teilaspekte beinhalten.

Ebene 1 - Temperatur⁵ des Habitats:

- a. Temperatur senken; $\Delta T = \downarrow$ (Kaltluftproduktion/-leitung)
- b. Aufheizung vermeiden; $\Delta T \neq \uparrow$ (Verschattung; Wärmeeintrag verringern; Wärmequellen reduzieren)
- c. Temperaturunterschiede nutzen; $\Delta T_1 > \Delta T_2$ (Allokation ändern; Raumnutzung ändern)

Diese Wirkweisen der Ebene 1 und deren Teilaspekte lassen sich aus den erörterten Faktoren des Stadtklimas (siehe Kap. 4.1.1) und den entsprechenden Anpassungsoptionen (siehe Kap. 4.1.2) ableiten.

Die Ebene 1 beinhaltet Aspekte, die sich mittels der zentralen Eingriffs-/Gestaltungsmöglichkeiten und Zuständigkeiten der raumrelevanten Planung beeinflussen lassen. Die Wirkweisen zielen darauf ab, die thermische Belastung, sprich Exposition und damit einen Faktor für die Vulnerabilität zu senken (siehe Kap.2).

Um mögliche Wirkweisen für faktische Anpassungsoptionen vollständig in der Optionenmatrix abbilden zu können, wird eine zweite Ebene hinzugefügt. Diese umfasst Eingriffe bei den Faktoren, die für den Grad der tatsächlichen Belastung auf Seiten der Schutzgüter bestimmend sind (Sensitivität). Als Beispiel wäre hier die Belastung für den menschlichen Organismus in Folge von thermischem Stress zu nennen. Diese hängt unter anderem von den Faktoren Ernährung, Trinkverhalten und den Schlafphasen ab. Dies sind Wirkweisen für eine Anpassung analog zu denen der Temperaturursenkung (z.B. Kaltluftproduktion durch mehr Grünbewuchs), welche je nach Ansatzpunkt zu unterschiedlichen Anpassungsoptionen führen können. So können zum Beispiel ein veränderter Speiseplan in Krankenhäusern, eine bessere Kontrolle des Trinkverhaltens in Alten- und Pflegeheimen oder flexiblere Arbeitszeiten für Angestellte mögliche Anpassungsoptionen sein. Mittels der Optionenmatrix lassen sich also auch Anpassungsoptionen ableiten, die nicht in der Zuständigkeit der Stadt- und Raumplanung liegen, aber ebenfalls eine Kapazität aufweisen und damit zur Anpassung beitragen können.

Ebene 2 - Schutz klimasensitiver Güter mit den Teilaspekten:

- a. Menschliche Gesundheit (Wasserhaushalt, Schlaf; etc.)
- b. Lebensführung (Voraussetzungen für klimaangepasstes Verhalten schaffen)
- c. wirtschaftliche Wertschöpfung (Arbeitsbedingungen anpassen; Information; etc.)
- d. Bauliche Anlagen (Schadensvorsorge)

⁵ Wenn in diesem Kapitel grob vereinfachend von Temperatur die Rede ist, so wird darunter zunächst die jeweilige Lufttemperatur verstanden (gemessen 2 m über Grund). Diese liegt auch den abgebildeten Klimafaktoren (z.B. heiße Tage) der Klimamodelle im Ensembleansatz der LUBW (2013) zugrunde. Wie in Kapitel 4.3 ausgeführt wird, ist humanmeteorologisch/-biologisch die Belastung für den menschlichen Körper aber von weiteren Faktoren abhängig, vorrangig der Exposition langwelliger Strahlung.

- e. Natur (Schadensvorsorge)
- f. Wasser (Beeinträchtigungsschutz)

Diese Ebene 2 betrachtet schützenswerte Güter, die durch zunehmende Hitze im Stadtraum einer (kritischen/schädigenden) Belastung ausgesetzt sind. Die Wirkweisen zielen darauf ab, die Sensitivität gegenüber thermischen Lasten und damit einen Faktor für die Vulnerabilität zu senken (siehe Kap. 3.1).

Im Rahmen dieses Projekts stellt die Ebene 2 eine optionale Betrachtung dar, da die Zuständigkeiten nicht primär im Handlungsfeld der raumrelevanten Planung liegen. Es gibt indes Querbezüge und Abstimmungsbedarfe mit anderen Handlungsfeldern, zum Beispiel beim Aspekt der menschlichen Gesundheit. So können etwa Bepflanzungen von Flächen zur Kaltluftproduktion bei entsprechenden Pflanzenarten die Allergiebelastungen erhöhen. Die Identifikation solcher Querbezüge und die Funktion als gemeinsame Gesprächsgrundlage für eine fachübergreifend abgestimmte Anpassung sind Kennzeichen der erweiterten Nutzbarkeit der Optionenmatrix (siehe Kap. 4.5.4).

Aspekt 2: Ansatzpunkt für Wirkweisen der Anpassungsoptionen (x-Achse der Optionenmatrix)

Ansatzpunkt bezeichnet die Eingriffsebene, auf der eine Wirkweise realisiert wird, und bildet die x-Achse der Optionenmatrix. Es lassen sich folgende Ebenen unterscheiden:

- a. Fläche, Elemente auf Flächen (z.B. Bäume), Gelände
- b. Anlage/Gebäude, Technik, Mobilien
- c. Organisation, Management, Verhalten

Für eine Anpassung mit den Mitteln der räumlichen Planung ist vorrangig die Ebene der Flächen (1) und der Anlagen/Gebäude (2) von Bedeutung. Diese bilden die Kernaufgaben des Ausweisens, Entwickelns und Sicherns von Flächen sowie des Bauens und Gestaltens des Stadtraumes ab und sind Grundlage und räumlicher Ansatzpunkt für die Umsetzung einer Wirkweise. Jede Wirkweise hat als Voraussetzung eine Fläche oder Anlage, auf der sie realisiert werden kann und auf der sie, je nach deren Beschaffenheit, mehr oder weniger Kompensationseffekt erzeugt. So ist zum Beispiel die Begrünung (als Teilaspekt der Wirkweise) von bisher versiegelten Flächen (verstanden als Ansatzpunkt) hinsichtlich der Klimawirkung ein effektiver faktischer Kompensator für die Hitzebelastung.

Auf der nächsten Detailstufe der drei Ebenen möglicher Ansatzpunkte werden Kriterien zur Ausdifferenzierung der Aspekte eingeführt. Für den Aspekt Flächen beispielsweise betrifft dies die tatsächliche Bodennutzung (Nutzungsart; siehe auch Kap. 5.2.2) sowie klimarelevante Aspekte, allen voran den Grad der Versiegelung (siehe Kap. 4.1.2; vgl. Goldbach und Kuttler 2012). Speziell letzterer ist für den tatsächlichen Effekt einer Anpassungsoption mit entscheidend, da zum Beispiel ein Baum durch Verschattung auf versiegelten Flächen einen stärkeren Effekt auf das (kleinräumige/lokale) Klima hat als auf einer begrüneten Fläche, die per se schon klimatisch günstiger ist – bei gleichem Wirkeffekt. Wie viel ein Baum verdunstet und Schatten spendet ist folglich nicht der einzige Faktor für den tatsächlichen Nutzen der Anpassungsoption „Baum-

pflanzung“. Hierfür ist vielmehr auch der Ansatzpunkt entscheidend. Dieser Umstand kann bei der Entwicklung durch eine separate Betrachtung des Ansatzpunktes auf einer eigenständigen Achse berücksichtigt werden.

4.5.2 STRUKTURELLER AUFBAU DER OPTIONENMATRIX

Aus der Gegenüberstellung der oben eingeführten Aspekte „Wirkweise“ und „Ansatzpunkt“ samt deren Teilaspekte ergibt sich die Struktur der Optionenmatrix (siehe Abb. 4).

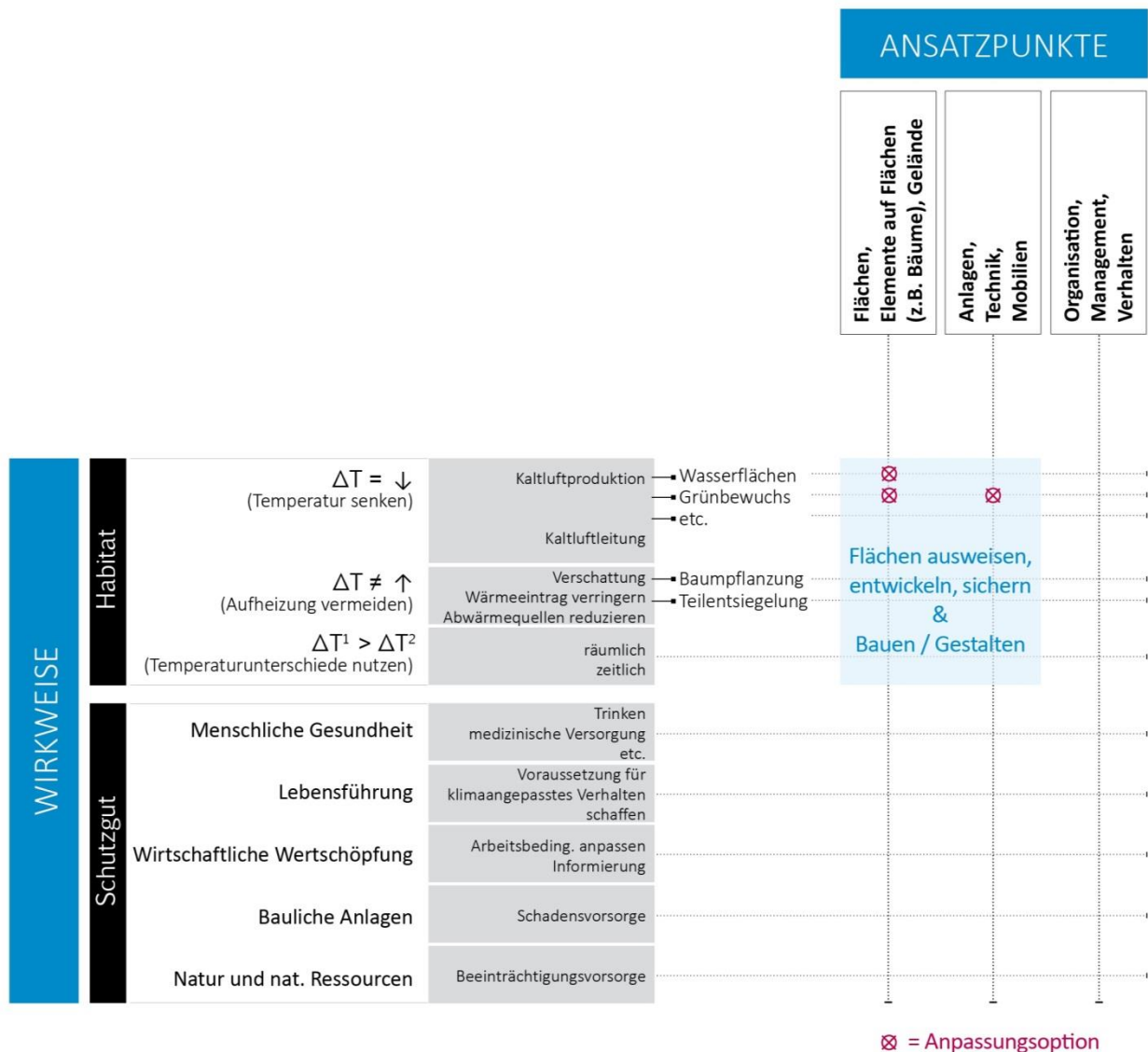


Abbildung 4: Optionenmatrix zur Bestimmung von Anpassungsoptionen (Schema)

Die Schnittpunkte der Teilaspekte der Wirkweise (y-Achse) mit den möglichen Ansatzpunkten (x-Achse) definieren jeweils spezifische Anpassungsoptionen (faktische Kompensatoren). So ergibt sich aus der Kombination der Wirkweise „Kühlen durch Begrünung“ (Kaltluftproduktion) und dem Ansatzpunkt „Flächen“

zum Beispiel die Option „Begrünung von Flächen“. Die Identifikation der für diese Option infrage kommenden unterschiedlichen Flächentypen (z.B. Betriebsflächen, Brachflächen etc.) erfolgt anhand von GIS-Attributen (siehe Kap. 5.2.2) mittels des im folgenden Kapitel vorgestellten Kapazitätenermittlungstools (KET). Mittels des KET kann zum Beispiel die Lage (ggf. in einer Urbanen Hitzeinsel), die Größe (relevant für die Kaltluftmenge und deren Eindringtiefe in die umgebende Bebauung) und die Anzahl der geeigneten Flächen ermittelt werden – und damit die Anpassungskapazität für diese Option.

Anzumerken ist, dass sich nicht aus jeder möglichen Verschneidung einer Wirkweise mit einem Ansatzpunkt eine Anpassungsoption ergibt. So führt zum Beispiel der Schnittpunkt von „Kühlen durch Wasser“ (Kaltluftproduktion) und „Anlagen“ zu keiner sinnvollen Anpassungsoption, auch wenn es technisch möglich wäre, Dachflächen mit Wasserflächen oder Wandflächen mit Wasserläufen zu versehen. Die Schwierigkeiten bei Realisierung und Betrieb sowie die resultierenden Kosten stehen aber in keinem Verhältnis zum erzielbaren klimatischen Effekt.

Die Verschneidungen von Wirkweisen der Ebene (1) „Temperatur des Habitats“ (y-Achse der Optionenmatrix) und den Ansatzpunkt-Ebenen (1) „Flächen, Element auf Flächen, Gelände“ oder (2) „Anlagen, Techniken, Mobilien“ (beide y-Achse) decken die „klassischen“ Aufgaben der raumrelevanten/städtebaulichen Planung ab, welche die räumliche Entwicklung (Flächen und Anlagen) im Sinne wirtschaftlicher, sozialer, gesundheitlicher und ökologischer Belange steuert. In den sich ergebenden Bereichen sind demnach auch die zentralen in diesem Projekt ermittelten Anpassungskapazitäten verortet.

4.5.3 ERGEBNISSE DER OPTIONENMATRIX FÜR DIE MUSTERKOMMUNE

Für die vorrangig zu betrachtenden Wirkweisen (siehe Kap. 4.4.8) ergeben sich aus der Verschneidung mit den Ansatzpunkten folgende Anpassungsoptionen, für die im Anwendungsfall dieses Projekts in der Musterkommune Ludwigsburg Anpassungskapazitäten erhoben werden (siehe Kap. 6):

1. Begrünung + Flächen = Flächenbegrünung (Temperatur senken)
2. Baumpflanzung + Flächen = Baumpflanzungen (Temperatur senken und Aufheizung vermeiden)
3. Wasser + Flächen = Wasserflächen anlegen (Temperatur senken)
4. Oberflächentemperatur senken + Flächen = Teilentsiegelung (Aufheizung vermeiden)
5. Begrünung + Straßenraum = Straßenraumbegrünung (Temperatur senken)
6. Baumpflanzung + Straßenraum = Straßenraumbaumpflanzung (Temperatur senken und Aufheizung vermeiden)
7. Begrünung + Anlagen = Dachbegrünung (Temperatur senken)

Der Straßenraum wird hier gesondert berücksichtigt, da dieser eigene Nutzungsbedingungen aufweist und hinsichtlich flächendeckender Daten, welche für die anvisierte Kapazitätenermittlung notwendig sind, anderen Regeln folgt als die üblichen Flurstücksdaten für sonstige Flächen (siehe auch Kap. 5).

4.5.4 WEITERFÜHRENDER NUTZEN DER OPTIONENMATRIX

Entwickelt wurde die Optionenmatrix, um dem gewählten Bottom-up-Ansatz (siehe Kap. 3.2) folgend Anpassungsoptionen von den möglichen Lasten (Exposition; Habitatterperatur) und Schadensfällen (Sensitivität; Schutzgüter) her zu entwickeln. Die oben vorgestellte Optionenmatrix ist über das Projekt hinaus auf andere Themenfelder anwendbar. Sie kann um Teilaspekte ergänzt werden und bietet einen Rahmen, um Maßnahmen für die Anpassung über unterschiedliche Disziplinen und Zuständigkeiten hinweg anhand gemeinsamer Zielsetzungen (Wirkweisen zur Hitzeanpassung) zu koordinieren und abzustimmen. Dies ist möglich, da sich aus einer Verschneidung von Teilaspekten der Ebene „Schutzgut“ mit den Ebenen der „Ansatzpunkte“ mögliche Anpassungsoptionen im Zuständigkeitsbereich anderer Handlungsfelder wie Wirtschaft, Gesundheit, Wasserwirtschaft und Naturschutz ableiten lassen. Die Summe der auf diese Weise ermittelbaren Optionen, um auf eine potenzielle Vulnerabilität (in Folge zunehmender Hitzebelastung durch den Klimawandel) reagieren zu können, deckt so das theoretisch mögliche Spektrum an faktischen Kompensatoren weitestgehend ab. Durch den gemeinsamen Fokus auf einen Belastungsfall wird eine Abschätzung des tatsächlichen Minderungspotenzials erleichtert.

4.6 ALTERNATIVE/WEITERE PARAMETER ZUR STADTKLIMAUNTERSUCHUNG/-BETRACHTUNG

Neben den bisher erwähnten Faktoren gibt es Parameter, welche für die Ausprägung des lokalen städtischen Klimas maßgeblich sind und zum Teil für Modelle und Simulationen (z.B. „RayMan“; siehe Kap. 4.2.2) verwendet werden. Diese Parameter werden der Vollständigkeit halber hier erwähnt, auch wenn für diese im Regelfall kommunal keine Daten vorliegen und auch die benötigte Simulationssoftware nicht standardmäßig im Einsatz ist.

Zu nennen sind hier die Parameter/Kriterien:

- Sky-View-Factor (Anteil des sichtbaren Himmels zum maximalen Himmel an einer Position)
- Urban Canopy Layer
- Gebäudedichte
- Oberflächenrauigkeit
- Anzahl und Lage von Wärmeemittenten
 - Klimaanlage
 - Hauptverkehrsachsen

Indirekt sind diese Attribute über ihre Klimaeffekte in den Klimakarten über entsprechende Klimatope abgebildet und können so bei der Realisierung von Anpassungsoptionen berücksichtigt werden. Zudem bieten die Parameter in der Regel nur bedingt Ansatzpunkte für eine Wirkweise, da zum Beispiel ein Austausch von Oberflächen (Oberflächenrauigkeit minimieren), ein Rück-/Umbau von Klimaanlage (Wärmeemittenten

reduzieren) oder eine nachträgliche Erhöhung des Sky-View-Factors (durch Abriss/Umbau von Gebäuden) als unrealistisch anzusehen ist.

Die zuvor ausgeführten Aspekte finden sich bei: *Blankenstein, S. und Kuttler, W. (2004); Hämmerle, M. et al. (2011); Mayer, H. et al. (2008)*

5 Ermittlung faktischer Anpassungskapazitäten – Methodik und instrumentelle Umsetzung

Kernziel dieses Projekts ist es, ein Instrument zu entwickeln, das den kommunalen Akteuren der raum- und umweltbezogenen Planung Informationen darüber bereitstellt, wo und in welchem Umfang auf dem Gemeindegebiet welche Anpassungskapazitäten vorliegen. Da die bisherigen Forschungen zur Anpassung an den Klimawandel diesbezüglich keine verwertbaren Ergebnisse aufweisen, muss ein solches Instrument von Grund auf neu erarbeitet werden. Das Resultat dieser methodischen Grundlagenarbeit ist das sogenannte Kapazitätenermittlungstool (KET).

Im Folgenden werden zunächst die grundlegenden Anforderungen an ein Instrument zur Ermittlung kommunaler Anpassungskapazitäten dargelegt (Kap. 5.1). Aufbauend darauf wird das im Rahmen dieses Projekts entwickelte Kapazitätenermittlungstool (KET) vorgestellt (Kap. 5.2). Anpassungskapazität wird dabei gleichgesetzt mit den Möglichkeiten, faktische Kompensatoren/Anpassungsoptionen zu realisieren, sprich konkrete Eingriffe in die physische Umwelt zum Zwecke einer Anpassung an das sich verändernde Stadtklima vorzunehmen (siehe dazu auch die begrifflichen Grundlagen in Kap. 3.2).

5.1 ANFORDERUNGEN AN EIN INSTRUMENT ZUR KAPAZITÄTENERMITTLUNG

Um planungsrelevante Informationen über kommunale Anpassungskapazitäten bereitstellen zu können, sollte ein Instrument zu deren Ermittlung idealerweise folgende Anforderungen erfüllen:

- (A1) **Lokalisierung der Anpassungskapazität**
Das Instrument soll möglichst flächendeckend und flächenscharf anzeigen, wo im Stadtgebiet, zum Beispiel auf welchen Flächen, Anpassungsoptionen realisierbar sind.
- (A2) **Quantifizierung der Handlungspotenziale**
Es soll möglichst präzise Aussagen zum Umfang der Handlungspotenziale ermöglichen, zum Beispiel zu Flächengrößen der Anpassungskapazität (Potentialflächen).
- (A3) **Höhe des erzielbaren klimatischen Effekts**
Es soll möglichst Auskunft darüber geben, wie groß der klimatische Nutzen ausfällt, wenn eine Anpassungskapazität nutzbar gemacht wird.
- (A4) **Klassifizierung/Bewertung der Potenziale**
Es soll die Anpassungskapazitäten nach deren Relevanz bewerten, zum Beispiel anhand der Frage, inwieweit hitzesensitive Personen auch tatsächlich davon profitieren, wenn Anpassungsoptionen auf einer bestimmten Potenzialfläche realisiert werden (Schutzgutrelevanz) und/oder mit welcher Dringlichkeit die klimatische Belastung eines Stadtgebiets (Exposition) das Ergreifen von Anpassungsmaßnahmen erforderlich macht.
- (A5) **Zuständigkeitsbereich**
Es soll anzeigen, von welchen Akteuren die ermittelten Anpassungskapazitäten im Bedarfsfall zu realisieren sind.
- (A6) **Übertragbarkeit und Flexibilität in der Anwendung**

Es soll übertragbar sein auf unterschiedliche Kommunen. Um Übertragbarkeit zu gewährleisten, soll das Instrument an lokale Spezifika adaptiert werden können, wenn zum Beispiel zur Anwendung des Instruments erforderliche Daten nicht vorliegen. Ebenso sollen Kriterien für die Bestimmung der Kapazitäten modifizierbar sein, sprich die Grenzwerte flexibel heraufgesetzt oder gesenkt werden können.

(A7) Einbettung in die Arbeitsumgebung der Anwender

Das Instrument soll sich hinsichtlich der benötigten technischen Ausstattung/Software, des erforderlichen technischen und inhaltlichen Know-hows sowie des zu leistenden Arbeitsaufwands an den Ressourcen der Anwender (primär Akteure der raum- und umweltbezogenen Planung) orientieren.

(A8) Nachvollziehbarkeit/Transparenz

Das Zustandekommen der aus der Anwendung des Instruments resultierenden Aussagen/Informationen und die generierten Ergebnisse sollen möglichst leicht nachvollziehbar und transparent sein.

5.2 KAPAZITÄTENERMITTLUNGSTOOL (KET)

Mit dem Kapazitätenermittlungstool (KET) wird ein im Rahmen dieses Projekts entwickelter methodischer Ansatz zur Ermittlung faktischer Anpassungskapazitäten auf kommunaler Ebene vorgestellt, der den oben formulierten Anforderungen (A1) bis (A8) weitgehend Rechnung trägt; lediglich die Anforderung (A3) einer Bestimmung der Höhe des erzielbaren klimatischen Effekts ist nicht leistbar, da hierzu keine flächendeckend anwendbaren Methoden vorliegen, welche mit den anderen Anforderungen vereinbar sind (allen voran A6 bis A8).

5.2.1 EINFÜHRUNG IN DAS KET

Im Folgenden wird zunächst der methodische Ansatz des KET unter Bezugnahme auf die aufgestellten acht Anforderungen dargelegt. Anschließend wird in die Funktionsweise und die Komponenten des Instruments eingeführt.

5.2.1.1 METHODISCHER ANSATZ UND GRUNDLAGEN

Der Ansatz des KET beruht darauf, Anpassungskapazitäten kommunaler Flurstücksflächen, Straßenabschnittsteilflächen und (baulicher) Anlagen – zusammenfassend auch als Objekte/Prüfobjekte bezeichnet – in einer Sequenz von Prüfschritten aus allen vorhandenen Objekten zu selektieren und diese zugleich zu klassifizieren: Objekte, die sich zur Realisierung von Anpassungsoptionen eignen und damit Anpassungskapazitäten aufweisen, werden als solche angezeigt und hinsichtlich ihrer Relevanz bewertet. Objekte ohne Anpassungskapazitäten werden als irrelevant eingestuft und ausselektiert.

Indikatorenbasiertes Selektieren und Klassifizieren anhand von Objektattributen

Die Selektion und Klassifizierung der Objekte erfolgt anhand amtlicher Daten (Objektattribute) aus den kommunalen Datenbanken/Katastern, die Informationen über die Prüfobjekte beinhalten und im Geoinformationssystem (GIS) aufgenommen sind. Die Daten dienen als Indikatoren zur Ermittlung und Klassifizierung von Anpassungskapazitäten. Dabei handelt es sich um Merkmale wie die Oberflächenbeschaffenheit von Flächen, die Flächengröße und Flächennutzung, die Gebäudefunktion und weitere Objektmerkmale. Sie werden im Weiteren auch als kapazitätsrelevante Daten oder (Objekt-)Attribute bezeichnet (mehr zu den Daten und ihren Indikatorfunktionen in Kap. 5.2.2).

Der indikatorengeleitete Ansatz des KET basiert auf einer Typisierung der Prüfobjekte: Es werden Objekte nicht einzeln selektiert und klassifiziert, sondern ganze Objekttypen – verstanden als Objekte mit gleichen Attributen (zum Beispiel alle Flurstücksflächen mit gleicher Nutzungsart).

Von einer Selektion wird gesprochen, wenn Objekte anhand ihrer kapazitätsrelevanten GIS-Attribute zur Realisierung von Anpassungsoptionen als „geeignet“ (Anpassungskapazität gegeben) oder „nicht geeignet“ (keine Anpassungskapazität) eingestuft werden.

Von Klassifizierung wird gesprochen, wenn als geeignet eingestufte Objekte anhand ihrer Attribute relativ zueinander nach ihrer Relevanz für die Klimaanpassung bewertet werden (Details unten).

Das KET arbeitet flächenscharf. Damit ist gemeint, dass für jede Fläche respektive für jede bauliche Anlage jeweils nur eine Aussage über deren Eignung getroffen wird. Fließende Übergänge von Eignungsgraden zwischen benachbarten Flächen oder Anlagen sind nicht darstellbar.

Um der Forderung nach einer flächendeckenden Lokalisierung von Anpassungskapazitäten (siehe Anforderung (A1) in Kap. 5.1) sowie einer auf unterschiedliche kommunale Anwendungsräume übertragbaren Methodik (A6) Folge leisten zu können, beschränkt sich das KET auf eine Selektion/Klassifizierung der Prüfobjekte anhand solcher kapazitätsrelevanter Objektattribute, die in den Kommunen in der Regel für das gesamte Gemeindegebiet vorliegen und per GIS flächendeckend abrufbar sind.

Typisierung versus Einzelfallbetrachtung

Eine Berücksichtigung aller denkbaren Parameter, die im konkreten Einzelfall ausschlaggebend dafür sein können, ob (und wenn ja, in welchem Umfang) eine Anpassungsoption vor Ort tatsächlich realisiert werden kann, ist mit dem oben skizzierten indikatorengeleiteten, auf Typisierungen beruhenden Ansatz prinzipiell unvereinbar und angesichts der verfügbaren Daten sowie der Vielfalt ortsspezifischer Anforderungen nicht möglich.

Die Zielsetzung des KET liegt vielmehr mithin darin, mittels eines standardisierten und vergleichsweise schnell durchführbaren Verfahrens einen Überblick über kommunale Handlungspotenziale zu erlangen, sprich diejenigen Flurstücksflächen, Straßenabschnittsflächen und baulichen Anlagen zu identifizieren, auf denen sich – vorbehaltlich einer fallweisen Prüfung vor Ort (Einzelfallprüfung) – Anpassungsoptionen realisieren lassen. Das KET gibt planenden Akteuren damit für die frühen Planungsphasen Informationen darüber an die

Hand, auf welche Stadträume und Anlagen sich eine Einzelfallprüfung und gegebenenfalls konkrete Anpassungsplanung konzentrieren sollte (unter Berücksichtigung der potenziellen Vulnerabilität).

Die Vielzahl und Vielfalt der nach einer KET-Anwendung im Einzelfall zu prüfenden Parameter lässt sich anhand eines fiktiven Fallbeispiels illustrieren. Ausgangspunkt der Überlegung ist eine Flurstücksfläche, für welche die Möglichkeiten zur Pflanzung von Bäumen mit dem Ziel der lokalen Kaltluftproduktion und Verschattung ermittelt werden sollen. Ob und in welchem Umfang Baumpflanzungen möglich sind, hängt dabei unter anderem davon ab, ob planungsrechtliche Bestimmungen dies vor Ort zulassen, ob es unter den konkreten örtlichen Bedingungen überhaupt machbar ist (Stichwort Konkurrenzprobleme mit anderen Pflanzen, Baukörpern oder unterirdischen Leitungen etc.), ob eine Verschattung durch Bäume neben der verbesserten Aufenthaltsqualität im Außenraum auch unerwünschte Effekte wie beispielsweise die Verschattung von Gebäudeinnenräumen mit sich bringt und vieles andere mehr. Es ist offenkundig, dass ein Instrument, das Anspruch auf eine flächendeckende und übertragbare Kapazitätenermittlung erhebt, diesen Grad an Komplexität nicht bewältigen kann. Entsprechend kann es nur um eine auf Indikatoren basierende Identifikation von Kapazitäten gehen, die im konkreten Planungsfall durch eine Einzelfallprüfung vor Ort zu verifizieren sind.

Die Ergebnisse des KET erweisen sich indes als hinreichend präzise und valide für die Nutzung in einer frühen Phase der Planung, wenn es zunächst um einen vergleichsweise rasch herstellbaren Überblick über alle Kapazitäten im Stadtgebiet geht, mit dem Ziel, Schwerpunkt-/Eignungsräume für die Anpassungsplanung zu identifizieren und/oder solche Räume zu erkennen, in denen nur noch wenige und damit besonders schützenswerte Kapazitäten vorliegen (z.B. unbebaute Freiflächen in Quartieren mit hoher baulicher Dichte).

Planerische Setzungen bei der Kapazitätenermittlung

Grundsätzlich gilt es zu beachten, dass der Umfang von Anpassungskapazitäten (siehe Anforderung Quantifizierbarkeit (A2) in Kap. 5.1) wesentlich von planerischen (Prioritäten-)Setzungen abhängt. Dies trifft in besonderem Maße auf die Ermittlung der Kapazitäten von Flurstücks- und Straßenabschnittsflächen zu. Wie viel Anteil einer Fläche für die Anpassung genutzt werden kann, lässt sich dabei anhand von Messungen, Informationen zu deren Nutzung oder sonstigen Daten nicht objektivieren.

Zentral manifestiert sich dies in der Frage, ob zugunsten von Anpassungsmaßnahmen auch Einbußen der Funktionalität von Flächen in Kauf genommen werden sollen, wie folgendes Beispiel illustriert: Eine unbebaute und versiegelte Freifläche ist keine Potenzialfläche per se, die beliebig begrünt oder mit Bäumen bepflanzt werden kann, ohne dadurch unter Umständen Funktionen der Fläche wie Zugang zu Gebäuden, Stellplätze etc. zu beeinträchtigen oder ganz einzubüßen. Wie viel an Anpassungsoptionen realisierbar ist, um dennoch von einem Funktionserhalt sprechen zu können, ist immer an Fragestellungen gebunden, deren Beantwortung von planerischen Setzungen und mehr oder weniger gut begründbaren Standpunkten abhängt, zum Beispiel: Unter welchen Bedingungen sollte der Klimaanpassung Vorrang eingeräumt werden gegenüber einer Parkierungsnutzung und wie viele Stellplätze werden gegebenenfalls als verzichtbar erachtet? Diesbezügliche Entscheidungen können einschließen, Möglichkeiten zur Umorganisation von Flächenfunktionen (z.B. Bündelung von Stellplätzen und infolgedessen Reduktion der Fahrwege) ins Kalkül zu ziehen. Ein weiteres Beispiel: Ein städtischer Platz wird in der Statistik der tatsächlichen Bodennutzungen (vgl. Statistisches Bundesamt 2013, 13) definiert als „Unbebaute Fläche, die vorherrschend zum Abhalten von Märkten oder Durchführen von Veranstaltungen dient“. Was „vorherrschend“ im Einzelfall bedeutet und wie viel

zur Realisierung von Anpassungskapazitäten, beispielsweise zur Begrünung, von der versiegelten Fläche eines Platzes genutzt werden kann, ohne dass dieser seine Funktionen (Durchführung von Märkten etc.) verliert, ist keine Entscheidung, die „objektiv“ (im Sinne von standpunktunabhängig) gefällt werden kann.

Funktionserhalt von Flächen als Setzung/funktionsspezifischer Abschlag

Eine zentrale Setzung des KET besteht darin, dass Anpassungskapazitäten nur dann angenommen werden, wenn deren Nutzbarmachung nicht zu einem Verlust oder einer erheblichen Beeinträchtigung der aktuellen Funktion einer Flurstücks- oder Straßenabschnittsfläche führen würde.

Um dem Rechnung zu tragen, wird durch das KET geprüft, ob die betrachteten Flächen vollumfänglich zur Realisierung einer Anpassungsoption zur Verfügung stehen oder ob Teile zur Aufrechterhaltung bestimmter Nutzungsfunktionen im momentanen Zustand erhalten bleiben müssen. Ist letzteres der Fall, wird ein sogenannter funktionsspezifischer Abschlag in Form eines Abzugs von der Flächengröße vorgenommen und nur ein Teil der Fläche als Anpassungskapazität gewertet. Ziel ist es, durch den Abschlag den (flächenmäßigen) Umfang der Kapazität der Fläche möglichst realistisch zu erfassen. Welcher konkrete Teil der Fläche für den Funktionserhalt notwendig ist, bleibt dagegen eine Frage der Einzelfallprüfung (siehe oben) und ist nicht Bestandteil des KET.

Die Höhe des Abschlags wird in diesem Projekt anhand der Nutzungsart (Bereich „Flächen“) und des Attributs Flächentyp (Bereich „Straßenraum“) definiert und für den Bereich „Flächen“ zudem nach drei Größenklassen differenziert (siehe dazu Tabelle 6, Spalte 1). Die Differenzierung nach Größenklassen basiert auf der Annahme, dass die Möglichkeiten, Nutzungen/Funktionen auf einer Fläche zu bündeln und effizienter zu organisieren, umso größer sind, je größer die Fläche ist und dass der Platzbedarf für eine Nutzung/Funktion nicht linear mit der Größe der Fläche wächst. Bei der Bestimmung der Höhe des Abschlags kann außerdem die angenommene zukünftige klimatische Belastung berücksichtigt werden (siehe dazu Kap. 5.2.3.4).

Die Höhe des Abschlags lässt sich prinzipiell variabel gestalten (X % der betrachteten Fläche), so dass andere Anwender andere Annahmen in das KET einspeisen können (siehe dazu auch 5.2.4).

Zusammenfassung: Leistungsfähigkeit des KET unter Bezugnahme auf das definierte Anforderungsprofil eines Instruments zur Kapazitätenermittlung

Das KET erfüllt die in Kapitel 5.1 formulierten Anforderungen (A1) bis (A8), mit Ausnahme der Anforderung (A3):

- Es gibt einen Überblick, wo Anpassungsoptionen (Lokalisierung (A1)) in welchem Umfang (Quantifizierung (A2)) realisierbar sind. Ob und wenn ja wie viel Anpassungskapazität für einen Objekttyp anzunehmen ist (z.B. X m² begrünbare Fläche auf einem Flurstück), wird im Zuge einer Abfrage von Objektmerkmalen anhand flächendeckend verfügbarer und per Geoinformationssystem (GIS) abrufbarer Daten ermittelt. Die auf diese Weise ermittelten Anpassungskapazitäten gilt es im Falle konkreter Anpassungsplanungen im Einzelfall vor Ort zu verifizieren.

- Nicht beantworten lassen sich mit dem KET Fragen nach der Höhe des Wirkeffekts (A3), der sich bei einer Nutzbarmachung einer Anpassungskapazität erzielen lässt. Auch hierzu bedürfte es fallspezifischer Untersuchungen und/oder kleinräumiger Simulationen vor Ort, die die Möglichkeiten eines flächendeckenden und auf unterschiedliche Räume/Kommunen übertragbaren Instruments notwendigerweise überschreiten.
- Das KET zeigt an, mit welcher Priorität (Klassifizierung/Bewertung der Potenziale (A4)) die ermittelten Anpassungskapazitäten im Bedarfsfall zu realisieren sind.
- Anhand der im GIS vorgehaltenen Daten zu den Eigentumsverhältnissen kann angezeigt werden, wer als Objekteigentümer im Bedarfsfall für die Nutzbarmachung der ermittelten Anpassungskapazität verantwortlich zeichnet (Zuständigkeitsbereich (A5)).
- Indem das KET GIS-Daten nutzt, die in den Kommunen üblicherweise vorliegen, und ansonsten einer ortsunabhängigen Selektions-/Klassifizierungslogik folgt, ist es übertragbar auf unterschiedliche Anwendungsfälle; die im Zuge des Selektionsprozesses zu treffenden Annahmen lassen sich variabel gestalten (darüber hinausreichende Merkmale der flexiblen Handhabbarkeit des KET sind 5.2.4 zu entnehmen) (Anforderung (A6): Übertragbarkeit und Flexibilität in der Anwendung).
- Die Anwendung des KET ist vergleichsweise wenig zeitaufwändig und bedarf hinsichtlich der technischen Ausstattung nur des Softwareprogramms Excel und einer GIS-Anwendung, setzt dabei allerdings solide Grundkenntnisse dieser Tools voraus (Einbettung in die Arbeitsumgebung der Anwender (A7)).
- Durch die schrittweise Selektion/Klassifizierung der Objekte mittels präziser Prüffragen und definierter Kriterien ist die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse des KET gewährleistet (Nachvollziehbarkeit/Transparenz (A8)).

5.2.1.2 FUNKTIONSPRINZIP: PRÜFSEQUENZ ZUR ERMITTLUNG VON ANPASSUNGSKAPAZITÄTEN UND REDUKTION DES DATENVOLUMENS

Wie erwähnt, werden die Anpassungskapazitäten mittels einer Sequenz von Prüfschritten ermittelt. Dazu werden zunächst aus einem Geoinformationssystem (GIS) die Prüfobjekte zu den drei Untersuchungsbereichen „Flächen“ (Flurstücksteilflächen aus dem Liegenschaftskataster), „Straßenraum“ (Straßenabschnittsteilflächen aus der Straßendatenbank) und „Anlagen“ (Gebäude aus dem Liegenschaftskataster) mitsamt deren kapazitätsrelevanten Attributen (Nutzung/Funktion, Versiegelungsgrad, Flächenmaße etc.) als Datenelemente in eine Excel-Tabelle überführt. Dort werden sie anhand ihrer Attribute in mehreren Prüfschritten (siehe Überblick in Kap. 5.2.1.3 und detaillierte Darstellung in Kap. 5.2.3) geprüft und selektiert/klassifiziert.

Die aus dem Anspruch auf eine flächendeckende Kapazitätenermittlung resultierende Prüfung aller kommunalen Objekte hat zur Folge, dass eine große Menge an Datenelementen in Excel eingespeist und den KET-Prüfschritten unterworfen werden muss. Für die Kapazitätenermittlung in der Musterkommune Ludwigsburg werden rund 236.500 Flächenobjekte (Flurstücksteilflächen) für den Bereich „Flächen“, 21.300 Flächenobjekte (Straßenraumabschnittsteilflächen) für den Bereich „Straßenraum“ sowie 63.900 Gebäudeobjekte für den Bereich „Anlagen“ aus dem GIS in Excel überführt⁶. Da eine Selektion/Klassifizierung eines solchen Daten-

⁶ Werte vor Datenbereinigung, siehe dazu Kapitel 6.3.2.

volumens nur computergestützt und nach vergleichsweise einfach anzuwendenden Regeln ablaufen kann, erfolgt diese in Excel mittels gängiger Formel- und Filterfunktionen und weiterer Excel-Operatoren (siehe dazu Kap. 6.3.4). Dies hat den Vorteil, dass ein Standardprogramm zur Anwendung kommt, das in jeder Kommune zur Verfügung steht und somit die Übertragbarkeit gewährleistet ist.

Das KET umfasst fünf Komponenten mit jeweils einem Prüfschritt und gegebenenfalls ergänzenden, den Prüfschritt vorbereitenden Arbeitsschritten sowie eine Komponente für die Ergebnisdarstellung; weitere Komponenten lassen sich optional dazu schalten (siehe dazu Kap. 5.2.4). Die Anpassungskapazitäten werden für alle betrachteten Anpassungsoptionen separat ermittelt. Die Anpassungsoptionen sind somit Ausgangs- und Bezugspunkt der Prüfung; zum Beispiel werden Flächenobjekte gezielt auf ihre Eignung zur Realisierung der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ geprüft.

Im Zuge der einzelnen Prüfschritte werden die Prüfobjekte/Datenelemente der Tabelle sukzessive entweder ausselektiert (Eliminierung aus dem Datensatz, weil keine Anpassungskapazitäten vorhanden sind) oder dem nächsten Prüfschritt zugeführt und schlussendlich als Anpassungskapazität angezeigt, inklusive der im Zuge der Prüfung vorgenommenen Klassifizierung/Bewertung des Prüfobjekts. Das Ergebnis der Prüfsequenz ist, dass von den ursprünglichen Datenelementen am Ende für jede Anpassungsoption nur diejenigen übrig bleiben, für die aufgrund ihrer Attribute vom Vorhandensein einer Anpassungskapazität auszugehen ist. Abbildung 5 zeigt das Prinzip der Reduktion des Datenvolumens schematisch.

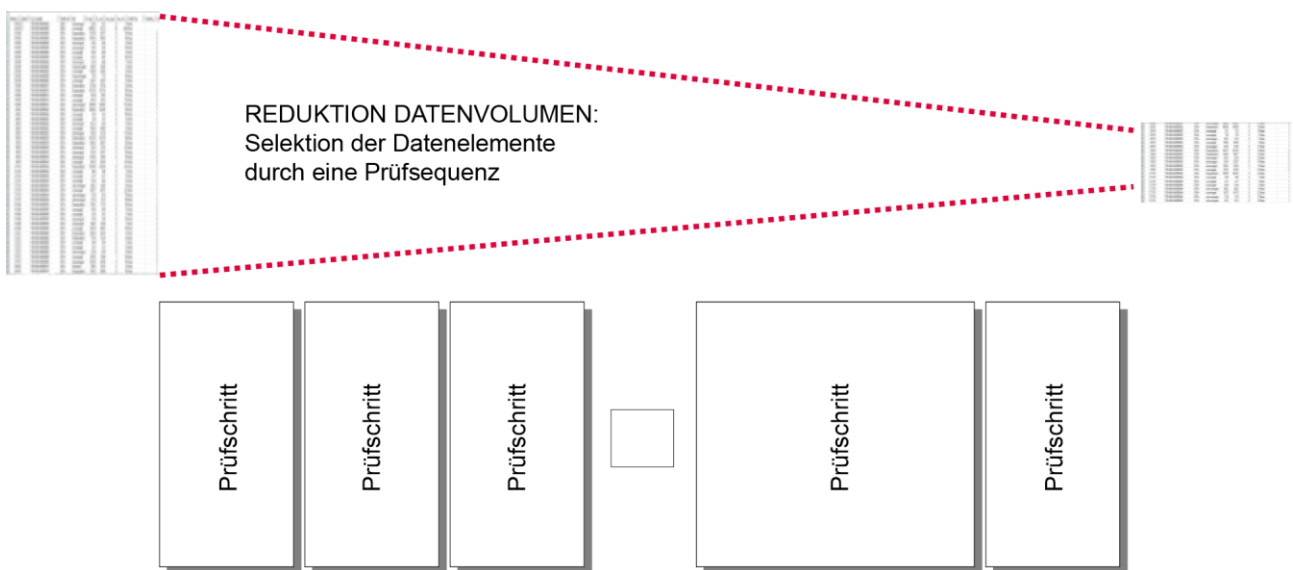


Abbildung 5: Prinzip der Reduktion des Datenvolumens (schematisch)

5.2.1.3 DIE KET-KOMPONENTEN UND PRÜFSCHRITTE IM ÜBERBLICK

Das KET umfasst insgesamt sechs Komponenten (siehe auch Abb. 6).

Die Prüffrage der Komponente 1 stellt eine Art Grobfilter dar. Es wird geprüft, welche Objekte (Flächen bestimmter Nutzungsarten, Straßenraumtypen oder Gebäude mit bestimmten Funktionen) für eine Realisierung der jeweils untersuchten Anpassungsoption prinzipiell infrage kommen. Vereinfacht formuliert liegt der Prüfung folgende Frage zugrunde: Ist eine Realisierung der Anpassungsoption bei dem Objekttyp grundsätz-

lich möglich, praxisnah und/oder nutzenbringend? Objekte, bei denen dies nicht der Fall ist, werden aus der weiteren Betrachtung ausselektiert.

Mit der Prüffrage der Komponente 2 wird untersucht, welche Objekte bereits diejenigen klimatisch günstigen Merkmale aufweisen (z.B. bereits begrünte Flurstücks-/Straßenraumflächen oder Anlagen mit Dachbegrünung), die im Zuge der Realisierung einer Anpassungsoption hergestellt werden sollen. Solche Objekte werden unter der Annahme, dass sich dort keine zusätzlichen Potenziale für die Klimaanpassung finden, aus der weiteren Betrachtung ausselektiert.

Mit der Prüffrage der Komponente 3 wird bewertet, zu welchem Grad Schutzgüter (hier primär hitzesensitive Personen) von einer Realisierung der Anpassungsoption bei dem betreffenden Prüfobjekt profitieren können. Je höher die Schutzgutrelevanz bewertet wird, desto wichtiger ist die Nutzbarmachung der Anpassungskapazität oder deren Sicherung als Reserve, die zu einem späteren Zeitpunkt genutzt werden kann.

Die Prüffrage der Komponente 4 betrifft den Umfang des Handlungspotenzials: In welchem Umfang kann eine Anpassungsoption bei dem Prüfobjekt realisiert werden? Objekte, die ein definiertes Mindestmaß nicht erfüllen, werden ausselektiert.

Gegenstand der Prüffrage der Komponente 5 sind die technischen/konstruktiven Voraussetzungen für die Realisierung einer Anpassungsoption. Objekte, welche diese Voraussetzungen nicht erfüllen, werden ebenfalls ausselektiert.

Komponente 6 betrifft die Aufbereitung und Darstellung der in den vorherigen Schritten ermittelten Anpassungskapazitäten: Objekte/Datenelemente, die alle oben genannten Prüfkriterien erfüllen, können tabellarisch nach weiteren Attributen sortiert (z.B. nach Eigentumsverhältnissen, Objektgrößen oder Zugehörigkeit zu einem klimatisch belasteten Gebiet), entsprechend statistisch ausgewertet und mittels GIS kartographisch angezeigt werden.

Eine detaillierte Darstellung der sechs Komponenten, spezifiziert für die drei Bereiche „Flächen“, „Straßenraum“ und „Anlagen“, findet sich in Kapitel 5.2.3.

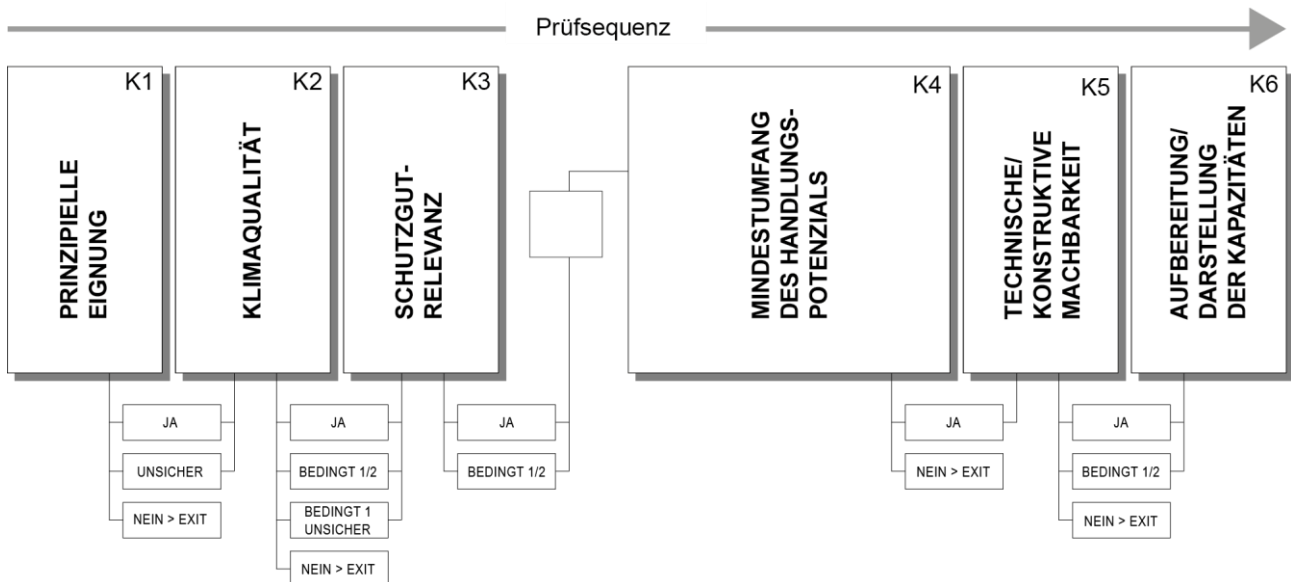


Abbildung 6: Überblick über die KET-Komponenten/Prüffragen

5.2.1.4 SELEKTIONS-/KLASSIFIZIERUNGSOPTIONEN (KET-ANTWORTOPTIONEN)

Zur Selektion und Klassifizierung stehen für die Prüfschritte respektive -fragen folgende Antwortmöglichkeiten (im Folgenden als Selektions-/Klassifizierungsoptionen oder auch KET-Antwortoptionen bezeichnet) zur Auswahl (siehe auch Abb. 6).

Antwortmöglichkeiten, bei denen die Prüfobjekte als potenzielle Anpassungskapazitäten weitergeführt werden:

- Prüfkriterium erfüllt ohne Einschränkung (KET-Option „**JA**“): Objekt/Datenelement ist gemessen an der Prüffrage uneingeschränkt zur Realisierung der Anpassungsoption geeignet und wird dem nächsten Prüfschritt zugeführt;
- Prüfkriterium erfüllt mit Einschränkung („**BEDINGT 1/2**“): Objekt/Datenelement wird dem nächsten Prüfschritt zugeführt, allerdings unter Vermerk einer eingeschränkten Eignung; der Grad der Einschränkung kann dabei nach zwei Stufen unterschieden werden, anzuzeigen durch sogenannte Priorisierungsabschlüsse mit Wert 1 oder 2.
- Darüber hinaus können die Objekte/ Datenelemente mit sogenannten Unsicherheitsvermerken versehen werden („**UNSICHER**“). Diese Antwortoption ist zu wählen, wenn die Objektattribute, anhand derer die Selektion/Klassifizierung im jeweiligen Prüfschritt vorgenommen wird, für eine fundierte Beantwortung der Prüffrage nicht hinreichend präzise/aussagekräftig sind, die Prüfobjekte unter Vermerk dessen aber dennoch weitergeführt werden sollen, um potenzielle Kapazitäten nicht vor-schnell auszuwählen.

Zudem besteht die Möglichkeit, als Antwortoption eine Kombination der beiden zuletzt aufgeführten Punkte zu wählen, für den Fall, dass Objekte sowohl als eingeschränkt geeignet einzustufen sind als auch mit einem Unsicherheitsvermerk belegt werden sollen. Die im Zuge der Prüfsequenz vergebenen Priorisierungsabschlüsse und Unsicherheitsvermerke werden jeweils zu einem Gesamtwert aufsummiert.

Antwortmöglichkeit, bei der die Prüfobjekte aus der weiteren Prüfung eliminiert/ausselektiert werden:

- Prüfkriterium nicht erfüllt („**NEIN** > **EXIT**“): Objekt/Datenelement ist gemessen an der Prüffrage nicht zur Realisierung der Anpassungsoption geeignet und wird daher als nicht kapazitätsrelevant eingestuft und aus der weiteren Prüfung ausgeschlossen.

