



MEIN HAUS - IN ZUKUNFT KLIMAANGEPASST!

Ein Leitfaden für Grundeigentümer,
Bauherren und Planer

HCU

HafenCity Universität
Hamburg



Hamburg

LEITFADEN

Die HafenCity Universität freut sich mit dieser Broschüre einen Leitfaden für Grundeigentümer, Bauherren und Planer präsentieren zu können, der Sie unterstützen soll, zukünftig bei Ihren Planungen die Fragestellung der Klimaanpassung besser als bisher mit Bedenken zu können.

Der Leitfaden ist in enger Zusammenarbeit mit der Behörde für Umwelt und Energie in Hamburg und weiteren Vertretern von Fachbehörden, Bezirken und Hamburg Wasser entstanden. Unterstützung erhielten wir auch von der Verbraucherzentrale Hamburg.

Wir danken für die gute und fruchtbare Zusammenarbeit und hoffen, dass der Leitfaden Verbreitung und Anwendung findet.

Prof. Wolfgang Dickhaut (HCU-Hamburg)

Mein Haus - in Zukunft klimaangepasst!

Ein Leitfaden für Grundeigentümer, Bauherren und Planer

Text: Zamna Rodríguez Castillejos, Elke Kruse

Projektleitung: Wolfgang Dickhaut

Herausgeber: Zamna Rodríguez Castillejos, Elke Kruse, Wolfgang Dickhaut,
Udo Dietrich (jeweils HCU Hamburg)

in Zusammenarbeit mit: Werner Steinke / Behörde für Umwelt und Energie (BUE) Hamburg

Layout: Lucy Henriques, Annika Winkelmann / HCU Hamburg

Lektorat: Saskia Akkermann (Verbraucherzentrale Hamburg),
Johanna Fink, Annika Winkelmann (jeweils HCU Hamburg)

Das Wissensdokument basiert auf den Forschungsergebnissen des Projektes „KLIQ – Klimafolgenanpassung innerstädtischer hochverdichteter Quartiere in Hamburg“, das die HCU im Auftrag der BUE durchgeführt hat.

Hinweis im Sinne des Gleichbehandlungsgesetzes

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird auf eine geschlechtsspezifische Differenzierung verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung für beide Geschlechter. Aus Gründen der Gewohnheit findet die männliche Begriffsform Verwendung.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliothek; detaillierte Daten sind im Internet über <http://www.dnb.de> abrufbar.

Impressum

Tutech Verlag
TUTECH INNOVATION GmbH
Harburger Schloßstraße 6-12
21079 Hamburg



Telefon: +49 40 76629-0
Fax: +49 40 76629-6559
E-Mail: verlag@tutech.de
www.tutechverlag.de

Nachdrucke, Vervielfältigungen, Speicherung oder Übertragung in elektronische, optische, chemische oder mechanische Datenhaltungs- oder Datenverwertungssysteme sind – auch auszugsweise – ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung von TUTECH INNOVATION GmbH verboten.

Die Verwertung von Informationen aus „Gerichtete MWCNT/ Polypyrrol Hybride als Material für anisotrope Aktuatoren“ zum Zweck der gewerblichen Informationsvermittlung ist nicht zulässig.

Alle Rechte vorbehalten.

© TUTECH INNOVATION GmbH

1. Auflage: Mai 2017
ISBN 978-3-946094-16-6

HCU | Hafencity Universität
Hamburg



Gefördert aus Klimaschutzmitteln

„Ist die Anpassung von Städten an die Folgen des Klimawandels planbar?“ werden sich sicherlich viele fragen. „Und was habe ich als EigentümerIn, BauherrIn oder PlanerIn von Gebäuden und Grundstücken damit zu tun?“

Begründet liegt dies in den hohen Unsicherheiten, welche Folgen wann genau und in welcher Höhe eintreten werden sowie die langen Zeiträume, die bedacht werden müssen. Hinzu kommen die Unklarheiten, welche Veränderungen im Jahresverlauf entstehen mit Blick auf Starkregen, Temperaturerhöhung oder Trockenheit und ihre Auswirkungen auf Gebäude und Grundstück.

Eine Möglichkeit, sich dieser Komplexität zu nähern, besteht darin, den Betrachtungsraum räumlich einzugrenzen und beispielhaft zu untersuchen. Diesen Weg ist die HafenCity Universität (HCU) im Auftrag der Behörde für Umwelt und Energie (BUE) in Hamburg in den Jahren 2015 und 2016 gegangen. Hierbei standen die Themenfelder der Überflutungs- und Hitzevorsorge im Fokus der Betrachtung. Ausgewählt wurden zwei innerstädtisch stark verdichtete Hamburger Quartiere in Winterhude-Süd und St. Georg, die gleichzeitig charakteristisch für die Stadt sind und damit übertragbare Lösungsansätze aufzeigen. Zudem sind hier bereits heute nachweislich Probleme mit Überflutungen und Hitzestress bekannt. Die Vorschläge geeigneter Maßnahmen wurden durch eigene Messungen und Simulationen beispielhaft ergänzt, um einen Eindruck von Wirkungen und damit dem Erfolg der Maßnahmen zu gewinnen und veranschaulichen zu können.

Auf Basis dieser Ergebnisse entstand der vorliegende Leitfaden „Mein Haus – in Zukunft klimaangepasst!“, der sich an EigentümerInnen, BauherrInnen

oder PlanerInnen von Gebäuden und Grundstücken in Hamburg richtet.

Er soll dazu dienen, Sie zu unterstützen, im Rahmen von Neubau, Umbau oder Sanierung zu entscheiden, ob und wenn ja welche Maßnahmen zur Überflutungs- und Hitzevorsorge sinnvoll und möglich wären.

Hierfür dient u.a. die neu entwickelte Checkliste, mit deren Hilfe die Gefährdung durch Überflutungen oder Hitzestress erkannt und geeignete Konzepte zur Überflutungs- und Hitzevorsorge entwickelt werden können. Weiterhin werden Beschreibungen u.a. von geeigneten Maßnahmen sowie zur Förderung derselben zusammengestellt. Im Rahmen dieses Leitfadens wird der kurze Begriff „klimasensible Maßnahmen“ verwendet. Damit sind hier Maßnahmen sowohl zur Hitze- als auch zur Überflutungsvorsorge gemeint.

Das Team der HCU bedankt sich für einen spannenden Arbeitsprozess der letzten beiden Jahre mit zahlreichen intensiven Diskussionen in den begleitenden Arbeitsgruppen. Die Erarbeitung des Leitfadens wäre ohne diese Kooperation nicht möglich gewesen.

Wir wünschen uns eine umfangreiche Einbeziehung des Leitfadens im Rahmen Ihrer Planungen. Wir denken, dass hierdurch die Planung der Klimaanpassung bei aller Komplexität ein wenig handhabbarer werden kann

In diesem Sinne, mit freundlichen Grüßen,



Wolfgang Dickhaut im Mai 2017

8	EINLEITUNG
12	TEIL I: ÜBERFLUTUNGS- UND HITZEVORSORGE: Eine Investition in die Zukunft
14	1. Eine Checkliste für Gebäude und Grundstück
16	1.1. Wann ist was zu tun? Drei Arbeitsschritte bei geplanten Neu- und Umbaumaßnahmen
17	1.2. Checkliste „Gefährdungsanalyse“
23	1.3. Leitfragen für die Entwicklung von klimasensiblen Planungsvarianten
26	2. Was können Sie tun?
28	2.1. Geeignete Prinzipien und Maßnahmen
31	2.2. Kurzportrait ausgewählter Maßnahmen
36	3. Positive Effekte für Eigentümer und Nutzer
37	3.1. Wohn - und Lebensqualität verbessern
37	3.2. Geld und Energie sparen
37	3.3. Bestehende Grünflächen aufwerten
37	3.4. Das Sielnetz entlasten
37	3.5. Artenvielfalt in der Stadt erhöhen
38	4. Hamburger Projekte für eine wasser- und klimasensible Stadtentwicklung - Eine Übersicht
38	4.1. Hamburger Klimaplan
38	4.2. Hamburger Stadtklimaanalyse
38	4.3. RISA - RegenInfraStruktur-Anpassung
39	4.4. Hamburger Gründachstrategie
39	4.5. SiK - Stadtbäume im Klimawandel
40	5. Informationen, Beratung, Förderung
40	5.1. Regenwasser versickern, zurückhalten oder nutzen
40	5.2. Gründächer bauen
40	5.3. Gebäude und Grundstück vor Wasserschäden schützen
41	5.4. Gebäude energetisch sanieren

42	TEIL II. HITZEVORSORGE - Technischer/fachlich-erklärender Teil
44	6. Prinzipien der Hitzevorsorge
48	6.1. Maßnahmen für Dächer
50	6.2. Maßnahmen für Fassaden
54	6.3. Maßnahmen für Grundstücke
56	7. Das Überhitzungsrisiko verstehen – Ein Überblick
56	7.1. Auf dem Dach
58	7.2. An der Fassade
61	7.3. Auf dem Grundstück
62	8. Klimasensible Maßnahmen nach Baualterklasse - Steckbriefe
63	8.1. Schritt 1-2: Baualterklasse, Überhitzungsrisiko und klimasensible Maßnahmen
66	8.1.1. 1860-1918 Gründerzeitbauten
68	8.1.2. 1919-1948 Zwischenkriegszeitbauten
70	8.1.3. 1949-1957 Gebäude der 1950er - Nachkriegszeitbauten
72	8.1.4. 1958-1968 Gebäude der 1960er - Stahlbetonskelettbauten
74	8.1.5. 1969-1978 Gebäude der 1970er - industrialisierte Bauweise
76	8.1.6. 1979-1983 Umsetzung der 1. Wärmeschutzverordnung
78	8.1.7. 1984-1994 2. Wärmeschutzverordnung (WSchV 84)
80	8.1.8. 1995-2001 3. Wärmeschutzverordnung (WSchV 95)
82	8.1.9. 2002-2015 Energieeinsparverordnung (EnEV)
85	8.2. Schritt 3: Umsetzung der klimasensiblen Maßnahmen prüfen
85	8.2.1. Teilschritt 3.1: Eignung zur Gebäudebegrünung prüfen
89	8.2.2. Teilschritt 3.2: Statische und energetische Eigenschaften prüfen
90	8.2.3. Teilschritt 3.3: Materialeigenschaften und Farben auswählen
94	ANHANG
95	I. Glossar
98	II. Weiterführende Informationen, Literatur und Leitfäden
103	III. Abbildungsverzeichnis
104	IV. Beteiligte Personen



Abb. E.1: Überflutung des Mühlenkamps und der angrenzenden tieferliegenden Geschäfte nach dem Starkregen am 06. Juni 2011 (Foto: Dörthe Heien).

