

**Potenzialermittlung zur Verbesserung des
Wohnumfelds und des Stadtklimas durch
Entsiegelung und Begrünung von Baukörpern
und Freiflächen in der Innenstadt von Mannheim**

Abschlussdokumentation Phase II

erstellt für:
Stadt Mannheim
Dezernat V
Collinstraße 1
68161 Mannheim

Bearbeitung:
Umweltplanung Bullermann Schneble GmbH
Havelstraße 7 A
64295 Darmstadt
Tel. 06151/97580 Fax 06151/975830
E-Mail: mail@umweltplanung-gmbh.de

Darmstadt, den 15. April 2015



Inhaltsverzeichnis

1	Anlass	6
2	Bedeutung von Gebäudebegrünung und Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen für das Stadtklima	7
3	Potenzialermittlung Dachbegrünung in den Quadraten	15
3.1	Bauliche Anforderungen an die Dachbegrünung	16
3.2	Extensive Dachbegrünung	20
3.3	Intensive Dachbegrünung	23
3.4	Ergebnisse der Luftbildauswertung	25
3.5	Zusammenfassung der Potenzialermittlung Dachbegrünung	26
4	Potenzialermittlung Fassadenbegrünung in den Quadraten	29
4.1	Bauliche Anforderungen für die Fassadenbegrünung	37
4.2	Städtebauliche Erscheinung von grünen Wänden	40
4.3	Fassadenbegrünungspotenzial an acht ausgewählten Quadraten	43
4.4	Zusammenfassung der Potenzialermittlung Fassadenbegrünung	58
5	Potenzialermittlung Entsiegelung und Begrünung in den Quadraten	60
5.1	Bauliche Anforderungen bei Entsiegelung und Begrünung	68
5.2	Hofbegrünung	70
5.3	Entsiegelungs- und Begrünungspotenzial in acht ausgewählten Quadraten	71
5.4	Zusammenfassung der Potenzialermittlung Entsiegelung und Begrünung	80
6	Zusammenfassung der Ergebnisse der Potenzialermittlung	82
7	Mögliche Projekte	84
8	Auswirkungen auf das kleinräumige Stadtklima	97
9	Auswirkungen auf den Wasserhaushalt	99
10	Management Summary	100
11	Empfehlungen für die Stadt Mannheim	104
12	Verwendete Unterlagen	CV
13	Literatur	CVI
	Anlagen	CIX

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einflussgrößen des urbanen Wärmehaushalts	7
Abbildung 2: Zeitliche Temperaturverläufe von Flachdächern mit verschiedenen Oberflächen an einem strahlungsreichen Sommertag	8
Abbildung 3: Beeinflussung der Luftbewegung durch Begrünungsmaßnahmen	10
Abbildung 4: Energiebilanz einer mit Efeu begrünten Wand	12
Abbildung 5: Nicht gepflegte extensive Dachbegrünung; Fremdbewuchs wurde nicht entfernt	19
Abbildung 6: Schematische Darstellung einer extensiven Dachbegrünung	20
Abbildung 7: Schematische Darstellung des Wasserkreislaufs und der Wasserspeicherung auf begrünten Dächern	21
Abbildung 8: Schematische Darstellung einer intensiv begrünten Dachfläche	23
Abbildung 9: Beispiel für eine einfache Intensivbegrünung in der Vegetationspause (Februar 2015)	24
Abbildung 10: Nicht begrüntes Flachdach an den Planken	25
Abbildung 11: Klimadiagramm Mannheim, Private Wetterstation Mannheim-Seckenheim	27
Abbildung 12: Orthofoto von G7	29
Abbildung 13: Orthofoto von H5	30
Abbildung 14: Orthofoto von U5	31
Abbildung 15: Orthofoto von S3	32
Abbildung 16: Orthofoto von P1	33
Abbildung 17: Orthofoto von O7	34
Abbildung 18: Orthofoto von N6	35
Abbildung 19: Orthofoto von A1	36
Abbildung 20: Arten von Kletterpflanzen	37
Abbildung 21: Grüne Wand am Museum du quai Branly in Paris	39
Abbildung 22: Grüne Wand an einem Wohnhaus in Belgien	40
Abbildung 23: Durch eine grüne Wand betonter Eingangsbereich, links; Begrünte Balkonfassaden, rechts	41

Abbildung 24: Grüne Wand an der Galeries Lafayette in Berlin, Spätsommer 2011	42
Abbildung 25: Restaurierter Altbestand, Nordostseite G7	43
Abbildung 26: G7 von F7 aus (Blick nach Norden)	44
Abbildung 27: Fassadenbegrünung in Nordostausrichtung (links), Brandwand in Nordwestausrichtung (rechts)	45
Abbildung 28: H5 vom Südwesten	46
Abbildung 29: Balkon mit Bewuchs an der Südostseite von H5	47
Abbildung 30: Blick von T4/T5	48
Abbildung 31: Hof in U5	49
Abbildung 32: S3 von S2/R2 (Nordwesten)	50
Abbildung 33: Hof im Nordwesten von S3	51
Abbildung 34: P1 von der Breiten Straße	52
Abbildung 35: P1 vom Paradeplatz aus (März 2015, vormittags)	53
Abbildung 36: Fassadenbegrünung an O7,6	54
Abbildung 37: Südseite des Leonardo Hotels in N6	55
Abbildung 38: Blick auf A1 von der Ecke A2/B2	56
Abbildung 39: Orthofoto von C6	60
Abbildung 40: Orthofoto von H5	61
Abbildung 41: Orthofoto von U5	62
Abbildung 42: Orthofoto von S3	63
Abbildung 43: Orthofoto von O7	64
Abbildung 44: Orthofoto von K7	65
Abbildung 45: Orthofoto von N6	66
Abbildung 46: Orthofoto von L12	67
Abbildung 47: Fundamente der Befestigung bei den Bauarbeiten in R7	68
Abbildung 48: historische Keller, teilweise aus dem Barock, bei Bauarbeiten in B5	69
Abbildung 49: Hofbegrünung in O7,22, Ausschnitt	70
Abbildung 50: Südwestseite der Friedrich List Schule mit Parkplätzen (C6)	71

Abbildung 51: Verkehrsfläche auf dem Schulhof in C6	72
Abbildung 52: Entsiegelte und begrünte Fläche im Schulhof; im Hintergrund Sitzgelegenheiten	72
Abbildung 53: Hinterhof der GBG Gebäude in H5 (südlich des ZI)	74
Abbildung 54: Innenhof in U5, der als Verkehrs- und Stellfläche verwendet wird	75
Abbildung 55: Die Dachfläche von O7,22 (rötliche Färbung) ist etwas größer als der dahinter liegende Hof, dessen Begrünung mit dem aufgefangenen Wasser bewässert wird	76
Abbildung 56: Baumscheiben in K7 von Westen nach Osten	77
Abbildung 57: Umspanner in N6	78
Abbildung 58: Drei nebeneinander liegende Höfe im Norden von L12 mit unterschiedlichen Nutzungen	79

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der verschiedenen Dachbegrünungen (zusammengestellt aus Herstellerangaben)	17
Tabelle 2: Kohlenstoffgehalt unterschiedlicher Pflanzen	27
Tabelle 3: Abschätzung der potenziellen zusätzlichen Fläche für Dachbegrünung und deren Wirkung für das Stadtklima (kurz-, mittel- und langfristig, gerundet)	28
Tabelle 4: Abschätzung der potenziellen Fläche für Maßnahmen zur Fassadenbegrünung und deren Wirkung für das Stadtklima (kurz-, mittel- und langfristig, gerundet)	59
Tabelle 5: Abschätzung des Potenzials für Maßnahmen zur Entsiegelung und Begrünung bzw. Versickerung vor Ort (kurz-, mittel- und langfristig)	81
Tabelle 6: Zusammenstellung der Potenzialfläche für kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen zur Verbesserung des Stadtklimas in den Quadraten	82

1 Anlass

Die Stadt Mannheim ist ein attraktives Oberzentrum am nördlichen Oberrhein und erfüllt viele zentralörtliche Funktionen für das Umland. Dadurch ist besonders auch die Innenstadt Mannheims im Bereich der Quadrate einem hohen Verkehrsaufkommen ausgesetzt. Die Bebauung der Quadrate ist in vielen Bereichen durch eine dichte Blockrandbebauung gekennzeichnet und hoch versiegelt. Um das Stadtklima sowie den urbanen Wasserhaushalt positiv zu beeinflussen hat die Stadt Mannheim eine Potenzialermittlung zu diesen Maßnahmen in den Quadraten beauftragt.

Mit der Potenzialermittlung werden folgende Ziele verfolgt:

- Analyse der Ausgangslage in den Quadraten
- Darstellung von Möglichkeiten von Dachbegrünung, Fassadenbegrünung und Entsiegelung in Innenstadtbereichen sowie deren Implikationen für das Stadtklima und das Wohnumfeld
- Identifikation von möglichen beispielhaften Projekten in den Quadraten
- qualitative Abschätzung der Einflüsse auf das Mikroklima, das Wohnumfeld sowie den Wasserhaushalt der Quadrate

Durch die Potenzialermittlung werden für die Stadt Mannheim die Grundlagen für weitere Maßnahmen der Mobilisierung von relevanten Akteuren, der Öffentlichkeitsbeteiligung sowie möglicher Förderprogramme geschaffen.

Der vorliegende Bericht stellt die durch Luftbildauswertung und Begehung ermittelten Potenziale der Gebäudebegrünung und der Entsiegelung und Begrünung von Freiflächen in beispielhaften Quadraten dar.

2 Bedeutung von Gebäudebegrünung und Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen für das Stadtklima

Hintergrund

Bei der Betrachtung von stadtklimatisch problematischen Bereichen treten besonders die Symptome erhöhte Temperatur, erhöhte Luftschadstoffe und mangelnde Kaltluftzufuhr bzw. Kaltluftentstehung bezogen auf das Umland als hauptsächliche Problemfelder hervor. Urbanes Grün kann dazu beitragen, diese Effekte abzuschwächen. Gebäudebegrünung sowie Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen leisten dadurch einen Beitrag dazu durch mikroklimatische Bedingungen in der Stadt entstehende Belastungen zu reduzieren.

Lufttemperatur

Im Vergleich zum unbebauten Umland erwärmen sich Städte bei Sonneneinstrahlung stärker, da Gebäude und versiegelte Flächen mehr Wärme aufnehmen als begrünte Flächen und in Städten viel künstliche Wärme über Verkehr, Industrie und Gewerbe sowie über Gebäudekühlung erzeugt wird. Zudem ist die Luftzirkulation herabgesetzt, wodurch die betroffenen Gebiete weniger stark abkühlen können. Die folgende **Abbildung 1** zeigt die Einflussgrößen auf den urbanen Wärmehaushalt.

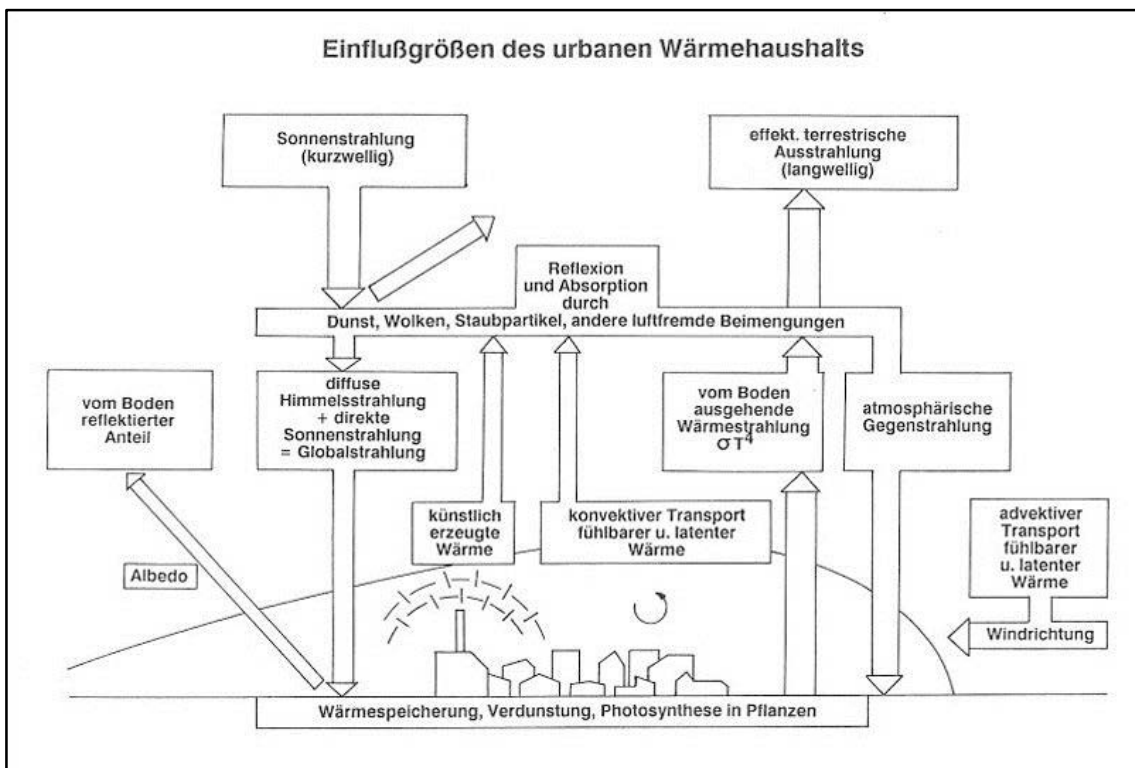


Abbildung 1: Einflussgrößen des urbanen Wärmehaushalts (Quelle MVI 2014 nach ROBEL et al. 1978)

Aus **Abbildung 1** leitet sich ab, dass durch den gezielten Einsatz von Begrünungsmaßnahmen in Städten der Anteil der latenten Wärme aufgrund der Evapotranspiration der Pflanzen erhöht werden kann. Dies kann dazu beitragen, die im Vergleich zum Umland höhere Temperatur zu senken. Besonders nachts ist der Temperaturunterschied in Städten verglichen mit dem Umland deutlich zu spüren. So können Temperaturunterschiede zwischen hochverdichteten innerstädtischen Bereichen und den unversiegelten Umland von bis zu 10 Grad Kelvin entstehen. Diesen Temperaturunterschied zwischen Stadtbereichen und dem Umland bezeichnet man als städtische Wärmeinsel (Urban Heat Island, UHI).

Hohe Lufttemperaturen führen zu Stress bei Einwohnern und Gebäuden. Für die menschliche Gesundheit stellt speziell auch die mangelnde Abkühlung nachts eine Belastung dar. Für Gebäude sowie Infrastruktureinrichtungen ist eine starke Erwärmung mit darauf folgender Abkühlung mit Dehnungsprozessen verbunden, die das Material belasten und zu kürzeren Instandsetzungsintervallen führen können. Die Temperaturunterschiede können hier bis zu 70 Grad Kelvin betragen (s. **Abbildung 2**)

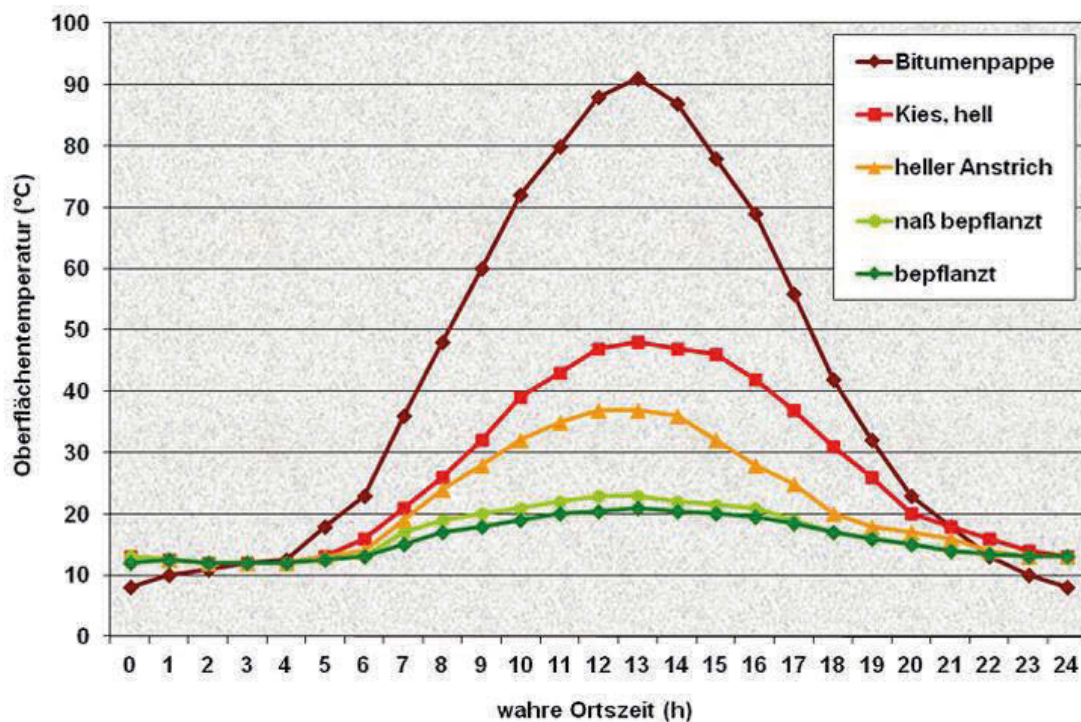


Abbildung 2: Zeitliche Temperaturverläufe von Flachdächern mit verschiedenen Oberflächen an einem strahlungsreichen Sommertag (Quelle MVI 2014 nach GERTIS et al. 1977)

Abbildung 2 verdeutlicht, wie durch die Erhöhung des Albedo (d.h. durch eine höhere Reflexionsfähigkeit des Oberflächenbelags) die Erwärmung der Oberfläche reduziert wird. Zudem wird deutlich, dass bepflanzte Oberflächen die Erwärmung noch weiter reduzieren als helle Oberflächen. Dies ist auf den Energieverbrauch im Zuge der Evapotranspiration der Vegetation zurückzuführen.

Hierbei wird durch die Verdunstung der Bepflanzung die Aufnahme der Strahlungsenergie an der jeweils angestrahlten Oberfläche verhindert und als latente Wärme angeführt. Für die Verdunstung eines Liters Wasser werden 0,68 kWh benötigt. Herkömmliche, versiegelte Flächen, zum Beispiel aus Asphalt, reflektieren Einstrahlung als sensible (d.h. fühlbare) Wärme oder speichern einen großen Teil der eingestrahlten Energie und geben diese bei der Abkühlung der Umgebung ab. Die Begrünung von Bauwerken und Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen helfen somit, der Erwärmung dicht bebauter Bereiche vorzubeugen.

Luftschadstoffe und Feinstaub

Die Problematik der Luftschadstoffe und der Feinstaubbelastung in Städten wird durch die Ausweitung der Klimazonen in den letzten Jahren deutlich. Für das städtische Klima sind dabei zwei Aspekte von Bedeutung. Zum einen die Ableitung der in den Städten entstehenden Luftschadstoffe und zum anderen die Bindung von Feinstaub und die Absorption von Luftschadstoffen im Gebiet.

Die Ableitungsfähigkeit der in Städten entstehenden Luftschadstoffe über die Luft ist eingeschränkt. Zum einen stellt die Bebauung einen erhöhten Luftwiderstand dar, was die horizontale Luftbewegung auf Höhe der Dächer bremst, und damit den Luftaustausch reduziert. Zum anderen ist die vertikale Luftbewegung zwischen den Gebäuden durch verschiedenste Hindernisse erschwert. **Abbildung 3** (S. 10) zeigt die Beeinflussung des idealtypischen Luftwirbels in einem Straßenquerschnitt durch verschiedene Begrünungen. Deutlich wird, dass ein dichtes Kronendach den vertikalen Luftaustausch einschränkt. Diese Einschränkung durch Baumkronen hat besonders dann negative Auswirkungen auf die Luftschadstoffkonzentration, wenn viele Feinstäube und Luftschadstoffe unter den Baumkronen erzeugt werden (zum Beispiel durch Verbrennungsmotoren, Abriebeffekte oder leicht staubende Oberflächen). In engen Straßen mit einer hohen Nutzungsintensität durch fahrenden und ruhenden Verkehr ist die Ansammlung von Schadstoffen unter Baumkronen sehr stark ausgeprägt, in reinen Fußgängerbereichen ist dieser Effekt weniger stark ausgeprägt.

Neben der Modellierung der Luftkorridore bindet Vegetation an den Oberflächen Feinstaub, der dann bei Niederschlagsereignissen abgewaschen wird. Die Bepflanzung bindet zudem Kohlenstoff und baut teilweise Luftschadstoffe ab. Die Bindungsprozesse sind abhängig von der Wahl der Pflanzengattung und sollten bei der Planung der Bepflanzung eines belasteten Standorts ebenso beachtet werden wie die Eignung der jeweiligen Art für die kleinklimatischen Bedingungen am Standort. Die Auswertung verschiedener Messungen hat ergeben, dass ein Quadratmeter Dachbegrünung etwa so viel Feinstaub bindet, wie ein PKW erzeugt (Rowe 2011). Dieser Wert kann als Richtwert genommen werden. Messungen zur Feinstaubbindung von den für Dachbegrünungen gängigen Vegetationsformen Moosen, Gräsern und Sedumgewächsen haben ergeben, dass die Sedummatten die höchste Bindungsfähigkeit von Feinstaub im lungengängigen Bereich kleiner als 3 Mikrometer aufweisen (IASP 2012a). Zudem ist nachgewiesen, dass unter den extensiven Begrünungen Moos-Sedum Dächer die höchste Kohlenstoffbindungsfähigkeit aufweisen (IASP 2012).

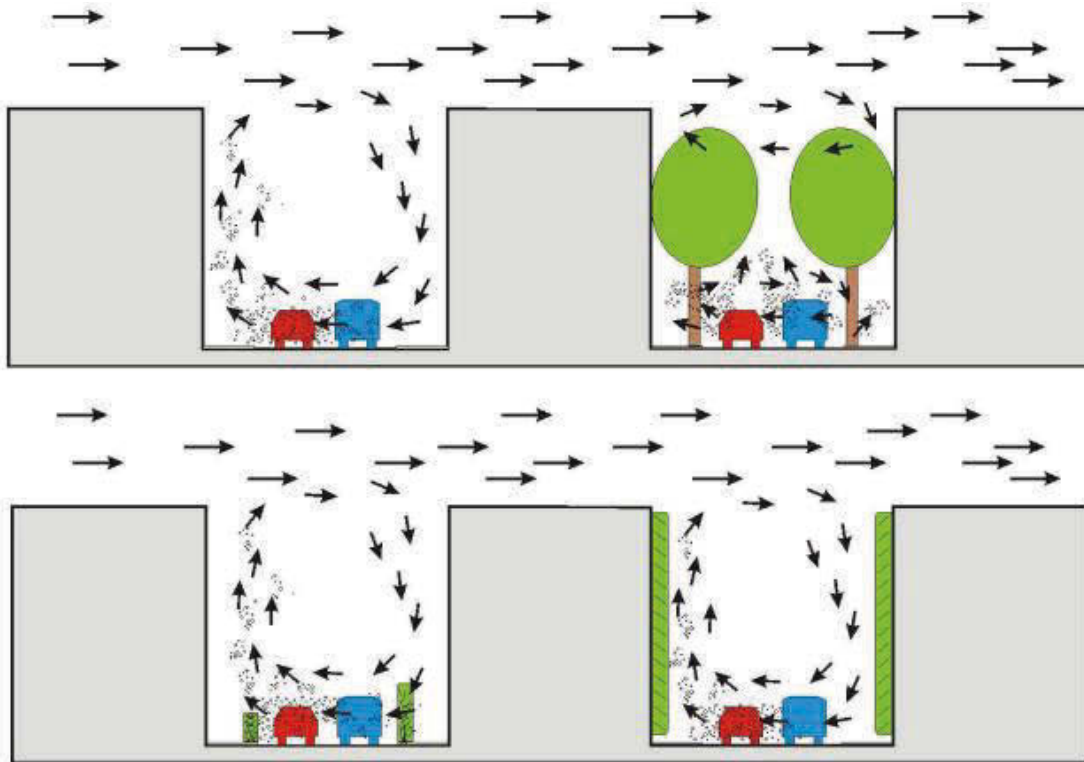


Abbildung 3: Beeinflussung der Luftbewegung durch Begrünungsmaßnahmen (Quelle Leitsch 2010, S. 12)

Die Kombinationsmöglichkeiten zwischen der Begrünung von entsiegelten Flächen, Fassadenbegrünung und Dachbegrünung bieten dabei viele Vorteile. Heckenstreifen schirmen den Bereich für Fußgänger gegenüber des Bereichs des ruhenden und stehenden Verkehrs ab und binden viel entstehenden Staub nahe an der Erzeugung, sind aber starken Belastungen ausgesetzt. Bei Fassadenbegrünung ist die potenzielle Fläche größer und ein hohes Maß an vertikaler Zirkulation ist ermöglicht, je nach Pflanzenart werden an den Blättern angesetzte Stäube aber einfach abgewaschen, da nicht an allen Blättern eine Akkumulation zu größeren Staubpartikeln stattfindet. Auf Dachbegrünungen setzt sich nur der Anteil an Feinstaub ab, der bereits aus den Straßenschluchten herausgestiegen ist. Hier ist der erhöhte Luftwiderstand durch die Vegetation von Vorteil bei der Absetzung des Feinstaubs. Bei Niederschlagsereignissen werden die Partikel dann in das Substrat gespült.

Kaltluftzufuhr und -entstehung

Für die Kaltluftzufuhr gelten dieselben Hemmnisse wie für den Abtransport von Luftschadstoffen. Zudem sollten belastete Gebiete an entsprechende Kaltluftschneisen angeschlossen sein. Dies ist Aufgabe der gesamtstädtischen Planung.

Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen sowie Bauwerksbegrünung können jedoch einen Beitrag zur Kaltluftentstehung leisten. Den größten Anteil hieran haben Parkanlagen. In intakten Parkanlagen heizt sich der Untergrund aufgrund der Begrünung weniger stark auf, zudem herrscht

durch den Schattenwurf von Bäumen auch tagsüber eine meist niedrigere Lufttemperatur. Dadurch sind Parkanlagen in der Nacht kühler als die bebaute und versiegelte Umgebung. Die kältere Luft diffundiert entlang von Luftschneisen in die umgebenden Bereiche. Falls der Park jedoch austrocknet kann der Untergrund genauso stark erwärmt werden wie versiegelte Flächen. Daher ist auf eine ausreichende Wasserversorgung durch Niederschlag oder Grundwasser zu achten und bei Bedarf zusätzlich zu bewässern.

Der Wirkungsradius von begrünten Freiflächen ist dabei abhängig von der Größe der Fläche, wobei große begrünte Flächen weiter in das umgebende Stadtgebiet wirken können. Kleine Flächen haben einen kleineren Wirkungsradius, kühlen aber nachts ebenso schneller ab und dienen damit der Kühlung der Umgebung. Zudem können kleinere Parkanlagen, wenn sie im Stadtgebiet verteilt sind, tagsüber schneller und einfacher von der Bevölkerung erreicht werden, was besonders an heißen Tagen wichtig für die sensiblen Teile der Bevölkerung ist. Zudem senkt erlebbares Grün die wahrgenommene Temperatur (physiologisch äquivalente Temperatur, PET), die neben der Lufttemperatur auch von der Luftfeuchtigkeit, der Windgeschwindigkeit und den Einstrahlungsbedingungen abhängig ist, und eine starke Wirkung auf das Wohlbefinden hat.

Der kühlende Einfluss von Dach- und Fassadenbegrünung ist meist nur wenige Meter von der Vegetation entfernt nachweisbar. Besonders in hochverdichteten Bereichen können jedoch grüne Terrassen oder intensive, begehbare Dachbegrünungen die Funktion von Pocket Parks wahrnehmen. Gleichfalls kann eine begrünte Fassade entlang einer begehbaren Fläche bei entsprechender Pflege die wahrgenommene Temperatur (PET) positiv beeinflussen.

Bedeutung für die Quadrate

Die Quadrate sind hochverdichtet, weisen eine hohe Verkehrsdichte auf und sind fast durchgängig mit mehr als vier Geschossen bebaut. Die versiegelten, nicht begrünten Oberflächen nehmen tagsüber Energie auf und geben diese nachts ab. Dies führt zu einer herabgesetzten Abkühlung der Umgebungstemperatur in der Nacht und damit zu einer erhöhten Belastung der menschlichen Gesundheit speziell an heißen Tagen. In der Stadtklimaanalyse 2010 wurde die speziell nachts höhere Lufttemperatur verglichen mit der Umgebung dokumentiert. Die hohe Bebauung wirkt als Reibungswiderstand für die horizontale Luftbewegung, und senkt damit die Frischluftzufuhr. Für die Quadrate ist eine um 50 Prozent reduzierte Luftbewegung gegenüber den Randbereichen der Stadt Mannheim dokumentiert (Ökoplana 2010). Dies sorgt auch dafür, dass die in den Quadraten erzeugten Verbrennungsreste und Luftschadstoffe (u.a. Feinstaub, CO₂, Stickstoffoxide und Ozon) nur langsam abtransportiert werden können. Die in den Quadraten entstehenden Luftschadstoffe und Feinstäube können durch den geringen Anteil an Grünflächen auch nur in geringen Teilen gebunden werden. Zudem sind die positiven Wirkungen der Evapotranspiration aufgrund des kleineren Grünanteils in den Quadraten geringer als in anderen Teilen der Stadt Mannheim. Dadurch ist in den Quadraten die Lufttemperatur höher, Luftschadstoffe können weniger gut abtransportiert

werden als im gering bebauten unbebauten Umland und Kaltluft kann weniger gut zugeführt werden.