5.2.1.5 ANWENDUNGSBEREICH

Mit seinen Aussagen zur Lokalisierung, Quantifizierung und Priorisierung/Bewertung von Anpassungskapazitäten gibt das KET den planenden Akteuren in Kommunen Informationen an die Hand, auf deren Basis Entscheidungen bei der Anpassungsplanung vorbereitet, getroffen und begründet werden können. Der Aussagegenauigkeit des KET angemessen ist eine maximale Darstellung der ermittelten Kapazitäten im Maßstab 1:1.000. Im nächst größeren Maßstab erfolgt die Einzelfallprüfung und konkrete Anpassungsplanung für einzelne Quartiere und/oder einzelne Flächen und Anlagen.

Zusammenfassend kann das KET in der kommunalen Planung wie folgt zur Anwendung kommen:

- (1) Es dient der Ermittlung faktischer Anpassungskapazitäten für das gesamte Stadtgebiet und ermöglicht so die Berücksichtigung der Anpassung in einem frühen Stadium der Planung sowie im Abwägungsprozess mit anderen raumbezogenen Belangen. Das KET hat dabei den Vorteil, dass planungsrelevante Informationen zu den kommunalen Kapazitäten (Größe, Eignung etc.) in relativ kurzer Zeit für alle Flurstücksteilflächen, Straßenabschnittsteilflächen und baulichen Anlagen ermittelt werden können.
- (2) Die Ergebnisse können für ein Anpassungsmanagement über unterschiedliche Fachbereiche einer Kommune hinweg genutzt werden (z.B. für eine Abstimmung mit den Belangen des Naturschutzes).
- (3) Die Informationen der KET können als Basis für die Erarbeitung einer kommunalen Hitzeanpassungsstrategie herangezogen werden und erleichtern die Kommunikation unter den Akteuren.

Das KET ermöglicht durch den flexiblen Aufbau eine Ergänzung oder den Austausch von Prüfkriterien, wodurch weitere für die Planung bedeutsame Aspekte berücksichtigt werden können (mehr dazu in Kap. 5.2.4).

5.2.2 DATENGRUNDLAGE: OBJEKTTATTRIBUTE ZUR KAPAZITÄTENERMITTLUNG

Bei der Kapazitätenermittlung für die im Rahmen dieses Projekts betrachteten Anpassungsoptionen (siehe Begründung deren Auswahl in Kap. 4.4) wird nach den drei Bereichen „Flächen“, „Straßenraum“ und „Anlagen“ differenziert. Die Kapazitätenermittlung für den Bereich „Flächen“ und erfolgt flächenscharf für die im GIS abrufbaren Teilflächen der Flurstücke. Die Kapazitätenermittlung für den Bereich „Straßenraum“ erfolgt flächenscharf für die im GIS abrufbaren Teilflächen der einzelnen Straßenraumabschnitte. Die anlagenbezogene Kapazitätenermittlung bezieht sich auf die im GIS verzeichneten Gebäude. Die zur Kapazitätenermittlung für die drei Bereiche genutzten Datengrundlagen überschneiden sich teilweise.

Tabelle 2 zeigt die verwendeten Daten im Überblick und ist wie folgt aufgebaut.

- Spalte 1: Datenkennung
- Spalte 2: Die zur Kapazitätenermittlung herangezogenen Daten/GIS-Attribute
- Spalte 3: Die Nummer der KET-Komponente, in der die Daten zur Selektion/Klassifizierung benutzt werden
- Spalte 4: Die kapazitätsrelevanten Aspekte, die durch die Daten indiziert werden (Details dazu in Kap. 5.2.3)

Tabelle 2: Kapazitätsrelevante Objektattribute

S1	S2	S3			S4
		KET-Komponente			
Nr.	Attribut	Bereich „Flächen“	Bereich „Straßeraum“	Bereich „Anlagen“	Indikatorfunktion/ Verwendungszweck
1	<p>Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung (Nutzungsart (NA))</p> <p>Mit der NA wird die im Liegenschaftskataster hinterlegte und in den kommunalen Geoinformationssystemen (GIS) vorgehaltene örtliche Bodennutzung nach dem Verzeichnis der flächenbezogenen Nutzungsarten der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder (AdV) angezeigt. In der Regel liegen diese Informationen zur Flächennutzung in den Kommunen für jedes einzelne Flurstück vor (alle Teilflächen eines Flurstücks haben die gleiche Nutzungsart).</p> <p>Die Nutzungen werden in neun Gruppen (Positionen 100 bis 900) zusammengefasst, die jeweils mehrere Nutzungsarten umfassen. Ein Überblick über die Nutzungsarten gemäß AdV (1991) sind Anhang 7 zu entnehmen.</p>	1			NA als Indikator für die prinzipielle Eignung von Flächen: Ob eine Realisierung der Anpassungsoption aufgrund der Fläche grundsätzlich möglich, praxisnah und/oder nutzenbringend ist.
		3			NA als einer der genutzten Indikatoren für Schutzgüterrelevanz: Ob Schutzgüter (hier primär hitzesensitive Personen) von einer Realisierung der Anpassungsoption auf dem Flächentyp (Flächen mit einer bestimmten NA) profitieren.
		4			NA als Indikator für die räumliche Organisation bzw. generalisiert angenommene Nutzungsausprägung auf dem Flurstück und Bezugspunkt für die Bestimmung der Höhe des funktionsspezifischen Abschlags: Wie viel von einem Flächentyp für den Erhalt typischer Flächenfunktionen (z.B. Zufahrt, Stellplätze etc.) üblicherweise benötigt werden und daher nicht zur Realisierung einer Anpassungsoption bereit stehen (Stichwort Maßgabe des Funktionserhalts).
2	<p>Versiegelungsgrad nach gesplitteter Abwassergebühr (GAG)</p> <p>Zu den versiegelten Flächen gehören Oberflächen von Gebäuden (inklusive nicht begrünter Dachflächen) und befestigte Flächen aus einem ganz oder teilweise wasserundurchlässigen Material. Es werden drei Versiegelungsgrade unterschieden (vgl. Stadt Ludwigsburg 23.06.2014):</p> <ul style="list-style-type: none"> – voll versiegelte Flächen (z.B. Ziegeldach, asphaltierte/betonierte Flächen, fugenlose Beläge) – stark versiegelte Flächen (z.B. Beläge ohne feste Verfürgung, Porenpflaster) – wenig versiegelte Flächen (z.B. Kies, Schotter, Rasengittersteine) <p>Alle nicht erfassten Flächen können im Umkehrschluss als nicht versiegelt und als in der Regel begrünt angenommen werden. Damit ergeben sich vier Arten von Oberflächenbeschaffenheiten.</p>	2			Versiegelungsgrad als Indikator für die klimatische Qualität von Flächen: Ob durch die Umsetzung der Anpassungsoption auf der Fläche ein (zusätzlicher) klimatischer Effekt erzielt werden kann und/oder die durch die Anpassungsoption herzustellenden klimarelevanten Oberflächenmerkmale bereits vorliegen.

S1	S2	S3			S4
Nr.	Attribut	KET-Komponente			Indikatorfunktion/ Verwendungszweck
		Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“	
	ten: voll versiegelte, stark versiegelte, wenig versiegelte und unversiegelte Flächen. Zudem gibt es die Ausprägung „Baustelle“, bei der der aktuelle Versiegelungsgrad unsicher ist. Die Dachflächen werden separat angezeigt, unterschieden nach Standarddach und Gründach. Da die GAG-Daten nur bei der flächenbezogenen Kapazitätenermittlung benutzt werden, sind diese indes nicht von Interesse.				
3	Gebäudefunktion Für alle Flurstücke liegen im GIS üblicherweise Informationen zu den darauf befindlichen Gebäuden und deren Funktionen vor, zum Beispiel die Gebäudefunktionen „Wohnhaus“, „Schule“, „Kirche“ etc. (siehe dazu auch Anhang 14).			1	Gebäudefunktion als Indikator für die prinzipielle Eignung von Gebäuden: Ob eine Realisierung der Anpassungsoption aufgrund der Funktion grundsätzlich möglich, praxisnah und/oder nutzenbringend ist.
		3		3	Gebäudefunktion als einer der genutzten Indikatoren zur Bestimmung der Schutzgutarelevanz: Ob Schutzgüter (hier primär hitzesensitive Personen) von einer Realisierung der Anpassungsoption profitieren.
4	Anzahl der Wohnungen Für jedes Flurstück ist im GIS die Anzahl der darauf befindlichen Wohnungen verzeichnet.	3		3	Anzahl der Wohnungen auf einer Fläche als einer der genutzten Indikatoren zur Bestimmung der Schutzgutarelevanz: Ob Schutzgüter (hier primär hitzesensitive Personen) von einer Realisierung der Anpassungsoption profitieren.
5	Flächengrößen/Maße <ul style="list-style-type: none"> – Flurstücksteilflächen – Flurstücksteilflächen nach Abzug Baumbestand (Kronendurchmesser mal Faktor 1,2 als Abstandszuschlag) – Straßenabschnittsteilflächen – Straßenabschnittsteilflächen nach Abzug Baumbestand (Kronendurchmesser mal Faktor 1,2 als Abstandszuschlag) – Maße der Straßenabschnittsteilflächen: Länge mal Breite (bei komplexeren Geometrien gibt das GIS zum Teil von den tatsächlichen Maßen abweichende Werte aus). – Dachflächen 	4	4	4	Flächengröße als Indikator für den Umfang des Handlungspotenzials: Wie viel Fläche zur Realisierung der Anpassungsoption zur Verfügung steht. Maße der Straßenabschnittsteilflächen als Hilfsvariable zur Berechnung von Flächengrößen des Flächentyps „Gehweg“. Für diese kann bei der Prüfung der Mindestgröße nicht die vom GIS ausgegebene Flächengröße genutzt werden. Nähere Erläuterungen zum Vorgehen in Tab. 6, Spalte 2.
6	Anzahl der Bäume (Baumbestand) In den kommunalen Baumkatastern liegen in der Regel für alle Flurstücksteil- und Straßenabschnittsteilflächen in öffentlicher Hand Angaben zur Anzahl der Bäume vor. In der Musterkommune Ludwigsburg ist diese Information auch für private Flächen verfügbar.	4	4		Anzahl der Bäume als Indikator dafür, ob (weitere) Baumpflanzungen auf der fraglichen Fläche noch möglich sind.
7	Zugehörigkeit zu einem Stadtgebiet Allen Prüfobjekten (Flurstücke, Straßenabschnitte, bauliche Anlagen) ist im GIS der Stadtteil, dem sie zugehören, als Information zugeordnet.	3	3	3	Zugehörigkeit zu einem Stadtgebiet als einer der genutzten Indikatoren zur Bestimmung der Schutzgutarelevanz: Ob Schutzgüter (hier primär hitzesensitive Personen) von einer Realisierung der Anpassungsoption profitieren.
8	Dachart Für die Anpassungsoption „Dachbegrünung“ (Bereich „Anlagen“) sind zwei Ausprägungen des Attributs „Dachart“ relevant: „begrünt“ und „nicht begrünt“.			2	Dachart als Indikator für die klimatische Qualität von Dachflächen (speziell hinsichtlich der Anpassungsoption „Dachbegrünung“): Ob durch die Begrünung des Daches ein (zusätzlicher) klimatischer Effekt erzielt werden kann und/oder die durch die Anpassungsoption herzustellenden klimarelevanten Oberflächenmerkmale bereits vorliegen.

S1	S2	S3			S4
Nr.	Attribut	KET-Komponente			Indikatorfunktion/ Verwendungszweck
		Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“	
9	Dachneigung Die Dachneigungen sind in der Musterkommune Ludwigsburg auf das Grad genau für alle Gebäude des Gemeindegebiets im GIS verzeichnet.			5	Dachneigung als Indikator für die technische/konstruktive Machbarkeit (speziell hinsichtlich der Anpassungsoption „Dachbegrünung“).
10	Straßenart Mit dem Attribut Straßenart werden die in der Straßendatenbank hinterlegten und in den kommunalen Geoinformationssystemen vorgehaltenen Daten für die Straßenachsen angezeigt. Die Straßenart ergibt sich anhand der Klassifikation nach dem Träger der Straßenbaulast, basierend auf den geltenden gesetzlichen Regelungen zur Straßenbewirtschaftung. Folgende Straßenarten werden unterschieden: <ul style="list-style-type: none"> – Autobahn – Bundesstraßen – Landesstraßen – Gemeindestraßen – Wirtschaftsweg – Fußweg – Nicht zugewiesen 			1	Straßenart als Indikator für die prinzipielle Eignung von Straßenabschnittsteiflächen (in Kombination mit Flächentyp): Ob eine Realisierung der Anpassungsoption grundsätzlich möglich, praxisnah und/oder nutzenbringend ist.
11	Flächentyp (nach Art der Nutzung) Das Attribut Flächentyp zeigt für jede Teilfläche eines Straßenabschnitts deren Funktion beziehungsweise Art der Nutzung an. Unterschieden wird nach: <ul style="list-style-type: none"> – Begleitgrün – Busbucht – Erdweg – Fahrbahn – Fußgängerzone – Gehweg – Mischfläche – Öffentlicher Platz – Parkbucht – Parkplatz – Radweg – Schutzstreifen – Spurweg – Treppe – Verkehrsinsel – Weg mit Treppe 			1	Flächentyp als Indikator für die prinzipielle Eignung von Flächen (in Kombination mit Attribut „Straßenart“): Ob eine Realisierung der Anpassungsoption grundsätzlich möglich, praxisnah und/oder nutzenbringend ist.
				2	Flächentyp als Indikator für die klimatische Qualität einer Fläche (als Ersatz für Versiegelung und in Kombination mit dem Attribut Belagsart): Ob durch die Umsetzung der Anpassungsoption auf der Straßenabschnittsteifläche ein (zusätzlicher) klimatischer Effekt erzielt werden kann und/oder die durch die Anpassungsoption herzustellenden klimarelevanten Oberflächenmerkmale bereits vorliegen.
				3	Flächentyp als einer der genutzten Indikatoren für Schutzgutrelevanz: Ob Schutzgüter (hier primär hitzesensitive Personen) von einer Realisierung der Anpassungsoption auf dem Flächentyp profitieren.
				4	Flächentyp als Indikator für die Funktion der Fläche und Bezugspunkt für die Bestimmung der Höhe des funktionspezifischen Abschlags: Wie viel von einem Flächentyp für den Erhalt der Flächenfunktion (z.B. Busbucht, Parkbucht etc.) in üblicherweise benötigt werden und daher nicht zur Realisierung einer Anpassungsoption bereit stehen (Stichwort Funktionserhalt).
12	Belagsart Für jede Teilfläche eines Straßenabschnitts liegen Informationen zu dessen Belag vor, differenziert nach: <ul style="list-style-type: none"> – Asphalt – Pflaster/Platten – Betondecke – Oberflächenbehandlung 			2	Belagsart als Indikator für die klimatische Qualität einer Fläche (als Ersatz für Versiegelung und in Kombination mit dem Attribut Flächentyp): Ob durch die Umsetzung der Anpassungsoption auf der Straßenabschnittsteifläche ein (zusätzlicher) klimatischer Effekt erzielt werden kann und/oder ob die durch die Anpassungsoption herzustellenden klimarelevanten Oberflächenmerkmale

S1	S2	S3			S4
Nr.	Attribut	KET-Komponente			Indikatorfunktion/ Verwendungszweck
		Bereich „Flächen“	Bereich „Straßeraum“	Bereich „Anlagen“	
	– Sonstige				bereits vorliegen.
13	Straßentyp Es kann (theoretisch) zwischen einer Vielzahl an Straßentypen unterschieden werden (vgl. Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06) in FGSV (2006)), wobei nicht in jeder Kommune alle Typen vorkommen und diese bisweilen unterschiedlich zusammengefasst werden. Nachfolgend ein Überblick über die wichtigsten Straßentypen, wie sie in der Musterkommune Ludwigsburg gegliedert vorliegen: <ul style="list-style-type: none"> – Industriesammelstr./Bundes- und Landstraßen – Hauptverkehrs-, Industrie, Hauptdurchgangsstr. – Wohnsammel- u. Erschließungsstraße – Hochwertige gestaltete Bereiche, z.B. Fußgängerzone – Anliegerstraße, Wohnweg, Parkplatz, Geh-/Radweg – Nicht asphaltierte/nicht betonierte Wege – Asphaltierte/betonierte Wege – Nicht zugewiesen 		4		Das Attribut Straßentyp dient als Hilfskonstrukt für die Bestimmung des funktionspezifischen Abschlags und der Mindestgröße beim Flächentyp „Gehweg“. Für diesen kann nicht (wie sonst üblich) pauschal ein Anteil von der Flächengröße abgezogen werden, da dessen Funktion wesentlich von der Breite abhängt. Vielmehr muss für jeden Gehweg geprüft werden, ob in Abhängigkeit seiner Zugehörigkeit zu einem Straßentyp die in FGSV (2006) definierte Mindestbreite überschritten ist und die resultierende „Überbreite“ ausreicht, um eine Anpassungsoption mit vertretbarem Nutzen zu realisieren. Für alle Teilflächen, deren Überbreite (Breite minus Mindestbreite für den Straßentyp) ein zu definierendes Mindestmaß erfüllt, wird die in KET-Komponente 4 zu prüfende Mindestgröße aus der Multiplikation von Überbreite mit Länge berechnet (siehe auch Kap. 5.2.3.5, Tab. 6).
			4		Das Attribut Straßentyp dient des Weiteren der Selektion der Teilflächen des Flächentyps „Gehweg“. Jene mit dem Straßentyp „Nicht zugewiesen“ erhalten einen Unsicherheitsvermerk, verbleiben aber im Verfahren. Für diese wird aus den vorliegenden Straßentypen die geringste Mindestbreite für einen Gehweg angesetzt. Flächentypen des Straßentyps „Asphaltierte/betonierte Wege“ und „Nicht asphaltierte/betonierte Wege“ werden aufgrund fehlender Information zur notwendigen Gehwegbreite aus der weiteren Prüfung ausgeschlossen.
14	Regionale/lokale Klimadaten Für die Anwendung des KET in der Musterkommune Ludwigsburg wird aufgrund des Fehlens flächendeckender, kleinräumlicher kommunaler Klimadaten auf die Daten des Regionalen KlimaAtlas der Region Stuttgart (siehe Verband Region Stuttgart 2008) zurückgegriffen. Der KlimaAtlas unterscheidet elf Klimatope (siehe dazu Anhang 15).	6	6	6	Klimadaten als Indikator für die mikroklimatischen Bedingungen (Exposition) und damit Relevanz von Prüfobjekten: Je nach Zugehörigkeit zu einem Belastungsraum können die Prüfobjekte in Klassen hoher oder niedriger Relevanz unterschieden und damit für die Einzelfallprüfung entsprechend priorisiert sowie kartographisch differenziert dargestellt werden.
15	Eigentumsverhältnisse Für alle Flurstücke und Gebäude des Gemeindegebiets liegen in der Regel Informationen zu den Eigentumsverhältnissen vor. In der Musterkommune Ludwigsburg werden folgende sieben Eigentümerkategorien unterschieden: <ul style="list-style-type: none"> – Stadt (S) – Stadt Teileigentum (ST) – Wohnungsbau Ludwigsburg (W) – Landkreis Ludwigsburg (K) – Land Baden-Württemberg (L) – Straße (STRA) – Privat (P) 	6	6	6	Eigentumsverhältnisse als Ordnungsmerkmal für die systematisierte Darstellung von Anpassungskapazitäten: In wessen Eigentum sich die ermittelten Kapazitäten befinden und wer für deren Nutzbarmachung verantwortlich zeichnet.

5.2.3 DAS KET FÜR DIE DREI BEREICHE „FLÄCHEN“, „STRAßENRAUM“ UND „ANLAGEN“

Wie erwähnt, werden die Anpassungskapazitäten für die aus dem GIS exportierten Prüfobjekte in Excel anhand der kapazitätsrelevanten Daten/Objektattribute in einer Sequenz von Prüfschritten untersucht. Dabei wird nach den drei Bereichen „Flächen“, „Straßenraum“ und „Anlagen“ (Gebäude) differenziert.

Trotz analoger Abfolge und struktureller Gleichheit der Komponenten/Prüfschritte des KET unterscheiden sich die Vorgehensweisen für die drei Bereiche in einigen Punkten, insbesondere aufgrund der teilweise unterschiedlichen Datengrundlagen. Aus diesem Grund folgt im Weiteren bei der Darstellung der einzelnen KET-Komponenten auf einen einleitenden allgemeingültigen Teil jeweils eine die drei Bereiche spezifizierende Darstellung in tabellarischer Form. Da jeder der drei Teilbereiche für sich genommen verständlich sein soll, lassen sich Redundanzen dabei nicht gänzlich vermeiden. Näheres zur technischen Operationalisierung der Prüfschritte mittels Formel- und Filterfunktionen in Excel ist Kapitel 6.3.4 zu entnehmen.

5.2.3.1 KET-KOMPONENTE 1: „PRINZIPIELLE EIGNUNG“

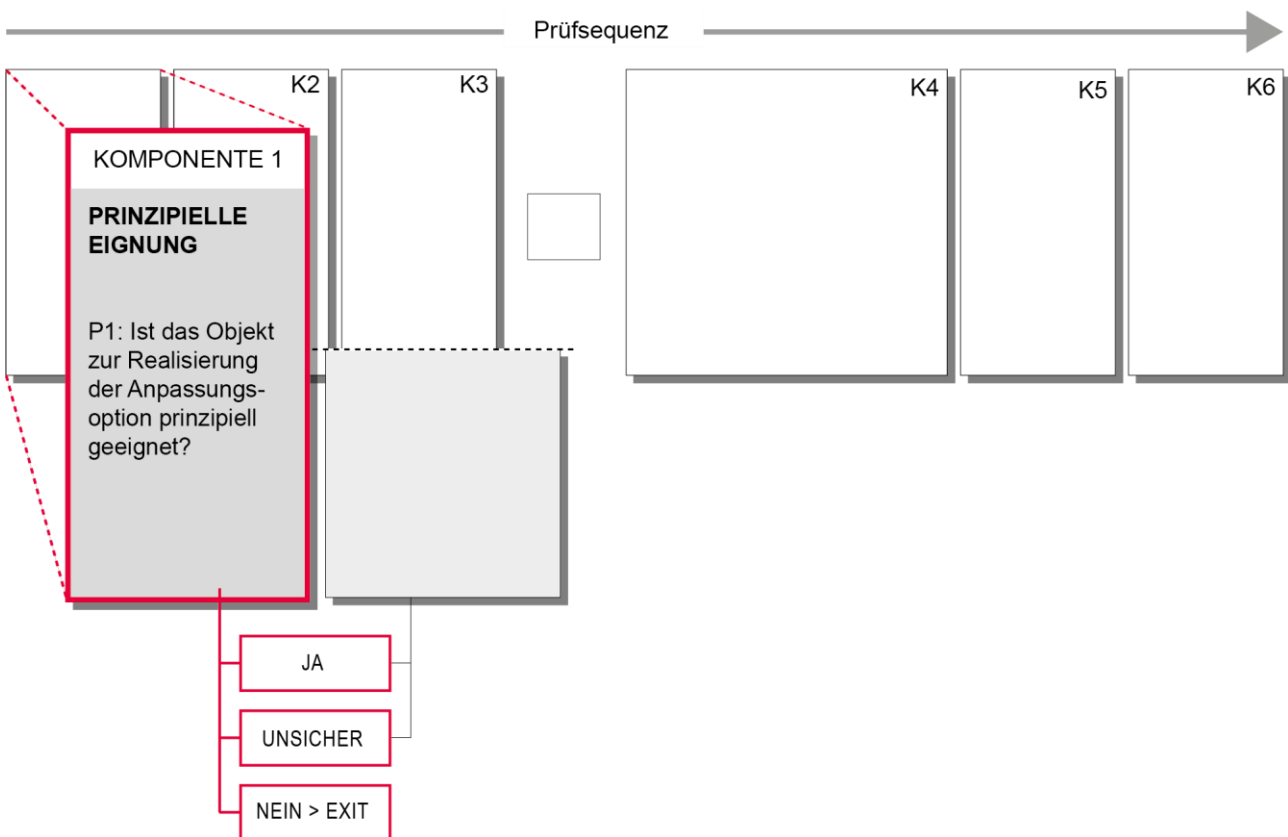


Abbildung 7: KET-Komponente 1: „Prinzipielle Eignung“

Die Komponente 1 beinhaltet den ersten KET-Prüfschritt (siehe auch Abb. 7). Dessen Ziel ist es, gleich zu Beginn des Verfahrens diejenigen Typen von Flächen, Straßenräumen und Anlagen – zusammenfassend auch als (Prüf-)Objekte bezeichnet – zu identifizieren, die sich nicht als Anpassungskapazitäten eignen. Dies ist der Fall, wenn eine Realisierung der jeweils fraglichen Anpassungsoption dort keinen lokalklimatischen Nutzen verspricht, als „praxisfern“ einzustufen oder aus anderen Gründen auszuschließen ist. Solche Objekte

werden aus der weiteren Prüfsequenz eliminiert, alle anderen werden dem nächsten Prüfschritt (Komponente 2) zugeführt.

Die Eignungsprüfung erfolgt anhand von im GIS hinterlegten Attributen (Flächen-, Straßenraum- oder Gebäudemerkmalen) zur aktuellen Nutzung/Funktion der Prüfobjekte. Geprüft werden dabei nicht einzelne Objekte, sondern Klassen/Typen von Objekten mit jeweils gleicher Nutzungs-/Funktionsart (z.B. Nutzungsart „Gebäude- und Freifläche Wohnen“ beim Bereich „Flächen“; Straßenart „Gemeindestraße“ beim Bereich „Straßenraum“; Gebäudefunktion „Geschäftshaus“ beim Bereich „Anlagen“). Die Selektion nach „geeignet“ versus „nicht geeignet“ erfolgt verbal-argumentativ unter Bezugnahme auf die Nutzung/Funktion der Objekttypen⁷. Objekttypen sollten nur dann eliminiert werden, wenn ihre Nichteignung aufgrund der Nutzung/Funktion vergleichsweise evident und/oder gut begründbar respektive eine Realisierung von Anpassungsoptionen erkennbar unsinnig ist.

Tabelle 3 stellt die jeweils spezifischen Funktionsweisen des Prüfschritts 1 für die drei Bereiche „Flächen“, „Straßenraum“ und „Anlagen“ dar.

Tabelle 3: Spezifizierung des KET-Prüfschritts 1 für die drei Untersuchungsbereiche

Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
Prüfkriterium/-frage (P1)	Prüfkriterium/-frage (P1)	Prüfkriterium/-frage (P1)
Ist die Flurstücksteifläche zur Realisierung der Anpassungsoption prinzipiell geeignet?	Ist die Straßenabschnittsteifläche zur Realisierung der Anpassungsoption prinzipiell geeignet?	Ist das Gebäude zur Realisierung der Anpassungsoption prinzipiell geeignet?
Erläuterung der Prüffrage und Leitlinien zur Durchführung des Prüfschritts respektive Selektion/Klassifizierung von Flächen	Erläuterung der Prüffrage und Leitlinien zur Durchführung des Prüfschritts respektive Selektion/Klassifizierung von Straßenräumen	Erläuterung der Prüffrage und Leitlinien zur Durchführung des Prüfschritts respektive Selektion/Klassifizierung von Anlagen
Es ist festzulegen, welche Flächentypen (Nutzungsarten (NA)) zur Realisierung der Anpassungsoption prinzipiell geeignet sind und welche nicht. Alle Flächen mit einer als potenziell geeignet eingestuften NA sind der nächsten KET-Komponente zuzuführen. Gleiches gilt, wenn die Nutzung nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann und ein Unsicherheitsvermerk zu vergeben ist. Alle anderen Flächen sind aus der weiteren Betrachtung auszuschließen. Grundsätzlich ist von einer Eignung auszugehen und ein Ausschluss von Flächentypen nur in gut begründbaren Fällen vorzunehmen. Gründe für einen Ausschluss können sein, dass (Begründungen B1 bis B5, auch in Kombination)	Es ist festzulegen, welche Straßenabschnittsteiflächen aufgrund der Attribute „Straßenart“ und „Flächentyp“ zur Realisierung der Anpassungsoption prinzipiell geeignet sind und welche nicht. Alle Flächen mit einer als prinzipiell geeignet eingestuften Straßenart und geeignetem Flächentyp sind der nächsten KET-Komponente zuzuführen. Gleiches gilt, wenn die Straßenart und/oder der Flächentyp nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann und ein Unsicherheitsvermerk zu vergeben ist. Alle anderen Flächen sind aus der weiteren Betrachtung auszuschließen. Konkret betrifft dies die Straßenarten (1) Autobahn und (2) Bundes-/Landesstraßen, weil	Es ist festzulegen, welche Gebäudetypen (angezeigt durch die Daten zur Gebäudefunktion) zur Realisierung der Anpassungsoption prinzipiell geeignet sind und welche nicht. Alle Gebäude, die eine als potenziell geeignet eingestufte Funktion aufweisen, sind der nächsten KET-Komponente zuzuführen. Gleiches gilt, wenn die Funktion nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann und ein Unsicherheitsvermerk zu vergeben ist. Alle anderen Gebäude sind aus der weiteren Betrachtung auszuschließen. Grundsätzlich ist von einer Eignung auszugehen und ein Ausschluss von Gebäudetypen nur in gut begründbaren Fällen vorzunehmen. Bei der im Anwendungsfall der Musterkommune Ludwigsburg betrachteten Anpassungsoption „Dachbegrünung“ können

⁷ Anzumerken ist, dass in diesem ersten Prüfschritt Objekte aus unterschiedlichen Gründen ausgeschlossen werden können und dabei auch Kriterien angelegt werden können, die im Weiteren für die dann noch verbliebenen Objekte noch einmal (in detaillierterer Weise bzw. anhand anderer Objektattribute) geprüft werden.

Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
<p>(B1) eine Realisierung der Anpassungsoption offenbar als unsinnig und/oder praxisfern einzustufen ist (z.B. das Anlegen begrünter Flächen auf Wasserflächen);</p> <p>(B2) die zur Realisierung der Anpassungsoption theoretisch infrage kommenden Flächen einer NA in der Regel (nahezu) vollständig benötigt werden, um die Funktion der Fläche zu gewährleisten (z.B. versiegelte Verkehrsflächen auf einem Flugplatz (FPL));</p> <p>(B3) Flächen einer NA üblicherweise eher in peripheren, klimatisch wenig belasteten Lagen lokalisiert sind, wo eine klimatische Verbesserung nicht notwendig erscheint (z.B. „Gebäude- und Freifläche Land- und Forstwirtschaft“ (GFLF));</p> <p>(B4) eine ausreichende Klimawirksamkeit respektive -qualität des Flächentypus bereits gegeben ist und eine Realisierung der Anpassungsoption daher keinen zusätzlichen Nutzen verspricht (z.B. bei Flächen der NA „Gartenland“ (G));</p> <p>(B5) der Aufwand (monetär, zeitlich, personell) zur Realisierung der Anpassungsoption bei einer Nutzungsart im Verhältnis zum voraussichtlich erzielbaren Klimanutzen als in der Regel unangemessen hoch einzustufen ist (z.B. aufwändige Wasserzuleitung zur Schaffung einer kühlenden Wasserfläche mit nur geringer Größe und Klimawirksamkeit auf einem Bahngelände (BGL)).</p> <p>Darüber hinaus ist ein Ausschluss ganzer Nutzungsarten dann denkbar, wenn die Realisierung der Anpassungsoption aus sozialen und/oder kulturellen Gründen unerwünscht ist, z.B. aufgrund eines veränderten Erscheinungsbilds respektive eingeschränkter Sichtbarkeit historischer Anlagen (HIST) infolge von Baumpflanzungen.</p> <p>(Ein Überblick über alle im Anwendungsfall der Musterkommune Ludwigsburg für diesen Prüfschritt vorgenommenen Selektionen/Klassifizierungen findet sich in Anhang 7.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> – diese nicht in der Zuständigkeit der Kommune liegen; – zum überwiegenden Teil fernab von Siedlungen verlaufen und somit kein Faktor des Stadtklimas sind; – die vorhandenen Flächen in der Regel vollständig zur Abwicklung der Verkehre benötigt werden. <p>Anhand des Attributs Flächentyp erfolgt ein Ausschluss, wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> – eine Realisierung der Anpassungsoption als unsinnig und/oder praxisfern einzustufen ist; – der Flächentyp vollumfänglich für die entsprechende Verkehrsfunktion zur Verfügung stehen muss. <p>Konkret scheiden damit folgende Flächentypen im Straßenraum aus der weiteren Betrachtung aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fahrbahn – Busbucht – Erdweg – Radweg – Spurweg – Treppe – Weg mit Treppe – Verkehrsinsel <p>Einen Sonderfall im Straßenraum stellt der Flächentyp „Fahrbahn“ dar. Dieser kann ggf. zu Teilen für eine Anpassungsoption genutzt werden, wenn im Rahmen eines entsprechenden Verkehrskonzepts eine Neuordnung der Funktionen im Straßenraum erfolgt. Hier kann durch eine Reduktion von Verkehren und/oder der Geschwindigkeit eine Verschmälerung der Fahrbahn erfolgen. Dabei „gewonnene“ Flächen werden im Regelfall anderen Flächentypen, z.B. Gehweg, zugeschlagen, welche in der Betrachtung enthalten sind.</p> <p>(Ein Überblick über alle im Anwendungsfall der Musterkommune Ludwigsburg für diesen Prüfschritt vorgenommenen Selektionen/Klassifizierungen findet sich in Anhang 11.)</p>	<p>Gründe für einen Ausschluss sein, dass (Begründungen B1 bis B3, auch in Kombination)</p> <p>(B1) eine Realisierung der Anpassungsoption offenbar als unsinnig und/oder praxisfern einzustufen ist (z.B. Dachbegrünung bei einem Gewächshaus oder einem Sendeturm);</p> <p>(B2) der mittels der Anpassungsoption zu erzielende klimatische Nutzen als marginal einzustufen ist (z.B. Dachbegrünung bei einem Turm, bei dem die Wohlfahrtswirkung sowohl hinsichtlich des Stadtklimas zu vernachlässigen ist, weil die zu begründende Fläche sich in der Regel in zu großer Höhe befindet, als auch hinsichtlich des (Innen-)Raumklimas, weil sich für die meisten der unteren Geschosse kein Effekt erzielen lässt);</p> <p>(B3) das historische Erscheinungsbild eines Gebäudes nicht verändert werden soll (z.B. Dachbegrünung bei den Gebäudefunktionen „Burg“ oder „Schloss“).</p> <p>(Ein Überblick über alle im Anwendungsfall der Musterkommune Ludwigsburg für diesen Prüfschritt vorgenommenen Selektionen/Klassifizierungen findet sich in Anhang 14.)</p>
<p>Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigte Flächenattribute)</p> <p>Die Prüfung erfolgt anhand des Flächenattributs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung (Nutzungsart (NA)). 	<p>Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigte Straßenraumattribute)</p> <p>Die Prüfung erfolgt anhand der Straßenraumattribute</p> <ul style="list-style-type: none"> • Straßenart und • Flächentyp der Teilfläche des Straßenraums. 	<p>Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigte Anlagen- bzw. Gebäudeattribute)</p> <p>Die Prüfung erfolgt anhand des Flächenattributs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gebäudefunktion.
<p>KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage)</p> <p>Führe eine Fläche (Datenelement) in der KET weiter, wenn diese</p> <ul style="list-style-type: none"> • aufgrund der tatsächlichen Nutzung als prinzipiell geeignet einzustufen ist (KET-Antwortoption „JA“); • aufgrund fehlender Informationen nicht oder nur unter Unsicherheit auf ihre 	<p>KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage)</p> <p>Führe eine Straßenabschnittsteilfläche (Datenelement) in der KET weiter, wenn diese</p> <ul style="list-style-type: none"> • aufgrund der Straßenart und des Flächentyps als prinzipiell geeignet einzustufen ist (KET-Antwortoption „JA“); • aufgrund fehlender Informationen zur 	<p>KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage)</p> <p>Führe ein Gebäude (Datenelement) in der KET weiter, wenn dieses</p> <ul style="list-style-type: none"> • aufgrund seiner Funktion als prinzipiell geeignet einzustufen ist (KET-Antwortoption „JA“); • aufgrund fehlender Informationen nicht oder nur unter Unsicherheit auf seine

Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
<p>Eignung geprüft werden kann („UNSI-CHER, weil kein Objektattribut“ oder „UNSI-CHER, weil Nutzung/Eignung trotz Objektattribut unklar“; nehme jeweils einen Unsicherheitsvermerk vor).</p> <p>Eliminiere eine Fläche (Datenelement) aus der weiteren Betrachtung, wenn diese</p> <ul style="list-style-type: none"> aufgrund der tatsächlichen Nutzung als nicht geeignet einzustufen ist („NEIN > EXIT“). 	<p>Straßenart und/oder Flächentyp nicht oder nur unter Unsicherheit auf ihre Eignung geprüft werden kann („UNSI-CHER, weil kein Objektattribut“ oder „UNSI-CHER, weil Nutzung/Eignung trotz Objektattribut unklar“; nehme jeweils einen Unsicherheitsvermerk vor).</p> <p>Eliminiere eine Straßenabschnittsteifläche (Datenelement) aus der weiteren Betrachtung, wenn diese</p> <ul style="list-style-type: none"> aufgrund der Straßenart und/oder des Flächentyps als nicht geeignet einzustufen ist („NEIN > EXIT“). 	<p>Eignung geprüft werden kann („UNSI-CHER, weil kein Objektattribut“ oder „UNSI-CHER, weil Funktion/Eignung trotz Objektattribut unklar“; nehme jeweils einen Unsicherheitsvermerk vor).</p> <p>Eliminiere ein Gebäude (Datenelement) aus der weiteren Betrachtung, wenn dieses</p> <ul style="list-style-type: none"> aufgrund seiner Funktion als nicht geeignet einzustufen ist („NEIN > EXIT“).

5.2.3.2 KET-KOMPONENTE 2: „AKTUELL VORHANDENE KLIMAQUALITÄT“

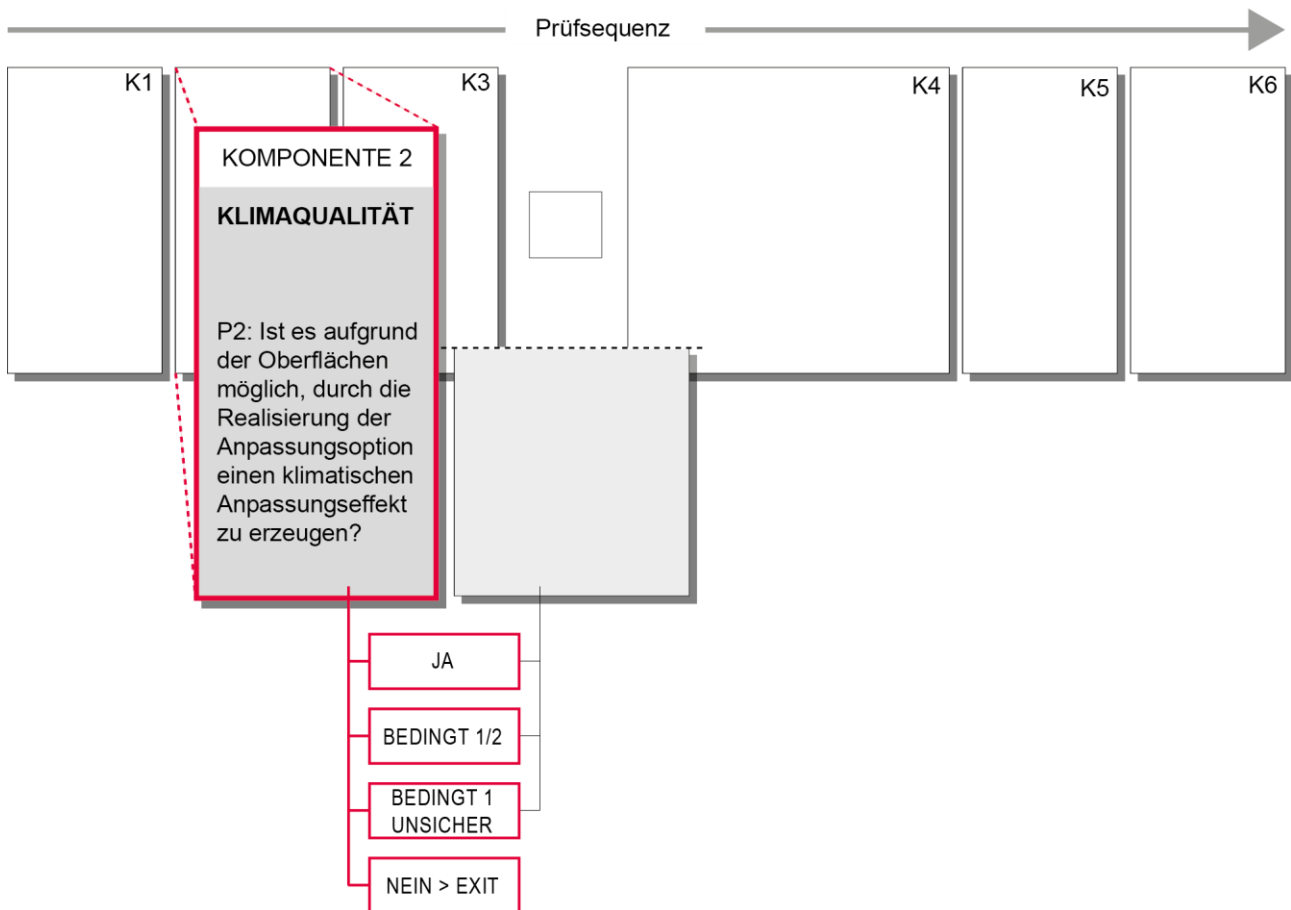


Abbildung 8: KET-Komponente 2: „Aktuell vorhandene Klimaqualität“

Die Komponente 2 beinhaltet den zweiten KET-Prüfschritt (siehe auch Abb. 8). Dessen Ziel ist es, diejenigen Prüfobjekte zu identifizieren, die bereits über eine gute Klimaqualität verfügen (z.B. unversiegelte, begrünte Flächen, die sich infolge solarer Einträge weniger stark aufheizen als versiegelte Flächen) und/oder bereits die Merkmale aufweisen, die durch Realisierung der Anpassungsoption hergestellt werden sollen (z.B. Gebäude mit Verschattungselementen und/oder technischer Gebäudekühlung). Objekte dieser Art wer-

den aus der weiteren Prüfung eliminiert⁸. Gleichzeitig werden diejenigen Typen identifiziert, die aktuell eine negative Klimaqualität aufweisen und/oder noch nicht über die positiven klimawirksamen Mechanismen/Merkmale verfügen, die mittels der Anpassungsoption realisiert werden sollen. Solche Objekte werden dem nächsten KET-Prüfschritt zugeführt.

Die Attribute, anhand derer die Selektion nach „klimatisch günstig“ oder „nicht klimatisch günstig“ erfolgt, können in Abhängigkeit der jeweils betrachteten Anpassungsoption variieren. Bei den in diesem Projekt betrachteten Anpassungsoptionen geht es in der Regel um eine Verbesserung von klimatisch wirksamen Oberflächenmerkmalen mit dem Ziel, urbanen Hitzeinseln entgegenzuwirken, die unter anderem aus der Aufheizung Wärme speichernder, versiegelter Oberflächen resultieren. Zentraler Indikator für die Beurteilung der Klimaqualität sind infolgedessen die aktuellen Oberflächenbeschaffenheiten der Objekte, mehr dazu in Tabelle 4.

Tabelle 4: Spezifizierung des Prüfschritts 2 für die drei Untersuchungsbereiche

Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
Prüfkriterium/-frage (P2)	Prüfkriterium/-frage (P2)	Prüfkriterium/-frage (P2)
Ist es aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit der Fläche möglich, durch die Realisierung der Anpassungsoption einen klimatischen Anpassungseffekt zu erzeugen?	Ist es aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit der Straßenabschnittsteilfläche möglich, durch die Realisierung der Anpassungsoption einen klimatischen Anpassungseffekt zu erzeugen?	Weist das Gebäude bereits die klimatisch günstigen Merkmale auf, die durch die Realisierung der Anpassungsoption hergestellt werden sollen?
Erläuterung der Prüffrage und Leitlinien zur Durchführung des Prüfschritts respektive Selektion/Klassifizierung von Flächen	Erläuterung der Prüffrage und Leitlinien zur Durchführung des Prüfschritts respektive Selektion/Klassifizierung von Straßenabschnittsteilflächen	Erläuterung der Prüffrage und Leitlinien zur Durchführung des Prüfschritts respektive Selektion/Klassifizierung von Anlagen
Anhand der Oberflächenbeschaffenheit (angezeigt durch die Daten zur gesplitteten Abwassergebühr (GAG)) werden die Flächen identifiziert, denen aufgrund ihrer Oberfläche eine positive Klimaqualität zugeschrieben wird und auf denen durch die Umsetzung der Anpassungsoption kein Anpassungseffekt (kleinklimatischer Effekt) erzeugt werden kann. Solche Flächen sind aus der weiteren Prüfung auszuschließen. Dies betrifft für die meisten Anpassungsoptionen alle Flächen mit dem GAG-Attribut „unversiegelt“. Ausselektiert werden außerdem alle Datenelemente mit den Attributen „Standard-“ und „Gründach“, weil diese für die flächenbezogene Kapazitätenermittlung irrelevant sind und beim Bereich „Anlagen“ berücksichtigt werden. Weiterzuführen sind alle Flächen, die eine	Die Selektion/Klassifizierung erfolgt anhand der Attribute „Flächentyp“ und „Belag“. Anhand des Belags der Straßenabschnittsteilflächen werden die Flächen identifiziert, denen aufgrund ihrer unversiegelten Oberfläche eine positive Klimaqualität zugeschrieben wird und auf denen durch die Umsetzung der Anpassungsoption kein Anpassungseffekt (kleinklimatischer Effekt) erzeugt werden kann. Solche Flächen sind aus der weiteren Prüfung auszuschließen. Anhand des Flächentyps kann indirekt auf die Oberfläche geschlossen werden, zum Beispiel für „Gehweg“ oder „Parkbucht“, bei denen in der Regel eine Versiegelung vorliegt. Alle als unversiegelt angenommenen Flächen sind auszuschließen. Weiterzuführen sind Flächen, für die sowohl	Objektattribute, die die aktuelle Klimaqualität baulicher Anlagen indizieren, liegen in den Kommunen gemeinhin nur bezüglich der Dachflächen und deren Oberflächenbeschaffenheiten vor. Für die Ermittlung anderer anlagenbezogener Kapazitäten, etwa, was Potenziale für Fassadenbegrünung, eine Aufhellung von Oberflächen (Erhöhung der Albedo) oder eine Ausstattung von Gebäuden mit technischen Kühlanlagen anbelangt, liegen in der Regel keine Daten vor. Für die im Rahmen dieses Projekts betrachtete Anpassungsoption „Dachbegrünung“ werden anhand des Attributs „Dachart“ die Gebäude identifiziert, die bereits begrünte Dächer haben und denen daher eine diesbezüglich positive Klimaqualität zugeschrieben werden kann. Bei diesen kann durch die

⁸ Zur Abgrenzung von Komponente 1: Auch im ersten Prüfschritt können Objekte aus diesem Grund eliminiert werden. Dort handelt es sich indes um eine Vor- beziehungsweise Grobselektion anhand der aktuellen Nutzungen/Funktionen der Objekte, durch die ganze Nutzungsarten-/Funktionsgruppen ausselektiert werden. Bei der Komponente 2 richtet sich der Blick auf einer gleichsam detaillierteren Stufe auf die für die Frage der Klimaqualität aussagekräftigeren Oberflächenmerkmale der Objekte.

Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
<p>Versiegelung (von „voll versiegelt“ bis „wenig versiegelt“) aufweisen, wobei mit abnehmendem Versiegelungsgrad die Priorität sinkt. Flächen mit dem GAG-Attribut „Baustelle“ werden mit Blick auf die künftige Bebauung wie stark versiegelte Flächen behandelt.</p> <p>Für die Anpassungsoption „Baumpflanzung“ sind darüber hinaus auch unversiegelte Flächen relevant, weil auf diesen durch Baumpflanzungen zusätzliche Kaltluftproduktions- sowie Verschattungseffekte erzielt werden können (etwa auf Erholungsflächen wie Grünanlagen (ANL)).</p> <p>(Ein Überblick über alle im Anwendungsfall der Musterkommune Ludwigsburg für diesen Prüfschritt vorgenommenen Selektionen/Klassifizierungen findet sich in Anhang 8.)</p>	<p>für den Belag als auch den Flächentyp eine Versiegelung vorliegt oder anzunehmen ist.</p> <p>Mit einem Priorisierungsabschlag weiterzuführen sind jene Flächentypen, bei denen die konkrete Ausprägung im Einzelfall für die aktuelle Klimafunktion entscheidend ist, z.B. Erdweg und Spurweg; diese werden indes ohnehin in KET-Komponente 1 ausselektiert. Ein Unsicherheitsvermerk ist außerdem für Flächen mit dem Belag „Sonstige“ zu vergeben.</p> <p>(Ein Überblick über alle im Anwendungsfall der Musterkommune Ludwigsburg für diesen Prüfschritt vorgenommenen Selektionen/Klassifizierungen findet sich in Anhang 12.)</p>	<p>Umsetzung der Anpassungsoption infolgedessen kein zusätzlicher Anpassungseffekt (kleinklimatischer Effekt) erzeugt werden, weshalb sie aus der weiteren Prüfung auszuschließen sind.</p> <p>Weiterzuführen sind alle Gebäude, die aktuell keine Dachbegrünung aufweisen.</p>
<p>Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigte Flächenattribute)</p>	<p>Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigtes Attribut der Straßenabschnittsteilfläche)</p>	<p>Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigte Anlagen- bzw. Gebäudeattribute)</p>
<p>Die Prüfung erfolgt anhand des Flächenattributs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Versiegelungsgrad nach gesplitteter Abwassergebühr (GAG), differenziert nach <ul style="list-style-type: none"> – voll versiegelt – stark versiegelt – wenig versiegelt – unversiegelt – Baustelle 	<p>Die Prüfung von Straßenabschnittsteilflächen erfolgt anhand der Attribute</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flächentyp und • Belag, differenziert nach <ul style="list-style-type: none"> – Asphalt – Pflaster/Platten – Betondecke – Oberflächenbehandlung – Sonstige 	<p>Die Prüfung erfolgt anhand des Attributs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dachart, differenziert nach <ul style="list-style-type: none"> – begrünt – nicht begrünt
<p>KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage)</p>	<p>KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage)</p>	<p>KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage)</p>
<p>Führe eine Fläche (Datenelement) in der KET weiter, wenn diese</p> <ul style="list-style-type: none"> • aufgrund ihrer Oberflächenbeschaffenheit als uneingeschränkt relevant einzustufen ist (KET-Antwortoption „JA“); Antwortoption trifft z.B. bei der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ auf Flächen mit GAG-Attribut „voll versiegelt“ zu; • aufgrund ihrer Oberflächenbeschaffenheit als eingeschränkt relevant einzustufen ist („BEDINGT 1/2“); nehme entsprechende Priorisierungsabschläge mit Wert 1 oder 2 vor; Antwortoption trifft z.B. bei der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ auf Flächen mit GAG-Attribut „stark versiegelt“ (Abschlag 1) und „wenig versiegelt“ (Abschlag 2) zu; • aufgrund fehlender Informationen nicht oder nur unter Unsicherheit hinsichtlich ihrer Relevanz geprüft werden kann („BEDINGT 1_UNSICHER, weil kein Objektattribut“ oder „BEDINGT 1_UNSICHER, weil aktuelle Klimaqualität trotz Objektattribut unklar“); nehme jeweils einen Unsicherheitsvermerk sowie einen Priorisierungsabschlag mit Wert 1 vor; zweitgenannte Antwortoption trifft z.B. bei der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ auf Flächen mit GAG-Attribut „Baustelle“ zu, bei denen die zukünftige 	<p>Führe eine Straßenabschnittsteilfläche (Datenelement) in der KET weiter, wenn diese</p> <ul style="list-style-type: none"> • aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit des Belags und Flächentyps als uneingeschränkt relevant einzustufen ist (KET-Antwortoption „JA“); Antwortoption trifft z.B. bei der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ auf Gehwege und Parkbuchten zu; • aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit des Belags und/oder Flächentyps als eingeschränkt relevant einzustufen ist („BEDINGT 1/2“); nehme entsprechende Priorisierungsabschläge mit Wert 1 oder 2 vor; Antwortoption trifft z.B. bei der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ theoretisch auf die Flächentypen „Erdweg“ (Abschlag 1) und „Spurweg“ (Abschlag 1) zu, die indes in Komponente 1 bereits ausselektiert werden; ein Priorisierungsabschlag mit Wert 2 wird hier nicht vergeben. • aufgrund fehlender Informationen nicht oder nur unter Unsicherheit hinsichtlich ihrer Relevanz geprüft werden kann („BEDINGT 1_UNSICHER, weil kein Objektattribut“ oder „BEDINGT 1_UNSICHER, weil aktuelle Klimaqualität trotz Objektattribut unklar“); nehme jeweils einen Unsicherheitsvermerk sowie einen Priorisierungsab- 	<p>Führe ein Gebäude (Datenelement) in der KET weiter, wenn dieses</p> <ul style="list-style-type: none"> • aufgrund seiner aktuellen Klimaqualität als uneingeschränkt relevant einzustufen ist (KET-Antwortoption „JA“); Antwortoption trifft z.B. bei der Anpassungsoption „Dachbegrünung“ auf Gebäude mit Dachart-Attribut „nicht begrünt“ zu; • aufgrund seiner aktuellen Klimaqualität als eingeschränkt relevant einzustufen ist („BEDINGT 1/2“); nehme entsprechende Priorisierungsabschläge mit Wert 1 oder 2 vor; Antwortoption trifft bei der Anpassungsoption „Dachbegrünung“ auf kein Gebäude zu, weil die relevanten Dachart-Attribute nur in zweifacher Ausprägung („begrünt“ und „nicht begrünt“) vorliegen; • aufgrund fehlender Informationen zur aktuellen Klimaqualität hinsichtlich seiner Relevanz nicht oder nur unter Unsicherheit geprüft werden kann („BEDINGT 1_UNSICHER, weil kein Objektattribut“ oder „BEDINGT 1_UNSICHER, weil aktuelle Klimaqualität trotz Objektattribut unklar“); nehme jeweils einen Unsicherheitsvermerk sowie einen Priorisierungsabschlag mit Wert 1 vor; Antwortoption trifft bei der Anpassungsoption „Dachbegrünung“ auf kein

Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
<p>Versiegelung (nach Abschluss der Bauarbeiten) unklar ist; durch den Priorisierungsabschlag wird dieser Flächentyp de facto wie „stark versiegelt“ behandelt, vgl. oben Antwortoption „BEDINGT 1“ (plus Unsicherheitsvermerk).</p> <p>Eliminiere eine Fläche (Datenelement) aus der weiteren Betrachtung, wenn diese</p> <ul style="list-style-type: none"> aufgrund ihrer Oberflächenbeschaffenheit als nicht relevant einzustufen ist („NEIN > EXIT“); Antwortoption trifft z.B. bei der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ auf Flächen mit GAG-Attribut „unversiegelt“ zu. 	<p>schlag mit Wert 1 vor; zweitgenannte Antwortoption trifft z.B. bei der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ auf Flächen mit dem Belag „Sonstige“ zu, bei denen die tatsächliche Versiegelung unklar ist.</p> <p>Eliminiere eine Straßenabschnittsteifläche (Datenelement) aus der weiteren Betrachtung, wenn diese</p> <ul style="list-style-type: none"> aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit des Belags und/oder Flächentyps als nicht relevant einzustufen ist („NEIN > EXIT“); Antwortoption trifft z.B. bei der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ auf den Flächentyp „Begleitgrün“ zu. 	<p>Gebäude zu.</p> <p>Eliminiere ein Gebäude (Datenelement) aus der weiteren Betrachtung, wenn dieses</p> <ul style="list-style-type: none"> aufgrund seiner aktuellen Klimaqualität als nicht relevant einzustufen ist („NEIN > EXIT“); Antwortoption trifft bei der Anpassungsoption „Dachbegrünung“ auf Gebäude mit X-Attribut „begrünt“ zu.