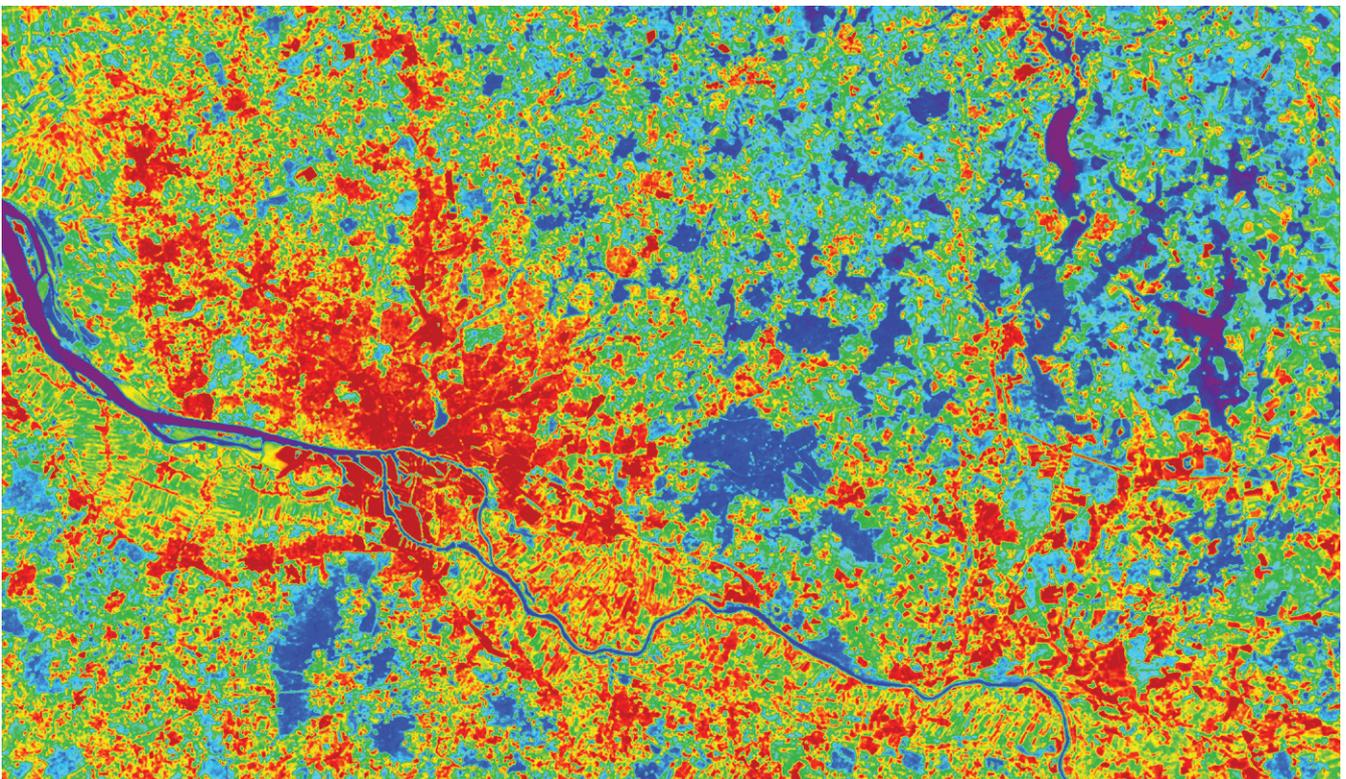


Abb. E.2: Das Satelliten-Thermalbild zeigt den Oberflächen-Wärmeiseleffekt in Hamburg (SUHI-Effekt – Surface Urban Heat Island): Unterschiede der Oberflächentemperaturen zwischen Innenstadt (rot), Umland (grün) und Wäldern (blau); Aufnahme am 23.07.2013 um 11:17 Uhr.

Der Anlass für diesen Leitfaden

Infolge des Klimawandels kommt es deutschlandweit immer häufiger zu Starkregen. Auch Hamburg ist davon betroffen. So kam es am 06. Juni 2011 nach einem Starkregen vor allem in den östlichen Stadtteilen und im Stadtzentrum zu Überflutungen. In der Spitalerstraße in der Neustadt fielen 81,3 Liter Niederschlag pro Quadratmeter. Normalerweise fallen im Durchschnitt in Hamburg im Juni 74,4 Liter pro Quadratmeter im ganzen Monat. Starkregen können innerhalb kürzester Zeit Straßen, Unterführungen, U-Bahn-Eingänge, Tiefgaragen und Kellergeschosse überfluten, Schäden in Millionenhöhe anrichten und sogar eine Gefahr für Leib und Leben darstellen.

Gleichzeitig wird es im Sommer wärmer und trockener. Bebaute Flächen heizen sich tagsüber auf und geben nachts die Wärmestrahlung wieder ab. Innenräume von Gebäuden oder versiegelte Flächen im Außenbereich können sich stark aufheizen und zu Hitzestress bei den Bewohnern oder Nutzern führen. Vor allem ältere und kranke Menschen, Säuglinge und Kleinkinder, aber auch Personen mit körperlich besonders belastenden Berufen sind davon betroffen.

Aus diesem Grund hat die Hamburger Behörde für Umwelt und Energie (BUE) die HafenCity Universität Hamburg (HCU) beauftragt, einen Leitfaden zur Überflutungs- und Hitzevorsorge zu erstellen. Dieser Leitfaden richtet sich an Hauseigentümer, Bauherren und Planer und ist Bestandteil des Hamburger Klimaplanes. Er dient dazu, zusammen mit weiteren Projekten wie RISA (RegenInfraStrukturAnpassung), SiK

(Stadtbäume im Klimawandel) und der Hamburger Gründachstrategie, Hamburg an die Folgen des Klimawandels anzupassen.

Überflutungs- und Hitzevorsorge - ein neues Handlungsfeld für Hauseigentümer, Bauherren und Planer: Die Überflutungs- und Hitzevorsorge muss ein wichtiger Bestandteil sämtlicher Planungs- und Bauprozesse in Hamburg werden, um die Stadt zukünftig wasser- und klimasensibel zu entwickeln. Dies kann nur erreicht werden, indem die Freie und Hansestadt Hamburg, Hauseigentümer, Bauherren, Planer sowie weitere Akteure wie HAMBURG WASSER gemeinsam tätig werden.

Städtische Wärmeinsel / Urbane Hitzeinsel (UHI)

Englisch: Urban Heat Island

Bebaute, innerstädtische Flächen heizen sich im Vergleich zum Umland tagsüber erheblich stärker auf und geben nachts die Wärme nur sehr langsam wieder ab. Der Temperaturunterschied zwischen Stadt und Umland ist dementsprechend nachts größer, als am Tag. Die großen Oberflächen der Gebäude, zusammen mit den Emissionen von Autos, Klimalagen, Industrie, etc. sorgen dafür, dass die Temperaturen in der Stadt dauerhaft (Sommer und Winter) höher sind als im Umland. Wenn, wie bei Thermalinfrarotaufnahmen, nur die Oberflächentemperaturen betrachtet werden, spricht man von Oberflächenwärmeinseln (Surface Urban Heat Island, SUHI)

ZIELE DER ÜBERFLUTUNGSVORSORGE

Im Rahmen der Überflutungsvorsorge soll vermieden werden, dass Regenwasser bei Starkregen unkontrolliert an der Oberfläche abfließt und es zu Überflutungen kommt. Das Ziel ist, Schäden zu verhindern oder zumindest zu reduzieren. Starkregen sind häufig lokal beziehungsweise regional begrenzt und können zum Rück- und Überstau der Kanalisation (in Hamburg Sielnetz genannt) sowie zu Überflutungen entlang von Gewässern führen. Das Wasser fließt unkontrolliert an der Oberfläche den tieferen Bereichen wie Geländesenken, Kellern, Straßenerunterführungen oder U-Bahn-Tunneln zu, wo es dann zu Überflutungen kommt. Mit Blick auf die seltenen, aber immer häufiger auftretenden außergewöhnlichen Regenereignisse, die die Bemessungsvorgaben der Kanalisation übersteigen, müssen zukünftig neue Wege der Ableitung und Rückhaltung des Regenwassers verfolgt und der private Objektschutz stärker in den Vordergrund gestellt werden.

ZIELE DER HITZEVORSORGE

Die Hitzevorsorge hat zum Ziel, die Aufheizung von Stadtquartieren sowie der Innenräume von Gebäuden zu vermeiden oder zumindest zu vermindern. Dies kann zum einen durch die Erhöhung von saisonaler Verschattung, die Erzeugung von Verdunstungskälte sowie von kühlen Luftströmen in den Stadtquartieren und in den Gebäuden erreicht werden. Dazu können Vegetationsflächen an und auf Gebäuden und in den Quartieren sowie eine verbesserte Wasserspeicherung der Böden und die gezielte Verdunstung von Regenwasser zur Gebäudekühlung beitragen. Zum anderen ist ein ausreichender sommerlicher Wärmeschutz für Gebäude wichtig, der für angenehme Innenraumtemperaturen sorgt und gleichzeitig den Energiebedarf zur Gebäudekühlung durch Klimaanlage verringert. Je nach Orientierung der Gebäude zur Sonne und dem Anteil von Wand- zu Fensterflächen sind eine natürliche Durchlüftung der Räume über geöffnete Fenster sowie Möglichkeiten der Verschattung geeignete Maßnahmen.



Abb. E.3: Leitfaden „Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen“, zu finden unter: <http://www.hamburg.de/contentblob/3540740/532fea-8f76e2565c7a9347a8f59b4054/data/leitfaden-starkregen.pdf;jsessionid=ED9CA1288B0B54C22589E15A174181C6.liveWorker2>

Ziel des Leitfadens

Dieser Leitfaden stellt Informationen bereit, um möglichst schnell und effektiv überprüfen zu können, ob ein Gebäude oder Grundstück von Überflutung oder Überhitzung betroffen sein kann. Sollte dies der Fall sein, können geeignete Maßnahmen zur Überflutungs- und/oder Hitzevorsorge ausgewählt werden, um so langfristig Schäden zu vermeiden und den Aufenthaltskomfort zu verbessern.

Welche Maßnahmen geeignet sind, ein Gebäude vor Überflutungen infolge von Starkregen zu schützen, wird bereits in dem in der Abbildung E.3 zu sehenden Leitfaden „Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen?“ gut verständlich dargestellt. Der Leitfaden wurde der von der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg in Zusammenarbeit mit HAMBURG WASSER und dem Hamburger Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer 2012 herausgegeben. Eine Übersicht geeigneter Maßnahmen zur Hitzevorsorge gab es bisher noch nicht. Aus diesem Grund werden in diesem Leitfaden im Schwerpunkt geeignete Maßnahmen zur Hitzevorsorge aufgezeigt. Eine Aufschlüsselung häufig vorkommender Gebäude nach Baualter ermöglicht einen schnellen Überblick über die Gefährdungspotenziale und mögliche Maßnahmen. Entsprechende Vorsorgemaßnahmen lassen sich oftmals problemlos in geplante Umbau- oder Sanierungspläne integrieren, wenn sie von Beginn an bedacht werden.

Aufbau des Leitfadens

Der Leitfaden besteht aus zwei Teilen. Teil I beschreibt die Arbeitsschritte, die für eine wasser- und klimasensible Planung notwendig sind. Das Kernstück bildet die Checkliste für eine vereinfachte Gefährdungsanalyse. Anhand verschiedener Fragen kann eingeschätzt werden, ob das betrachtete Gebäude oder Grundstück durch Überflutungen oder Überhitzung gefährdet ist. Anschließend werden mögliche Prinzipien und Maßnahmen, die der Überflutungs- und Hitzevorsorge dienen, vorgestellt und einzelne ausgewählte Maßnahmen im Detail beschrieben.

Im Teil II werden zunächst die Prinzipien der Hitzevorsorge für Hamburg vorgestellt, mit Maßnahmen für Dächer, Fassaden und Grundstücke. Anschließend werden typische Gebäude, die in Hamburgs hochverdichteten Quartieren vorkommen, nach Baualterklasse dargestellt. Ihre Eigenschaften, sowie ihre Überhitzungsrisiken, ihr Anpassungsbedarf und entsprechende potenzielle klimasensible Maßnahmen nach Gebäudeausrichtung werden in Form von Steckbriefen aufgezeigt.

Die dunkelblau hinterlegten Info-Boxen bieten vertiefende Zusatzinformationen. Hinweise auf weiterführende Informationen und Broschüren sind im Anhang aufgeführt. Dort sind außerdem ein Glossar zur Erläuterung von Fachbegriffen und ein Abkürzungsverzeichnis zu finden.

I. ÜBERFLUTUNGS- UND HITZEVORSORGE:

Eine Investition in die Zukunft

Die folgende Checkliste dient als Hilfestellung zur Überprüfung, ob Bereiche an dem betrachteten Gebäude oder auf dem jeweiligen Grundstück anfällig gegenüber Starkregen und Hitzeentwicklung sind. Eventuell sind diese „Schwachstellen“ sogar schon bekannt, da zum Beispiel in der Vergangenheit bereits Kellerräume oder die Tiefgarage überflutet wurden. Auch ist Bewohner in der Regel bewusst, dass sich einzelne Geschosse im Haus, wie das Dachgeschoss oder einzelne Räume an der sonnenbeschienenen Fassade, in den Sommermonaten stark aufheizen.