Lufttemperatur

In einem hochverdichteten Stadtteil wie den Quadraten stellen bereits kleine Ausgleichsräume ein Potenzial für die positive Beeinflussung der wahrgenommenen Temperatur (PET) dar. Messbare Temperaturunterschiede sind im Untersuchungsgebiet im Zuge der Stadtklimaanalyse 2010 nur in den Lauergrärten nachgewiesen, wobei auch den kleineren Grünflächen wie dem Lameygarten oder dem Swanseaplatz ein mäßiges Ausgleichsvermögen zugesprochen wird. Bei der Betrachtung der geringeren Erwärmung durch Evapotranspiration sind besonders die Dachflächen und Fassaden in den Quadraten interessant, da diese Flächen starken Einstrahlungen ausgesetzt sind. Auf extensiv begrünten Dächern kann durch Evapotranspiration an heißen Sommertagen rund 2 Liter Wasser pro Quadratmeter verdunstet werden, auf intensiv begrünten Dächern sogar bis zu 20 Liter pro Quadratmeter. Bei Fassadenbegrünung ist die Evapotranspiration abhängig von der gewählten Bepflanzung und Befestigungsart. **Abbildung 4** zeigt hierzu die Energiebilanz einer mit Efeu begrünten Wand.

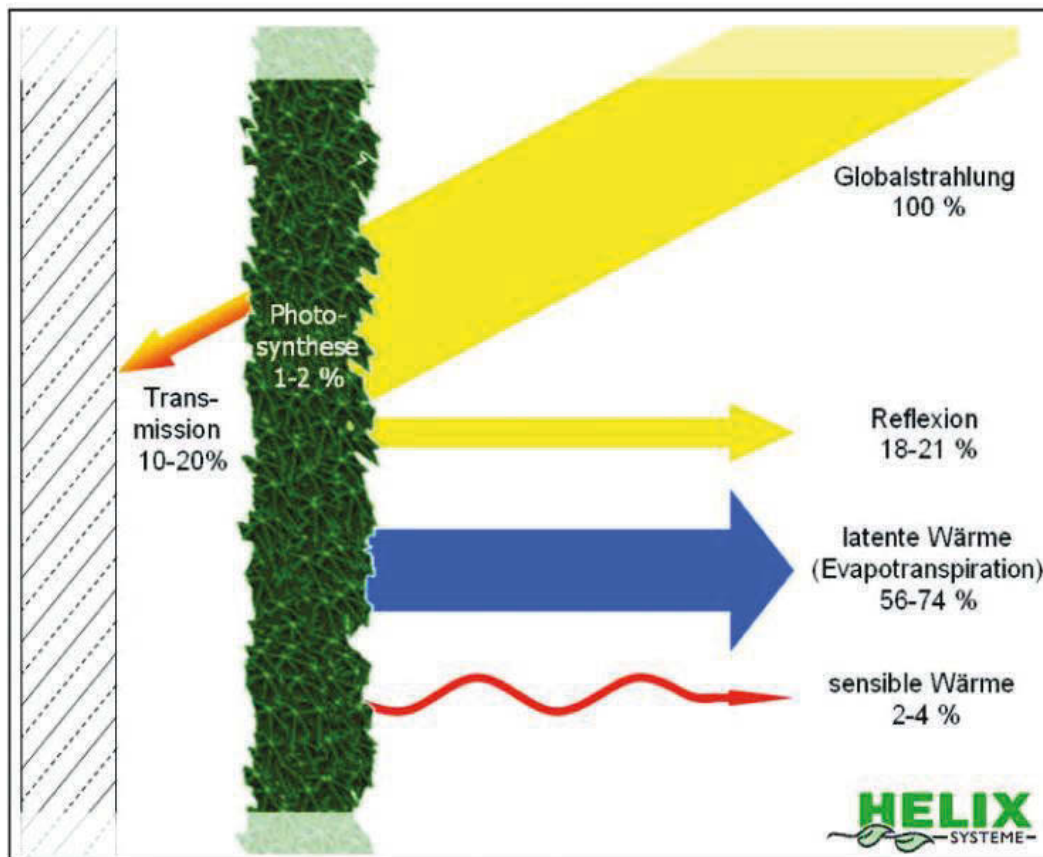


Abbildung 4: Energiebilanz einer mit Efeu begrünten Wand (Quelle: Helix Pflanzensysteme GmbH)

Höhere Evapotranspiration bedeutet eine geringere Erwärmung der Oberfläche, und damit eine niedrigere Lufttemperatur, sowie eine Erhöhung der Luftfeuchtigkeit. Für die Verdunstung eines Liters Wasser bei 30 Grad Celsius werden 0,68 kWh Energie benötigt. Diese Energie wird von der Umgebung nicht aufgenommen, erhitzt diese nicht und verzögert damit nicht die Abkühlung der Lufttemperatur nachts. Zudem ist die isolierende Wirkung von Gebäudebegrünungen vielfach dokumentiert (s. unter anderem Ottel 2011, Susorova et al. 2014). Auf Gebäudeebene ergibt sich dabei auch ein geringerer Kühlaufwand, wodurch Betriebskosten gesenkt werden und weniger Abwärme durch Klimaanlage an die städtische Umgebung abgegeben wird.

Luftschadstoffe und Feinstaub

Aufgrund der reduzierten Luftbewegung und der Vielzahl von Emissionsquellen sind die Quadrate unter den Bereichen der Stadt Mannheim mit der höchsten Belastung an Luftschadstoffen und Feinstäuben. Die Bindungspotenziale von Begrünungen sowie spezielle Beläge bei Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen können hier helfen die Schadstoffkonzentration zu senken. Bei Dachbegrünungen erhöht die herabgesetzte Windgeschwindigkeit die Sedimentationsfähigkeit von Feinstaub auf den Dachflächen, was den Wirkungsgrad von begrünten Dächern bezogen auf die Reduzierung von Feinstäuben in der Luft steigert. Als Richtwert kann hier angenommen werden, dass ein Quadratmeter intakte begrünte Dachfläche etwa die Menge Feinstaub bindet, die ein PKW produziert (Rowe 2011). Für das Bindungspotenzial von CO₂ und anderen Luftschadstoffen ist bei der Planung von Neuanlagen auf eine fachliche Betreuung zu achten, um die gewünschten Ergebnisse zu erzielen.

Kaltluftzufuhr und -entstehung

Im Norden und Süden der Quadrate grenzen mit dem Schlosspark und dem Neckarvorland klimatische Ausgleichsräume an. Die ausgleichende Wirkung wird jedoch analog zu den kühlenden Effekten der Parkflächen durch die angrenzende Bebauung blockiert. Die erhöhte Rauigkeit der Oberfläche in Form der hohen Bebauung mindert zudem den Luftaustausch, was zu erhöhter lufthygischer und bioklimatischer Belastung führt.

Da viele Straßen sehr dicht bebaut sind, ist bei der Platzierung von Straßenbäumen darauf zu achten, dass etwaige Luftschneisen nicht durch die Baumkronen blockiert werden. In engen Straßen und in Bereichen mit vielen Emissionsquellen für Luftschadstoffe und Feinstäube ist zu prüfen, ob die Realisation von Fassadenbegrünungen oder Hecken der Pflanzung neuer Straßenbäume vorzuziehen ist, um die Luftzirkulation zu begünstigen. Dies gilt besonders für an klimatische Ausgleichsflächen angrenzende Bereiche.

Urbanes Grün kann seine positiven Wirkungen auf das kleinräumige Stadtklima nur erfüllen, wenn es entsprechend gepflegt wird. Dies trifft besonders auch für entsiegelte und begrünte Flächen zu. Aus Sicht des städtischen Haushalts sind daher private Pocket Parks vorteilhaft. Diese stehen unter

zwar Umständen nur einem Teil der Bevölkerung zur aktiven Nutzung am Tage zur Verfügung, wirken aber dennoch auf das Mikroklima.

3 Potenzialermittlung Dachbegrünung in den Quadraten

Für die Potenzialermittlung der Dachbegrünung wurden die Dachflächen in den Quadraten kartiert. Hierzu wurden digitale Orthofotos (DOP) ausgewertet. Kartiert wurden die Dachtypen nach drei Merkmalen:

- Nicht begrünte Flachdächer:

Hierzu zählen Flachdächer auf Häusern sowie auf Garagen und Betriebsgebäuden ab einer entsprechenden Höhe von einem Vollgeschoss. Nicht aufgenommen wurden Tiefgaragen.

Beispiele für nicht begrünte Flachdächer



- Begrünte Flachdächer:

Hierzu zählen begrünte Dächer, begrünte Garagen sowie Betriebsgebäude ab einer entsprechenden Höhe von einem Vollgeschoss sowie die entsprechenden Anteile an nur teilweise begrünten Dächern (zum Beispiel Dachterrassen). Nicht aufgenommen wurden begrünte Tiefgaragen und begrünte Balkone, sowie Dachterrassen mit einzelnen Pflanztrögen.

Beispiele für begrünte Flachdächer



- Nicht begrünte sonstige Dächer

Aufgenommen wurden hier sonstige Dachformen.

Beispiele für sonstige Dächer



Das Ergebnis der Dachflächenkartierung ist dem Bericht in **Anlage 1** angefügt.

3.1 Bauliche Anforderungen an die Dachbegrünung

Technisch sind Dachbegrünungen auf fast allen Dächern bis zu einer Neigung von 45 Grad zu errichten. Damit die Windsogsicherheit und die Rutschfestigkeit gewährleistet ist, sind ab einer Steigung von 10 Grad stützende und stabilisierende Bauteile (befestigte, rutschfeste Traufe und Schubschwellen) notwendig. Dies erfordert höhere Investitionskosten als ein Gründachaufbau auf einem Flachdach. Die meisten Dachbegrünungen werden daher auf gering geneigten Dächern und Flachdächern errichtet. Abhängig von der geplanten Gestaltung des Daches und der Dachform bieten Hersteller unterschiedliche Systeme an. Damit eine Dachbegrünung Schutzfunktionen für die Dachkonstruktion erfüllen und stadtklimatische oder kleinklimatische Wirkungen entfalten kann, ist die Begrünung entsprechend den Anforderungen der Unterkonstruktion zu planen sowie die Auswahl der Vegetation entsprechend der Standortbedingungen zu treffen und zu pflegen.

Grundlagen

Abdichtung des Unterbaus

Grundlage für Dachbegrünungen ist eine vorhandene und funktionsfähige Dachabdichtung gegen Feuchtigkeit. Diese ist in den meisten Fällen über der Dämmschicht angebracht und muss ggf. durch einen Wurzelschutz ergänzt werden. Hierauf werden eine Dränage sowie eine Substratschicht aufgebaut. Die Höhe und Zusammensetzung der Substratschicht ist abhängig von der geplanten Begrünung. Bei einem Umkehrdach muss die Dämmschicht mit einem Rieselschutz und einem Wurzelschutz von der Dränschicht abgesichert werden.

An begrünte Flachdächer werden bestimmte Anforderungen bezüglich der Abdichtung und Entwässerung sowie des Brandschutzes gestellt. Neben den verschiedenen DIN sind die Landesbauordnungen zu erfüllen. Die vom Zentralverbands des Deutschen Dachdeckerhandwerks herausgegebenen Fachregeln für Dächer mit Abdichtungen – Flachdachrichtlinien – geben zudem Hinweise zur Planung und Ausführung und eine Übersicht der DIN (Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks e.V. 2012). Die FLL-Dachbegrünungsrichtlinie der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) bietet weiterhin ergänzende Regelungen zur Begrünung abgedichteter Dächer sowie zur Pflege und Instandhaltung (FLL 2008).

Um die Wasserundurchlässigkeit zu gewährleisten muss der Aufbau unabhängig von der Zielvegetation gegen Schäden durch Wurzeln und Rhizome geschützt sein. Die FLL hat hierzu ein Prüfverfahren entwickelt. Hersteller von Wurzelschutzbahnen sollten nachweisen können, welche ihrer Wurzelschutzbahnen das Prüfverfahren bestanden haben.

Lastreserven

Dachbegrünungen unterscheiden sich insbesondere in den Anforderungen an die Statik stark hinsichtlich der Aufbauhöhe der Unterkonstruktion, der Substrathöhe und der gewünschten Nutzung.

Die statischen Lastreserven des Daches sind daher entscheidend dafür, ob und wie ein Dach auch im Nachgang begrünt werden kann. Nach DIN EN 1991-1-1 muss etwa auf einem begehbaren Dach für Reinigungs- und Ausbesserungsarbeiten eine Belastung von 100 kg am ungünstigsten Punkt möglich sein. Bei der regelmäßigen Nutzung etwa als Dachterrasse oder Dachgarten muss unabhängig von der Fläche dieselbe Flächenlast wie für Balkone (400 kg/m²) möglich sein. Diese Lasten müssen zusätzlich zu den Lasten der wassergesättigten Dachbegrünungskonstruktion in der statischen Berechnung berücksichtigt werden.

Für die Innenstadt Mannheims ist aufgrund der flächendeckenden Bebauung vorrangig die nachträgliche Begrünbarkeit von Dächern relevant. In der **Tabelle 1** ist ein Überblick mit Kennwerten für unterschiedliche Dachbegrünungsarten aufgeführt.

Tabelle 1: Übersicht der verschiedenen Dachbegrünungen

(zusammengestellt aus Herstellerangaben)

	Extensivbegrünung	Einfache Intensivbegrünung	Intensivbegrünung
Pflegeaufwand	gering	mittel	hoch
Kosten	niedrig	mittel	Hoch
Bewässerung	in der Anwachsphase	periodisch	regelmäßig
Aufbauhöhe (cm)	5 bis 20	12 bis 25	15 bis 200
Gewicht (kg/m ²)	60 bis 250	150 bis 300	ab 150 bis über 1000
Pflanzenfamilien	Moose, Sedum, Trocken-gras, belastbare Stauden und Kräuter	Gräser, Stauden, kleine Sträucher	Viele Möglichkeiten von Rasen bis Parkanlagen mit Bäumen und Teichen

Die Gewichtsangaben in **Tabelle 1** sind Angaben für die Unterkonstruktion inklusive Substratschicht im wassergesättigten Zustand und Vegetation. Zusätzlich müssen entsprechend der geplanten Nutzung die oben genannten Flächenlasten aufgenommen werden können.

Sicherung gegen Abrutschen und Winderosion

Die Ausführung von begrünten Dächern mit mehr als 10 Grad Gefälle erfordert Sicherungen gegen ein Abrutschen der Dachbegrünung.

Gegen Winderosion müssen auch Dächer unter 5 Grad Gefälle gesichert werden. Besonders in Städten mit häufig auftretenden Böen entlang von Straßen ist auf die Verwehsicherheit zu achten.

Hersteller bieten für Bereiche mit starken Windlasten vorkultivierte Matten an, in denen das Substrat und die Vegetation fest verbunden sind. Diese werden bei Höhen über 10 Metern generell empfohlen. Zudem gibt es spezielle Netze, die die Vegetation zusätzlich schützen und ein vegetationsfreier Streifen an Rand- und Eckbereichen gewährleistet die Verwehsicherheit.

Brandschutz und Absturzsicherung

Intensiv begrünte Dächer werden in der Regel als harte Dächer betrachtet. Das bedeutet, dass die Gründachkonstruktion dieselben Brandschutzanforderungen erfüllen kann wie ein herkömmlich gedecktes Dach. An extensive Dachbegrünungen werden zudem Anforderungen an die Abschirmung des Dachstuhls gestellt. Bei der Planung von intensiv begrünten Dächern, die länger als 40 Meter sind, Lichtschächte enthalten oder andere Öffnungen und Ausstiege zur Dachfläche haben müssen hier Abstandsflächen und Abtrennungen von einzelnen Abschnitten vorgesehen werden. Die Anforderungen an die Substrate werden von speziellen Substraten zur Dachbegrünung in der Regel eingehalten.

Zudem müssen Dächer Absturzsicher ausgeführt werden. Bei intensiven Gründächern, die zur regelmäßigen Nutzung konzipiert sind, bietet sich ein Kollektivschutz an. Abhängig von der Nutzung macht die Landesbauordnung Angaben zur Höhe der Brüstung. Auch bei extensiven Dachbegrünungen muss jedoch eine gesicherte Wartung möglich sein. Eine Sicherung kann hierbei entweder über Sicherungspunkte oder über Laufschiene erfolgen. Hersteller bieten neben herkömmlichen, den Aufbau durchdringenden Befestigungen auch Systeme an, die die Drän- und Schutzschichten der Dachbegrünung nicht durchdringen und über Auflasten fixiert werden.

Pflege

Dachbegrünungen sind abhängig von der Nutzung unterschiedlich pflegeintensiv (s. **Tabelle 1**). Um die Dachkonstruktion zu schützen und das Gründach zu erhalten ist eine fachmännische Pflege notwendig. In **Abbildung 5** ist eine wilde Dachbegrünung dargestellt, die zwar ggf. ökologische Vorteile aufweist, jedoch die Dachdichtung und Gebäudestandfestigkeit gefährdet. Auch bei extensiven Dachbegrünungen ist nach der Erreichung der Zielvegetation Fremdbewuchs regelmäßig zu entfernen. Für extensive Begrünungen wird weiterhin eine jährliche Kontrolle inklusive der Entfernung von Fremdbewuchs und der Kontrolle des Wasserüberlaufs empfohlen. Intensivbegrünungen müssen entsprechend der Vegetation häufiger gepflegt werden. Hierzu zählen die Kontrolle und Wartung der Be- und Entwässerungsanlagen, Mahden sowie eventueller Schnitt von Stauden, Büschen und kleinen Bäumen.



Abbildung 5: Nicht gepflegte extensive Dachbegrünung; Fremdbewuchs wurde nicht entfernt

Dachbegrünung und Photovoltaik

Bei einer fachgerechten Ausführung schließen Dachbegrünungen und Photovoltaikanlagen einander nicht aus. Die PV Anlage muss hierzu vor Bewuchs geschützt sein, sollte aber der Vegetation genug Luft und Licht zum Wachstum geben. Von Herstellerseite werden Unterkonstruktionen angeboten, die durchdringungsfrei auf der Dränschicht aufliegen und auf denen die PV Anlagen in ausreichender Höhe über beispielsweise einer Sedumschicht befestigt werden. Da Halbleiter temperaturempfindlich sind, wird die Leistung der PV Anlage aufgrund der kühlenden Wirkung der Evapotranspiration gesteigert. Halbleiter haben einen Leistungsverlust von bis zu 0,5 Prozent je zusätzlichem Grad Kelvin. Wie oben gezeigt kann der Temperaturunterschied zwischen einer bepflanzen Fläche und einer Kiesfläche zur heißesten Zeit des Tages knapp 30 Grad Kelvin betragen (s. **Abbildung 2** S. 8). Dies entspricht einem Leistungsverlust der Halbleiter von bis zu 15 Prozent.

3.2 Extensive Dachbegrünung

Extensiv begrünte Dächer erfordern kaum eine Pflege. Bei der Realisation wird in der Regel keine zusätzliche Bewässerung eingebaut. In Verbindung mit der speziellen Sedimentschicht wird dafür gesorgt, dass nur bestimmte Biotope entstehen können, zum Beispiel Moos-Sedum-Dächer oder Moos-Sedum-Gras-Dächer. Diese sind meist als Ersatz der regulären Dachbedeckung konzipiert und nicht zur dauerhaften oder regelmäßigen Freiraumnutzung ausgelegt.

Abbildung 6 zeigt hierzu den schematischen Aufbau einer extensiven Dachbegrünung mit unterschiedlichen Aufbauten in der Dränschicht.

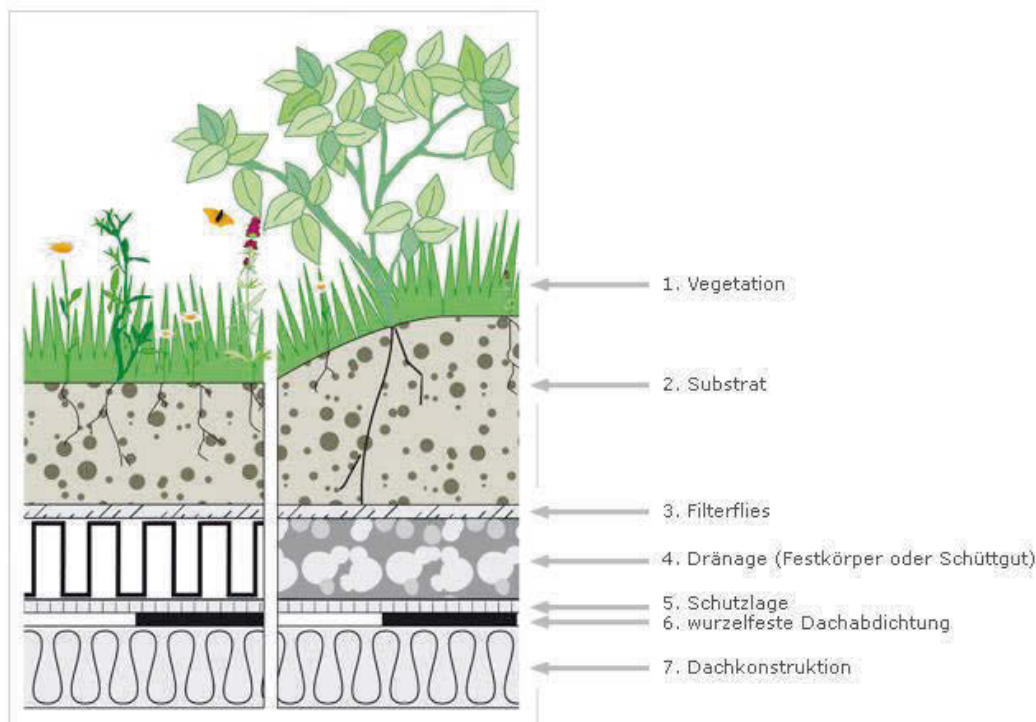


Abbildung 6: Schematische Darstellung einer extensiven Dachbegrünung (Quelle FBB 2014)

Bezüglich der Auswirkungen auf das Kleinklima sind extensive Dachbegrünungen besonders aufgrund der Wasserretention, der Feinstaub- und Kohlenstoffbindung und der Evapotranspiration von Bedeutung.

Für die städtische Wasserwirtschaft ist die Dachbegrünung besonders vorteilhaft, da bei Regenereignissen ein Teil des Niederschlags im Substrat temporär gespeichert und nur gedrosselt abgeleitet wird. Dadurch können Abflussspitzen um gut 50 Prozent gedrosselt werden. Zudem wird das Niederschlagswasser bei der Durchsickerung des belebten Bereiches vorgereinigt. Der Behandlungsaufwand für das Niederschlagswasser wird dadurch herabgesetzt. Die Wasseraufnahme und -abgabe von Dachbegrünungen beruht darauf, dass bei Auftreten von Niederschlägen der unterschiedlich mit Bodenfeuchte vorgesättigte Schichtaufbau das anfallende Wasser aufnimmt, bis der Zustand der maximalen Wassersättigung erreicht ist. Erst nach Überschreiten dieser Zustandsform

setzt der Wasserabfluss ein. Die **Abbildung 7** zeigt den Wasserkreislauf von Gründächern mit der Speicherung von Feuchtigkeit im Substrat und in der Dränage.

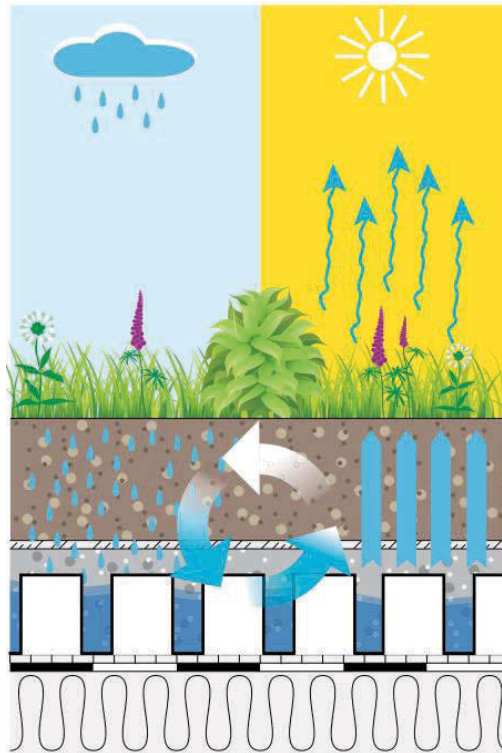


Abbildung 7: Schematische Darstellung des Wasserkreislaufs und der Wasserspeicherung auf begrüntem Dächern (Quelle Optigrün GmbH 2014)

Das aufgenommene und gespeicherte Regenwasser wird über die Verdunstung der Pflanzen und aus dem Schichtaufbau unmittelbar wieder in den natürlichen Kreislauf gebracht. Je nach Substratzusammensetzung und der damit verbundenen maximalen Wasserspeichereigenschaft und Schichthöhe können unterschiedliche Mengen an Regenwasser im Dachsubstrat zurückgehalten werden. Nur das Überschusswasser fließt ab, der überwiegende Anteil wird über die Pflanzen aufgenommen und verdunstet. Die Verdunstungsrate des jährlichen Niederschlags beträgt hierbei rund 55 Prozent. In Abhängigkeit von der Unterkonstruktion ist eine Regenrückhaltung mit Abflusskennzahlen bis zu $C = 0,1$ zu realisieren. Dadurch entlasten extensive Gründächer den städtischen Wasserhaushalt bei Niederschlagsspitzen.

Extensive Dachbegrünungen werden in der Regel nicht mit zusätzlichen Bewässerungseinrichtungen ausgestattet, da Moos-Sedum Pflanzengesellschaften auch in Pflanzenbestandteilen Wasser speichern. Zudem können pro Quadratmeter extensiver Moos-Sedum Begrünung bis zu 2 Liter Wasser pro Tag verdunstet werden.

Extensive Dachbegrünungen stellen den größten Anteil an Dachbegrünungen dar. Eine 5 Zentimeter hohe Kiesbedeckung auf einem Flachdach wiegt etwa 100 kg/m^2 und ist damit auch im Nach-

gang durch eine extensive Begrünung zu ersetzen. Bei der Ermittlung der Potenziale einer nachträglichen Begrünung von Dächern sind extensive Dachbegrünungen aufgrund des relativ geringen Aufbaugewichts daher die wahrscheinlichste Variante.

3.3 Intensive Dachbegrünung

Intensiv begrünte Dächer sind meist begehbar und können in der Ausprägung von Rasenflächen bis hin zu Gartenanlagen mit Stauden, Graslandschaften, Gehölzen oder zusätzlichen Teichen reichen. Bei intensiven Gründächern muss daher bereits in der Planung der Gebäudestatik darauf geachtet werden, welche Sedimentschicht notwendig ist und welche Lasten entstehen können. Die **Abbildung 8** zeigt den schematischen Aufbau von intensiv begrünten Dächern. Im Vergleich zu extensiv begrünten Dächern (s. **Abbildung 6** S. 20) ist die Wasserstauwanne deutlich zu erkennen. Hierdurch wird mehr Feuchtigkeit im Gründach gespeichert, was eine anspruchsvollere Vegetation und mehr Retention ermöglicht.