5.2.3.3 KET-KOMPONENTE 3: „SCHUTZGUTRELEVANZ“

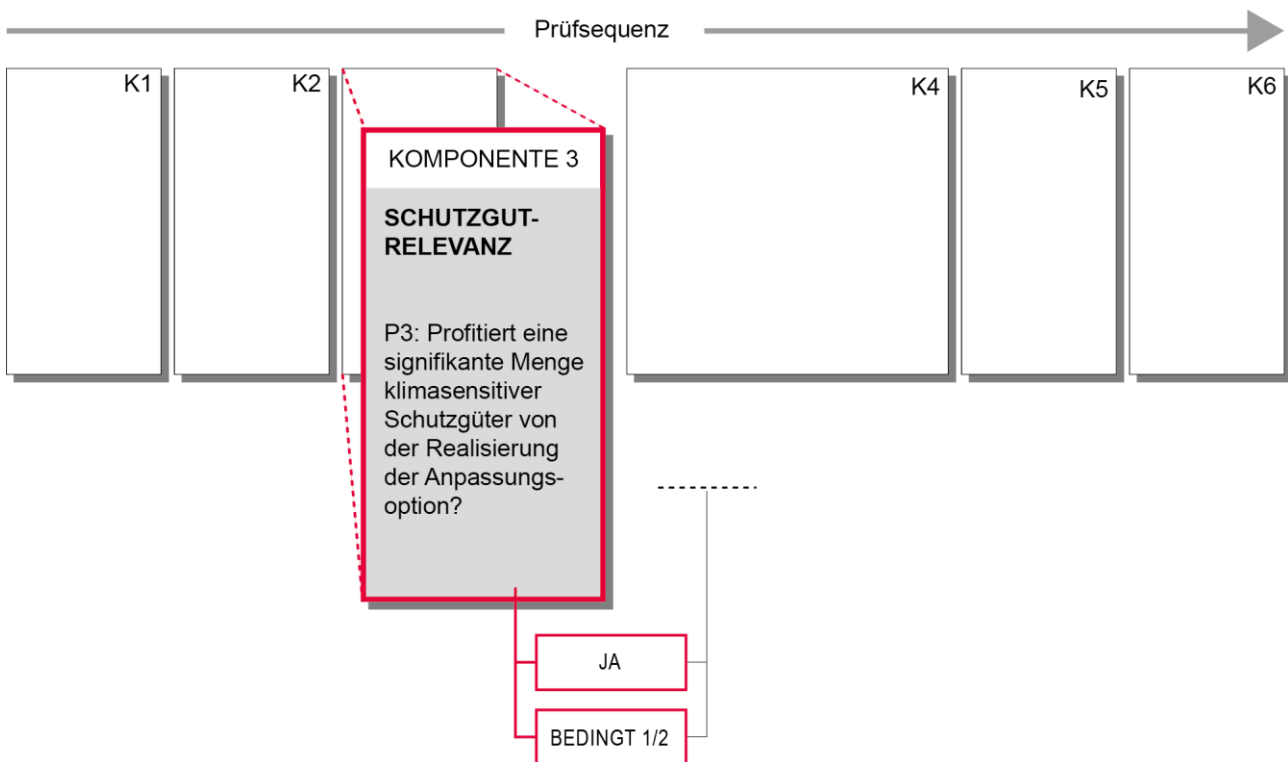


Abbildung 9: KET-Komponente 3: „Schutzgutrelevanz“

Die Komponente 3 beinhaltet den dritten KET-Prüfschritt (siehe auch Abb. 9). Dessen Ziel ist es, zu bewerten, welche Typen von Flächen, Straßenräumen oder Anlagen zu welchem Grad schutzgutrelevant sind. Von Schutzgutrelevanz wird gesprochen, wenn eine signifikante Menge klimasensitiver Schutzgüter, hier vor allem hitzesensitive Menschen und Nutzungen, von dem potenziellen klimatischen Effekt (z.B. Kaltluftproduktion, Verschattung oder Ventilation) profitieren, der durch die Realisierung der Anpassungsoption erzeugt werden kann. Eine hohe Schutzgutrelevanz ist beispielsweise bei stark frequentierten öffentlichen Plätzen gegeben oder auch bei Altenheimen und Kindergärten, da sich dort in der Regel besonders hitzesensitive Menschen aufhalten.

Die Prüfung der Schutzgutrelevanz erfolgt anhand mehrerer Prüfkriterien (mehr dazu in Tab. 5). Abhängig davon, wie viele der Kriterien ein Prüfobjekt erfüllt, wird mittels eines Verrechnungsschlüssels der Grad der Schutzgutrelevanz ermittelt. Objekte, die eine definierte Anzahl an Kriterien nicht erfüllen, erhalten Priorisierungsabschläge mit Wert 1 oder 2 und werden damit als weniger relevant für die Anpassung klassifiziert. Für Details zu den einzelnen Kriterien, den Bedingungen der Kriterienerfüllung sowie zum Verrechnungsschlüssel siehe Anhang 5.

In Prüfschritt 3 werden keine Objekte eliminiert, sondern alle der nächsten Komponente zugeführt, klassifiziert anhand der als Ergebnis der ermittelten Schutzgutrelevanz vergebenen Priorisierungsabschläge⁹.

Tabelle 5: Spezifizierung des Prüfschritts 3 für die drei Untersuchungsbereiche

Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
Prüfkriterium/-frage (P3)	Prüfkriterium/-frage (P3)	Prüfkriterium/-frage (P3)
Profitiert eine signifikante Menge klimasensitiver Schutzgüter von der Realisierung der Anpassungsoption auf der Fläche (zu welchem Grad ist die Fläche schutzgutrelevant)?	Profitiert eine signifikante Menge klimasensitiver Schutzgüter von der Realisierung der Anpassungsoption auf einer Fläche des Straßenraums (zu welchem Grad ist die Fläche schutzgutrelevant)?	Profitiert eine signifikante Menge klimasensitiver Schutzgüter von der Realisierung der Anpassungsoption bei dem Gebäude (zu welchem Grad ist das Gebäude schutzgutrelevant)?
Erläuterung der Prüffrage und Leitlinien zur Durchführung des Prüfschritts respektive Selektion/Klassifizierung von Flächen	Erläuterung der Prüffrage und Leitlinien zur Durchführung des Prüfschritts respektive Selektion/Klassifizierung von Straßenräumen	Erläuterung der Prüffrage und Leitlinien zur Durchführung des Prüfschritts respektive Selektion/Klassifizierung von Anlagen
Die Bestimmung der Schutzgutrelevanz erfolgt anhand von fünf Kriterien, deren einzelne Prüfergebnisse zu einer Gesamtbeurteilung der Flächen zusammengeführt werden. (1) Kriterium „ Lage im Stadtgefüge “ (zentral = schutzgutrelevant, peripher = nur bedingt schutzgutrelevant); indiziert durch und zu prüfen anhand (Daten/Attribute): <ul style="list-style-type: none"> • Zugehörigkeit der Fläche zu einem Stadtteil (2) Kriterium „ Aufenthalt vieler Personen über längere Zeiträume mit eingeschränkter Möglichkeit des Ausweichens “ (ist primär der Fall bei Wohnen und Arbeiten/Lernen); indiziert durch und zu prüfen anhand (Daten/Attribute): <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl Wohnungen auf einer Fläche 	Die Bestimmung der Schutzgutrelevanz erfolgt anhand zweier Kriterien, deren Prüfergebnisse zu einer Gesamtbeurteilung der Flächen zusammengeführt werden. (1) Kriterium „ Lage im Stadtgefüge “ (zentral = schutzgutrelevant, peripher = nur bedingt schutzgutrelevant); indiziert durch und zu prüfen anhand (Daten/Attribute): <ul style="list-style-type: none"> • Zugehörigkeit der Fläche zu einem Stadtteil (2) Kriterium „ Aufenthalt vieler Personen über längere Zeiträume mit eingeschränkter Möglichkeit des Ausweichens “; indiziert durch und zu prüfen anhand (Daten/Attribute): <ul style="list-style-type: none"> • Flächentyp 	Das Vorgehen ist im Wesentlichen analog zum Bereich „Flächen“, siehe linke Zelle dieser Tabellenzeile. Ausnahme: Bei der Prüfung des Kriteriums (3) „ Temporärer/kurzfristiger Aufenthalt vieler Menschen (hohe Frequentierung) “ wird das flächenbezogene NA-Attribut nicht berücksichtigt, sondern nur das Gebäudeattribut „Gebäudefunktion“ herangezogen.

⁹ Es steht Tool-Anwendern indes offen, andere Einstufungen vorzunehmen und beispielsweise die Objekte mit dem geringsten Grad der Schutzgutrelevanz als vollkommen irrelevant zu klassifizieren und entsprechend aus der weiteren Betrachtung auszuschließen. Dies wäre zum Beispiel denkbar bei Anlagen ohne sensitive Gebäudefunktionen (z.B. „Campingplatzgebäude“), die gemeinhin peripher oder im Außenbereich liegen. Zur flexiblen Handhabung des KET siehe auch Kapitel 5.2.4.

Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudefunktion <p>(3) Kriterium „Temporärer/kurzfristiger Aufenthalt vieler Personen (hohe Frequentierung)“ (trifft z.B. zu auf öffentliche Plätze (PL)); indiziert durch und zu prüfen anhand (Daten/Attribute):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung (Nutzungsart (NA)) • Gebäudefunktion <p>(4) Kriterium „Aufenthalt vieler sensibler Personen“ (trifft z.B. zu auf Freiflächen zu Krankenhäusern); indiziert durch und zu prüfen anhand (Daten/Attribute):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gebäudefunktion <p>(5) Kriterium „Lokalisation sensibler Prozesse und/oder Waren und Güter und/oder Gebäude“; indiziert durch und zu prüfen anhand (Daten/Attribute):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gebäudefunktion <p>Details zu den Kriterien sowie der Verrechnung der Prüfergebnisse zu einem Gesamtergebnis siehe Anhang 5.</p>		
<p>Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigte Flächenattribute)</p> <p>Siehe vorige Zeile dieser Tabelle.</p>	<p>Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigte Straßenraumattribute)</p> <p>Siehe vorige Zeile dieser Tabelle.</p>	<p>Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigte Anlagen- bzw. Gebäudeattribute)</p> <p>Siehe vorige Zeile dieser Tabelle.</p>
<p>KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage)</p> <p>Alle Flächen werden der nächsten KET-Komponente 4 zugeführt und in Abhängigkeit der Ergebnisse zu den einzelnen Prüfkriterien (siehe zweite Zeile dieser Tabelle) mit unterschiedlichen Priorisierungsabschlägen versehen.</p> <p>Eine Fläche (Datenelement) wird weitergeführt</p> <ul style="list-style-type: none"> • ohne Priorisierungsabschlag, wenn sie alle fünf oder vier Kriterien der Schutzgutarelevanz erfüllt und damit den höchsten Grad der Schutzgutarelevanz aufweist (KET-Antwortoption „JA“) oder • mit Priorisierungsabschlägen („BEDINGT 1/2“), wenn sie nur drei oder zwei Kriterien der Schutzgutarelevanz erfüllt (Priorisierungsabschlag Wert 1) oder kein Kriterium erfüllt ist (Priorisierungsabschlag Wert 2). 	<p>KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage)</p> <p>Alle Straßenabschnittsflächen werden der nächsten KET-Komponente 4 zugeführt und in Abhängigkeit der Ergebnisse zu den einzelnen Prüfkriterien (siehe zweite Zeile dieser Tabelle) mit unterschiedlichen Priorisierungsabschlägen versehen.</p> <p>Es werden für die Schutzgutarelevanz die Attribute Flächentyp und Lage im Stadtgebiet geprüft. Für beide werden bei Nichterfüllung Vorläuferwerte vergeben: Liegt eine Straßenabschnittsfläche nicht in „Mitte“, beträgt der Wert 1; Bezüglich des Attributs Flächentyp wird Wert 1 (nicht voll erfüllt) oder 2 (nicht erfüllt) vergeben. Der Priorisierungsabschlag ergibt sich aus der Summe der Vorläuferwerte: Summe 0 oder 1 = Abschlag 0, Summe 2 oder 3 = Abschlag 1.</p> <p>Eine Fläche (Datenelement) wird demnach weitergeführt</p> <ul style="list-style-type: none"> • ohne Priorisierungsabschlag, wenn sie beide Kriterien der Schutzgutarelevanz erfüllt oder das Kriterium Flächentyp nicht voll erfüllt (Vorläuferwert Wert 1); sie erhält dann den höchsten Grad der Schutzgutarelevanz (KET-Antwortoption „JA“) oder • mit Priorisierungsabschlag („BEDINGT 1“), wenn sie das Kriterium Flächentyp nicht erfüllt (Vorläuferwert 2), beide Kriterien nicht voll erfüllt sind (zwei Mal Vorläuferwert Wert 1) oder das Kriterium Flächentyp nicht voll und das Kriterium Lage im Stadtraum nicht erfüllt ist (Vorläuferwerte Wert 1 und 2). <p>Für Details dazu siehe auch Anhang 5.</p>	<p>KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage)</p> <p>Analog zum Bereich Flächen, siehe linke Zelle dieser Tabellenzeile.</p>

5.2.3.4 KET-ABZWEIG: ALTERNATIVE SZENARIEN

In die Prüfsequenz integriert ist ein Abzweig, bei dem die Wahl zwischen zwei Szenarien besteht (siehe auch Abb. 13).

Im Szenario „Mäßige Belastung“ wird von einer vergleichsweise moderaten zukünftigen Klimabelastung (Exposition) des Untersuchungsraums ausgegangen, wie sie auch der baden-württembergischen Landesstrategie (vgl. LUBW 2015) zugrunde liegt. Die weitere Betrachtung erfolgt dabei unter der in Kapitel 3.2.1.1 beschriebenen Maßgabe des möglichst weitgehenden Funktionserhalts. Entsprechend sind in der Folge die funktionspezifischen Abschläge (mehr dazu unten) vergleichsweise hoch anzusetzen.

Unter Annahme eines Szenarios „Maximalbelastung“ entfällt für die weitere Betrachtung die Maßgabe eines möglichst weitgehenden Funktionserhalts. Stattdessen wird eine extreme zukünftige Klimabelastung angenommen, bei der die Klimaanpassung eine Aufgabe bestimmter Flächenfunktionen einschließt. Dies könnte zum Beispiel bedeuten, Stellplätze zugunsten der Schaffung begrünter Flächen rückzubauen. Entsprechend sind in der Folge im Szenario „Maximalbelastung“ die funktionspezifischen Abschläge geringer anzusetzen.

5.2.3.5 KET-KOMPONENTE 4: „UMFANG DES HANDLUNGSPOTENZIALS“

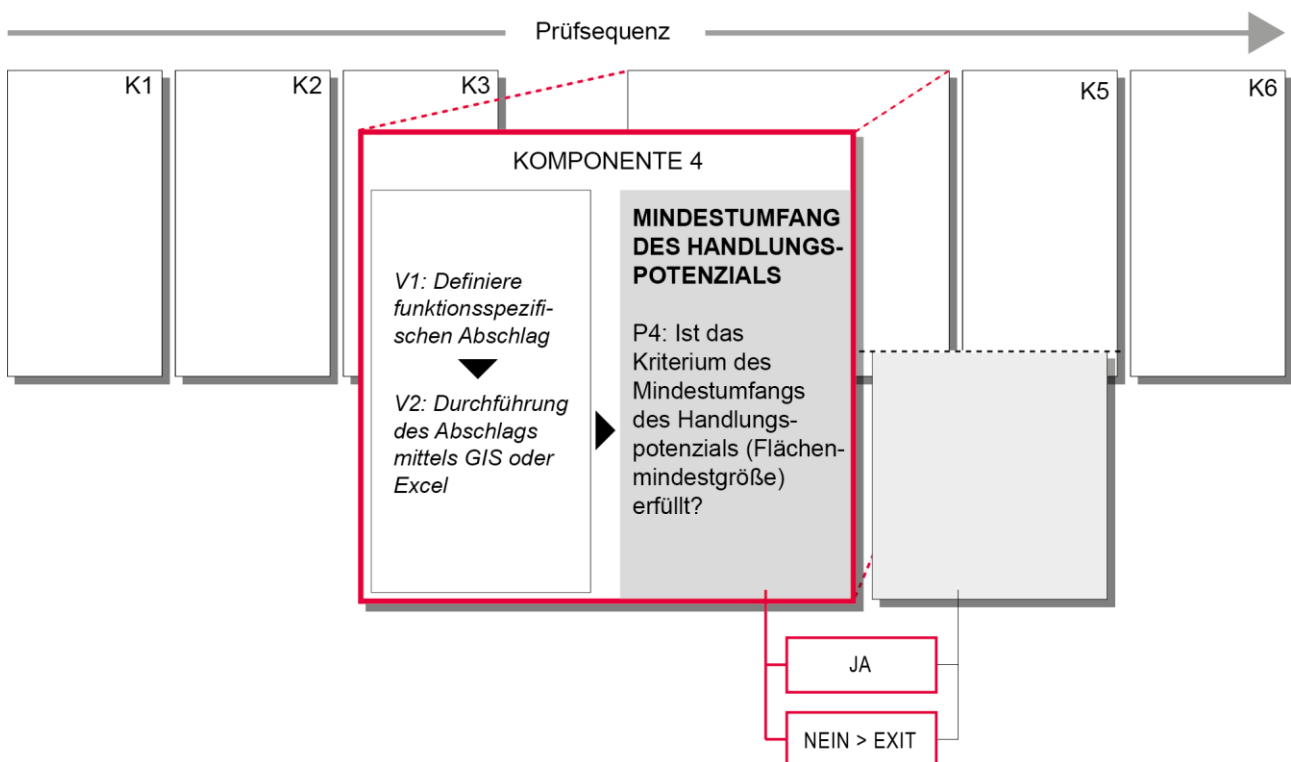


Abbildung 10: KET-Komponente 4: „Umfang des Handlungspotenzials“

Die Komponente 4 beinhaltet den vierten KET-Prüfschritt (P4) und darüber hinaus für einige Anpassungsoptionen zusätzliche vorbereitende Schritte (V1 und V2) (siehe auch Abb. 10). Ziel des Prüfschritts ist es, diejenigen Prüfobjekte (Flächen, Straßenräume oder baulichen Anlagen) zu identifizieren und auszuwählen, bei denen die Anpassungsoption nicht in einem nennenswerten Umfang realisiert werden kann, sprich das

Handlungspotenzial eine definierte Größe unterschreitet. Objekte, die den definierten Mindestumfang des Handlungspotenzials erfüllen, werden der nächsten Komponente zugeführt.

Für die in diesem Projekt betrachteten Anpassungsoptionen wird das Handlungspotenzial anhand von Flächengrößen bemessen. Diese zeigen an, wie viel Flächenpotenzial zur Realisierung der Anpassungsoption, etwa zur Flächenbegrünung, auf den nach den bisherigen Prüfschritten verbliebenen Objekten zur Verfügung stehen. Damit sich ein im Verhältnis zum Aufwand nennenswerter Anpassungseffekt (klimatischer Nutzen) erzielen lässt, wird für das ermittelte Handlungspotenzial ein Mindestmaß abgeprüft. Hierzu muss eine Setzung vorgenommen werden, wie groß ein Objekt (z.B. die Teilfläche eines Flurstücks, eine Straßenabschnittsteilfläche oder eine Dach-/Fassadenfläche) mindestens sein soll (Mindestgröße), damit eine Planungsrelevanz gegeben ist. Die Mindestgröße kann für jede Anpassungsoptionen unterschiedlich hoch angesetzt werden (beispielsweise $\geq 20 \text{ m}^2$ für die Begrünung einer Freifläche, aber $\geq 100 \text{ m}^2$ für eine wesentlich aufwändiger zu realisierende Wasserfläche). Generell sieht das KET keine zwingend anzusetzenden Mindestgrößen vor, vielmehr kann diese von den Tool-Anwendern für jeden Anwendungsfall variabel gestaltet werden. Bei der Festlegung der Mindestgröße sollte indes beachtet werden, dass auch kleinere Flächen in der Summe eine klimatische Wirksamkeit entfalten können, entsprechend sollte der Schwellenwert nicht allzu hoch sein. Für Details zur Komponente 4 siehe Tabelle 6.

Tabelle 6: Spezifizierung des Prüfschritts 4 für die drei Untersuchungsbereiche

Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
<p>Prüfkriterium/-frage (P4)</p> <p>Ist das Kriterium des Mindestumfangs des Handlungspotenzials erfüllt?</p> <p>Im Falle der hier betrachteten Anpassungsoptionen: Selektion der Flurstücksteilflächen anhand deren Größe, basierend auf einer Annahme darüber, wie viel Fläche zur Umsetzung der Anpassungsoption mindestens gegeben sein muss, um gemessen am Aufwand einen nennenswerten Anpassungseffekt erzielen zu können und/oder um planerisch tätig zu werden.</p>	<p>Prüfkriterium/-frage (P4)</p> <p>Ist das Kriterium des Mindestumfangs des Handlungspotenzials erfüllt?</p> <p>Im Falle der hier betrachteten Anpassungsoptionen: Selektion der Straßenabschnittsteilflächen anhand deren Größe, basierend auf einer Annahme darüber, wie viel Fläche zur Umsetzung der Anpassungsoption mindestens gegeben sein muss, um gemessen am Aufwand einen nennenswerten Anpassungseffekt erzielen zu können und/oder um planerisch tätig zu werden.</p>	<p>Prüfkriterium/-frage (P4)</p> <p>Ist das Kriterium des Mindestumfangs des Handlungspotenzials erfüllt?</p> <p>Im Falle der hier betrachteten Anpassungsoption: Selektion der Gebäude anhand von Größenmaßen, basierend auf einer Annahme darüber, wie viel Fläche zur Umsetzung der Anpassungsoption mindestens gegeben sein muss, um gemessen am Aufwand einen nennenswerten Anpassungseffekt erzielen zu können und/oder um planerisch tätig zu werden.</p>
<p>Vorbereitung der Prüfung des Mindestumfangs des Handlungspotenzials (hier: Prüfung der Mindestgröße): Bestimmung (V1) und Durchführung (V2) des funktionspezifischen Flächenabschlags</p>	<p>Vorbereitung der Prüfung des Mindestumfangs des Handlungspotenzials (hier: Prüfung der Mindestgröße): Bestimmung (V1) und Durchführung (V2) des funktionspezifischen Abschlags von der Straßenraumfläche</p>	<p>Vorbereitung der Prüfung des Mindestumfangs des Handlungspotenzials: Bestimmung (V1) und Durchführung (V2) des funktionspezifischen Abschlags von Anlagenkenngrößen</p>
<p>Sonderfall „Baumpflanzungen“</p> <p>Speziell hinsichtlich der Anpassungsoption „Baumpflanzungen“ gilt: Vor der Bestimmung des funktionspezifischen Abschlags werden die Datenelemente anhand von zwei Hilfsattributen selektiert: (1) Es werden aufgrund des geometrischen Zuschnitts ungeeignete Flächen ausselektiert (Fläche nach Abzug Bäume geteilt durch Anzahl Stützpunkte); (2) es werden Flächen mit bereits hohem/dichtem Baumbestand (Fläche geteilt durch Anzahl Bäume) ausselektiert. Die jeweiligen Filterwerte hierzu ergeben sich aus der Spannweite der lokalen Gegebenheiten.</p>	<p>V1: Bestimmung des funktionspezifischen Abschlags</p> <p>Vor der Prüfung der Mindestgröße wird rechnerisch derjenige Anteil von der Flächengröße abgezogen, der für den Funktionserhalt benötigt wird.</p> <p>Anhand der Flächentyp-Attribute ist festzulegen,</p> <p>(a) für welchen Flächentyp ein funktionspezifischer Abschlag vorzunehmen ist. Dieser bezeichnet einen prozentualen (rechnerischen) Abzug von den nach den bisherigen KET-Schritten verblie-</p>	<p>Bei der im Rahmen dieses Vorhabens betrachteten Kapazitätsermittlung für die Anpassungsoption „Dachbegrünung“ gilt, dass bislang nicht begrünte Dächer im Falle ihrer Begrünung üblicherweise vollständig zur Verfügung stehen. Dies gilt in derselben Weise zum Beispiel auch für die Fassadenbegrünung (abgesehen von Fassadenöffnungen). Anders als bei den flächen- und straßenraumbezogenen Anpassungsoptionen entfallen die vorbereitenden Schritte für diese Anpassungsoptionen entsprechend.</p> <p>In besonderen Fällen – etwa bei Dächern und Fassaden, die spezielle, mehr oder weniger</p>

Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
<p>Im Fall der Musterkommune Ludwigsburg gehen alle Flächen weiter, wenn sie für das Hilfsattribut 1 Werte größer 1,9 und für das Hilfsattribut 2 Werte größer 185 aufweisen.</p> <p>V1: Bestimmung des funktionspezifischen Abschlags</p> <p>Vor der Prüfung der Mindestgröße wird rechnerisch derjenige Anteil von der Flächengröße abgezogen, der für den Funktionserhalt benötigt wird.</p> <p>Anhand der NA-Attribute ist festzulegen,</p> <p>(a) für welche Typen von Flächennutzungen (Nutzungsarten) ein funktionspezifischer Abschlag vorzunehmen ist. Der funktionspezifische Abschlag bezeichnet einen prozentualen (rechnerischen) Abzug von der Größe der nach den bisherigen KET-Schritten verbliebenen Flächen. Mit seiner Einführung wird dem Umstand Rechnung getragen, dass in der Regel nicht die gesamte Fläche für die Realisierung einer Anpassungsoption zur Verfügung steht, wenn die eigentliche Funktion der Fläche nicht nachhaltig beeinträchtigt werden soll. Keines Abschlags (funktionspezifischer Abschlag = 0 %) bedarf es nur, wenn davon auszugehen ist, dass die Flächen einer NA vollständig zur Realisierung einer Anpassungsoption genutzt werden können, ohne die Funktion der Fläche zu beeinträchtigen; dies ist z.B. der Fall bei der Nutzungsart „Verkehrsfläche ungenutzt“ (NA-Schlüssel 580), da die zugehörigen Flächen laut Definition vormals dem Verkehr dienten, gegenwärtig aber nicht genutzt werden.</p> <p>(b) wie hoch ggf. der funktionspezifische Abschlag für die einer NA zugehörige Fläche jeweils sein soll. Die Höhe des Abschlags basiert auf Annahmen/Schätzungen und kann von unterschiedlichen Tool-Nutzern je nach Anwendungsfall und zugrunde gelegten Annahmen (z.B.: Wie viel der versiegelten Fläche eines öffentlichen Platzes ist für dessen Nutzung in Form von Veranstaltungen, Märkten o.ä. zwingend als versiegelt zu belassen) variabel eingestellt werden. Vergleichsweise hohe Abschläge sollten beispielsweise bei den nutzungsintensiven und/oder -heterogenen Flächen der NA-Gruppe „Gebäude- und Freifläche“ vorgenommen werden wie etwa „Gebäude- und Freifläche Handel und Dienstleistungen“ (GFGI), auf denen Teile der Freiflächen für Zugang, Zufahrt, Stellplätze etc. erhalten werden sollen; wenn keine NA-Information vorliegt, sollte ebenfalls ein vergleichsweise hoher Abschlagswert angesetzt werden, um allzu optimistische Annahmen zu vermeiden, zudem ist in diesem Fall ein</p>	<p>benen Flächen. Mit seiner Einführung wird dem Umstand Rechnung getragen, dass in der Regel nicht die gesamte Fläche für die Realisierung einer Anpassungsoption zur Verfügung steht, wenn die eigentliche Funktion der Fläche nicht nachhaltig beeinträchtigt werden soll. Keines Abschlags (funktionspezifischer Abschlag = 0 %) bedarf es nur, wenn davon auszugehen ist, dass die Flächen eines bestimmten Typs vollständig zur Realisierung einer Anpassungsoption genutzt werden können, ohne die Funktion der Fläche zu beeinträchtigen; dies ist z.B. der Fall beim Flächentyp „Schutzstreifen“, auf dem allerdings in der Regel nur die Option „Flächenbegrünung“ für die konkrete Ausprägung „Bodendecker“ zur Anwendung kommen kann.</p> <p>(b) wie hoch ggf. der funktionspezifische Abschlag für die einem Flächentyp zugehörige Fläche jeweils sein soll. Die Höhe des Abschlags basiert auf Annahmen/Schätzungen und kann von unterschiedlichen Tool-Nutzern je nach Anwendungsfall, zugrunde gelegten Annahmen (z.B.: Wie viel der versiegelten Fläche einer Fußgängerzone ist für deren Nutzung zwingend als versiegelt zu belassen) und gewähltem Klimabelastungs-Szenario (siehe dazu Kap. 5.2.3.4) variabel eingestellt werden.</p> <p>Für den Flächentyp „Gehweg“ ist außerdem die Flächengröße für die Prüfung des Umfangs des Handlungspotenzials in einem gesonderten Schritt zu bestimmen.</p> <p>Hintergrund ist, dass jeder Gehweg in Abhängigkeit vom Straßentyp des jeweiligen Straßenabschnitts eine bestimmte Mindestbreite (vgl. FGSV 2006) aufweisen muss, damit seine Funktion gewahrt bleibt. Dementsprechend kann kein pauschaler funktionspezifischer Abschlag vorgenommen werden. Stattdessen ist in einem ersten Schritt die „Überbreite“ zu ermitteln, also ob und um wie viel eine Gehwegfläche breiter ist als das aufgrund des Straßentyps erforderliche Mindestmaß. Hierzu wird zuerst die vom GIS ausgegebene Breite mit dem Wert aus Fläche/Achsenlänge verglichen und die näherungsweise „wahre“ Breite übernommen. Von dieser wird dann die für den Straßentyp notwendige Mindestbreite abgezogen. Es ergibt sich daraus der Wert der Unter- oder Überbreite, anhand dessen nach einem zu definierenden Mindestmaß (zum Beispiel $\geq 0,3$ m) gefiltert und selektiert werden kann. Für alle verbleibenden Teilflächen wird die Flächengröße durch die Multiplikation „Überbreite mal Länge“ ermittelt. Das Ergebnis ist die Grundlage für den KET-Prüfschritt 4 (Mindestgröße einer Teilfläche).</p>	<p>zwingend zu erhaltende Funktionen übernehmen (z.B. Solarenergiegewinnung, erforderliche Begehrbarkeit von Flachdächern o.ä.) – kann ein funktionspezifischer Abschlag analog zu den Bereichen „Flächen“ und „Straßenraum“ (s.o.) vorgenommen werden. Dies muss allerdings im Rahmen der Einzelfallbetrachtung (siehe dazu Kap. 5.2.1.1) erfolgen.</p> <p>Bei einigen anlagenbezogenen Anpassungsoptionen, beispielshalber der Installation von Geräten zur technischen Gebäudekühlung, kann auch die eigentliche Prüffrage der KET Komponente 4 – die nach dem Umfang des Handlungspotenzials – irrelevant sein. Hier wie generell für das KET gilt: Eine Komponente kann übersprungen werden, wenn die Prüffrage für eine spezifische Anpassungsoption nicht von Interesse ist und/oder die Datenlage oder andere Gründe eine Prüfung nicht zulassen (siehe dazu Kap. 5.2.4).</p>

Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
<p>Unsicherheitsvermerk vorzunehmen.</p> <p>Die Festlegung der Höhe des funktionsspezifischen Abschlags hängt außer von der NA ab von</p> <ul style="list-style-type: none"> – der jeweils betrachteten Anpassungsoption. So ist z.B. bei der Option „Baumpflanzung“ ein geringerer Abschlag als bei „Flächenbegrünung“ anzusetzen, weil je nach lokaler Situation sowie Baum- und Pflanzart Nutzungen auch unter Bäumen bzw. um Bäume herum organisiert werden können (z.B. Stellplätze unter Bäumen); – der Flächengröße. Flächen < 500 m² erhalten einen höheren Abschlag als Flächen ≥ 500 m² < 2000 m² und diese einen höheren als Flächen ≥ 2000 m². Diese Unterscheidung basiert auf der Annahme, dass die Möglichkeit, Nutzungen/Funktionen auf einer Fläche zu bündeln und effizienter zu organisieren, umso größer sind, je größer die Fläche ist und dass der Platzbedarf für eine Nutzung/Funktion nicht linear mit der Größe der Fläche wächst. – der Wahl des Klima-Belastungs-Szenarios (siehe dazu Kap. 5.2.3.4). <p>Zur Höhe der bei der Kapazitätenermittlung in der Musterkommune Ludwigsburg für die einzelnen NA angenommenen funktionsspezifischen Abschläge siehe Anhänge 9 und 10.</p> <p>V2: Durchführung des funktionsspezifischen Abschlags</p> <p>Es ist zu prüfen, ob die zu bewahrenden Funktionen (z.B. Stellplätze) mittels GIS „herausrechenbar“ sind.</p> <p>Wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) ja, dann eliminiere die zu bewahrenden Funktionen mittels GIS und fahre fort mit der Prüfung der Mindestgröße (Prüfschritt P4, s.u.); aus den Gesprächen mit Experten aus der Musterkommune geht hervor, dass dies aufgrund der Datenlage nicht/nur teilweise oder nur unter sehr hohem Aufwand möglich ist; (b) nein, dann ziehe in Excel von allen Flächengrößen den in V1 (s.o.) in Abhängigkeit von der jeweiligen NA definierten funktionsspezifischen Abschlag ab und fahre fort mit der Prüfung der Mindestgröße (Prüfschritt P4, s.u.). 	<p>V2: Durchführung des funktionsspezifischen Abschlags</p> <p>Es ist zu prüfen, ob die zu bewahrenden Funktionen (z.B. Stellplätze) mittels GIS „herausrechenbar“ sind.</p> <p>Wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) ja, dann eliminiere die zu bewahrenden Funktionen mittels GIS und fahre fort mit der Prüfung der Mindestgröße (Prüfschritt P4, s.u.); aus den Gesprächen mit Experten aus der Musterkommune geht hervor, dass dies aufgrund der Datenstruktur nicht/nur teilweise oder nur unter sehr hohem Aufwand möglich ist; (b) nein, dann ziehe in Excel von allen Flächengrößen den in V1 (s.o.) für den jeweiligen Flächentyp definierten funktionsspezifischen Abschlag ab und fahre fort mit der Prüfung der Mindestgröße (Prüfschritt P4, s.u.). 	
<p>Durchführung des Prüfschritts (P4): „Ist das Kriterium des Mindestumfangs des Handlungspotenzials (hier: der Mindestgröße) erfüllt?“</p> <p>Zur Durchführung des Prüfschritts wird für jede Anpassungsoption eine spezifische Flächenmindestgröße definiert (z.B. mindestens 100 m² für eine neue Wasserfläche oder 20 m² als Mindestfläche für eine Baumpflanzung).</p>	<p>Durchführung des Prüfschritts (P4): „Ist das Kriterium des Mindestumfangs des Handlungspotenzials (hier: der Mindestgröße) erfüllt?“</p> <p>Zur Durchführung des Prüfschritts wird für jede Anpassungsoption eine spezifische Flächenmindestgröße definiert (z.B. mindestens 10 m² als Mindestfläche für eine Baumpflanzung).</p> <p>Bezugsgrößen für die Prüfung sind dabei die</p>	<p>Durchführung des Prüfschritts (P4): „Ist das Kriterium des Mindestumfangs des Handlungspotenzials (hier: der Mindestgröße) erfüllt?“</p> <p>Zur Durchführung des Prüfschritts wird für die Anpassungsoption eine spezifische Flächenmindestgröße definiert.</p> <p>Bezugsgrößen für die Prüfung sind dabei die Flächengrößen nach Abzug des funktionsspezifischen Abschlags (siehe V2), sofern ein</p>

Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
<p>Bezugsgrößen für die Prüfung sind dabei die Flächengrößen nach Abzug des funktions-spezifischen Abschlags (siehe V2).</p> <p>Im Falle der Anpassungsoption „Baumpflanzung“ ist die Bezugsgröße die Flächengröße nach Abzug des funktions-spezifischen Abschlags sowie nach Abzug der vom Baumbestand beanspruchten Flächenanteile (Herausrechnen des Kronendurchmessers im GIS mal Faktor 1,2, um einen ausreichenden Abstand zwischen den bestehenden und neu zu pflanzenden Bäumen zu gewährleisten).</p> <p>Die Festlegung der Mindestgrößen basiert auf einer Annahme darüber, wie viel Fläche für die jeweilige Anpassungsoption erforderlich ist, um nennenswerte klimatische Effekte mit vertretbarem Aufwand erzielen zu können (Verhältnis Aufwand/Nutzen).</p> <p>Zu den für die Kapazitätenermittlung in der Musterkommune Ludwigsburg definierten Mindestgrößen für die einzelnen Anpassungsoptionen siehe Anhang 6.</p>	<p>Flächengrößen nach Abzug des funktions-spezifischen Abschlags (siehe V2).</p> <p>Im Falle der Anpassungsoption „Baumpflanzung“ ist die Bezugsgröße die Flächengröße nach Abzug des funktions-spezifischen Abschlags sowie nach Abzug der vom Baumbestand beanspruchten Flächenanteile (Herausrechnen des Kronendurchmessers mal Faktor 1,2 im GIS, um einen ausreichenden Abstand zwischen den bestehenden und neu zu pflanzenden Bäumen zu gewährleisten).</p> <p>Die Festlegung der Mindestgrößen basiert auf einer Annahme darüber, wie viel Fläche für die jeweilige Anpassungsoption erforderlich ist, um nennenswerte klimatische Effekte mit vertretbarem Aufwand erzielen zu können (Verhältnis Aufwand/Nutzen).</p> <p>Zu den für die Kapazitätenermittlung in der Musterkommune Ludwigsburg definierten Mindestgrößen siehe Anhang 6.</p>	<p>solcher vorgenommen wird.</p> <p>Die Festlegung der Mindestgrößen basiert auf Annahme darüber, wieviel Fläche vonnöten ist, um mit der jeweiligen Anpassungsoption nennenswerte klimatische Effekte mit vertretbarem Aufwand erzielen zu können (Verhältnis Aufwand/Nutzen).</p> <p>Für die in diesem Projekt im Rahmen der Kapazitätenermittlung in der Musterkommune Ludwigsburg betrachtete Anpassungsoption „Dachbegrünung“ wird eine Mindestgröße von 10 m² definiert.</p>
<p>Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigte Flächenattribute)</p> <p>Die Bestimmung des funktions-spezifischen Abschlags (V1) erfolgt anhand des Flächenattributs</p> <ul style="list-style-type: none"> Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung (Nutzungsart (NA)). <p>Der funktions-spezifische Abschlag wird durch einen prozentualen Abzug von der Flächengröße vorgenommen (V2).</p> <p>Die eigentliche Prüfung (P4) erfolgt anhand der Flächengröße in m² nach Abzug des funktions-spezifischen Abschlags.</p>	<p>Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigte Straßenraumattribute)</p> <p>Die Bestimmung des funktions-spezifischen Abschlags (V1) erfolgt anhand des Flächenattributs</p> <ul style="list-style-type: none"> Flächentyp der Teilfläche. <p>Der funktions-spezifische Abschlag wird durch einen prozentualen Abzug von der Flächengröße vorgenommen (V2).</p> <p>Die eigentliche Prüfung (P4) erfolgt anhand der Flächengröße in m² nach Abzug des funktions-spezifischen Abschlags.</p>	<p>Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigte Anlagen- bzw. Gebäudeattribute)</p> <p>Die Prüfung des Umfangs des Handlungspotenzials (P4) erfolgt anhand Flächengröße in m², ggf. nach Abzug des funktions-spezifischen Abschlags.</p>
<p>KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage)</p> <p>Führe eine Fläche (Datenelement) in der KET weiter, wenn diese</p> <ul style="list-style-type: none"> das Kriterium des Mindestumfangs des Handlungspotenzials (hier: der definierten Mindestgröße) erfüllt (KET-Option „JA“). <p>Eliminiere eine Fläche (Datenelement) aus der weiteren Betrachtung, wenn diese</p> <ul style="list-style-type: none"> nicht das Kriterium des Mindestumfangs des Handlungspotenzials (hier: der definierten Mindestgröße) erfüllt („NEIN > EXIT“). 	<p>KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage)</p> <p>Führe eine Straßenabschnittsteilfläche (Datenelement) in der KET weiter, wenn diese</p> <ul style="list-style-type: none"> das Kriterium des Mindestumfangs des Handlungspotenzials (hier: der definierten Mindestgröße) erfüllt (KET-Option „JA“). <p>Eliminiere eine Straßenabschnittsteilfläche (Datenelement) aus der weiteren Betrachtung, wenn diese</p> <ul style="list-style-type: none"> nicht das Kriterium des Mindestumfangs des Handlungspotenzials (hier: der definierten Mindestgröße) erfüllt („NEIN > EXIT“). 	<p>KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage)</p> <p>Führe ein Gebäude (Datenelement) in der KET weiter, wenn dieses</p> <ul style="list-style-type: none"> das Kriterium des Mindestumfangs des Handlungspotenzials (hier: der definierten Mindestgröße der Dachfläche) erfüllt (KET-Option „JA“). <p>Eliminiere ein Gebäude (Datenelement) aus der weiteren Betrachtung, wenn dieses</p> <ul style="list-style-type: none"> nicht das Kriterium des Mindestumfangs des Handlungspotenzials (hier: der definierten Mindestgröße der Dachfläche) erfüllt („NEIN > EXIT“).

5.2.3.6 KET-KOMPONENTE 5: „TECHNISCHE/KONSTRUKTIVE MACHBARKEIT“

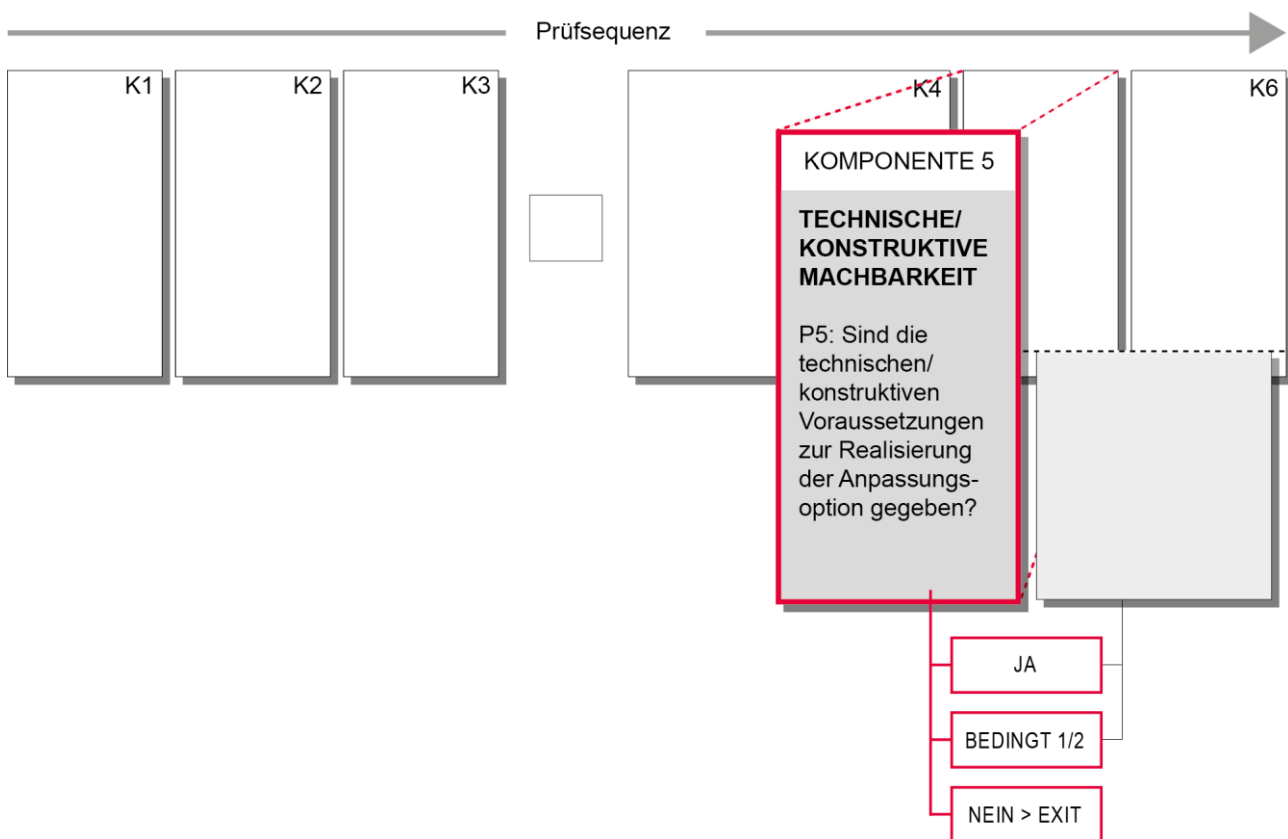


Abbildung 11: KET-Komponente 5: „Technische/konstruktive Machbarkeit“

Die Komponente 5 beinhaltet den fünften KET-Prüfschritt (siehe auch Abb. 11). Dessen Ziel ist es, diejenigen Prüfobjekte (Flächen, Straßenräume oder baulichen Anlagen) zu identifizieren und zu eliminieren, welche die zur Realisierung der Anpassungsoption erforderlichen technischen/konstruktiven Voraussetzungen nicht erfüllen. Alle Prüfobjekte, welche die technischen/konstruktiven Voraussetzungen erfüllen, werden in der KET weitergeführt. Welche technischen und/oder konstruktiven Voraussetzungen zu prüfen sind, hängt ab von der jeweils betrachteten Anpassungsoption (mehr dazu in Tab. 7).

Die Komponente 5 ist insofern optional, als dass bei einer flächendeckenden Erhebung kommunaler Anpassungskapazitäten die Prüfung der technischen/konstruktiven Machbarkeit oftmals zu feinkörnig und/oder anhand der verfügbaren Daten nicht zu bewerkstelligen ist. Sie kann daher in der Regel erst im Zuge von Einzelfallprüfungen durchgeführt werden. Eine Ausnahme unter den hier betrachteten Anpassungsoptionen stellt die Begrünung von Dächern dar (siehe Tab. 7, Spalte 3).