Darüber hinaus ist es sinnvoll, im Zuge geplanter Baumaßnahmen auf dem Grundstück oder an dem Gebäude eine wasser- und klimasensible Planung zu berücksichtigen. Das gilt zum Beispiel für:

- Sanierung und/oder Dämmung der Fassade
- Austausch von Fenstern
- Sanierung, Dämmung oder Umbau des Daches
- Aufstockung des Gebäudes
- Erweiterung des Gebäudes durch einen Anbau
- Abriss des Gebäudes, um dieses durch einen Neubau zu ersetzen
- Umgestaltung des Gartens bzw. der Außenanlagen und Parkplätze

Aber auch Baumaßnahmen oder Umgestaltungen in der direkten Umgebung durch Nachbarn oder die Stadt Hamburg können sich negativ auf das Grundstück und das Gebäude auswirken. Beispiele sind:

- eine Veränderung des umgebenden Geländes durch Baumaßnahmen im öffentlichen Raum oder auf Nachbargrundstücken (zum Beispiel durch das Aufschütten des Nachbargrundstücks), wodurch mehr Regenwasser auf das betrachtete Grundstück abfließen kann,
- großflächige Versiegelung von Flächen durch Neu- oder Umbaumaßnahmen in der direkten Nachbarschaft, wodurch weniger Wasser versickern kann und ggf. Vegetation verschwindet, die vorher für ein ausgewogenes Mikroklima gesorgt hat,
- das Fällen von Bäumen auf Nachbargrundstücken oder im öffentlichen Raum, und damit weniger Schatten an heißen Tagen.

ÜBERFLUTUNGSNACHWEIS

Bei Bau- oder Umbaumaßnahmen auf einem Grundstück muss ein Überflutungsnachweis erbracht werden, wenn das Grundstück eine abflusswirksame Fläche von 800 m² oder mehr aufweist. Abflusswirksame Flächen sind Flächen, von denen tatsächlich Regenwasser in das unterirdische Sielnetz oder in Gräben geleitet wird. Das bedeutet: Es ist nachzuweisen, dass bei einem 30-jährlichen Regenereignis (also einem Regenereignis, das statistisch gesehen einmal in 30 Jahren auftritt) das überschüssige Regenwasser, das nicht mehr vom Sielnetz oder vom Graben aufgenommen werden kann, komplett auf dem Grundstück zurückgehalten wird. Die Menge an überschüssigem Regenwasser ergibt sich aus der Differenz der anfallenden Regenmenge zwischen dem 30-jährlichen und einem 2- oder 5-jährlichen Regenereignis, welches bei der Bemessung des Sielnetzes oder den Gräben als Grundlage diente. Das überschüssige Wasser darf weder auf die angrenzenden Grundstücke noch in den öffentlichen Raum fließen. Um dies zu erreichen, können zum Beispiel Hochborde, Mulden oder Regenrückhaltebecken auf dem Grundstück vorgesehen werden.

Handelt es sich um Gebäude mit einem Innenhof, aus dem das Wasser nicht abfließen kann, muss ein 100-jährliches Regenereignis für die Berechnung verwendet werden. Da ein solch starkes Regenereignis sehr selten ist, kann mit dieser Dimensionierung ein hohes Maß an Sicherheit gewährleistet werden.

Die entsprechenden Regelungen befinden sich in der DIN EN 752 und DIN 1986-100.

VERSIEGELUNG

Von Versiegelung spricht man, wenn der Boden durch Gebäude, Verkehrs- oder Wegeflächen luft- und wasserdicht abgedeckt wird. Regenwasser kann auf diesen Flächen nicht oder nur unter erschwerten Bedingungen versickern und läuft daher an der Oberfläche ab.

1.1 Wann ist was zu tun?

Drei Arbeitsschritte bei geplanten Neu- und Umbaumaßnahmen

Falls ein Neu- oder Umbau geplant ist, sollten die Planungen wasser- und klimasensibel gestaltet werden. Dazu werden im Folgenden die Arbeitsschritte (STEPS) benannt, mit denen diese Aspekte in die typischen Planungsabläufe der Architekten oder Landschaftsarchitekten integriert werden können.

Die Arbeitsschritte orientieren sich an den Leistungsphasen (LPH) 1 bis 9 gemäß der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI), siehe Abbildung 1.0.

ARBEITSSCHRITTE GEMÄß HOAI		WASSER- UND KLIMASENSIBLE PLANUNGSSCHRITTE	
LPH 1	Grundlagenermittlung Standortanalyse	STEP 1	Teil I der Checkliste „Gefährdungsanalyse“ anwenden: Analyse der Bestandssituation Bei Neu- und Anbauten Normen, Regeln, Beschränkungen prüfen, z.B. ob von HAMBURG WASSER eine Einleitmengenbegrenzung ins Sielnetz vorgegeben wird.
LPH 2	Vorplanung und Kostenschätzung	STEP 2	Teil II der Checkliste „Gefährdungsanalyse“ anwenden: Analyse des Vorentwurfs; ggf. verschiedene Varianten entwickeln und entsprechende Kosten abschätzen; bevorzugte Variante auswählen.
LPH 3	Entwurfsplanung und Kostenberechnung	STEP 3	Integration der ausgewählten Variante in den Entwurf
LPH 4	Genehmigungsplanung	Umsetzung der in STEP 3 gewählten Maßnahmen Anmerkung zur Genehmigungsplanung: Die Planung der Grundstücksentwässerung ist entsprechend DIN 1986 sowie etwaiger Einleitmengenbegrenzungen durchzuführen.	
LPH 5	Ausführungsplanung		
LPH 6	Vorbereitung der Vergabe einschließlich Ermitteln der Menge und Aufstellen von Leistungsverzeichnissen (LV)		
LPH 7	Mitwirkung bei der Vergabe inklusive Kostenvoranschlag		
LPH 8	Objektüberwachung Bauüberwachung und Dokumentation		
LPH 9	Objektbetreuung		

Abb. 1.0: Arbeitsschritte für eine wasser- und klimasensible Planung gemäß der Leistungsphasen nach HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure).

1.2 Checkliste „Gefährdungsanalyse“

Ziel der folgenden Checkliste ist, zu ermitteln, ob Gebäudeteile oder Bereiche auf dem betrachteten Grundstück im Falle eines Starkregens überflutet werden oder sich bei hohen Temperaturen stark aufheizen können. Im Weiteren werden die Nutzungen dieser Gebäudeteile oder Bereiche betrachtet, um zu überprüfen, ob sich dadurch Gefährdungen ergeben können.

Die Checkliste besteht aus zwei Teilen: Teil I bezieht sich auf die Analyse der aktuellen Situation auf dem Grundstück (siehe LPH 1 „Grundlagenermittlung/ Standortanalyse“ sowie STEP 1). Falls Änderungen am Gebäude und Grundstück oder Änderungen in der direkten Umgebung geplant sind, sollte zusätzlich Teil II der Checkliste geprüft werden (siehe LPH 2 „Vorplanung“ und STEP 2). Sofern möglich werden in einer Info-Box auf S. 21 Hinweise gegeben, wo ent-

sprechende Informationen zur Beantwortung der in der Checkliste gestellten Fragen zu finden sind. Dabei wird in der Checkliste in eckigen Klammern ein direkter Verweis - [1] - zu der Angabe der jeweiligen Informationsquelle in der Info-Box hergestellt.

Die Analyse mithilfe der Checkliste kann vereinfacht durchgeführt werden, indem die Situation vor Ort betrachtet und vorhandene Unterlagen ausgewertet werden. Falls bei der ersten Durchsicht der Fragen und Unterlagen bereits eine Gefährdung des Grundstücks oder des Gebäudes erkennbar wird, sollte geprüft werden, ob eine detaillierte Analyse weiterer Informationen notwendig ist. Hier könnten zum Beispiel Ingenieurbüros der Siedlungswasserwirtschaft unterstützend tätig werden. Je mehr Fragen der Checkliste mit „Ja“ beantwortet werden, desto wichtiger ist es, sich mit dieser Thematik intensiver auseinanderzusetzen.

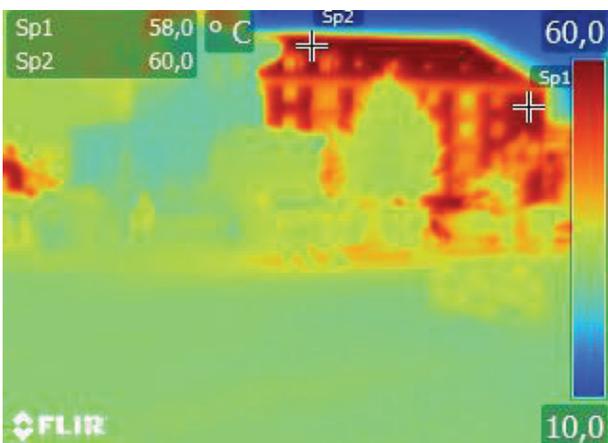


Abb. 1.1: Die roten Bereiche im Thermalbild zeigen den Bedarf nach Maßnahmen zur Hitzevorsorge am abgebildeten Gebäude; Sommeraufnahme am 20.07.2016 um 18:00 Uhr, Lufttemperatur (Grad): 28 °C



Abb. 1.2: Fassadenbegrünung als mögliche Maßnahme zur Hitzevorsorge.

CHECKLISTE „GEFÄHRDUNGSANALYSE“: TEIL I - ANALYSE DER BESTANDSSITUATION

ÜBERFLUTUNGSVORSORGE:

Besteht auf dem Grundstück bereits heute die Gefahr von Überflutungen?



Bei der Beantwortung dieser übergeordneten Frage sollen die folgenden Fragen helfen, die die bereits vorhandenen Ausführungen im Leitfaden „Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen?“ vertiefen.

Weiterführende Fragen zur Überflutungsvorsorge:

1. Befindet sich das Grundstück oder das Gebäude in einer Geländesenke oder unterhalb einer abschüssigen Straße oder eines Hanges? J N
2. Kann oberflächlich abfließendes Regenwasser von der Straße oder von Nachbargrundstücken bis an das Gebäude gelangen? J N
3. Sammelt sich bereits heute bei starkem Regen das Wasser an Tiefpunkten oder in Senken auf dem Grundstück? J N
4. Befindet sich das Grundstück in der Nähe eines Gewässers (Fluss, Bach, Teich) und könnte das Wasser im Falle eines Starkregens bis an das Gebäude reichen? J N
5. Liegen das Grundstück oder Teile des Grundstücks in einem bestehenden oder vorläufig gesicherten Überschwemmungsgebiet? [Info-Box S.21, 4] J N
6. Sind das Grundstück oder Teile des Grundstücks von einem mittleren oder hohen Hochwasserisiko betroffen? [3] J N
7. Wurde das Grundstück oder das Gebäude bereits während eines Starkregens überflutet oder sind ähnliche Ereignisse aus der direkten Umgebung bekannt? J N
8. Kann an der Oberfläche abfließendes Regenwasser einen Weg ins Haus finden?
Typische Schwachstellen am Haus sind zum Beispiel:
 - o ebenerdiger Eingang
 - o ebenerdige Terrasse mit Eingang
 - o Kellerlichtschächte ohne Aufmauerung oder Lichtschacht vor einem Kellerfenster unter Erdniveau (Kasematten)
 - o tiefliegende Kellerfenster
 - o Abgänge und Treppen zum Keller oder Souterrain
 - o tiefliegende Garage oder Tiefgarage
 - o Einfahrten, Gehwege oder Stellplätze mit Gefälle zum HausJ N
9. Fehlt in dem Gebäude eine Rückstausicherung? Mit Hilfe einer Rückstausicherung (zum Beispiel in Form einer Rückstauklappe) kann verhindert werden, dass bei Starkregen Abwasser aus der Kanalisation über die Hausanschlussleitungen in das Gebäude gelangen kann. Gefährdet sind vor allem Räume, die unterhalb des Straßenniveaus liegen. Für weitere Informationen: siehe Leitfaden „Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen?“ J N
10. Befindet sich das Gebäude in einem Bereich mit einem hohen Grundwasserstand? [5] J N
11. Fehlt beim Keller eine Abdichtung gegen Sickerwasser oder Grundwasser? J N
12. Gibt es bereits Feuchtigkeitsschäden im Keller (zum Beispiel Durchnässung der Kellerwand oder Schimmelbildung)? J N

Weiterführende Fragen zur Überflutungsvorsorge:

13. Befinden sich auf dem Grundstück oder in dem Gebäude sensible Nutzungsbereiche,
o die durch eine Überflutung stark geschädigt werden können?
o deren Nutzung bei Überflutung nicht möglich ist?
o wo Gefahr für Menschen besteht?