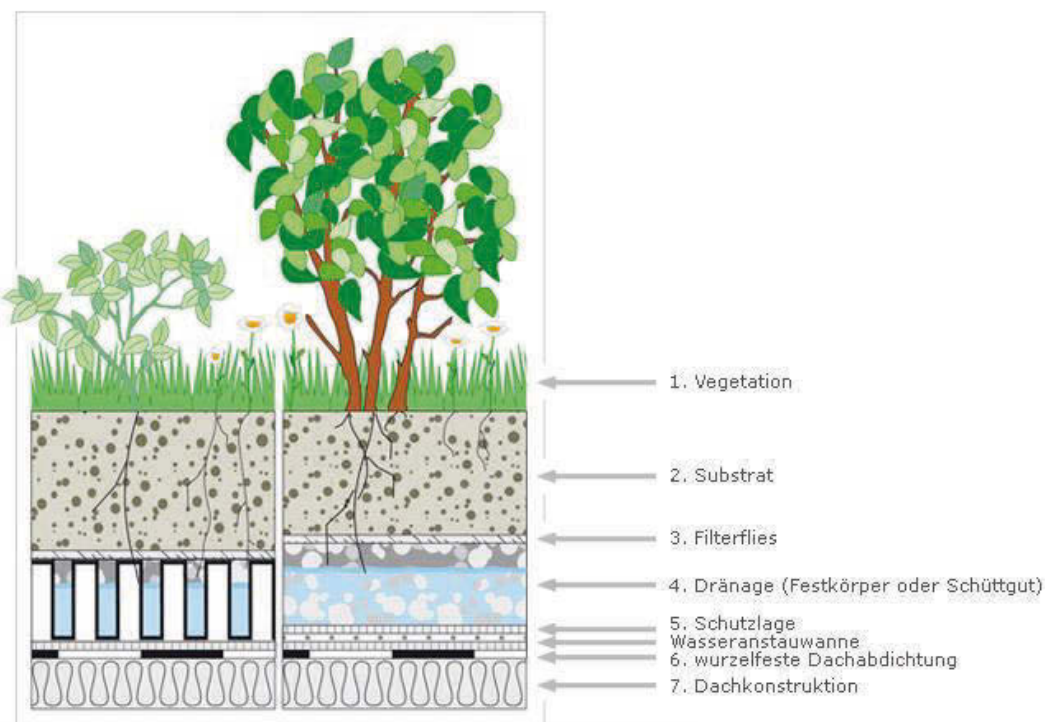


Abbildung 8: Schematische Darstellung einer intensiv begrünten Dachfläche (Quelle FBB 2014)

Durch den hohen Substrataufbau von bis über einem Meter und der Unterkonstruktion mit Dränageschicht kann Niederschlag bei intensiven Dachbegrünungen bis zu 100 Prozent aufgenommen und zeitversetzt abgegeben werden. Je nach Höhe des Substrataufbaus reduziert sich der Dachflächenabfluss um 10 bis 70 Prozent. Die Reduzierung des Dachabflusses von 10 bis 70 Prozent bedeutet eine Verdunstung von 30 bis 90 Prozent des Jahresniederschlages. Im Hinblick auf den kleinräumigen Wasserkreislauf kann mit dieser Maßnahme der ursprüngliche Verdunstungsanteil der unbebauten Fläche annähernd erreicht werden. Die Verdunstungsleistung der Dachbegrünung hängt von der verwendeten Vegetationsform ab und beträgt an einem heißen Sommertag etwa 20 Liter pro Quadratmeter bei einer Intensivbegrünung.

Für die Potenzialermittlung der Quadrate sind primär einfache Intensivbegrünungen relevant, da diese in Abhängigkeit der statischen Lastreserve des Dachaufbaus ggf. auch nachträglich errichtet werden können. Hierzu ist, abhängig von der geplanten Bepflanzung, eine Lastreserve von etwa 1.000 kg/m² notwendig. **Abbildung 9** zeigt hierzu eine etwa 30 Jahre alte einfache Intensivbegrünung in der Vegetationspause.



Abbildung 9: Beispiel für eine einfache Intensivbegrünung in der Vegetationspause (Februar 2015)

3.4 Ergebnisse der Luftbildauswertung

Aus der Auswertung der digitalen Orthofotos ergibt sich ein hohes Potenzial an Flachdächern, die derzeit nicht begrünt sind. In den Quadraten ist nur ein Anteil von 4,8 Prozent der Dachflächen (einschließlich Garagen und Betriebsgebäuden) begrünt.

Die Auswertung der DOP ergab, dass viele der begrünter Dächer nur kleine Dachflächen haben. Große, zusammenhängende größere begrünte Dachflächen sind nur vereinzelt vorhanden und vor allem auf Dachflächen von Gewerbebetrieben zu finden. Für die Sicherung der positiven Einflüsse auf das Stadtklima ist weiterhin zu prüfen, ob die begrünter Dächer entsprechend der Konstruktion gepflegt werden, damit die Retentionsfähigkeit, die Evapotranspiration und die Bindung von Kohlenstoff und Luftschadstoffen gewährleistet werden kann.

Gut 60 Prozent der Dachflächen sind Flachdächer, die nicht begrünt sind. Diese stellen kurz- und mittelfristig das höchste Potenzial zur Begrünung dar. Berücksichtigt man die Instandsetzungsintervalle von Flachdächern und die benötigten statischen Lastreserven für die nachträgliche Begrünung, eventuelle wirtschaftliche Hindernisse und Bedenken von Eigentümern ergibt sich eine Fläche von ca. 10 Prozent der nicht begrünter Flachdächer in den Quadraten, die mit einer Förderung von Gründächern in den nächsten fünf Jahren begrünt werden können. Dies entspricht einer Fläche von knapp drei Hektar. Die **Abbildung 10** zeigt exemplarisch die nicht begrünte Dachfläche eines gewerblich genutzten Gebäudes in den Quadraten.

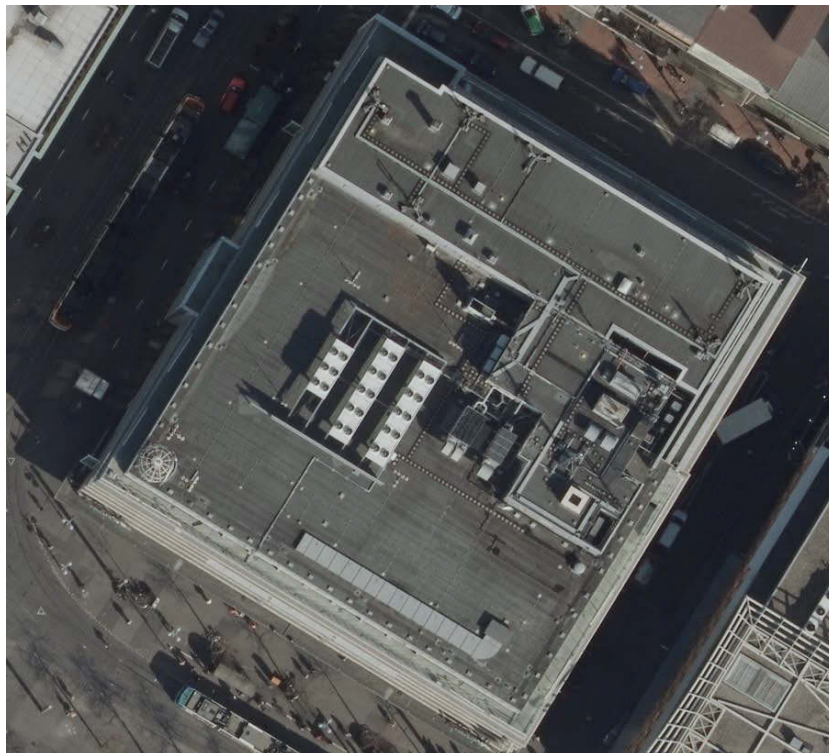


Abbildung 10: Nicht begrüntes Flachdach an den Planken

3.5 Zusammenfassung der Potenzialermittlung Dachbegrünung

Dachbegrünungen wirken sich durch Retention, Kohlenstoff- und Feinstaubbindung sowie Evapotranspiration positiv auf das Stadtklima aus. Die Auswertung der DOP hat ergeben, dass ein großes Flächenpotenzial (unbegrünte Flachdächer) in den Quadraten besteht. Die Umnutzung von Flachdächern in extensive Gründächer ist bezogen auf statische Lastreserven in vielen Fällen möglich, wenn zuvor etwa Kies als Schutzschicht auf die Flachdächer aufgetragen war.

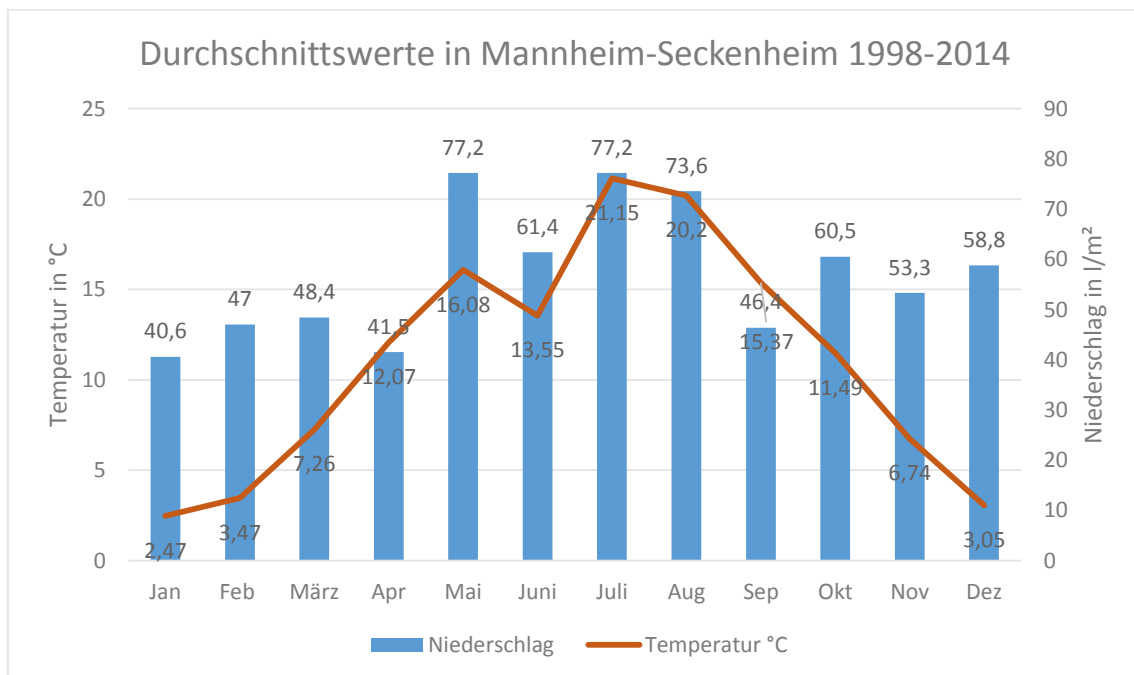
Die Auswirkungen der begrünten Dächer auf das Stadtklima unterscheiden sich hinsichtlich der gewählten Unterkonstruktion und Begrünung. Je nach Unterkonstruktion können begrünte Dächer unterschiedlich viel Niederschlagswasser zurückhalten und gedrosselt abgeben. Es kann dabei von einem mittleren Abflussbeiwert von $C = 0,5$ ausgegangen werden. Mit entsprechender Unterkonstruktion können auch Abflussbeiwerte von bis zu $C = 0,1$ erreicht werden.

Die Evapotranspiration ist abhängig von der Auswahl der Pflanzengesellschaften. Diese sollten im Rahmen einer Fachplanung an die Standortbedingungen des nördlichen Oberrheins angepasst werden. Als Richtwert kann bei extensiven Dachbegrünungen ein ungefähres tägliches Verdunstungspotenzial durch Substrat und Vegetation von 2 Litern pro Quadratmeter angenommen werden. Bei den geschätzten 3 Hektar, die in den nächsten fünf Jahren in extensive Gründächer umgewandelt werden können, entspricht dies einer ungefähren Verdunstungsleistung von 60.000 Litern. An heißen Tagen wird dadurch eine Energieaufnahme durch die unter den begrünten Dächern liegenden Gebäude von rund 40.000 kWh verhindert.

Bezogen auf die Reduktion von Luftschadstoffen und CO_2 ist ebenfalls die Wahl der Pflanzengattungen relevant, wobei auch die Substrate als Kohlenstoffsinken dienen. **Tabelle 2** stellt hierfür Vergleichswerte des jährlich akkumulierten Kohlenstoffgehalts dar. Die Angaben für Bäume und Kurzumtriebsgehölze wird in der Regel in t/ha angegeben und ist zur einfacheren Lesbarkeit umgerechnet worden. Es zeigt sich, dass Moos-Sedum Gesellschaften aufgrund der hohen Wurzelmasse der Sedumarten viel Kohlenstoff anreichern. Da extensive Dachbegrünungen bis zur Erneuerung auf dem Dach verbleiben und der angereicherte Kohlenstoff nicht abgetragen wird stellen diese Dächer eine Kohlenstoffsinke dar. Die Bindung von Kohlenstoff in einfachen Intensivbegrünungen ist zwar deutlich höher, diese Pflanzengesellschaften erfordern aber mindestens eine jährliche Mahd. Diese Trockenmasse kann beispielsweise zur Refinanzierung der Investitions- und Instandhaltungskosten der Biogasproduktion zugeführt werden. Es besteht daher keine Gewähr, dass auch die Trockenmasse der einfachen Intensivbegrünung als Kohlenstoffsinke für das städtische Klima fungiert.

Tabelle 2: Kohlenstoffgehalt unterschiedlicher Pflanzen (nach IASP 2012)

	Pflanzenart	Akkumulierter Kohlenstoffgehalt in g/m ² pro Jahr
Kurzumtriebsgehölze	Bergahorn	50
	Pappel	520
Extensive Dachbegrünung	Sedum – Biomasse (Ø)	168
	Sedum – Wurzelmasse (Ø)	107
	Weidelgras	200
	Moos (Ø)	408
Einfache Intensivbegrünung	Wildstaudenmischung	760 bis 1200

**Abbildung 11: Klimadiagramm Mannheim, Private Wetterstation Mannheim-Seckenheim** (eigene Darstellung nach Rabitsch 2014)

Die Potenziale für die Verbesserung des Stadtklimas in der Innenstadt Mannheims durch Dachbegrünung sind in der **Tabelle 3** zusammengefasst. Für die kurzfristigen (bis drei Jahre), mittelfristigen (bis fünf Jahre) und langfristigen (bis über zehn Jahre) Entwicklungsphasen wird das Potenzial

der Dachfläche, die nachträglich begrünt werden kann, dargestellt. Für diese Flächen werden Wirkungen für das Stadtklima berechnet. Grundlage für die Berechnungen der jährlichen Verdunstung bilden die Daten der privaten Wetterstation in Mannheim-Seckenheim (s. **Abbildung 11**).

Die Ergebnisse in Kapitel 3.4 sind aufgrund der Instandhaltungsintervalle sowie ökonomischer Zusammenhänge und Bauvorbereitungszeiten für den mittelfristigen Planungszeitraum von bis zu 5 Jahren angegeben. Aufgrund der Investitionskosten sowie der erwarteten langsameren Anlaufzeit der Umrüstung nach der Einführung von Fördermechanismen und Informationskampagnen wird für das kurzfristige Potenzial 33 Prozent des mittelfristigen Potenzials angenommen, für das langfristige Potenzial wird eine Verdopplung des mittelfristigen Potenzials angenommen.

Tabelle 3: Abschätzung der potenziellen zusätzlichen Fläche für Dachbegrünung und deren Wirkung für das Stadtklima (kurz-, mittel- und langfristig, gerundet)

	kurzfristig (bis drei Jahre)	mittelfristig (bis fünf Jahre)	langfristig (bis über zehn Jahre)
Quadratmeter	10.000	30.000	60.000
Verdunstung an heißen Tagen in Litern	20.000	60.000	120.000
Nicht aufgenommene Energie durch Verdunstung in kWh	13.333	40.000	80.000
Jährliche Verdunstung (extensive Begrünung, Ver- dunstung rund 50 Prozent des Jahresniederschlags)	3.444.500	10.333.500	20.333.700
Durchschnittliche jährliche CO ² Speicherung bei Begrünung mit Sedum (inkl. Wurzelmasse) in Kilogramm	2.750	8.250	16.500

4 Potenzialermittlung Fassadenbegrünung in den Quadraten

Für die Potenzialermittlung der Fassadenbegrünung wurden acht Quadrate hinsichtlich der Eignung für die Fassadenbegrünung analysiert. Die Quadrate wurden so ausgewählt, dass die bauliche Vielfalt und der Nutzungsmix der Innenstadt Mannheims wiedergegeben werden. Die Analyse erfolgte durch Begehungen vor Ort sowie die Auswertung von Fachbeiträgen und Herstellerunterlagen. Die ausgewählten Quadrate sind in **Anlage 2** dargestellt.

Folgende Quadrate wurden ausgewählt:

Quadrat G7

Das Randquadrat in der westlichen Unterstadt ist geprägt durch einen durchgängig bebauten Blockrand und einen dicht bebauten Innenbereich in kleinteiliger Parzellierung. Neben gewerblicher Nutzung, die vornehmlich in den unteren Etagen angeordnet ist, ist Wohnnutzung dominierend. Die **Abbildung 12** zeigt das Quadrat G7 als Orthofoto.

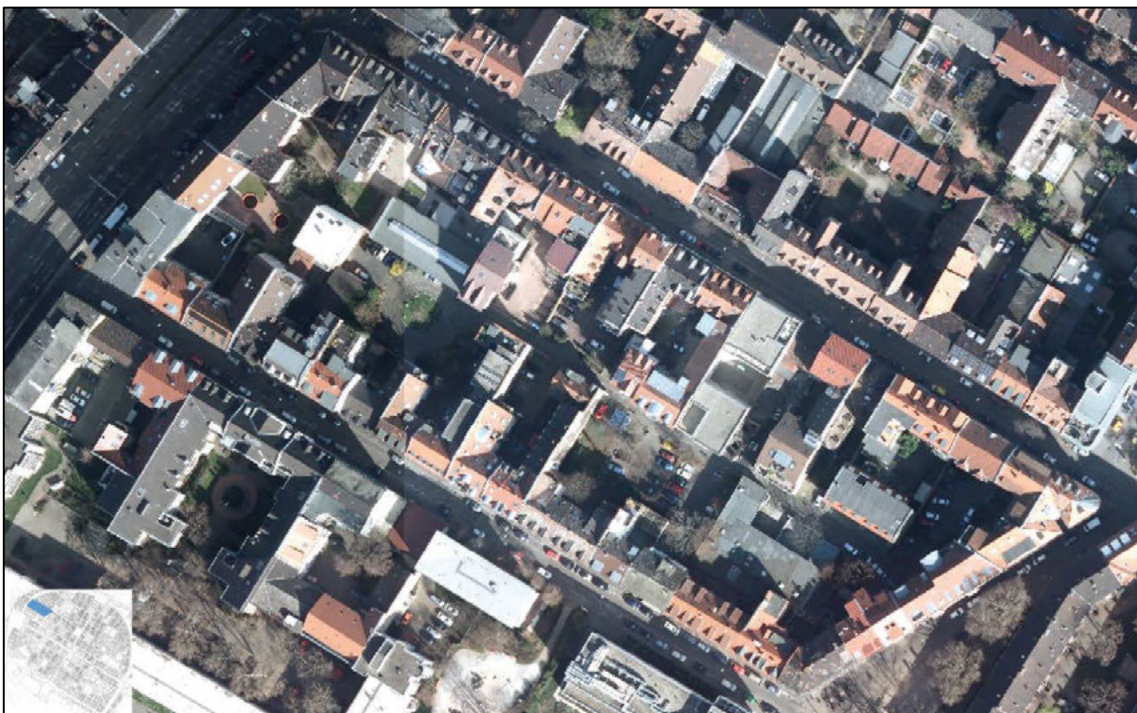


Abbildung 12: Orthofoto von G7

Quadrat H5

In der Innenstadt sind verschiedene Quadrate mit Wohnbebauung mit großzügigen Freiflächen bebaut. Das Quadrat H5 ist beispielhaft hierfür gewählt. Die **Abbildung 13** zeigt das Quadrat H5 als Orthofoto.

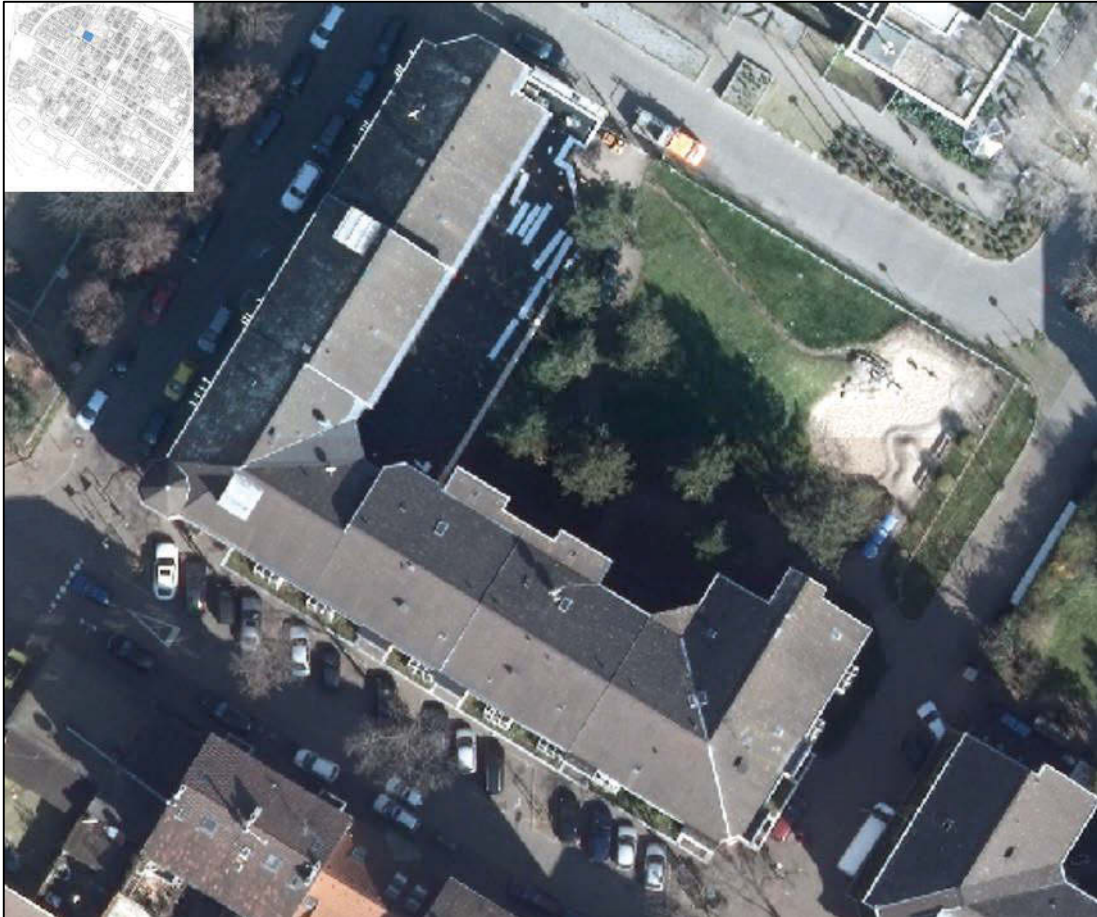


Abbildung 13: Orthofoto von H5

Quadrat U5

Die Randquadrate sind meist länglich und weisen aufgrund der stadtgeschichtlichen Entwicklung verschiedene Besonderheiten im Untergrund auf. Diese sind teilweise auch auf Unterkonstruktionen ehemaliger Befestigungsanlagen zurückzuführen. U5 ist ein Beispiel für ein Randquadrat mit dichter Blockrandbebauung. U5 stellt teilweise eine Besonderheit dar, da auf einer Brachfläche eine Begrünungsmaßnahme umgesetzt wurde (internationaler Garten). Die **Abbildung 14** zeigt das Quadrat U5 als Orthofoto. Der Baumbestand im internationalen Garten ist in der Bildmitte deutlich zu erkennen.



Abbildung 14: Orthofoto von U5

Quadrat S3

In den inneren Quadraten unterliegen viele der Innenhöfe mit Blockrandbebauungen einer hohen Nutzungskonkurrenz. Die Innenhöfe sind daher in vielen Fällen dicht bebaut oder dienen als Stellplätze. S3 stellt beispielhaft diese Quadrate dar. Die **Abbildung 15** zeigt das Quadrat S3 als Orthofoto.



Abbildung 15: Orthofoto von S3

Quadrat P1

In den Quadraten sind speziell entlang der Planken, aber auch an anderen Stellen, großflächige Gewerbebetriebe, vornehmlich aus dem Einzelhandelsbereich, angesiedelt. P1 ist das Beispiel für ein vollständig gewerblich genutztes Quadrat. Die **Abbildung 16** zeigt das Quadrat P1 als Orthofoto.



Abbildung 16: Orthofoto von P1

Quadrat O7

Entlang der Planken und der Breiten Straße sowie teilweise deren Nebenstraßen sind die Randquadrate häufig kleinteilig gemischt, wobei die gewerbliche Nutzung das Stadtbild stark prägt. Im Bereich der Erdgeschosse befinden sich viele Einzelhandels-, Dienstleistungs- und Gastronomiebetriebe, in den Obergeschossen mischen sich gewerbliche Nutzungen und Wohnnutzungen. O7 steht beispielhaft für diese Quadrate. Die **Abbildung 17** zeigt das Quadrat O7 als Orthofoto.



Abbildung 17: Orthofoto von O7

Quadrat N6

Durch Sondernutzungen ist innerhalb einiger Quadrate die Gebäudestruktur stark unterschiedlich. N6 stellt ein Beispiel für Quadrate mit gemischten Strukturen dar. Die **Abbildung 18** zeigt das Quadrat N6 als Orthofoto.

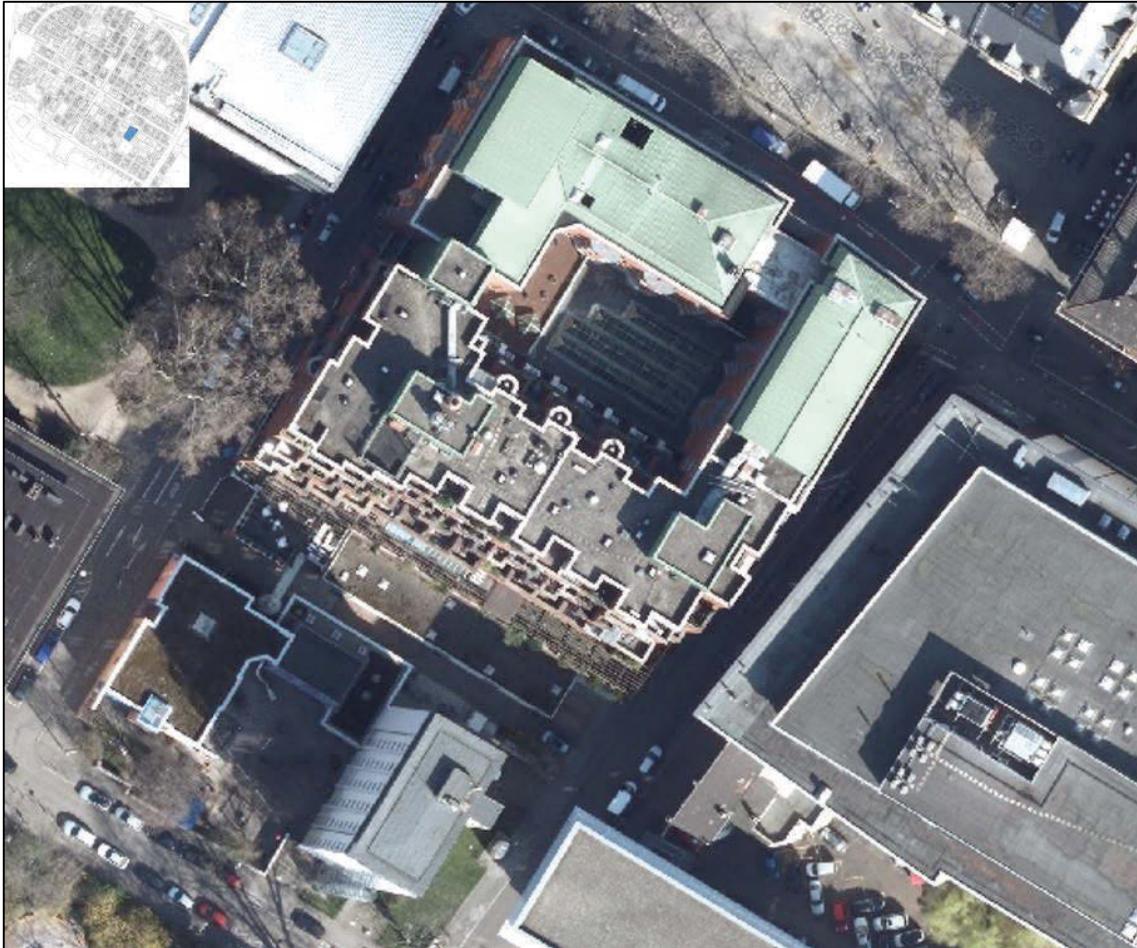


Abbildung 18: Orthofoto von N6

Quadrat A1

Innerhalb der Quadrate sind viele Verwaltungsgebäude und öffentliche Einrichtungen mit lokaler und überregionaler Bedeutung verortet. Diese Gebäude zeichnen sich durch einen hohen Anteil an Fensteröffnungen aus. Einige Nutzungen sind in historischer Bausubstanz untergebracht, wodurch ggf. die Aspekte des Denkmalschutzes bei der Fassadenbegrünung beachtet werden müssen. Die **Abbildung 19** zeigt das Quadrat A1 als Orthofoto.