Tabelle 7: Spezifizierung des Prüfschritts 5 für die drei Untersuchungsbereiche

Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
Prüfkriterium/-frage (P5)	Prüfkriterium/-frage (P5)	Prüfkriterium/-frage (P5)
Sind die technischen/konstruktiven Voraussetzungen gegeben, um die Anpassungsoption auf der fraglichen Fläche zu realisieren?	Sind die technischen/konstruktiven Voraussetzungen gegeben, um die Anpassungsoption im fraglichen Straßenraum zu realisieren?	Sind die technischen/konstruktiven Voraussetzungen gegeben, um die Anpassungsoption bei dem fraglichen Gebäude zu realisieren?
Erläuterung der Prüffrage und Leitlinien zur Durchführung des Prüfschritts respektive Selektion/Klassifizierung von Flächen	Erläuterung der Prüffrage und Leitlinien zur Durchführung des Prüfschritts respektive Selektion/Klassifizierung von Straßenräumen	Erläuterung der Prüffrage und Leitlinien zur Durchführung des Prüfschritts respektive Selektion/Klassifizierung von Anlagen
Die zu prüfenden Kriterien hängen ab von der jeweiligen Anpassungsoption. Aufgrund der Datenlage (Fehlen von geeigneten Indikatoren/GIS-Attributen) sind Prüfungen der technischen/konstruktiven Machbarkeit für den Bereich „Flächen“ in der Regel nicht möglich. Stattdessen bedarf es für die Prüfung zumeist einer fallweisen Untersuchung der Fläche vor Ort (Einzelfallprüfung) (siehe dazu Kap. 5.2.1.1).	Die zu prüfenden Kriterien hängen ab von der jeweiligen Anpassungsoption. Aufgrund der Datenlage (Fehlen von geeigneten Indikatoren/GIS-Attributen) sind Prüfungen der technischen/konstruktiven Machbarkeit für den Bereich „Straßenraum“ in der Regel nicht möglich. Stattdessen bedarf es für die Prüfung zumeist einer fallweisen Untersuchung der Fläche vor Ort (Einzelfallprüfung) (siehe dazu Kap. 5.2.1.1).	Die zu prüfenden Kriterien hängen ab von der jeweiligen Anpassungsoption. Aufgrund der Datenlage (Fehlen von geeigneten Indikatoren/GIS-Attributen) sind Prüfungen der technischen/konstruktiven Machbarkeit für den Bereich „Anlagen“ in der Regel nicht möglich. Stattdessen bedarf es für die Prüfung zumeist einer fallweisen Untersuchung des Gebäudes vor Ort (Einzelfallprüfung) (siehe dazu Kap. 5.2.1.1).
Zu den im Rahmen dieses Projekts betrachteten Anpassungsoptionen	Zu den Rahmen dieses Projekts betrachteten Anpassungsoptionen	Zur im Rahmen dieses Projekts betrachteten Anpassungsoption „Dachbegrünung“
Auch für die im Rahmen dieses Vorhabens untersuchten flächenbezogenen Anpassungsoptionen muss datenbedingt auf die Durchführung des Prüfschritts verzichtet. Aufgrund des flexiblen Funktionsprinzips des KET (siehe dazu Kap. 5.2.4) kann die KET-Komponente 5 übersprungen werden. Anzumerken ist, dass bei manchen Anpassungsoptionen wie der „Flächenbegrünung“ der technischen/konstruktiven Machbarkeit ohnehin keine oder allenfalls eine nachgeordnete Bedeutung zukommt. Theoretisch von Bedeutung wären Kriterien der Machbarkeit dagegen bei der Anpassungsoption „Baumpflanzungen“, insbesondere, was die Eignung des Untergrundes/Wurzelraumes angeht, vor allem das Vorhandensein konkurrierender unterirdischer Ver- und Entsorgungsleitungen. Bei der Anpassungsoption „Anlegen neuer Wasserflächen“ betreffen Fragen der technischen Machbarkeit wesentlich die Möglichkeit, Wasser auf die betreffenden Flächen zu- und abzuleiten.	Eine Prüfung der technischen/konstruktiven Machbarkeit ist für die im Rahmen dieses Projekts untersuchten straßenraumbezogenen Anpassungsoptionen datenbedingt nicht durchführbar. Aufgrund des flexiblen, modularen Funktionsprinzips des KET (siehe dazu Kap. 5.2.4) kann die Komponente 5 übersprungen werden. Theoretisch von Bedeutung wären Kriterien der Machbarkeit für die Anpassungsoption „Baumpflanzungen“, was die Eignung des Untergrundes/Wurzelraums im Hinblick auf unterirdische Ver- und Entsorgungsleitungen betrifft.	Für die im Rahmen dieses Projekts betrachtete Anpassungsoption „Dachbegrünung“ ist die Prüfung eines zentralen Aspekts der konstruktiven Machbarkeit durchführbar. Dieser betrifft die Dachneigung, zu der in den Kommunen üblicherweise flächendeckend Daten vorliegen. Während Dächer bis 15° Neigung vergleichsweise problemlos begrünt werden können, sind bei stärkeren Neigungen Maßnahmen zur Schubsicherung des Grundaufbaus zu treffen, bei mehr als circa 30° Dachneigung ist eine Begrünung in der Regel nicht möglich. Um die Dachflächen nach ihrer Eignung zu priorisieren, werden Dächer mit weniger als 10° als uneingeschränkt geeignet, Dächer mit 10° bis weniger als 20° als eingeschränkt geeignet mit Priorisierungsabschlag Wert 1 und Dächer mit 20° bis weniger als 30° als eingeschränkt geeignet mit Priorisierungsabschlag Wert 2 bewertet. Dächer mit mehr als 30° werden eliminiert. Für einen weiteren zentralen Aspekts der Machbarkeit, die Eignung der Dachkonstruktion (Bauweise des Daches), ist eine solche flächendeckende Prüfung dagegen aufgrund fehlender Daten/Indikatoren nicht möglich.
Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigte Flächenattribute)	Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigte Straßenraumattribute)	Datengrundlage (für den Prüfschritt benötigte Anlagen- bzw. Gebäudeattribute)
Abhängig von der betrachteten Anpassungsoption.	Abhängig von der betrachteten Anpassungsoption.	Abhängig von der betrachteten Anpassungsoption. Im Rahmen dieses Projekts betrachtete Anpassungsoption „Dachbegrünung“ Die Prüfung erfolgt anhand des Flächenattributs

Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
		<ul style="list-style-type: none"> Dachneigung.
KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage) Abhängig von der betrachteten Anpassungsoption. Prinzipiell kommen ggf. die in Kapitel 5.2.1.4 dargestellten KET-Antwortoptionen infrage.	KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage) Abhängig von der betrachteten Anpassungsoption. Prinzipiell kommen ggf. die in Kapitel 5.2.1.4 dargestellten KET-Antwortoptionen infrage.	KET-Selektions-/Klassifizierungsoptionen (mögliche Antworten auf die Prüffrage) Abhängig von der betrachteten Anpassungsoption. Prinzipiell kommen ggf. die in Kapitel 5.2.1.4 dargestellten KET-Antwortoptionen infrage. Im Rahmen dieses Projekts betrachtete Anpassungsoption „Dachbegrünung“ Führe ein Gebäude (Datenelement) in der KET weiter, wenn <ul style="list-style-type: none"> dessen Dachfläche als (uneingeschränkt) geeignet einzustufen ist (KET-Option „JA“); Antwortoption trifft auf Dächer mit unter 10° Neigung zu; dessen Dachfläche als eingeschränkt geeignet einzustufen ist („BEDINGT 1/2“); nehme entsprechende Priorisierungsabschläge mit Wert 1 oder 2 vor; Antwortoption trifft auf Dächer mit 10° bis weniger als 20° Neigung (Priorisierungsabschlag mit Wert 1) und Dächer mit 20° bis weniger 30° (Priorisierungsabschlag mit Wert 2) zu. Eliminiere ein Gebäude (Datenelement) aus der weiteren Betrachtung, wenn <ul style="list-style-type: none"> es aufgrund seiner Dachneigung als nicht geeignet einzustufen ist („NEIN > EXIT“); Antwortoption trifft auf Dächer mit mehr als 30° Neigung zu.

5.2.3.7 KET-KOMPONENTE 6: „AUFBEREITUNG UND DARSTELLUNG DER ERMITTELTEN ANPASSUNGSKAPAZITÄTEN“

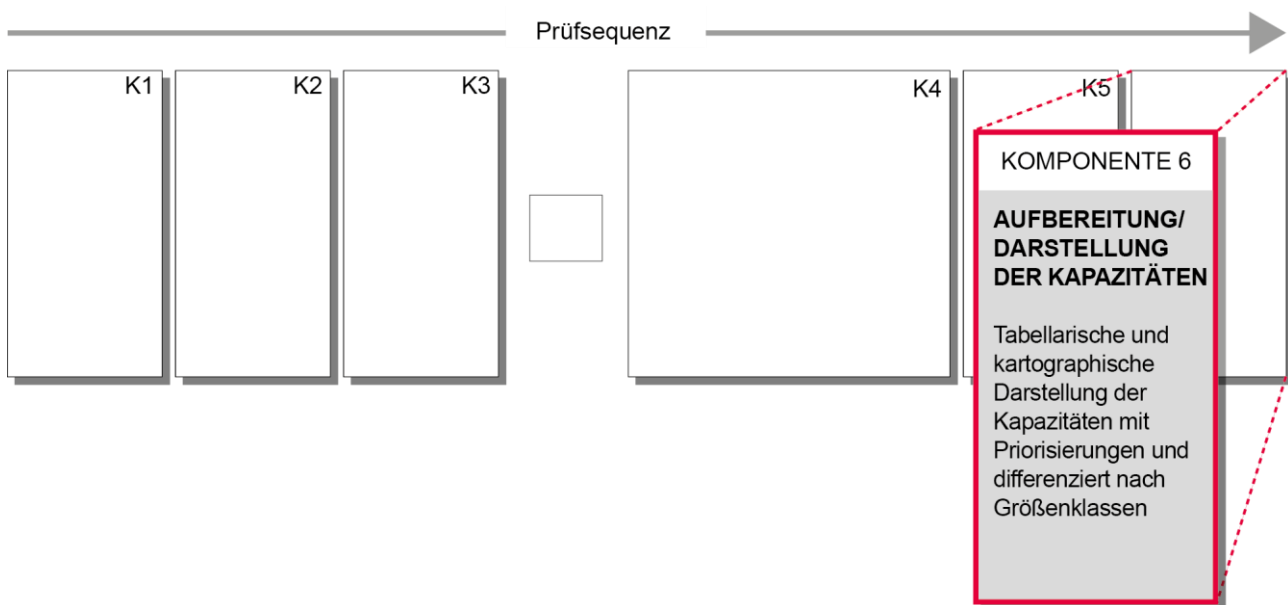


Abbildung 12: KET-Komponente 6: „Aufbereitung und Darstellung der ermittelten Anpassungskapazitäten“

Mittels der voranstehend erläuterten KET-Prüfschritte 1 bis 5 wird der Datensatz in der Excel-Tabelle, die zu Beginn der Prüfsequenz für die Kommune flächendeckend alle Prüfobjekte enthält, für jede betrachtete Anpassungsoption auf diejenigen Objekte (Datenelemente) reduziert, bei denen eine Anpassungskapazität – vorbehaltlich einer fallweisen Prüfung vor Ort (siehe dazu Kap. 5.2.1.1) – gegeben ist.

Die im Weiteren erläuterte Komponente 6 (siehe auch Abb. 12) beinhaltet die Aufbereitung und Darstellung der auf diese Weise ermittelten Objekte respektive Anpassungskapazitäten in tabellarischer und/oder kartographischer Form.

Um die Ergebnisse des KET übersichtlich und bedarfsgerecht darzustellen, können die Objekte/Datenelemente in Excel anhand deren Attribute sortiert und in Abhängigkeit unterschiedlicher Merkmale angezeigt werden. Zudem können die Objekte über die sogenannte UUID (Kennung jedes Datenelements) im Geoinformationssystem (GIS) markiert werden und die in Excel im Zuge der Prüfsequenz vorgenommenen Klassifizierungen in Form von Priorisierungsabschlägen (bei einer eingeschränkten Eignung des Objekts) und Unsicherheitsvermerke sowie Objektmerkmale (z.B. Größe nach Funktionsabschlag) mit eingezeichnet und kartographisch dargestellt werden. Durch den Import in das GIS ist es ferner möglich, die Informationen des KET mit anderen, im GIS vorgehaltenen Themenkarten (z. B. Flächennutzungs-, Relief-, Boden-, Biotop-, Pflanzungskarten etc.) und Daten zu verschneiden, um die für planerische Entscheidungen relevanten Parameter in ihren Überlagerungen und Wechselwirkungen besser abbilden zu können.

Wesentliche tabellarische und/oder kartographische Darstellungsmodi der Ergebnisse des KET (auch in Kombination möglich) sind nachfolgend aufgeführt.

- Darstellung der Ergebnisse in Abhängigkeit der klimatischen Belastung (Exposition)
Durch Überlagerung und Abgleich lokaler Klimadaten und/oder -karten mit den mittels des KET identifizierten Objekten können punktgenau diejenigen Anpassungskapazitäten identifiziert werden, denen aufgrund ihrer Lage in höher belasteten städtischen Räumen eine hervorgehobene Bedeutung für die zukünftige Klimaanpassung zukommt.
Für den Anwendungsfall in der Musterkommune Ludwigsburg (siehe Kap. 6) wird für diesen Darstellungsmodus auf die Klimatopkarten aus dem Regionalen Klimaatlas der Region Stuttgart zurückgegriffen. Der Klimaatlas unterscheidet elf Klimatope mit jeweils unterschiedlich lokalklimatischen Bedingungen (für Details siehe Verband Region Stuttgart 2008). Entsprechend der Zugehörigkeit zu einem Klimatoptyp mit höherer oder geringerer klimatischer Belastung können die mittels des KET identifizierten Objekte in Klassen höherer oder geringerer Relevanz eingeteilt und tabellarisch oder kartographisch differenziert angezeigt werden.
- Darstellung der Ergebnisse in Abhängigkeit der Größe der Objekte/Potenzialflächen
Die mittels des KET identifizierten Objekte respektive Potenzialflächen, beispielsweise die begrünbaren Grundstücks-, Straßenraum- oder Dachflächen, können gestaffelt nach deren Größe dargestellt werden. Dadurch können die Ergebnisse des KET im Praxiseinsatz je nach Anlass/Verwendungszweck und Bearbeitungsmaßstab (Quartiers-, Bebauungsplan- oder Flächennutzungsplan-Ebene) gefiltert und tabellarisch und/oder kartographisch angezeigt werden.
Im hiesigen Anwendungsfall für die Musterkommune Ludwigsburg werden die Objekte eingeteilt in die Größenklassen $\leq 50 \text{ m}^2$, $\geq 50 \text{ m}^2 \leq 100 \text{ m}^2$, $\geq 100 \text{ m}^2 \leq 500 \text{ m}^2$ und $\geq 500 \text{ m}^2$.
- Darstellung der ermittelten Objekte in Abhängigkeit der Eigentumsverhältnisse
Anhand der Informationen zu den Eigentumsverhältnissen kann eine Unterscheidung nach Objekten im Eigentum der öffentlichen Hand (Kommune, Land etc.) und Objekten in Privateigentum (Haus-

halte, Unternehmen etc.) vorgenommen und in Tabellenform oder mittels entsprechender Layer in den Kartendarstellungen angezeigt werden. Dies ermöglicht es, einerseits gezielt die Handlungspotenziale der öffentlichen Hand zu identifizieren und andererseits einen Überblick zu gewinnen über diejenigen Anpassungskapazitäten, deren Nutzbarmachung sich dem direkten Zugriff der kommunalen Planung zum Teil entzieht und die nur durch das Mitwirken privater Akteure ausgeschöpft werden können. Zur Nutzbarmachung solcher Kapazitäten braucht es im Bedarfsfall entsprechender Informationsreichungen und/oder Anreize seitens der öffentlichen Hand, sofern hoheitliches Planungsrecht keine bindenden Vorgaben ermöglichen.

In der Musterkommune Ludwigsburg lassen die GIS-Daten Klassifizierungen anhand von sieben Eigentümerkategorien (für Details siehe Tab. 2) zu. Der besseren Übersicht halber bleibt die Darstellung beschränkt auf die Unterscheidung zwischen den Kategorien öffentlich und privat, welche über entsprechende Auswahlboxen im Menü aktiviert werden können.

- Darstellung der ermittelten Objekte nach Grad der Eignung

Die ermittelten Objekte lassen sich auch anhand des Eignungsgrades (angezeigt durch das im Zuge der KET-Schritte generierte Attribut „Priorisierungsabschläge“) differenziert darstellen. Hervorgehoben werden jene Objekte, denen aufgrund des erzielbaren zusätzlichen Anpassungsnutzens (siehe dazu KET-Komponente 2), der Schutzgutrelevanz (siehe Komponente 3) sowie gegebenenfalls weiterer kapazitätsrelevanter Merkmale (z.B. technische/konstruktive Machbarkeit einer Dachbegrenzung, siehe Komponente 5) eine besondere Bedeutung für die Klimaanpassung zukommt.

Für die Darstellung der Ergebnisse der Kapazitätenermittlung in der Musterkommune Ludwigsburg wird der in fünf Stufen differenzierte Eignungsgrad durch Farbcodierungen angezeigt (siehe Abb. 14).

- In Excel sind darüber hinaus statistische Auswertungen der Ergebnisse mittels gängiger Programmfunktionen möglich, beispielsweise hinsichtlich der durchschnittlichen Anzahl und Größe der ermittelten Potenzialflächen in bestimmten Stadtteilen. Diese können bedarfsabhängig auch in Form von Diagrammen oder ähnlichem dargestellt werden.

Theoretisch sind in Abhängigkeit der verfügbaren Objektattribute beliebige weitere Darstellungsmodi und Kombinationen denkbar sowie eine Aggregation/Überlagerung der einzelnen Ergebnisse zu den unterschiedlichen Anpassungsoptionen. Bei letztgenannter Variante können Objekte identifiziert respektive hervorgehoben angezeigt werden, die Anpassungskapazitäten für mehrere Anpassungsoptionen aufweisen und denen damit zukünftig für die konkrete kommunale Anpassungsplanung eine besondere Bedeutung zukommt.

Hinweis zur kartographischen Darstellung der ermittelten flächenbezogenen Anpassungskapazitäten

Für die Darstellungen der flächen- und straßenraumbezogenen Anpassungskapazitäten der Musterkommune Ludwigsburg gilt, dass die angezeigten Flächen nicht gleichzusetzen sind mit den zur Realisierung von Anpassungsoptionen geeigneten Potenzialflächen. Stattdessen stellen sie die mithilfe des KET ermittelten Flächenobjekte ohne den funktionspezifischen Abschlag (siehe dazu u.a. KET-Komponente 4, Tab. 6, Spalten 1 und 2) dar. Von den angezeigten Flächen steht damit gegebenenfalls – je nach Nutzungsart – nur ein Teil zur Realisierung der jeweiligen Anpassungsoption zur Verfügung. Welcher Flächenteil genau dies sein kann, ist eine Frage der konkreten Anpassungsplanung und für jedes einzelne Flächenobjekt im Einzelfall zu klären.

5.2.3.8 ALLE KOMPONENTEN DES KET IN DER ZUSAMMENSCHAU

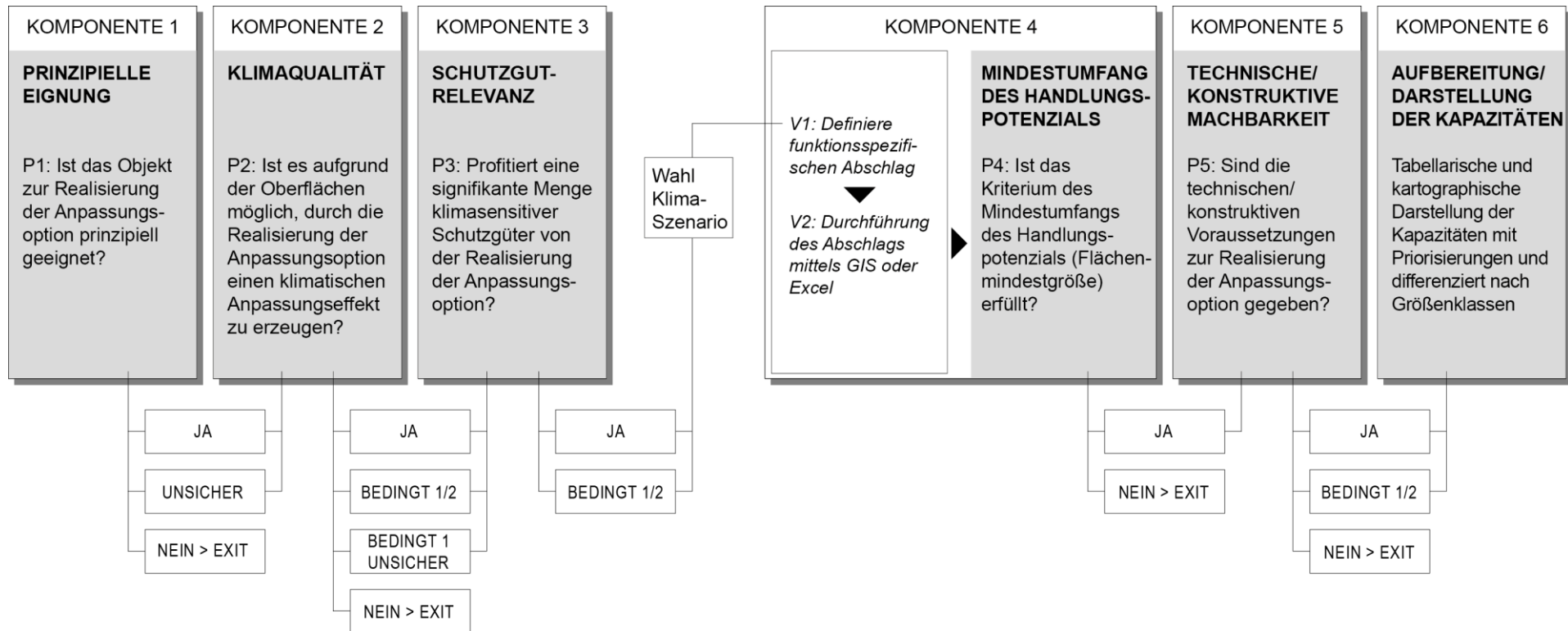


Abbildung 13: KET-Komponenten in der Zusammenschau

5.2.4 DAS KET ALS FLEXIBLES FUNKTIONSPRINZIP

Das KET zeichnet sich durch ein hohes Maß an Flexibilität aus: Je nach Anwendungsfall, verfügbaren Daten und/oder Nutzerwünschen kann die Sequenz der Prüfschritte modifiziert und an die aktuellen Erfordernisse angepasst werden. Die Flexibilität manifestiert sich in folgender Hinsicht:

(1) Optionales Hinzufügen weiterer Komponenten/Prüfschritte (Modularität I)

Aufgrund des modularen Aufbaus können den in Kapitel 5.2.3 dargestellten Komponenten des KET im Prinzip beliebig viele weitere (Teil-)Prüfschritte zugeschaltet werden. Auf diese Weise kann die Kapazitätsermittlung präzisiert (ergänzender Teilschritt zu einer bestehenden Komponente) und/oder um zusätzliche Aspekte (neue Komponente mit eigenständigem Prüfschritt) erweitert werden. Hierzu zwei exemplarische Ansätze:

- Über die Eignungsprüfung einzelner Teilflächen hinaus könnte im Rahmen der Komponente 4 (siehe Kap. 5.2.3.5) ergänzend geprüft werden, ob Teilflächen, die aufgrund ihrer Größe für sich genommen aus der Betrachtung ausgeschlossen werden, zusammen mit angrenzenden Teilflächen – auch eines Nachbarflurstücks – das Kriterium der Mindestgröße erfüllen. Ein solcher flurstücksübergreifender Flächenzusammenschluss könnte gegebenenfalls auf Teilflächen mit gleichen Eigentumsverhältnissen beschränkt werden, da in diesem Falle eine Umgestaltung der Flächen im Sinne der Klimaanpassung (z.B. das Anlegen einer sich über mehrere Flurstücke erstreckenden Grünfläche auf Flächen im kommunalen Eigentum) rechtlich und organisatorisch leichter zu bewerkstelligen wäre, als dies bei unterschiedlichen Eigentümern der Fall wäre. Die konkrete Durchführung eines solchen Prüfschritts ist mit dem GIS prinzipiell machbar, sie ist indes angesichts der üblicherweise in den Kommunen gegebenen Datenstrukturen sowie den technischen Möglichkeiten aktueller GIS-Anwendungen mit einem vergleichsweise sehr hohen Aufwand verbunden.
- Speziell für den Bereich „Anlagen“ können bei entsprechender Datenverfügbarkeit weitere (Teil-)Prüfschritte für die technische/konstruktive Machbarkeit einer Anpassungsoption durchgeführt werden. Für die Anpassungsoption „Dachbegrünung“ wären hierfür vor allem Daten zur Statik der Dächer von Interesse (siehe dazu auch Tab. 7), um die Möglichkeiten und Rahmenbedingungen einer Begrünung noch besser beurteilen zu können; hinsichtlich einer Fassadenbegrünung oder technischen Gebäudeverschattung (außenliegender Sonnenschutz) detaillierte Daten zu Materialität und Konstruktionsweise der Gebäudehülle.

(2) Überspringen einzelner Komponenten/Prüfschritte des KET (Modularität II)

Der modulare Aufbau des KET ermöglicht es, einzelne Komponenten/Prüfschritte hintan zu stellen, wenn die für einen Prüfschritt erforderlichen Daten (a) nicht vorliegen oder (b) eine Prüffrage im aktuellen Anwendungsfall als nicht relevant erachtet wird.

(3) Andere Datengrundlagen und alternative methodische Zugänge

Die flexible Handhabbarkeit des KET zeigt sich weiterhin darin, dass sich die einzelnen Prüfschritte auch anhand anderer Daten/Indikatoren und/oder mit alternativen methodischen Verfahrensweisen durchführen lassen, als sie in Kapitel 5.2.3 beschrieben sind und die strukturelle Logik des KET dabei dennoch beibehalten werden kann. Dies ist vor allem dann von Interesse, wenn (a) die zur Durchführung

eines Prüfschritts eigentlich vorgesehenen Daten fehlen und notgedrungen durch andere substituiert werden sollen oder wenn (b) andere Daten und/oder methodische Verfahren im aktuellen Anwendungsfall für die Durchführung eines Prüfschrittes als geeigneter erachtet werden. Ein Beispiel: Anstelle von Daten zur Objektnutzung/-funktion sowie zur Anzahl von Wohnungen auf einem Flurstück könnte die Schutzgutrelevanz (siehe dazu KET-Komponente 3) auch anhand von Daten zur räumlichen Verteilung der schutzbedürftigen älteren Bevölkerungsgruppen oder allgemein der Bevölkerungsdichte bestimmt werden. Statt einer flurstücksbezogenen Betrachtung, wie sie in diesem Projekt für die Musterkommune Ludwigsburg vorgenommen wird, könnten mittels GIS zudem Umkreisradien um die Prüfobjekte gezogen und Schwellenwerte für die Schutzgutrelevanz definiert werden (z.B. mindestens X Einwohner über 75 Jahre im Umkreis von 200 m um eine zu begrünende Fläche).

(4) Andere Annahmen und Klassifizierungen

Die Selektion und Klassifizierung der Prüfobjekte basiert darauf, dass die Objekte anhand ihrer Attribute und auf der Basis plausibler Annahmen entweder als geeignet, eingeschränkt geeignet oder nicht geeignet eingestuft werden (siehe dazu die Beschreibung des Funktionsprinzips in Kap. 5.2.1.2). Dabei steht es jedem Tool-Anwender offen, andere Annahmen über die Eignung oder Nichteignung zu treffen. So ist es zum Beispiel möglich, in Komponente 1 – über die im hiesigen Anwendungsfall in der Musterkommune Ludwigsburg aufgrund ihrer Nutzungs-/Funktionsart ausselektierten Objekttypen hinaus – weitere Objekte als nicht geeignet einzustufen und damit aus der Prüfsequenz auszuschließen.

Denkbar wäre dies beispielsweise für Flächenobjekte der Nutzungsart „Historische Anlage“ (HIST), wenn dem Erhalt des tradierten historischen Erscheinungsbildes ein Vorrang gegenüber der Klimaanpassung eingeräumt werden soll. Ähnlich variabel können auch die Einstufungen in den übrigen Komponenten einschließlich der definierten Schwellenwerte für die Schutzgutrelevanz sowie der Höhe der funktionspezifischen Abschläge in Form von X % der Fläche variiert werden.

Der Aufwand bei der technischen Umsetzung in Excel beschränkt sich dabei in der Regel auf eine wenig zeitaufwändige Anpassungen der Filter-, Sortier- und Löschbefehle (zur technischen Umsetzung der KET-Prüfsequenz in Excel siehe Kap. 6.3.4). Verschiedene Anwender des KET können somit ohne großen Aufwand andere Definitionen/Annahmen in die „Logik“ des Instruments einspeisen und so zu ortsspezifisch angepassten Ergebnissen kommen.

6 Ermittlung von Anpassungskapazitäten für die Musterkommune Ludwigsburg

Teil dieses Projekts ist die exemplarische Ermittlung von Anpassungskapazitäten für eine Kommune. Als Musterkommune wurde die Stadt Ludwigsburg ausgewählt, ein Mittelzentrum in Baden-Württemberg mit rund 89.000 Einwohnern in gut 16 km Entfernung von der Landeshauptstadt.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Anwendung des Kapazitätenermittlungstools (KET) in der Musterkommune dargelegt und in kartographischer Form vorgestellt.

6.1 GRUNDSÄTZLICHES ZUR KARTENDARSTELLUNG: BENUTZEROBERFLÄCHE UND DARSTELLUNGSMODI

Nach Import der in Excel selektierten/klassifizierten Datenelemente in das Geoinformationssystem werden die Ergebnisse auf einer internen Onlineplattform der Kommune bereitgestellt.

Über das Auswahlmenü ermöglicht die Benutzeroberfläche die Anzeige unterschiedlicher Inhalte in unterschiedlichen Darstellungsmodi (z.B. Luftbild oder Kartendarstellung; Zoom zur Maßstabsänderung). Durch Wahl einer Anpassungsoption werden die jeweils ermittelten Objekte mit Anpassungskapazitäten angezeigt, im Beispiel der Abbildung 14 Flurstücksflächen mit Potenzial zur Begrünung. Die in der Abbildung ersichtlichen farblichen Abstufungen der angezeigten Flächen und Gebäude repräsentieren die im Zuge der KET-Prüfsequenz vergebenen Klassifizierungen respektive aufsummierten Priorisierungsabschläge. Die Spanne reicht von den sehr geeigneten rot eingefärbten Objekten (kein Priorisierungsabschlag) bis zu den hellgelb dargestellten Objekten mit deutlich eingeschränkter Eignung (in der Summe vier Priorisierungsabschläge). Durch entsprechende Auswahl lassen sich die Kapazitäten für verschiedene Größenklassen der Potenzialflächen anzeigen, zum Beispiel wie in Abbildung 14 nur Flurstücksflächen mit Potenzialen von 500 oder mehr Quadratmetern. Zudem werden durch einen Tooltip Basisinformationen angezeigt, zum Beispiel für jede Flurstücksfläche die Flächennummer, die Unsicherheitsvermerke, die Priorisierungswerte und die Größe der tatsächlichen Potenzialfläche (siehe Abb. 15).

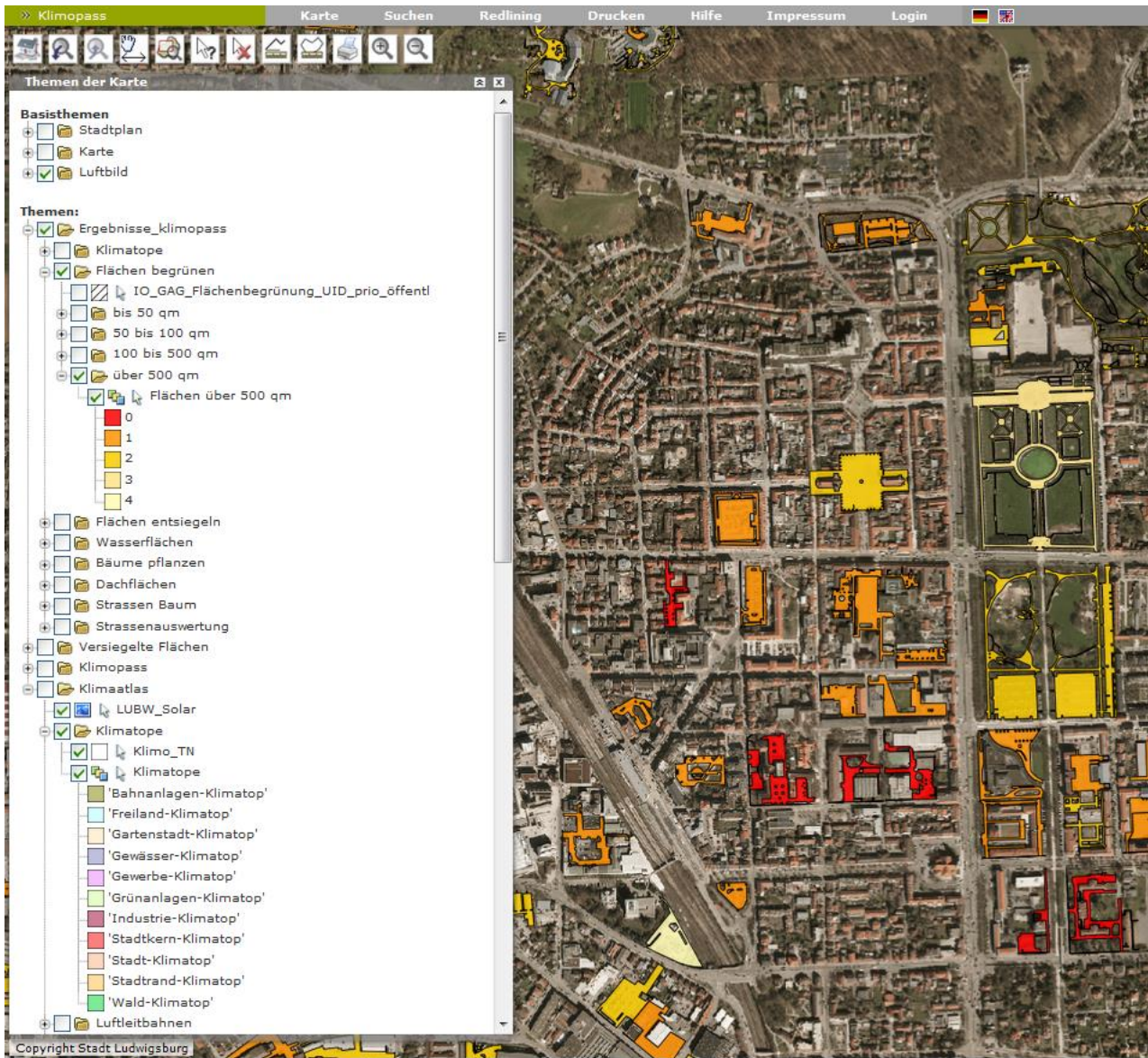


Abbildung 14: Auswahlmenü der Onlineplattform

Jede Fläche und jedes Gebäude mit einer Anpassungskapazität können markiert werden, um Informationen zu dem jeweils ausgewählten Objekt abzurufen (Infobox). Anzeigen lassen sich zum Beispiel die Nutzungsart (NA) einer Fläche, in der exemplarischen Abbildung 15 als „TEMP_NUTZU“ bezeichnet, deren Versiegelungsgrad („BEZ“) und auch die Anzahl der im Zuge der Prüfsequenz vergebenen Priorisierungsabschläge („Einschränkungen“) und Unsicherheitsvermerke sowie weitere Objektattribute.

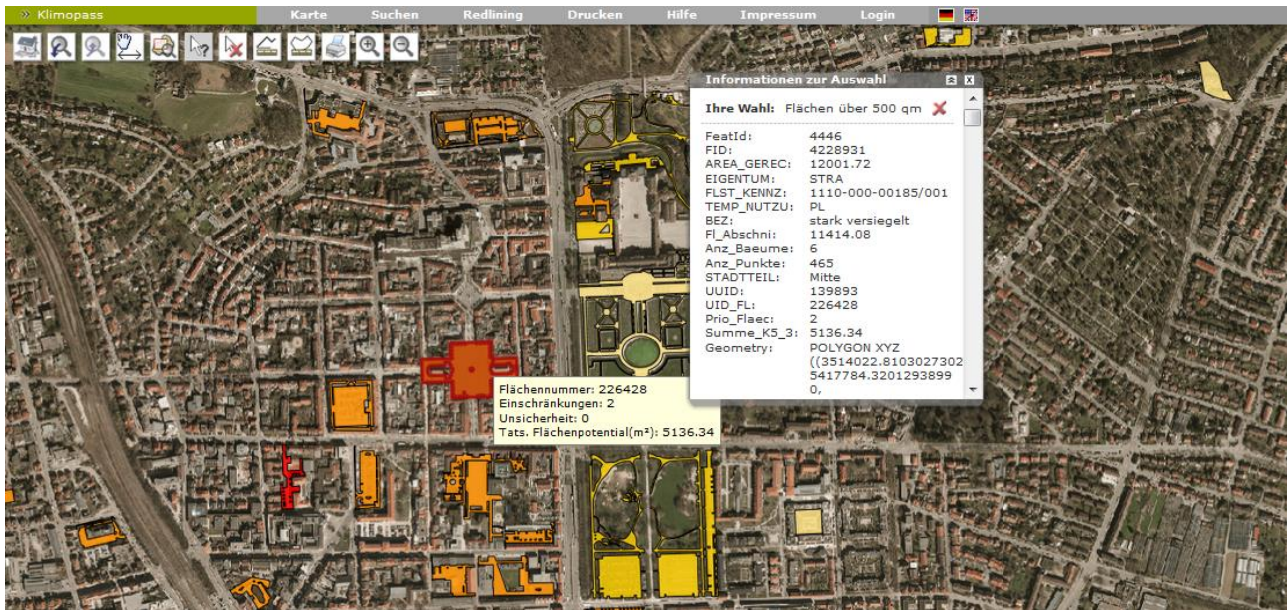


Abbildung 15: Informationsanzeige mittels Tooltip und Infobox

Durch entsprechende Aktivierung im Auswahlmenü können des Weiteren die Klimatope des Regionalen Klimaatlas der Region Stuttgart (siehe Verband Region Stuttgart 2008) hinzugeschaltet werden. Damit lassen sich Kapazitäten in klimatisch besonders belasteten Räumen wie etwa Stadtkernklimatopen schnell erkennen (siehe auch Abb. 16). Zudem können öffentliche Gebäude wie Schulen (grün eingefärbte Gebäude in Abb. 16) oder Kindergärten (türkisfarben dargestellt) angezeigt werden. Damit wird erkennbar, welche Kapazitäten im nahen Umfeld sensibler Nutzungen vorhanden sind. Ferner lassen sich die Eigentümer der Objekte mit Anpassungspotenzialen darstellen, im hiesigen Anwendungsfall unterschieden nach privat und öffentlich (Stadt, Land etc.); Objekte im öffentlichen Eigentum werden durch eine Flächenschraffur kenntlich gemacht (siehe Abb. 16).



Abbildung 16: Anzeige der Klimatope, öffentlichen Gebäude und Eigentumsverhältnisse

6.2 ERGEBNISSE DER ANWENDUNG DES KAPAZITÄTENERMITTLUNGSTOOLS (KET)

Im Weiteren werden die Ergebnisse der Kapazitätenermittlung in der Musterkommune Ludwigsburg vorgestellt. Die Darstellung ist wie folgt aufgebaut: Zu jeder Kapazität werden drei Karten gezeigt, im Maßstab

- 1:15.000, um einen Überblick über einen möglichst großen Bereich des Gemeindegebiets zu ermöglichen¹⁰,
- 1:5.000 für einen ausgewählten Bereich am Bahnhof mit Übergang von Innenstadt zu Gewerbe- und Wohngebieten mit vielen unterschiedlichen städtebaulichen Situationen sowie
- 1:1.000, um für die jeweiligen Anpassungsoptionen charakteristische örtliche Situationen abzubilden.

¹⁰ Für den Bereich „Straßenraum“ wird auf diesen Maßstab verzichtet, weil die „linienförmigen“ Flächenelemente nicht erkennbar sind.

Um die Ergebnisse und deren Zustandekommen einordnen und nachvollziehen zu können, werden den Karten kurze Erläuterungen vorangestellt. Diese beinhalten zum einen eine kurze Beschreibung der Anpassungsoption, für welche die Anpassungskapazität jeweils ermittelt wird. Zum anderen wird in groben Zügen dargelegt, welche Selektionen/Klassifizierungen in den einzelnen KET-Komponenten für die jeweilige Anpassungsoption vorgenommen werden und welche Annahmen damit den Kartendarstellungen zugrunde liegen (für ein tiefergehendes Verständnis des methodischen Vorgehens wird auf die Erläuterung der einzelnen Komponenten in Kap. 5 verwiesen). Damit die Ergebnisse für jede Anpassungsoption eigenständig nachvollzogen werden können und da das Zustandekommen der Ergebnisse strukturell gleichen Regeln folgt (siehe dazu Kap. 5), lassen sich gewisse Redundanzen in der Darstellung nicht gänzlich vermeiden.

6.2.1 ERGEBNISSE DER FLÄCHENBEZOGENEN KAPAZITÄTENERMITTLUNG

Flächenbezogene Anpassungskapazitäten werden im Rahmen dieses Projekts für die Anpassungsoptionen „Flächenbegrünung“, „Anlegen von Wasserflächen“, „Baumpflanzungen“ und „Teilentsiegelung“ ermittelt.

6.2.1.1 ERGEBNISSE ZUR ANPASSUNGSOPTION „FLÄCHENBEGRÜNUNG“ (BEREICH „FLÄCHEN“)

Unter Flächenbegrünung wird die Transformation bislang versiegelter Flächen in unversiegelte, überwiegend mit Pflanzen bewachsene Flächen verstanden. Als Bewuchs im Sinne dieser Anpassungsoption gelten vorrangig Gras und/oder Bodendecker (niederwüchsige Pflanzen) und/oder Sträucher; die Bepflanzung von Flächen mit Bäumen wird in diesem Projekt als eine gesonderte Anpassungsoption behandelt, da sich hierbei neben den nachfolgend aufgezählten klimatischen Effekten der Flächenbegrünung noch ein Verschattungseffekt ergibt, der das kleinräumliche Klima positiv beeinflusst.

Begrünte Flächen befördern das Stadtklima respektive die Klimaanpassung unter anderem, weil (a) die durch sie erzeugte Verdunstungskälte zur Senkung der lokalen Temperatur beiträgt, (b) sie sich bei sommerlicher Hitze weniger stark aufheizen als versiegelte Flächen und (c) auf ihnen Niederschlagswasser versickern kann, wodurch ein Beitrag zur Vermeidung/Minderung lokaler (vorrangig pluvialer) Überflutungen geleistet wird.

KET-Komponente 1: Prinzipielle Eignung

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 1 wird geprüft, auf welchen Flächen aufgrund deren Nutzungsart (NA) eine Realisierung der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ als grundsätzlich nicht möglich, praxisfern und/oder nicht nutzenbringend einzustufen ist.

Von den insgesamt 34 Nutzungsarten¹¹ werden 21 – respektive die konkreten Flächen mit diesen NA – ausgewählt (KET-Antwortoption „NEIN > EXIT“). Im Einzelnen sind dies (mit den in Kap. 5.2.3.1) eingeführten Begründungen (B):

- Aus der Nutzungsartengruppe „Gebäude- und Freifläche“ (NA der 100er und 200er-Positionen) die „Gebäude- und Freifläche Land- und Forstwirtschaft“ (GFLF), weil davon auszugehen ist, dass (B2) es dort nur vergleichsweise wenige für die Flächenbegrünung infrage kommenden versiegelten Flächen gibt, diese zudem nahezu vollständig für den Betrieb benötigt werden und (B3) die Flächen zudem eher in peripheren, klimatisch in der Regel wenig belasteten Räumen liegen.
- Alle NA der Gruppe „Landwirtschaftsfläche“ (NA der 600er Positionen), weil (B2) auch hier üblicherweise kaum verzichtbare versiegelte Flächen zu erwarten sind, (B4) die meisten Flächen mit dieser NA bereits begrünt sind oder ähnliche klimatische Merkmale wie begrünte Flächen aufweisen (z.B. „Gartenland“ (G)) und weil (B3) die Flächen meist eher peripher lokalisiert sind.
- Alle NA der Gruppe „Waldfläche“ (NA der 700er Positionen), primär deswegen, weil (B1) die Rodung bestehender Waldflächen zugunsten begrünter Flächen zum Zwecke der Klimaanpassung als offensichtlich unsinnig zu bewerten ist. Mit der gleichen Begründung werden analog alle NA der Gruppe „Wasserflächen“ (NA der 800er-Positionen) ausgeschieden.
- Insgesamt weitere sechs NA aus den Nutzungsartengruppen „Erholungsfläche“ (NA der 400er Positionen), „Verkehrsfläche“ sowie „Flächen anderer Nutzung“, aus einem oder mehreren der oben genannten oder weiteren Gründen (siehe dazu auch Kap. 5.2.3.1).

Alle übrigen Nutzungsarten werden weitergeführt. Als prinzipiell geeignet (KET-Antwortoption „JA“) werden nahezu alle Gebäude-Freiflächen (NA der 100er und 200er Positionen) sowie unter anderem die Flächen der NA „Platz“ (PL) und „Lagerplatz“ (LPL) eingestuft. Einige NA wie etwa „Betriebsfläche, nicht weiter untergliedert“ erhalten Unsicherheitsvermerke, weil die genaue Nutzung der zugeordneten Flächen qua Definition unklar und eine Eignung mithin fallweise zu prüfen ist (KET-Antwortoption „UNSICHER, weil Nutzung/Eignung trotz Objektattribut unklar“); ebenso wird mit all den Flächen verfahren, für die im Liegenschaftskataster kein NA-Attribut vorliegt (KET-Antwortoption „UNSICHER, weil kein Objektattribut“).

Einen vollständigen Überblick darüber, wie die jeweiligen NA anhand der verfügbaren KET-Antwortoptionen eingestuft werden, gibt Anhang 7.

¹¹ Für die Gemarkung Ludwigsburg sind im Liegenschaftskataster insgesamt 36 unterschiedliche Nutzungsarten verzeichnet, von denen die NA Straße (S) und Weg (WEG) hier nicht zu betrachten sind, weil sie gesondert im Bereich „Straßenraum“ behandelt werden.

KET-Komponente 2: Klimaqualität

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 2 wird geprüft, welche Flächen aus der weiteren Betrachtung auszuschließen sind, weil sie die durch eine Realisierung der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ herzustellenden klimatisch günstigen Merkmale bereits aufweisen. Die Einstufung erfolgt anhand der durch die Daten zur gesplitteten Abwassergebühr (GAG) angezeigten Versiegelungsgrade der Flächen (für Details siehe u.a. Kap. 5.2.2, Tab. 2).

Alle nicht versiegelten Flächen werden unter der Annahme ausgeschieden (KET-Antwortoption „NEIN > EXIT“), dass sie in der Regel bereits eine Begrünung aufweisen oder in anderer Weise zur Kaltluftproduktion beitragen (z.B. Wasserflächen). Ebenso werden Flächen mit den GAG-Attributen „Standarddach“ und „Flachdach“ ausgeschieden, diese Dachflächen werden gesondert im Bereich „Anlagen“ behandelt.

Im KET weitergeführt werden grundsätzlich alle Flächen, die aktuell irgendeinen Grad der Versiegelung aufweisen, da auf ihnen durch eine Realisierung der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ zusätzliche Verdunstungskälte erzeugt und/oder Aufheizungspotenziale vermieden werden können und somit Anpassungskapazitäten vorliegen. Dabei nimmt mit abnehmendem Versiegelungsgrad der Flächen auch deren Relevanz ab, von hoch relevant (KET-Antwortoption „JA“) über eingeschränkt relevant Stufe 1 (Priorisierungsabschlag mit Wert 1 durch Wahl der Antwortoption „BEDINGT 1“) bis eingeschränkt relevant Stufe 2 (Priorisierungsabschlag mit Wert 2 durch Wahl der Antwortoption „BEDINGT 2“). Flächen mit dem GAG-Attribut „Baustelle“ werden wie stark versiegelte Flächen mit einem Priorisierungsabschlag mit Wert 1 und zusätzlich mit einem Unsicherheitsvermerk versehen, da der tatsächliche Grad der zukünftigen Versiegelung nicht bekannt ist. Ebenso wird mit denjenigen Flächen verfahren, für die kein GAG-Attribut vorliegt.

Einen Überblick über alle Einstufungen gibt Anhang 8.

KET-Komponente 3: Schutzgutrelevanz

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 3 werden Flächen nicht ausselektiert, sondern nach ihrer Schutzgutrelevanz klassifiziert. Die Klassifizierung erfolgt nach einem für alle flächenbezogenen Anpassungsoptionen identischen Schema, weil es für das Vorhandensein von Schutzgütern unerheblich ist, durch welche Anpassungsoption ein für die Schutzgüter positiver klimatischer Effekt erzeugt wird. Das Schema ist im Detail Anhang 5 zu entnehmen.

KET-Komponente 4: Mindestgröße

Die weiteren KET-Schritte erfolgen unter der Prämisse des Szenarios „Mäßige Belastung“, bei dem von einer vergleichsweise moderaten zukünftigen Klimabelastung (Exposition) des Untersuchungsraums ausgegangen wird. Entsprechend gilt die Maßgabe des möglichst weitgehenden Funktionserhalts für die vorhandenen Nutzungen auf den Flächen (für Details siehe u.a. Kap. 5.2.1.1).

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 4 werden Flächen ausselektiert, die nicht über die definierte Mindestgröße verfügen, um durch eine Flächenbegrünung einen nennenswerten lokalklimatischen Effekt mit vertretbarem Aufwand erzielen zu können.

Zur Vorbereitung der Prüfung der Mindestgröße bedarf es zunächst einer Festlegung, ob und wenn ja wieviel Prozent der Flächen in Abhängigkeit ihrer NA für den Erhalt der momentanen Funktion nötig sind und infolgedessen nicht für die Anpassungsoption zur Verfügung stehen, sprich wie hoch der funktionspezifische Abschlag sein soll. Die Höhe des Abschlags wird differenziert nach drei Größenklassen (für Details siehe Kap. 5.2.3.5); die nachfolgenden Aussagen beziehen sich auf Flächen mit $0 < 500 \text{ m}^2$, für größere Flächen fällt der Abschlag in der Regel etwas geringer aus.

Vergleichsweise hohe funktionspezifische Abschläge werden unter anderem für folgende NA vorgenommen:

- Für die Gebäude-Freiflächen-Nutzungsarten (NA mit 100er und 200er Positionen) mit tendenziell hoher Nutzungsintensität und funktionaler Heterogenität werden mindestens 80 % Abschlag angesetzt. Hintergrund ist, dass die durch die Realisierung der Anpassungsoption entstehenden begrünt Flächen in der Regel nicht für die Abwicklung/Beherbergung wichtiger Flächenfunktionen wie zum Beispiel dem Zugang zu Gebäuden brauchbar sind, auch wenn sie im Prinzip begehbar wären. Zudem würden sie Teile ihrer Klimafunktion einbüßen, wenn sie regelmäßig einer funktionstypischen Nutzung (z.B. „Zugang“) ausgesetzt wären. Die Merkmale hohe Nutzungsintensität und funktionale Heterogenität treffen zum Beispiel auf die Flächen der NA „Gebäude- und Freifläche Handel und Dienstleistungen“ (GFGI) zu, auf der vielfältige Aktivitäten und Funktionen wie Zufahrten (inklusive Anlieferung) und Zugänge, Aufenthalt, Stellplätze, Feuerwehraufstellflächen, Fluchtwege und Sammelplätze etc. hoch verdichtet lokalisiert sein können. Auch Bauplätze (BPL) werden unter der Annahme einer zukünftigen Bebauung und Nutzung hoch veranschlagt. Wenn zu einer Fläche kein NA-Attribut vorliegt, wird ein hoher Abschlag (85 %) vorgenommen, um angesichts der datenbedingten Unsicherheit keine zu optimistischen Annahmen bezüglich der begrünbaren Flächen zu treffen.
- Vergleichsweise hohe Abschläge von um die 80 % werden auch für die NA der Gruppe „Betriebsflächen“ (NA der 300er-Positionen) vorgenommen, weil davon auszugehen ist, dass dort vorhandene versiegelte Flächen zur Aufrechterhaltung des Betriebs zwingend erforderlich sind.
- Auch für die NA Parkplatz (PPL) wird mit 85 % ein hoher Abschlag vorgenommen. Einhergehend mit einer Stärkung des ÖPNV sowie des Fuß- und Fahrradverkehrs beziehungsweise entsprechender Parkraumbewirtschaftung könnten hier gegebenenfalls aber auch niedrigere Abschlagswerte gewählt, sprich mehr Parkplätze für die Begrünung freigegeben werden.

Vergleichsweise geringere Abschläge werden unter anderem für folgende NA vorgenommen:

- Als Gebäude-Freiflächen mit tendenziell geringerer Nutzungsintensität und -heterogenität werden die Freiflächen der Ver- und Entsorgungsanlagen (GFV, GFES) eingestuft. Abweichend von den anderen NA dieser Nutzungsartengruppe (siehe oben) werden hier entsprechend nur 65 % abgezogen.

- Auch für die NA Platz (PL) wird mit 65 % ein eher geringer funktionspezifischer Flächenabschlag angesetzt. Die Annahme ist, dass bei entsprechender Platzgestaltung die Funktionen der Flächen (primär Aufenthalt, Abhalten von Märkten oder Durchführen von Veranstaltungen, ggf. auch Abstellen von Fahrzeugen) trotz vergleichsweise umfangreicher Teilbegrünung erhalten werden können.

Kein Abschlag (0 %) erfolgt für Flächen einer NA, wenn davon auszugehen ist, dass durch die Realisierung der Anpassungsoption keine Funktionen beeinträchtigt werden; dies ist etwa der Fall bei der NA „Verkehrsfläche ungenutzt“ (NA-Schlüssel 580), da die zugehörigen Flächen laut Definition vormals dem Verkehr dienten, gegenwärtig aber nicht genutzt werden, oder analog bei der NA „Gebäude- und Freifläche ungenutzt“ (NA-Schlüssel 230). Entsprechende Flächen liegen im konkreten Anwendungsfall in der Musterkommune Ludwigsburg nach den bisherigen KET-Schritten indes nicht mehr vor.

Einen vollständigen Überblick über die funktionspezifischen Abschläge für alle NA und Flächen-Größenklassen gibt Anhang 9.

Die Abschläge werden im konkreten Anwendungsfall der Kapazitätenermittlung für die Musterkommune Ludwigsburg nicht per GIS, sondern rechnerisch in Excel durch Abzug von den Flächengrößen vorgenommen.

Die eigentliche Prüfung der Mindestgröße (Prüffrage P4) bezieht sich stets auf die Flächengrößen nach Abzug des funktionspezifischen Abschlags. Für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ wird eine Mindestgröße von 20 m² veranschlagt. Dieser vergleichsweise niedrige Mindestwert resultiert daraus, dass jede zusätzliche Grünfläche einen zusätzlichen Effekt (Verdunstungskälte, weniger Aufheizung, Versickerung von Niederschlagswasser) erzeugt; zugleich werden durch den Schwellenwert Kleinstflächen ohne stadtplanerische Relevanz ausgeschlossen, bei denen zudem die Zweckmäßigkeit einer Begrünung aufgrund von Effizienzaspekten fraglich wäre (Kosten für Anlegen und Pflegen bei vergleichsweise geringem lokalklimatischem Nutzen).