J N

Dies gilt insbesondere für ebenerdig zugängliche Wohnungen oder Souterrainbereiche, die genutzt werden für/als:

- o Kindergarten, Kindertagesstätte, Pflegeeinrichtung oder Altenheim
- o Wohnen, Gewerbe oder Industrie
- o Tiefgarage
- o Rettungsweg
- o hochwertiges Inventar, Server, Heizungen, elektrische Installationen, wichtige Akten oder Ähnliches

14. Behindern bauliche Gegebenheiten auf dem Grundstück oder in der Nachbarschaft den natürlichen Abfluss des Wassers, zum Beispiel die Lage von Gebäuden und Mauern oder die Topographie des Grundstücks und der direkt angrenzenden Grundstücke?

J N

CHECKLISTE „GEFÄHRDUNGSANALYSE“: TEIL I - ANALYSE DER BESTANDSSITUATION

HITZEVORSORGE:

Besteht auf Ihrem Grundstück / in Ihrem Gebäude bereits heute die Gefahr von Hitzebelastung?

Für die Beantwortung dieser übergeordneten Frage sollen die folgenden detaillierteren Fragen helfen.



Fragen zur Hitzevorsorge:

- | | | | |
|-----|--|-----------------------|-----------------------|
| 1. | Heizen sich die Süd- und/oder Westfassade des Gebäudes im Sommer stark auf? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2. | Gibt es an diesen Fassadenseiten Räume, die sich nicht quer durch den ganzen Raum lüften lassen? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3. | Ist eine natürliche Durchlüftung der Räume über geöffnete Fenstern (Quer- und Nachtlüftung) eingeschränkt? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 4. | Gibt es an dem Gebäude sehr dunkle Fassaden und/oder sich schnell oder intensiv aufheizende Materialien z.B. schwarzes Metall? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 5. | Beträgt der Anteil der Fenster an den Fassaden mehr als zwei Drittel und fehlt ein außenliegender Sonnenschutz oder eine Sonnenschutzverglasung (ausgenommen Nordfassaden)? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 6. | Ist das Dach nur mit einer Bitumendachbahn oder ähnlichem Material bedeckt (ohne Kiesauflage) und heizt sich das Dach bzw. die darunter liegenden Räume im Sommer stark auf? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 7. | Wurde das Gebäude vor 1984 gebaut und sind bisher Maßnahmen zur nachträglichen Dämmung von Dach und Außenwänden unterblieben? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 8. | Sind Grundstücksbereiche überwiegend versiegelt und nicht von Bäume verschattet, wodurch sie im Sommerhalbjahr tagsüber oder nachts spürbar wärmer sind als die Umgebung (zum Beispiel asphaltierte Flächen)? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 9. | Befindet sich das Grundstück gemäß der Stadtklimaanalyse (Karte 1.3) in einem Bereich, der nachts nur sehr gering abkühlt? [6] | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 10. | Befindet sich das Grundstück in einem Bereich, der gemäß der Stadtklimaanalyse (Karten 1.8, 1.9 und 1.12) im Sommer nachts nur gering oder gar nicht durch Kaltluftvolumenströme beeinflusst wird? [6] | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 11. | Befindet sich das Grundstück abseits größerer Grünflächen oder Parks, die gemäß Stadtklimaanalyse (Karte 1.13) stadtklimatisch bedeutsam sind und zur Kühlung benachbarter Quartiere beitragen? | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 12. | Befindet sich das Grundstück in einem Bereich, der gemäß der Stadtklimaanalyse (Karte 1.12) eine hohe bioklimatische Belastung aufweist? [6] | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 13. | Befindet sich das Grundstück oder das Gebäude in einem Bereich, der laut Stadtklimatischer Bestandsaufnahme (Karten 2.5, 2.6 und 2.9) jetzt oder zukünftig von Überhitzung betroffen sein wird? [6] | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 14. | Wird das Gebäude von sehr jungen, alten oder kranken Menschen genutzt oder bewohnt, die durch Hitzeperioden stark betroffen sein können? Dazu gehören: <ul style="list-style-type: none"> o Kindergärten und Kindertagesstätten o Altersheime o Pflegeeinrichtungen o Wohngebäude mit einem hohen Anteil an Kindern und alten Menschen | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Karten im Gutachten zur stadtklimatischen Bestandsaufnahme:

- 1.3: Lufttemperatur abends
- 1.8: Kaltluftvolumenstrom abends
- 1.9: Kaltluftvolumenstrom morgens
- 1.12: Planungshinweise Stadtklima
- 1.13: Handlungsschwerpunkte Siedlungsflächen
- 2.4: Anzahl der Sommertage 2050
- 2.8: Sommerliche Wärmebelastung 2050
- 2.9: Bewertungskarte Klimawandel

Weitere Informationen:

[1] Topographie: Informationen zum digitalen Geländemodell sowie der Download im Transparenzportal der Stadt Hamburg sind zu finden unter:

<http://suche.transparenz.hamburg.de/dataset/digitales-hohenmodell-hamburg-dgm-11>

[2] Sielnetz: Informationen zum vorhandenen Sielnetz sowie auf Anfrage die Prüfung zum Gefährdungspotenzial durch lokale Überflutungen aus dem Sielnetz bei HAMBURG WASSER

[3] Gewässer: Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten sind zu finden unter:

<http://www.hamburg.de/ Gefahren-risiko-karten/>

Zudem informieren auf Anfrage die zuständigen Wasserbehörden (Bezirke, LSBG und BUE*)

[4] Überschwemmungsgebiete: Karten zu den bestehenden und den vorläufig gesicherten Überschwemmungsgebieten sind zu finden unter:

<http://www.hamburg.de/uebersichtskarte-bestehende-uesg/>

<http://www.hamburg.de/uebersichtskarte-kuenftige-uesg/>

[5] Grundwasser: Karten zum Grundwasserflurabstand sind zu finden unter:

<http://www.geoportal-hamburg.de>

[6] Stadtklima: Gutachten zur stadtklimatischen Bestandsaufnahme sowie die entsprechenden Karten sind zu finden unter:

<http://www.hamburg.de/landschaftsprogramm/3957546/stadtklima-naturhaushalt/>

* für die Aufschlüsselung der Zuständigkeiten siehe: RISA Strukturplan 2030, S. 70, Abb. 2.19, zu finden unter

<http://www.risa-hamburg.de/Downloadbereich.html>

Kontakte:

HAMBURG WASSER, Billhorner Deich 2, 20539 Hamburg:

Für weitere Informationen

> zum Sielnetz, zu Erschließungen, Baurechtsverfahren und Einleitmengenbegrenzung unter anlageninfo@hamburg-wasser.de.

Behörde für Umwelt und Energie, Neuenfelder Str. 19, 21109 Hamburg:

Für weitere Informationen

> zu den Gewässern und zum Grundwasser beim Amt für Umweltschutz, Abteilung Wasserwirtschaft:

wasserwirtschaft@bue.hamburg.de sowie grundwasser@bue.hamburg.de;

> zum Stadtklima beim Amt für Naturschutz, Grünplanung & Energie, Abteilung für Landschaftsplanung und Stadtgrün:

<http://www.hamburg.de/bue/amt-fuer-naturschutz-gruenplanung-und-energie/>.

CHECKLISTE „GEFÄHRDUNGSANALYSE“: TEIL II - ANALYSE DES VORENTWURFS

Wird sich die Vorplanung oder der Vorentwurf hinsichtlich der Überflutungs- und Hitzevorsorge negativ auf das Gebäude, das Grundstück oder die direkte Umgebung auswirken?



Bei der Beantwortung dieser übergeordneten Frage sollen die folgenden detaillierteren Fragen helfen.

Fragen zur Überflutungs- und Hitzevorsorge:

1. Kann das geplante Vorhaben möglicherweise die Folgen des Klimawandels verstärken, zum Beispiel durch:
 - o eine Erhöhung des Gebäudeanteils an der Grundstücksfläche im Vergleich zur heutigen Situation? J N
 - o eine Erhöhung der Gebäudemasse, z.B. durch eine Aufstockung des Gebäudes mit einem weiteren Geschoss? J N
 - o eine Erhöhung des Versiegelungsgrades? J N
 - o eine Reduzierung der vorhandenen Begrünung? J N
 - o das Verhindern der Luftzirkulation oder des Zustroms von kühlerer Luft aus dem Umland und von größeren Grünflächen durch neue Gebäude oder Gebäudeteile? J N
 - o die Verwendung dunkler Materialien, die sich schnell oder intensiv aufheizen? J N
 - o eine Reduzierung des Wurzelraumes von wichtigen schattenspendenden Bäumen? J N
2. Eine Reduzierung des Wurzelraums verschlechtert die Lebensbedingungen der Bäume z.B. durch die Verringerung der Wassermenge, die den Bäumen zur Verfügung steht, wodurch der Baumbestand gefährdet werden kann.
 - o die Verwendung hoch reflektierender Materialien an den Fassaden oder als Bodenbeläge? Diese sorgen für eine hohe Sonneneinstrahlung in den Straßenraum und auf benachbarte Gebäude und können so zur Aufheizung beitragen. J N
 - o eine Einschränkung natürlicher Retentionsräume? Retentionsräume sind Bereiche entlang von Fließgewässern, die natürlicherweise das Wasser bei stärkeren oder langanhaltenden Regenfällen zurückhalten und speichern. J N
 - o die Behinderung des Abflusses von Wasser durch Gebäudeteile, Mauern oder eine veränderte topographische Gestaltung des Geländes? J N
3. Ist ein ebenerdiger Zugang vom Außenbereich in den Innenbereich des Gebäudes geplant und kann es dadurch zu Überflutungen im betrachteten Gebäude (Souterrain oder Erdgeschoss) kommen? J N

Falls mindestens eine Frage mit „JA“ beantwortet wurde, sollten zunächst die betroffenen Bereiche oder Gebäudeteile und Nutzungen identifiziert werden. Anschließend sollte geprüft werden, ob die bisherigen Planungen wasser- und klimasensibel verändert werden können.

1.3 Leitfragen für die Entwicklung von klimasensiblen Planungsvarianten

Im Folgenden werden verschiedene Fragen aufgeführt, die helfen sollen, mögliche Planungsvarianten für eine wasser- und klimasensible Gestaltung des Gebäudes oder des Grundstückes zu entwickeln. Weiterführende Informationen sind in der Info-Box auf Seite 25 aufgelistet, wobei die direkten Verweise wieder in eckigen Klammern - [1] - angegeben sind.

Folgende Fragen sind besonders relevant:

Ist es möglich, auf dem Grundstück ...