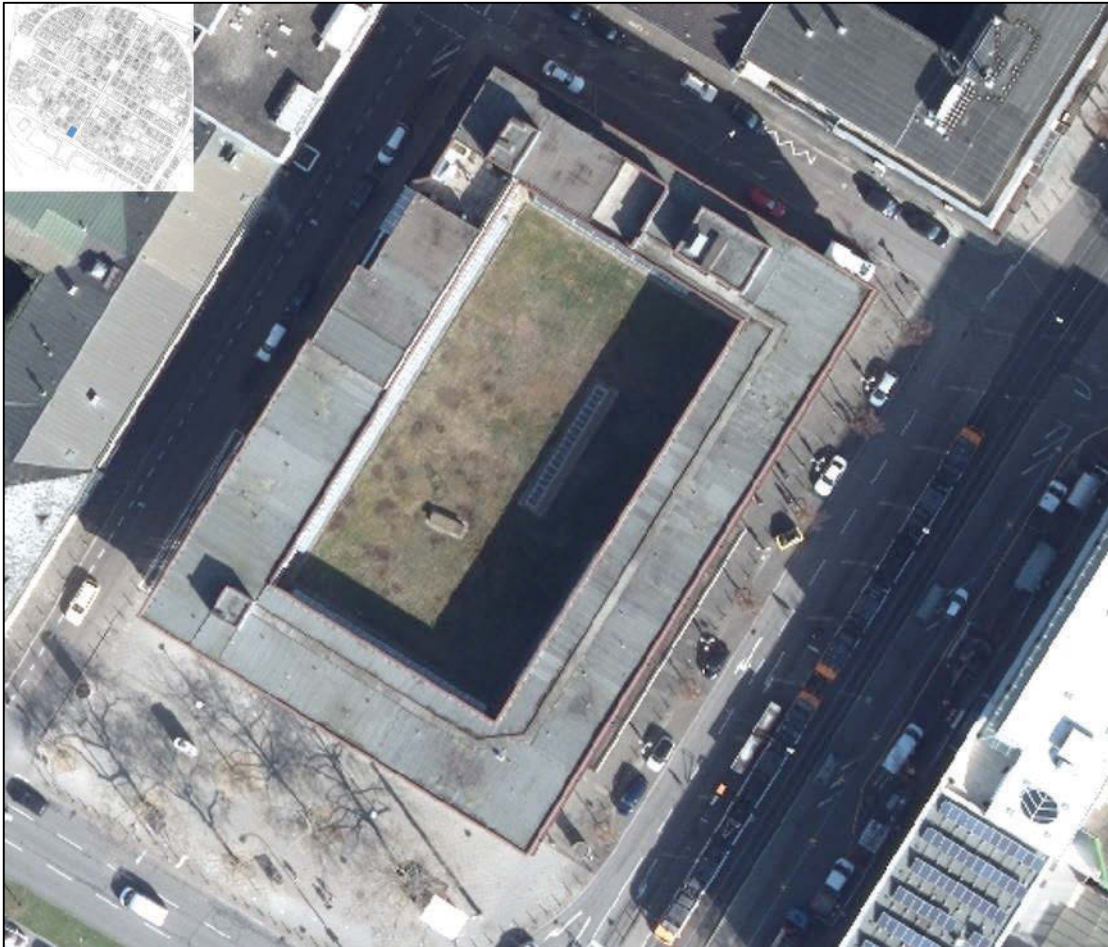


Abbildung 19: Orthofoto von A1

4.1 Bauliche Anforderungen für die Fassadenbegrünung

Grundlegende Voraussetzungen für die nachträgliche Installation von Fassadenbegrünungen sind eine intakte Fassade sowie besonders im Falle von fassadengebundenen Systemen statische Lastreserven für Befestigungen und Windsogsicherung. Eine bestehende Fassadendämmung kann ebenfalls begrünt werden. Verschiedene Hersteller bieten hierzu Verankerungen mit thermischen Trennungen an.

Aufgrund der unterschiedlichen Unterkonstruktionen und der verschiedenen Wuchsarten werden bodengebundene und fassadengebundene Begrünungssysteme unterschieden.

Bodengebundene Begrünungssysteme mit Kletterpflanzen

Selbstklimmend

Die erste Variante sind die selbstklimmenden Ranken (s. **Abbildung 20**), die keine weitere Befestigung benötigen. Dazu gehören Wurzelkletterer und Haftscheibenkletterer. Die weitverbreitetsten Ausführungen sind die verschiedenen Arten des Efeu (Wurzelkletterer) und der Jungfernebe (Haftscheibenkletterer). Die Pflanzen können dabei wahlweise direkt in den Untergrund eingebracht werden oder aus Pflanzgefäßen wachsen. Diese Begrünungen sind aufgrund der preisgünstigen Realisierung die häufigste Form der Fassadenbegrünung. Die Vielfalt ist jedoch eingeschränkt.

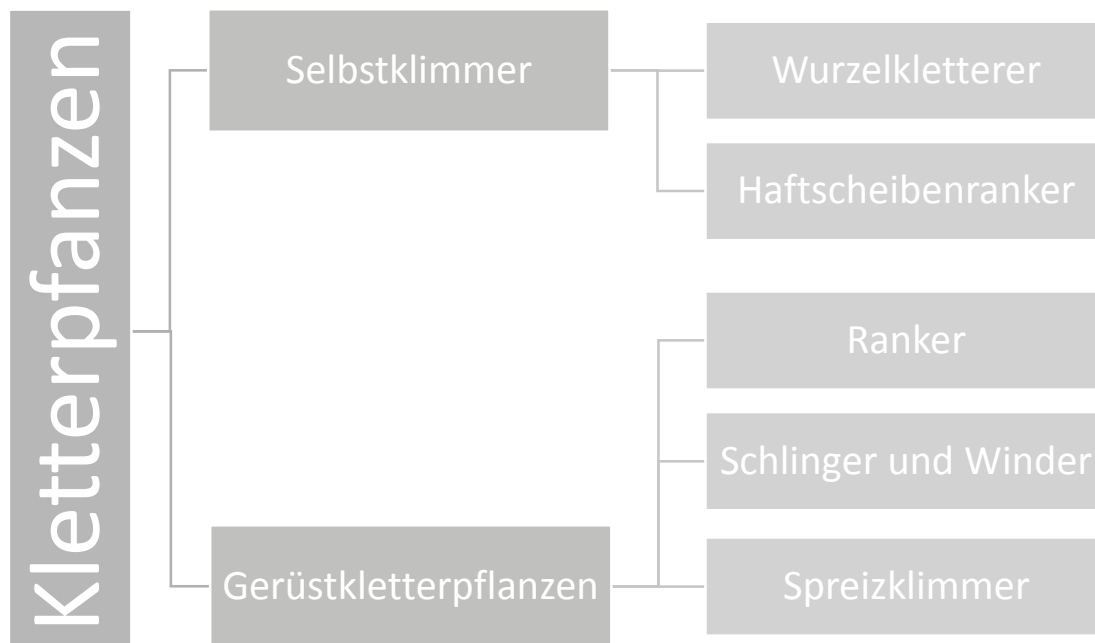


Abbildung 20: Arten von Kletterpflanzen

Gerüstkletterpflanzen

Die nächste Variante sind Gerüstkletterpflanzen (s. **Abbildung 20**), die auf Rankhilfen und Befestigungen angewiesen sind. Hier bieten Hersteller unterschiedliche Ausführungen von Holzgerüsten über Seilkonstruktionen bis hin zu gespannten Netzen, die vor die komplette Fassade gehängt werden. Spreizklimmer können zudem Risse in Fassaden als Rankhilfe nutzen. Allen gemein ist, dass die Befestigungen ab einer gewissen Höhe mit der Wand verbunden werden müssen. Um die isolierende Wirkung der Fassaden und der Fassadenbegrünung nicht zu schwächen sollte dabei darauf geachtet werden, dass die Halterungen gedämmt sind. Hierzu bieten die verschiedenen Hersteller unterschiedliche Lösungen an. Bei der Installation von Rankhilfen, muss auf eine sichere Befestigung geachtet werden. Fassadenbegrünungen stellen Luftwiderstände dar und sind dem Wind, der sonst an die Fassade trifft, ausgesetzt. Daher müssen sie besonders gegen in Städten häufig auftretende Böen geschützt werden und bedürfen der fachmännischen Planung und Montage. Die Investitionskosten unterscheiden sich stark nach der gewählten Befestigungsmethode, schützen jedoch die Fassade und senken dadurch die Instandhaltungskosten der Fassade.

Schadensvermeidung bei Kletterpflanzen

Damit Schäden an der Fassade, an Fallrohren und an einer eventuell vorgehängten Isolierung verhindert werden, ist bei den klassischen bodengebundenen Fassadenbegrünungen eine fachmännische Planung und Durchführung der Begrünung sowie eine regelmäßige und ordnungsgemäße Wartung und Pflege unabdingbar.

Fassadengebundene Begrünungssysteme – Grüne Wände

Die komplexeste Variante sind Systeme, die auch als grüne oder „lebende“ Wände beschrieben werden. Bei grünen Wänden ist danach zu unterscheiden, ob die Bepflanzung auf Trägermaterialien (zum Beispiel in mit Substrat gefülltes Geovlies) oder in Pflanzelementen (zum Beispiel in Pflanztröge an einer horizontalen Haltekonstruktion) eingebracht werden. In den Quadraten ist eine grüne Wand an einer Fassade an den Planken realisiert worden (O7 Haus 6, s. **Abbildung 36** S. 54).

Grüne Wände sind aufwendig in der Herstellung und werden in den letzten Jahren häufig als repräsentative Flächen errichtet. Die **Abbildung 21** (S. 39) zeigt eine großflächige grüne Wand in Paris, die von Patrick Blanc realisiert wurde. Diese Wand reicht bis auf den Gehsteig und ermöglicht dem Passanten den direkten Kontakt mit der Fassadenbegrünung.



Abbildung 21: Grüne Wand am Museum du quai Branly in Paris (Quelle Blanc 2009, S. 91)

Grüne Wände sind immer auf die Installation von Bewässerungssystemen angewiesen und daher entsprechend aufwendig in der Installation. Die Systeme können auch mit der gebäudeeigenen Regenwasserbewirtschaftung verbunden werden, indem das auf dem Dach oder auf anderen versiegelten Flächen gesammelte und in einer Zisterne gespeicherte Wasser zur Bewässerung der grünen Wände genutzt und über sie verdunstet wird. Grüne Wände sind in der Regel als vorgehängte hinterlüftete Fassaden konstruiert und können mit und ohne Trägerkonstruktion installiert werden. Dadurch wird Staunässe verhindert und die Konstruktion samt Luftpolster wirkt als zusätzliche Dämmschicht. Aus Herstellerangaben ergeben sich Traglasten ab 30 kg/m^2 für die wassergesättigte Trägerschicht und die Bepflanzung. Hinzu kommen etwaige Windsoglasten, die in Abhängigkeit der Planung und der Standortbedingungen ermittelt werden müssen. Nach Herstellerangaben werden daher mindestens 110 kg/m^2 statische Lastreserve benötigt. Eine fachmännische Planung und Ausführung ist daher unbedingt notwendig.

4.2 Städtebauliche Erscheinung von grünen Wänden

Aus stadtklimatischer Sicht sind Fassadenbegrünungen im Bezug auf die Evapotranspirationsleistung, die Kohlenstoff- und Feinstaubbindung sowie die Senkung der wahrgenommenen Temperatur (PET) relevant (s. Kapitel 2). Der letzte Punkt wird besonders durch die Erlebbarkeit von Begrünung im Straßenraum hervorgerufen. Die folgende **Abbildung 22** zeigt die Begrünung eines Wohnhauses in Belgien, bei dem für die Bewässerung der Fassade das auf dem Dach anfallende Regenwasser verwendet wird. Überschüssiges Wasser wird gespeichert und über eine automatische Bewässerungseinrichtung wieder auf die Fassade aufgebracht.



Abbildung 22: Grüne Wand an einem Wohnhaus in Belgien (Quelle Blanc 2009, S. 101)

Für dicht bebaute Gebiete wie die Innenstadt Mannheims können durch Fassadenbegrünungen an auffälligen Stellen optische Anreize gesetzt werden, die auch für das kleinräumige Klima Wirkung zeigen. Die folgende **Abbildung 23** stellt zwei punktuelle grüne Wände dar. Auf der linken Seite wird dabei ein Eingangsbereich betont. Dies ist in den Quadraten beispielsweise auch für Passageneingänge an den Planken möglich. Auf der rechten Seite sind Balkonbrüstungen verkleidet worden.



Abbildung 23: Durch eine grüne Wand betonter Eingangsbereich, links (Quelle Blanc 2009, S. 115); Begrünte Balkonfassaden, rechts (Quelle Blanc 2009, S. 158)

Die **Abbildung 24** (S. 42) zeigt die Nutzung einer grünen Wand als Blickfang und zur Betonung des Eingangsbereichs der Galeries Lafayette in Berlin als weiteres Beispiel der Betonung eines Passageneingangs durch eine grüne Wand.



Abbildung 24: Grüne Wand an der Galeries Lafayette in Berlin, Spätsommer 2011 (Aufnahme: Thorwald Brandwein 2011, Quelle: <http://www.biotekt.de/fassadenbegruenung>)

4.3 Fassadenbegrünungspotenzial an acht ausgewählten Quadraten

Quadrat G7

Das Quadrat G7 steht beispielhaft für Randquadrate mit einer Mischung aus gewerblicher Nutzung und Wohnnutzung in kleinteiliger Mischung.

Die Fassaden der Altbestände sind hier vielfach gut instandgesetzt. Der intakte Putz ermöglicht sichere bodengebundene Fassadenbegrünung, jedoch steht der gute Zustand einer kurz- bis mittelfristigen Investition in eine neue Fassadengestaltung entgegen. Weiterhin sind die Fassaden zum Straßenraum hin bis zur Sockelkante gepflastert. Eine Entsiegelung ist hier nur schwer durchzusetzen, da die Bürgersteige schmal sind, und die Pflanzflächen in direkter Konkurrenz mit anderen Nutzungen stehen würden. Die folgende **Abbildung 25** zeigt eine beispielhafte Fassade an der Nordostseite des Quadrats G7. Die gut erhaltene Altbaustruktur macht die Anbringung von Fassadenbegrünung mittelfristig unwahrscheinlich.



Abbildung 25: Restaurierter Altbestand, Nordostseite G7

Nach außen tritt G7 als geschlossene Blockrandbebauung in Erscheinung, im Innenbereich ist die Fassadenlinie vielfach gegeneinander abgesetzt. Teilweise stehen die Gebäude im Innenbereich abgesehen von Verbindungen im EG komplett von der Blockrandbebauung gelöst.

Das Quadrat ist durch eine 3- bis 7-geschoßige Bebauung gekennzeichnet. Balkone sind an den südlichen Gebäudeteilen angebracht, die Nordseite des Quadrats (Südseite zum Innenhof) weist dabei mehr Balkone auf, als die Südseite des Quadrats.

Einige Gebäude weisen vertäfelte Laubengänge auf. An anderen Gebäuden befinden sich über das gesamte Geschoss verlaufende Balkone, diese erschweren die Planung einer bodengebundenen

Fassadenbegrünung über mehrere Stockwerke. **Abbildung 26** zeigt exemplarisch die Fassaden an der Südwestseite des Quadrats G7. Auf der linken Seite der Abbildung sind die Balkone zu erkennen. In **Abbildung 26** wäre an dem Gebäude am rechten Bildrand genug Platz für Fassadenbegrünung mit Rankhilfen, durch den schmalen Gehsteig ist der Bodenanschluss jedoch unwahrscheinlich.



Abbildung 26: G7 von F7 aus (Blick nach Norden)

Im Quadrat G7 wurden Fassadenbegrünungen im Innenbereich an verschiedenen Stellen realisiert. Hierbei handelt es sich meist um Wilden Wein und Efeu. Es finden sich einige Brandmauern im Quadrat, die teilweise bereits mit Selbstklimmern begrünt sind, wohingegen andere Mauern mit einer vergleichbaren Exposition nicht begrünt sind. Diese Mauerabschnitte bieten sich besonders zur Anbringung von Fassadenbegrünungen an. **Abbildung 27** zeigt auf der linken Seite eine Fassadenbegrünung im Innenbereich des Quadrats in Nordostausrichtung und auf der rechten Seite eine nicht begrünzte Wand in Nordwestausrichtung. Hier sollte die Realisation einer Fassadenbegrünung geprüft werden.



Abbildung 27: Fassadenbegrünung in Nordostausrichtung (links; Stadt Mannheim Dez. V), Brandwand in Nordwestausrichtung (rechts)

Bei Wohngebäuden haben die Fensterflächen in der Regel einen Fassadenanteil zwischen 25 Prozent und 35 Prozent. Abzüglich 20 Prozent für Balkone, Laubengänge, Durchgängen und sonstige aus technischen Gründen nicht bzw. nur schwer begrünbare Fassadenteile ergeben sich 45 bis 55 Prozent Wandfläche die sich zur Begrünung eignen. Bei der Berücksichtigung der Anforderungen an Fassaden zur Fassadenbegrünung, der technischen und wirtschaftlichen Bedingungen sowie dem gut erhaltenen Fassadenbestand besteht das Potenzial, rund 5 Prozent der Fassadenflächen kurz- bis mittelfristig zu begrünen. Die Wahrscheinlichkeit der Begrünung ist dabei im Innenbereich größer. Bei einer durchschnittlichen Fassadenhöhe von 4 Vollgeschossen (gemittelt berechnet mit 3 Metern) und einer Fassadenlänge von 2.200 Metern entspricht dies rund 1.320 Quadratmeter Fassadenfläche im Quadrat G7.

Quadrat H5

Das Quadrat H5 repräsentiert die Quadrate mit (gefördertem) Wohnungsbau, die nicht durch eine geschlossene Blockrandbebauung gekennzeichnet sind.

Das Quadrat ist durch eine 4- bis 5-geschoßige Bebauung gekennzeichnet, bei der in Teilen zwischen dem Erdgeschoss und dem ersten Obergeschoss eine Überdachung angebracht ist. An diesen Stellen ist eine geschlossene Begrünung ab dem Erdgeschoss nicht möglich, für eine Begrünung ab dem ersten Obergeschoss kann nach Prüfung der Tragfähigkeit die Überdachung als Standort für Pflanzkübel verwendet werden. Die **Abbildung 28** zeigt die Ansicht von Südwesten mit dem überdachten Erdgeschoss. Deutlich zu erkennen sind die vertikal durchgängigen Metallverstreben der Balkone.

Die Fassadenlinie im Quadrat H5 wird im Innenbereich im Erdgeschoss häufig nach innen versetzt. An diesen Bereichen ist eine durchgängige Fassadenbegrünung über alle Stockwerke erschwert. Nach Prüfung der Tragfähigkeit kann die Bedachung der Anbauten des Supermarktes ggf. als Standort für Rankhilfen und Pflanztröge verwendet werden.



Abbildung 28: H5 vom Südwesten

An den Fassadenversprüngen befinden sich Mauern ohne Fenster. Diese Mauerabschnitte eignen sich besonders zur Anbringung von Fassadenbegrünung. Die Arkadendächer sind jedoch zum Teil begrünt. Zudem eignen sich die Verstrebrungen der Balkone als Kletterhilfen. **Abbildung 29** zeigt den Bewuchs auf den Metallverstrebrungen auf der Südostseite des Quadrats. Die Bepflanzung konnte hier im Freistreifen angebracht werden.



Abbildung 29: Balkon mit Bewuchs an der Südostseite von H5

Bei Wohngebäuden haben die Fensterflächen in der Regel einen Fassadenanteil zwischen 25 Prozent und 35 Prozent. Abzüglich 20 Prozent für Balkone, Treppenhausverglasungen, Durchgänge und sonstiger aus technischen Gründen nicht bzw. nur schwer begrünbarer Fassadenteile ergeben sich 45 bis 55 Prozent Wandfläche die sich zur Begrünung eignen. Bei der Berücksichtigung der Anforderungen an Fassaden zur Fassadenbegrünung sowie technischen und wirtschaftlichen Bedingungen besteht das Potenzial, rund 10 Prozent der Fassadenflächen kurz- bis mittelfristig zu begrünen. Bei einer durchschnittlichen Fassadenhöhe von 4 Vollgeschossen (gemittelt berechnet mit 3 Metern) und einer Fassadenlänge von 244 Metern entspricht dies rund 290 Quadratmeter Fassadenfläche im Quadrat H5.

Quadrat U5

Das Quadrat U5 ist ein Beispiel für ein Randquadrat mit dichter, kleinteiliger Blockrandbebauung und vorwiegender Wohnnutzung.

Das Quadrat ist durch eine 4- bis 6-geschoßige Bebauung gekennzeichnet. An der Außenseite des Quadrats sind Balkone oder Loggien nur an einzelnen Häusern angebracht und im Innenbereich häufiger im südlichen Teil des Quadrats. **Abbildung 30** zeigt exemplarisch die Fassadenstruktur in U5. Die Backsteinfassaden sind bei der Planung von Fassadenbegrünungen im Vorfeld zu prüfen um Schäden zu vermeiden.



Abbildung 30: Blick von T4/T5

Mit Ausnahme des internationalen Gartens ist der Blockrand durchgängig bebaut, im Innenbereich ist die Fassadenlinie vielfach gegeneinander versetzt, da viele Gebäude im Innenbereich errichtet sind. Die vorhandenen ebenerdigen Höfe dienen als Verkehrsfläche und bieten derzeit kaum Bodenzugang.

Abbildung 31 zeigt exemplarisch einen versiegelten Hof im Quadrat U5. Die Nutzung als Verkehrsfläche wird durch die Fahrradstellplätze deutlich.

Es finden sich einige Brandmauern im Quadrat, diese grenzen teilweise an den internationalen Garten an. Diese Mauerabschnitte bieten sich besonders zur Anbringung von Fassadenbegrünungen an. Vor einer Begrünung muss jedoch das Mauerwerk geprüft werden, um Schäden durch Selbstanker oder Gerüstkletterpflanzen zu verhindern.



Abbildung 31: Hof in U5

Die Fensterfläche hat bei der Wohnbebauung in der Regel einen Anteil an der Fassadenfläche zwischen 25 Prozent und 35 Prozent. Abzüglich 30 Prozent für Balkone, Durchgänge und sonstiger aus technischen Gründen nicht bzw. nur schwer begrünbarer Fassadenteile ergeben sich 35 bis 45 Prozent Wandfläche die sich zur Begrünung eignen. Bei der Berücksichtigung der Anforderungen an Fassaden zur Fassadenbegrünung sowie technischen und wirtschaftlichen Bedingungen besteht das Potenzial, rund 5 Prozent der Fassadenflächen kurz- bis mittelfristig zu begrünen. Bei einer durchschnittlichen Fassadenhöhe von 4 Vollgeschossen (gemittelt berechnet mit 3 Metern) und einer Fassadenlänge von rund 900 Metern entspricht dies rund 675 Quadratmeter Fassadenfläche im Quadrat U5.

Quadrat S3

Das Quadrat S3 steht stellvertretend für Quadrate im inneren Bereich der Quadratstadt mit dicht bebauten Innenbereichen. Hier finden sich viele Verkehrsflächen für gewerbliche Nutzungen. Die Höfe sind in der Regel nicht öffentlich zugänglich.

Das Quadrat ist durch 3- bis 5-geschoßige Bebauung gekennzeichnet. An der Außenseite des Quadrats sind Balkone oder Loggien nur an einzelnen Häusern bzw. Wohnungen angebracht, im Innenbereich sowohl an den Nord- als auch an den Südseiten an rund der Hälfte der Gebäude.

Abbildung 32 zeigt exemplarisch die Fassadenstruktur an der Nordwestecke des Quadrats. Deutlich wird, dass an einzelnen Flächen eine Fassadenbegrünung möglich wäre.



Abbildung 32: S3 von S2/R2 (Nordwesten)

Der Blockrand ist mit Ausnahme des Autohandels im Norden durchgängig bebaut. Im Innenbereich ist die Fassadenlinie erst ab dem ersten Obergeschoss zu erkennen, da an fast allen Erdgeschoss Baukörper in den Innenhof reichen und der Erdgeschoss-Bereich fast durchgängig bebaut ist.

An den innenliegenden Baukörpern sind teilweise Mauern ohne Fensteröffnungen. Diese sind für die Begrünung mit Gerüstkletterpflanzen geeignet, wenn eine entsprechende Bewässerung gesichert werden kann. Bodengebundene Fassadenbegrünung ist aufgrund der Bebauung und der Versiegelung nur dann möglich, wenn eine Bewässerung zum Beispiel über Regenwasserbewirtschaftungssysteme gesichert werden kann. In S3 sind viele der Fassaden nicht eben. Es ist im Einzelfall zu prüfen, ob Begrünungspflanzen in diesen Unebenheiten und Rissen die Fassade beschädigen können. Bodenanschluss ist derzeit nur auf dem Gelände des Autohandels gegeben. Hier kann geprüft werden, ob die bestehende Begrünung zu einer Fassadenbegrünung ergänzt werden kann.

Abbildung 33 zeigt das Gelände des Autohandels im Quadrat S3. Angrenzend an die Wand hinter den Autos sind Büsche gepflanzt.



Abbildung 33: Hof im Nordwesten von S3

Durch die Nutzung des Erdgeschosses für gewerbliche Zwecke ist eine Fassadenbegrünung im Erdgeschoss kaum möglich. Die Fensterfläche hat bei der Wohnbebauung in der Regel einen Anteil an der Fassadenfläche zwischen 25 Prozent und 35 Prozent. Abzüglich 20 Prozent für Balkone, Laubengänge, Durchgänge und -fahrten sowie sonstiger aus technischen Gründen nicht bzw. nur schwer begrünbarer Fassadenteile ergeben sich 45 bis 55 Prozent Wandfläche die sich zur Begrünung eignen. Bei der Berücksichtigung der Anforderungen an Fassaden zur Fassadenbegrünung sowie technischen und wirtschaftlichen Bedingungen besteht das Potenzial, rund 5 Prozent der Fassadenflächen kurz- bis mittelfristig zu begrünen. Bei einer durchschnittlichen Fassadenhöhe von 4 Vollgeschossen (abgerundet) (gemittelt berechnet mit 3 Metern) und einer Fassadenlänge von rund 800 Metern entspricht dies rund 480 Quadratmeter Fassadenfläche im Quadrat S3.

Quadrat P1

Das Quadrat P1 ist ein Beispiel für Quadrate mit dominierender bis ausschließlicher gewerblicher Nutzung. In dem Beispielsquadrat ist das Unternehmen Galeria Kaufhof ansässig.

Das Quadrat ist als geschossener Baukörper mit einer Höhe, die etwa 6 bis 7 Regelgeschossen entspricht, bebaut. Die Fassade zeichnet sich durch eine sehr hohe Anzahl von Glasflächen aus.

Die folgende **Abbildung 34** zeigt exemplarisch die Fassaden an der Nordwestseite des Quadrats. Deutlich sind die Fensterflächen zu erkennen.



Abbildung 34: P1 von der Breiten Straße

Die Fassade im Erdgeschoss ist durch eine Überdachung von der übrigen Fassade getrennt. Die Fensterfläche hat bei der Wohnbebauung in der Regel einen Anteil an der Fassadenfläche von rund 60 Prozent. Zudem sind Vorsprünge zwischen den Etagen eingefügt. Eine Begrünung der Fassade ist daher primär über Rankhilfen möglich. Hierzu muss jedoch die Bewässerung der Bepflanzung gesichert sein. Möglich ist beispielsweise die Begrünung durch einjährige Klimmpflanzen, die vor der Fensterfront angebracht werden. Dadurch ließen sich im Sommer Klimatisierungskosten einsparen. **Abbildung 35** zeigt, dass derzeit starker Bedarf an Verschattung besteht. Die Jalousien werden bereits sehr früh im Jahr bei Sonneneinstrahlung gesenkt.



Abbildung 35: P1 vom Paradeplatz aus (März 2015, vormittags)

Zudem haben Messungen ergeben, dass in der Biomasse von vier Quadratmeter einjähriger Ranken (gepflanzt wurden Prunkwinden, Bittermelonen sowie Bohnen) etwa so viel Kohlenstoff gebunden wird wie von einer Zeder in einem Jahr. Bei einer Begrünung der kompletten Südwestseite auf einem Geschöß und einer durchschnittlichen Wuchshöhe der Ranken von vier Meter ergibt sich eine begrünte Fassade von 200 Quadratmetern bzw. ein ungefähres Äquivalent zu der jährlichen CO₂-Speicherung 50 ausgewachsenen Zedern.

Quadrat O7

Das Quadrat O7 steht beispielhaft für Quadrate in den gewerblichen Hauptstraßen mit kleinteiliger Struktur. Das Quadrat hat im Außenbereich eine fast durchgängig fünfgeschossige Bebauung, im Innenbereich variiert die Höhe. In O7 sind viele Einzelhändler angesiedelt sowie Dienstleistungen und Gastronomiebetriebe. Die Bereiche im Erdgeschoss stehen daher in den meisten Fällen nicht zur Begrünung zur Verfügung. Die Fassaden in Richtung der Planken sind in den meisten Fällen aufwendiger gestaltet als in Richtung der Kunststraße. In O7,6 (promod) ist die Fassade ab dem ersten Obergeschoss als grüne Wand gestaltet (s. **Abbildung 36**). Das Beispiel von O7,6 zeigt, dass Fassaden in gewerblichen Mietimmobilien wie im Quadrat O7 intensiv begrünt werden können.