KET-Komponente 5: Technische/konstruktive Machbarkeit

Der Prüfschritt der KET-Komponente 5 entfällt für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“, weil das Prüfkriterium der technischen/konstruktiven Machbarkeit hier keine Relevanz hat.

KET-Komponente 6: Kartendarstellungen

Nachfolgende Kartendarstellungen zeigen die Ergebnisse der KET-Anwendung.

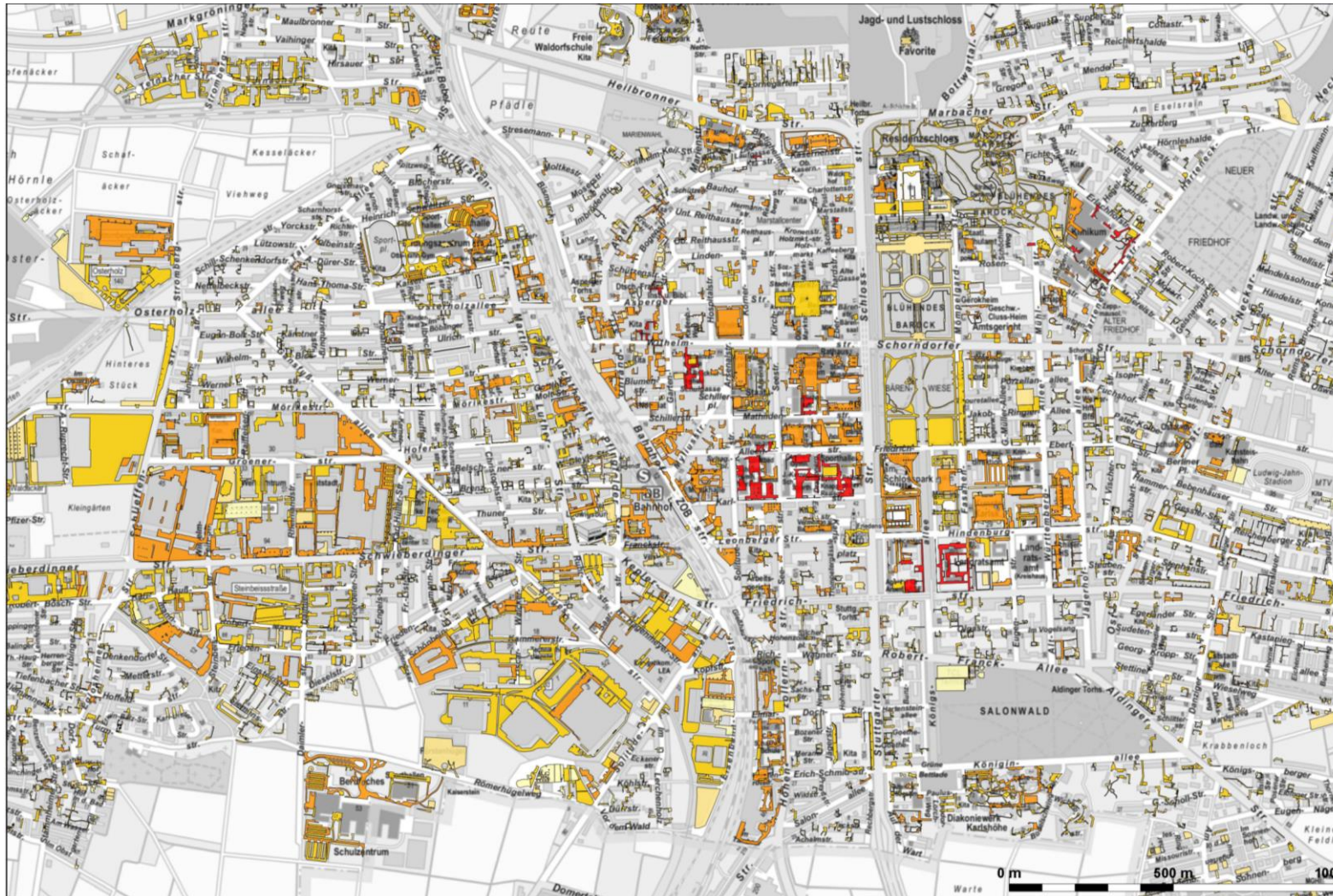


Abbildung 17:
 Flächenbegrünung
 Bereich „Flächen“
 M. 1:15.000

Anpassungskapazitäten ab 20 m²;
 angezeigt werden Flächen mit
 Potenzialen, nicht die tatsächlichen
 Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
 relevant bis hellgelb = eingeschränkt
 relevant

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

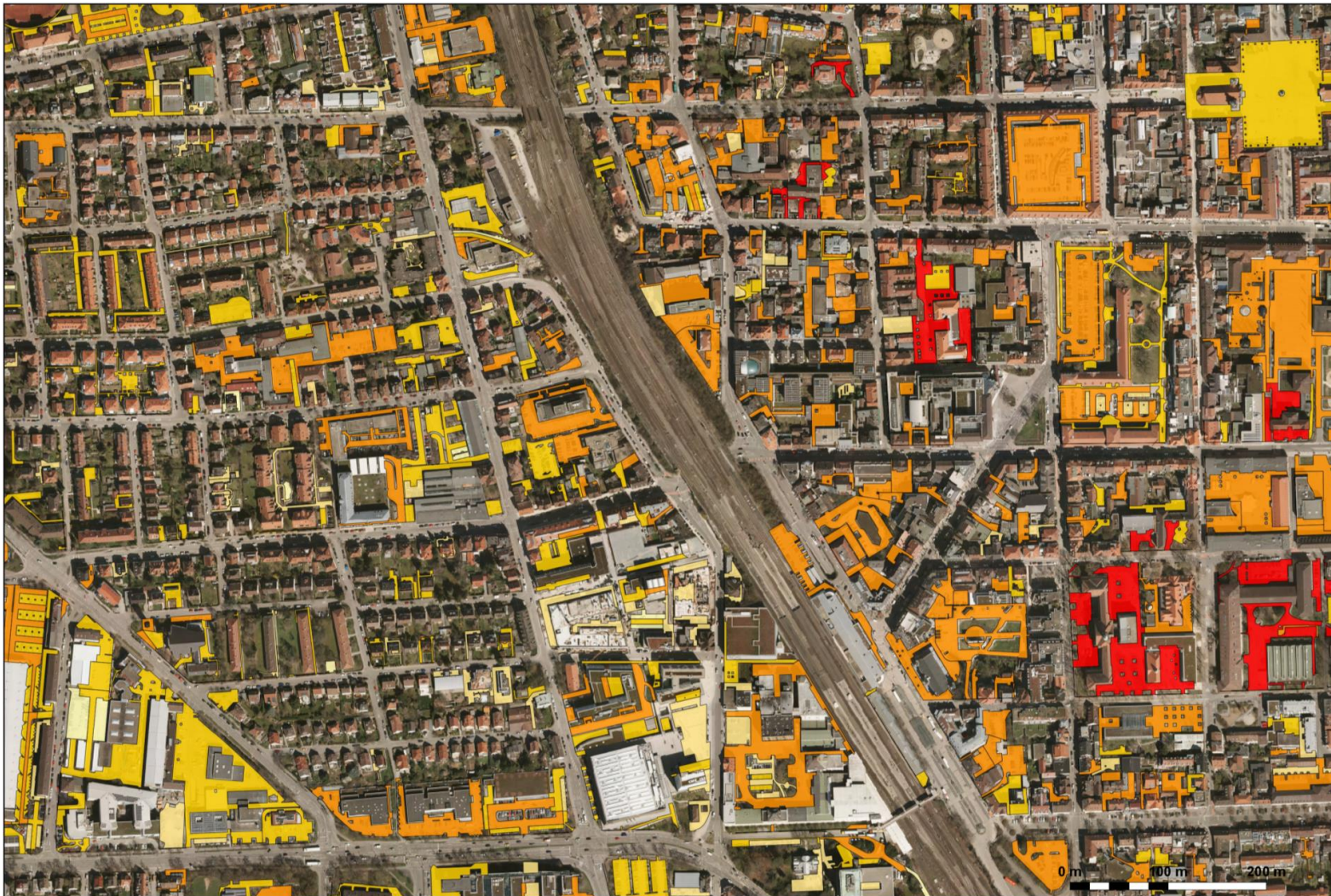


Abbildung 18:
 Flächenbegrünung
 Bereich „Flächen“
 M. 1:5.000

Anpassungskapazitäten ab 20 m²;
 angezeigt werden Flächen mit
 Potenzialen, nicht die tatsächlichen
 Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
 relevant bis hellgelb = eingeschränkt
 relevant





Abbildung 19:
Flächenbegrünung
Bereich „Flächen“
M. 1:1.000

Anpassungskapazitäten ab 20 m²;
angezeigt werden Flächen mit
Potenzialen, nicht die tatsächlichen
Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
relevant bis hellgelb = eingeschränkt
relevant



6.2.1.2 ERGEBNISSE ZUR ANPASSUNGSOPTION „ANLEGEN VON WASSERFLÄCHEN“

Unter „Anlegen von Wasserflächen“ wird die Umgestaltung bislang versiegelter Flächen in möglichst naturnah ausgeführte oder künstliche Wasserflächen verstanden. Dies können Teiche, Wasserbecken/-spiele oder Ähnliches sein.

Wasserflächen befördern das Stadtklima respektive die Klimaanpassung, weil (a) die durch sie erzeugte Verdunstungskälte zur Senkung der lokalen Temperatur beiträgt und sie sich (b) bei sommerlicher Hitze weniger stark aufheizen als versiegelte Flächen, wodurch Hitzeinsel-Effekte verringert werden.

Eine Realisierung der Anpassungsoption bietet sich primär dort an, wo Wasserflächen neben der klimatischen Funktion eine raumbildende Gestaltungsfunktion im Sinne einer Aufwertung des Stadtbildes und/oder allgemein erhöhter Aufenthaltsqualität zukommen kann.

KET-Komponente 1: Prinzipielle Eignung

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 1 wird geprüft, auf welchen Flächen aufgrund deren Nutzungsart (NA) eine Realisierung der Anpassungsoption „Anlegen von Wasserflächen“ als grundsätzlich nicht möglich, praxisfern und/oder nicht nutzenbringend einzustufen ist.

Von den insgesamt 34 Nutzungsarten¹² werden 29 – respektive die konkreten Flächen mit diesen NA – ausgewählt (KET-Antwortoption „NEIN > EXIT“), darunter auch fünf aus der Nutzungsartengruppe „Gebäude- und Freifläche“ (NA der 100er und 200er-Positionen), namentlich „Gebäude- und Freifläche Wohnen“ (GFW), „Gebäude- und Freifläche Gewerbe und Industrie“ (GFGI), „Gebäude- und Freifläche zu Versorgungsanlagen“ (GFV), „Gebäude- und Freifläche zu Entsorgungsanlagen“ (GFES) und „Gebäude- und Freifläche Land- und Forstwirtschaft“ (GFLF).

Die Selektion unterscheidet sich damit von jener für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ (siehe Kap. 6.2.1.1), bei der nur 21 NA, darunter nur eine der GF-Nutzungsarten, ausgeschlossen werden. Grund dafür ist, dass im Unterschied zur Begrünung das Anlegen neuer Wasserflächen nur für solche Flächen als eine geeignete Maßnahme eingestuft wird, bei denen ein gewisser Grad der „Öffentlichkeit“ besteht und davon auszugehen ist, dass die vergleichsweise aufwändige Umgestaltung in eine Wasserfläche jenseits der Klimaanpassung auch einen ästhetischen/gestalterischen und/oder auf die Aufenthalts-/Erlebnisqualität bezogenen Mehrwert generiert. Entfällt dieser Mehrwert, ist in der Praxis die Flächenbegrünung aufgrund des geringeren Aufwands und der höheren Klimaqualität in der Regel zu bevorzugen.

Weitergeführt werden fünf NA: Als prinzipiell geeignet (KET-Antwortoption „JA“) die NA „Gebäude- und Freifläche Öffentliche Zwecke“ (GFÖ), „Gebäude- und Freifläche Handel und Dienstleistungen“ (GFHW)

¹² Für die Gemarkung Ludwigsburg sind im Liegenschaftskataster insgesamt 36 unterschiedliche Nutzungsarten verzeichnet, von denen die NA Straße (S) und Weg (WEG) hier nicht zu betrachten sind, weil sie gesondert im Bereich „Straßenraum“ behandelt werden.

und „Gebäude- und Freifläche Erholung“ (GFE) sowie „Platz“ (PL) und „Historische Anlage“ (HIST). Für diese Flächen wird von einem über die Klimaanpassung hinausreichenden Mehrwert im oben skizzierten Sinne ausgegangen. Flächen ohne NA-Attribut erhalten einen Unsicherheitsvermerk (KET-Antwortoption „UNSICHER, weil kein Objektattribut“).

Einen vollständigen Überblick darüber, wie die jeweiligen NA anhand der verfügbaren KET-Antwortoptionen eingestuft werden, gibt Anhang 7.

KET-Komponente 2: Klimaqualität

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 2 wird geprüft, welche Flächen aus der weiteren Betrachtung auszuschließen sind, weil sie bereits klimatisch günstige Eigenschaften aufweisen. Die Einstufung erfolgt anhand der durch die Daten zur gesplitteten Abwassergebühr (GAG) angezeigten Versiegelungsgrade der Flächen (siehe dazu u.a. Kap. 5.2.3.2).

Die Einstufungen (Selektionen und Klassifizierungen) und diesbezüglichen Begründungen sind identisch mit denen, die für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ vorgenommen werden, Details sind dort nachzulesen (siehe Kap. 6.2.1.1). Einen Überblick über alle Einstufungen gibt Anhang 8.

KET-Komponente 3: Schutzgutrelevanz

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 3 werden Flächen nicht ausselektiert, sondern nach ihrer Schutzgutrelevanz klassifiziert. Die Klassifizierung erfolgt nach einem für alle flächenbezogenen Anpassungsoptionen identischen Schema, weil es für das Vorhandensein von Schutzgütern unerheblich ist, durch welche Anpassungsoption ein für die Schutzgüter positiver klimatischer Effekt erzeugt wird. Das Schema ist im Detail Anhang 5 zu entnehmen.

KET-Komponente 4: Mindestgröße

Die weiteren KET-Schritte erfolgen unter der Prämisse des Szenarios „Mäßige Belastung“, bei dem von einer vergleichsweise moderaten zukünftigen Klimabelastung (Exposition) des Untersuchungsraums ausgegangen wird. Entsprechend gilt die Maßgabe des möglichst weitgehenden Funktionserhalts für die vorhandenen Nutzungen auf den Flächen (für Details siehe u.a. Kap. 5.2.1.1).

Mit der Prüffrage der Komponente 4 werden Flächen ausselektiert, die nicht über die definierte Mindestgröße verfügen, ab der sich durch neue Wasserflächen ein nennenswerter lokalklimatischer Effekt mit vertretbarem Aufwand erzielen lässt.

Zur Vorbereitung der Prüfung der Mindestgröße bedarf es zunächst einer Festlegung, ob und wenn ja wieviel Prozent der Flächen in Abhängigkeit ihrer NA für den Erhalt der momentanen Funktionen nötig sind und

infolgedessen nicht für die Anpassungsoption zur Verfügung stehen, sprich wie hoch der funktionspezifische Abschlag sein soll.

Die funktionspezifischen Abschläge für die Anpassungsoption „Anlegen neuer Wasserflächen“ inklusive der Begründungen sind identisch zu denen für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“, Details sind entsprechend dort nachzulesen (siehe 6.2.1.1). Einen vollständigen Überblick über die funktionspezifischen Abschläge für alle NA und Flächen-Größenklassen gibt Anhang 9.

Die eigentliche Prüfung der Mindestgröße (Prüffrage P4) bezieht sich stets auf die Flächengrößen nach Abzug des funktionspezifischen Abschlags. Für die Anpassungsoption „Anlegen von Wasserflächen“ wird eine Mindestgröße von 100 m² veranschlagt. Diese fällt deutlich höher aus als bei der Flächenbegrünung (20 m²), weil die vergleichsweise aufwändige Umgestaltung zu einer Wasserfläche nur bei größeren Flächen lohnenswert ist. Im Übrigen gelten die gleichen Begründungen wie für die Flächenbegrünung.

KET-Komponente 5: Technische/konstruktive Machbarkeit

Der Prüfschritt der KET-Komponente 5 entfällt für die Anpassungsoption „Anlegen von Wasserflächen“, weil für das Prüfkriterium der technischen/konstruktiven Machbarkeit (z.B. Möglichkeiten zur Zu- und Ableitung von Wasser) flächendeckend keine geeigneten Daten/Indikatoren verfügbar sind.

KET-Komponente 6: Kartendarstellungen

Nachfolgende Kartendarstellungen zeigen die Ergebnisse der KET-Anwendung.

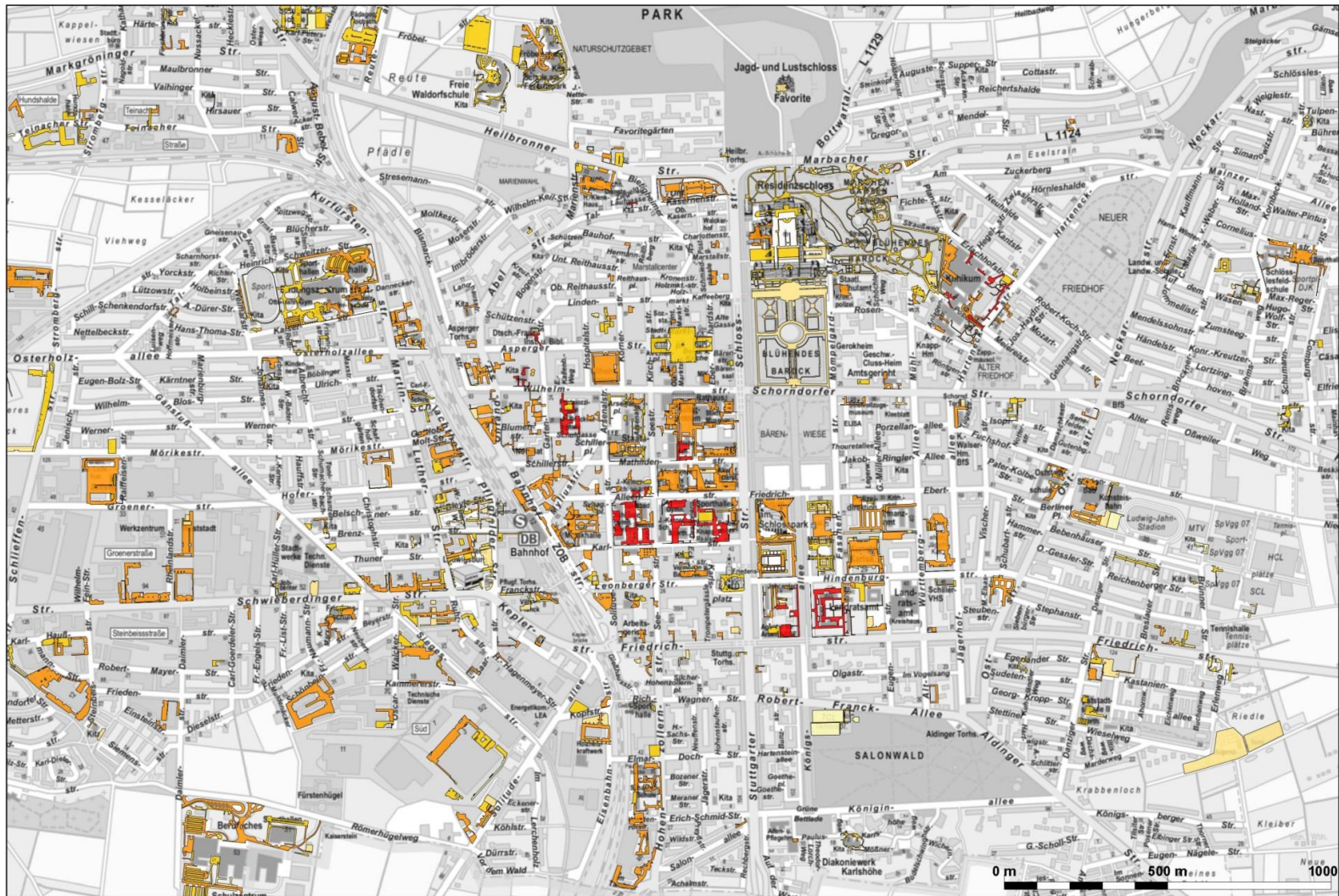


Abbildung 20:
 Anlegen von Wasserflächen
 Bereich „Flächen“
 M. 1:15.000

Anpassungskapazitäten ab 100 m²;
 angezeigt werden Flächen mit
 Potenzialen, nicht die tatsächlichen
 Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
 relevant bis hellgelb = eingeschränkt
 relevant



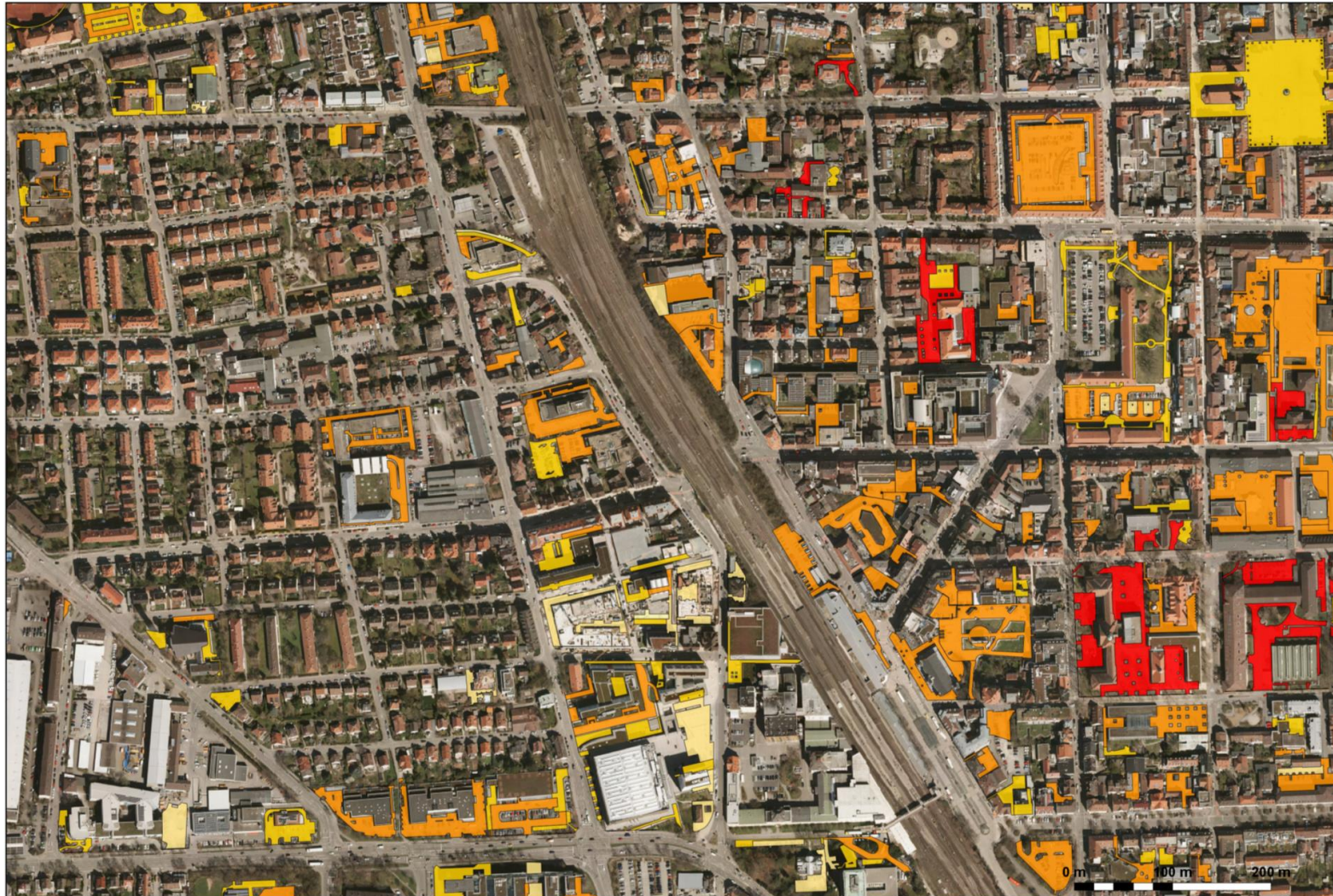


Abbildung 21:
Anlegen von Wasserflächen
Bereich „Flächen“
M. 1:5.000

Anpassungskapazitäten ab 100 m²;
angezeigt werden Flächen mit
Potenzialen, nicht die tatsächlichen
Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
relevant bis hellgelb = eingeschränkt
relevant

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

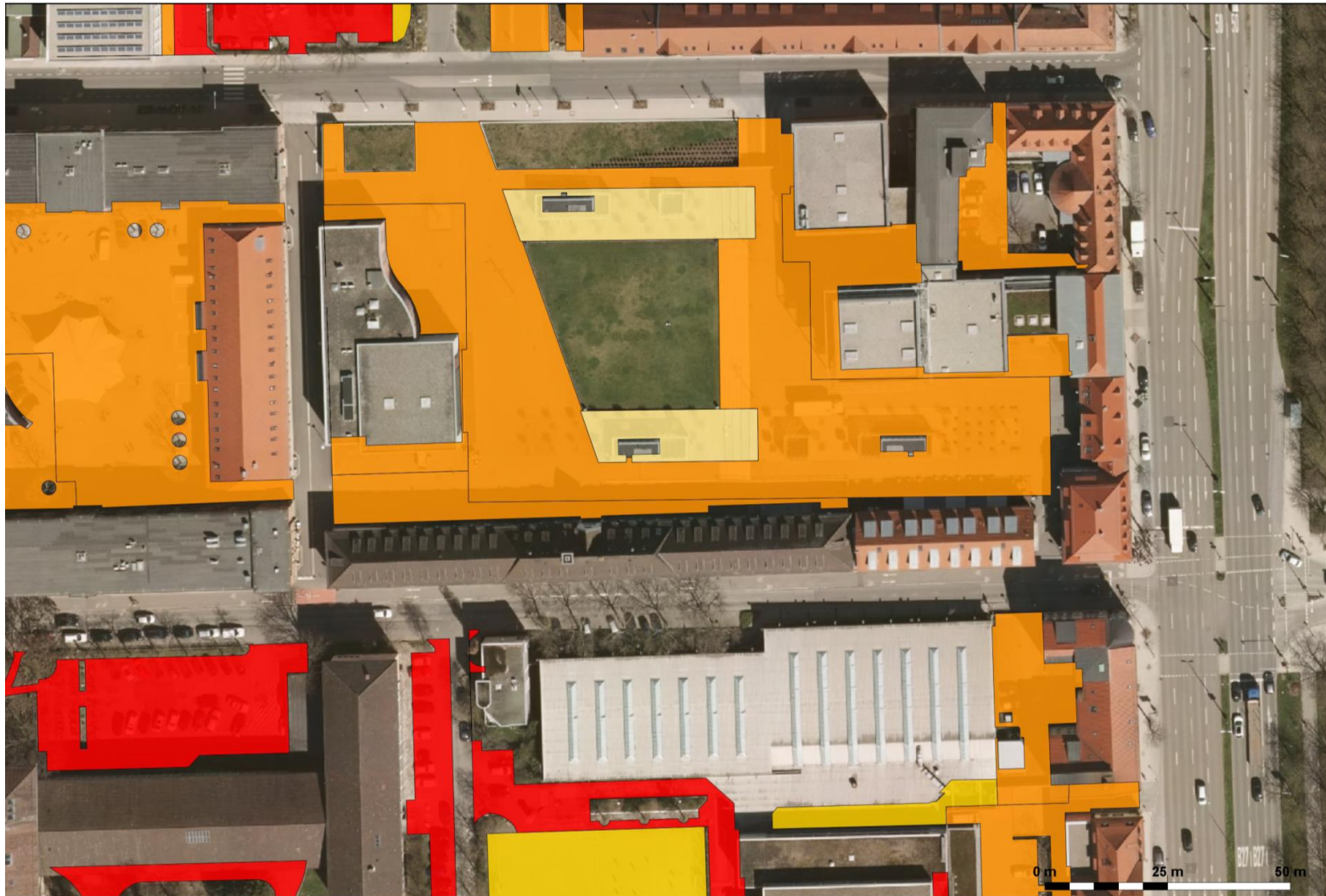


Abbildung 22:
 Anlegen von Wasserflä-
 chen
 Bereich „Flächen“
 M. 1:1.000

Anpassungskapazitäten ab 100 m²;
 angezeigt werden Flächen mit
 Potenzialen, nicht die tatsächlichen
 Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
 relevant bis hellgelb = eingeschränkt
 relevant

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

6.2.1.3 ERGEBNISSE ZUR ANPASSUNGSOPTION „BAUMPFLANZUNGEN“ (BEREICH „FLÄCHEN“)

Bäume befördern das Stadtklima respektive die Klimaanpassung unter anderem, indem sie (a) Verdunstungskälte erzeugen, was zur Senkung der lokalen Temperatur beiträgt, (b) durch Verschattung die lokale Aufenthaltsqualität erhöhen und (c) durch die Verschattung auch einer Aufheizung künstlicher Oberflächen im Stadtraum entgegenwirken und (d) der Staubfilterung dienen (Stichwort Lufthygiene).

Bei der Pflanzung von Bäumen im Stadtraum ist insbesondere darauf zu achten, dass es nicht zu einem Kronenschluss von Bäumen kommt, was das Entweichen von Warmluft und damit die nächtliche Abkühlung beeinträchtigt. Im Sinne der Durchlüftung ist weiterhin eine Pflanzung in Längsrichtung der primären (Wind-)Anströmrichtung zu empfehlen. Für die Wahl geeigneter Baumarten, die sich in Kronendurchmesser, Wuchshöhe und anderen Aspekten unterscheiden, existieren Pflanzlisten, um für den jeweiligen Standort die bestmögliche Wahl treffen zu können. Grundsätzlich sind vor allem großkronige Bäume mit geringem Einfluss auf die Ozonbildung (Produktion von Vorläuferstoffen BOC) sowie hoher Toleranz gegenüber Trockenheit (siehe dazu auch Kap. 4.4.1).

KET-Komponente 1: Prinzipielle Eignung

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 1 wird geprüft, auf welchen Flächen aufgrund deren Nutzungsart (NA) eine Realisierung der Anpassungsoption „Baumpflanzungen“ als grundsätzlich nicht möglich, praxisfern und/oder nicht nutzenbringend einzustufen ist.

Die Einstufungen sind weitgehend identisch mit denen für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ (für Details siehe Kap. 6.2.1.1). Der zentrale Unterschied besteht hinsichtlich der Nutzungsarten, deren Flächen im Regelfall bereits begrünt sind: Diese kommen zwar für eine Flächenbegrünung nicht mehr infrage, durch Baumpflanzungen hingegen lassen sich auch auf diesen Flächen noch zusätzliche Anpassungskapazitäten ausschöpfen, sprich zusätzliche Kaltluftproduktions- sowie Verschattungseffekte generieren. Konkret trifft dies in der Musterkommune Ludwigsburg auf die NA „Grünanlage“ (ANL) zu, die hier – anders als bei der Flächenbegrünung – entsprechend nicht ausselektiert wird¹³. Ziel ist hier die Herstellung des sogenannten „Savannen-Typs“, einer Grünfläche mit lockerem Baumbestand, welche klimatisch optimal ist.

Insgesamt werden von den 34 Nutzungsarten¹⁴ 20 – respektive die konkreten Flächen mit diesen NA – ausselektiert (KET-Antwortoption „NEIN > EXIT“).

Einen vollständigen Überblick darüber, wie die jeweiligen NA anhand der verfügbaren KET-Antwortoptionen eingestuft werden, gibt Anhang 7.

¹³ Zudem trifft dies zu auf die NA „Campingplatz“ (CP) und „Erholungsfläche, nicht weiter untergliedert“, die in der Musterkommune indes nicht vorkommen.

¹⁴ Für die Gemarkung Ludwigsburg sind im Liegenschaftskataster insgesamt 36 unterschiedliche Nutzungsarten verzeichnet, von denen die NA Straße (S) und Weg (WEG) hier nicht zu betrachten sind, weil sie gesondert im Bereich „Straßenraum“ behandelt werden.

KET-Komponente 2: Klimaqualität

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 2 wird geprüft, welche Flächen aus der weiteren Betrachtung auszuschließen sind, weil sie bereits klimatisch günstige Eigenschaften aufweisen. Die Einstufung erfolgt anhand der durch die Daten zur gesplitteten Abwassergebühr (GAG) angezeigten Versiegelungsgrade der Flächen (für Details siehe u.a. Kap. 5.2.2, Tab. 2).

Was die versiegelten Flächen anbelangt, gilt wie für die Anpassungsoptionen „Flächenbegrünung“ (siehe Kap. 6.2.1.1) und „Anlegen von Wasserflächen“ (siehe Kap. 6.2.1.2): Alle Flächen mit Versiegelung werden weitergeführt. Als hoch relevant (KET-Antwortoption „JA“) werden voll und stark versiegelte Flächen eingestuft, als eingeschränkt relevant alle Flächen mit dem Attribut „wenig versiegelt“ (Priorisierungsabschlag mit Wert 1 durch Wahl der Antwortoption „BEDINGT 1“).

Abweichend von den anderen flächenbezogenen Anpassungsoptionen werden auch alle unversiegelten Flächen weitergeführt, die nach der Selektion in Komponente 1 noch übrig sind. Anders als etwa durch die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ lassen sich auf diesen Flächen durch Baumpflanzungen noch zusätzliche klimatische Effekte in Form von Kaltluftproduktion erzielen. Die verringerte Aufheizung von Oberflächen durch Verschattung hingegen spielt im Vergleich zu versiegelten Flächen bei unversiegelten nur eine nachgeordnete Rolle. Daher ist für unversiegelte Flächen die KET-Antwortoption „BEDINGT 2“ (Priorisierungsabschlag mit Wert 2) zu wählen.

Ausgeschieden (KET-Antwortoption „NEIN > EXIT“) werden somit nur Datenelemente mit den GAG-Attributen „Standarddach“ und „Flachdach“ (Dachflächen werden gesondert im Bereich „Anlagen“ behandelt).

Einen Überblick über alle Einstufungen gibt Anhang 8.

KET-Komponente 3: Schutzgutrelevanz

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 3 werden Flächen nicht ausselektiert, sondern nach ihrer Schutzgutrelevanz klassifiziert. Die Klassifizierung erfolgt nach einem für alle flächenbezogenen Anpassungsoptionen identischen Schema, weil es für das Vorhandensein von Schutzgütern unerheblich ist, durch welche Anpassungsoption ein für die Schutzgüter positiver klimatischer Effekt erzeugt wird. Das Schema ist im Detail Anhang 5 zu entnehmen.

KET-Komponente 4: Mindestgröße

Die weiteren KET-Schritte erfolgen unter der Prämisse des Szenarios „Mäßige Belastung“, bei dem von einer vergleichsweise moderaten zukünftigen Klimabelastung (Exposition) des Untersuchungsraums ausgegangen wird. Entsprechend gilt die Maßgabe des möglichst weitgehenden Funktionserhalts für die vorhandenen Nutzungen auf den Flächen (für Details siehe u.a. Kap. 5.2.1.1).

Mit der Prüffrage der Komponente 4 werden Flächen ausselektiert, die nicht über die definierte Mindestgröße verfügen, ab der sich durch Baumpflanzungen ein nennenswerter lokalklimatischer Effekt mit vertretbarem Aufwand erzielen lässt.

Zur Vorbereitung der Prüfung der Mindestgröße bedarf es bei der Anpassungsoption „Baumpflanzungen“ zunächst eines speziellen Schrittes: Bevor die potenziellen Pflanzflächen ermittelt werden, müssen die bereits bestehenden Bäume via GIS gleichsam „ausgestanzt“ beziehungsweise die Baumkronenflächen von den Flächengrößen abgezogen werden. Um einen Kronenschluss von bestehenden und neuen Bäumen zu vermeiden und einen Mindestabstand für die Durchlüftung zu gewährleisten, wird die Baumkronenfläche dabei mal Faktor 1,2 genommen.

Es folgt der funktionspezifische Abschlag (für Details siehe Kap. 5.2.3.5): Zur Vorbereitung der Prüfung der Mindestgröße bedarf es weiterhin einer Festlegung, ob und wenn ja wieviel Prozent der Flächen (nach Abzug des Baumbestands (siehe oben)) in Abhängigkeit ihrer NA für den Erhalt der momentanen Flächenfunktion nötig sind und infolgedessen nicht für die Anpassungsoption zur Verfügung stehen. Die Höhe des Abschlags wird differenziert nach drei Größenklassen (für Details siehe Kap. 5.2.3.5); die nachfolgenden Aussagen beziehen sich auf Flächen mit $0 < 500 \text{ m}^2$, für größere Flächen fällt der Abschlag in der Regel etwas geringer aus.

Als Faustregel für den Abschlag auf versiegelten Flächen gilt, dass dieser bei der Baumpflanzung in der Regel etwas niedrigerer anzusetzen ist als bei den Anpassungsoptionen „Flächenbegrünung“ und „Anlegen von Wasserflächen“. Grund dafür ist, dass sich viele Flächenfunktionen auch unter Baumkronen aufrechterhalten lassen (z.B. Stellplätze). Aus diesem Grund wird in den meisten Fällen im Vergleich zu den oben genannten Anpassungsoptionen ein um 5 % reduzierter Abschlag vorgenommen. Im Übrigen gelten analog die entsprechenden Erläuterungen zur Flächenbegrünung.

Bezüglich der nach den bisherigen Prüfschritten verbliebenen unversiegelten Flächen wird (abgesehen von wenigen Ausnahmen) angenommen, dass diese keine nennenswerten Funktionen erfüllen, die es in Form des funktionspezifischen Abschlags zu berücksichtigen gilt. Eine Ausnahme bilden unter anderem die Flächen der NA „Betriebsfläche Lagerplatz“ (LPL), auf denen unter Umständen auch unversiegelte Flächen zur Lagerung dienen und für die entsprechend ein Abschlag vorgenommen wird.

Einen vollständigen Überblick über die funktionspezifischen Abschläge für alle NA und Flächen-Größenklassen geben die Anhänge 9 und 10.

Die Abschläge werden im konkreten Anwendungsfall der Kapazitätenermittlung für die Musterkommune Ludwigsburg nicht per GIS, sondern rechnerisch durch Abzug von den Flächengrößen vorgenommen.

Die eigentliche Prüfung der Mindestgröße (Prüffrage P4) bezieht sich stets auf die Flächengrößen nach Abzug der Flächen für die Baumbestände sowie nach Abzug des funktionspezifischen Abschlags. Für die Anpassungsoption „Baumpflanzungen“ wird eine Mindestgröße von 20 m^2 veranschlagt.

KET-Komponente 5: Technische/konstruktive Machbarkeit

Der Prüfschritt der KET-Komponente 5 entfällt für die Anpassungsoption „Baumpflanzungen“, weil für das Prüfkriterium der technischen/konstruktiven Machbarkeit (z.B. störende Leitungen im Untergrund) flächendeckend keine geeigneten Daten/Indikatoren verfügbar sind.

KET-Komponente 6: Kartendarstellungen

Nachfolgende Kartendarstellungen zeigen die Ergebnisse der KET-Anwendung.

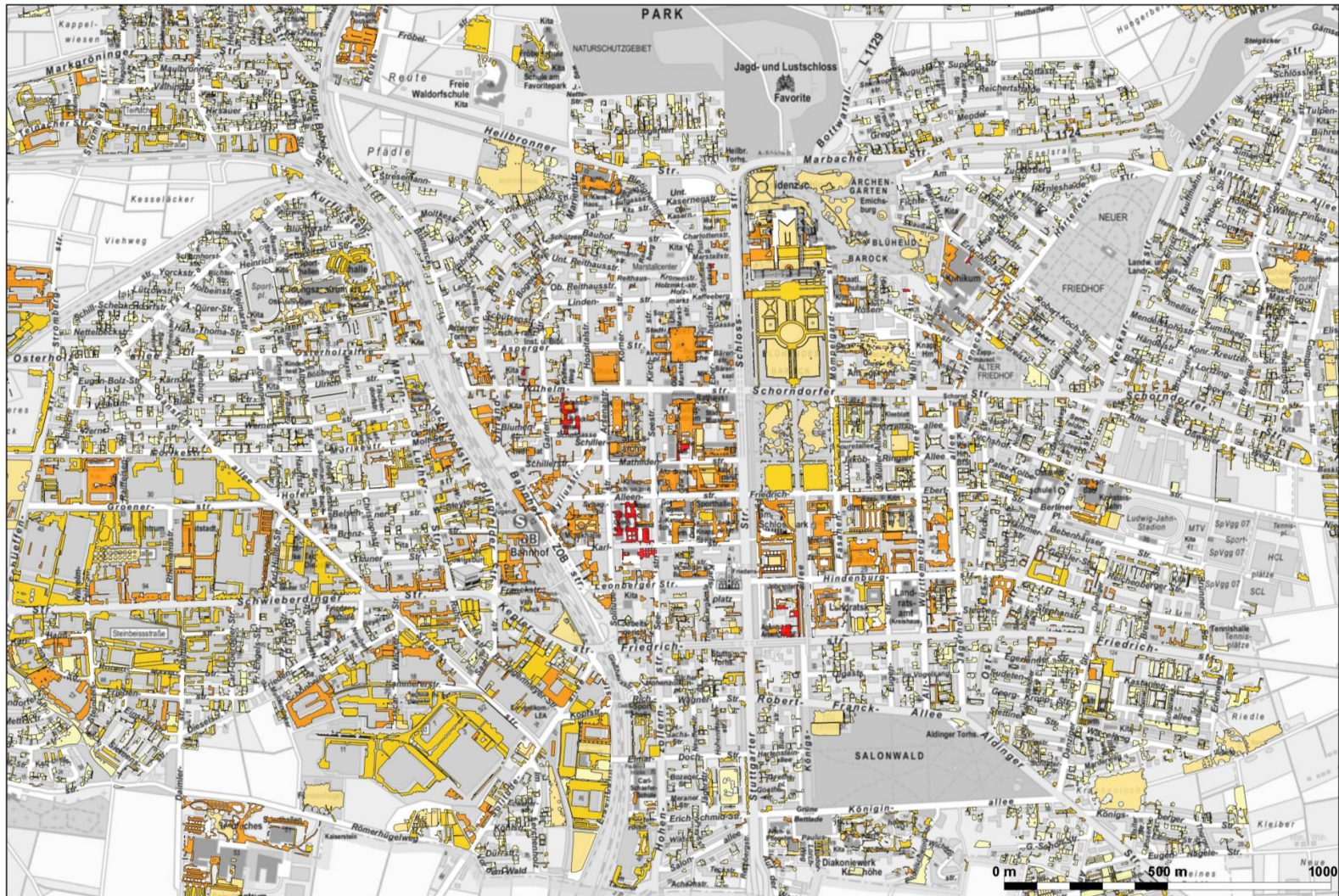


Abbildung 23:
Baumpflanzungen
Bereich „Flächen“
M. 1:15.000

Anpassungskapazitäten ab 20 m²;
angezeigt werden Flächen mit
Potenzialen, nicht die tatsächlichen
Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
relevant bis hellgelb = eingeschränkt
relevant

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4



Abbildung 24:
Baumpflanzungen
Bereich „Flächen“
M. 1:5.000

Anpassungskapazitäten ab 20 m²;
angezeigt werden Flächen mit
Potenzialen, nicht die tatsächlichen
Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
relevant bis hellgelb = eingeschränkt
relevant

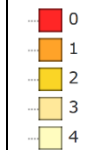




Abbildung 25:
Baumpflanzungen
Bereich „Flächen“
M. 1:1.000

Anpassungskapazitäten ab 20 m²;
angezeigt werden Flächen mit
Potenzialen, nicht die tatsächlichen
Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
relevant bis hellgelb = eingeschränkt
relevant



6.2.1.4 ERGEBNISSE ZUR ANPASSUNGSOPTION „TEILENTSIEGELUNG“

Unter „Teilentsiegelung“ wird die Transformation bislang versiegelter Flächen in weniger stark versiegelte Flächen verstanden. Teilentsiegelungen lassen sich in Form durchlässigerer Beläge (z.B. Schotterrasen, Rasenpflaster, wassergebundene Decken und Kiesbeläge) realisieren, die – je nach Ausführung – auch Anteile von Pflanzenbewuchs (meist in Form von Gras) ermöglichen.

Teilentsiegelte Flächen tragen zur Verbesserung des Stadtklimas bei, (a) indem sie sich gegenüber stark versiegelten Flächen weniger stark aufheizen und (b) einen verminderten Oberflächenabfluss von Niederschlagswasser aufweisen, wodurch eine Entlastung von Kanalisation, Regenüberlaufbecken und Kläranlagen erreicht werden kann.

KET-Komponente 1: Prinzipielle Eignung

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 1 wird geprüft, auf welchen Flächen aufgrund deren Nutzungsart (NA) eine Realisierung der Anpassungsoption „Teilentsiegelung“ als grundsätzlich nicht möglich, praxisfern und/oder nicht nutzenbringend einzustufen ist.

Die Anpassungsoption wird in der Praxis bevorzugt auf solchen Flächen realisiert, auf denen die Flächenfunktionen trotz Teilentsiegelung weitgehend erhalten werden können. Dies ist etwa der Fall bei wenig genutzten Verkehrsflächen, Hofflächen, Park- und Stellplätzen oder Betriebsflächen, die entsprechend als größte Entsiegelungspotenziale zu werten sind (vgl. LfU 2014). Überall dort, wo vor allem im öffentlichen Raum eine hohe Nutzungsintensität vorliegt (vor allem auch durch Fußgänger), ist die Anpassungsoption in der Regel nicht geeignet – oder, sofern Flächen verzichtbar sind, eine Flächenbegrünung zu bevorzugen.

Primär aufgrund dieses zentralen Arguments der hohen Nutzungsintensität/Öffentlichkeit werden von den insgesamt 34 Nutzungsarten¹⁵ 24 – respektive die konkreten Flächen mit diesen NA – ausselektiert (KET-Antwortoption „NEIN > EXIT“), unter anderem „Gebäude- und Freifläche Öffentliche Zwecke“ (GFÖ).

Als prinzipiell geeignet (KET-Antwortoption „JA“) werden dagegen von den GF-Nutzungsarten die NA „Gebäude- und Freifläche Wohnen“ (GFW), „Gebäude- und Freifläche zu Versorgungsanlagen“ (GFV), „Gebäude- und Freifläche zu Entsorgungsanlagen“ (GFES) sowie „Gebäude- und Freifläche Land- und Forstwirtschaft“ (GFLF) eingestuft. Gleiches gilt unter anderem für die NA „Betriebsfläche Lagerplatz“ (LPL) und „Parkplatz“ (PPL). Flächen ohne NA-Attribut werden ebenfalls weitergeführt und erhalten einen Unsicherheitsvermerk (KET-Antwortoption „UNSICHER, weil kein Objektattribut“).

Einen vollständigen Überblick darüber, wie die jeweiligen NA anhand der verfügbaren KET-Antwortoptionen eingestuft werden, gibt Anhang 7.

¹⁵ Für die Gemarkung Ludwigsburg sind im Liegenschaftskataster insgesamt 36 unterschiedliche Nutzungsarten verzeichnet, von denen die NA Straße (S) und Weg (WEG) hier nicht zu betrachten sind, weil sie gesondert im Bereich „Straßenraum“ behandelt werden.

KET-Komponente 2: Klimaqualität

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 2 wird geprüft, welche Flächen aus der weiteren Betrachtung auszuschließen sind, weil sie bereits klimatisch günstige Eigenschaften aufweisen. Die Einstufung erfolgt anhand der durch die Daten zur gesplitteten Abwassergebühr (GAG) angezeigten Versiegelungsgrade der Flächen (für Details siehe u.a. Kap. 5.2.2, Tab. 2).

Die Einstufungen (Selektionen und Klassifizierungen) und diesbezüglichen Begründungen sind identisch mit denen, die für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ vorgenommen werden, Details sind dort nachzulesen (siehe Kap. 6.2.1.1). Einen Überblick über alle Einstufungen gibt Anhang 8.

KET-Komponente 3: Schutzgutrelevanz

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 3 werden Flächen nicht ausselektiert, sondern nach ihrer Schutzgutrelevanz klassifiziert. Die Klassifizierung erfolgt nach einem für alle flächenbezogenen Anpassungsoptionen identischen Schema, weil es für das Vorhandensein von Schutzgütern unerheblich ist, durch welche Anpassungsoption ein für die Schutzgüter positiver klimatischer Effekt erzeugt wird. Das Schema ist im Detail Anhang 5 zu entnehmen.

KET-Komponente 4: Mindestgröße

Die weiteren KET-Schritte erfolgen unter der Prämisse des Szenarios „Mäßige Belastung“, bei dem von einer vergleichsweise moderaten zukünftigen Klimabelastung (Exposition) des Untersuchungsraums ausgegangen wird. Entsprechend gilt die Maßgabe des möglichst weitgehenden Funktionserhalts für die vorhandenen Nutzungen auf den Flächen (für Details siehe u.a. Kap. 5.2.1.1).

Mit der Prüffrage der Komponente 4 werden Flächen ausselektiert, die nicht über die definierte Mindestgröße verfügen, ab der sich durch Teilentsiegelungen ein nennenswerter lokalklimatischer Effekt mit vertretbarem Aufwand erzielen lässt.

Zur Vorbereitung der Prüfung der Mindestgröße bedarf es zunächst einer Festlegung, ob und wenn ja wieviel Prozent der Flächen in Abhängigkeit ihrer NA für den Erhalt der momentanen Funktion nötig sind und infolgedessen nicht für die Anpassungsoption zur Verfügung stehen, sprich wie hoch der funktionspezifische Abschlag sein soll. Die Höhe des Abschlags wird differenziert nach drei Größenklassen, siehe dazu auch Kapitel 5.2.3.5; die nachfolgenden Aussagen beziehen sich auf Flächen mit $0 < 500 \text{ m}^2$, für größere Flächen fällt der Abschlag in der Regel etwas geringer aus.

Unter der Annahme, dass auf denjenigen Flächen, die in KET-Komponente 1 als prinzipiell geeignet eingestuft werden, die Flächenfunktionen trotz einer Teilentsiegelung weitgehend aufrecht erhalten werden können, werden im Vergleich zu den Anpassungsoptionen „Flächenbegrünung“ und „Anlegen von Wasserflächen“ tendenziell geringere funktionspezifische Abschläge angesetzt, ähnlich wie bei der Anpassungsoption „Baumpflanzungen“ (siehe Kap. 6.2.1.3).

Mit 60 % vergleichsweise sehr geringe Abschläge werden vorgenommen für Flächen der NA „Gebäude- und Freifläche Gewerbe und Industrie“ (GFGI), „Gebäude- und Freifläche zu Versorgungsanlagen“ (GFV), „Gebäude- und Freifläche zu Entsorgungsanlagen“ (GFES), weiterhin für die bislang in Prüfschritt 1 nicht aus- geschiedenen NA der Nutzungsartengruppe „Betriebsfläche“ (NA der 300er Positionen) und auch für die NA „Platz“ (PL). Der mit 50 % geringste Abschlag wird für die NA „Parkplatz“ (PPL) angesetzt; abgesehen von den Fahrwegen können hier prinzipiell alle Stellplätze auch bei teilentsiegeltem Untergrund ihre Funktion weiterhin erfüllen.

Einen vollständigen Überblick über die funktionsspezifischen Abschläge für alle NA und Flächen- Größenklassen gibt Anhang 9.

Die Abschläge werden im konkreten Anwendungsfall der Kapazitätenermittlung für die Musterkommune Ludwigsburg nicht per GIS, sondern rechnerisch durch Abzug von den Flächengrößen vorgenommen.

Die eigentliche Prüfung der Mindestgröße (Prüffrage P4) bezieht sich stets auf die Flächengrößen nach Ab- zug des funktionsspezifischen Abschlags. Für die Anpassungsoption „Teilentsiegelung“ wird eine Mindest- gröÙe von 10 m² veranschlagt. Damit werden auch Flächen von der Größe einzelner Stellplätze erfasst, die speziell auf Flächen in Privateigentum bereits relevante Faktoren darstellen, wenn Einsparpotenziale hin- sichtlich der anfallenden Abwassergebühren genutzt werden sollen.