1. ...die versiegelten Flächen zu reduzieren, zum Beispiel indem der Innenhof begrünt wird? [1] J N
2. ...die versiegelten Flächen wasserdurchlässiger zu gestalten, zum Beispiel Zufahrten und Stellplätze? [1] J N
3. ...ober- oder unterirdische Versickerungsmaßnahmen vorzusehen? [1], [2] J N
4. ...Regenabflüsse von nicht oder wenig befahrenen Flächen in den Pflanzgruben der Bäume zu versickern, um so die Wasserversorgung der Bäume zu verbessern? [1] J N
5. ...anfallendes Regenwasser in offenen Wasserflächen zu sammeln und zurückzuhalten? J N
6. ...anfallendes Regenwasser in Zisternen unterirdisch zu speichern und eventuell zu nutzen (zum Beispiel für die Bewässerung der Vegetation der Außenanlagen oder die Klimatisierung des Gebäudes, falls dies notwendig sein sollte) oder gedrosselt in das Sielnetz einzuleiten? J N
7. ...das überschüssige Wasser bei Starkregen so zu lenken, dass das Kellergeschoss, die Tiefgarage oder das ebenerdige Erdgeschoss vor Überflutungen geschützt ist? J N
8. ...Regenabflüsse bei Starkregen im Garten oder auf den Stellplätzen temporär zurückzuhalten, um so Überflutungen anderer Bereiche zu vermeiden? [3] J N
9. ...den Vegetationsanteil auf dem Grundstück, auf oder an dem Gebäude zu erhöhen, zum Beispiel durch zusätzliche Bäume oder eine Dach- oder Fassadenbegrünung? [5], [8] J N
10. ...klimarobuste Baumarten oder -sorten auszuwählen? [6] J N
11. ...bestehende Grünflächen zu erhalten? J N
12. ...das Gebäude oder die Wohnungen natürlich über geöffnete Fenstern zu lüften und eine Quer- und Nachtlüftung zu ermöglichen? J N
13. ...eine gezielte Verschattung von betroffenen Gebäuden, Gebäudeteilen oder von befestigten Flächen vorzusehen? [7], [8] J N
14. ...einen außenliegenden Sonnenschutz an der Süd- oder Westfassade des Gebäudes anzubringen? [8] J N
15. ...betroffene Gebäude energetisch zu sanieren? [7] J N
16. ...dunkle Materialien, die sich stark aufheizen zu vermeiden (zum Beispiel Asphalt und Bitumendachbahnen auf dem Dach), und stattdessen helle Materialien zu verwenden? [7], [8] J N

EINE CHECKLISTE FÜR GEBÄUDE UND GRUNDSTÜCK

17. ...bei Neu- oder Anbauten: Gebäudeteile in Geländesenken oder Mulden zu vermeiden? J N
18. ...bei Neu- oder Anbauten die Gebäudeteile so auszurichten, dass eine ausreichende Durchlüftung gewährleistet und eine Überhitzung vermieden wird? [7], [8] J N
19. ...den Luftaustausch zwischen wärmeren und kühleren Bereichen in der Umgebung zu erhalten oder neu zu schaffen? [6], [8] J N

Falls das Gebäude bereits überflutet wurde, sollten vor allem folgende Punkte geprüft werden: [4]

Ist es möglich, auf dem Grundstück ...

1. ...Außenbereiche, Einfahrten und Zugänge so zu gestalten, dass das Gefälle vom Gebäude fortführt und das Wasser somit vom Haus weg fließt? J N
2. ...ebenerdige Kellertreppen, Lichtschächte, Fenster und Gebäudezugänge mit Aufkantungen zu versehen? J N
3. ...auf eine hochwertige Nutzung von gefährdeten Räumen zu verzichten (zum Beispiel als Wohn- oder Büroraum)? J N
4. ...Heizungsanlagen, elektrische Installationen, Server, hochwertige Materialien oder Inventar in den oberen Geschossen des Gebäudes unterzubringen anstatt im Keller? J N
5. ...den Heizöltank (inklusive aller Anschlüsse und Öffnungen) gegen Aufschwimmen zu schützen und möglichst einen Tank zu verwenden, der für den Lastfall „Wasserdruck von außen“ geeignet ist? J N
6. ...im Keller installierte Stromleitungen hoch über dem Fußboden zu verlegen? J N
7. ...nässebeständige Materialien und Versiegelungen in überflutungsgefährdeten Räumen zu verwenden, zum Beispiel Steinfliesen statt Tapete und Teppichboden? J N

Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass durch die baulichen Schutzmaßnahmen keine Nachbargrundstücke gefährdet werden.

Weiterführende Informationen:

Weiterführende Informationen auf der RISA-Homepage:
(<http://www.risa-hamburg.de/Downloadbereich.html>)

- [1] Broschüre „Dezentrale, naturnahe Regenwasserbewirtschaftung“ der BUE (Neuaufgabe geplant) sowie Handbuch „Regenwassermanagement an Hamburger Schulen“ der BUE
- [2] Faltblatt „Bestimmung der Bodendurchlässigkeit zur Versickerung von Niederschlagswasser – ein praktischer Test für den Hausgebrauch“ der RISA Arbeitsgruppe Siedlungswasserwirtschaft
- [3] Wissensdokument „Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung“ der BWVI
- [4] Broschüre „Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen?“ von BUE, HAMBURG WASSER und LSBG

Sonstige weiterführende Informationen:

- [5] Hamburger Gründachstrategie der BUE sowie Fördermöglichkeiten (<http://www.hamburg.de/gruendach/>)
- [6] Projekt SIK „Stadtbäume im Klimawandel“ (<http://www.hamburg.de/stadtbaeume-im-klimawandel/>)
- [7] Broschüre „Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte“ des BBSR (<http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/Sonderveroeffentlichungen/2015/UeberflutungHitzeVorsorge.html>)
- [8] Broschüre „Urban Heat Islands – Strategieplan Wien“ der Wiener Umweltschutzabteilung (<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf>)

Eignung von Maßnahmen:

Ob die jeweiligen Maßnahmen geeignet sind, hängt vom Gebäude, der Art des Vorhabens sowie von den Standortbedingungen auf dem Grundstück ab. Weiterführende Informationen für eine wassersensible Planung sind zu finden unter:

- Versickerungspotenzialkarte unter <http://www.geoportal-hamburg.de> sowie <http://www.hamburg.de/versickerungspotenzial>. Diese Karte ermöglicht eine erste Einschätzung, ob der Boden ausreichend durchlässig für eine oberirdische Versickerung ist.
- Abkopplungspotenzialkarte, Anfrage bei HAMBURG WASSER (siehe Ansprechpartner in Kapitel 2.2). Diese Karte ermöglicht eine erste Einschätzung, ob es aufgrund der vorhandenen Flächenverhältnisse möglich ist, das gesamte Regenwasser auf dem betrachteten Grundstück oberirdisch zu versickern und somit das Grundstück vom Sielnetz „abgekoppelt“ werden kann.

Zudem ist eine genauere Prüfung der Bodendurchlässigkeit zu empfehlen. Informationen dazu sind im Faltblatt „Bestimmung der Bodendurchlässigkeit zur Versickerung von Niederschlagswasser – ein praktischer Test für den Hausgebrauch“ der RISA Arbeitsgruppe Siedlungswasserwirtschaft [2] zusammengestellt.



Abb. 2.0: Fassadenbegrünung trägt zur Reduzierung von Hitzestress bei.

Wenn ein Gebäude oder Grundstück klimaangepasst umgebaut werden soll, sollte versucht werden, die mit Hilfe der Checkliste identifizierten Problemstellen zu minimieren. Zur **Überflutungsvorsorge** sollten der anfallende Regenabfluss von befestigten Flächen so weit wie möglich reduziert werden, indem Flächen entsiegelt oder Oberflächen wasserdurchlässig gestaltet werden. Der anfallende Abfluss kann – in Abhängigkeit von den Standortbedingungen auf dem Grundstück – idealerweise vor Ort versickert, genutzt oder temporär zurückgehalten werden, bspw. in einer oberirdischen Rasenmulde, in einem bepflanzten Tiefbeet, in einer offenen Wasserfläche oder auf einem Gründach. Alternativ können auch unterirdische Versickerungs- und Rückhaltemaßnahmen oder Zisternen zur Regenwasserspeicherung eingesetzt werden. Zusätzlich sollte dafür gesorgt werden, dass im Falle eines Starkregens das überschüssige Wasser nicht in das Gebäude eindringen oder Schäden auf dem Grundstück verursachen kann. Eventuell kann das Wasser temporär auf dafür vorgesehenen Bereichen auf dem Grundstück zurückgehalten werden, bis das Sielnetz wieder Aufnahmekapazität hat. Dazu eignen sich beispielsweise vertiefte Bereiche im Rasen oder auf befestigten Flächen. Je nach Intensität des Starkregens ist jedoch ein hundertprozentiger Schutz nicht möglich. Neben diesen Maßnahmen ist es wichtig zu überprüfen, welche Schadensminimierung durch Objektschutzmaßnahmen auf dem Grundstück oder für das Gebäude sinnvoll sein können.

Zur **Hitzevorsorge** sollten – wenn möglich – auf dem Grundstück Flächen entsiegelt und begrünt werden. Die Vegetation sorgt für Verschattung der Oberflächen und trägt durch die Verdunstungskälte der Pflanzen und des durchfeuchteten Bodens zur Kühlung des Mikroklimas auf dem Grundstück bei. Falls ein Neu- oder Anbau geplant ist, sollte sichergestellt werden, dass keine Kaltluftbahnen unterbrochen werden, über die kühle Luft in das Quartier strömt.

Auf Gebäudeebene kann mit Hilfe von passiven und aktiven Maßnahmen zur Gebäudeklimatisierung der Innenraumkomfort verbessert werden. Passive Maßnahmen benötigen keinen oder nur einen geringen technischen Einsatz. Hierzu zählen zum Beispiel die Quer- und Nachtlüftung in Gebäuden, Verschattungssysteme an Fassaden, Fenstern oder Dächern sowie die Begrünung von Gebäuden. Aktiv kann beispielsweise Regenwasser in Klimaanlage zur Kühlung von Innenräumen genutzt werden. Zusätzlich sollten helle Materialien an Dächern verwendet werden, um Sonneneinstrahlung zu reflektieren, sowie mittelhelle im Straßenraum, um eine Überhitzung zu vermeiden. Ausführliche Informationen zu den einzelnen Maßnahmen können den weiterführenden Informationen und Leitfäden entnommen werden, die im Anhang aufgelistet sind, sowie den Beispielen im Teil II dieses Leitfadens. Hier werden je nach Baualtersklasse typische Problemstellen aufgezeigt und geeignete Maßnahmen vorgestellt.

2.1 Geeignete Prinzipien und Maßnahmen

In der folgenden Tabelle ist dargestellt, wie verschiedene Maßnahmen auf unterschiedlichen Handlungsfeldern zur Überflutungs- und Hitzevorsorge beitragen.

MASSNAHMEN	PRINZIPIEN											
	HANDLUNGSFELD Überflutungsvorsorge						HANDLUNGSFELD Hitzevorsorge					
	Abfluss vermeiden	Abfluss versickern	Abfluss zurückhalten	Abfluss verzögert einleiten	Abfluss lenken	Flächen mehrfach nutzen Gebäude / Eigentum schützen	Verdunstungskühlung erzeugen	Gebäude / Flächen verschatten	Wärmeabstrahlung kontrollieren	Gebäude anpassen	Wärme abführen	Luftaustausch fördern
Entsiegelung von Flächen	X	(X)					X		(X)			(X)
Oberirdische Versickerungsmaßnahmen [1]		X	(X)	(X)			X		(X)			
Unterirdische Versickerungsmaßnahmen [2]		X	X	(X)								
Oberirdische Rückhaltung in offenen Wasserflächen, Gräben, Rückhaltebecken, auf Dächern (Verdunstungsdächer) etc.			X	(X)			X		(X)			(X)
Unterirdische Rückhaltung, bspw. in Zisternen oder Rigolen			X	(X)								
Notwasserwege					X	X	X					
Temporärer Rückhalt auf Verkehrsflächen (Plätze, Straßen, Parkplätze)			X	(X)	X	X	X					
Temporärer Rückhalt auf Grünflächen		X	X		X	X	X					
Verschiedenste Schutzmaßnahmen am Gebäude („Wet or Dry Flood-proofing“) [3]*					(X)		X					
Wasserinstallationen (Brunnen, Wasserspiele, Sprühnebel etc.)								X				(X)
Dachbegrünung	X		X	(X)			X	X	X	(X)		(X)
Fassadenbegrünung							X	X	X	(X)		(X)
Baumpflanzungen [4]		X	X	X			X	X	X			(X)

MASSNAHMEN	Handlungsfelder						Prinzipien						
	Abfluss vermeiden	Abfluss versickern	Abfluss zurückhalten	Abfluss verzögert einleiten	Abfluss lenken	Flächen mehrfach nutzen	Gebäude / Eigentum schützen	Verdunstungskühlung erzeugen	Gebäude / Flächen verschatten	Wärmeabstrahlung kontrollieren	Gebäude anpassen	Wärme abführen	Luftaustausch fördern
Verschattungselemente am Gebäude und im Straßenraum (5)								X			X		
Wärmetechnische Sanierung (6)*											X		
Querlüftung – vor allem nachts (automatisch oder durch Nutzer)*												X	
Gebäudeklimatisierung mit Regenwasser (7)*								X				X	
Klimasensible Auswahl der Oberflächenmaterialien und deren Farben (8)										X	X		(X)
Optimierung der Bebauungsstruktur und Gebäudeausrichtung*									X	X		(X)	X
Kaltluftbahnen freihalten*												X	X
Grünflächen erhalten*	X	X				X	X	X	X			X	

Abb. 2.1: Zuordnung von Maßnahmen zu den entsprechenden Handlungsfeldern und Prinzipien.