Abbildung 36: Fassadenbegrünung an O7,6 (Stadt Mannheim Dez. V)

Im Bereich der Gewerbe-Mietobjekte bieten sich wandgebundene Fassadensysteme an, da diese individuell gestaltet werden können.

Durch die Nutzung des Erdgeschosses für gewerbliche Zwecke ist eine Fassadenbegrünung im Erdgeschoss kaum möglich. Die Fensterfläche hat bei der Büro- und Wohnnutzung in der Regel einen Anteil an der Fassadenfläche zwischen 30 Prozent und 40 Prozent. Abzüglich 20 Prozent für Balkone, Laubengänge, Durchgänge sowie sonstiger aus technischen Gründen nicht bzw. nur schwer begrünbarer Fassadenteile ergeben sich 40 bis 50 Prozent Wandfläche die sich zur Begrünung eignen. Bei Berücksichtigung der Anforderungen an Fassaden zur Fassadenbegrünung sowie technischen, betriebs- und immobilienwirtschaftlichen Bedingungen besteht das Potenzial, rund fünf Prozent der Fassadenflächen kurz- bis mittelfristig zu begrünen. Bei einer durchschnittlichen Fassadenhöhe von vier Vollgeschossen (Erdgeschoss wurde abgezogen, gemittelt berechnet mit 3 Metern) und einer gemittelten Fassadenlänge von rund 1.100 Metern entspricht dies rund 660 Quadratmeter Fassadenfläche.

Quadrat N6

Das Quadrat N6 repräsentiert Quadrate mit stark unterschiedlichen Nutzungsstrukturen in direkter Nachbarschaft. In dem Beispielquadrat befinden sich das Leonardo Hotel, ein Studentenwerk, eine Kita sowie eine zentrale Anlage zur Energieversorgung in direkter Nachbarschaft zueinander. Die Gebäudehöhe variiert stark. Das Gebäude des Hotelkomplexes ist 7-geschossig, das Studentenwohnheim 11-geschossig, die Kita hat zwei Vollgeschosse. Zudem unterscheidet sich die Freiraumgestaltung stark. Daher ist eine Einzelbetrachtung von Gebäuden notwendig.

Im Bereich der Fassaden der Kita ist ein Bodenanschluss gegeben. Eine Realisierung von Fassadenbegrünungen könnte hier zum Beispiel im Rahmen eines Projektes zur Umweltbildung stattfinden. Dazu könnten zum Beispiel wie zur Verschattung der Fenster in P1 einjährige Ranken gezogen werden. Bei einer Pflanzlänge von zwei Metern ergeben sich 8 bis 10 Quadratmeter begrünte Fassade.

Bei dem Studentenwohnheim eignen sich die Bereiche der Eingänge für eine Fassadenbegrünung, da die vorgelagerten Treppenhäuser durchgängige Wände haben. Über die unteren 10 Geschosse steht hier eine Fläche von ca. 120 Quadratmetern zur Begrünung zur Verfügung. Die Begrünung könnte bodengebunden durchgeführt werden, da Bodenanschluss verfügbar ist. Eine Begrünung mit Gerüstkletterpflanzen ist ggf. vorzuziehen, da diese Pflanzen in der Regel durch Blüten und Fruchtstände optisch repräsentativer in Erscheinung treten.

Abbildung 37 zeigt die Südseite des Gebäudes, in dem sich das Leonardo Hotel befindet. Die Holzdecke ist über der begrünten Terrasse des Hotels angebracht.



Abbildung 37: Südseite des Leonardo Hotels in N6

Das Gebäude, in dem sich das Leonardo Hotel befindet, hat an der Seite Richtung Lauergrärten Balkone abgestuft zueinander, die stark begrünt sind. Nach Prüfung der statischen Eignung könnte die Balkonbegrünung soweit intensiviert werden, dass sie als Fassadenbegrünung wahrgenommen wird.

Quadrat A1

Das Quadrat A1 steht beispielhaft für ein Quadrat mit Verwaltungsfunktion. Verwaltungsgebäude sind in der Regel durch repräsentative Eingangsbereiche bestimmt und variieren in Anhängigkeit der Funktion in der Anzahl und Verortung der Fenster. Im Falle des Beispielquadrats sind die Fenster in den Lichthof gerichtet, der in den oberen drei Geschossen auf das begrünte Dach der Sitzungssäle orientiert ist. A1 ist Sitz des Landgerichts Mannheim, und hat daher eine besondere repräsentative Funktion, die bei der Potenzialabschätzung beachtet werden muss.

Im Außenbereich ist eine bodengebundene Fassadenbegrünung nicht möglich, da Bodenanschluss fehlt, und die oberen Geschosse ab dem zweiten Obergeschoss auskragen (s. **Abbildung 38**). Wie in Kapitel 4.2 gezeigt kann eine fassadengebundene Begrünung auch an Einzelflächen ab dem zweiten Vollgeschoss errichtet werden. Zudem bietet sich die Möglichkeit bestimmte Gerüstkletterpflanzen und Selbstklimmer von der Dachfläche nach unten wachsen zu lassen. Dadurch kann das auf dem Dach anfallende Regenwasser zur Bewässerung genutzt werden.



Abbildung 38: Blick auf A1 von der Ecke A2/B2

Zum Innenhof hat die Fassade einen Fensteranteil zwischen 50 und 60 Prozent. Für eine bodengebundene Begrünung über Pflanzkübel auf dem begrünten Dach muss die statische Lastreserve des Daches geprüft werden. Bei einer zu begrünenden Fassadenlänge von 20 Metern über zwei Vollgeschosse ergibt sich ein Potenzial von 120 Quadratmeter zu begrünender Fläche.

4.4 Zusammenfassung der Potenzialermittlung Fassadenbegrünung

Die Potenzialermittlung der acht Beispielquadrate hat ergeben, dass kurz- bis mittelfristig rund 3.875 Quadratmeter Fassade in diesen acht Quadraten begrünt werden können. Zwischen den Beispielquadraten reicht das Potenzial dabei von 120 Quadratmetern bis zu 1.320 Quadratmetern (Mittelwert 484 Quadratmeter, Median 385 Quadratmeter). Aufgrund der Unterschiede zwischen den Beispielquadraten und der kleinen Stichprobe wird für das gesamte Untersuchungsgebiet die mittelfristig realisierbare Fläche für Fassadenbegrünung auf durchschnittlich 200 Quadratmeter pro Quadrat angesetzt. Als durchschnittliche Größe von Maßnahmen kann von 100 Quadratmetern ausgegangen werden. Dies entspricht einer Begrünung von acht Metern Fassade über vier Geschosse.

Die Verdunstungsleistung von Fassadenbegrünung variiert stark anhand der gewählten Vegetation, der Unterkonstruktion und eventueller Bewässerung. Als Kennwerte werden in **Tabelle 4** drei Messergebnisse der Verdunstungsleistung für die potenziellen Fassadenbegrünungsflächen berechnet. Die Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau (LVG 2014) in Heidelberg hat durch systematische Messungen von grünen Wänden eine reine Evaporationsleistung von 0,5 bis 2,3 Litern pro Tag und Quadratmeter ermittelt. Die Analyse der Stoffprozesse von Efeu zeigen für einen Quadratmeter Fläche bei guter Pflege und entsprechender Wasserverfügbarkeit rund 441 Liter Verdunstung pro Vegetationszeitraum (April bis Oktober) (Schröder et al. 2011). Die Umwandlung des Energieeintrags in latente Wärme wird in **Tabelle 4** ebenfalls für die Ober- und Untergrenze der Evaporationsleistung grüner Wände sowie für Efeu berechnet.

Im Untersuchungsgebiet befinden sich 134 bebaute Quadrate (einschließlich der Quadrate T4 und T5, für die das städtebauliche Konzept vorliegt sowie M6, bei dem die Lauergärten mehr als die Hälfte der Fläche einnehmen) sowie 4 nicht bebaute Quadrate (Marktplatz, Paradeplatz, Swanseaplatz und Schillerplatz). Die Berechnungen der kurzfristigen (bis drei Jahre), der mittelfristigen (bis fünf Jahre) und der langfristigen (bis über zehn Jahre) Potenziale an Fassadenbegrünung werden in der **Tabelle 4** dargestellt.

Die in Kapitel 4.3 dargestellten Potenziale beziehen sich aufgrund der Instandhaltungsintervalle von Fassaden sowie aufgrund von ökonomischen Rahmenbedingungen und Bauvorbereitungszeiten auf den mittelfristigen Planungshorizont von bis zu fünf Jahren. Aufgrund der Investitionskosten sowie der benötigten Öffentlichkeitsarbeit in Form von Fördermechanismen und Informationskampagnen wird für das kurzfristige Potenzial 33 Prozent des mittelfristigen Potenzials angenommen, für das langfristige Potenzial wird eine Verdopplung des mittelfristigen Potenzials angenommen.

Tabelle 4: Abschätzung der potenziellen Fläche für Maßnahmen zur Fassadenbegrünung und deren Wirkung für das Stadtklima (kurz-, mittel- und langfristig, gerundet)

	kurzfristig (bis drei Jahre)	mittelfristig (bis fünf Jahre)	langfristig (bis über zehn Jahre)
Quadratmeter	8.933	26.800	53.600
Tägliche Verdunstung in Litern (Untergrenze grüne Wand)	4.466	13.400	26.800
Nicht aufgenommene Energie durch Verdunstung in kWh (Untergrenze grüne Wand), je Tag	3.037	9.112	18.224
Tägliche Verdunstung in Litern (Obergrenze grüne Wand)	20.546	61.640	123.280
Nicht aufgenommene Energie durch Verdunstung in kWh (Obergrenze grüne Wand), je Tag	13.971	41.915	83.830
Evapotranspiration bei der Begrünung mit Efeu in Litern je Vegetationszeitraum	3.939.453	11.818.800	23.637.600
nicht aufgenommene Ener- gie durch Verdunstung in kWh (Efeu), je Vegetations- zeitraum	2.678.828	8.036.784	16.073.568

5 Potenzialermittlung Entsiegelung und Begrünung in den Quadraten

Für die Potenzialermittlung der Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen wurden acht Quadrate hinsichtlich der Eignung für Maßnahmen betrachtet. Die Quadrate wurden so ausgewählt, dass die bauliche Vielfalt und der Nutzungsmix der Innenstadt Mannheims wiedergegeben werden. Die Analyse erfolgte durch die Auswertung von DOP sowie durch Begehungen vor Ort. Die ausgewählten Quadrate sind in **Anlage 3** dargestellt. Folgende Quadrate wurden ausgewählt:

Quadrat C6

In den Quadraten sind mehrere Bildungseinrichtungen verortet. Diese Einrichtungen haben spezielle Anforderungen an die Freiraumgestaltung, da die Flächen als Verkehrs- und Aufenthaltsflächen genutzt werden. Das Quadrat C6 steht beispielhaft für diese Quadrate. **Abbildung 39** zeigt das Orthofoto des Quadrats C6.



Abbildung 39: Orthofoto von C6

Quadrat H5

In der Innenstadt sind verschiedene Quadrate mit Wohnbebauung mit großzügigen Freiflächen bebaut. Die Freiflächen in dieser Gruppe von Quadraten sind bereits in großen Teilen entsiegelt. Das Quadrat H5 ist beispielhaft hierfür gewählt. **Abbildung 40** zeigt das Orthofoto des Quadrats H5.

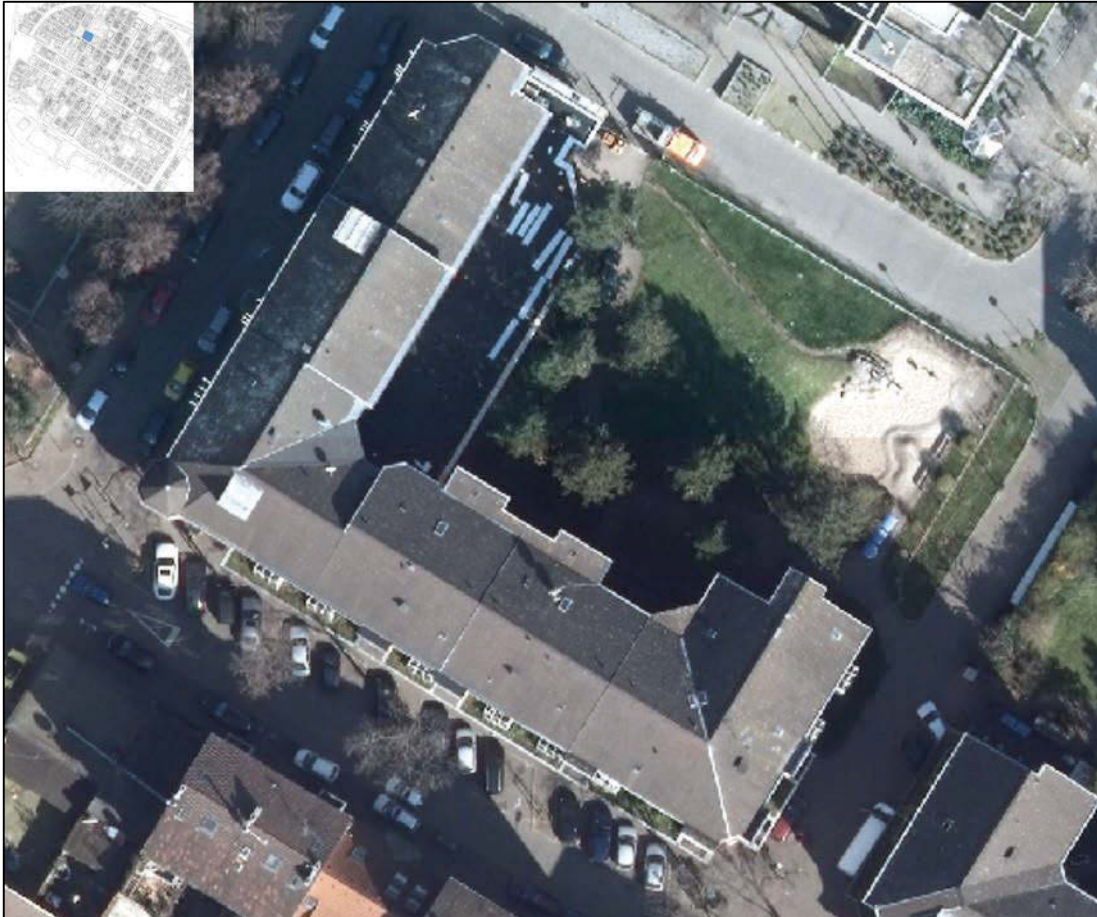


Abbildung 40: Orthofoto von H5

Quadrat U5

Die Randquadrate sind meist länglich und weisen aufgrund der stadthistorischen Entwicklung verschiedene Besonderheiten im Untergrund auf. Diese sind teilweise auch auf Unterkonstruktionen ehemaliger Befestigungsanlagen zurückzuführen. Quadrat U5 ist ein Beispiel für ein Randquadrat mit dichter Blockrandbebauung. Das Quadrat stellt teilweise eine Besonderheit dar, da auf einer Brachfläche eine Begrünungsmaßnahme umgesetzt wurde (internationaler Garten). **Abbildung 41** zeigt das Orthofoto des Quadrats U5.



Abbildung 41: Orthofoto von U5

Quadrat S3

In den Inneren Quadraten unterliegen viele der Innenhöfe der Blockrandbebauungen einer hohen Nutzungskonkurrenz. Die Innenhöfe sind daher in vielen Fällen dicht bebaut. Quadrat S3 ist typisch für diese Quadrate. **Abbildung 42** zeigt das Orthofoto des Quadrats S3.

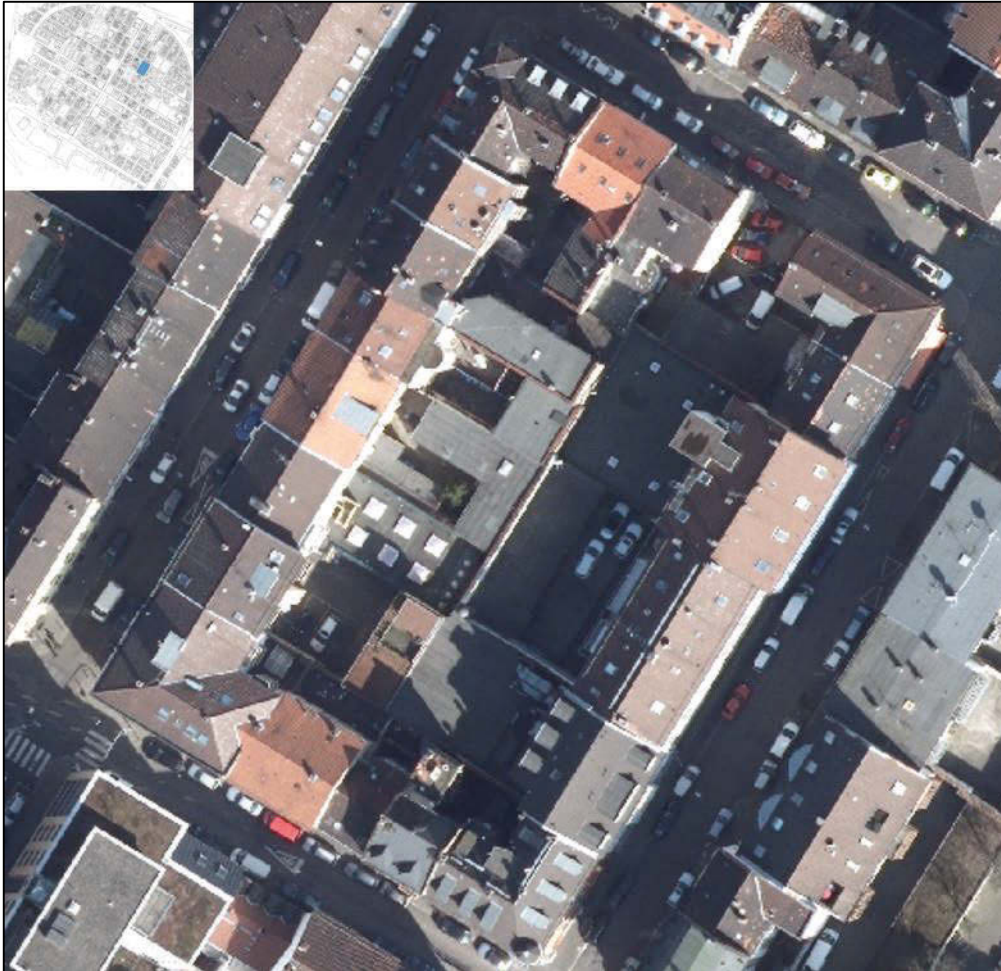


Abbildung 42: Orthofoto von S3

Quadrat O7

Entlang der Planken und der Breiten Straße sowie teilweise deren Nebenstraßen sind die Randquadrate häufig kleinteilig gemischt, wobei die gewerbliche Nutzung das Stadtbild stark prägt. Im Erdgeschossbereich finden sich viele Einzelhandels- Dienstleistungs- und Gastronomiebetriebe, in den Obergeschossen mischen sich gewerbliche Nutzung und Wohnnutzung. O7 steht beispielhaft für diese Quadrate. **Abbildung 43** zeigt das Orthofoto des Quadrats O7.



Abbildung 43: Orthofoto von O7

Quadrat K7

Innerhalb der Quadrate sind viele Verwaltungsgebäude und öffentliche Einrichtungen mit lokaler und überregionaler Bedeutung verortet. Verwaltungsgebäude stellen besondere Anforderungen an die umgebenden ebenerdigen Freiflächen hinsichtlich der Nutzung als Verkehrs-, Park- und Aufenthaltsfläche. K7 wurde als Beispiel für diese Quadrate ausgewählt. **Abbildung 44** zeigt das Orthofoto des Quadrats K7.



Abbildung 44: Orthofoto von K7

Quadrat N6

Durch Sondernutzungen ist innerhalb einiger Quadrate die Gebäudestruktur stark unterschiedlich. Verschiedene Nutzungen liegen hier dicht aneinander. N6 stellt ein Beispiel für Quadrate mit gemischten Strukturen dar. Hier sind beispielsweise eine gastronomische Einrichtung, eine Kindertagesstätte und gewerbliches Wohnen (Studentenwohnungen) in unmittelbarer Nachbarschaft.

Abbildung 45 zeigt das Orthofoto des Quadrats N6.

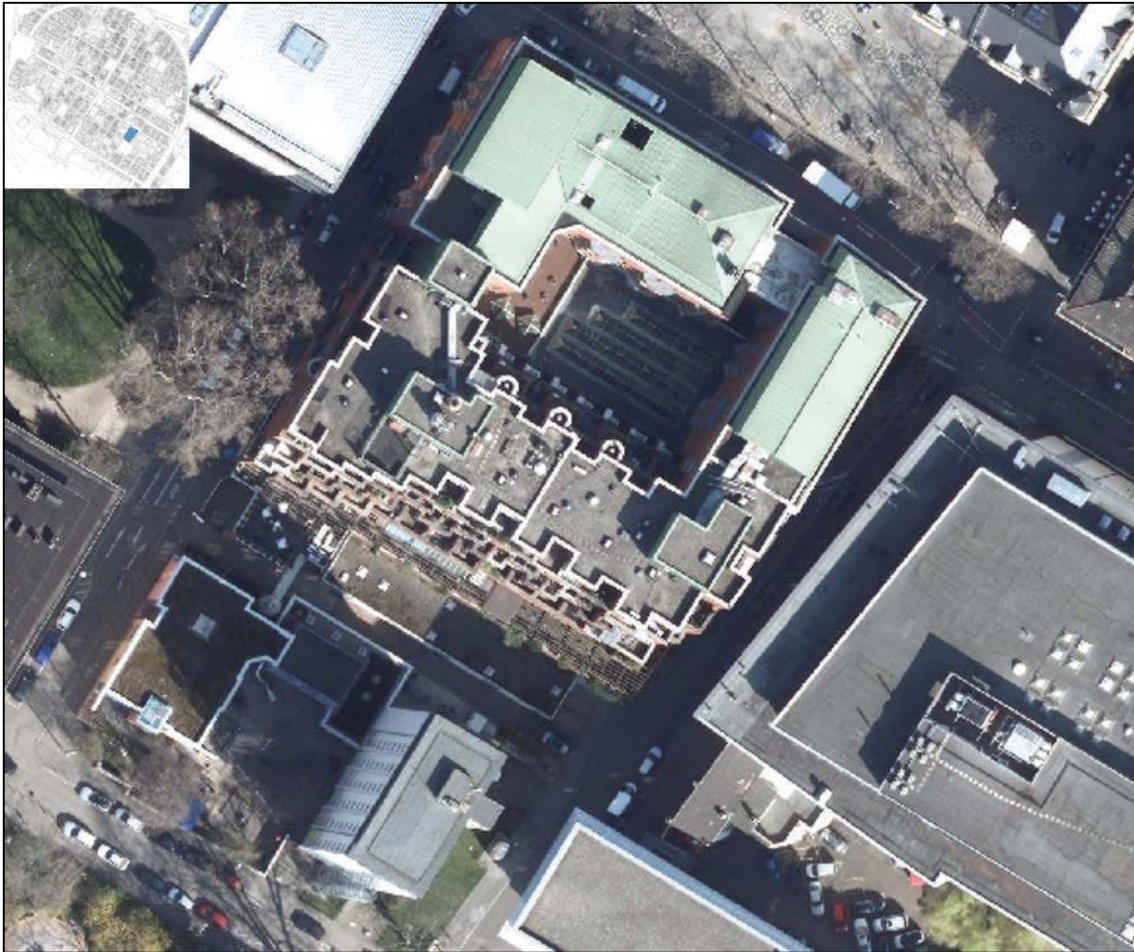


Abbildung 45: Orthofoto von N6

Quadrat L12

L12 steht beispielhaft für Quadrate mit dichter Innenbebauung. **Abbildung 46** zeigt das Orthofoto des Quadrats L12. Die unterschiedlichen Nutzungen wie Gartenflächen, Parkplätze und Nebenanlagen sowie die teilweise verwinkelte Struktur der Innenhöfe sind bereits aus dem Luftbild zu erkennen.



Abbildung 46: Orthofoto von L12

5.1 Bauliche Anforderungen bei Entsiegelung und Begrünung

Grundvoraussetzung bei Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen ist die Versickerungsfähigkeit des Untergrunds. Für die Quadrate ist in Bezug auf die Versickerungsfähigkeit des Untergrunds neben den gängigen Untersuchungen zudem auf die historische Bausubstanz zu achten. **Anlage 4** zeigt hierzu einen Stadtgrundriss aus dem Jahr 1799, in dem die Befestigungsanlagen und die Kasernen zu erkennen sind. In **Anlage 5** ist zudem der Zustand nach der Schleifung der Befestigungen aus dem Jahr 1813 dargestellt. Besonders in den Randquadraten ist hierbei mit Befestigungsbauten und industriehistorischen Relikten zu rechnen. **Abbildung 47** zeigt dazu exemplarisch Fundamente der ehemaligen Befestigungsanlage bei Bauarbeiten im Quadrat R7.



Abbildung 47: Fundamente der Befestigung bei den Bauarbeiten in R7 (Stadtentwässerung Mannheim, Pich, Dez. 2009)

Im ganzen Bereich der Innenstadt sind weiterhin mit Bauschutt verfüllte Bombentrichter sowie historische und neuzeitliche Unterkellerungen möglich. Aufgrund der städtebaulichen Geschichte und der ehemaligen Bedeutung als Festungsstadt ist besonders in den Randquadraten im Rahmen der Planung auf etwaige historische Fundamente im Untergrund zu achten. **Abbildung 48** zeigt hierzu historische Kellerfragmente im Quadrat B5.



Abbildung 48: historische Keller, teilweise aus dem Barock, bei Bauarbeiten in B5 (Feb. 2015)

5.2 Hofbegrünung

Weiterhin möglich ist die Begrünung von Höfen mittels Pflanztrögen. Zur Bewässerung sollte aufgefangenes Regenwasser genutzt werden. Hierdurch können auch Hofflächen begrünt werden, die aufgrund der Nutzung oder des Unterbaus nur kostspielig oder nicht entsiegelt begrünt werden können.

Hierdurch können auch auf kleinen Hofflächen Grünzonen entstehen, die das Wohnumfeld aufwerten und zur Kühlung beitragen können. **Abbildung 49** zeigt dazu einen Innenhof im Quadrat O7, der ganzjährig mit Pflanzen begrünt ist. Die Aufnahme zeigt den Winterzustand, einige Pflanzen waren zur Überwinterung eingelagert.



Abbildung 49: Hofbegrünung in O7,22, Ausschnitt

Die Wirkungen hinsichtlich Luftschadstoff- und Feinstaubbildung sind dabei abhängig von der geplanten Bepflanzung. Bezogen auf die Evapotranspiration ist neben der gewählten Bepflanzung die Wasserverfügbarkeit bzw. Bewässerung relevant. Für die Bewässerung des oben abgebildeten Hofes wird Niederschlag von einer etwa gleichgroßen Dachfläche in zwei 800 Liter Zisternen gesammelt, die eine Bewässerung auch im Hochsommer sichern.

Die Wirkungen einzelner begrünter Hinterhöfe auf das Stadtklima sind gering, jedoch erhöhen auch sie die Biodiversität und dienen als Erholungsräume für Anwohner und Passanten. Regelmäßige Veranstaltungen oder Förderprogramme wie der Karlsruher Hinterhofwettbewerb, der seit mehr als 30 Jahren durchgeführt wird, können hierbei Anreize bilden und den Bürger über die Vorteile von Hofbegrünungen informieren.

5.3 Entsiegelungs- und Begrünungspotenzial in acht ausgewählten Quadraten

Quadrat C6

Fas Quadrat C6 ist ein Beispiel für einen Schulstandort. Bei der Freiraumgestaltung der Friedrich List Schule als Berufsfachschule und Wirtschaftsgymnasium ist eine hohe Aufenthaltsqualität für Lehrkräfte und Schüler die vorrangige Zielsetzung.

Im Außenbereich der Schule besteht hoher Nutzungsdruck auf den ebenerdigen Flächen als Park- und Verkehrsraum. **Abbildung 50** zeigt hierzu die Südwestansicht. Deutlich zu erkennen sind die Stellplätze entlang der Straße und am Gebäude. Eine Entsiegelung und Begrünung ist hier nur eingeschränkt möglich, etwa in Form von Rasengittersteinen oder Pflastersteinen, die Luftschadstoffe zersetzende Zusätze enthalten.