KET-Komponente 5: Technische/konstruktive Machbarkeit

Der Prüfschritt der KET-Komponente 5 entfällt für die Anpassungsoption „Teilentsiegelung“, weil das Prüf- kriterium der technischen/konstruktiven Machbarkeit hier nicht von hervorgehobener Bedeutung ist.

KET-Komponente 6: Kartendarstellungen

Nachfolgende Kartendarstellungen zeigen die Ergebnisse der KET-Anwendung.

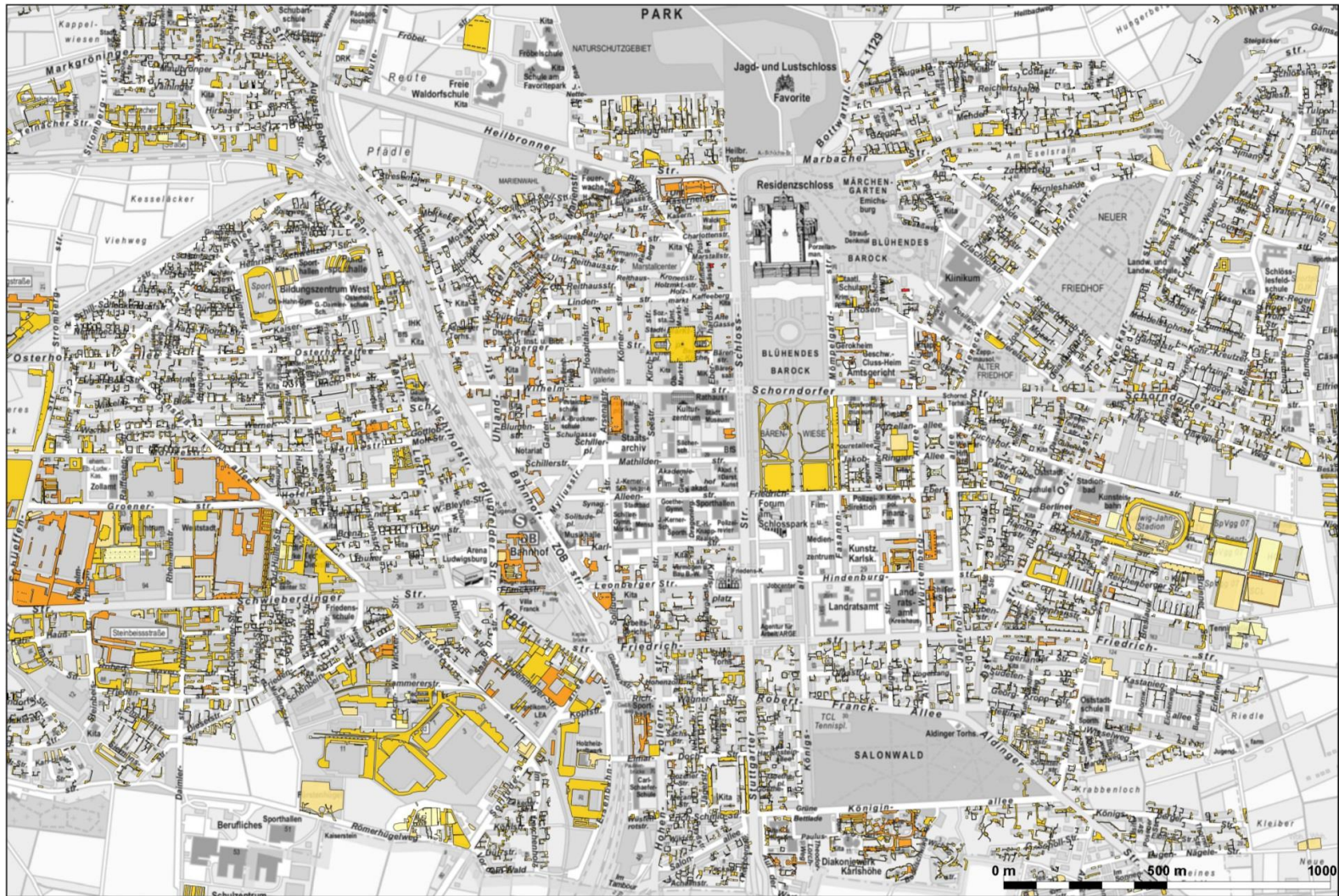


Abbildung 26:
 Teilentsiegelung
 Bereich „Flächen“
 M. 1:15.000

Anpassungskapazitäten ab 10 m²;
 angezeigt werden Flächen mit
 Potenzialen, nicht die tatsächlichen
 Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
 relevant bis hellgelb = eingeschränkt
 relevant

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4

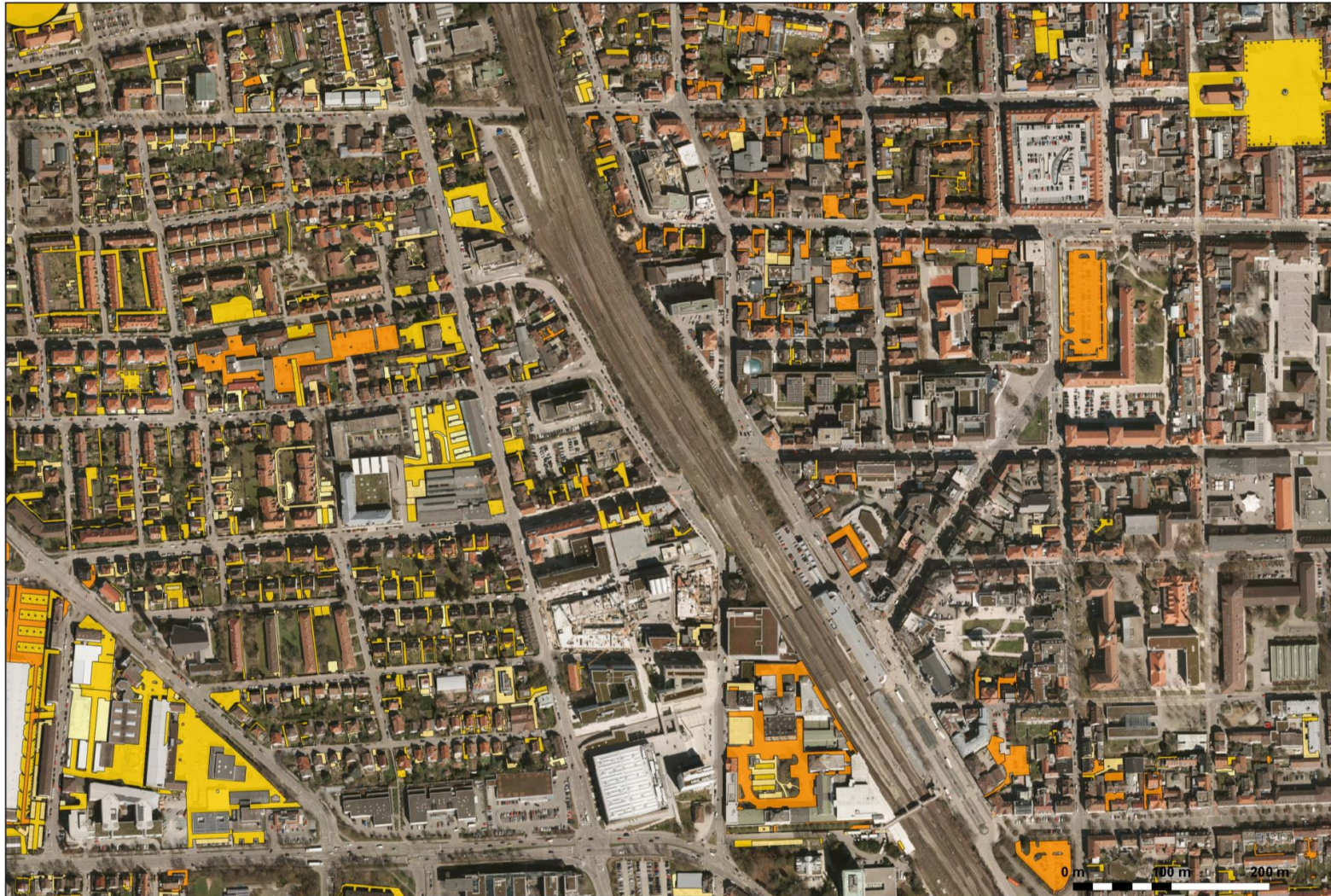


Abbildung 27:
 Teilentsiegelung
 Bereich „Flächen“
 M. 1:5.000

Anpassungskapazitäten ab 10 m²;
 angezeigt werden Flächen mit
 Potenzialen, nicht die tatsächlichen
 Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
 relevant bis hellgelb = eingeschränkt
 relevant





Abbildung 28:
 Teilentsiegelung
 Bereich „Flächen“
 M. 1:1.000

Anpassungskapazitäten ab 10 m²;
 angezeigt werden Flächen mit
 Potenzialen, nicht die tatsächlichen
 Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
 relevant bis hellgelb = eingeschränkt
 relevant



6.2.2 ERGEBNISSE DER STRAßENRAUMBEZOGENEN KAPAZITÄTENERMITTLUNG

Straßenraumbezogene Anpassungskapazitäten werden im Rahmen dieses Projekts für die Anpassungsoptionen „Flächenbegrünung“ und „Baumpflanzungen“ ermittelt.

6.2.2.1 ERGEBNISSE ZUR ANPASSUNGSOPTION „FLÄCHENBEGRÜNUNG“ (BEREICH „STRAßENRAUM“)

Unter Flächenbegrünung wird hier die Transformation bislang versiegelter Flächen in solche mit Grasbewuchs und/oder Bodendeckern verstanden.

KET-Komponente 1: Prinzipielle Eignung

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 1 wird geprüft, auf welchen Teilflächen von Straßenabschnitten aufgrund der Straßenart und des Flächentyps eine Realisierung der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ als grundsätzlich nicht möglich, praxisfern und/oder nicht nutzenbringend einzustufen ist.

Von den insgesamt sieben Straßenarten werden zwei – respektive die konkreten Flächen dieser Straßenarten – ausselektiert (KET-Antwortoption „NEIN > EXIT“). Dies sind „Autobahn“ und „Bundes-/Landesstraße“. Die Straßenart „Nicht zugewiesen“ wird mit einem Unsicherheitsvermerk (Antwortoption „UNSICHER“) weitergeführt.

Von den 15 Flächentypen werden acht – respektive die konkreten Flächen dieser Typen – ausselektiert (KET-Antwortoption „NEIN > EXIT“). Diese sind „Busbucht“, „Erdweg“, „Fahrbahn“, „Radweg“, „Spurweg“, „Treppe“, „Weg mit Treppe“ und „Verkehrinsel“.

Alle übrigen Flächen/Datenelemente werden weitergeführt.

Einen vollständigen Überblick darüber, wie die jeweiligen Straßenarten und Flächentypen anhand der verfügbaren KET-Antwortoptionen eingestuft werden, gibt Anhang 11.

KET-Komponente 2: Klimaqualität

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 2 wird geprüft, welche Flächen aus der weiteren Betrachtung auszuschließen sind, weil sie die durch eine Realisierung der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ herzustellenden klimatisch günstigen Merkmale bereits aufweisen. Die Einstufung erfolgt anhand der Daten zum Belag und – theoretisch – auch zum Flächentyp (für Details siehe Kap. 5.2.3.2), wobei in diesem konkreten Anwendungsfall alle Datenelemente, die aufgrund des Flächentyps auszuwählen oder anderweitig zu klassifizieren wären, bereits im Prüfschritt der Komponente 1 ausgeschieden werden.

Von den nach Komponente 1 verbliebenen Flächen werden im KET alle weitergeführt, bis auf jene des Flächentyps „Begleitgrün“, da diese bereits die erwünschte Klimaqualität aufweisen. Die meisten davon, weil sie Belagsarten haben, die einer klimatisch ungünstigen Versiegelung gleich kommen. Flächen mit der Be-

lagsart „Sonstige“ werden mit einem Unsicherheitsvermerk (KET-Antwortoption „UNSICHER“) versehen. Für Details siehe Anhang 12.

KET-Komponente 3: Schutzgutrelevanz

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 3 werden Flächen nicht ausselektiert, sondern nach ihrer Schutzgutrelevanz klassifiziert. Die Klassifizierung erfolgt im Kern nach dem Schema, das beim Bereich „Flächen“ zur Anwendung kommt. Für den Straßenraum werden indes datenbedingt nur zwei Attribute zur Bestimmung der Schutzgutrelevanz herangezogen: die Lage im Stadtgebiet und der Flächentyp. Für Details siehe Anhang 5.

KET-Komponente 4: Mindestgröße

Die weiteren KET-Schritte erfolgen unter der Prämisse des Szenarios „Mäßige Belastung“, bei dem von einer vergleichsweise moderaten zukünftigen Klimabelastung (Exposition) des Untersuchungsraums ausgegangen wird. Entsprechend gilt die Maßgabe des möglichst weitgehenden Funktionserhalts für die vorhandenen Nutzungen auf den Flächen (für Details siehe u.a. Kap. 5.2.1.1).

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 4 werden Flächen ausselektiert, die nicht über die definierte Mindestgröße verfügen, um durch eine Flächenbegrünung einen nennenswerten lokalklimatischen Effekt mit vertretbarem Aufwand erzielen zu können.

Zur Vorbereitung der Prüfung der Mindestgröße bedarf es zunächst einer Festlegung, ob und wenn ja wieviel Prozent einer Flächengröße in Abhängigkeit vom Flächentyp als unverzichtbar für eine Aufrechterhaltung der wesentlichen Funktion angenommen werden. Diese stehen nicht für die Anpassungsoption zur Verfügung, womit der funktionspezifische Abschlag definiert ist (für Details siehe Kap. 5.2.3.5).

Für den Straßenraum ergibt sich für den Flächentyp „Gehweg“ eine Sondersituation, da dieser für einen Funktionserhalt in Abhängigkeit vom Straßentyp eine bestimmte Mindestbreite aufweisen muss. Hier kann demnach kein pauschaler prozentualer Abschlag auf die aus dem GIS kommenden Flächengrößen erfolgen. Stattdessen wird berechnet, ob und wie viel breiter als die (für den Straßentyp erforderliche) Mindestbreite eine Straßenabschnittsfläche des Flächentyps „Gehweg“ ist. Überschreitet die Breite das Mindestmaß um einen zu definierenden Wert X (hier 30 cm), wird die Breite mit der Länge der Teilfläche zur verfügbaren Flächengröße multipliziert. Diese wird dann (wie bei allen anderen Straßenabschnittsteilflächen nach Abzug des funktionspezifischen Abschlags) anhand der definierten Mindestgröße von hier 10 m² weitergeführt oder ausselektiert.

Einen vollständigen Überblick über die funktionspezifischen Abschläge für alle Flächentypen gibt Anhang 13.

Für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ wird eine Mindestgröße von 10 m² veranschlagt. Die Wahl dieses vergleichsweise geringen Mindestwerts basiert darauf, dass jede zusätzliche Grünfläche einen zusätz-

lichen Effekt (Verdunstungskälte, weniger Aufheizung, Versickerung von Niederschlagswasser) erzeugt. Dieser vergleichsweise sehr geringe Schwellenwert berücksichtigt den Umstand, dass im Straßenraum aufgrund der hohen Nutzungsanforderungen nur geringe Flächen für eine Anpassung gewonnen werden können und diese möglichst umfangreich für einen spürbaren Effekt zu nutzen sind.

KET-Komponente 5: Technische/konstruktive Machbarkeit

Der Prüfschritt der KET-Komponente 5 entfällt für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“, weil das Prüfkriterium der technischen/konstruktiven Machbarkeit hier keine Relevanz hat.

KET-Komponente 6: Kartendarstellungen

Nachfolgende Kartendarstellungen zeigen die Ergebnisse der KET-Anwendung.

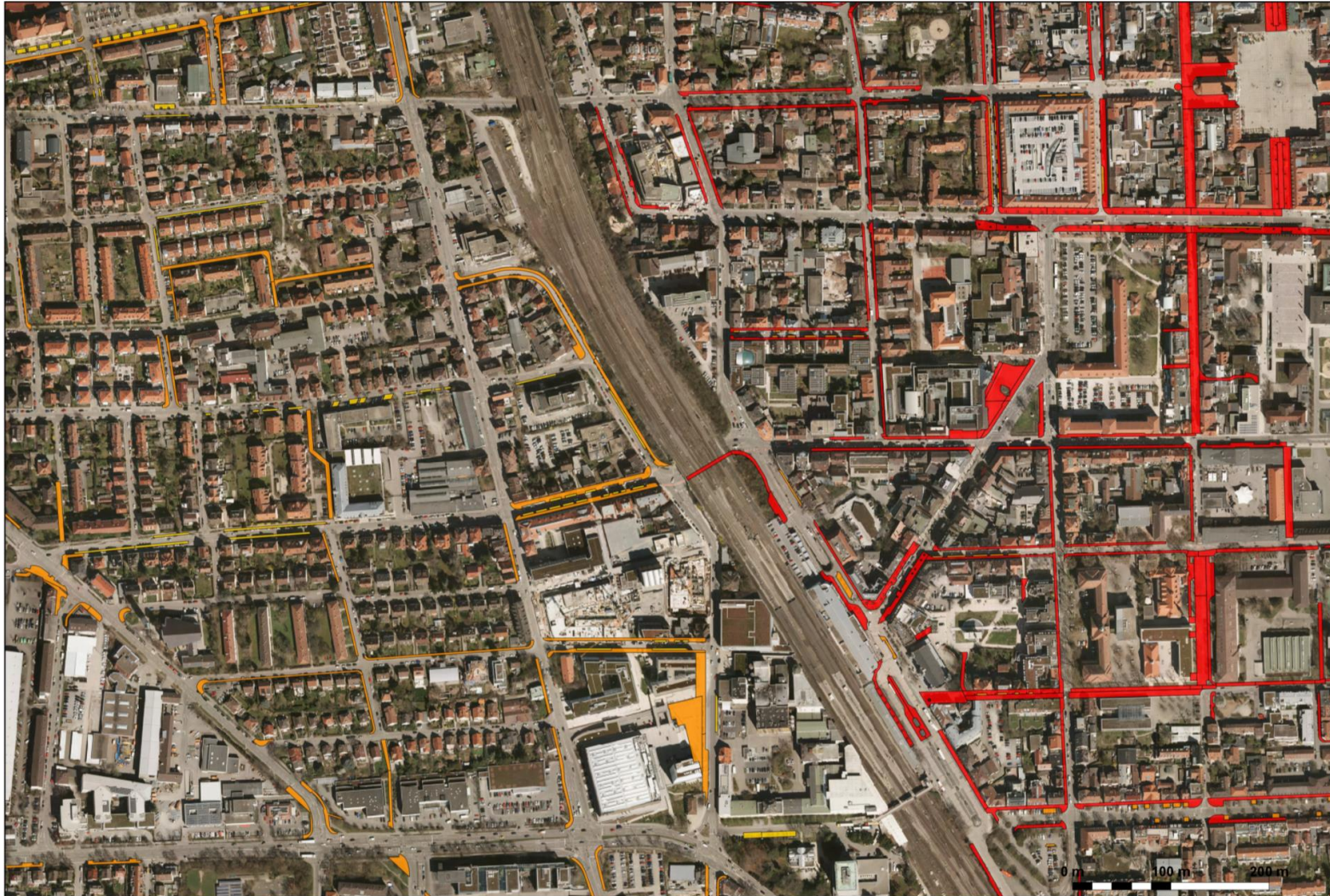


Abbildung 29:
 Flächenbegrünung
 Bereich „Straßenraum“
 M. 1:5.000

Anpassungskapazitäten ab 10 m²;
 angezeigt werden Flächen mit
 Potenzialen, nicht die tatsächlichen
 Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
 relevant bis hellgelb = eingeschränkt
 relevant

- 0
- 1
- 2



*Abbildung 30:
Flächenbegrünung
Bereich „Straßenraum“
M. 1:1.000*

Anpassungskapazitäten ab 10 m²;
angezeigt werden Flächen mit
Potenzialen, nicht die tatsächlichen
Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
relevant bis hellgelb = eingeschränkt
relevant

- 0
- 1
- 2

6.2.2.2 ERGEBNISSE ZUR ANPASSUNGSOPTION „BAUMPFLANZUNGEN“ (BEREICH „STRAßENRAUM“)

Bäume befördern das Stadtklima respektive die Klimaanpassung unter anderem, indem sie Verdunstungskälte erzeugen, durch Verschattung die lokale Aufenthaltsqualität erhöhen und einer Aufheizung künstlicher Oberflächen im Stadtraum entgegenwirken. Grundsätzlich sind vor allem großkronige Bäume mit hoher Toleranz gegenüber Trockenheit zu bevorzugen (siehe dazu auch Kap. 4.4.1).

KET-Komponente 1: Prinzipielle Eignung

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 1 wird geprüft, auf welchen Teilflächen von Straßenabschnitten aufgrund der Straßenart und des Flächentyps eine Realisierung der Anpassungsoption „Baumpflanzung“ als grundsätzlich nicht möglich, praxisfern und/oder nicht nutzenbringend einzustufen ist.

Die Einstufungen sind identisch mit denen für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ (Straßenraum; für Details siehe Kap. 6.2.2.1).

Von den insgesamt sieben Straßenarten werden zwei – respektive die konkreten Flächen dieser Straßenarten – ausselektiert (KET-Antwortoption „NEIN > EXIT“). Dies sind „Autobahn“ und „Bundes-/Landesstraße“. Die Straßenart „Nicht zugewiesen“ wird mit einem Unsicherheitsvermerk (Antwortoption „UNSICHER“) weitergeführt.

Von den 15 Flächentypen werden acht – respektive die konkreten Flächen dieser Typen – ausselektiert (KET-Antwortoption „NEIN > EXIT“). Diese sind „Busbucht“, „Erdweg“, „Fahrbahn“, „Radweg“, „Spurweg“, „Treppe“, „Weg mit Treppe“ und „Verkehrinsel“.

Alle übrigen Flächen/Datenelemente werden weitergeführt.

Einen vollständigen Überblick darüber, wie die jeweiligen Straßenarten und Flächentypen anhand der verfügbaren KET-Antwortoptionen eingestuft werden, gibt Anhang 11.

KET-Komponente 2: Klimaqualität

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 2 wird geprüft, welche Flächen aus der weiteren Betrachtung auszuschließen sind, weil sie die durch eine Realisierung der Anpassungsoption „Baumpflanzung“ herzustellenden klimatisch günstigen Merkmale bereits aufweisen.

Die Einstufungen sind weitgehend identisch mit denen für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ (für Details siehe Kap. 6.2.2.1). Alle nach Komponente 1 verbliebenen Flächen werden im KET weitergeführt. Die meisten davon, weil sie Belagsarten aufweisen, die einer klimatisch ungünstigen Versiegelung gleich kommen. Flächen mit der Belagsart „Sonstige“ werden mit einem Unsicherheitsvermerk (KET-Antwortoption „UNSICHER“) versehen. Siehe auch Anhang 12.

KET-Komponente 3: Schutzgutrelevanz

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 3 werden Flächen nicht ausselektiert, sondern nach ihrer Schutzgutrelevanz klassifiziert.

KET-Komponente 4: Mindestgröße

Die weiteren KET-Schritte erfolgen unter der Prämisse des Szenarios „Mäßige Belastung“, bei dem von einer vergleichsweise moderaten zukünftigen Klimabelastung (Exposition) des Untersuchungsraums ausgegangen wird. Entsprechend gilt die Maßgabe des möglichst weitgehenden Funktionserhalts für die vorhandenen Nutzungen auf den Flächen (für Details siehe u.a. Kap. 5.2.1.1).

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 4 werden Flächen ausselektiert, die nicht über die definierte Mindestgröße verfügen, um durch eine Flächenbegrünung einen nennenswerten lokalklimatischen Effekt mit vertretbarem Aufwand erzielen zu können.

Zur Vorbereitung der Prüfung der Mindestgröße bedarf es zunächst einer Festlegung, ob und wenn ja wieviel Prozent einer Flächengröße in Abhängigkeit vom Flächentyp als unverzichtbar für eine Aufrechterhaltung der wesentlichen Funktion angenommen werden. Diese stehen nicht für die Anpassungsoption zur Verfügung, womit der funktionsspezifische Abschlag definiert ist (für Details siehe Kap. 5.2.3.5). Die Einstufungen sind identisch mit denen für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ (Straßenraum), wobei der Flächentyp „Begleitgrün“ hier mit einzustufen ist, da er für die Anpassungsoption „Baumpflanzung“ bei den vorherigen Prüfschritten nicht ausselektiert wurde.

Einen vollständigen Überblick über die funktionsspezifischen Abschläge für alle Flächentypen gibt Anhang 13.

Für die Anpassungsoption „Baumpflanzung“ wird eine Mindestgröße von 10 m² veranschlagt. Die Wahl dieses vergleichsweise geringen Mindestwerts basiert darauf, dass jede zusätzliche Baumpflanzung einen zusätzlichen Effekt (Verdunstungskälte, Verschattung) erzeugt; dieser vergleichsweise sehr geringe Schwellenwert berücksichtigt den Umstand, dass im Straßenraum aufgrund der hohen Nutzungsanforderungen nur geringe Flächen für eine Anpassung gewonnen werden können und diese möglichst umfangreich für einen spürbaren Effekt zu nutzen sind.

KET-Komponente 5: Technische/konstruktive Machbarkeit

Der Prüfschritt der KET-Komponente 5 entfällt für die Anpassungsoption „Baumpflanzung“, weil für das Prüfkriterium der technischen/konstruktiven Machbarkeit (z.B. störende Leitungen im Untergrund) flächendeckend keine geeigneten Daten/Indikatoren verfügbar sind.

KET-Komponente 6: Kartendarstellungen

Nachfolgende Kartendarstellungen zeigen die Ergebnisse der KET-Anwendung.

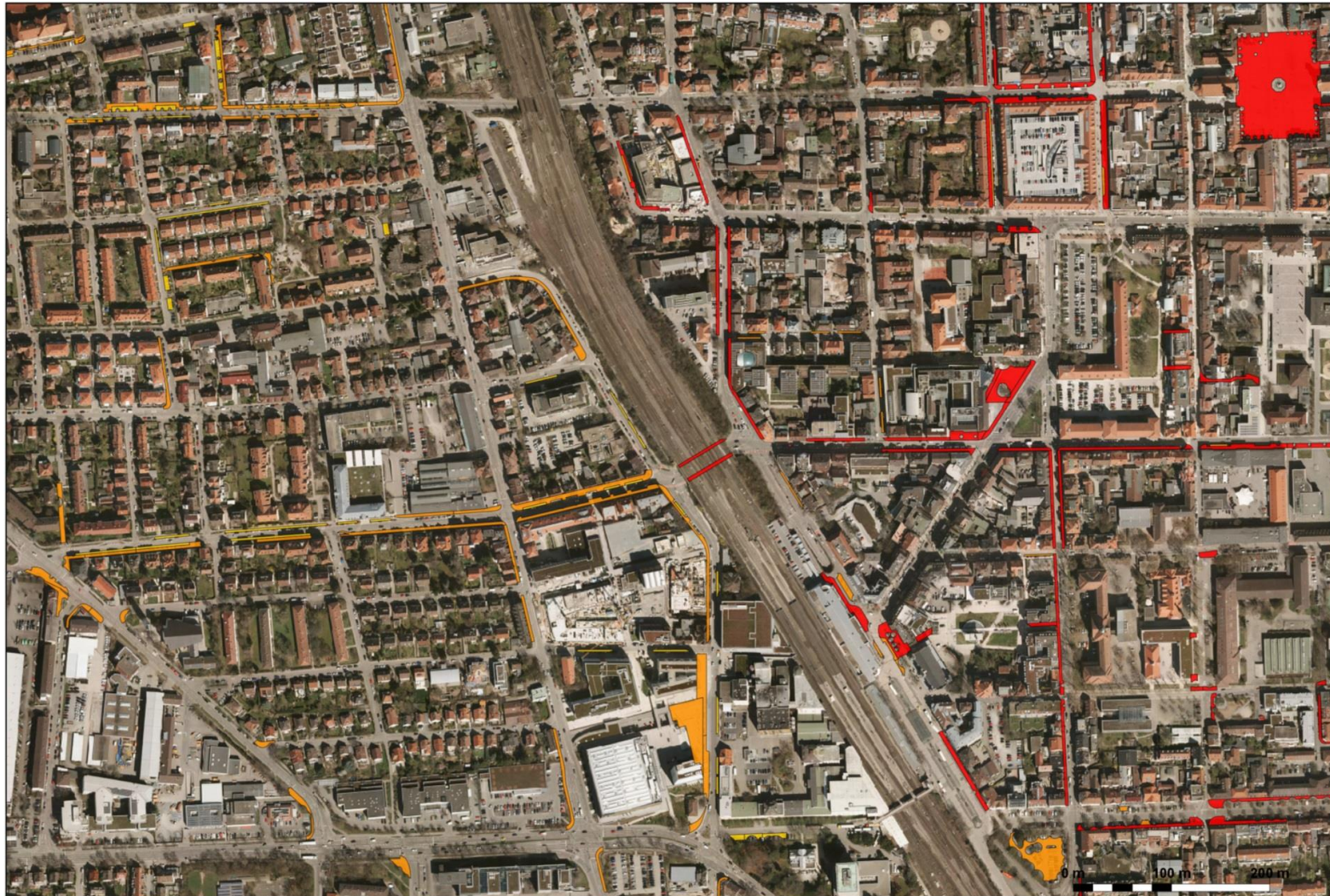


Abbildung 31:
Baumpflanzungen
Bereich „Straßenraum“
M. 1:5.000

Anpassungskapazitäten ab 10 m²;
angezeigt werden Flächen mit
Potenzialen, nicht die tatsächlichen
Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
relevant bis hellgelb = eingeschränkt
relevant

- 0
- 1
- 2



Abbildung 32:
Baumpflanzungen
Bereich „Straßenraum“
M. 1:1.000

Anpassungskapazitäten ab 10 m²;
angezeigt werden Flächen mit
Potenzialen, nicht die tatsächlichen
Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
relevant bis hellgelb = eingeschränkt
relevant

- 0
- 1
- 2

6.2.3 KET ZUR ANLAGENBEZOGENEN KAPAZITÄTENERMITTLUNG

Eine anlagenbezogene Anpassungskapazität wird im Rahmen dieses Projekts für die Anpassungsoption „Dachbegrünung“ ermittelt.

6.2.3.1 ERGEBNISSE ZUR ANPASSUNGSOPTION „DACHBEGRÜNUNG“

Dachbegrünung bezeichnet die Bepflanzung von Dächern baulicher Anlagen. Hauptsächlich aufgrund der Bewuchsart wird zwischen extensiver (Dünnschichtaufbau mit Substrat, trockenheitsverträgliche Vegetation) und intensiver (vollwertiger Bodenaufbau bis hin zu Baumbepflanzung) Dachbegrünung unterschieden.

Hinsichtlich der Klimaanpassung sind folgende Effekte von Gründächern zu nennen: (a) Durch die Verdunstung des gespeicherten Wassers ergibt sich eine Verbesserung des (kleinräumlichen) Umgebungsklimas in Form von Kühlung und Luftbefeuchtung. (b) Die Begrünung dient der Versickerung und temporären Speicherung von Niederschlagswasser und damit der Entlastung der Kanalisation. (c) Gründächer erhöhen die Wärmedämmleistungen im Winter und schützen das Gebäude bei sommerlicher Hitze vor Aufheizung; sie stellen damit auch einen Beitrag zur Energieeinsparung dar.

Während sich in den Ballungsgebieten Wohn-, Büro- und Industriegebäude zur Begrünung anbieten, sind es in ländlicheren Gebieten vor allem Garagen und Nebengebäude, die häufig flache oder gering geneigte Dachflächen aufweisen (vgl. MVI 2015).

KET-Komponente 1: Prinzipielle Eignung

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 1 wird geprüft, bei welchen Gebäuden aufgrund deren Funktion eine Realisierung der Anpassungsoption „Dachbegrünung“ als grundsätzlich nicht möglich, praxisfern und/oder nicht nutzenbringend einzustufen ist.

Von den insgesamt 67 im Ludwigsburger Kataster verzeichneten Gebäudefunktionen werden 8 – respektive die konkreten Gebäude mit diesen Funktionsarten – ausselektiert (KET-Antwortoption „NEIN > EXIT“). Im Einzelnen sind dies (mit den in Kap. 5.2.3.1 eingeführten Begründungen (B)):

- Gebäude mit den Funktionen „Burg“ und „Schloss“, um (B3) das tradierte Erscheinungsbild dieser historischen Anlagen durch Maßnahmen zur Klimaanpassung nicht zu beeinträchtigen.
- Gebäude mit den Funktionen „Wasserturm“, „Wasserbehälter“, „Umformer“, „Sendeturm“ und „Gewächshaus“, primär deswegen, weil (B1) eine Realisierung der Anpassungsoption dort offenbar aufgrund der baulichen Gestaltung als praxisfern einzustufen ist beziehungsweise im letztgenannten Fall im Sinne des Funktionserhalts (verglastes Dach als Voraussetzung für die Funktion als Gewächshaus) ausgeschlossen werden muss.
- Gebäude mit der Funktion „Turm“, weil (B2) der mittels Dachbegrünung zu erzielende klimatische Nutzen sowohl hinsichtlich des Stadtklimas zu vernachlässigen ist (zu begrünende Fläche befindet

sich in der Regel in zu großer Höhe), als auch hinsichtlich des Raumklimas (Effekt ist für die meisten untenliegenden Geschosse nicht gegeben).

Alle übrigen Gebäudefunktionen werden weitergeführt, dabei nahezu alle Funktionen mit der KET-Antwortoption „JA“, nur die Funktionen „Gebäude, aus sonst. Unterlagen digitalisiert“ und „Parkhaus“ mit der Antwortoption „UNSICHER, weil Nutzung trotz Objektattribut unklar“ und entsprechendem Unsicherheitsvermerk (Parkhäuser sind als ungeeignet einzustufen, wenn das oberste Geschoss ein Parkdeck ist, aber als in der Regel geeignet, wenn dies nicht der Fall ist; was der Fall ist, geht aus den verfügbaren Daten indes nicht hervor, daher der Unsicherheitsvermerk).

Einen vollständigen Überblick darüber, wie die jeweiligen Gebäudefunktionen anhand der verfügbaren KET-Antwortoptionen eingestuft werden, gibt Anhang 14.

KET-Komponente 2: Klimaqualität

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 2 wird geprüft, welche Gebäude aus der weiteren Betrachtung auszuschließen sind, weil sie die durch eine Realisierung der Anpassungsoption „Dachbegrünung“ herzustellenden klimatisch günstigen Merkmale bereits aufweisen. Die Einstufung erfolgt anhand der Daten zur Dachart (siehe dazu auch Kap. 5.2.3.2).

Alle bereits begrünten Dächer werden ausgeschieden (KET-Antwortoption „NEIN > EXIT“), weil auf ihnen keine nennenswerten (zusätzlichen) Klimateffekte erzielbar sind.

Im KET weitergeführt werden alle Dachflächen, die aktuell nicht begrünt sind (KET-Antwortoption „JA“).

KET-Komponente 3: Schutzgutrelevanz

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 3 werden Gebäude nicht ausselektiert, sondern nach ihrer Schutzgutrelevanz klassifiziert. Die Klassifizierung erfolgt nach einem Schema, das nahezu identisch ist mit dem für die flächenbezogene Kapazitätenermittlung und im Detail Anhang 5 zu entnehmen ist.

KET-Komponente 4: Mindestgröße

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 4 werden Gebäude ausselektiert, deren Dachfläche nicht die definierte Mindestgröße aufweist, um durch eine Dachbegrünung einen nennenswerten klimatischen Effekt mit vertretbarem Aufwand erzielen zu können (Details in Kap. 5.2.3.5).

Für die Anpassungsoption „Dachbegrünung“ wird eine Mindestgröße der Dachflächen von 10 m² veranschlagt. Die Wahl dieses vergleichsweise geringen Mindestwerts basiert darauf, dass jede zusätzliche Grünfläche einen zusätzlichen Effekt (Verdunstungskälte, weniger Aufheizung, Versickerung von Nieder-

schlagswasser) erzeugt. Eine messbare Fernwirkung kommt begrüntem Dachflächen dabei nicht zu, doch lässt sich die Wirkung vieler kleiner Einzelflächen in einer Baustruktur summieren (vgl. MVI 2015). durch Wahl des Schwellenwerts 10 m² wird nicht zuletzt sichergestellt, dass auch Garagendächer, die eine wichtige Kapazität darstellen, berücksichtigt werden.

KET-Komponente 5: Technische/konstruktive Machbarkeit

Mit dem Prüfschritt der KET-Komponente 5 wird geprüft, ob die technischen/konstruktiven Voraussetzungen für die Realisierung einer Dachbegrünung erfüllt sind (Details in Kap. 5.2.3.6).

Wesentliches Eignungskriterium ist die Neigung der Dachflächen: Technisch lassen sich Dachbegrünungen ohne größeren Aufwand bis circa 30° realisieren. Alle Flächen mit stärkerer Neigung werden entsprechend als ungeeignet ausselektiert (KET-Antwortoption „NEIN > EXIT“).

Dächer mit weniger als 10° werden als uneingeschränkt geeignet klassifiziert und weitergeführt (KET-Antwortoption „JA“), Dächer mit 10° bis weniger 20° als eingeschränkt geeignet mit Priorisierungsabschlag Wert 1 und Dächer mit 20° bis weniger als 30° als eingeschränkt geeignet mit Priorisierungsabschlag Wert 2 gewertet (KET-Antwortoptionen „BEDINGT 1/2“).

KET-Komponente 6: Kartendarstellungen

Nachfolgende Kartendarstellungen zeigen die Ergebnisse der KET-Anwendung.



Abbildung 33:
Dachbegrünung
Bereich „Anlagen“
M. 1:15.000

Anpassungskapazitäten ab 10 m²;
angezeigt werden Flächen mit
Potenzialen, nicht die tatsächlichen
Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
relevant bis hellgelb = eingeschränkt
relevant





Abbildung 34:
 Dachbegrünung
 Bereich „Anlagen“
 M. 1:5.000

Anpassungskapazitäten ab 10 m²;
 angezeigt werden Flächen mit
 Potenzialen, nicht die tatsächlichen
 Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
 relevant bis hellgelb = eingeschränkt
 relevant





Abbildung 35:
 Dachbegrünung
 Bereich „Anlagen“
 M. 1:1.000

Anpassungskapazitäten ab 10 m²;
 angezeigt werden Flächen mit
 Potenzialen, nicht die tatsächlichen
 Potenzialflächen.

Priorisierungsstufen: von rot = hoch
 relevant bis hellgelb = eingeschränkt
 relevant



6.3 GIS-DATENSTRUKTUR DER MUSTERKOMMUNE UND EXCEL-FUNKTIONEN FÜR DIE KET-ANWENDUNG

Teil des Projekts ist die Klärung der Frage, wie durch die Kombination von GIS und Excel, die beide in Kommunen in der Regel vorliegen, eine mit technischem und zeitlichem Aufwand vertretbare Kapazitätenermittlung erfolgen kann. Diesbezügliche technische Voraussetzungen und grundlegende Arbeitsschritte in Excel (Datenbereinigung/-auswertung) für die Anwendung der KET werden nachfolgend dargestellt.

6.3.1 GIS-ARBEITSGRUNDLAGEN IN LUDWIGSBURG UND HINWEISE ZUR ÜBERTRAGBARKEIT

In der Musterkommune Ludwigsburg ist folgende Software im Einsatz:

- Autodesk Map 3d (Topobase),
- FME,
- Autodesk Mapguide 2014 zur Visualisierung.

Eine Darstellung des Workflow findet sich in Anhang 16 für das Beispiel Flächenbegrünung (Bereich „Flächen“).

Aus den Erläuterungen zum KET (siehe Kap. 5) gehen die für eine Anwendung notwendigen Datenexporte aus dem GIS in Excel und nachfolgend auszuführende Importe der Ergebnisse hervor, so dass im jeweiligen kommunalen System entsprechende Strukturen hierfür angelegt werden können.

Neben den in Kapitel 5 benannten Attributen muss jedem Datenelement eine eindeutige Kennung (UUID) zugewiesen werden, um den Import der Ergebnisse ins GIS zu ermöglichen. Zudem sind für jedes Datenelement (Teilflächen von Flurstücken oder Straßenabschnitten) Informationen zu exportieren, welche eine Zuordnung zu den Flurstücken und Straßenabschnitten ermöglichen. Diese werden für die nachfolgend in Kapitel 6.3.2 erläuterte Datenbereinigung benötigt.

Für die Musterkommune Ludwigsburg ergeben sich damit folgende Attribut für ein Datenelement (hier am Beispiel der Anpassungsoption „Flächenbegrünung“, Bereich „Flächen“):

- UUID
- FID
- Nummer des Flurstücks (FLST-Nummer)
- Nutzungsart des FLST (NAS-Code)
- GAG-Attribut (Versiegelungsgrad)
- Größe der Gesamtfläche des FLST
- Größe der Fläche (hier Teilfläche)
- Größe der gesamten Freifläche des FLST
- Zuordnung der Fläche zu Stadtteilen
- Eigentum
- Anzahl Bäume auf der Fläche
- Größe der Fläche nach Abzug der von Bäumen überdeckten Fläche (Korrektur mit Faktor 1,2)
- Anzahl Wohnungen
- Gebäude

- Gebädefunktion
- Klimatop
- Anzahl Stützpunkte

Diese Attribute werden um Spalten für Vorläuferwerte oder Werte für eine Filterung zur Selektion ergänzt, zum Beispiel für die Berechnung der Flächengröße nach funktionsspezifischem Abschlag.

6.3.2 FEHLERKORREKTUREN IN EXCEL

Für jeden der Bereiche „Flächen“, „Straßenraum“ und „Anlagen“ werden durch das GIS einzelne Datensätze (Excel-Dateien) generiert. Dabei ergeben sich Fehler, die fallabhängig unterschiedlich sein können und abhängen von

- der Struktur und Qualität der im GIS verfügbaren Daten,
- der verwendeten Software und
- den Schnittstellen für eine saubere Übergabe von einem System (z.B. FME-Transformer) in ein anderes System (z.B. AutoCAD).

Deshalb sollten die Excel-Dateien vor der Anwendung des KET einer Fehlerbereinigung unterzogen werden. Mögliche Fehler sind zum Beispiel:

- Doubletten
- fehlenden Attributzuweisungen
- falschen Datenformate (Text statt Zahlenwerte)
- Leerzeilen
- Datenelemente aufgrund von Inselflächen
- widersprüchliche Attributwerte in einem Datenelement, zum Beispiel Fläche mit Größe 0 m² aber mit Stützpunkten
- negative Vorzeichen bei Flächengrößen
- die Summe der Teilflächen eines Flurstücks ist größer als die angegebene Flurstückgröße
- keine Information zum Versiegelungsgrad (leeres Attribut), obwohl die Nutzungsart zur Gruppe „Gebäude- und Freifläche“ gehört

Solche Fehler können über gängige Excel-Befehle/-Funktionen wie SUMMEWENN, einen SVERWEIS oder Filterabfragen gefunden werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass zu Beginn in allen Spalten mit Daten ein Filter gesetzt wird, da sonst nach dem Löschen von Datenelementen eine fehlerlose Neusortierung der Daten zur Beseitigung entstandener Leerzeilen nicht möglich ist.

Wenn einzelne Teilflächen eines Flurstücks oder eines Straßenabschnitts ein Attribut nicht aufweisen, das zwingend für das gesamte Flurstück (alle Teilflächen) gelten muss, ist dieses entsprechend zu ergänzen (mittels einer Excel-Funktion möglich). In Ludwigsburg war dies zum Beispiel bei den Attributen „Klimatop“ und „Gebädefunktion“ der Fall. Ohne Fehlerkorrektur würden einige Teilflächen eines Flurstücks/Straßenabschnitts aufgrund des fehlenden Attributs gegebenenfalls nicht den in der KET vorgesehenen Priorisierungsabschlag erhalten (für eine Gebädefunktion mit eingeschränkter Eignung) oder wären nicht klassifizier-/sortierbar (z.B. anhand des Klimatoptyps). Es ist dabei zu beachten, dass Teilflächen eines

Flurstücks/Straßenabschnitts unterschiedliche Werte/Ausprägungen eines Attributs aufweisen können, wie zum Beispiel bei der Gebäudefunktion. Ist dies der Fall, so muss auf die Teilflächen ohne Attribut der Wert übertragen werden, der die eigentliche Hauptfunktion der Fläche darstellt (z.B. „Wohnhaus“ statt „Garage“).

Die so vorbereiteten Dateien dienen als „Master“ (Ausgangs-Tabelle) für die jeweiligen Anpassungsoptionen der Bereiche „Flächen“, „Straßenraum“ und „Anlagen“ respektive die diesbezügliche Kapazitätenermittlung.

6.3.3 SYSTEMBEDINGTE FEHLERFLÄCHEN

Trotz Fehlerbereinigung verbleiben nach den in Kapitel 5 dargestellten KET-Schritten am Ende einzelne Datenelemente (Teilflächen), die formal alle Kriterien erfüllen, aber in der Praxis für eine Umsetzung der entsprechenden Anpassungsoption ungeeignet sind. Dies liegt in der Regel an den Geometrien dieser Flächen und/oder der Zusammenfassung großer Abschnitte von Flächen einer Nutzungsart in einem „Shape“ (Umriss einer Fläche). So können zum Beispiel öffentliche Wege in einem Park als Kapazität für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ angezeigt werden, wenn sie aufgrund ihres Versiegelungsgrads, der Nutzungsart (z.B. „Gebäude- und Freifläche Öffentliche Zwecke“) und Größe nach funktionsspezifischem Abschlag die KET-Kriterien erfüllen. Gerade die Flächengröße ist dabei aber irreführend, da sie aus der Weglänge resultiert, in der Regel die Wegbreite aber zu gering für eine (Teil-)Begrünung ist. Da Wege kein eigenes Attribut aufweisen, um sie zu filtern, kann es hier und in ähnlich gelagerten Fällen zuweilen zur Anzeige „falscher Kapazitäten“ kommen (formal korrekt, realistisch nicht nutzbar). Ähnliches gilt zum Beispiel für Treppenaufgänge oder andere versiegelte Nutzungen auf Flächen der NA-Gruppe „Gebäude- und Freifläche“, die kein funktionsspezifisches Attribut aufweisen und aufgrund ihrer Größe auch nach dem funktions-spezifischen Abschlag das Kriterium der Mindestgröße erfüllen. Solche Fehler sind in der Regel leicht in den kartographischen Darstellungen erkennbar. Es ist daher sinnvoll, nach dem Import der KET-Ergebnisse in das GIS eine einmalige, manuelle Sichtung und Korrektur vorzunehmen.

6.3.4 BEFEHLE ZUR UMSETZUNG DES KET IN EXCEL

Wie in Kapitel 5 beschrieben, werden mit dem KET die aus dem GIS in Excel exportierten Datenelemente anhand ihrer Attribute selektiert und klassifiziert. Die hierzu verwendeten Excel-Funktionen und Befehle werden, sortiert nach den jeweiligen KET-Antwortoptionen (siehe Kap. 5.2.1.4), nachfolgend erläutert. Es handelt sich hierbei um Standardfunktionen/-befehle, die mit einem soliden Grundwissen in Excel ohne Probleme anwendbar sind.

KET-Antwortoption „JA“

Die Antwortoption „JA“ für alle weiterzuführenden Flächen erfordert keinen Eingriff in den Datensatz.

KET-Antwortoption „NEIN > EXIT“

Das KET scheidet Datenelemente (z.B. Teilflächen) aus, die für eine Anpassungsoption nicht geeignet sind.

Dies erfolgt mittels der nachfolgend erläuterten Excel-Befehle und Funktionen.

FILTER

Zur Selektion von Datenelementen werden Filterfunktionen genutzt.

Mit diesen lassen sich die aufgrund der Ausprägung eines Attributs (z.B. einer bestimmten Nutzungsart, Versiegelungsgrad etc.) zu löschenden Datenelemente anzeigen. Hierbei sind nur die Daten und nicht deren Zeilen zu löschen, da sonst gegebenenfalls durch den Filter ausgeblendete Daten auch gelöscht werden. Die durch das Löschen der Daten resultierenden leeren Zeilen können durch Sortieren anhand der verbliebenen Daten „entfernt“ werden. Für das KET sind folgende Filterfunktionen notwendig:

(a) Filtern nach Attributwerten

Diese Funktion bildet die Grundlage für die Reduktion des Datensatzes auf die für eine Anpassungsoption geeigneten Flächen und Anlagen, sprich die Kapazitätenermittlung. Hierzu werden Datenelemente (z.B. Flurstücksteilflächen) anhand der in den KET-Schritten für jede Anpassungsoption festgelegten Kriterien für ein Ausscheiden mittels Filter zur Anzeige ausgewählt und danach entfernt. So werden zum Beispiel für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ im KET-Schritt 2 alle Flächen mit dem Attribut „nicht versiegelt“ gefiltert und dann entfernt.

(b) Aufsteigend sortieren

Dieser Befehl wird genutzt, um durch das Entfernen von Datenelementen entstandene Lücken (Leerzeilen) zu schließen. Hierzu wird ein für alle Datenelemente vorliegendes Attribut, zum Beispiel die UID_FL (eindeutige Kennung des Datenelements), aufsteigend sortiert.

(c) Filtern nach Zahlenwerten (größer als; kleiner als; etc.)

Dieser Filter ermöglicht es, Datenelemente auszuschneiden, wenn ein Attribut einen gewissen Wert nicht unter- oder überschreiten darf. Er kommt zum Beispiel für das Kriterium der Mindestgröße zur Anwendung, um jene Flächen auszuschneiden, die den definierten Wert für die jeweilige Anpassungsoption (z.B. bei Baumpflanzungen 20 m²) nicht erreichen.

Um die oben aufgeführten Filter anwenden und Datenelemente ausselektieren zu können, bedarf es mitunter vorbereitender Schritte.

SVERWEIS

Bisweilen müssen die zur Selektion erforderlichen Daten erst generiert werden. Dazu dient der SVERWEIS. Mit dieser Funktion lassen sich Datenelemente mit Daten in einer Matrix vergleichen und bei Übereinstim-

mung ein dort definierter Wert ausgeben. Der Vorteil gegenüber der analog funktionierenden WENN-Funktion ist, dass die Anzahl an Daten in der Matrix theoretisch unbegrenzt ist, die Ausgabewerte nicht in eine Formel eingebunden und damit leicht änderbar sind und sich vorhandene Datensätze als Grundlage nutzen lassen.

(a) Werte migrieren

Es lassen sich mittels eines SVERWEIS Attributwerte in die Masterdatei migrieren, sofern die korrekte Zuordnung zu den vorhandenen Datenelementen über ein gemeinsames Attribut möglich ist. So liegt zum Beispiel in der Musterkommune Ludwigsburg das Attribut „Straßentyp“ (Selektionskriterium in KET-Komponente 1) den Straßenabschnittsnummern zugeordnet in einer extra Datei vor. Diese wird als Matrix verwendet. Ein SVERWEIS ermöglicht nun für jedes Datenelement der Masterdatei das gemeinsame Attribut der Straßenabschnittsnummer mit der Matrix zu vergleichen und bei Übereinstimmung den zugeordneten Straßentyp zu übernehmen. Liegt keine Übereinstimmung vor, wird kein Wert ausgegeben.

(b) Werte generieren

Der SVWEREIS ermöglicht auch eine sehr leicht modifizierbare Berechnung von Werten. Dies ermöglicht zum Beispiel den „funktionsspezifischen Abschlag“ (siehe Kap. 5.2.3.5) für die Berechnung der verfügbaren Flächengröße schnell und unkompliziert ändern zu können. Diese ist die Grundlage für die Antwortoption „NEIN > EXIT“ des Prüfkriteriums Mindestgröße (KET-Komponente 4). Für deren Berechnung werden zum Beispiel für den Bereich „Flächen“ in einer Matrix die Nutzungsarten angelegt, der Abschlag in Prozent eingetragen und eine Formel hinterlegt. Auf diese greift der SVERWEIS bei Übereinstimmung der Nutzungsart (Masterdatei verglichen mit Matrix) zu. Die Formel berechnet dann für das Datenelement anhand der Flächengröße und des in der Matrix definierten Abschlags die Größe nach funktionsspezifischem Abschlag. Da die Abschläge in der Matrix separat vorliegen statt in eine Formel integriert zu sein, können sie sehr einfach verändert werden. So lassen sich mit wenig Aufwand unterschiedliche Szenarien mit veränderten Annahmen zur Notwendigkeit des Funktionserhalts respektive des vorzunehmenden funktionsspezifischen Abschlags durchspielen.