Erläuterungen:

- [1] Flächenversickerung, Muldenversickerung, Mulden-Rigolen-Versickerung (Kombination von ober- und unterirdischer Versickerung), Versickerung über Baumscheiben / Pflanzgruben von Bäumen, wasserdurchlässige Beläge, Versickerungsbecken und -teiche
- [2] Mulden-Rigolen-Versickerung (Kombination von ober- und unterirdischer Versickerung), Rohr-Rigolen, Versickerungsschächte
- [3] Wasserdichte Fenster und Türen, Barriersysteme, Aufkantung, Kellersanierung, -abdichtung, Drainage, Rückstauklappe etc. (siehe Broschüre „Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen“)
- [4] Zukünftig sollten klimarobuste Baumarten und -sorten ausgewählt werden (siehe Projekt SIK: „Stadtbäume im Klimawandel“).
- [5] Metall-/Holzlamellen, Außenrollos / -jalousien, Schiebeläden, Vordächer, Photovoltaikmodule zur Verschattung
- [6] Innen- oder Außendämmung des Mauerwerks oder Dämmung des Dachs
- [7] Nutzung der Verdunstungskälte, bspw. durch adiabate Kühlung oder von Dach- oder Fassadensprühnebel
- [8] Damit ist eine optimale Auswahl der Oberflächenmaterialien und deren Farben für eine klimasensible Planung gemeint (Albedo, Emissionsgrad, Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit, Dichte und Dicke). Siehe Info-Box: Wichtige Eigenschaften für eine klimasensible Auswahl von Oberflächenmaterialien und deren Farben

X Maßnahmen tragen dazu bei.

(X) Maßnahmen können – je nach konkreter Ausgestaltung – dazu beitragen.

* Maßnahme wird im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

Die wasser- und klimasensible Anpassung erfolgt in erster Linie auf den beiden Handlungsfeldern Überflutungsvorsorge und Hitzevorsorge. Sie zielt darauf ab, die Probleme zu minimieren, die durch die starke Versiegelung vor allem in dicht bebauten Bereichen sowie eventuell geplante Nachverdichtung entstehen.

ÜBERFLUTUNGSVORSORGE

Zur Überflutungsvorsorge sollte der anfallende Regenabfluss von befestigten Flächen so weit wie möglich vermieden werden, indem Flächen entsiegelt oder Oberflächen wasserdurchlässig gestaltet werden. Der anfallende Abfluss sollte – in Abhängigkeit von den lokalen Standortbedingungen – idealerweise vor Ort versickert oder zurückgehalten werden, beispielsweise in oberirdischen Rasenmulden, bepflanzten Tiefbeeten und offenen Wasserflächen sowie Gründächern. Alternativ können auch unterirdische Versickerungs- und Rückhaltemaßnahmen oder Zisternen zur Regenwasserspeicherung umgesetzt werden. Ist eine Versickerung nicht möglich, sollte das Regenwasser möglichst verzögert ins Sietnetz eingeleitet werden, um dieses im Falle eines Starkregens zu entlasten. Zusätzlich sollte dafür gesorgt werden, den anfallenden Regenabfluss zu lenken, um ungeplante Überflutungen zu vermeiden. Dementsprechend sollten Notwasserwege vorgesehen werden, die das überschüssige Wasser schnell und gefahrlos an der Oberfläche zum nächsten Wasserkörper hinleiten.

Alternativ kann das Wasser temporär auf dafür vorgesehenen Wegen, Plätzen oder Grünflächen für wenige Stunden zurückgehalten werden. Diese Flächen werden dementsprechend topographisch gestaltet und mehrfach genutzt.

HITZEVORSORGE

Bei vielen der Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge ergeben sich Synergien zu den Prinzipien der Hitzevorsorge. Hier sollten vor allem Verdunstungskühlung erzeugt, Gebäude und Flächen verschattet sowie die Wärmeabstrahlung von Flächen kontrolliert werden. Dementsprechend sollten auch in diesem Fall Flächen entsiegelt, Begrünung geschaffen und Wasser verdunstet werden. Die Vegetation verschattet Oberflächen und erzeugt gleichzeitig Verdunstungskälte durch die Pflanzen sowie des durchfeuchteten Bodens. Dies trägt zur Kühlung des Mikroklimas bei. In Gebäuden sollten vor allem sogenannte passive Maßnahmen zur Gebäudeklimatisierung zum Einsatz kommen, die den Komfort im Innenraum verbessern.

Ausführliche Informationen zu den einzelnen Maßnahmen bieten die weiterführenden Informationen und Leitfäden, die im Anhang aufgelistet sind sowie den Teil II dieses Leitfadens.



Abb. 2.2: Wassersensible Gestaltung des Stadtteils BO 01 in Malmö trägt zur Überflutungs- und Überhitzungsvorsorge bei.

2.2 Kurzporträts ausgewählter Maßnahmen

Im Folgenden werden drei ausgewählte Maßnahmen genauer vorgestellt und Aspekte benannt, die bei ihrem Einsatz in der Planung zu berücksichtigen sind. Die Maßnahmen werden unter den Oberbegriffen „Versickerung“ sowie „Bauwerksbegrünung“ zusammengefasst.

Die Kurzporträts basieren auf Erkenntnissen von Studierenden der HafenCity Universität (HCU), die im Rahmen von Bachelor- oder Masterarbeiten während der Laufzeit des Forschungsprojektes KLIQ erarbeitet wurden sowie auf weiterer Fachliteratur. Zudem werden Ergebnisse von Forschungsprojekten zusammengefasst, die parallel zu KLIQ am Fachbereich „Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung“ durchgeführt wurden und sich mit entsprechenden Themen beschäftigen. Dazu gehören die Wissenschaftliche Begleitung der Gründachstrategie Hamburg in Zusammenarbeit mit der Behörde für Umwelt und Energie Hamburg (BUE) sowie das Projekt SiK – „Stadtbäume im Klimawandel“, das von der HCU in Kooperation mit der BUE und der Universität Hamburg durchgeführt wird. Weiterführende Literaturangaben und eine Liste mit den Arbeiten sind im Anhang aufgeführt.

VERSICKERUNG

Durch die zunehmende Bebauung werden mehr und mehr begrünte oder unbebaute Flächen versiegelt und das Wasser dem natürlichen Wasserkreislauf entzogen. Verschiedene Hamburger Broschüren und Leitfäden zeigen Maßnahmen auf, wie der anfallende Regenabfluss möglichst ortsnah versickert oder zurückgehalten werden kann (siehe Anhang). Die Versickerung über wasserdurchlässige Beläge ist bereits vielfach bekannt. Welche Aspekte dabei beachtet werden sollen, wird im Folgenden aufgeführt. Die gezielte Versickerung an Baumstandorten zählt zu den innovativen Maßnahmen, die anschließend vorgestellt wird.



Abb. 2.3: Versickerung von Regenabflüssen in den Pflanzgruben von Straßenbäumen in Stockholm.

Versickerung von Regenabflüssen in den Pflanzgruben von Stadtbäumen

Stadtbäume müssen mit extremen Standortbedingungen auskommen, die sich sowohl auf das Wurzelwachstum als auch auf die Entwicklung des Stammes und der Baumkrone auswirken. Hierzu zählen unter anderem:

- beengter Wurzelraum durch unterirdische Leitungen, Fundamente und Oberflächenbeläge, inklusive dem dazugehörigen Unterbau
- fehlender Gasaustausch sowie geringere Wasserversorgung aufgrund des verdichteten Bodens und der oftmals versiegelten Oberfläche
- beengter Kronenraum, vor allem durch Gebäude und Verkehrsnutzung
- Beschädigung von Baumstämmen durch parkende Autos oder Fahrräder
- Baumschäden durch Schadstoffbelastungen und Streusalz

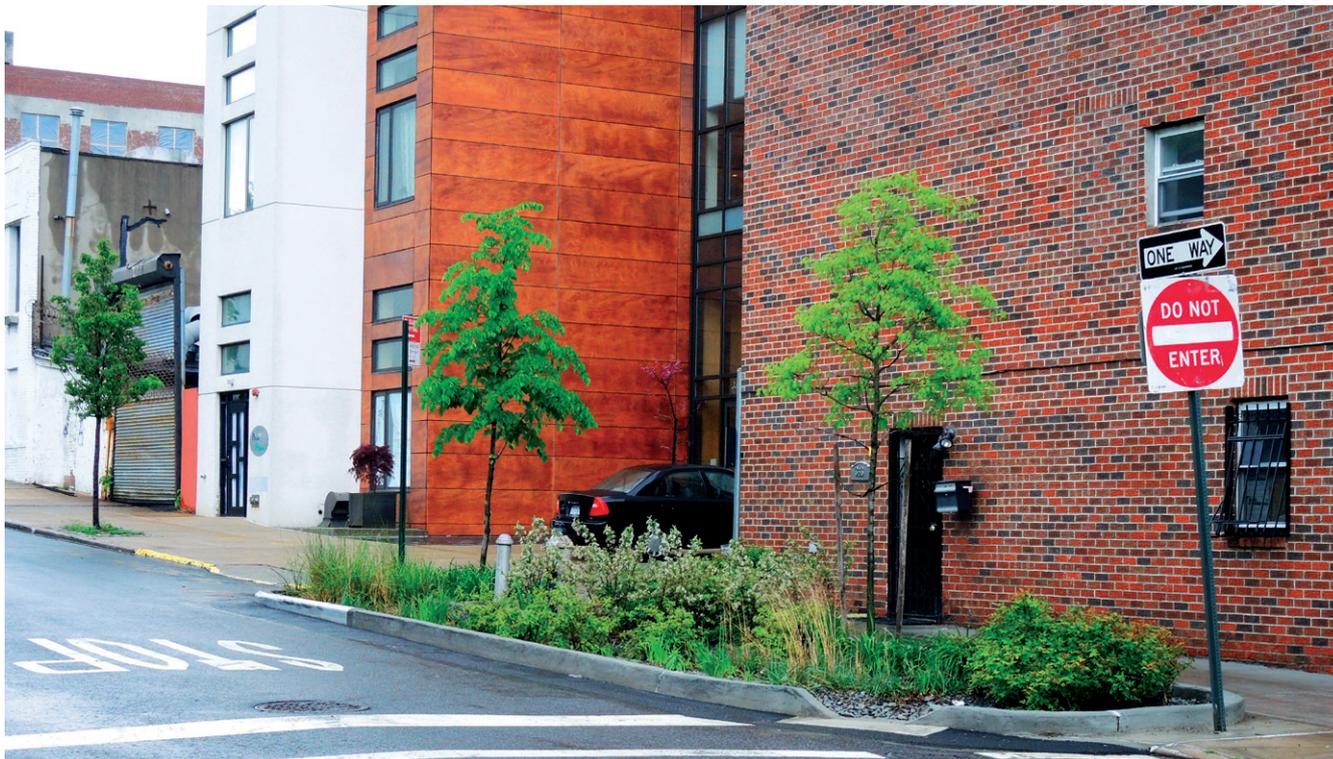


Abb. 2.4: Nachträgliche Realisierung eines Versickerungsbeetes in einer Quartiersstraße in New York.