Abbildung 50: Südwestseite der Friedrich List Schule mit Parkplätzen (C6)

Der Innenhof der Schule ist für Erholungspausen für Lehrkräfte und Schüler wichtig, dient aber im nördlichen Bereich primär als Park-, Verkehrs- und Wirtschaftsfläche. Im Innenhof sind zudem Zugänge für technische Anlagen, die bei Ermittlung des Entsiegelungspotenzials beachtet werden müssen.

Im Hofgelände sind die Niederschlagsabläufe deutlich zu erkennen (s. **Abbildung 51**).



Abbildung 51: Verkehrsfläche auf dem Schulhof in C6

Es besteht an der südöstlichen Hofseite eine Begrünung vor dem Mittelgebäude (s. **Abbildung 52**). Hier besteht das Potenzial einen Teil des Regenwassers vor Ort zu versickern.

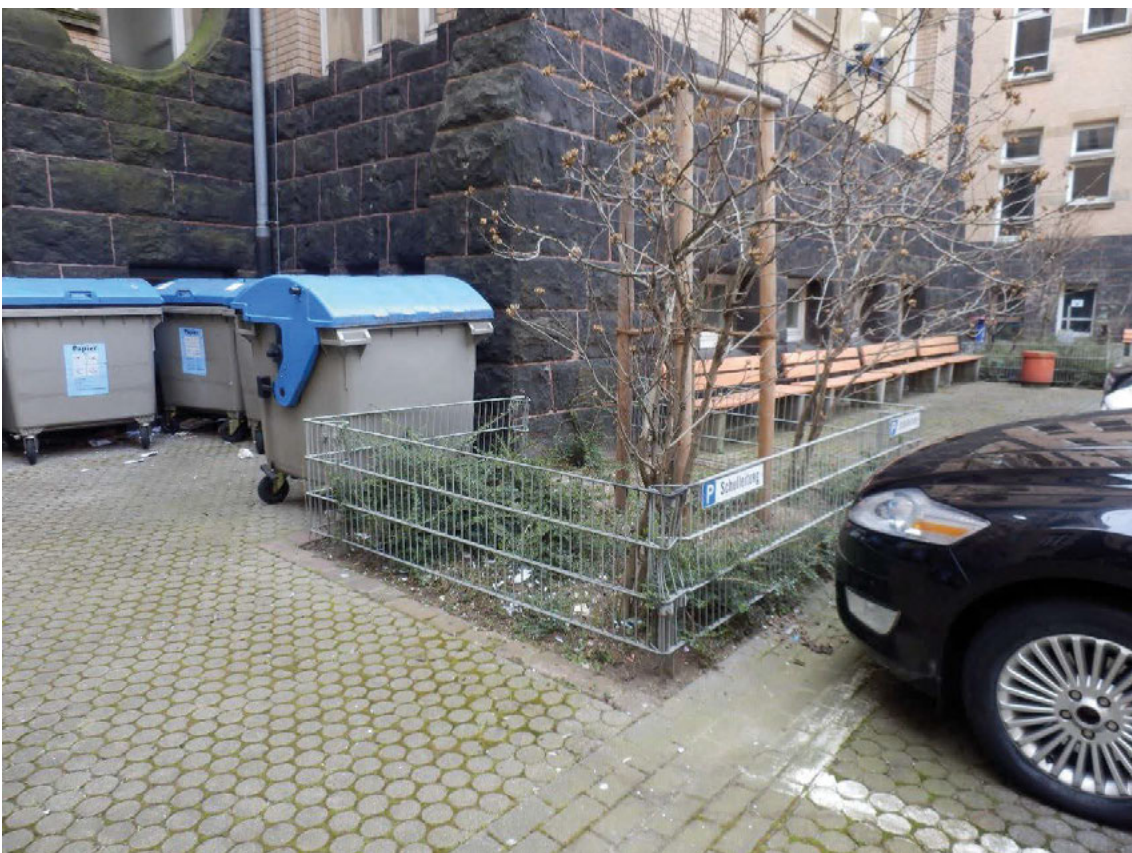


Abbildung 52: Entsiegelte und begrünte Fläche im Schulhof; im Hintergrund Sitzgelegenheiten

Der Innenhof hat zudem die Funktion als Aufenthaltsraum. Im südlichen Teil des Hofes sind dazu Flächen vorgesehen. Diese sind teilweise aber nicht ausreichend von den Verkehrsflächen abgegrenzt, um eine Aufenthaltsqualität zu entwickeln.

Der Innenhof hat eine Gesamtfläche von rund 1.000 Quadratmetern, die fast komplett versiegelt ist. Die Dachfläche beträgt zudem rund 3.080 Quadratmeter. Eine vollständige Regenwasserbewirtschaftung mit Versickerung bzw. Verdunstung scheint daher mittelfristig eher unwahrscheinlich. Der Einsatz einer Oberflächenbefestigung mit Grünanteil speziell an den Parkplätzen ist jedoch möglich. Die Fläche der Parkplätze im Innenhof beträgt etwa 72 Quadratmeter, im Außenbereich etwa 144 Quadratmeter. Die Umsetzung der Entsiegelungsmaßnahmen wird als mittel- bis langfristig realisierbar eingeschätzt, da hierfür die Oberflächenbefestigung ausgetauscht werden muss. Eine Begrünung des Hofes über Pflanzkübel ist jedoch kurzfristig zu realisieren. Hierbei können zum Beispiel verschiedene Nutzungen abgegrenzt werden. So können der südliche Bereich, der als Aufenthaltsraum vorgesehen ist, sowie der Bereich mit den Müllbehältern durch Pflanzen in Pflanztrögen optisch getrennt werden. Bemessen am mehrjährigen Durchschnitt fällt auf den Dachflächen in den Sommermonaten von Mai bis August rund 887 Kubikmeter Niederschlag an, der in Zisternen gesammelt und zur Bewässerung der Pflanztröge genutzt werden könnte. Aus Erfahrungswerten kann damit die vollständige Bewässerung der möglichen Grünflächen erfolgen.

Quadrat H5

Das Quadrat H5 ist ein Beispiel für eine geförderte Wohnbebauung. In dem Quadrat südlich des Zentralinstituts für seelische Gesundheit (ZI) sind Gebäude der GBG Mannheimer Wohnungsbau-gesellschaft mbH untergebracht.

Das Quadrat ist ein Beispiel dafür, wie Maßnahmen zur Entsiegelung und Begrünung realisiert werden können. Im nördlichen Teil des Quadrats ist die Fläche parkartig angelegt, eine Versiegelung erfolgt nur an den notwendigen Stellen und ist mit Pflastersteinen ausgeführt, wodurch in den Fugen Regenwasser versickern kann. Entsiegelungspotenziale bestehen im Bereich des Pfades vom Rückwertigen Eingang Richtung Norden zum Swansea Platz, der durch den Zaun des Nahversor-gers am Liefereingang versperrt ist und daher nicht verwendet werden kann (s. **Abbildung 53**). Diese Fläche beträgt etwa 40 Quadratmeter. Mittel- bis langfristig kann diese Fläche entsiegelt werden.

H5 ist eines der wenigen Quadrate, an denen zwischen der Fassade und dem Gehweg zumindest in Teilen ein Grünstreifen belassen wurde. Dieser Streifen kann, wenn entsprechend gepflegt, das Wohnumfeld aufwerten. Durch den Bodenanschluss bieten sich auch Möglichkeiten zur Fassadenbegrünung (s. Kapitel 4).



Abbildung 53: Hinterhof der GBG Gebäude in H5 (südlich des ZI)

Quadrat U5

Das Quadrat U5 ist beispielhaft für ein Randquadrat mit dicht versiegeltem Innenhof. In der Nachbarschaft des Internationalen Gartens ist ein großer Teil des Innenbereiches bebaut. Die verbleibenden Höfe werden zu großen Teilen als Verkehrsflächen genutzt. Die Fläche der Höfe beträgt rund 2.500 Quadratmeter (etwa ein Drittel der Gesamtfläche abzüglich des internationalen Gartens). Hiervon können schätzungsweise 10 Prozent kurz- bis mittelfristig entsiegelt werden, wenn entsprechende Anreize gesetzt werden und Renovierungen notwendig werden. Da viele dieser Flächen als Stellflächen genutzt werden ist die Verwendung von Rasengittersteinen oder Schotterrassen sinnvoll. **Abbildung 54** zeigt exemplarisch einen primär als Stell- und Verkehrsfläche genutzten Innenhof. Schätzungsweise weitere 10 Prozent dienen als Aufenthaltsflächen, die mit Pflanzen begrünt werden können. Nach den Erfahrungswerten für eine Bewässerung der Pflanztröge mit Niederschlagswasser wird eine Auffangfläche von rund 250 Quadratmeter benötigt.



Abbildung 54: Innenhof in U5, der als Verkehrs- und Stellfläche verwendet wird

Quadrat S3

Das Quadrat S3 steht beispielhaft für Quadrate im Innenbereich mit dicht bebauten Innenhöfen. Diese werden zu großen Teilen für gewerbliche Anbauten benötigt und sind in der Regel nicht öffentlich zugänglich.

Die versiegelte, nicht bebaute Hofffläche beträgt etwa 800 Quadratmeter, die primär als Stell- und Verkehrsfläche dient und versiegelt ist, hierzu kommen die Flächen des Autohandels (rund 160 Quadratmeter). Eine Entsiegelung erscheint potenziell auf 10 Prozent der Verkehrs- und Stellflächen im Innenhof in Form von versickerungsfähigen Parkplätzen möglich. Dies entspricht einer Fläche von 80 Quadratmetern. Dieses Quadrat weist bei der Begehung einen hohen gewerblichen Leerstand auf. Daher ist eine kurz- bis mittelfristige Finanzierung von Entsiegelungsmaßnahmen von Seiten der Eigentümer eher unwahrscheinlich.

Quadrat O7

Das Quadrat O7 repräsentiert die Quadrate entlang der Haupteinkaufsstraßen mit kleinteiliger gewerblicher Nutzung.

Aufgrund des hohen Nutzungsdrucks sind ebenerdige nicht bebaute Innenbereiche kaum vorhanden, die Hoffläche beträgt lediglich knapp 10 Prozent der Gesamtfläche. Diese Fläche dient primär als Verkehrs- und Stellfläche bzw. als private Freifläche und ist in den meisten Fällen nicht öffentlich zugänglich. Eine Entsiegelung ist hier kurz- bis mittelfristig nicht wahrscheinlich. Erfahrungen aus dem begrüntem Hof in O7,22 zeigen aber, dass durch Pflanztröge an den Seiten der Höfe eine Begrünung möglich ist, über die etwa die Menge an Niederschlag vor Ort verwertet werden kann, der auf einer gleich großen Dachfläche wie der begrünte Hof aufgefangen werden kann. Die folgende **Abbildung 55** zeigt die im unteren Bereich des Bildes die rötliche Dachfläche, von der der aufgefangene Niederschlag zur Bewässerung der Pflanztröge genutzt wird.



Abbildung 55: Die Dachfläche von O7,22 (rötliche Färbung) ist etwas größer als der dahinter liegende Hof, dessen Begrünung mit dem aufgefangenen Wasser bewässert wird

Quadrat K7

Vor dem Gebäude des Bürgerdienstes sind auf der Seite der Ringstraße bereits sieben Stadtbäume vorhanden. Die Größe und Gestaltung der Baumscheiben ist dabei stark unterschiedlich (s. **Abbildung 56**)



Abbildung 56: Baumscheiben in K7 von Westen nach Osten

Die gepflasterten Freiflächen leiten anfallenden Niederschlag in die öffentlichen Entwässerungsanlagen ab. Eine kurz- bis mittelfristige Entsiegelung ist hier nicht wahrscheinlich, da besonders die mittlere Freifläche als Parkplatzfläche verwendet wird. Entlang der Ringstraße ist der Bereich für Fußgänger durch Poller abgegrenzt. Dieser Bereich bietet sich für eine Entsiegelung und Begrünung mit Hecken, begrünten Gabionen oder grünen Wänden an. Hierfür wird mindestens ein Streifen von rund 40 Zentimeter benötigt. Dies entspricht etwa der Breite, die durch Poller abgetrennt ist. Verschiedene Hersteller bieten hierzu Lösungen an, die von einem Meter Höhe bis 2,2 Meter Höhe reichen.

Das Quadrat K7 grenzt an rund 100 Metern an die Ringstraße, davon sind 30 Meter im Bereich vor dem Haupteingang. Wenn mittelfristig 50 Prozent dieses Bereichs entsiegelt und mit einer lärm- und stauschluckenden grünen Wand begrünt werden können entspricht dies bei einer Höhe von einem Meter rund 30 Quadratmetern begrünte Wand (beidseitig) bzw. einer entsiegelten Fläche von sechs Quadratmetern.

Quadrat N6

Das Quadrat N6 mit stark unterschiedlichen Nutzungen muss differenziert betrachtet werden. Das größte Entsiegelungspotenzial ist im Bereich der Verkehrsflächen an den Umspannstationen (s. **Abbildung 57**).



Abbildung 57: Umspanner in N6

Kurz- bis mittelfristig ist eine Entsiegelung des Durchfahrtsbereichs (**Abbildung 57** rechts) möglich. Diese Fläche entspricht rund 200 Quadratmeter. Das hier anfallende Niederschlagswasser könnte zum Beispiel über Rigolen oder eine Mulde im begrüntem Bereich vor dem Studentenwohnheim versickert werden. Berechnet aus dem mehrjährigen mittleren Niederschlag können dadurch rund 133 Kubikmeter Niederschlag pro Jahr lokal versickert werden.

Quadrat L12

Die Nutzung des Innenhofes von L12 ist unterschiedlich, teilweise ist der Untergrund abgesenkt, um eine tiefer liegende Nutzung als Stellplatz zu schaffen (s. **Abbildung 58**).



Abbildung 58: Drei nebeneinander liegende Höfe im Norden von L12 mit unterschiedlichen Nutzungen

Die Nutzung als Stell-, Verkehrs- und Parkfläche dominiert in diesem Quadrat. Die Innenhofffläche beträgt rund 2.000 Quadratmeter, wovon rund 300 entsiegelt und begrünt sind. Dies entspricht rund 15 Prozent. Eine weitere Entsiegelung von 10 Prozent mit anschließender Begrünung scheint mittelfristig möglich. Dies entspricht 200 Quadratmetern im Quadrat L12.

5.4 Zusammenfassung der Potenzialermittlung Entsiegelung und Begrünung

Derzeit besteht noch ein Konflikt zwischen der Nachfrage nach begrünten Freiflächen in den Quadraten und der Nutzung ebenerdiger Flächen als Stell-, Verkehrs- und Lagerflächen. Dies ist historisch bedingt und kann bei Umplanungen durch gängige bauliche Möglichkeiten anders gelöst werden. Daher stellen vor allem Abriss- und Neubauvorhaben ein hohes Potenzial für Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen dar. Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen im Bestand sind aufgrund des finanziellen Aufwands ohne Förderung und eine aktive Kommunikation der Vorteile für das Wohnumfeld nur in Einzelfällen wahrscheinlich.

Die positiven Wirkungen wie Verdunstung, Kühlung und Staubbindung werden sich aufgrund der fast geschlossen bebauten Blockaußenränder voraussichtlich auf die Innenräume der jeweiligen Quadrate begrenzen. In den öffentlich zugänglichen Räumen besteht ein erheblicher Verkehrsdruck durch Passanten sowie rollenden und stehenden Verkehr, sodass Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen eher unwahrscheinlich sind.

Die in Kapitel 5.3 genannten Potenziale beziehen sich aufgrund von ökonomischen Rahmenbedingungen und Bauvorbereitungszeiten auf den mittelfristigen Planungshorizont von bis zu fünf Jahren. In den acht Quadraten ergab sich ein mittelfristiges Entsiegelungs- und Begrünungspotenzial primär im Bereich von Stellflächen durch die Änderung des Oberflächenbelags. Die geringsten Potenziale zur Entsiegelung unter den Beispielquadraten wiesen die Quadrate mit hoher gewerblicher Nutzung auf. Hier besteht in den nächsten fünf Jahren kaum bzw. teilweise kein Entsiegelungspotenzial. In anderen Quadraten ist eine kurz- bis mittelfristige Entsiegelung und Begrünung bzw. Versickerung vor Ort auf je ca. 200 Quadratmetern möglich.

Der Mittelwert des mittelfristigen Potenzials in den acht Beispielquadraten ist 119 Quadratmeter. Für die 135 bebauten bzw. versiegelten Quadrate in dem Untersuchungsgebiet (138 Quadrate abzüglich Schillerplatz abzüglich T4 und T5) wird daher ein mittelfristiges durchschnittliches Potenzial von 100 Quadratmetern je Quadrat angenommen. Als durchschnittliche Größe für eine Maßnahme werden 50 Quadratmeter angenommen.

Die Berechnungen der kurzfristigen (bis drei Jahre), der mittelfristigen (bis fünf Jahre) und der langfristigen (bis über zehn Jahre) Flächenpotenziale und Maßnahmen für Entsiegelung und Begrünung bzw. Versickerung vor Ort werden in der **Tabelle 5** dargestellt. Aufgrund der Investitionskosten sowie der benötigten Öffentlichkeitsarbeit in Form von Fördermechanismen und Informationskampagnen wird für das kurzfristige Potenzial 33 Prozent des mittelfristigen Potenzials angenommen, für das langfristige Potenzial wird eine Verdopplung des mittelfristigen Potenzials angenommen.

Tabelle 5: Abschätzung des Potenzials für Maßnahmen zur Entsigelung und Begrünung bzw. Versickerung vor Ort (kurz-, mittel- und langfristig)

	kurzfristig (bis drei Jahre)	mittelfristig (bis fünf Jahre)	langfristig (bis über zehn Jahre)
Quadratmeter	4.500	13.500	27.000
Maßnahmen	90	270	540

6 Zusammenfassung der Ergebnisse der Potenzialermittlung

Unter den drei betrachteten Möglichkeiten bietet die Dachbegrünung die größten Flächenpotenziale, gefolgt von der Fassadenbegrünung. Aufgrund des hohen Nutzungskonflikts bieten sich die geringsten Potenziale bei Maßnahmen für Entsiegelung und Begrünung bzw. Versickerung vor Ort.

Tabelle 6: Zusammenstellung der Potenzialfläche für kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen zur Verbesserung des Stadtklimas in den Quadraten

	kurzfristig (bis drei Jahre)	mittelfristig (bis fünf Jahre)	langfristig (bis über zehn Jahre)
Dachbegrünung	10.000	30.000	60.000
Fassadenbegrünung	8.933	26.800	53.600
Entsiegelung und Begrünung bzw. Versickerung vor Ort	4.500	13.500	27.000

Potenziale Dachbegrünung

Durch Dachbegrünungen wird bei Sonneneinstrahlung weniger Energie von den darunter liegenden Oberflächen aufgenommen. Das kleinräumige Klima heizt sich dadurch weniger stark auf und im Gebäude werden weniger Aufwendungen zur Kühlung notwendig. Wie gezeigt wurde stellen bereits extensive Begrünungen durch die Evaporationsleistung und die Bindung von Kohlenstoff in der Biomasse eine Verbesserung des kleinräumigen Klimas dar. Für das mittelfristige Potenzial von rund 3 Hektar zusätzlicher Dachbegrünung kann bei einer Herstellung mit Sedumbewuchs von einer jährlichen Verdunstung von 10.333 Kubikmetern Wasser und einer jährlichen CO₂ Bindung von rund 8,25 Tonnen Kohlenstoff ausgegangen werden. Die Aufwertung des Wohnumfelds kann durch die Gestaltung als einfache Intensivbegrünung oder Intensivbegrünung, die eine regelmäßige Nutzung zulässt, weiter erhöht werden.

Die größten Potenziale befinden sich hierbei im gewerblichen Sektor, da dort mehr Flachdächer und Dächer mit geringerer Neigung verwendet werden. Im privaten Bereich sind in der Innenstadt Mannheims vor allem Begrünungen von Garagengebäuden und Nebenanlagen wahrscheinlich.

Potenziale Fassadenbegrünung

Neben der optischen Wirkung sowie der Isolation der dahinterliegenden Räume zeichnet sich Fassadenbegrünung vor allem auch durch die Verdunstung vor Ort und die Feinstaub- und Schadstoffbindung aus. Letztere ist dabei abhängig von der Art der Vegetation und dem Zeitpunkt des

jährlichen Schnittes, falls durchgeführt. Bei der Verdunstung wurde gezeigt, dass die tatsächliche Leistung von der Konstruktion und der gewählten Vegetation abhängig ist. Für die Begrünung von Efeu, die die häufigste Fassadenbegrünung darstellt, kann für das ermittelte mittelfristige Potenzial von einer Verdunstung von rund 11.819 Kubikmetern Wasser während der Vegetationszeit von April bis Oktober ausgegangen werden.

Potenziale Entsiegelung und Begrünung

Der Nutzungskonkurrenz bezogen auf Entsiegelung kann durch die Versickerung vor Ort bzw. die Verdunstung von aufgefangenem Niederschlag vor Ort über Pflanzen begegnet werden. Hierdurch können auch kurzfristig Aufenthaltsräume begrünt werden und dadurch das Wohnumfeld aufgewertet werden. Erfahrungswerte aus der Innenstadt zeigen, dass für die Bewässerung einer versiegelten, durch Pflanzen begrünter Hoffläche dieselbe Fläche als Auffangfläche für Niederschlag zur Bewässerung notwendig ist.

Bedeutung für die Stadt Mannheim

Die Berechnung der kurz-, mittel und langfristigen Potenziale macht den Bedarf an Öffentlichkeitsarbeit und Informationskampagnen deutlich. Der diesjährige Umweltpreis mit dem Fokus auf die Nutzung von Niederschlag vor Ort kann hierbei den Anfang einer kontinuierlichen Akteursmobilisierung darstellen.

7 Mögliche Projekte

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden aus den ermittelten Potenzialen für Dachbegrünung, Fassadenbegrünung und Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen in den Quadraten mögliche einzelne Projekte aufgezeigt.

In **Anlage 6** ist die Lage der Beispielquadrate dargestellt.

Projekt Zentralinstitut für Seelische Gesundheit (ZI)

Maßnahme Dachbegrünung

Lage Quadrat I4/I5

**Luftaufnahme
und
Lage in den
Quadraten**



Nutzung Psychiatrie

Ansprechpartner Vorstand des Zentralinstituts für seelische Gesundheit, Prof. Dr. Andreas Meyer-Lindenberg,
I5, 68159 Mannheim,
elke.rued@zi-mannheim.de

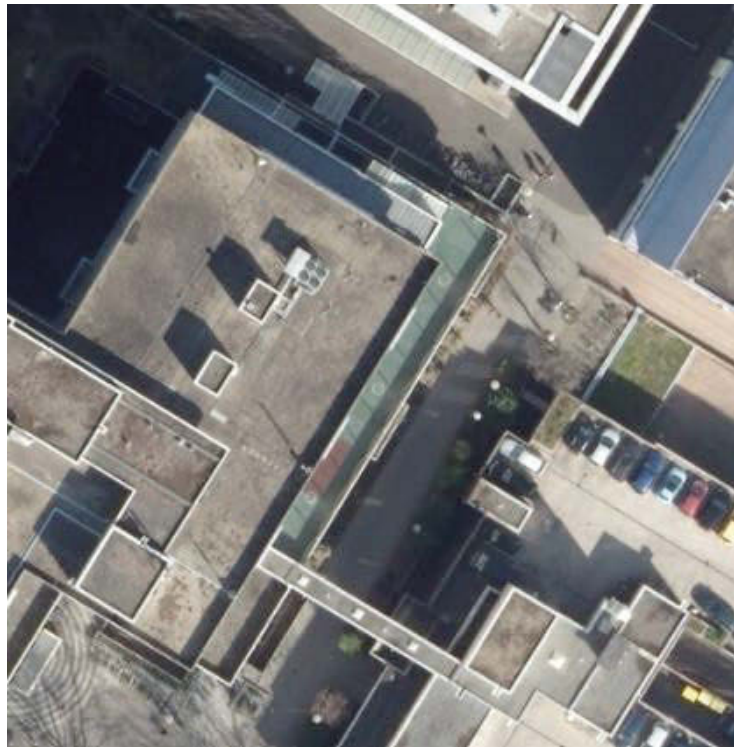
**Bisherige
Maßnahmen** Patientengarten, Therapiegarten

Empfehlung

Die nicht begrünte Dachfläche des ZI-Hauptgebäudes beträgt insgesamt rund 3.500 Quadratmeter. Das ZI hat einen Therapiegarten im Quadrat I4, sowie einen großen Balkon, der aus Sicherheitsgründen mit einem hohen Zaun und einem Netz gesichert ist. Im Bild unten ist der Balkon durch den grünlichen Bodenbelag zu erkennen.

Die nach oben offene Fläche dieses Balkons beträgt rund 160 Quadratmeter. Die Nutzung dieses Balkons als Dachgarten für die Patienten kann aus medizinischer Sicht sinnvoll sein und ist daher bei entsprechender Begleitung der Akteure kurz- bis mittelfristig realisierbar. Positive Erfahrungen mit Dachgärten zu Therapiezwecken hat unter anderem das Bürgerhospital Frankfurt gesammelt.

Je nach Unterkonstruktion und Aufbau kann dieser Balkon im begrünten Zustand bis 3.200 Liter Wasser pro Tag verdunsten und dadurch das Kleinklima verbessern. Zudem senkt erlebbares Grün die wahrgenommene Temperatur (PET, s. **Kapitel 2**) und sorgt dadurch für eine Aufwertung des Umfeldes aus stadtklimatischer Sicht.



Kosten

Unterkonstruktion Intensive Dachbegrünung ab ca. 50 Euro pro Quadratmeter zzgl. Gestaltungselemente, regelmäßige Pflege

Projekt Dachbegrünung zur Unterstützung der PV-Anlagen auf dem Reiss-Engelhorn Museum

Maßnahme Dachbegrünung

Lage Quadrat D5

Luftaufnahme und Lage in den Quadraten



Nutzung Museum

Ansprechpartner rem gGmbH
C4, 8; 68159 Mannheim
reiss-engelhorn-museen@mannheim.de

Bisherige Maßnahmen PV-Anlage

Empfehlung

Das Flachdach auf dem Reis Engelhorn Museum ist mit PV-Anlagen besetzt. Forschungen haben ergeben, dass die Kombination von PV Anlagen und Dachbegrünung die Effizienz von PV-Anlagen steigert, da eine kühlere Anlagentemperatur einen höheren Ertrag bietet. Dies betrifft die 92 PV-Anlagen auf der unteren Ebene. Eine Begrünung ist hier bei einer Erneuerung der Anlagen möglich.

Die kurz- bis mittelfristig begrünbare Dachfläche beträgt rund 700 Quadratmeter (untere Ebene des Daches abzüglich der PV-Anlagen und Randstreifen). Dies entspricht bei extensiver Begrünung einem Verdunstungspotenzial von etwa 1.400 Litern pro Tag.

Dieses Projekt scheint mittelfristig im Zuge der nächsten Renovierungen der Dachbedeckung realisierbar.



Kosten

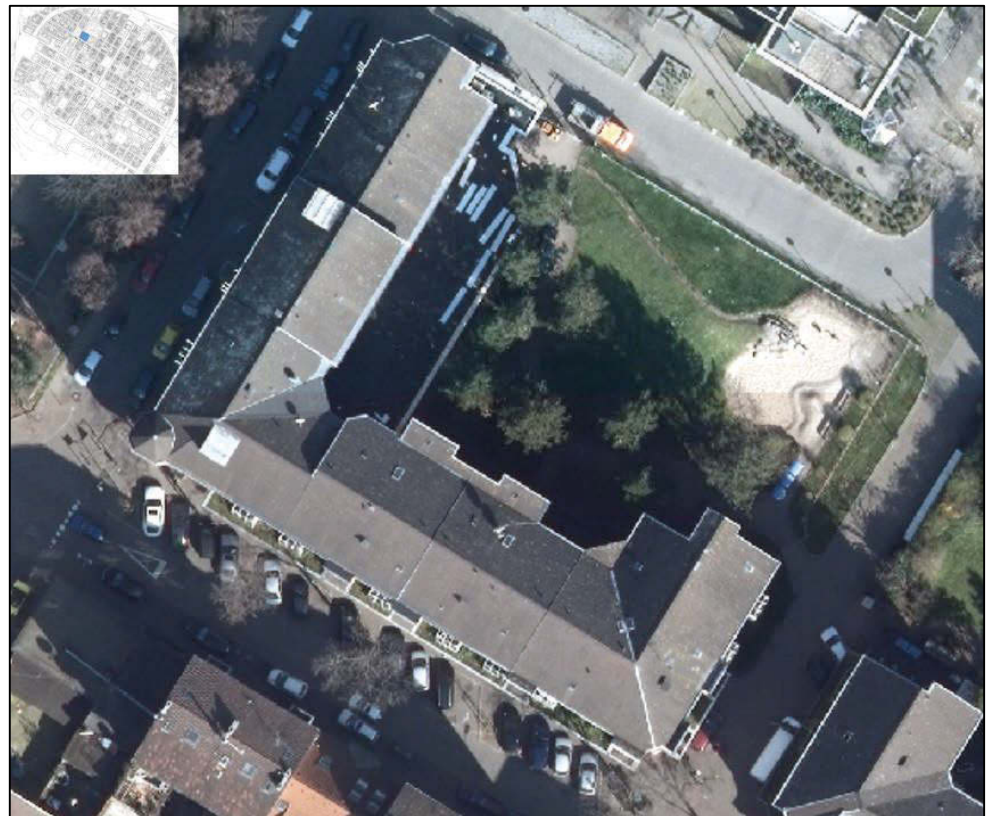
Unterkonstruktion mit Sedum Bewuchs ab ca. 50 Euro pro Quadratmeter, jährliche Kontrolle, Fremdbewuchs entfernen

Projekt Bodengebundene Fassadenbegrünung an einem Wohnhaus

Maßnahme Fassadenbegrünung

Lage Quadrat H5

**Luftaufnahme
und
Lage in den
Quadraten**



Nutzung Mischnutzung; EG gewerbliche Nutzung, OG vornehmlich Wohnen

Ansprechpartner GBG – Mannheimer Wohnungsbaugesellschaft mbH
 Ulmenweg 7, 68167 Mannheim
 mail@gbg-mannheim.de

**Bisherige
Maßnahmen** Entsiegelung der Freiflächen

Empfehlung

In H5 bieten sich einige Wände ohne Tür- und Fensteröffnungen kurzfristig zur Begrünung an. Bei Selbstklimmern entstehen neben den Kosten für die Pflanzen nur Kosten für die Pflege und Erstbewässerung. Bei Gerüstkletterpflanzen entstehen zudem Kosten für die Gerüste. Hier kann, in Abstimmung mit den Mietern, auf die bestehenden Gerüste an den Balkonen zurückgegriffen werden. Um die Zustimmung der Mieter kurzfristig zu erhalten ist eine aktive Informationspolitik notwendig. Um die Zustimmung der Mieter langfristig zu erhalten ist auf eine angemessene Pflege zu achten.