KET-Antwortoption „BEDINGT 1/2“ (Priorisierungsabschläge) und „UNSICHER“ (Unsicherheitsvermerk)

Das KET klassifiziert Datenelemente in Abhängigkeit deren Eignung zur Realisierung von Anpassungsoptionen (Priorisierungsabschläge mit Wert 1 oder 2 bei eingeschränkter Eignung) und vergibt sogenannte Unsicherheitsvermerke, wenn aufgrund eines fehlenden oder nicht aussagekräftigen Attributs keine gesicherte Selektion/Klassifizierung vorgenommen werden kann.

Dies erfolgt mittels der nachfolgend erläuterten Excel-Befehle und Funktionen.

1. WENN-Funktionen

Die WENN-Funktionen erlauben es, in einem Datensatz einzelnen Elementen durch eine Prüfung ihrer Attributwerte neue Werte zuzuweisen. Die Grundoperation lautet dabei: WENN Attribut A den Wert X hat, DANN schreibe in die neue Zelle Wert Y, SONST Wert Z.

- WENN (PRÜFUNG;DANN;SONST)
Dieser Befehl wird für die Klassifizierung genutzt. So kann zum Beispiel für Priorisierungsabschläge bei der Schutzgutrelevanz (KET-Komponente 3) das Attribut „Stadtteil“ geprüft werden. WENN der Wert \neq „Mitte“ ist, erhält das Datenelement DANN den Wert 0, SONST den Wert 1 zugewiesen. Somit erhalten alle Teilflächen, die nicht das Attribut Mitte aufweisen, einen Priorisierungsabschlag mit dem Wert 1¹⁶.
- WENN (UND)
Dieser Befehl ermöglicht eine Prüfung der Ausprägung mehrerer Attribute. So werden zum Beispiel bei der Option Flächenbegrünung im Straßenraum für die Berechnung der verfügbaren Flächengröße (KET-Komponente 4) zwei Attribute genutzt: Flächentyp und Überbreite. Es gilt hier für jedes Datenelement: WENN die Prüfung den Flächentyp 6 (Gehweg) ergibt UND die Gehwegbreite nach Abzug der Mindestbreite > 0 ist (Überbreite vorhanden), DANN wird mit der Formel Gehwegbreite x Länge die Fläche berechnet, SONST wird die ursprüngliche Fläche übernommen.
- WENN (ODER)
Dieser Befehl ermöglicht eine Prüfung der Ausprägung eines oder mehrerer Attribute, bei der nur entweder (a) eines der Attribute einen bestimmten Wert erfüllen muss oder (b) mehrere Werte/Ausprägungen eines Attributs für die entsprechende Antwortoption möglich sind. Als Beispiel ist hier die Prüfung des Aspekts „Aufenthalt vieler sensitiven Personen“ für die Schutzgutrelevanz bei der Anpassungsoption „Baumpflanzung“ (Bereich „Flächen“) zu nennen. WENN Datenelemente die Nutzungsart „GFÖ“ ODER „GFHW“ ODER „X“ aufweisen, DANN erhalten sie keinen Priorisierungsabschlag, SONST schon. Der jeweilige Priorisierungsabschlag kann in einer Matrix definiert und über einen SVERWEIS eingebunden werden (SONST=SVERWEIS).

Mit den bisher genannten Funktionen sind die Prüfschritte des KET im Wesentlichen zu bewerkstelligen. Einmal angelegt, bedarf es auch keiner weiteren Bearbeitung, die Formelfunktionen können dann auf alle Dateien angewendet werden, was das Verfahren schlank und effizient macht. Die WENN-Abfrage lässt sich verketteten, sprich mehrere Prüffragen können hintereinander geschaltet werden. Somit lassen sich verschiedene Antwortoptionen zu einer KET-Prüffrage in einem Schritt erledigen.

Zudem kann einer WENN-Funktion eine andere Funktion eingeschrieben werden, zum Beispiel „=SUMME/Wert X“ zur Berechnung des Priorisierungsabschlags aus den Ergebnissen der fünf Prüfkriterien der Schutzgutrelevanz (siehe Anhang 5) oder ein SVERWEIS. Mittels diesem kann zum Beispiel der in Abhängigkeit von einer Nutzungsart vorzunehmende Flächenabschlag berechnet werden: WENN Nutzungsart = X, DANN kein Abschlag, SONST SVERWEIS und für Nutzungsart Y die Flächengröße* Z (funktionsspezifischer Abschlag,

¹⁶ Um die Logik der Operationalisierung verständlicher darzustellen, wird das tatsächliche Vorgehen bei der Bestimmung der Schutzgutrelevanz (siehe dazu Anhang 5) etwas vereinfacht wiedergegeben. Das hier erläuterte Verfahrensprinzip in Excel ist davon jedoch unberührt.

z.B. $Z = 0,2$ für eine Nutzungsart mit 80 % Abschlag; für jede Nutzungsart und Flächengröße ist dieser definiert).

2. SVERWEIS

Neben der Migration und Generierung von Werten/Attributen (siehe oben) kann der SVERWEIS auch zur Zuweisung von Werten genutzt werden, wobei das Format unabhängig ist und so zum Beispiel auch ein Begriff wie „Unsicher“ sein kann. Diese SVERWEIS-Funktion ist analog den zuvor beschriebenen, das heißt, es werden in einer Matrix nach Spalten die Prüfwerte (z.B. Gebäudefunktion, Anzahl Wohnungen, Versiegelungsgrad) und der Ausgabewert bei Übereinstimmung (z.B. Wert für Priorisierungsabschlag 0, 1 oder 2) angelegt. Die Ergebnisse dieses SVERWEIS sind Grundlage für die Antwortoption „BEDINGT 1/2“ oder „UNSICHER“.

Für einen SVERWEIS sollten in diesem Fall alle Ausprägungen eines Attributs als Datensatz verfügbar sein. Andernfalls oder wenn nur für bestimmte, wenige Ausprägungen eine Wertzuweisung möglich ist, sollte gegebenenfalls die Kombination mit einer WENN-Funktion erfolgen, die zuerst prüft, ob der SVERWEIS zur Anwendung kommen soll. Dies ist aber bei Nicht-Zahlenwerten wie zum Beispiel der Nutzungsart (GFÖ, GFHW etc.) nur bedingt möglich, da die Daten keine gemeinsamen Merkmale aufweisen, welche eine WENN-Funktion prüfen kann. In einem solchen Fall kann eine Mehrfachnutzung des SVERWEIS zur Ausgabe eines neuen Werts zum Filtern der relevanten Datenelemente und für die nachfolgende Berechnung erfolgen.

3. SUMME-Funktion

Diese Funktion addiert die Zahlenwerte aus einem definierten Bereich und/oder bestimmten Zellen. Auf diese Weise wird zum Beispiel der Gesamtwert für den Priorisierungsabschlag für eine Teilfläche aus der SUMME der einzelnen Abschläge gebildet, ebenso der Unsicherheitsvermerk.

Sie kann dabei mit der WENN-Funktion (SUMMEWENN/ZÄHLENWENN) kombiniert werden, so dass nur jene Werte addiert werden, die ein bestimmtes Kriterium erfüllen.

4. Standardrechenoperationen

Neben den zuvor genannten Funktionen kommen zur Berechnung von Zwischenwerten oder Hilfsattributen übliche Standardrechenoperationen zum Einsatz (Division; Multiplikation; Addition; Subtraktion). So wird zum Beispiel der Quotient aus „Größe Flächenabschnitt/Anzahl Bäume“ als Filterwert bei der Anpassungsoption „Baumpflanzung“ genutzt, um jene Flächen zu eliminieren, auf denen schon „ausreichend“ Bäume stehen; oder das Verhältnis von „Flächengröße/Anzahl Stützpunkte“, um Flächen mit sehr komplexen Geometrien, die für eine Anpassungsoption eher ungeeignet sind, zu identifizieren.

Auch bei einem Austausch eines Datenattributs, wie ihn der modulare Aufbau des KET zulässt, ist die Auswertung mittels der zuvor beschriebenen Funktionen und Befehle möglich.

Die Anzahl an Zeilen mit Datenelementen x Spalten mit deren Attributen kann es erforderlich machen, den Datensatz zu unterteilen, um bei der Anwendung des KET Programmabstürze von Excel und Verzögerungen bei den Berechnungen zu vermeiden. Es empfiehlt sich, die Ausgangsdatei in einzelne Dateien für jeden Stadtteil zu überführen (mittels Filterung anhand dieses Attributs). Die Ergebnisse aus den Einzeldateien werden nach Durchlauf durch das KET zusammengeführt und in das GIS eingespeist.

7 Quellenverzeichnis

Adger, W. N.; Arnell, N. W.; Tompkins, E. L. 2005: Successful adaptation to climate change across scales; in: *Global Environmental Change* 15; 77-86

AdV – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) 1991: Verzeichnis der flächenbezogenen Nutzungsarten im Liegenschaftskataster und ihrer Begriffsbestimmungen

Barlag, A.-B. 1997: Möglichkeiten der Einflussnahme auf das Stadtklima; in: VDI-Bericht 1330; 127-146

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) 2009: Klimawandelgerechte Stadtentwicklung. Wirkfolgen des Klimawandels. BBSR-Online-Publikation 23/2009. urn:nbn:de:0093-ON2309R153

Beckröge, W. 1990: Klimakarten in der Stadtplanung; in: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.), *Umweltmeteorologie*, Band 15, Schriftenreihe, Düsseldorf

Birkmann, Jörn 2008: Globaler Umweltwandel, Naturgefahren, Vulnerabilität und Katastrophenresilienz. Notwendigkeit der Perspektivenerweiterung in der Raumplanung; in: *Raumforschung und Raumordnung*, H. 1/2008; 5-22.

Blankenstein, S. und Kuttler, W. 2004: Impact of street geometry on downward longwave radiation and air temperature in urban environment; in: *Meteorologische Zeitschrift*; 13, 5; 373-379

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) 2011: Vulnerabilitätsanalyse in der Praxis. Inhaltliche und methodische Ansatzpunkte für die Ermittlung regionaler Betroffenheiten; BMVBS-Online-Publikation 21/11, Oktober 2011

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) 2013a: Wie kann Regionalplanung zur Anpassung an den Klimawandel beitragen? Ergebnisbericht des Modellvorhabens der Raumordnung „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“ (KlimaMORO) (Forschungen Heft 157); Berlin

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) 2013b: Methodenhandbuch zur regionalen Klimafolgenbewertung in der räumlichen Planung. Systematisierung der Grundlagen regionalplanerischer Klimafolgenbewertung; Berlin

Bongardt, B. 2006: Stadtklimatologische Bedeutung kleiner Parkanlagen dargestellt am Beispiel des Dortmunder Westparks. (Essener Ökologischen Schriften, Band 24), Hohenwarsleben: Westarp Wissenschaften

Dütemeyer, D. 2000: Urban-Orographische Bodenwindssysteme in der städtischen Peripherie Kölns (Essener Ökologische Schriften, Band 12); Hohenwarsleben: Westarp Wissenschaften

- Dütemeyer, D.; Barlag, A.; Kuttler, W.; Axt-Kittner, U. 2013: Stadtklimatisches Flächenmanagement in der kommunalen Umweltplanung; in: UVP-report; 27, 3; 173-179
- Endlicher, W. 2012: Einführung in die Stadtökologie - Grundzüge des urbanen Mensch-Umwelt-Systems; Stuttgart: UTB
- Fanger, P. O. 1972: Thermal Comfort. Analysis and application in Environmental Engineering; New York: McGraw Hill.
- FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (Hrsg.) 2006: Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06). Ausgabe 2006; Köln
- Fiala, D.; Havenith, G.; Bröde, P.; Kampmann, B.; Jendritzky, G. 2012: UTCI-Fiala multinode model of human heat transfer and temperature regulation; in: International Journal of Biometeorology; 56, 3; 429-441
- Fröhlich, D. und Matzarakis, A. 2011: Hitzestress und Stadtplanung. Am Beispiel „Platz der Alten Synagoge“ in Freiburg im Breisgau; in: Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft; 71, 7/8; 333-338
- Frommer, B. 2009: Handlungs- und Steuerungsfähigkeit von Städten und Regionen im Klimawandel. Der Beitrag strategischer Planungen zur Erarbeitung und Umsetzung regionaler Anpassungsstrategien; in: Raumforschung und Raumordnung, H. 2/2009; 128-141
- Füssel, H.-M. und Klein, R. 2004: Conceptual Frameworks of Adaptation to Climate Change and their Applicability to Human Health; PIK Report, Bd. 91, Potsdam
- Goldbach, A. 2012: Turbulenter Energieaustausch über unterschiedlichen Flächennutzungsstrukturen in der Stadt Oberhausen (Essener Ökologische Schriften, 32); Hohenwarsleben: Westarp-Wissenschaften
- Goldbach, A. und Kuttler, W. 2013: Quantification of turbulent heat fluxes for adaption strategies within urban planning; in: International Journal of Climatology; 33, 1; 143-159
- Greiving, S.; Lindner, C.; Lückenkotter, J.; Flex, F. 2012: Räumliche Auswirkungen des Klimawandels in Europa. Eine integrierte Verwundbarkeitsabschätzung und Anpassungserfordernisse im Lichte der territorialen Kohäsion; in: RaumPlanung, H. 6/2012; 15-19
- Groß, G. und Etling, C. 2003: Numerische Simulationsmodelle; in: promet; 30, 1/2; 28 - 38
- Harlaß, R. 2008: Verdunstung in bebauten Gebieten; Dissertation an der Fakultät Bauingenieurwesen, Technische Universität Dresden
- Hartz, A. 2011: Neue Herausforderungen für die Stadtentwicklung– dargestellt am Beispiel des Klimawandels; in: Henninger, Sascha (Hrsg.): Stadtökologie – Bausteine des Ökosystems Stadt. Ferdinand Schöningh, Paderborn: 175-212
- Hämmerle, M.; Gál, T.; Unger, J.; Matzarakis, A. 2011: Comparison of models calculating the sky view factor used for urban climate investigations; in: Theoretical and Applied Climatology; 105, 3-4; 521-527

Hecht, D. 2009: Anpassung an den Klimawandel – Herausforderungen für Gesellschaft, Wirtschaft und Staat; in: Raumforschung und Raumordnung, H. 2/2009, 67 (2); 157-169

Heiland, S; Wilke, C.; Rittel, K. 2012: Urbane Anpassungsstrategien an den Klimawandel. Methoden und Verfahrensansätze am Beispiel des Stadtentwicklungsplans Berlin; in: UVP-report 26(1); 44-49

Hemberger, Ch. und Utz, J. 2013: Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Fachgutachten für das Handlungsfeld Stadt- und Raumplanung. Langfassung; im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg [Download: <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/244198/>]

Hidalgo, J.; Pigeon, M.; Masson, V. 2008: Urban breeze circulation during the CAPITOU experiment: observational data analysis approach; in: Meteorology and Atmospheric Physics; 102, 3-4; 223-241

Höppe, P. 1999: The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. Int. J. Biometeor 43, 71-75.

Hupfer, P. und Kuttler, W. (Hrsg.) 2006: Witterung und Klima : eine Einführung in die Meteorologie und Klimatologie; Wiesbaden: Teubner; 12., überarbeitete Auflage

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.) 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report, Summary for Policymakers. Cambridge

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.) 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, New York

Jendritzky, G.; Menz, G.; Schirmer, H., Schmidt-Kessen, W. 1990: Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen (Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell); in: Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover; 114; 7-69

Jendritzky, G.; Fiala, D.; Havenith, G.; Koppe, G.; Laschewski, G.; Staiger, H.; Tinz, B. 2007: Thermische Umweltbedingungen; in: promet; 33, 3/4; 83-94

Jendritzky, G.; De Dear, R.; Havenith, G. 2012: UTCI – Why another thermal index?; in: International Journal of Biometeorology; 56, 3; 421-428

Kiese, O. 1995: Die bioklimatische Funktion innerstädtischer, insbesondere baumbestandener Grünflächen, Proceedings of the 24th Jahrestagung der Gesellschaft für Ökologie, Frankfurt/Main, September 19-23, 1994

Köhler, M. 2008: Green facades – a view back and some visions; in: Urban Ecosystems; 11, 4; 426-436

Köhler M. (Hrsg.) 2012: Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung – Konstruktion – Ausführung; Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln

- Kuttler, W. 1991: Zum klimatischen Potential urbaner Gewässer; in: Schuhmacher, H. und Thiesmeier, B. (Hrsg.): Urbane Gewässer; Essen: Westarp Wissenschaften
- Kuttler, W. 1996: Aspekte der Angewandten Stadtklimatologie; in: Geowissenschaften 14, Heft 6, 221
- Kuttler, W. und Dütemeyer, D. 2003: Umweltmeteorologische Untersuchungsmethoden; in: promet; 30, 1/2; 15-27
- Kuttler, W. 2010a: Urbanes Klima, Teil 1; in: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Umweltmeteorologie, 70, Nr.7/8, 329 – 340
- Kuttler, W. 2010b: Urbanes Klima, Teil 2; in: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Umweltmeteorologie, 70, Nr. 9, 378 – 382
- Kuttler, W. 2011a: Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 1, Wirkungen; Environmental Sciences Europe (ESEU), Springer open; 23;1-12
- Kuttler, W. 2011b: Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 2, Maßnahmen; Environmental Sciences Europe (ESEU), Springer open; 23;1-15
- Kuttler, W.; Müller, N.; Dütemeyer, D.; Barlag, A.-B. 2012: Prognose- und Diagnoseverfahren zur Verbesserung des Stadtklimas – Stadtklimatische Untersuchungen in Oberhausen und Simulation verschiedener Minderungsstrategien zur Reduktion der thermischen Belastung im Hinblick auf den Klimawandel, Dy-naklim-Publikation, No.25
- Kuttler, W. 2013: Klimatologie; Paderborn: Schöningh, 2., aktualisierte und ergänzte Auflage; 211-234
- Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie (Hrsg.) 1999: Klima-Messungen im Plangebiet Stuttgart 21 – Eine Analyse thermisch induzierter Ausgleichsströmungen an innerstädtischen Grünanlagen. www.stadtklima.de/stuttgart/websk21/Heft12/kap1.HTM (Kap. 1-7)
- Landeshauptstadt Stuttgart (Hrsg.) 2010: Der Klimawandel – Herausforderung für die Stadtklimatologie; Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz der Landeshauptstadt Stuttgart, Heft 3/2010
- Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie (Hrsg.) 2013: Klimawandel – Anpassungskonzept Stuttgart KLIMAKS; Schriftenreihe des Amtes für Umweltschutz – Heft 1/2013); Stuttgart
- LfU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) 2002: Fachdienst Naturschutz. Naturschutz-Info 2/2002; Karlsruhe
- LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg 2015: Anpassungsstrategie für Baden-Württemberg; <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/244198/>

LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.) 2013: Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg. Perspektiven aus regionalen Klimamodellen. Langfassung; Karlsruhe: LUBW

Matzarakis, A., Mayer, H., Iziomon, M. 1999: Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *Int. J. Biometeor* 43, 76-84.

Matzarakis, A. und Streiling, S. 2004: Stadtklimatische Eigenschaften von Bäumen. Falluntersuchung in Freiburg im Breisgau; in: *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*; 64, 6; 307-310

Matzarakis, A.; Rutz, F.; Mayer, H. 2007, Modelling radiation fluxes in simple and complex environments - application of the RayMan model; in: *International Journal of Biometeorology*; 51, 4; 323–334

Matzarakis, A.; Rutz, F.; Mayer, H. 2010, Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model, in: *International Journal of Biometeorology*; 54, 2; 131–139

Mayer, H.; Holst, J.; Schindler, D.; Ahrens, D. 1994: Bestimmung von stadtklimarelevanten Luftleitbahnen; in: *UVP-Report*; 5, 94; 265-268

Mayer, H.; Holst, J.; Dostal, P.; Imbery, F.; Schindler, D. 2008: Human thermal comfort in summer within an urban street canyon in Central Europe; in: *Meteorologische Zeitschrift*; 17, 3; 241-250

Müller, N. 2013: Stadtklimatologische Adaptationsmaßnahmen in Oberhausen vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels (Essener Ökologische Schriften, Band 33); Hohenwarsleben: Westarp Wissenschaften

Müller, N.; Kuttler, W.; Barlag, A.-N. 2014a: Counteracting urban climate change: adaptation measures and their effect on thermal comfort; in: *Theoretical and Applied Climatology*; 115, 1-2; 243-257

Müller, N.; Kuttler, W.; Barlag, A.-N. 2014b: Analysis of the subsurface urban heat island in Oberhausen, Germany; in: *Climate Research*; 58, 3; 247-256

MVI – Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg 2015: Städtebauliche Klimafibel Online. Hinweise für die Bauleitplanung; <http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/?p=67&p2=6.1.4>

Psikuta, A.; Fiala, D.; Laschewski, G.; Jendritzky, G.; Richards, M.; Błażejczyk, K.; Mekjavič, I.; Rintamäki, H.; de Dear, R. Havenith, G. 2012: Validation of the Fiala multi-node thermophysiological model for UTCI application; in: *International Journal of Biometeorology*; 56, 3; 443-460

Robel, F.; Hoffmann, U.; Riekert, A. 1978: Daten und Aussagen zum Stadtklima von Stuttgart auf der Grundlage der Infrarot Thermographie (Beiträge zur Stadtentwicklung - Nr. 15); Landeshauptstadt Stuttgart

Smit, B. und Pilifosova, O. 2001: Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity; in: McCarthy, J.; Canziani, O.; Leary, N.; Dokken, D.; White, K. (Eds.) 2001: *Climate Change 2001. Impacts, adaptation and vulnerability*; Cambridge; 877-912

Stadt Karlsruhe 2013: Anpassung an den Klimawandel. Bestandsaufnahme und Strategie für die Stadt Karlsruhe

[http://www.karlsruhe.de/b3/natur_und_umwelt/klimaschutz/klimafolgen/HF_sections/content/ZZ133ZxibxWJEn/ZZ1342BXSjoXv9/Bericht_Klimawandel_web.pdf]

Stadt Ludwigsburg 23.06.2014: Gesplittete Abwassergebühr;

http://www.ludwigsburg.de/Lde/start/stadt_buerger/abwassergebuehr.html; 12:34

Statistisches Bundesamt (Hrsg.) 2013: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung; Fachserie 3, Reihe 5.1; Wiesbaden

Statistisches Landesamt 23.06.2014: Erste Ergebnisse des Zensus 2011 für Baden-Württemberg;

<http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Pressemitt/2013160.asp>; 15:05

Sukopp, H. und Wittig, R. (Hrsg.) 1998: Stadtökologie. Ein Fachbuch für Studium und Praxis. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 2., überarbeitete und ergänzte Auflage.

VDI 1994: VDI 3789, Part 2: Environmental Meteorology, Interactions between Atmosphere and Surfaces; Calculation of the short- and long wave; Berlin: Beuth Verlag

VDI 1998: VDI 3787, Blatt 2. Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil I: Klima; Berlin: Beuth Verlag

VDI 2003: VDI 3787, Blatt 5. Umweltmeteorologie. Lokale Kaltluft; in: VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b; Berlin: Beuth Verlag

VDI 2014: VDI 3787, Blatt 1. Umweltmeteorologie. Klima- und Lufthygienekarten für Städte und Regionen (Entwurf); Berlin: Beuth Verlag

Verband Region Stuttgart 2008: Regionaler Klimaatlas; http://www.regionstuttgart.org/fileadmin/regionstuttgart/04_Informationen_und_Download/04_01_Veroeffentlichungen/04_04_04

[_Klimaatlas/klimaatlas_01-50_grundlagenteil.pdf](http://www.regionstuttgart.org/fileadmin/regionstuttgart/04_Informationen_und_Download/04_01_Veroeffentlichungen/04_04_04_Klimaatlas/klimaatlas_01-50_grundlagenteil.pdf)

Anhänge

ANHANG 1: STADTKLIMATISCHES GRUNDLAGENWISSEN

Tabelle A1.1: Charakteristika des Stadtklimas einer Großstadt einer westeuropäischen Großstadt (Quelle: Kuttler 2013, 213; ergänzt um Sukopp und Wittig 1993,129)

Einflussgrößen	Veränderung gegenüber dem nicht bebauten Umland	Einflussgrößen	Veränderung gegenüber dem nicht bebauten Umland
Strahlung		Wind	
Globalstrahlung auf horizontaler Oberfläche	bis -20%	- Geschwindigkeit	bis -20%
Gegenstrahlung	bis +10%	- Richtungsböigkeit	stark variierend
		- Geschwindigkeitsböigkeit	erhöht
Albedo	+/-	Absolute Luftfeuchtigkeit	
Dauer der Frostperiode	bis -30%	- tags	weniger
Gegenstrahlung	bis +10%	- nachts	mehr
UV-Strahlung		Nebel	
im Sommer	bis -90%	- Großstadt	weniger
im Winter	bis -30%	- Kleinstadt	mehr
Sonnenscheindauer		Niederschlag	
im Sommer	bis -8%	- Regen	mehr (leeseitig)
im Winter	bis -10%	- Schnee	weniger
Verdunstung	-60% bis -30%	- Tauabsatz	weniger
		- Gesamtbetrag	bis +10%
Sensibler Wärmestrom	bis +50%	Bioklima	
Wärmespeicherung im Untergrund und in Bauwerken	bis +40%	Vegetationsperiode	Bis zu zehn Tage länger
Lufttemperatur		Luftverunreinigungen	
- Jahresmittel	~ + 2 K	- CO, NO _x , AVOC, PAN	Mehr
- Winterminima	bis +10 K	- Ozon	Weniger
- in Einzelfällen	bis +15 K		(Spitzen höher)

Tabelle A1.2: Wahrscheinliche Ursachen für die Ausbildung von Wärmeinseln in der Stadthindernisschicht (1-7) und Stadtgrenzschicht (8-11) (Quelle: Sukopp und Wittig 1993, 136)

	Faktoren der städtischen Energiebilanz, die zu einer positiven Wärmeanomalie führen	Entsprechende Einflussgrößen mit ihren Auswirkungen auf die städtische Energiebilanz
1	Erhöhte Absorption kurzwelliger Strahlung	Luftverunreinigung, Straßenschluchtengeometrie – Erhöhung der Oberflächen- und Mehrfachreflexion
2	Erhöhte langwellig Gegenstrahlung	Luftverunreinigung – größere Absorption und Reemission
3	Verringerte langwellige Ausstrahlung	Straßenschluchtgeometrie – Herabsetzung des Himmelssichtfaktors (Sky View Factor)
4	Anthropogene Wärmequellen	Siedlungs- und verkehrsbedingte Abwärme
5	Erhöhte Speicherung sensibler Wärme	Baumaterialien – große Oberfläche – hohe Wärmeübergangszahlen und -kapazitäten
6	Verminderte Evapotranspiration	Baumaterialien – erhöhte Oberflächenversiegelung
7	Verminderter turbulenter Gesamtwärmetransport	Dreidimensionaler Stadtaufbau – Herabsetzung der Windgeschwindigkeit
8	Anthropogene Wärmequellen	Industrielle und siedlungsbedingte Wärmeemittenten
9	Erhöhung des sensiblen Wärmetransports von unten	Wärmeinsel der Stadthindernisschicht (Wärmefluß von innerstädtischen Flächen des Boden- und Dachniveaus)
10	Erhöhung des sensiblen Wärmetransports von oben	Wärmeinsel der Stadtgrenzschicht, Dunstglocke, Turbulenzzunahme, Konvektion von Abgasen
11	Zunahme der Absorption kurzwelliger Strahlung	Luftverunreinigung – verstärkte Absorption gas- und partikelförmiger Spurenstoffe

Tabelle A1.3: Aspekte der potenziellen Folgen des Klimawandels für Städte in Deutschland (Quelle: Hartz 2011)

Handlungsfeld / Sektor	Potenzielle Wirkfolgen des Klimawandels auf den urbanen Raum in Deutschland
Menschliche Gesundheit	<ul style="list-style-type: none"> - sinkender thermischer Komfort - Hitze und Kälte bedingte Todesfälle - steigende Gefahr von vektorbasierten Krankheiten - steigende Gefährdung durch Extremereignisse
Freiräume und Grünflächen	<ul style="list-style-type: none"> - steigender Bedarf an Kaltluftentstehungsgebieten - steigender Bedarf an Erholungsflächen - veränderte Ansprüche an die Ausgestaltung von Freiflächen (z.B. Schattenplätze, Wasserfläche) - steigende Ansprüche an multifunktionale Nutzbarkeit, z.B. für Retention - Veränderung des Pflegebedarfs (insb. Bewässerung) - Veränderung der Eignung von Pflanzen (z.B. Straßenbäume) - Veränderung der Biodiversität
Lufthygiene	<ul style="list-style-type: none"> - steigende Konzentration toxischer Stoffe (z.B. Ozon) - steigende olfaktorische Belastungen - steigender Bedarf an Frischluftentstehungsgebieten

ANHANG 2: URBANE ENERGIEBILANZ

Die **Wärmebilanz** (1) setzt sich unter der Voraussetzung von Advektions- und Niederschlagsarmut zusammen aus:

$$Q^* + Q_{\text{met}} + Q_{\text{anthr}} + Q_{\text{H}} + Q_{\text{E}} + Q_{\text{B}} = 0 \quad (\text{W/m}^2) \quad (1)$$

mit

- Q^* = Strahlungsbilanz
- Q_{met} = metabolische Wärmeflussdichte (von Organismen biochemisch erzeugte Wärme; sehr gering)
- Q_{anthr} = anthropogene Wärmeflussdichte (Abwärme von Kfz, Kraftwerken und privaten Haushalten; hoch)
- Q_{H} = turbulente fühlbare Wärmeflussdichte
- Q_{E} = turbulente latente Wärmeflussdichte
- Q_{B} = Bodenwärmeflussdichte (Wärmespeicherung/-leitfähigkeit von Baumaterialien; bis zu 40%, diese Wärme steht dann zeitweise nicht für andere Prozesse z.B. Lufterwärmung zur Verfügung)

(alle in W/m^2)

Strahlungsbilanz (2):

$$Q^* = K_{\downarrow} + K_{\uparrow} + L_{\downarrow} + L_{\uparrow} + L_{\uparrow_{\text{refl}}} \quad (\text{W/m}^2) \quad (2)$$

mit

- Q^* = Strahlungsbilanz
- K_{\downarrow} = direkte und diffuse Globalstrahlungsflussdichte
- K_{\uparrow} = Kurzwellige Reflexion ($=K_{\downarrow} \cdot$ kurzwellige Albedo)
- L_{\downarrow} = langwellige atmosphärische Gegenstrahlung
- L_{\uparrow} = langwellige Ausstrahlung
- $L_{\uparrow_{\text{refl}}}$ = langwellige Reflexion ($=L_{\uparrow} \cdot (1-\text{langwelliger Emissionsgrad})$)

(alle in W/m^2)

(Quelle: Kuttler 2013, 220)

ANHANG 3: FORSCHUNGSERGEBNISSE ZUR KLIMAWIRKSAMKEIT UNTERSCHIEDLICHER FLÄCHENTYPEN

Tabelle A3.1: Relativer Vergleich des thermischen Reduktionspotenzials durch Umwandlung versiegelter in natürliche Flächen durch Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit (versiegelt zu Bewuchs oder Wasserflächen) (Quelle: eigene Darstellung basierend auf Müller 2013, 118)

sehr hoch	Park WG 3 m/s; Wasser WG 3 m/s; Ist-Zustand WG 3 m/s; Park WG 2 m/s; Wasser WG 2 m/s; Ist-Zustand WG 2 m/s
hoch	Park WG 1 m/s; Wasser WG 1 m/s; Ist-Zustand WG 1 m/s
mäßig	Wald 1 ha, Park BF hoch, Park BF gering, Park 1 ha
gering	Wasser 1 ha, Gras 1 ha, Dachbegrünung, Park 0.5 ha, Wasser 0.5 ha

WG = Windgeschwindigkeit; Indikator für mögliche Abkühlung

Tabelle A3.2: Average and maximum PET reduction effects of all scenarios in relation to the base case ($PET_{plan\ scenario} - PET_{base\ case}$) along x-profile ($y=288m, z=2m$) at 4 CET (Quelle: Müller et al. 2014a, 249)

Plan scenarios	Average reduction effect in K	Maximum reduction effect in K
Albedo	0,00	-0,07
Roof greening in whole area	-0,02	-0,14
Water 0.4 ha	-0,10	-2,54
Park 0.4 ha	-0,21	-2,75
Water 1 ha	-0,39	-3,80
Grass 1 ha	-0,43	-3,90
Park SM high	-0,46	-3,56
Park SM low	-0,48	-3,82
Park 1 ha	-0,51	-3,69
Forest 1 ha	-0,55	-3,58
Base c. WS 2 m/s	-1,26	-1,70
Water WS 2 m/s	-1,65	-5,28
Park WS 2 m/s	-1,69	-5,02
Base c. WS 3 m/s	-1,86	-2,57
Water WS 3 m/s	-2,23	-5,76
Park WS 3 m/s	-2,24	-5,64

Tabelle A3.3: Average and maximum PET reduction effects of all scenarios in relation to the base case ($PET_{plan\ scenario} - PET_{base\ case}$) along x-profile ($y=288m, z=2m$) at 16 CET (Quelle: Müller 2014a, 250).

Plan scenarios	Average reduction effect in K	Maximum reduction effect in K
Water 0.4 ha	0,67	-0,92
Grass 1 ha	0,59	-12,46
Park SM low	0,45	-11,42
Water 1 ha	0,42	-14,90
Park 0,4 ha	0,30	-1,51
Park 1 ha	0,10	-12,00
Albedo	-0,02	-0,42
Roof greening whole area	-0,16	-2,44
Park SM high	-0,31	-14,21
Forest 1 ha	-0,86	-24,08
Water WS 2 m/s	-1,17	-15,01
Park WS 2 m/s	-1,52	-12,85
Water WS 3 m/s	-1,72	-15,04
Base c. WS 2 m/s	-1,72	-5,13
Park WS, 3 m/s	-2,06	-13,88
Base c. WS 3 m/s	-2,34	-7,19

Bei einem Vergleich der Tabellen A3.2 und A3.3 wird offenbar, dass sich von Taglastfall (16 CET) zu Nachtlastfall (4 CET) die Effekte bei einigen Flächentypen stark unterscheiden.

Nachfolgend werden weitere Wirkweisen (Aspekt 1) für die in Kapitel 4.5.1 vorgestellte Ebene 1 „Temperatur des Habitats“ aufgelistet. Diese können für die Bestimmung möglicher Anpassungsoptionen mit den Ansatzpunkten (Aspekt 2) verschnitten werden.

Temperatur senken:

1. Kaltluftproduktion

(a) Wasser:

- a. Vertiefung bestehender Gewässer
- b. Wasserzufluss in Gewässer erhöhen
- c. Verringerung Evapotranspiration (bestehende Gewässer)
- d. Verringerung Wasserentnahme (bestehende Gewässer)
- e. Verringerung der Einleitung von Warmwasser
- f. ?

(b) Bepflanzung:

- a. Erhöhung des Bewuchses auf Flächen mit Grünanteil
- b. Änderung des Bewuchses (klimaangepasst; anderer Wuchs)
- c. Begrünung durch Rauminstallationen
- d. Künstliche Bewässerung während Hitzeperioden
- e. ?

(c) Technik:

- a. Technische Außenraumkühlung
- b. ?

2. Kaltluftleitung

(a) Neue Leitbahnen:

- a. Entfernung kleiner natürlicher Barrieren (Außenbereich)
- b. Entfernung kleiner natürlicher Barrieren (Innenbereich)
- c. Entfernung größerer natürlicher Barrieren (Außenbereich)
- d. Entfernung größerer natürlicher Barrieren (Innenbereich)
- e. Künstliche Leitbahnen durch Erdbewegung anlegen
- f. Vernetzung bestehender und neuer Grünflächen
- g. Wärmeabstrahlung von Flächen (in Kaltluftleitbahnen) reduzieren

- h. Abwärmequellen (in Kaltluftleitbahnen) verringern
 - i. Kaltluftleitung unterbindende Luftströme umleiten
 - j. ?
- (b) Ertüchtigung / Optimierung bestehender Leitbahnen
- Analog zu „Neue Leitbahnen“
- (c) Abfluss vermeiden
- a. Kaltluftabfluss durch Geländemodellierung verhindern
 - b. ?
- (d) Kaltluft gezielt nutzen
- a. ?

Aufheizung vermeiden:

Verschattung

- (a) Bäume und Gehölze:
- a. ?
- (b) Albedo
- a. Albedo von Fahrbahn-/Straßenraumbelägen erhöhen
 - b. Reduktion des Anteils an Fahrzeugen mit dunklen Farben im Stadtraum
 - c. ?
- (c) Materialaufheizung
- a. Austausch von Materialien mit hoher Wärmespeicherkapazität
 - b. Aufbringung von „cool colours“
 - c. ?

ANHANG 5: BESTIMMUNG DER SCHUTZGUTRELEVANZ FÜR KET-KOMPONENTE 3 FÜR DIE BEREICHE „FLÄCHEN“, „STRAßENRAUM“ UND „ANLAGEN“

Zur Bestimmung der Schutzgutrelevanz von Flurstücksteilflächen (Bereich „Flächen“) und Gebäuden (Bereich „Anlagen“) werden fünf Einzelkriterien geprüft. Die Kriterien und deren Erfüllungsbedingungen sind Tabelle A5.2 zu entnehmen. Für jedes der fünf Kriterien wird ein sogenannter Vorläuferpunkt vergeben, wenn ein Prüfobjekt das Kriterium nicht erfüllt, oder kein Punkt, wenn das Kriterium erfüllt ist. Jedes Prüfobjekt kann damit Null bis maximal fünf Vorläuferpunkte erreichen. Diese werden mittels des aus Tabelle A5.1 ersichtlichen Schlüssels zu einem Gesamtwert der Schutzgutrelevanz verrechnet, von sehr schutzgutrelevant (kein Priorisierungsabschlag) bis eingeschränkt relevant in zwei Abstufungen (Priorisierungsabschläge mit Wert 1 oder 2).

Die Bestimmung der Schutzgutrelevanz von Straßenabschnittsteilflächen (Bereich „Straßenraum“) erfolgt nach einem ähnlichen Schema, allerdings werden datenbedingt hier nur zwei Kriterien geprüft (siehe dazu Tabelle A5.2), wobei für das Kriterium 1 (Zugehörigkeit eines Prüfobjekts zu einem Stadtteil) kein oder ein Vorläuferpunkt vergeben wird und für das Kriterium 2 (Flächentyp) null bis zwei Punkte, so dass ein Prüfobjekt hier maximal drei Vorläuferpunkte erreichen kann. Diese werden mittels eines Umrechnungsschlüssels zum Grad der Schutzgutrelevanz verrechnet (siehe dazu Tabelle A5.2).

Tabelle A5.1: Umrechnungsschlüssel zur Bestimmung der Schutzgutrelevanz

	Bereiche „Flächen“ und „Anlagen“	Bereich „Straßenraum“
Summe Vorläuferpunkte aus der Kriterienprüfung	Grad der Schutzgutrelevanz/Priorisierungsabschläge	Grad der Schutzgutrelevanz
0 bis 1	Hohe Schutzgutrelevanz (kein Priorisierungsabschlag/Einschränkung)	Hohe Schutzgutrelevanz (kein Priorisierungsabschlag/Einschränkung)
2 bis 3	Eingeschränkte Schutzgutrelevanz Stufe 1 (Priorisierungsabschlag/Einschränkung mit Wert 1)	Eingeschränkte Schutzgutrelevanz Stufe 1 (Priorisierungsabschlag/Einschränkung mit Wert 1)
4 bis 5	Eingeschränkte Schutzgutrelevanz Stufe 2 (Priorisierungsabschlag/Einschränkung mit Wert 2)	

Tabelle A5.2: Prüfkriterien zur Bestimmung der Schutzgutrelevanz und Erfüllungsbedingungen

Nr.	Kriterium und Daten	Erfüllungsbedingungen		
		Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
1	<p>Lage im Stadtgefüge (zentral = schutzgutrelevant, peripher = nur bedingt schutzgutrelevant)</p> <p>Das Kriterium wird geprüft anhand (Daten/Attribute): Zugehörigkeit der Fläche zu einem Stadtteil</p>	<p>Das Kriterium ist erfüllt, wenn die Fläche im Stadtteil „Mitte“ liegt</p>	<p>Analog zum Bereich „Flächen“</p>	<p>Analog zum Bereich „Flächen“</p>
2	<p>Aufenthalt vieler Personen über längere Zeiträume mit eingeschränkter Möglichkeit des Ausweichens (ist primär der Fall bei Wohnen und Arbeiten/Lernen)</p> <p>Das Kriterium wird für die Bereiche „Flächen“ und „Anlagen“ geprüft anhand (Daten/Attribute): (a) Anzahl Wohnungen auf einer Fläche (b) Gebäudefunktion</p> <p>Das Kriterium wird für den Bereich „Straßenraum“ geprüft anhand (Daten/Attribute): Flächentyp</p>	<p>Das Kriterium ist erfüllt, (a) wenn sich auf der Fläche mindestens 4 Wohnungen befinden und/oder (b) wenn sich auf der Fläche eine der folgenden Gebäudefunktionen befindet:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Rathaus (1112) – Verwaltungsgebäude (1119) – Schulgebäude (1121) – Hochschulgebäude (1123) – Forschungsinstitut (1124) – Bibliotheksgebäude (1137) – Krankenhausgebäude (1151) – Kindergarten (1165) – Polizeigebäude (1171) – Feuerwehrgebäude (1172) – Justizvollzugsanstaltsgebäude (1175) – Altersheim (1372) – Heim (1379) – Geschäftshaus (1409) – Bürogebäude (1411) – Messegebäude (1451) – Betriebsgebäude (1709) – Fabrikgebäude (1711) – Werkstattgebäude (1721) – Wohn- und Verwaltungsgebäude (1811) – Wohn- und Geschäftshaus (1841) – Wohn- und Bürogebäude (1842) – Wohn- und Betriebsgebäude (1851) – Wirtschaftsgebäude (2729) – Kurgebäude, allgemein (2840) – Sanatoriumsgebäude (2842) – Kurmittelgebäude (2849) 	<p>Das Kriterium ist voll erfüllt (kein Vorläuferpunkt), wenn die Straßenabschnittsteifläche einem der folgenden Flächentypen zugehört:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fußgängerzone – Gehweg – Mischfläche – Öffentlicher Platz <p>Das Kriterium ist bedingt erfüllt (ein Vorläuferpunkt), wenn die Straßenabschnittsteifläche einem der folgenden Flächentypen zugehört:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Parkbucht – Parkplatz <p>Das Kriterium ist nicht erfüllt (zwei Vorläuferpunkte), wenn die Straßenabschnittsteifläche einem der folgenden Flächentypen zugehört</p> <ul style="list-style-type: none"> – Begleitgrün – Schutzstreifen – Erdweg – Spurweg – Fahrbahn (in KET-Komponente 1 ohnehin ausselektiert) 	<p>Analog zum Bereich „Flächen“</p>
3	<p>Temporärer/kurzfristiger Aufenthalt vieler Personen (hohe Frequenzierung)</p>	<p>Das Kriterium ist erfüllt, (a) wenn die Fläche eine der folgenden Nutzungsarten (NA) aufweist:</p>		<p>Keine Berücksichtigung der Nutzungsart (NA) bei der Kriterienprüfung, ansonsten analog zum Bereich „Flächen“.</p>

		Erfüllungsbedingungen		
		Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
Nr.	Kriterium und Daten			
	Das Kriterium wird geprüft anhand (Daten/Attribute): (a) Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung (Nutzungsart) (b) Gebäudefunktion	<ul style="list-style-type: none"> – Gebäude- und Freifläche Öffentliche Zwecke (GFÖ) – Gebäude- und Freifläche Handel und Dienstleistungen (GFHW) – Gebäude- und Freifläche Erholung(GFE) – Sportfläche (SPO) – Grünanlage (ANL) – Campingplatz (CP) – Erholungsfläche, nicht weiter untergliedert (kein Kürzel) – Platz (PL) – Historische Anlage (HIST) – Friedhof (FHF) <p>und/oder</p> <p>(b) wenn sich auf der Fläche eine der folgenden Gebäudefunktionen befindet:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Rathaus (1112) – Postamt (1113) – Gerichtsgebäude (1115) – Hochschulgebäude (1123) – Forschungsinstitut (1124) – Museumsgebäude (1134) – Veranstaltungsgebäude (1136) – Bibliotheksgebäude (1137) – Gemeindehaus (1144) – Krankenhausgebäude (1151) – Friedhofsgebäude (1189) – Empfangsgebäude (1199) – Bürogebäude (1411) – Messegebäude (1451) – Hotel (1461) – Jugendherberge (1462) – Gaststätte (1471) – Vergnügungsstätte (1489) – Fabrikgebäude (1711) – Wohn- und Geschäftshaus (1841) – Wartehalle (2312) – Sporthalle (2811) – Sportgebäude (2919) – Hallenbad (2821) – Badegebäude (2829) – Gartenhaus (2863) – Zoogebäude (2879) 		
4	Aufenthalt vieler sensibler Personen Das Kriterium wird geprüft anhand (Daten/Attribute): Gebäudefunktion	<p>Das Kriterium ist erfüllt, wenn sich auf der Fläche eine der folgenden Gebäudefunktionen befindet:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Schulgebäude (1121) – Krankenhausgebäude (1151) – Kindergarten (1165) 		Analog zum Bereich „Flächen“

		Erfüllungsbedingungen		
		Bereich „Flächen“	Bereich „Straßenraum“	Bereich „Anlagen“
Nr.	Kriterium und Daten			
		<ul style="list-style-type: none"> – Altersheim (1372) – Heim (1379) – Kurbau, allgemein (2840) – Sanatoriumsgebäude (2842) – Kurmittelgebäude (2849) 		
5	<p>Lokalisation sensibler Prozesse und/oder Waren und Güter und/oder Gebäude</p> <p>Das Kriterium wird geprüft anhand (Daten/Attribute): Gebäudefunktion</p>	<p>Das Kriterium ist erfüllt, wenn sich auf der Fläche eine der folgenden Gebäudefunktionen befindet:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Forschungsinstitut (1124) – Krankenhausgebäude (1151) – Fabrikgebäude (1711) – Lagergebäude (1749) – Energieversorgungsgebäude (2509) – Umformer (2523) 		Analog zum Bereich „Flächen“

**ANHANG 6: DEFINIERTE MINDESTGRÖßEN FÜR KET-KOMPONENTE 4 FÜR DIE BEREICHE „FLÄCHEN“, „STRAßENRAUM“
UND „ANLAGEN“**

Bereich	Anpassungsoption	Definierte Mindestgröße in m ²
Flächen	Flächenbegrünung	≥ 20
	Anlegen von Wasserflächen	≥ 100
	Baumpflanzungen	≥ 20
	Teilentsiegelung	≥ 10
Straßenraum	Flächenbegrünung	≥ 10
	Bäume	≥ 10
Anlagen	Dachbegrünung	≥ 10

ANHANG 7: SELEKTIONEN/KLASSIFIZIERUNGEN FÜR KET-KOMPONENTE 1 FÜR DEN BEREICH „FLÄCHEN“

Tabelle A7 zeigt die in KET-Komponente 1 anhand der Nutzungsart (NA) von Flurstücksteilflächen vorgenommenen Selektionen/Klassifizierungen zu der Prüffrage: Ist die Fläche zur Realisierung der Anpassungsoption prinzipiell geeignet?

Die Zellen für die zutreffenden KET-Antwortoptionen sind farbig markiert. Alle Flurstücksteilflächen ohne NA-Attribut werden mit einem Unsicherheitsvermerk versehen und der nächsten KET-Komponente zugeführt.

Tabelle A7: Selektionen/Klassifizierungen KET-Komponente 1, Bereich „Flächen“

Kennung	Nutzungsart (NA)	Flächenbegrünung			Anlegen von Wasserflächen			Baumpflanzungen			Teilentsiegelung		
		JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT	JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT	JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT	JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT
	Gebäude und Freifläche (100er Positionen)												
GFÖ	Gebäude- und Freifläche Öffentliche Zwecke	Green			Green			Green					Red
GFW	Gebäude- und Freifläche Wohnen	Green					Red	Green			Green		
GFHW	Gebäude- und Freifläche Handel und Dienstleistungen	Green			Green			Green					Red
GFGI	Gebäude- und Freifläche Gewerbe und Industrie	Green					Red	Green			Green		
	Gebäude und Freifläche (200er Positionen)												
	Gebäude- und Freifläche Mischnutzung mit Wohnen	Green			Green			Green				Light Green	
	Gebäude- und Freifläche zu Verkehrsanlagen	Green					Red	Green			Green		
GFV	Gebäude- und Freifläche zu Versorgungsanlagen	Green					Red	Green			Green		
GFES	Gebäude- und Freifläche zu Entsorgungsanlagen	Green					Red	Green			Green		
GFLF	Gebäude- und Freifläche Land- und Forstwirtschaft			Red			Red			Red			Red
GFE	Gebäude- und Freifläche Erholung	Green			Green			Green					Red
	Gebäude- und Freifläche ungenutzt	Green				Light Green		Green					Red
BPL	Bauplatz		Light Green				Red		Light Green				Red
	Gebäude- und Freifläche, nicht weiter untergliedert		Light Green			Light Green			Light Green			Light Green	
	Betriebsfläche (300er Positionen)												
ABL	Betriebsfläche Abbau- und Bauland			Red			Red			Red			Red

Kennung	Nutzungsart (NA)	Flächenbegrünung			Anlegen von Wasserflächen			Baumpflanzungen			Teilentsiegelung		
		JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT	JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT	JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT	JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT
HAL	Betriebsfläche Halde			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT
LPL	Betriebsfläche Lagerplatz	JA					NEIN > EXIT	JA			JA		
BFES	Betriebsfläche Versorgungsanlage	JA					NEIN > EXIT	JA			JA		
	Betriebsfläche Entsorgungsanlage						NEIN > EXIT						
	Betriebsfläche ungenutzt	JA					NEIN > EXIT	JA					NEIN > EXIT
	Betriebsfläche, nicht weiter untergliedert		UNSICHER, weil Attribut unklar				NEIN > EXIT		UNSICHER, weil Attribut unklar			UNSICHER, weil Attribut unklar	
	Erholungsfläche (400er Positionen)												
SPO	Sportfläche			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT	JA		
ANL	Grünanlage						NEIN > EXIT	JA					NEIN > EXIT
CP	Campingplatz			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT	JA			JA		
	Erholungsfläche, nicht weiter untergliedert			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT		UNSICHER, weil Attribut unklar			UNSICHER, weil Attribut unklar	
	Verkehrsfläche (500er Positionen)												
S	Straße [wird im Bereich „Straßenraum“ berücksichtigt]			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT
WEG	Weg [wird im Bereich „Straßenraum“ berücksichtigt]			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT
PL	Platz	JA			JA			JA			JA		
PPL	Parkplatz	JA					NEIN > EXIT	JA			JA		
BGL	Bahngelände			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT
FPL	Flugplatz			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT
HFN	Schiffsverkehr (unbebaute Flächen zu Lande)	JA					NEIN > EXIT	JA					NEIN > EXIT
	Verkehrsfläche ungenutzt	JA				UNSICHER, weil Attribut unklar		JA			JA		
	Verkehrsbegleitfläche			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT	JA		
	Verkehrsfläche, nicht weiter untergliedert		UNSICHER, weil Attribut unklar				NEIN > EXIT		UNSICHER, weil Attribut unklar		JA		
	Landwirtschaftsfläche (600er Positionen)												
A	Ackerland			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT
GR	Grünland			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT
G	Gartenland			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT
WG	Weingarten			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT			NEIN > EXIT

Kennung	Nutzungsart (NA)	Flächenbegrünung			Anlegen von Wasserflächen			Baumpflanzungen			Teilentsiegelung		
		JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT	JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT	JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT	JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT
MO	Moor												
Hei	Heide												
	Obstanbaufläche												
	Landwirtschaftliche Betriebsfläche												
BR	Brachland												
	Landwirtschaftsfläche, nicht weiter untergliedert												
	Waldfläche (700er Positionen)												
LH	Laubwald												
NH	Nadelwald												
LNH	Mischwald												
GEH	Gehölz												
	Forstwirtschaftliche Betriebsfläche												
	Waldfläche, nicht weiter untergliedert												
	Wasserfläche (800er Positionen)												
FLUSS	Fluss												
WAA	Altwasser												
WAK	Kanal												
WAH	Hafen												
BACH	Bach												
WAG	Graben												
SEE	See												
	Küstengewässer												
WAT	Teich, Weiher												
WASU	Sumpf												
	Wasserfläche, nicht weiter untergliedert												
	Flächen anderer Nutzung (900er Positionen)												
ÜB	Übungsgelände												

Kennung	Nutzungsart (NA)	Flächenbegrünung			Anlegen von Wasserflächen			Baumpflanzungen			Teilentsiegelung		
		JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT	JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT	JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT	JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT
SFL	Schutzfläche												
HIST	Historische Anlage												
FHF	Friedhof												
U	Unland												
	Flächen anderer Nutzung, nicht weiter untergliedert												

ANHANG 8: SELEKTIONEN/KLASSIFIZIERUNGEN FÜR KET-KOMPONENTE 2 FÜR DEN BEREICH „FLÄCHEN“

Tabelle A8 zeigt die in KET-Komponente 2 anhand der Versiegelungsgrade von Flurstücksteilflächen, angezeigt durch die Daten zur gesplitteten Abwassergebühr (GAG), vorgenommenen Selektionen/Klassifizierungen zu der Prüffrage: Ist es aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit der Fläche möglich, durch die Realisierung der Anpassungsoption einen klimatischen Anpassungseffekt zu erzeugen?