Der Boden ist die wichtigste Komponente für die Gesundheit und das Wachstum eines Baumes. Im städtischen Raum werden durch die Verdichtung des Bodens die Poren zerstört, die normalerweise für die Belüftung und Wasserspeicherung im Boden sorgen. Das Wasser kann nicht oder nur schlecht versickern. Lediglich in den oberen Zentimetern direkt unter dem Oberflächenbelag, beispielsweise den Betonsteinen, befinden sich geringe Wassermengen. Aus diesem Grund wachsen in diesem Bereich zahlreiche Wurzeln und heben oftmals den Belag an. Gleichzeitig trocknet dieser Bereich während warmer Perioden im Sommerhalbjahr schneller aus mit negativen Folgen für die Stadtbäume: Sie sind weniger vital als freiwachsende Bäume, dementsprechend anfälliger für Trockenschäden und Krankheiten und weisen eine geringere Stabilität auf.

International gibt es bereits mehrere Städte, die eine Versickerung von Regenwasser an Baumstandorten realisieren. Dazu gehören Stockholm, New York, Toronto und Melbourne. Ziel ist es, Regenwasser auch an stark versiegelten Standorten zu versickern oder zu verdunsten. Versickerungspflanzgruben werden vor allem bei Neupflanzungen umgesetzt, zum Teil aber auch bei Bestandsbäumen – wie im Beispiel von Stockholm. In den vier Städten führen folgende Aspekte zu einer guten Versickerungsfähigkeit an den

Baumstandorten und sehr wahrscheinlich einem verbesserten Wachstum der Stadtbäume:

- Verwendung von einem groben Material zur Sicherstellung der notwendigen Tragfähigkeit des Unterbaus in Kombination mit lockerer Pflanzeerde in den Hohlräumen. So kann eine Verdichtung vermieden und gleichzeitig ausreichendes Porenvolumen für eine gute Sauerstoff- und Wasserversorgung für das Wachstum der Baumwurzeln bereitgestellt werden.
- Verbindung der einzelnen Pflanzgruben durch Wurzelgräben, um eine möglichst naturnahe Umgebung für die Bäume durch ein großes zusammenhängendes Bodenvolumen zu schaffen und damit die Nährstoffaufnahme der Bäume durch den Austausch von Bodenpilzen zu verbessern.
- Erweiterung der Pflanzgruben – wenn möglich – unterhalb der Gehwege und Straßen, um einen größtmöglichen Wurzelraum bereitzustellen.
- Sicherstellung eines funktionierenden Gasaustausches zwischen dem Boden und der Atmosphäre, damit das für die Pflanzenwurzeln giftige Kohlendioxid aus dem Boden entweichen kann. Dies kann zum Beispiel durch einen Luftschaft erfolgen, der gleichzeitig zur Bewässerung der Pflanzgrube dient.



Abb. 2.5: Wandgebundene Fassadenbegrünung in Wien.

In dem Falle kann die Baumscheibe komplett abgedeckt werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in den untersuchten Städten die Versickerung von Regenwasser von Dächern, Gehwegen und Straßen in den Pflanzgruben bereits technisch gut funktioniert. Ob dies auch langfristig zu einer Verbesserung der Vitalität der Stadtbäume beiträgt, kann jedoch erst in einigen Jahren genauer untersucht und abschließend bewertet werden. Hierfür sind Langzeitbeobachtungen der Bäume notwendig. Wie zukünftig eine entsprechende Pflanzgrube und Baumscheibe sowie ein Filter zur Reinigung der Regenabflüsse und zum Rückhalt von Streusalz im Winter in Hamburg gestaltet sein sollte, wird derzeit im Projekt SiK kritisch diskutiert und konkretisiert. Die Ergebnisse werden voraussichtlich Mitte 2018 zur Verfügung stehen.

BAUWERKSBEGRÜNUNG

Der Begriff „Bauwerksbegrünung“ umfasst die Dach-, Fassaden- und Innenraumbegrünung, wobei im Weiteren auf die letzte nicht weiter eingegangen wird. Je nach Gestaltung hat die Begrünung von Gebäuden viele Vorteile sowohl optischer als auch ökologischer Art. Sie kann vor allem Gebäudefassaden oder Dächer aufwerten, zur Gebäudeklimatisierung durch Ver-

schattung und Kühlung beitragen, Regenwasser im Dachaufbau speichern, die Artenvielfalt in der Stadt erhöhen sowie Feinstaub binden. Damit trägt sie zur Minimierung der negativen Auswirkungen der Bebauung auf das städtische Mikroklima bei.

Nachträgliche Begrünung von Fassaden

Fassadenbegrünungen lassen sich in zwei Kategorien einteilen:

- Bodengebundene Systeme, dazu zählen:
 - Direktbegrünungen durch sogenannte Selbstklimmer, wie Efeu oder wilder Wein
 - Begrünungen an Kletterhilfen oder Spalieren mit Gerüstkletterpflanzen, wie Blauregen, Waldrebe, Geißblatt oder Rosen
- Fassadengebunden Systeme, dazu zählen:
 - Systeme aus Pflanzkübeln oder -trögen sowie gabionenartigen Elementen mit Stauden, Kleingehölzen, Gerüstkletterpflanzen und bedingt Selbstklimmern
 - Systeme mit Modulen aus vertikal montierbaren Kleinboxen mit Stauden, Kleingehölzen, Moosen und bedingt Selbstklimmern sowie Gerüstkletterpflanzen

- Systeme auf Basis wasserspeichernder Geovliese oder wasserspeichernder poröser Oberflächen mit Stauden, Kleingehölze, Moosen und bedingt Selbstklimmern sowie Gerüstkletterpflanzen

Welche bautechnischen Voraussetzungen bei der Planung von Fassadenbegrünungssystemen zu beachten sind, ist unter anderem in Dettmar et al. 2016 gut übersichtlich zusammengestellt (siehe Anhang). Im Folgenden werden die zentralen Planungskriterien für die nachträgliche Begrünung von Gebäuden zusammengefasst aufgeführt. Bedeutend dabei ist, dass weder der Wandaufbau noch Anforderungen des Denkmalschutzes Ausschlusskriterien für eine Fassadenbegrünung sind. Diese Aspekte müssen nur frühzeitig im Planungsprozess abgestimmt werden.

Begrünungssystem und Pflanzenauswahl sind generell abhängig von:

- Wandaufbau
- Standortbedingungen (äußere Einflussfaktoren, zum Beispiel die Sonneneinstrahlung – vollsonniger oder schattiger Standort –, Bodenbeschaffenheit, Nährstoff- und Wasserversorgung)
- Einflussnahme auf die Temperaturen im oder am Gebäude

- Gestaltungswunsch
- ökologische Ziele

Wichtig ist, dass die Fassaden keine schädlichen Stoffe enthalten, die mit dem Regenwasser ausgewaschen werden können. Gleiches gilt für den Regenabfluss von Dachflächen, falls das Wasser für die Bewässerung verwendet werden sollte.

Welche Systeme für die nachträgliche Begrünung von Fassaden häufig vorkommender Hamburger Gebäude geeignet sind, ist in der Übersichtstabelle im Kapitel II aufgeschlüsselt nach Baualtersklassen dargestellt. Wie dort deutlich wird, ist lediglich die Direktbegrünung mit Selbstklimmern für 4 von 9 Baualtersklassen nicht geeignet. Eine nachträgliche Fassadenbegrünung mit Gerüstkletterpflanzen und nicht kletternde Begrünungen ist für die meisten Gebäude möglich und nur für 1 von 9 Baualtersklassen nicht geeignet.

Rückhalt von Regenabflüssen auf extensiv begrünten Dächern

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung der Gründachstrategie Hamburgs werden auf dem extensiv begrünten Dach der HCU seit März 2015



Abb. 2.6: Begrünte Dachflächen auf einem Bürogebäude in Hannover halten Niederschlag zurück.

Messungen vorgenommen. Ziel ist, das Potenzial der Regenwasserrückhaltung durch ein extensives Gründach zu prüfen – insbesondere bei Starkregen. Dazu werden die Mengen des gefallenen Niederschlags und der anschließende Regenabfluss vom Gründach gemessen. Das Dach hat eine Aufbaustärke von 8 cm und ist mit verschiedenen Arten von Mauerpfeffer (Sedum) begrünt. Die Abbildung 3.2.1 zeigt, dass die Abflussmenge durch ein Gründach über den Gesamtzeitraum von 19 Monaten deutlich gemindert wird. Der mittlere Wasserrückhalt beträgt 56 %, der mittlere Regenabfluss somit 44 %.

Das bisher größte gemessene Regenereignis auf dem HCU-Dach war am 05. Mai 2015. Innerhalb von knapp 60 Minuten fielen 17 mm Niederschlag. Damit war es ein Ereignis, das in der Intensität statistisch betrachtet einmal in zwei Jahren auftritt. Der Regenrückhalt betrug hierfür circa 60 %. Betrachtet man alle gemessenen Ereignisse, weisen diese bisher eine Reduktion des Spitzenabflusses von mindestens 40 % und eine zeitliche Verzögerung des Abflusses vom Dach um etwa 15 bis 20 Minuten auf. Starkregenereignisse konnten jedoch in dem bisherigen Zeitraum noch nicht gemessen werden.

Ergänzend zu den eigenen Messungen hat die HCU im Frühjahr 2016 internationale Literatur zu Messergebnissen von Gründachabflüssen ausgewertet. Ergebnis ist, dass das Rückhaltevermögen von

Gründächern gemäß den Studien bei unterschiedlichen Niederschlagsintensitäten sehr stark schwankt. Bei relativ geringen Regenmengen von weniger als 10 mm Niederschlag und unterschiedlicher Dauer ergibt sich eine Bandbreite des Rückhaltevermögens der untersuchten Gründächer von nahezu 0 % bis 95 %. Bei sehr ergiebigen Regenereignissen mit 100 mm Niederschlag und mehr ergeben sich Unterschiede im Retentionsvermögen zwischen 20 bis 60 %. Der Messaufbau für die Studien war gemäß der ausgewerteten Literaturdaten sehr unterschiedlich, ebenso wie die meteorologischen Verhältnisse, zum Beispiel die Vorfeuchte des Substrats oder die Lufttemperatur.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass bei der Auswertung von Messdaten an realen Gründächern sehr unterschiedliche Zusammenhänge zwischen Niederschlagsintensität und Rückhaltevermögen von Gründächern bestehen. Gründächer können aber definitiv auch bei Starkregen, die für die Entwässerung bemessungsrelevant sind, Niederschlag zurückhalten. Weitere Auswertungen ergaben, dass die Höhe des Rückhaltes neben meteorologischen Vorbedingungen vor allem vom Gründachtyp, also insbesondere von der Substrathöhe, abhängig ist. Die Retentionsfähigkeit von Gründächern ist demnach durch den Planer gestaltbar und kann zusätzlich durch technische Elemente wie Abflussdrosseln oder Kunststoffelemente zum Einstau des Regenwassers beeinflusst werden.