Die unten abgebildete Fassade von rund 5 Metern Länge bietet über fünf Geschosse eine kurzfristig begrünbare Fassade von 75 Quadratmetern. Da Bodenanschluss gegeben ist bestehen kaum Einschränkungen in der Art der Begrünung.



Kosten

Rankhilfen ab 50 Euro pro Quadratmeter. Pflege in Abhängigkeit der Vegetation.

Projekt Wandgebundene Fassadenbegrünung in gewerblicher Nutzung (beispielhaft)

Maßnahme Fassadenbegrünung

Lage Beispielhaft (Luftbild: P1)

Luftaufnahme und Lage in den Quadraten



Nutzung Verkaufs-, Aufenthalts- oder Büroflächen

Ansprechpartner Abhängig von Projekt

Bisherige Maßnahmen Meist keine

Mögliche Projekte

Bei diesen Objekten bietet sich eine natürliche Verschattung von Fensterflächen durch Fassadenbegrünung an. Diese kann dort installiert werden wo derzeit die Verschattung der dahinterliegenden Bereiche konventionell durchgeführt wird. Kurzfristig kann eine grüne Verschattung der Fenster bei entsprechenden Anreizen für die Investoren an Verwaltungs- oder Bürostandorten erfolgen. Für das Unternehmen stellt eine derartige Anlage einen Imagegewinn dar und senkt die Kosten der Kühlung.

Die Kosten sind abhängig von der Art der Begrünung sowie dem Pflegeaufwand. Der Aufwand der jährlichen Pflege mit Begrünungen entspricht etwa dem einer jährlichen Wartung der Jalousien. Bei pflegeleichten, bzw. langsam wachsenden Begrünungen entspricht der Aufwand für regelmäßige Pflege (ohne Kosten für Bewässerung und technische Pflege) etwa dem Aufwand der Fensterreinigung.

Die Dachflächen bieten in der Regel genug Sammelfläche zur Bewässerung der Fassaden. Die Verschattung von 200 Quadratmetern Fassade zum Beispiel mit Prunkwinden bindet dabei jährlich etwa so viel CO₂ wie 50 erwachsene Zedern und verbessert dadurch das Stadtklima.



Verschattungsbedarf im März 2015 (hier beispielhaft in P1)

Kosten

Ranknetze ab rund 50 Euro pro Quadratmeter, halbjährige Pflege bei einjährigen Ranken

Projekt Freiflächenbegrünung Bürgerdienste

Maßnahme Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen

Lage Quadrat K7

**Luftaufnahme
und
Lage in den
Quadraten**



Nutzung Stadtverwaltung, Bürgerdienste, Ordnungsamt

Ansprechpartner Stadt Mannheim
Dezernat V, FB 33, Fachbereichsleitung Herr Michael Schnellbach
K 7, 68159 Mannheim
buergerdienste@mannheim.de

**Bisherige
Maßnahmen** Baumscheiben

Empfehlung

Aufgrund der Lage an der Ringstraße bietet sich für die Freifläche vor den Bürgerdiensten die Schaffung einer vor Lärm und Staub schützenden Bepflanzung an. Diese kann als lineares Element entlang der Hauptverkehrsstraße verlaufen. Die Straßenfront vor dem Eingang der Bürgerdienste beträgt abzüglich 5 Metern im Bereich der Einmündung rund 25 Meter.

Durch die Öffnung des Bodenbelags kann ein Teil des anfallenden Niederschlags auch vor Ort versickert werden.

Diese Fläche ist zudem zum Beispiel als Modellstandort geeignet, um die schadstoffabbauenden Effekte von Spezialpflastern zu testen. Diese mit Pflasterzusätze versehenen Bodenbeläge verringern zudem den Reinigungsaufwand, da Oberflächenverschmutzungen und -verfärbungen selbsttätig abgelöst werden.



Kosten

Nach Herstellerangaben sind derartige Schutzwände ab ca. 100 Euro pro laufender Meter erhältlich.

Die Zusatzkosten für selbstreinigende Pflasterzusätze sind lieferantenabhängig.

Projekt Hofbegrünung in der Friedrich List Schule

Maßnahme Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen

Lage Quadrat C6

**Luftaufnahme
und
Lage in den
Quadraten**



Nutzung Schule

Ansprechpartner Schulleitung der Friedrich List Schule, Schulamt Stadt Mannheim

**Bisherige
Maßnahmen** Entsiegelte Flächen auf dem Innenhof

Empfehlung

In C6 kann die Aufenthaltsqualität des südlichen Teiles des Hofes erhöht werden. Hierzu wird empfohlen, die Verkehrsflächen mittels Pflanztrögen abzugrenzen. Diese Hofbegrünung ist mittelfristig realisierbar.

Das auf den Dächern anfallende Regenwasser ist für die Bewässerung in der Regel ausreichend. Dieses Projekt kann neben dem Nutzen für das Mikroklima, das Wohlbefinden und die Aufwertung des Umfeldes auch bildungspolitisch genutzt werden.

Langfristig kann ein Teil des Hofes entsiegelt werden.



viel Potenzial zur Begrünung im Innenhof

Kosten

Abhängig von den gewählten Pflanzgefäßen und Pflanzen. Regelmäßige Bewässerung notwendig

8 Auswirkungen auf das kleinräumige Stadtklima

Temperatur und Verdunstung

Bei der Verdunstung von einem Liter Wasser werden 0,68 kWh zur Änderung des Aggregatzustands benötigt. Bei der Einstrahlung auf begrünte Flächen wird diese Energie aus der Globalstrahlung in latente Wärme umgewandelt und erhöht dadurch nicht die gemessene Temperatur (sensible Wärme). Vereinfacht kann die Energiebilanz bei der Bestrahlung von begrünten Flächen mit Sonnenlicht folgendermaßen dargestellt werden:

Aus 100 Prozent Sonnenlicht werden je 30 Prozent durch Verdunstung und Emission umgewandelt, je 18 Prozent durch Reflexion abgestrahlt und durch Transmission auf durchgelassen sowie zu etwa 4 Prozent für Photosynthese verwendet (Köhler 2012).

Verglichen mit einer versiegelten Oberfläche wie Asphalt, an der rund ein Drittel der Einstrahlung in sensible Wärme umgewandelt wird, ist die Abstrahlung von beispielsweise 2 Prozent sensibler Wärme bei Efeu sehr gering. Durch die höhere Abstrahlung von latenter Wärme wird die Bausubstanz geringer erwärmt und die nächtliche Abgabe von Wärmeenergie an die Umgebung reduziert, was den UHI-Effekt mindern kann (s. **Kapitel 2**).

Für die Innenstadt Mannheims mit der nachgewiesenen Wärmeinsel ist dieser Effekt sehr bedeutend für die Erhöhung des Wohnumfeldes.

Dachbegrünung

Die Potenzialanalyse hat ergeben, dass ein mittelfristiges Potenzial der nachträglichen Begrünung von 3 Hektar Dachfläche besteht, wodurch bei extensiver Begrünung, zum Beispiel mit Moos-Sedum-Pflanzengemeinschaften, an sonnigen Tagen rund 60.000 Liter Wasser verdunstet werden können. Dadurch werden an heißen Tagen 40.800 kWh über Evapotranspiration abgestrahlt und erhöhen dadurch nicht die Umgebungstemperatur.

Im Gegensatz zu den anderen Arten der Begrünung ist Dachbegrünung nicht immer erlebbar und wirkt dadurch nicht senkend auf die PET (s. **Kapitel 2**). Der messbare Wirkungsradius von Einzelanlagen beträgt wenige Meter, jedoch weisen Luftstrom-Simulationen auf einen positiven Effekt von großflächigen Anlagen hin.

Fassadenbegrünung

Die beschriebenen Wirkungen auf das Umfeld hinsichtlich Verdunstung, Staubbindung und Gebäudeisolierung werden hier vorrangig den inneren Bereichen der Quadrate zu Gute kommen. In Außenbereich ist in vielen Fällen aufgrund der Konkurrenz zur verkehrlichen Nutzung im Sockelbereich der Gebäude die Umsetzung von wandgebundenen Begrünungen wahrscheinlicher. Diese haben jedoch höhere Investitionskosten.

Durch die direkte Erlebbarkeit von hohen grünen Flächen stellt sich weiterhin ein positiver Effekt auf die PET ein, der aufgrund der Steigerung des Wohlbefindens häufig auch zu Marketingzwecken verwendet wird (zum Beispiel Fassadenbegrünung der Galeries Lafayette und Innenbegrünung im Flughafen Changi in Singapur).

Entsiegelung und Begrünung

Eine großflächige Entsiegelung im öffentlich nutzbaren Raum in den Quadraten ist mittelfristig unwahrscheinlich.

Staub und Luftschadstoffe

Die Bindung Kohlenstoff in der Trockenmasse der Pflanzen reduziert die Emission am Ort der Entstehung. Die erschwerte Abführung von Luftschadstoffen durch die reduzierte Luftbewegung über der Innenstadt Mannheims kann dadurch ausgeglichen werden.

Dachbegrünung

Wie in Kapitel 3.5 gezeigt wurde können besonders extensive Dachbegrünungen als Kohlenstoffsenke fungieren, da keine Mahd abgetragen wird. Intensive Begrünungen mit Sträuchern und kleinen Bäumen wirken ebenfalls als Kohlenstoffsenken.

Fassadenbegrünung

Besonders die staubbindende Wirkung von Efeu ist in der Forschung bearbeitet worden. Durch spezielle Installationen kann Efeu zur gezielten Reduzierung von Feinstäuben beispielsweise an stark befahrenen Straßen eingesetzt werden (s. vorgeschlagenes Projekt in K7).

Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen

In Parkanlagen fungiert mehrjähriges Grün als Kohlenstoffsenke. Zudem dienen Grünflächen besonders an heißen Tagen der Kühlung und sind daher wichtig für die Gesundheit der sensiblen Bevölkerungsteile und zur Naherholung.

Fazit Auswirkungen auf das kleinräumige Stadtklima

Die Vorteile der einzelnen Maßnahmen stellen in Verbindung mit anderen Maßnahmen den größten Nutzen für das kleinräumige Stadtklima dar. Luftkorridore und Kaltluftzufuhr, Bindung von Schadstoffen und Produktion von Sauerstoff sowie die Erhöhung der Luftfeuchtigkeit und Senkung der PET können dadurch optimiert werden.

9 Auswirkungen auf den Wasserhaushalt

Reduzierung der Abflussspitzen

Durch Gebäudebegrünung wird der Abflussbeiwert gesenkt. Für eine extensive Dachbegrünung kann von einem mittleren Abfluss von $C = 0,5$ ausgegangen werden. Mit höherem Substrataufbau oder spezieller Unterkonstruktion kann $C = 0,1$ erreicht werden. Für das ermittelte mittelfristige Potenzial von 3 Hektar zusätzlicher Dachbegrünung ergibt sich damit die Möglichkeit, 10.333 Kubikmeter jährlich zu verdunsten.

Zudem wird die städtische Kanalisation bei der Förderung von Dachbegrünungen durch den gesenkten Abflussbeiwert bei Starkregenereignissen entlastet.

Erhöhung der Versickerung vor Ort

In der Potenzialermittlung wurde das mittelfristige Potenzial aufgezeigt, 13.500 Quadratmeter in den Quadraten zu Entsiegeln und Begrünen bzw. das Regenwasser non diesen Flächen vor Ort zu versickern. Bei einem gemittelten Jahresniederschlag von 688,9 Litern pro Quadratmeter in Mannheim könnten dadurch jährlich 9.300 Kubikmeter Regenwasser vor Ort versickert werden. Bei einer entsprechenden Eignung des Untergrundes und dem Einbau von Rigolen kann dieser Wert weiter gesteigert werden.

10 Management Summary

Problemaufriss

Bei der Betrachtung von Bereichen mit belastetem Stadtklima treten besonders die Symptome erhöhte Temperatur, erhöhte Luftschadstoffe und mangelnde Kaltluftzufuhr bzw. Kaltluftentstehung bezogen auf das Umland hervor. Urbanes Grün kann dazu beitragen, diese Effekte abzuschwächen. Gebäudebegrünung sowie Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen leisten dadurch einen Beitrag dazu die entstehende Belastungen in der Stadt im kleinräumigen Klima zu reduzieren.

Die dichte Bebauung und hohe Versiegelung in den Quadraten sorgt dafür, dass die Lufttemperatur höher ist als im Umland und dass der Luftaustausch eingeschränkt ist. Begrünung wirkt durch die Verdunstung der Pflanzen kühlend auf die Umgebung (Kapitel 2). Ein Teil der zugeführten Energie wird durch den Verdunstungsprozess nicht von der Bebauung und der Umgebung aufgenommen und kann dadurch nicht die Lufttemperatur erhöhen. Dadurch ergibt sich ein kühleres Stadtklima und Energieeinsparungen im Gebäude (Kühlung, Lüftung, Klimaanlage). Durch die eingeschränkte Luftbewegung ist die Belastung mit Luftschadstoffen höher als in den weniger dicht bebauten Stadtteilen Mannheims.

Potenzialermittlung

Für die Potenzialermittlung wurden die Quadrate innerhalb der Ringstraße und der Bismarckstraße untersucht. Die Potenzialermittlung wurde in die Bereiche Dachbegrünung (Kapitel 3), Fassadenbegrünung (Kapitel 4) und Maßnahmen zur Entsiegelung und Begrünung (Kapitel 5) unterteilt. Für die drei Bereiche sind jeweils die Anforderungen bei einer nachträglichen Umsetzung in den Quadraten beschrieben. Untersuchungsumfang:

- Dachbegrünungspotenzial für das gesamte Untersuchungsgebiet
- Potenzial an Fassadenbegrünung in acht ausgewählten Quadraten
- Potenzial an Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen in acht ausgewählten Quadraten
- Hochrechnung für die gesamte Quadratstadt gezogen.

Dachbegrünung

Für die Ermittlung des Potenzials an Dachbegrünungen wurden Orthofotos von der Befliegung im März 2014 ausgewertet. Ergebnisse (Kapitel 3.4):

- Rund 48 Hektar Dachfläche
- Gut 2,2 Hektar der Dachflächen begrünt (4,8 Prozent)
- Gut 60 Prozent Flachdächer oder Dächer mit einer geringen Neigung, die nicht begrünt sind

Einfache extensive Begrünungen haben in der Regel dasselbe Gewicht wie eine Kiesbedeckung. Eine nachträgliche Begrünung eines Teiles dieser Dächer ist nach der Prüfung der baulichen Anforderungen daher möglich (Kapitel 3.1).

Der Temperaturunterschied zwischen begrünten und nicht begrünten Dächern ist nur in wenigen Metern über den Dächern zu messen, beträgt aber bis zu 70 Grad Celsius an der Oberfläche (Kapitel 2). Simulationen zeigen zudem, dass großflächige, zusammenhängend begrünte Dachflächen die Lufttemperatur in der Umgebung senken. Das Ausmaß der Temperatursenkung ist abhängig von der Größe der der begrünten Dachfläche und der Bebauung in der Umgebung.

Gute Beispiele für Dachbegrünungen in den Quadraten gibt es etwa auf dem Dach des Cinemaxx Mannheim oder auf der gegenüberliegenden Straßenseite. Der Dachgarten im Technoseum ist zudem eine gut gelungene intensive Dachbegrünung.

Fassadenbegrünung

In den acht ausgewählten Quadraten bestehen unterschiedliche Fassadenbegrünungspotenziale. Unter der Annahme einer Informationskampagne und eines Förderprogramms wird davon ausgegangen, dass in den acht ausgewählten Quadraten in den nächsten 5 Jahren folgende Potenziale realisiert werden können:

- knapp 4.000 Quadratmeter Fassadenbegrünung (Kapitel 4.4).

Fassadenbegrünung schützt und isoliert die Gebäude und sorgt für einen effizienteren Einsatz von Heiz- und Kühlungsenergie. Bereits die durchgängige Begrünung mit Efeu sorgt bei demselben Energieeinsatz für ein Raumklima, das im Sommer um ein Grad kühler und im Winter um ein Grad wärmer als in Räumen ohne begrünte Außenwand ist. Die Kühlung ist nur in der Nähe der Wand messbar. Simulationen zeigen, dass durch Fassadenbegrünung der Frischluftaustausch verbessert wird.

In den Quadraten sind einige gute Beispiele für Fassadenbegrünungen zu finden. An den Parkhäusern in C1 und N2 sind Fassadenbegrünungen mit Rankpflanzen angebracht. Ein Beispiel für Grüne Wände, die auch im gewerblichen Bereich repräsentativ eingesetzt werden, ist in den Planken im ersten Drittel der Fassaden an O7 installiert.

Entsiegelung und Begrünung

Die Untersuchung des Entsiegelungspotenzials mit anschließender Begrünung bzw. Versickerung von Niederschlag vor Ort in den acht beispielhaften Quadraten hat unter der Annahme eines Förderprogramms folgendes Potenzial ergeben:

- knapp 1.000 Quadratmeter Entsiegelungspotenzial, vornehmlich auf Verkehrsflächen

Gute Beispiele für die Entsiegelung von Verkehrsflächen in den Quadraten stellen die Projekte an den beiden Standorten der Mozartschule dar. Im Standort in M6 sind die Flächen teilweise begrünt. Die Freiflächengestaltung um die GBG Gebäude, beispielsweise in H5, ist ebenfalls ein gutes Beispiel für begrünte Freiflächen in der Innenstadt.

Potenziale

Unter der Annahme eines Förderprogramms ist in den nächsten 5 Jahren die Umsetzung folgender Potenziale in den Quadraten möglich:

- Nachträgliches Dachbegrünungspotenzial 3 Hektar (Kapitel 3.4)
- Verdunstung von zusätzlich mehr als 10 Mio. Litern jährlich auf Dachflächen (Kapitel 3.5)
- Zusätzliche Fassadenbegrünung auf mehr als 26.000 Quadratmetern im gesamten Projektgebiet (Kapitel 4.4)
- Zusätzliche Verdunstung auf Fassaden von mehr als 60.000 Litern pro heißem Tag
- Zusätzliche Entsiegelung mit Begrünung oder Versickerung vor Ort auf rund 13.500 Quadratmetern im gesamten Projektgebiet (Kapitel 5.4)

Die Gebäudebegrünungs- sowie Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen haben folgende positive Wirkungen:

- Bindung von Feinstaub und Luftschadstoffen
- Erhöhung der Luftfeuchtigkeit
- Senkung der Temperatur in den Sommermonaten (gefühlte und gemessene)
- Minderung von Schallreflexionen und damit von Lärmverbreitung
- Schaffung von Lebensräumen für Flora und Fauna
- Schutz der Gebäudehülle und Dämmung des Gebäudes
- Senkung des Energieverbrauches von Gebäuden
- Drosselung des Abflusses bei Niederschlagsereignissen und somit Entlastung der Kanalisation

Fazit

Maßnahmen zur Dachbegrünung, zur Fassadenbegrünung und zur Entsiegelung und Begrünung sind in den Quadraten sowohl auf städtischen Grundstücken als auch auf privaten Flächen möglich. Unter der Annahme von Förderprogrammen ist aus anderen Kommunen bekannt, dass die Nachfrage in den ersten Jahren nicht hoch ist. Hier bietet sich zur kurzfristigen Realisierung von Beispielprojekten die Kooperation mit Unternehmen im Stadtkonzern und anderer öffentlicher Träger an.

Die besten Ergebnisse für das Stadtklima werden erzielt, wenn in zusammenhängenden Flächen sowohl Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen als auch Maßnahmen der Gebäudebegrünung realisiert werden. Dies wird durch internationale Studien und Simulationen bestätigt.

11 Empfehlungen für die Stadt Mannheim

Die Stadt Mannheim setzt sich für die Verbesserung des Stadtklimas ein. Dies wird unter anderem durch die Begrünungsordnung für die Innenstadt von 1988 und die Stadtklimaanalyse von 2010 deutlich.

Zur Verbesserung des Stadtklimas und des Wohnumfeldes in den Quadraten in Mannheim werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- Information interessierter Bürger und relevanter Akteure durch Website, Broschüren und regelmäßige Veranstaltungen zum Thema Stadtklima und Begrünung
- Identifikation, Realisation und Veröffentlichung von best practice Beispielen
- Erarbeitung von Grundlagen für ein mögliches Förderprogramm in Mannheim und Start eines Förderprogramms
- Information, Sensibilisierung und Aktivierung von Fachstellen der Stadtverwaltung der Stadt Mannheim
- Fachveranstaltung für relevante lokale Akteure (z.B. Architekten, Landschaftsplaner, Investoren, Projektentwickler, Wohnungsbaugesellschaften)
- Konsequente Umsetzung der Begrünungsordnung für die Innenstadt und ggf. Modifikation dieser

Darmstadt, den 15. April 2015

Dipl.-Ing. Martin Bullermann

Markus Meinhardt M.Sc.

12 Verwendete Unterlagen

Folgende Unterlagen wurden im Rahmen der Bearbeitung genutzt:

- U 1 Begrünungsordnung für die Innenstadt von Mannheim vom 27. September 1988
- U 2 Vorlage Nr. V099/2013 Informationsvorlage zur Entsiegelung von Freiflächen vom 31. Januar 2013
- U 3 Grünflächenkataster der Stadt Mannheim, Stand 11. Dezember 2014
- U 4 Verschiedene Herstellerunterlagen zu Dach- und Fassadenbegrünung der Firmen Helix Pflanzen GmbH (Stand Dezember 2014), Vertiko GmbH (Stand Dezember 2014), 90degreeen (Stand Dezember 2014), Optigrün international AG (Stand Dezember 2014), ZinCo GmbH (Stand Dezember 2014)
- U 5 Stadt Mannheim 2013: Grünflächenpflege in der Stadt Mannheim. Ziele, Qualitäten, Ressourcen. Bericht der Dr. Steidle Consult vom 25. November 2013
- U 6 Digitale Orthofotos der statistischen Bezirke 0101, 0102, 0103 und 0104 (Stand März 2014)
- U 7 Auszug der Katasterkarte der statistischen Bezirke 0101, 0102, 0103 und 0104 (Stand 20. Januar 2015)
- U 8 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 2014: Geologische Übersichtskarte CC 7110 Mannheim (Stand 4. August 2014)

13 Literatur

- [1] BIRCO 2012: Regenwasser. Ganzheitlicher Umgang mit Niederschlag auf besiedelten Flächen. Baden Baden.
- [2] BIRK, S., GRUNOW, D., KERSTING, M., LIESENFELD, J., SCHÜLE, R., SCHNEIDER, J. 2014: Policy Paper. Empfehlung für eine abgestimmte regionale Politik der Klimaanpassung. Dynaklim-Publikation Nr. 49 / Mai 2014. Online unter http://www.fiw.rwth-aachen.de/neo/fileadmin/pdf/dynaklim/dynaklim-Publikation_Nr._49_-_Policy_Paper.pdf. Abruf. 4. 12.2014.
- [3] BLANC, P. 2009: Vertikale Gärten. Die Natur in der Stadt. Stuttgart.
- [4] BRUSE, M. 2003: Stadtgrün und Stadtklima. Wie sich Grünflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken. Landesamt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten NRW (Hrsg.): LÖBF-Mitteilungen Nr. 1/2003. S. 66-70. Köln.
- [5] DEUTSCHER WETTERDIENST DWD 2012: Klimastatusbericht 2011. Erscheinungsdatum 10.09.2012. Offenbach.
- [6] DEUTSCHER WETTERDIENST DWD 2014: Wetterlexikon des DWD. www.dwd.de/lexikon.
- [7] DOICK, K., HUTCHINGS, T. 2013: Air temperature regulation by urban trees and green infrastructure. Forestry Commission (Hrsg.). Forest Research. Online unter [http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN012.pdf/\\$FILE/FCRN012.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN012.pdf/$FILE/FCRN012.pdf). Abruf 2. 12. 2014.
- [8] FACHVEREINIGUNG BAUWERKSBEGRÜNUNG E.V. FBB (Hrsg.) 2014: Tagungsband zum 7. FBB-Symposium Fassadenbegrünung. Vortragsreihe zu Themen der Fassadenbegrünung. Online unter <http://www.fbb.de/inc/template/Fassadenbegruenung/Symposium5/Tagungsband%205%20FBB%20Fassaden-begrueunungs-symposium-2012.pdf>. Abruf 4. 12. 2014.
- [9] FACHVEREINIGUNG BAUWERKSBEGRÜNUNG E.V. FBB (Hrsg.) 2015: Tagungsband zum 13. Internationalen FBB-Gründach-Symposium 2015 am 5. März 2015 in Ditzingen. Vortragsreihe zu aktuellen Themen der Dachbegrünung. Online unter <http://www.fbb.de/Dachbegr%C3%BCnung/Tagungsband-13-%20FBB-Gruendachsymposium-2015.pdf>. Abruf 13. 03. 2015.
- [10] FACHVEREINIGUNG BETRIEBS- UND REGENWASSERNUTZUNG E.V. (fbr) 2015: Marktübersicht Regenwassernutzung und Regenwasserversickerung. Ausgabe 2015/2016. Darmstadt.
- [11] FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V. FLL 2008: Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen – Dachbegrünungsrichtlinie. Bonn.
- [12] FRÖHLICH, D., MATZARAKIS, A. 2013: Modeling of changes in thermal bioclimate: examples based on urban spaces in Freiburg, Germany. Theoretical and Applied Climatology, Jg. 2013, Bd. 111, Nr 3/4, S. 547-558.
- [13] GERTIS, K.; WOLFSEHER, U. 1977: Veränderungen des thermischen Mikroklimas durch Bebauung. Gesundheits-Ingenieur Jg. 1977, Bd. 1/2, S.1-10.
- [14] HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ HMLUV 2008: Regenwasserbewirtschaftung in Neubaugebieten. Wiesbaden
- [15] IASP 2012: CO2-Bindungsverhalten der für die Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Online unter <http://www.iasp.asp-berlin.de/bilder/co2-2012.pdf>. Abruf 24.02.2015.
- [16] IASP 2012a: Feinstaubbindeverhalten der für Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Online unter <http://www.iasp.asp-berlin.de/bilder/feinstaub-2012.pdf>. Abruf 24.02.2015.