Die Zellen der für eine NA jeweils zutreffenden KET-Antwortoptionen sind farbig markiert. Alle Flurstücksteilflächen ohne GAG-Attribut werden der nächsten KET-Komponente zugeführt und mit einem Unsicherheitsvermerk versehen; zusätzlich werden solche Flächen unter Annahme, dass diese im Regelfall nicht voll versiegelt sind, mit einem Priorisierungsabschlag (Wert 1) belegt. Ebenfalls mit einem Unsicherheitsvermerk und einem Priorisierungsabschlag (Wert 1) werden Flächen mit dem GAG-Attribut „Baustelle“ versehen, wodurch ein zukünftig (nach Abschluss der Bauarbeiten) starker Versiegelungsgrad angenommen und der diesbezüglichen Unsicherheit Rechnung getragen wird.

Tabelle A8: Selektionen/Klassifizierungen KET-Komponente 2, Bereich „Flächen“

GAG-Attribute (Indikator für Oberflächenbe- schaffenheit)	Flächenbegrünung					Anlegen von Wasserflä- chen					Baumpflanzungen					Teilentseiegelung				
	JA	BEDINGT 1	BEDINGT 1; UNSICHER	BEDINGT 2	NEIN > EXIT	JA	BEDINGT 1	BEDINGT 1; UNSICHER	BEDINGT 2	NEIN > EXIT	JA	BEDINGT 1	BEDINGT 1; UNSICHER	BEDINGT 2	NEIN > EXIT	JA	BEDINGT 1	BEDINGT 1; UNSICHER	BEDINGT 2	NEIN > EXIT
Baustelle																				
Gründach																				
Standarddach																				
unversiegelt																				
voll versiegelt																				
stark versiegelt																				
wenig versiegelt																				

ANHANG 9: FUNKTIONSSPEZIFISCHE ABSCHLÄGE FÜR KET-KOMPONENTE 4 FÜR DEN BEREICH „FLÄCHEN“, VERSIEGELTE FLÄCHEN

Tabelle A9 zeigt für die Anpassungsoptionen des Bereichs „Flächen“ die in KET-Komponente 4 anhand der Nutzungsarten (NA) definierten funktionspezifischen Abschläge für versiegelte Flächen. Aufgeführt sind die von den jeweiligen Flächengrößen abzuziehenden Prozentwerte, die in Abhängigkeit dreier Größenklassen variieren.

Sofern für eine NA kein Wert eingetragen ist, wird diese für die jeweilige Anpassungsoption in KET-Komponente 1 bereits ausselektiert. Alle Flurstücksteilflächen ohne NA-Attribut werden mit einem Unsicherheitsvermerk versehen und der nächsten KET-Komponente zugeführt. Als Abschläge werden dabei Werte angesetzt, die sich an denen für die Nutzungsarten der Gruppe „Gebäude und Freifläche“ orientieren.

Tabelle A9: Funktionsspezifische Abschläge für KET-Komponente 4, Bereich „Flächen“, versiegelte Flächen

Kennung	Nutzungsart (NA)	Flächenbegrünung			Anlegen von Wasserflächen			Baumpflanzungen			Teilentseigelung		
		Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²	Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²	Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²	Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²
	Flächen ohne Information zur Nutzungsart	85	80	75	85	80	75	80	75	70	85	80	75
	Gebäude und Freifläche (100er Positionen)												
GFÖ	Gebäude- und Freifläche Öffentliche Zwecke	80	75	65	80	75	65	75	70	60			
GFW	Gebäude- und Freifläche Wohnen	80	75	65				75	70	60	75	70	60
GFHW	Gebäude- und Freifläche Handel und Dienstleistungen	85	80	75	85	80	75	85	80	75			
GFGI	Gebäude- und Freifläche Gewerbe und Industrie	80	75	65				75	70	60	60	55	50
	Gebäude und Freifläche (200er Positionen)												
	Gebäude- und Freifläche Mischnutzung mit Wohnen	80	75	65	80	75	65	75	70	60	75	70	60
	Gebäude- und Freifläche zu Verkehrsanlagen	80	75	65				80	75	70	60	55	50
GFV	Gebäude- und Freifläche zu Versorgungsanlagen	65	60	55				60	55	50	60	55	50
GFES	Gebäude- und Freifläche zu Entsorgungsanlagen	65	60	55				60	55	50	60	55	50

Kennung	Nutzungsart (NA)	Flächenbegrünung			Anlegen von Wasserflächen			Baumpflanzungen			Teilentsiegelung		
		Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²	Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²	Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²	Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²
GFLF	Gebäude- und Freifläche Land- und Forstwirtschaft												
GFE	Gebäude- und Freifläche Erholung	85	80	70	85	80	70	80	75	65			
	Gebäude- und Freifläche ungenutzt	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
BPL	Bauplatz	80	75	65				75	70	60			
	Gebäude- und Freifläche, nicht weiter untergliedert	80	75	65	80	75	65	75	70	60	75	70	60
	Betriebsfläche (300er Positionen)												
ABL	Betriebsfläche Abbauland												
HAL	Betriebsfläche Halde												
LPL	Betriebsfläche Lagerplatz	75	70	65				70	65	60	60	55	50
	Betriebsfläche Versorgungsanlage	85	80	70				80	75	65	60	55	50
BFES	Betriebsfläche Entsorgungsanlage	85	80	70				80	75	65	60	55	50
	Betriebsfläche ungenutzt	0	0	0				0	0	0			
	Betriebsfläche, nicht weiter untergliedert	80	75	65				75	70	60	60	55	50
	Erholungsfläche (400er Positionen)												
SPO	Sportfläche										85	80	70
ANL	Grünanlage							95	95	95			
CP	Campingplatz							95	95	95	75	70	60
	Erholungsfläche, nicht weiter untergliedert							95	95	95	75	70	60
	Verkehrsfläche (500er Positionen)												
S	Straße [wird im Bereich „Straßenraum“ berücksichtigt]												
WEG	Weg [wird im Bereich „Straßenraum“ berücksichtigt]												
PL	Platz	65	60	55	65	60	55	60	55	50	60	55	50
PPL	Parkplatz	85	80	75				80	75	70	50	45	40
BGL	Bahngelände												

Kennung	Nutzungsart (NA)	Flächenbegrünung			Anlegen von Wasserflächen			Baumpflanzungen			Teilentsiegelung		
		Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²	Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²	Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²	Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²
FPL	Flugplatz												
HFN	Schiffsverkehr (unbebaute Flächen zu Lande)	90	90	85				85	85	80			
	Verkehrsfläche ungenutzt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Verkehrsbegleitfläche										0	0	0
	Verkehrsfläche, nicht weiter untergliedert	85	85	80				85	85	80	75	70	60
	Landwirtschaftsfläche (600er Positionen)												
A	Ackerland												
GR	Grünland												
G	Gartenland												
WG	Weingarten												
MO	Moor												
Hei	Heide												
	Obstanbaufläche												
	Landwirtschaftliche Betriebsfläche	85	85	80				85	85	80			
BR	Brachland												
	Landwirtschaftsfläche, nicht weiter untergliedert	85	85	80				85	85	80			
	Waldfläche (700er Positionen)												
LH	Laubwald												
NH	Nadelwald												
LNH	Mischwald												
GEH	Gehölz												
	Forstwirtschaftliche Betriebsfläche												
	Waldfläche, nicht weiter untergliedert												
	Wasserfläche (800er Positionen)												
FLUSS	Fluss												

Kennung	Nutzungsart (NA)	Flächenbegrünung			Anlegen von Wasserflächen			Baumpflanzungen			Teilentsiegelung		
		Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²	Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²	Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²	Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²
WAA	Altwasser												
WAK	Kanal												
WAH	Hafen												
BACH	Bach												
WAG	Graben												
SEE	See												
	Küstengewässer												
WAT	Teich, Weiher												
WASU	Sumpf												
	Wasserfläche, nicht weiter untergliedert												
	Flächen anderer Nutzung (900er Positionen)												
ÜB	Übungsgelände												
SFL	Schutzfläche										0	0	0
HIST	Historische Anlage	90	90	85	90	90	85	85	85	80	85	85	80
FHF	Friedhof												
U	Unland												
	Flächen anderer Nutzung, nicht weiter untergliedert	85	80	70	85	80	70	80	75	65	75	70	60

ANHANG 10: FUNKTIONSSPEZIFISCHE ABSCHLÄGE FÜR KET-KOMPONENTE 4 FÜR DEN BEREICH „FLÄCHEN“, UNVERSIEGELTE FLÄCHEN

Tabelle A10 zeigt für die Anpassungsoptionen des Bereichs „Flächen“ die in KET-Komponente 4 anhand der Nutzungsarten (NA) definierten funktionspezifischen Abschläge für unversiegelte Flächen. Diese sind nur relevant für die Anpassungsoption „Baumpflanzungen“. Aufgeführt sind die von den jeweiligen Flächengrößen abzuziehenden Prozentwerte, die in Abhängigkeit dreier Größenklassen variieren.

Sofern für eine NA kein Wert eingetragen ist, wird diese für die jeweilige Anpassungsoption in KET-Komponente 1 bereits ausselektiert. Alle Flurstücksteilflächen ohne NA-Attribut werden mit einem Unsicherheitsvermerk versehen und der nächsten KET-Komponente zugeführt. Grundsätzlich wird nur dann ein Abschlag vorgenommen, wenn aufgrund der NA von einer Bewirtschaftung der Fläche auszugehen ist.

Tabelle A10: Funktionsspezifische Abschläge für KET-Komponente 4, Bereich „Flächen“, unversiegelte Flächen

Kennung	Nutzungsart (NA)	Baumpflanzungen		
		Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²
	Flächen ohne Information zur Nutzungsart	0	0	0
	Gebäude und Freifläche (100er Positionen)			
GFÖ	Gebäude- und Freifläche Öffentliche Zwecke	0	0	0
GFW	Gebäude- und Freifläche Wohnen	0	0	0
GFHW	Gebäude- und Freifläche Handel und Dienstleistungen	0	0	0
GFGI	Gebäude- und Freifläche Gewerbe und Industrie	0	0	0
	Gebäude und Freifläche (200er Positionen)			
	Gebäude- und Freifläche Mischnutzung mit Wohnen	0	0	0
	Gebäude- und Freifläche zu Verkehrsanlagen	0	0	0
GFV	Gebäude- und Freifläche zu Versorgungsanlagen	0	0	0
GFES	Gebäude- und Freifläche zu Entsorgungsanlagen	0	0	0
GFLF	Gebäude- und Freifläche Land- und Forstwirtschaft			
GFE	Gebäude- und Freifläche Erholung	0	0	0
	Gebäude- und Freifläche ungenutzt	0	0	0
BPL	Bauplatz	0	0	0
	Gebäude- und Freifläche, nicht weiter untergliedert	0	0	0
	Betriebsfläche (300er Positionen)			
ABL	Betriebsfläche Abbauand			
HAL	Betriebsfläche Halde			

Kennung	Nutzungsart (NA)	Baumpflanzungen		
		Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²
LPL	Betriebsfläche Lagerplatz	70	65	60
	Betriebsfläche Versorgungsanlage	0	0	0
BFES	Betriebsfläche Entsorgungsanlage	0	0	0
	Betriebsfläche ungenutzt	0	0	0
	Betriebsfläche, nicht weiter untergliedert	0	0	0
	Erholungsfläche (400er Positionen)			
SPO	Sportfläche			
ANL	Grünanlage	0	0	0
CP	Campingplatz	95	95	95
	Erholungsfläche, nicht weiter untergliedert	0	0	0
	Verkehrsfläche (500er Positionen)			
S	Straße [wird im Bereich „Straßenraum“ berücksichtigt]			
WEG	Weg [wird im Bereich „Straßenraum“ berücksichtigt]			
PL	Platz	0	0	0
PPL	Parkplatz	0	0	0
BGL	Bahngelände			
FPL	Flugplatz			
HFN	Schiffsverkehr (unbebaute Flächen zu Lande)	0	0	0
	Verkehrsfläche ungenutzt	0	0	0
	Verkehrsbegleitfläche			
	Verkehrsfläche, nicht weiter untergliedert	0	0	0
	Landwirtschaftsfläche (600er Positionen)			
A	Ackerland			
GR	Grünland			
G	Gartenland			
WG	Weingarten			
MO	Moor			
Hei	Heide			
	Obstanbaufläche			
	Landwirtschaftliche Betriebsfläche	85	85	80
BR	Brachland	0	0	0
	Landwirtschaftsfläche, nicht weiter untergliedert	0	0	0
	Waldfläche (700er Positionen)			
LH	Laubwald			
NH	Nadelwald			
LNH	Mischwald			
GEH	Gehölz			

Kennung	Nutzungsart (NA)	Baumpflanzungen		
		Flächen 0-499 m ²	Flächen 500-1999 m ²	Flächen > 2000 m ²
	Forstwirtschaftliche Betriebsfläche			
	Waldfläche, nicht weiter untergliedert			
	Wasserfläche (800er Positionen)			
FLUSS	Fluss			
WAA	Altwasser			
WAK	Kanal			
WAH	Hafen			
BACH	Bach			
WAG	Graben			
SEE	See			
	Küstengewässer			
WAT	Teich, Weiher			
WASU	Sumpf			
	Wasserfläche, nicht weiter untergliedert			
	Flächen anderer Nutzung (900er Positionen)			
ÜB	Übungsgelände			
SFL	Schutzfläche			
HIST	Historische Anlage	85	85	80
FHF	Friedhof			
U	Unland			
	Flächen anderer Nutzung, nicht weiter untergliedert	0	0	0

ANHANG 11: SELEKTIONEN/KLASSIFIZIERUNGEN FÜR KET-KOMPONENTE 1 FÜR DEN BEREICH „STRAßENRAUM“

Tabelle A11 zeigt die in KET-Komponente 1 anhand der Attribute „Straßenart“ und „Flächentyp“ vorgenommenen Selektionen/Klassifizierungen zu der Prüffrage: Ist die Straßenabschnittsteilfläche zur Realisierung der Anpassungsoption prinzipiell geeignet? Die Tabellen gelten sowohl für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ als auch für die Option „Baumpflanzungen“.

Die jeweils zutreffenden KET-Antwortoptionen respektive Zellen sind farbig markiert. Flächen, für die kein Attribut vorliegt, werden mit einem Unsicherheitsvermerk versehen und der nächsten KET-Komponente zugeführt.

Tabelle A11: Selektionen/Klassifizierungen KET-Komponente 1, Bereich „Straßenraum“

Straßenart	KET-Antwortoption
Bundes-/Landesstrassen	NEIN > EXIT
Landesstrassen	JA
Gemeindestrassen	JA
Wirtschaftsweg	JA
Fußweg	JA
Autobahn	NEIN > EXIT
Nicht zugewiesen	UNSICHER

FID	Flächentyp	KET-Antwortoption
1	Begleitgrün	JA
2	Busbucht	NEIN > EXIT
3	Erdweg	NEIN > EXIT
4	Fahrbahn	NEIN > EXIT
5	Fußgängerzone	JA
6	Gehweg	JA
7	Mischfläche	JA
8	Öffentlicher Platz	JA
9	Parkbucht	JA
10	Parkplatz	JA
11	Radweg	NEIN > EXIT
12	Schutzstreifen	JA
13	Spurweg	NEIN > EXIT
14	Treppe	NEIN > EXIT
15	Verkehrinsel	NEIN > EXIT
16	Weg mit Treppe	NEIN > EXIT

ANHANG 12: SELEKTIONEN/KLASSIFIZIERUNGEN FÜR KET-KOMPONENTE 2 FÜR DEN BEREICH „STRAßENRAUM“

Tabelle A12 zeigt die in KET-Komponente 2 anhand der Attribute „Belag“ und „Flächentyp“ vorgenommenen Selektionen/Klassifizierungen zu der Prüffrage: Ist es aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit möglich, durch die Realisierung der Anpassungsoption einen klimatischen Anpassungseffekt zu erzeugen? Die Tabellen gelten sowohl für die Anpassungsoption „Flächenbegrünung“ als auch für die Option „Baumpflanzungen“.

Alle Flächen, für die die entsprechenden Attribute nicht vorliegen oder die Attributsausprägungen unklar sind (hier der Fall bei der Belagsart „Sonstige“), werden der nächsten KET-Komponente zugeführt und mit einem Unsicherheitsvermerk versehen. Sofern für eine Attributsausprägung keine Antwortoption eingetragen ist, wird diese in KET-Komponente 1 bereits ausselektiert.

Tabelle A12: Selektionen/Klassifizierungen KET-Komponente 2, Bereich „Straßenraum“

FID	Belagsart	KET-Antwortoption
1	Asphalt	JA
2	Pflaster/Platten	JA
3	Betondecke	JA
4	Oberflächenbehandlung	JA
5	Sonstige	UNSICHER

FID	Flächentyp	KET-Antwortoption
1	Begleitgrün	NEIN > EXIT
2	Busbucht	JA
3	Erdweg	
4	Fahrbahn	JA
5	Fußgängerzone	JA
6	Gehweg	JA
7	Mischfläche	JA
8	Öffentlicher Platz	JA
9	Parkbucht	JA
10	Parkplatz	JA
11	Radweg	JA
12	Schutzstreifen	JA
13	Spurweg	
14	Treppe	JA
15	Verkehrinsel	JA
16	Weg mit Treppe	JA

ANHANG 13: FUNKTIONSSPEZIFISCHE ABSCHLÄGE FÜR KET-KOMPONENTE 4 FÜR DEN BEREICH „STRAßENRAUM“

Tabelle A13 zeigt für die Anpassungsoptionen des Bereichs „Straßenraum“ die in KET-Komponente 4 anhand der Flächentypen definierten funktionsspezifischen Abschläge für Straßenabschnittsteilflächen. Aufgeführt sind die von den jeweiligen Flächengrößen abzuziehenden Prozentwerte. Für den Flächentyp „Gehweg“ erfolgt die Berechnung des Eingangswerts der Fläche für den Prüfschritt 4 in einer Sonderberechnung (vgl. Kap. 5.2.3.5)

Sofern für einen Flächentyp kein Wert eingetragen ist, wird dieser für die jeweilige Anpassungsoption in KET-Komponente 1 oder 2 bereits ausselektiert.

Tabelle A13: Funktionsspezifische Abschläge für KET-Komponente 4, Bereich „Straßenraum“; Straßenabschnittsteilflächen

	Flächenbegrünung	Baumpflanzungen
Flächentyp	Alle Flächengrößen	Alle Flächengrößen
Begleitgrün		0
Busbucht		
Erdweg		
Fahrbahn		
Fußgängerzone	75	75
Gehweg	Sonderberechnung	Sonderberechnung
Mischfläche	85	85
Öff. Platz	85	85
Parkbucht	70	70
Parkplatz	70	80
Radweg		
Schutzstreifen	0 (Bodendecker)	
Spurweg		
Treppe		
Verkehrinsel		
Weg mit Treppe		

ANHANG 14: SELEKTIONEN/KLASSIFIZIERUNGEN FÜR KET-KOMPONENTE 1 FÜR DEN BEREICH „ANLAGEN“

Tabelle A14 zeigt die in KET-Komponente 1 anhand der Gebäudefunktion vorgenommenen Selektionen/Klassifizierungen zu der Prüffrage: Ist das Gebäude zur Realisierung der Anpassungsoption – hier zur Dachbegrünung – prinzipiell geeignet?

Die Zellen für die zutreffenden KET-Antwortoptionen sind farbig markiert. Alle Gebäude, für die kein Funktionsattribut vorliegt, werden mit einem Unsicherheitsvermerk versehen und der nächsten KET-Komponente zugeführt.

Tabelle A14: Selektionen/Klassifizierungen KET-Komponente 1, Bereich „Anlagen“

		Dachbegrünung		
		JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT
Kennung	Gebäudefunktion			
1036	Gebäude, aus sonst. Unterlagen digitalisiert			
1112	Rathaus			
1113	Postamt			
1115	Gericht			
1119	Verwaltungsgebäude			
1121	Schulgebäude			
1123	Hochschulgebäude			
1124	Forschungsinstitut			
1131	Burg			
1134	Museumsgebäude			
1136	Veranstaltungsgebäude			
1139	Schloss			
1141	Kirche			
1143	Kapelle			
1144	Gemeindehaus			
1151	Krankenhausgebäude			
1165	Kindergarten			
1171	Polizeigebäude			
1172	Feuerwehrgebäude			
1175	Justizvollzugsanstaltsgebäude			
1189	Friedhofsgebäude			
1199	Empfangsgebäude			

Kennung		Dachbegrünung		
		JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT
1301	Wohnhaus	JA		
1372	Altersheim	JA		
1379	Heim	JA		
1409	Geschäftshaus	JA		
1411	Bürogebäude	JA		
1445	Kiosk	JA		
1461	Hotel	JA		
1462	Jugendherberge	JA		
1471	Gaststätte	JA		
1489	Vergnügungsstätte	JA		
1709	Betriebsgebäude	JA		
1711	Fabrikgebäude	JA		
1721	Werkstattgebäude	JA		
1731	Tankstellengebäude	JA		
1749	Lagergebäude	JA		
1811	Wohn- und Verwaltungsgebäude	JA		
1841	Wohn- und Geschäftshaus	JA		
1842	Wohn- und Bürogebäude	JA		
1851	Wohn- und Betriebsgebäude	JA		
2312	Wartehalle	JA		
2361	Parkhaus		UNSICHER	
2366	Garage	JA		
2509	Energieversorgungsgebäude	JA		
2514	Wasserturm			NEIN
2515	Wasserbehälter			NEIN
2523	Umformer			NEIN
2541	Sendeturm			NEIN
2611	Kläranlagengebäude	JA		
2612	Toilettengebäude	JA		
2721	Scheuer	JA		
2723	Schuppen	JA		
2724	Stall	JA		
2726	Scheune u. Stall	JA		
2729	Wirtschaftsgebäude	JA		
2731	Wohn- und Wirtschaftsgebäude (Bauernhaus)	JA		
2741	Gewächshaus			NEIN

		Dachbegrünung		
		JA	UNSICHER, weil Attribut unklar	NEIN > EXIT
Kennung	Gebäudefunktion			
2811	Sporthalle			
2819	Sportgebäude			
2821	Hallenbad			
2829	Badegebäude			
2862	Wochenendhaus			
2863	Gartenhaus			
2879	Zoogebäude			
2894	Schutzhütte			
9701	Turm			

Der Regionale Klimaatlas der Region Stuttgart (vgl. Verband Region Stuttgart 2008) unterscheidet folgende elf Klimatope:

- (1) Bahnanlagen-Klimatop: extremer Temperaturtagesgang, trocken, windoffen, Luftleitbahn
- (2) Industrie-Klimatop: intensiver Wärmeinseleffekt, zum Teil starke Windfeldstörung, problematischer Luftaustausch, hohe Luftschadstoffbelastung (großräumig bedeutend)
- (3) Gewerbe-Klimatop: starke Veränderung aller Klimaelemente, Ausbildung des Wärmeinseleffektes, teilweise hohe Luftschadstoffbelastung
- (4) Stadtkern-Klimatop: intensiver Wärmeinseleffekt, geringe Feuchte, starke Windfeldstörung, problematischer Luftaustausch, Luftschadstoffbelastung
- (5) Stadt-Klimatop: starke Veränderung aller Klimaelemente gegenüber dem Freiland, Ausbildung einer Wärmeinsel, Luftschadstoffbelastung
- (6) Stadtrand-Klimatop: wesentliche Beeinflussung von Temperatur, Feuchte und Wind; Störung lokaler Windsysteme
- (7) Gartenstadt-Klimatop: geringer Einfluss auf Temperatur, Feuchte und Wind
- (8) Grünanlagen-Klimatop: ausgeprägter Tagesgang der Temperatur und Feuchte, klimatische Ausgleichsfläche in der Bebauung
- (9) Wald-Klimatop: stark gedämpfter Tagesgang von Temperatur und Feuchte, Frisch-/Kaltluftproduktion, Filterfunktion
- (10) Freiland-Klimatop: ungestörter stark ausgeprägter Tagesgang von Temperatur und Feuchte, windoffen, starke Frisch-/Kaltluftproduktion
- (11) Gewässer-Klimatop: thermisch ausgleichend, hohe Feuchtigkeit, windoffen

ANHANG 16: DARSTELLUNG DES WORKFLOWS IN GIS AM BEISPIEL „FLÄCHENBEGRÜNDUNG“

Abbildung A16.1: Ausgangsdaten zu den Versiegelungsflächen (Gesplittete Abwassergebühr)

The screenshot displays the FME Data Inspector interface. The central map shows a city block with blue-shaded areas representing sealed surfaces. The Feature Information panel on the right provides details for a selected feature:

Property	Value
Feature Type	Gag_Flaechen_3010
Coordinate System	Unknown
Dimension	2D
Number of Vertices	93
Min Extents	3513117.700090330
Max Extents	3513140.650085456
Attributes (4)	
BEZ (encoded: cp1252)	unversiegelt
fme_geometry (string)	fme_polygon
fme_type (string)	fme_area
SHAPE_GEOMETRY (string)	shape_polygon
IFMEPolygon	
Linear Boundary	True
Convex	False
Orientation	Right-Hand Rule
Boundary: IFMELINE (93 Coordinates)	
Closed	Yes
Coordinates (93)	Coordinate Dimension
0	3513140.650085456
1	3513138.860717777
2	3513137.454910089
3	3513136.801330577
4	3513135.977905277
5	3513135.180908199
6	3513134.41229248
7	3513134.195922856
8	3513134.01031494
9	3513133.86010742
10 - 82	Show All or 20 mor
83	3513118.628723135
84	3513118.031311435
85	3513117.936706540
86	3513117.86187744
87	3513117.852683859
88	3513117.837280270
89	3513118.520507811
90	3513117.700090330
91	3513135.440124505
92	3513140.650085456

The Table View at the bottom shows a list of features with the following columns:

BEZ	unversiegelt
134405	unversiegelt
134406	unversiegelt
134407	unversiegelt
134408	unversiegelt
134409	unversiegelt
134410	unversiegelt

The status bar at the bottom indicates: 1 selected / 187638 row(s). The coordinate system is listed as Unknown Coordinate System with X: 3513222.7600 and Y: 5417657.7287.

Abbildung A16.2: Ausgangsdaten zur Gebäudenutzung (Alkis)

The screenshot displays the FME Data Inspector interface. The central map shows a dense urban area with buildings highlighted in yellow. The right-hand pane shows the 'Feature Information' for a selected polygon, listing various attributes such as 'ADDRESS', 'AREA_GERECH', 'DENKMAL', and 'FLST_KENNZ'. The bottom pane shows a 'Table View' of the data, with the following columns: GEBAUDEFUN, LABEL_TEXT, HAUSNUMMER, G_FUNKTION_, AREA_GERECH, DENKMAL, FLST_KENNZ, FID_GEBAUDE, and ADRESSE. The selected row (ID 3637) is highlighted in blue.

GEBAUDEFUN	LABEL_TEXT	HAUSNUMMER	G_FUNKTION_	AREA_GERECH	DENKMAL	FLST_KENNZ	FID_GEBAUDE	ADRESSE
3634	0		16	45.369749999999996				0 Nothelfersstraße
3635	0		70	108.1121145				10144 Sommerhalde 14
3637	1		74	10235.91649292				0 Wilhelmstraße 24
3637	0		51	42.556499999999997				0 Mäurach
3638	0		89	70.241100000000003				0 Mäurach 15
3639	0		78	86.394300000000001				0 Bäderwiesen 18/1

Abbildung A16.3: FME-Struktur für die Zuweisung Gebäudefunktion an Versiegelungsflächen (GAG)

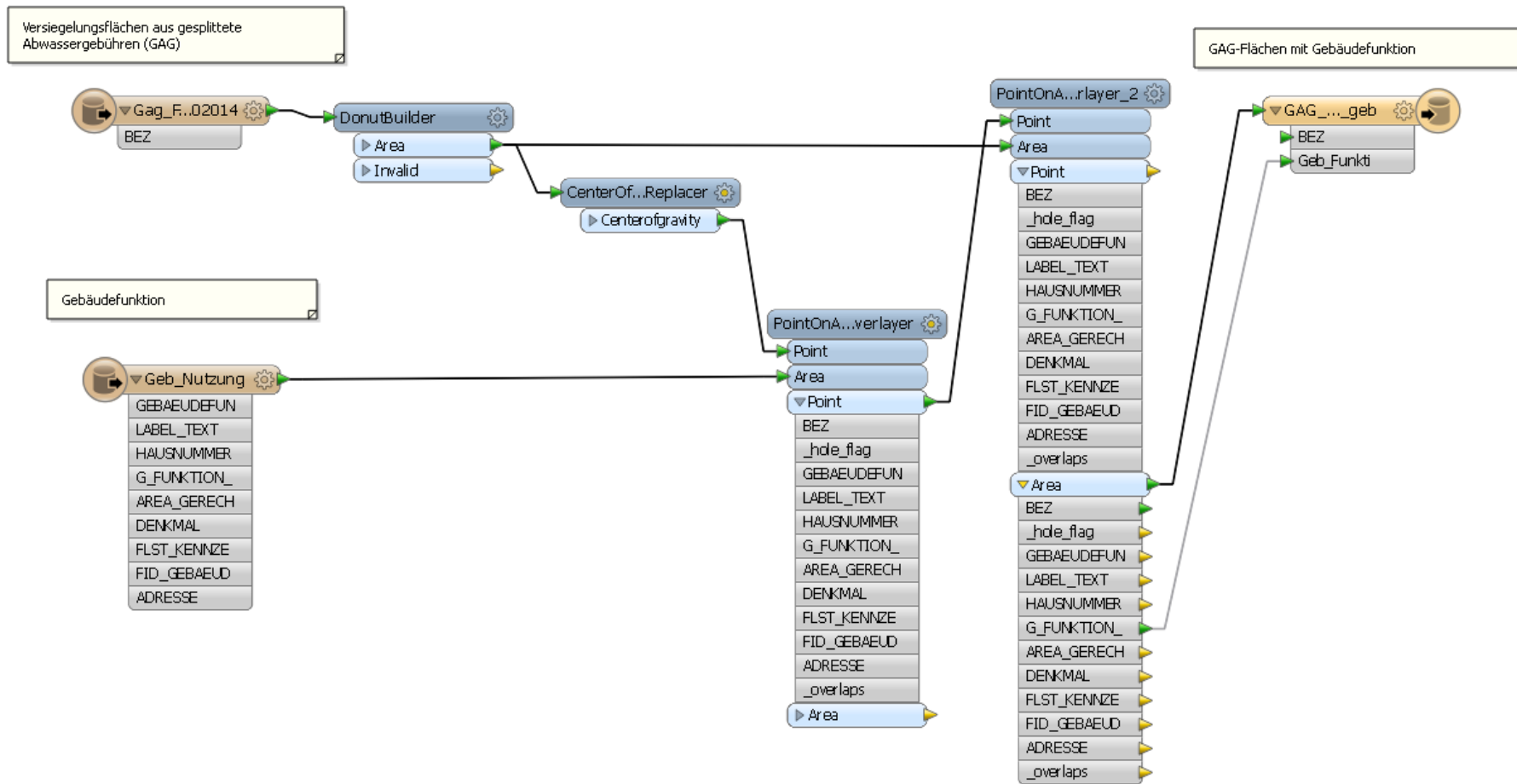


Abbildung A16.4: Ergebnis der Verschneidung von GAG mit der Gebäudenutzung

The screenshot displays the FME Data Inspector interface. The central map shows a detailed view of building footprints with cyan-colored overlays representing the intersection of GAG and building usage. The Feature Information panel on the right provides technical details for the selected feature, including its type, coordinate system, dimensions, and various boundary and geometry attributes.

Feature Information:

Property	Value
Feature Type	GAG_Donut_shape_1
Coordinate System	Unknown
Dimension	3D
Number of Vertices	66
Min Extents	3513840.086120610
Max Extents	3513926.74151611,
Attributes (5)	
BEZ (string)	voll versiegelt
fme_geometry (string)	fme_donut
fme_type (string)	fme_area
Geb_Funkt (string)	74
SHAPE_GEOMETRY (string)	shape_polygonz
IFMEDonut	
Measures (1)	
Linear Boundary: True	
Convex: False	
Orientation: Right Hand Rule	
Outer Boundary: IFMEPolygon	
Measures (1)	
Linear Boundary: True	
Convex: False	
Orientation: Right Hand Rule	
Boundary: IFMELine (61 Coordinates)	
Measures (1)	
Closed: Yes	
Coordinates (61)	
Coordinate Dimension	
Inner Boundary 0: IFMEPolygon	
Measures (1)	
Linear Boundary: True	
Convex: True	
Orientation: Left Hand Rule	
Boundary: IFMELine (5 Coordinates)	
Measures (1)	
Closed: Yes	
Coordinates (5)	
Coordinate Dimension	

Table View:

	BEZ	Geb_Funkt
222	voll versiegelt	<missing>
223	voll versiegelt	<missing>
224	voll versiegelt	74
225	unversiegelt	<missing>
226	unversiegelt	<missing>
227	wenig versiegelt	<missing>

1 selected / 187554 row(s)

Unknown Coordinate System | X: 3513703.8961 | Y: 5417949.2746

Abbildung A16.5: Ausgangsdaten der Nutzungsartenflächen (Alkis)

The screenshot displays the FME Data Inspector interface. The central map shows a grid of land use areas in blue. A yellow box highlights a specific area. The right panel shows the Feature Information for the selected feature, including properties like Feature Type, Coordinate System, and various attributes such as ANZAHL_WOH, AREA_GEREC, BAUJAHR_10, EIGENTUM, FID, FLST_KENNZ, and IFMELINE. The bottom panel shows a Table View with columns for FLST_KENNZ, FID, STADTHEIL, AREA_GEREC, EIGENTUM, TEMP_NUTZU, BAUJAHR_10, ANZAHL_WOH, GEB_EIGENT, GEB_ART, GEB_TYP, and GEB_ETYP. The table contains 7 rows of data, with the 6th row (ID 967) highlighted in blue.

FLST_KENNZ	FID	STADTHEIL	AREA_GEREC	EIGENTUM	TEMP_NUTZU	BAUJAHR_10	ANZAHL_WOH	GEB_EIGENT	GEB_ART	GEB_TYP	GEB_ETYP
964	1110-000-00750/...	1051169 Nord	4951.9700000000...		GR		<missing>				
965	1110-000-07755/...	4249939 Eglosheim	4950.5070000000...		S		<missing>				
966	1110-000-00915/...	4225760 West	4946.0169999999...		GFHW	1970 - 1979	4	3	2	1	1
967	1111-000-05453/...	4239626 Neckarwethingen	4941.8680000000...		GFGL	1980 - 1989	1	1	2	1	3
968	1112-000-00468/...	4256944 Oßweil	4932.3730000000...		BPL	2013	18	3	3	1	1
969	1112-000-01763/...	4218821 Oßweil	4927.3739999999...		A		<missing>				

Abbildung A16.6: FME-Struktur für die Zuweisung Gebäudefunktion an Versiegelungsflächen (GAG)

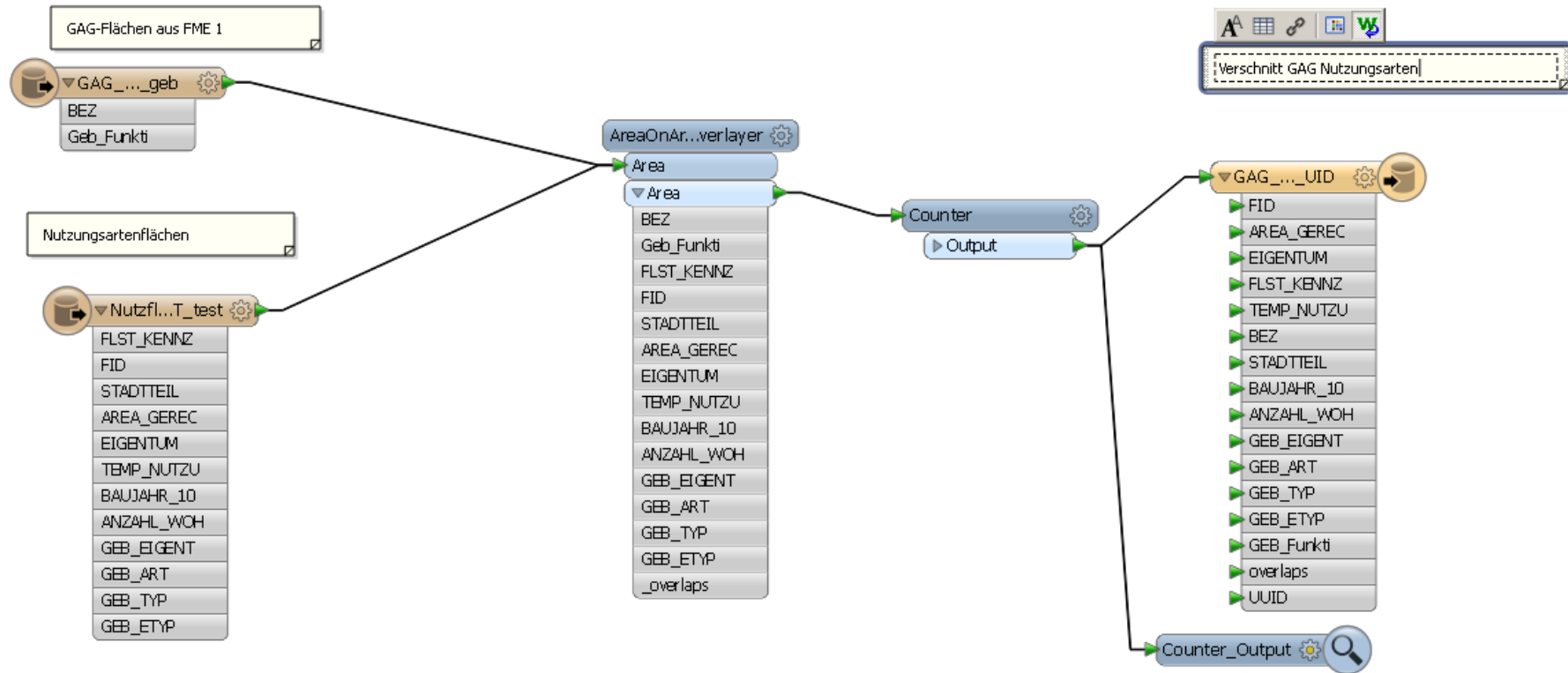


Abbildung A16.7: FME-Struktur zum Vereinfachen der Flächen, Berechnen der Flächengröße und Bestimmen der Zahl der Bäume

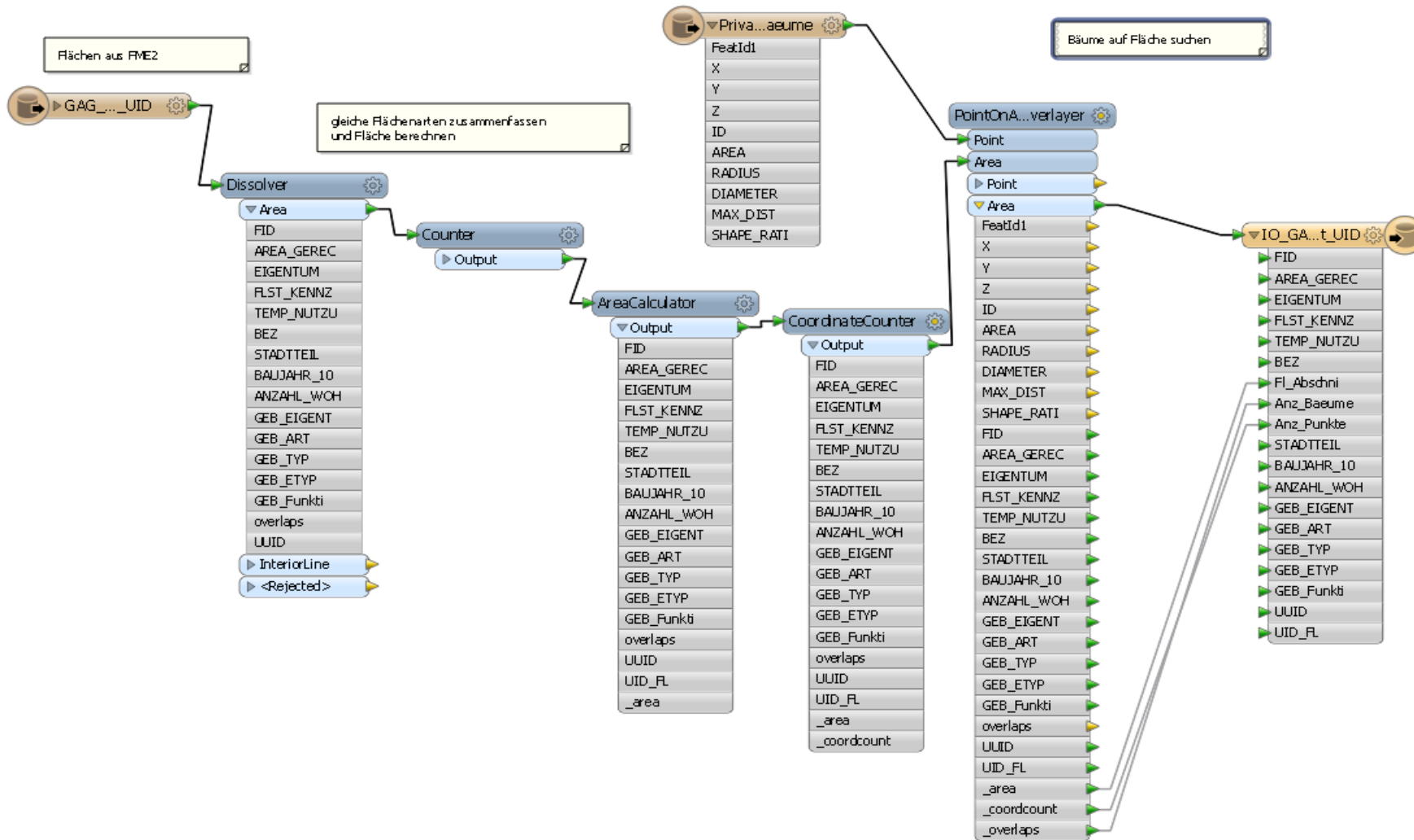


Abbildung A16.8: Ergebnis der zusammengefassten Flächen mit Attributen

The screenshot displays the FME Data Inspector interface. The main window shows a map of building footprints in cyan, with one specific footprint highlighted in red. The right-hand panel, titled 'Feature Information', provides detailed metadata for the selected feature, including its geometry, attributes, and boundary information. The bottom panel, titled 'Table View', shows a table of data for the selected feature, with columns for various attributes and their values.

FID	AREA_GEREC	EIGENTUM	FLST_KENNZ	TEMP_NUTZU	BEZ	Fl_Abschni	Anz_Baume	Anz_Punkte	STADTTEIL	BAUJAHR_10	ANZAHL_WOH	GEB_EIGENT	GEB_ART	GEB_TYP	GEB_ETYP	GEB_Funkti	LUUID
8458	4257946 16705.309000000...	S	1110-000-00100/...	GFÖ	Standarddach	0	0	5	Mitte	1970 - 1979	1	6	2	2	3	59	15
8459	4257946 16705.309000000...	S	1110-000-00100/...	GFÖ	Standarddach	4996.16	1	160	Mitte	1970 - 1979	1	6	2	2	3	95	12
8460	4257946 16705.309000000...	S	1110-000-00100/...	GFÖ	Standarddach	20.63	0	11	Mitte	1970 - 1979	1	6	2	2	3	<missing>	14
8461	4257946 16705.309000000...	S	1110-000-00100/...	GFÖ	Standarddach	7.88	0	9	Mitte	1970 - 1979	1	6	2	2	3	<missing>	42
8462	4221777 1096.546	A	1112-000-01921/...	A		1096.56	0	7	Obweil		<missing>	<missing>	<missing>	<missing>	<missing>	<missing>	25

Abbildung A16.9: Daten zum Import aus der Excel-Auswertung

	A	B	C	D	E	F	G
	F	FLST_KENI	UL	UID	SUMME KS	Summe aller Priopunkte	Summe aller Unsicherheitspunkte
	4225564	1110-000-00546/001	65170	45406	505,59	1	0
	4256038	1110-000-02673/000	41941	70884	512,75	3	1
	4226397	1110-000-00840/001	59206	42012	517,80	1	0
	4257958	1110-000-00862/001	34075	70398	521,09	1	0
	4255896	1110-000-03385/000	64751	49132	521,60	1	0
	4258975	1110-000-04196/000	82021	84486	529,01	3	1
	4218151	1110-000-01935/010	188909	186247	531,80	1	0
	1051526	1110-000-01260/005	224754	194180	536,46	1	0
	4221479	1110-000-01162/000	39909	244597	536,49	2	0
	1052067		250790	224026	536,69	3	3
	4223873	1110-000-01004/003	6732	19663	539,06	1	0
	4234082	1110-000-02720/024	36712	227740	548,47	2	0
	4223738	1112-000-01674/002	264694	71199	550,61	4	0
	4260385	1112-000-04545/000	257429	157789	558,34	3	1
	4260956	1110-000-09772/000	125618	240913	565,75	4	0
	1052308	1110-000-10173/000	102816	21271	567,44	3	1
	4220860	1110-000-01150/008	30129	61272	571,91	1	0

Abbildung A16.10: FME-Struktur für das Zuweisen und Filtern der Attribute aus Excel

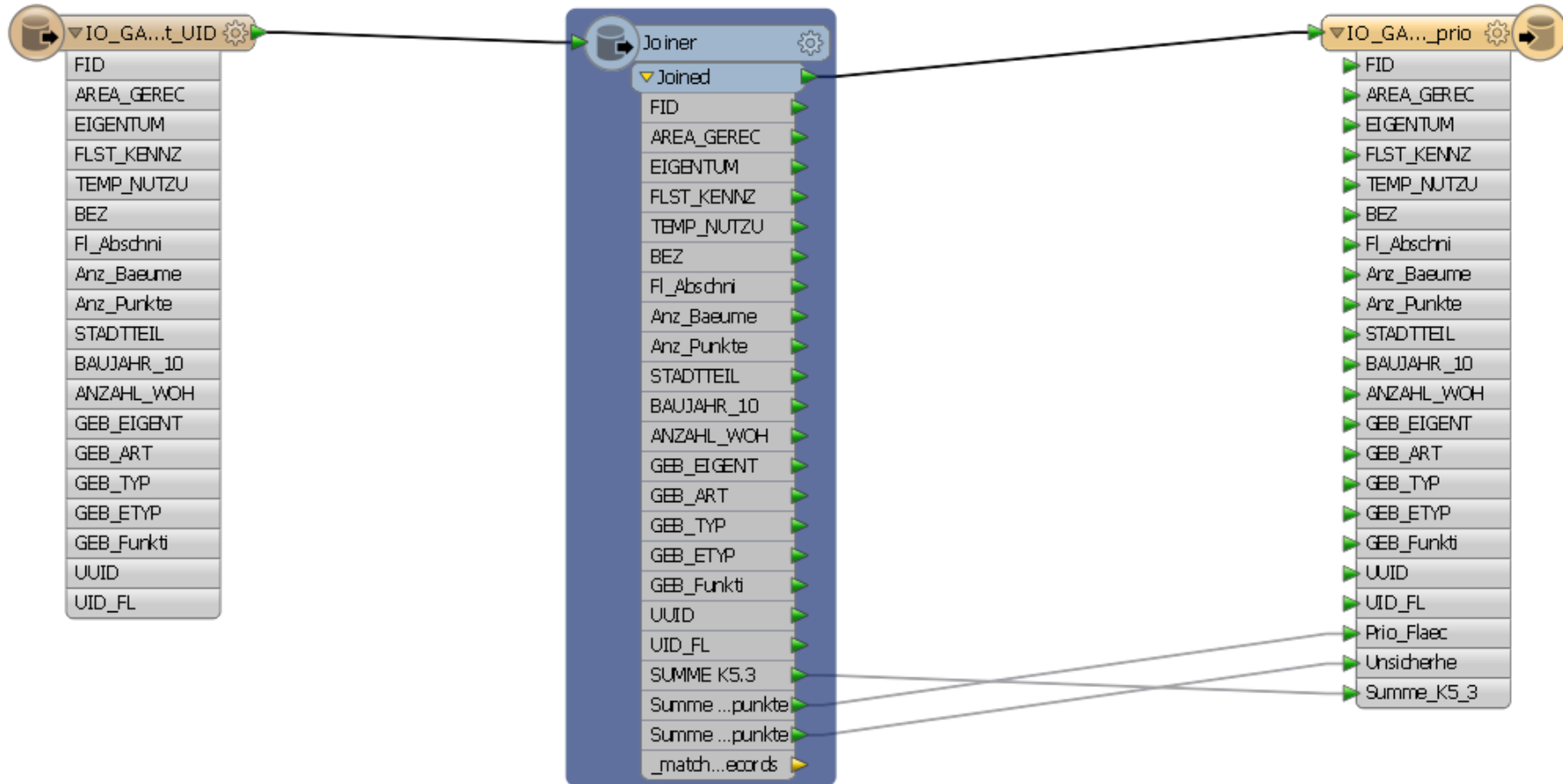


Abbildung A16.11: Ergebnis: Flächen, die begrünt werden können

The screenshot displays the FME Data Inspector interface. The main window shows a map with greenable areas highlighted in red. The Feature Information panel on the right provides details for a selected feature:

- Feature Type:** IO_GAG_Flächen
- Coordinate System:** DHDN_Gauss3d-3
- Dimension:** 3D
- Number of Vertices:** 2375
- Min Extents:** 3514351.862491
- Max Extents:** 3514463.696315
- Attributes (19):**
 - Anz_Baeume (string): 9
 - Anz_Punkte (string): 2375
 - AREA_GEREC (string): 7751.167000000
 - BAUJAHR_10 (string): 2375
 - BEZ (string): voll versiegelt
 - EIGENTUM (string): L
 - FID (string): 1047874
 - Fl_Abschni (string): 12011.3
 - FLST_KENNZ (string): 1110-000-00659
 - fme_geometry (string): fme_donut
 - fme_type (string): fme_area
 - Prio_Flaec (string): 2
 - SHAPE_GEOMETRY (string): shape_polygonz
 - STADTTEIL (string): Mitte
 - Summe_KS_3 (string): 3002.83
 - TEMP_NUTZU (string): PPL
 - UID_Fl (string): 132869
 - Unsicherheit (string): 0
 - UID (string): 157321
- IFMEDonut:**
 - Measures (1): <default_measure>
 - Linear Boundary: True
 - Convex: False
 - Orientation: Right Hand Rule
- Outer Boundary: IFMEPolygon:**
 - Measures (1): <default_measure>
 - Linear Boundary: True
 - Convex: False
 - Orientation: Right Hand Rule
 - Boundary: IFMELine (521 Coordinates):**
 - Measures (1): <default_measure>
 - Closed: Yes
 - Coordinates (521): Coordinate Dimer
- Inner Boundary 0: IFMEPolygon:**
 - Measures (1): <default_measure>
 - Linear Boundary: True
 - Convex: True
 - Orientation: Left Hand Rule
 - Boundary: IFMELine (9 Coordinates):**
 - Measures (1): <default_measure>
 - Closed: Yes
 - Coordinates (9): Coordinate Dimer
- Inner Boundary 1: IFMEPolygon:**
 - Measures (1): <default_measure>

Below the map, the Table View shows a list of features with columns: FID, AREA_GEREC, EIGENTUM, FLST_KENNZ, TEMP_NUTZU, BEZ, Fl_Abschni, Anz_Baeume, Anz_Punkte, STADTTEIL, BAUJAHR_10, ANZAHL_WOH, GEB_EIGENT, GEB_ART, GEB_TYP, GEB_ETYP, GEB_Funkti, and UID. The table contains 5 rows of data.

At the bottom, the status bar shows: 1 selected / 4812 row(s) and coordinates: DHDN.Gauss3d-3 | X: 3514438.1729 | Y: 5417404.1407