- [17] KUTTLER, W., GOLDBACH, A., DÜTEMEYER, D., BARLAG, A.-B. 2012: Messung der urbanen Evapotranspiration in Oberhausen. Vergleichende Energiebilanzmessungen in unterschiedlichen urbanen Strukturen. Dynaklim-Publikation Nr. 24 / April 2012 im interdisziplinären Verbundforschungsprojekt "dynaklim - Dynamische Anpassung regionaler Planungs- und Entwicklungsprozesse an die Auswirkungen des Klimawandels am Beispiel der Emscher-Lippe-Region (Nördliches Ruhrgebiet)" des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), Berlin. Online unter https://www.uni-due.de/imperia/md/content/geographie/klimatologie/dynaklim-publikation_nr_24_messung_der_urbanen_evapotranspiration_in_oberhausen.pdf. Abruf 1. 12. 2014.
- [18] KUTTLER, W., DÜTEMEYER, D., BARLAG, A.-B. 2013: Handlungsleitfaden – Steuerungswerkzeug zur städtebaulichen Anpassung an den Klimawandel. Dynaklim-Publikation Nr. 34 / Februar 2013 im interdisziplinären Verbundforschungsprojekt "dynaklim - Dynamische Anpassung regionaler Planungs- und Entwicklungsprozesse an die Auswirkungen des Klimawandels am Beispiel der Emscher-Lippe-Region (Nördliches Ruhrgebiet)" des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), Berlin. Online https://www.uni-due.de/imperia/md/content/geographie/klimatologie/kuttler__duetemeyer__barlag_handlungsleitfaden_stadtklima.pdf. Abruf 1. 12. 2014.
- [19] KÖHLER, M. 2012 (Hrsg.): Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung – Konstruktion – Ausführung. Köln.
- [20] LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 2004: Mit Regenwasser wirtschaften. Korrigierter Nachdruck. Dresden.
- [21] LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 2014: Umweltatlas Dresden. Online unter http://www.dresden.de/de/08/03/01/c_044.php?shortcut=Umweltatlas. Abruf 10. 12. 2014.
- [22] LEITSCH, E. 2010: Gutachterliche Stellungnahme zur Bindung von Feinstaub und Kohlenmonoxid durch Gehölze auf dem Maindeich. Online unter http://offenbach.de/blogs/forum-maindamm/wp-content/uploads/2010/12/09_Gutachterliche-Stellungnahme-CO2-und-Feinstaub.pdf. Abruf 1. 12. 2014.
- [23] MATZARAKIS, A. 2013: Stadtklima vor dem Hintergrund des Klimawandels. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft. Jg. 2013, Heft 3, S. 115-118. Berlin.
- [24] MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG UVM (Hrsg.) 1998: Bodenzustandsbericht Großraum Mannheim/Heidelberg. Mannheim.
- [25] MINISTERIUM FÜR VERKEHR UND INFRASTRUKTUR BADEN-WÜRTTEMBERG MVI 2014: Städtebauliche Klimafibel Online. Hinweise für die Bauleitplanung. Online unter www.staedtebauliche-klimafibel.de. Abruf 1. 12.2014.
- [26] NG, W.Y., CHAU, C.K. 2012: Evaluation of the role of vegetation on the air quality in high dense urban areas. Int. Journal of Environment and Pollution, Jg. 2012 Band 50, S. 98-110. DOI: 10.1504/IJEP.2012.051184. Abruf 17. November 2014.
- [27] ÖKOPLANA 2010: Stadtklimaanalyse Mannheim 2010. Auftraggeber Stadt Mannheim. Online unter https://www.mannheim.de/sites/default/files/page/12398/stadtklimaanalyse_ma2010_bericht.pdf. Abruf 6. 11. 2014.
- [28] OTTELÉ, M. 2011: The Green Building Envelope. Vertical Greening. Dissertation an der Technischen Universität Delft, eingereicht am 28. Juni 2011. Online unter <http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid%3A1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d/>. Abruf 15. 12. 2014.
- [29] OVERBECK, G., HARTZ, A., FLEISCHHAUER, M., 2008: Ein 10-Punkte-Plan „Klimaanpassung“. Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel im Überblick. Informationen zur Raumentwicklung. Jg. 2008, Heft 6/7, S 363-380. Bonn.
- [30] PUGH, T.A.M., MACKENZIE, A.R., WHYATT, J.D., HEWITT, C.N. 2012: Effectiveness of Green Infrastructure for Improvement of Air Quality in Urban Street Canyons. Environmental Science and Technology, Jg. 2012, Bd. 46, S. 7692-7699.

- [31] RABITSCH 2014: Private Wetterstation Mannheim-Seckenheim. Klimadiagramm Mannheim 2001-2014. Online unter <http://archiv.mannheim-wetter.info/klima.shtml>. Abruf 15. 11. 2014.
- [32] RAJABI, T., ABU-HIJLEH, B. 2014: The Study of Vegetation Effects on Reduction of Urban Heat Island in Dubai. Beitrag zur Konferenz World Sustainable Building 2014, 28. bis 30. Oktober 2014, Barcelona. Online unter http://wsb14barcelona.org/programme/pdf_poster/P-221.pdf. Abruf: 28.11. 2014.
- [33] 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. Stuttgart.
- [34] ROWE, D. B. 2011: Green roofs as a means of pollution abatement. Environmental Pollution. Jg. 2011, Heft 159, S. 2100-2110.
- [35] SCHRÖDER, F.-G., Wolter, A., Wolter, S. 2011: Entwicklung von nachhaltig ökologisch nutzbaren Pflanzensystemen mit Regenwassermanagement, Feinstaubminimierung und energetisch nutzbarer Biomasseproduktion. Abschlussbericht. Dresden.
- [36] SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG BERLIN 2010: Konzept der Regenwasserbewirtschaftung. Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung. Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung. Berlin.
- [37] SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG BERLIN 2011: Stadtentwicklungsplan Klima. Urbane Lebensqualität im Klimawandel sichern. Berlin.
- [38] STAATLICHE LEHR- UND VERSUCHSANSTALT FÜR GARTENBAU HEIDELBERG LVG 2014: Tagungsband. Trendiges Grün für alle Sinne. Fachtagung am 3. Juni 2014. Online unter http://www.landwirtschaft-bw.info/pb/site/lel/get/documents/MLR.LEL/PB5Documents/lvg/pdf/f/Fachtagungen/Tagungsband_GaLaBau_03.06.14.pdf. Abruf 15. 21. 2014.
- [39] STADT WIEN 2013: Leitfaden Fassadenbegrünung. Online unter <http://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/fassadenbegruenung-leitfaden.pdf>. Abruf 1. 12. 2014.
- [40] STADTARCHIV MANNHEIM (o.J): Stadtgrundriss Mannheim 1799 von Peter Dewarat mit den 13 Bastionen, der zeitgenössischen Nummerierung der Quadrate und den vier Friedhöfen.
- [41] STADTARCHIV MANNHEIM (o.J.): Plan der Stadt Mannheim von Wilhelm von Traitteur 1813.
- [42] SUSOROVA, I., AZIMI, P., STEPHENS, B. 2014: The effects of climbing vegetation on the local microclimate, thermal performance, and air infiltration of four building façade orientations. Building and Environment, Jg. 2014, Bd. 76, S. 113-124.
- [43] THÖNNESSEN, M. 2006: Staubfilterung und immissionshistorische Aspekte am Beispiel fassadenbegrünenden Wilden Weines (*Parthenocissus tricuspidata*). UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie. Jg. 18, Bd. 1, S. 5-12.
- [44] WONG, N.H., TAN, A.Y.K., CHEN, Y., SEKAR, K., TAN, P.Y., CHAN, D., CHIANG, K., WONG, N.C. 2010: Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. Building and Environment, Jg. 2010, Bd. 45, S. 663-672.
- [45] ZENTRALVERBAND DES DEUTSCHEN DACHDECKERHANDWERKS – Fachverband Dachwand- und Abdichtungstechnik – e.V. (2012): Deutsches Dachdeckerhandwerk. Regeln für Abdichtungen. Mit Flachdachrichtlinie. Köln.

Fotos und Abbildungen sind, sofern nicht anders angegeben, von der Umweltplanung Bullermann Schneble GmbH erstellt. Grundlage der Orthofotos ist die Befliegung im März 2014.

Titelbild: Fotos 1, 3, 4, 5 und 7 Stadt Mannheim, Dezernat V, Hr. Runke

Anlagen

- Anlage 1 Kartierung der Dachtypen in der Innenstadt von Mannheim
- Anlage 2 Lage der 8 beispielhaften Quadrate für Fassadenbegrünung
- Anlage 3 Lage der 8 beispielhaften Quadrate für Entsiegelung und Begrünung
- Anlage 4 Stadtgrundriss Mannheim 1799 von Peter Dewarat mit den 13 Bastionen, der zeitgenössischen Nummerierung der Quadrate und den vier Friedhöfen. Quelle: Stadtarchiv Mannheim
- Anlage 5 Plan der Stadt Mannheim von Wilhelm von Traitteur 1813. Die blaue Linie im Grüngürtel ist der Stadtgraben, die weiße Linie der Fahrweg auf dem Hochwasserdamm – heute verlaufen dort die Ringstraßen. Quelle: Stadtarchiv Mannheim
- Anlage 6 Lage der Beispielprojekte



Legende:

- nicht begrünte Flachdächer - 60.60 %
- sonstige Dächer - 34.60 %
- begrünte Flachdächer - 4.80%



Schloss

Potenzialermittlung zur Verbesserung des Stadtklimas durch Entsiegelung und Begrünung von Freiflächen und Gebäuden in der Innenstadt von Mannheim

Anlage 1: Kartierung der Dachtypen in der Innenstadt von Mannheim
 Maßstab 1:5.000

Umweltplanung Bullermann Schneible GmbH

PLANKRÄFTER

Ingenieure und Umweltplaner

AUFTRAGGEBER
 STADT MANNHEIM
 DEZERNAT V
 COLLINSTR. 1
 68161 MANNHEIM

UMWELTPLANUNG BULLERMANN SCHNEIBLE GmbH
 HAVELSTRASSE 7A · D-64295 DARMSTADT
 TELEFON:06151/9758-0 TELEFAX:06151/9758-30



Legende:



beispielhafte Quadrate - Fassadenbegrünung

1. G7: Beispiel für Randquadrat, kleinteilig gemischt, viel Wohnbebauung
2. H5: Beispiel für Nachkriegsbebauung, geförderter Wohnungsbau (GBG)
3. U5: Beispiel Blockrandbebauung, Randquadrat
4. S3: Beispiel Blockrandbebauung, Unterstadt
5. P1: Beispiel vollständige gewerbliche Nutzung
6. O7: Beispiel Randquadrat, kleinteilig, viel gewerbliche Nutzung
7. N6: Beispiel gemischte Nutzungsstruktur
8. A1: Beispiel für Verwaltungsgebäude

Wasserturm



Schloss

Potenzialermittlung zur Verbesserung des Stadtklimas durch Entsiegelung und Begrünung von Freiflächen und Gebäuden in der Innenstadt von Mannheim

Anlage 2: Lage der 8 beispielhaften Quadrate für Fassadenbegrünung

Maßstab 1:5.000

Umweltplanung Bullermann Schneble GmbH

Ingenieure und Umweltplaner

AUFTRAGSGEBER

STADT MANNHEIM
DEZERNAT V
COLLINSTR. 1
68161 MANNHEIM

PLANVERFASSER

UMWELTPLANUNG BULLERMANN SCHNEBLE GmbH
HAVELSTRASSE 7A · D-64295 DARMSTADT
TELEFON:06151/9759-0 TELEFAX:06151/9759-30



Legende:



beispielhafte Quadrate -
Entsiegelung und Begrünung

1. C6: Beispiel für Schulstandort
2. H5: Beispiel für Nachkriegsbebauung, geförderter Wohnungsbau (GBG, Spar- und Bauverein)
3. U5: Beispiel Blockrandbebauung, Randquadrat
4. S3: Beispiel Blockrandbebauung, Unterstadt
5. O7: Beispiel vollständige gewerbliche Nutzung
6. K7: Beispiel Verwaltungsgebäude
7. N6: Beispiel gemischte Nutzungsstruktur
8. L12: Beispiel Blockrandbebauung, Oberstadt

Wasserturm



Schloss

Potenzialermittlung zur Verbesserung des Stadtklimas durch Entsiegelung und Begrünung von Freiflächen und Gebäuden
in der Innenstadt von Mannheim

Anlage 3: Lage der 8 beispielhaften Quadrate für Entsiegelung und Begrünung

Maßstab 1:5.000

Umweltplanung Bullermann Schneble GmbH

Ingenieure und Umweltplaner

AUFTRAGSGEBER

STADT MANNHEIM
DEZERNAT V
COLLINSTR. 1
68161 MANNHEIM

PLANVERFASSER

UMWELTPLANUNG BULLERMANN SCHNEBLE GMBH
HAVELSTRASSE 7A · D-64295 DARMSTADT
TELEFON:06151/9758-0 TELEFAX:06151/9758-30



6.7

**Begrünungsordnung für die Innenstadt von Mannheim
vom 27. September 1988**

Der Gemeinderat der Stadt Mannheim hat am 27. September 1988 nach § 10 Baugesetzbuch (BauGB) vom 08. Dezember 1986 (BGBl. I S. 2253) in Verbindung mit § 4 der Gemeindeordnung für Baden-Württemberg in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. Oktober 1983 (GBl. S. 577) die aufgrund von § 1 Abs. 5 Nr. 4, § 9 Abs. 1 und 4 BauGB sowie § 73 Abs. 1 Nr. 1 und 5, Abs. 2 Landesbauordnung (LBO) in der Fassung vom 28. November 1983 (GBl. S. 770, ber. GBl. 1984 S. 519), geändert durch Gesetz vom 1. April 1985 (GBl. S. 51), erstellte "Begrünungsordnung für die Innenstadt von Mannheim" als Satzung beschlossen.

Präambel

Die zunehmende bauliche Verdichtung in den Quadraten der Innenstadt führt zu immer schlechteren Umweltbedingungen für die dort wohnenden und arbeitenden Menschen. Dem wirkt die Begrünung von Gebäuden und Grundstücken entgegen:

- sie verbessert deren Erscheinungsbild und damit auch das Stadtbild,
- sie verbessert die klimatischen Verhältnisse in der Innenstadt.

Die gestalterischen Anliegen stehen gleichrangig neben der dringenden klimatologischen Notwendigkeit, die bestehenden Verhältnisse in der Innenstadt zu verbessern. Diese ergeben sich aus der stark verdichteten Bebauung der Innenstadt und durch die Lage Mannheims im Zentrum des Oberrheingrabens. Die den menschlichen Organismus und die Umwelt belastenden klimatischen Verhältnisse industrieller Verdichtungsräume werden durch die Beckenlage mit geringen Niederschlägen und Windgeschwindigkeiten, austauscharmen Wetterlagen und besonders ausgeprägter Überwärmung der Luft noch verstärkt. In dieser Situation haben auch kleine Grünflächen positive Auswirkungen auf das Klima.

Die Schaffung von begrünten Flächen und das Einbringen von Grünelementen in die Innenstadt ist eine unerlässliche Maßnahme, um der Gefährdung der menschlichen Gesundheit durch das Stadtklima entgegenzuwirken und den urbanen Lebensraum in seinem Erscheinungsbild zu verbessern. Diesem Ziel dient die vorliegende Satzung.

I. Abschnitt

**Örtliche Gestaltungsvorschriften nach § 73 Abs. 1 Nr. 1 und 5 und Vorschriften über die
Genehmigungspflicht nach § 73 Abs. 2 Nr. 1 LBO.**

§ 1

Räumlicher Geltungsbereich

Die Satzung gilt für die Quadrate A 1 - U 6 sowie für die Gebiete Schloß, Universität, Eisstadion und den Bereich des Jungbusch zwischen Luisenring, Kurt-Schumacher-Brücke, Hafenstraße, Werftstraße, Schanzenstraße und Holzstraße im Zusammenhang mit der zeichnerischen Festsetzung des räumlichen Geltungsbereiches in dem angeschlossenen Übersichtsplan, der als Anlage 1 Bestandteil dieser Satzung ist.

§ 2



Genehmigungspflicht

(1) Im Geltungsbereich dieser Satzung bedürfen die Errichtung und der Abbruch von Gebäuden und Gebäudeteilen auch dann der Genehmigung, wenn sie nach der Landesbauordnung genehmigungsfrei sind (erweiterte Genehmigungspflicht).

Der Errichtung steht das Herstellen, dem Abbruch das Ändern gleich.

(2) Innere Umbauten sowie Nutzungsänderungen, die nicht mit baulichen Maßnahmen verbunden sind, unterliegen nicht der erweiterten Genehmigungspflicht.

(3) Die erweiterte Genehmigungspflicht gilt nicht für Gebäude ohne Aufenthaltsräume, Toiletten oder Feuerstätten bis 15 m³ umbauten Raumes.

§ 3

Begrünungspflicht

(1) Die Begrünungspflicht nach Maßgabe der §§ 4 bis 7 entsteht für Grundstücks- und Gebäudeflächen, die durch genehmigungspflichtige Vorhaben geschaffen werden und eine Begrünung ermöglichen. Gleiches gilt für vorhandene Flächen, wenn diese durch genehmigungspflichtige Maßnahmen wesentlich verändert werden; neben den geschaffenen oder wesentlich veränderten (Teil-) Flächen sind auch angrenzende Flächen zu begrünen, wenn die Flächen zusammen eine natürliche Einheit bilden.

(2) Die Begrünungspflicht entfällt für Gebäudeflächen, die aus der näheren Umgebung nicht einsehbar sind und nicht mehr als 4,00 m unter der in der näheren Umgebung vorherrschenden Geschosshöhe liegen.

(3) Von allen Vorschriften dieser Satzung kann unter den Voraussetzungen des § 57 Abs. 4 LBO Befreiung erteilt werden. Die Befreiung soll mit der Auflage verbunden werden, daß andere als die in der Satzung vorgeschriebenen Begrünungsarten ausgeführt werden.

§ 4

Begrünung nichtüberbauter Grundstücksflächen (§ 73 Abs. 1 Nr. 5 LBO)

(1) Die nichtüberbauten Flächen der bebauten Grundstücke müssen als Grünfläche oder gärtnerisch angelegt und unterhalten werden. Dies gilt in Misch- und Kerngebieten nicht für diejenigen Teile der Grundstücke, die als Arbeits- oder Lagerflächen erforderlich sind. § 10 Abs. 1 Satz 3 LBO bleibt unberührt.

Vorgartenflächen dürfen nicht als Arbeits- oder Lagerflächen genutzt werden und müssen als Grünfläche oder gärtnerisch angelegt und unterhalten werden.

Je 150 m² Grünfläche ist zusätzlich ein mindestens mittelgroßer Baum zu pflanzen.

Für die Art und Weise der Begrünung gelten § 5 Abs. 1 Satz 2 und 3, Abs. 2 Satz 2 und Abs. 3 entsprechend.

(2) Anstelle der Anlegung einer Grünfläche oder einer sonstigen gärtnerischen Gestaltung darf auf je 20 m² an sich zu begrünender Fläche ein mindestens mittelgroßer Baum gepflanzt werden.

(3) Die Bäume müssen als Hochstämme gepflanzt werden, die in 1 m Höhe gemessen einen Stammumfang von mindestens 18 cm haben (mittelgroße Bäume).

§ 5

Begrünung von Gebäuden (§ 73 Abs. 1 Nr. 1 LBO)

Begrünungsordnung für die Innenstadt von Mannheim



(1) Gebäude sind nach folgender Maßgabe zu begrünen:
Flachdächer, flachgeneigte Dächer und Decken von Gebäuden einschließlich Terrassen (Gebäudeflächen), wenn ihre Fläche jeweils größer als 20 m² und nicht mehr als 10° geneigt ist. Eine Begrünung kann auch bei Flächen unter 20 m² verlangt werden, wenn sich die zu begrünende Fläche an eine bereits begrünte Fläche anschließt; dies gilt auch, wenn die begrünte Fläche auf Nachbargrundstücken liegt.

Soweit die bestimmungsgemäße Nutzbarkeit der baulichen Anlage nicht beeinträchtigt wird, kann zusätzlich verlangt werden, daß die zu begrünende Fläche in ihrer Höhenlage an angrenzende begrünte Flächen angepaßt wird.

(2) Die Dach- bzw. Deckenbegrünung ist als Grünfläche oder in anderer Art gärtnerisch anzulegen und zu unterhalten.

Die Begrünungspflicht kann auch durch das Aufstellen von Pflanztrögen erfüllt werden.

Für die Ausstattung gelten folgende Mindestanforderungen:

- a) Die zu begrünende Fläche muß völlig mit Vegetation bedeckt sein;
- b) bei Verwendung von Pflanztrögen müssen diese 60 % der zu begrünenden Fläche abdecken und gärtnerisch bepflanzt werden.

(3) Wenn die bestimmungsgemäße Nutzung von Grundstücken oder Gebäuden eine Begrünung nach § 4 oder § 5 Abs. 1 und 2 nicht zuläßt, kann ersatzweise die Erstellung flächenüberdeckender Rankgerüste (z. B. Pergolen) und ihre Begrünung sowie die Begrünung von Wänden mit Kletterpflanzen verlangt werden.

Unter Denkmalschutz stehende Fassaden sind in jedem Fall von der Begrünungspflicht ausgenommen.

§ 6

Gestaltung von Stellplätzen (§ 73 Abs. 1 Nr. 5 LBO)

(1) Ebenerdige Stellplätze sind so anzulegen, daß auf je 3 Stellplätze ein mittelgroßer Baum gepflanzt wird. Die Bäume müssen so gepflanzt werden, daß sie unterhalten werden können. Die Parkstände sind mit Rasengittersteinen, fugenoffenen oder ähnlichen Belägen zu versehen und zu begrünen.

(2) Bei Stellplätzen auf Gebäuden gilt § 5 Abs. 3 entsprechend.

§ 7

Gestaltung von Gemeinschaftsanlagen (§ 73 Abs. 1 Nr. 5 LBO)

Die Vorschriften dieser Satzung sind auf Gemeinschaftsanlagen im Sinne von § 9 Abs. 1 Nr. 22 BauGB entsprechend anzuwenden.



§ 8 Verfahren

Für die Durchführung dieser Satzung ist die Stadt Mannheim als untere Baurechtsbehörde zuständig.

Mit dem Genehmigungsantrag sind alle für die Beurteilung des Antrages erforderlichen Unterlagen einzureichen. Es gelten die Vorschriften der Landesbauordnung über das Baugenehmigungsverfahren und die Bauvorlagenverordnung.

§ 9 Ordnungswidrigkeiten (§ 74 Abs. 2 Nr. 2 LBO)

- (1) Ordnungswidrig nach § 74 LBO handelt, wer vorsätzlich oder fahrlässig ohne die nach § 2 erforderliche Genehmigung
 - eine bauliche Anlage errichtet oder abbricht (§ 2 Abs. 1 Satz 1),
 - eine dem Errichten oder Abbrechen gleichgestellte Handlung vornimmt.
- (2) Ordnungswidrig nach § 74 LBO handelt, wer vorsätzlich oder fahrlässig den Gestaltungs- oder Unterhaltungsvorschriften der §§ 3, 4, 5, 6 und 7 oder einer dazu erlassenen vollziehbaren Verfügung zuwiderhandelt (§ 74 Abs. 2 Nr. 2 LBO).
- (3) Die Ordnungswidrigkeit kann mit einer Geldbuße bis zu 10.000 Euro geahndet werden (§ 74 Abs. 3 LBO).

II. Abschnitt § 10 Bauplanungsrechtliche Festsetzungen nach § 9 BauGB

- (1) Die Regelungen in den §§ 3 Abs. 1, 4 Abs. 1 bis 3, 5 Abs. 1 bis 3, 6 Abs. 1 und 2 sowie § 7 sind im räumlichen Geltungsbereich dieser Satzung (§ 1) zugleich planungsrechtliche Festsetzungen nach § 9 Abs. 1 Nr. 15, 20 und 25 BauGB.
- (2) Die Pflicht zu einer satzungsgemäßen Begrünung entsteht über § 3 Abs. 1 hinausgehend für bestehende Grundstücks- und Gebäudeflächen auch dann, wenn bei Errichtung, Erweiterung oder wesentlichen Änderungen von Bauwerken folgende Höchstwerte der Baunutzungsverordnung überschritten sind:
 - in reinen Wohngebieten, allgemeinen Wohngebieten, besonderen Wohngebieten und Mischgebieten eine Geschoßflächenzahl 1,2 oder eine Grundflächenzahl 0,4,
 - in Kerngebieten eine Geschoßflächenzahl 2,4 oder eine Grundflächenzahl 1,0 (durch Ausgrabungen).

Soweit Gebietsarten nach § 1 BauNVO durch Bebauungspläne nicht ausgewiesen sind, ist wegen der nach Satz 1 maßgeblichen Art der baulichen Nutzung auf die Eigenart der näheren Umgebung nach der vorhandenen Bebauung abzustellen.



III. Abschnitt
Bekanntmachung und Inkrafttreten
§ 11
Änderung rechtsverbindlicher Bebauungspläne und
örtlicher Bauvorschriften

Durch diese Begrünungsordnung, bestehend aus örtlichen Bauvorschriften (I. Abschnitt) und bauplanungsrechtlichen Festsetzungen (II. Abschnitt), werden zugleich die in der Anlage 2 dieser Satzung aufgezählten rechtsverbindlichen Bebauungspläne und örtlichen Bauvorschriften geändert.

§ 12
Inkrafttreten

Diese Begrünungsordnung und die Änderungen der in der Anlage 2 zu dieser Satzung aufgezählten Bebauungspläne und örtlichen Bauvorschriften treten mit der öffentlichen Bekanntmachung nach § 12 BauGB, § 73 Abs. 5 LBO in Kraft.

Bekanntgemacht im Mannheimer Morgen Nr. 34 vom 10. Februar 1989.

**Anlage 2 der BEGRÜNDUNGSORDNUNG für die Innenstadt
von Mannheim in der Fassung vom 08. März 1988****Liste der zu ändernden bzw. zu ergänzenden rechtsverbindlichen
Baufluchten-/Bebauungspläne (s. § 11 der Satzung)**

Plan-Nr.:	Planbezeichnung/Plangebiet	rechtsverbindlich seit:
11/1	Änderung und Feststellung von Bau- und Straßen-fluchten in dem Gebiet zwischen Akademiestraße, Theaterstraße, Bismarckstraße, Parkring und Hafen-straße	07.02.1957
11/2a	Quadrat D 3	18.02.1980
11/3	Änderung und Feststellung von Bau- und Straßenfluchten in den Quadraten D 2, D 3, D 4	05.06.1952
11/4	Änderung und Feststellung von Bau- und Straßenfluchten in den Quadraten F 2, F 3, F 4, F 5, G 4	02.07.1953
11/5	Änderung und Feststellung von Bau- und Straßenfluchten in den Quadraten F 5, F 6, F 7, G 6, G 7, H 7	15.06.1959
11/6	Änderung und Feststellung von Bau- und Straßenfluchten in den Quadraten F 6, F 7, G 7, H 6, H 7	25.05.1961
11/7	Änderung und Feststellung von Bau- und Straßenfluchten in F 3 und G 3	01.11.1959
11/8	Änderung und Feststellung von Bau- und Straßenfluchten in den Quadraten H 6, H 5, H 4, H 3, H 2, J 5, J 4 a, J 4, J 3	30.10.1953
11/9	Änderung und Feststellung von Bau- und Straßenfluchten in den Quadraten J 4, J 4 a, J 5, H 4, H 5	24.06.1959
11/11	Quadrat B 4	18.03.1966
11/11a	Quadrat B 4 (Teiländerung des Bebauungsplanes Nr. 11/11)	06.08.1983
11/12	Mannheim-Innenstadt	28.03.1957
11/13	Änderung und Feststellung von Bau- und Straßenfluchten an der Bismarckstraße, Parkring und in den Quadraten A 3, A 4, B 3, B 6, B 7, C 4	13.05.1960
11/14	Aufhebung der Bauflucht im Quadrat C 1, 10 - 15	20.10.1960
11/15	Aufhebung von Baufluchten im Quadrat D 7	05.04.1963
11/16	Aufhebung von Baufluchten im Quadrat D 3, in D 2, 13 - 14 und in E 2, 14 - 17	09.08.1962
11/17	Aufhebung von Baufluchten in den Quadraten K 3 und K 4	23.11.1960
11/18	Aufhebung von Baufluchten im Quadrat C 7	27.06.1961
11/20	Aufhebung von Baufluchten im Quadrat H 6 und in J 7, 23	04.01.1962
11/21	Änderung und Feststellung von Bau- und Straßenfluchten in den Quadraten B 6 und B 7	28.09.1962

**Stadtrecht der Stadt Mannheim**

11/25	Quadrat H 2	13.06.1978
11/26	Quadrat F 3 (Garagenhaus)	18.04.1973
11/27	Quadrate H 4, H 5, H 6, J 4 a und J 5 sowie für die Grundstücke J 6, 1 - 5 und 12 - 17	25.06.1971
11/34	Sanierungsgebiet H 4 und H 5 sowie für die Quadrate J 4 und J 5	30.09.1978
11/35	Sanierungsgebiet J 6 sowie für die Quadrate K 6 und H 6	26.01.1979
11/37	C 5 (Tiefgarage) und D 5	17.03.1981
13/1	Änderung und Feststellung von Bau- und Straßenfluchten in L 5 und L 7	08.12.1960
13/2	Änderung und Feststellung von Bau- und Straßenfluchten in dem Quadrat N 2	07.03.1961
13/3	Änderung und Feststellung von Bau- und Straßenfluchten in den Quadraten N 6 und N 7	09.10.1951
13/4	Änderung und Feststellung von Bau- und Straßenfluchten in den Quadraten O 2 - O 4	23.01.1952