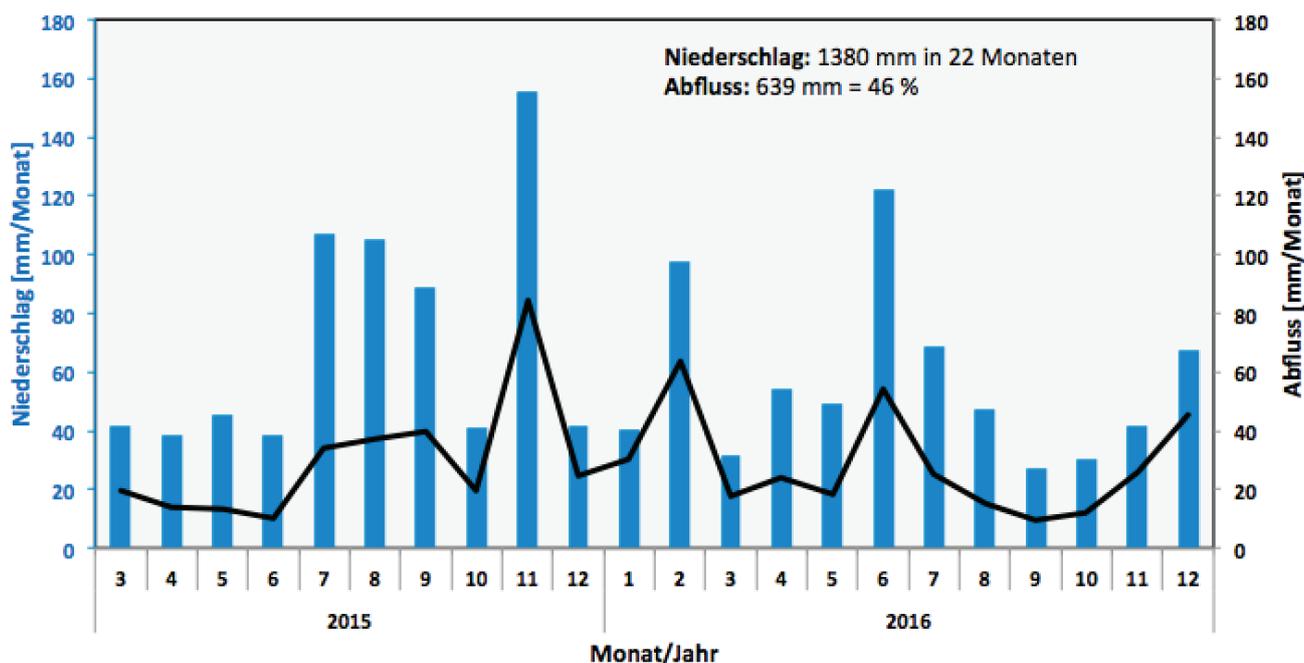


Abb. 2.7: Messergebnisse zum Niederschlag und Abfluss auf dem Gründach der HCU von März 2015 bis Dezember 2016.

POSITIVE EFFEKTE FÜR EIGENTÜMER UND NUTZER

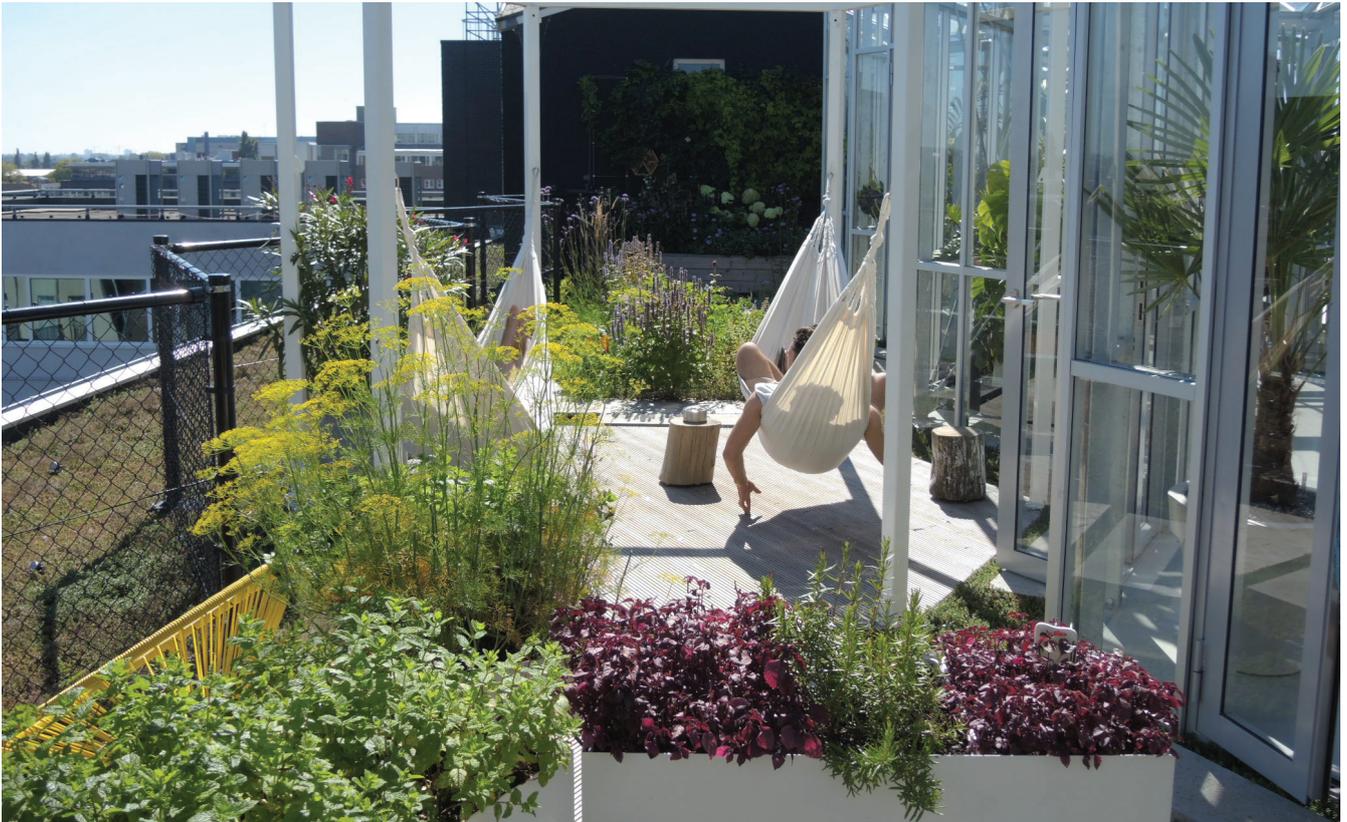


Abb. 3.0: Nachträgliche Begrünung des Zoku Hotels in Amsterdam als Beispiel eines lebendigen Daches.



Abb. 3.1: Umbau einer Grünfläche zu einem wasserspeichernden Platz in Rotterdam.

3.1 Wohn- und Lebensqualität verbessern

Begrünte Innenhöfe oder Vorgärten und begehbare Gründächer schaffen neue private Freiräume in der dicht besiedelten Stadt, von denen Bewohner oder Nutzer der Gebäude profitieren können. Die begrünten neuen Freiräume verbessern das direkte Mikroklima durch Verdunstung und Verschattung, binden Feinstaub und sorgen so für ein angenehmes Umfeld. Hier kann man entspannen, Blumen pflanzen oder Gemüse anbauen – entweder alleine oder gemeinsam mit anderen Hausbewohnern. Kinder können an der frischen Luft ungestört spielen und toben. Vor allem bei bisherigen Bitumendächern auf älteren Gebäuden verbessern Gründächer auch das Innenraumklima der darunterliegenden Geschosse. Hier herrschen im Sommer sonst oft hohe Temperaturen. Das Gründach wirkt hier gleichzeitig als Wärmeschutz bei unzureichender Wärmedämmung.

3.2 Geld und Energie sparen

Je mehr Regenwasser auf dem Grundstück versickert oder zurückgehalten wird, desto mehr Niederschlagswassergebühr kann eingespart werden. Genauere Informationen dazu sind auf der Internetseite von HAMBURG WASSER zu finden. Wird zudem noch das Wasser zur Bewässerung des Gartens oder für eine Klimaanlage genutzt, kann außerdem Trinkwasser eingespart werden.

Ist das Gebäude gut vor Wärme während der Sommermonate geschützt, sind seltener eine Klimaanlage oder Ventilatoren notwendig. So können Energiekosten eingespart und der Kohlendioxidausstoß reduziert werden. Ein gut gedämmtes Gebäude reduziert außerdem die Heizkosten in der kalten Jahreszeit.

3.3 Bestehende Grünflächen aufwerten

Wasser stellt seit jeher einen Anziehungspunkt für Menschen jeden Alters dar. Vertiefte Rasenmulden zur Versickerung von Regenwasser, kleine Wasserflächen oder Wasserspiele können eintönig gestaltete und ungenutzte Rasenflächen aufwerten und Kinder zum Spielen anregen. Dabei sollte auf flachen Böschungen und geringe Wassertiefen geachtet werden, damit keine Gefahr für spielende Kinder entsteht.

3.4 Das Sielnetz entlasten

Je mehr Regenwasser auf dem Grundstück versickert oder zurückgehalten wird, desto stärker wird das Sielnetz im Falle eines Starkregens entlastet und das Risiko von Überflutungen verringert. Dies kann auf unterschiedliche Weise geschehen: zum Beispiel durch wasserdurchlässigen Belag auf Parkplätzen, ein Gründach, das wie ein Schwamm einen Großteil des Wassers aufsaugt, oder eine unterirdische Rigole, die das Wasser zwischenspeichert und in der das Wasser anschließend versickert. Das Wasser kann aber auch in einer Zisterne aufgefangen und zum Beispiel zur Garten- oder Dachbewässerung, für die Toilettenspülung oder auch für eine Klimaanlage genutzt werden.

3.5 Artenvielfalt in der Stadt erhöhen

Begrünte Dächer, Fassaden, Innenhöfen und Vorgärten bringen ein Stück Natur zurück in die Stadt und bieten Lebensraum für Vögel und Nutzinsekten wie Bienen. Je mehr Flächen auf oder am Gebäude oder Grundstück begrünt sind, desto mehr Lebensraum für Tiere und Pflanzen stehen in der Stadt wieder zur Verfügung. Viele Arten können auf diesen Grünflächen Nahrung und Schutz finden. So hat man ein Stück Natur direkt vor dem Fenster. Dies ist vor allem für jüngere Naturbeobachter spannend.



Abb. 3.2: Erhöhung der Artenvielfalt in der Stadt durch Begrünung.

In diesem Kapitel wird eine Auswahl von Projekten und Strategien dargestellt, die für eine wasser- und klimasensible Stadtentwicklung relevant sind und bei der Planung von Maßnahmen zur Überflutungs- und Hitzevorsorge berücksichtigt werden sollten.

4.1 Hamburger Klimaplan

Im Dezember 2015 hat der Senat den Hamburger Klimaplan verabschiedet. Dieser stellt die Fortsetzung des Masterplans Klimaschutz sowie des Aktionsplans Anpassung an den Klimawandel aus dem Jahr 2013 dar, verfolgt jedoch einen innovativen Ansatz: die Verknüpfung von Klimaschutz und Klimaanpassung. Eines der Ziele besteht darin, Hamburg zu einer klimagerechten und klimaangepassten Stadt zu entwickeln, indem Klimaschutz und Klimaanpassung in die Stadtentwicklung integriert werden. Dabei erfolgt die Integration vorwiegend auf der Quartiersebene und soll sowohl durch die Hamburger Behörden sowie durch die Bürgerinnen und Bürger umgesetzt werden.

Anpassungsmaßnahmen aus dem Klimaplan sind unter anderem:

- mehr Gründächer zu bauen und zu fördern
- klimaresistente Bäume und Pflanzen im Stadtgrün anzupflanzen
- Forschung zum Thema Klimafolgenanpassung zu verstärken

Weitere Informationen sind zu finden unter:

- <http://www.hamburg.de/pressearchiv-fh-h/4651054/2015-12-08-bue-klimaplan/>
- <http://www.hamburg.de/hamburger-klimaplan/ueberblick/6831216/hamburger-klimaplan-langfristperspektive/>

4.2 Hamburger Stadtklimaanalyse

Bis zum Jahr 2050 wird die Anzahl an heißen Tagen mit einer Lufttemperatur von 30° C und mehr zunehmen und somit zu Hitzebelastungen in der Stadt führen, die sich insbesondere auf Kleinkinder und alte Menschen negativ auswirken. Damit das Wohnungsbauprogramm des Hamburger Senats durch die Zunahme der baulichen Dichte nicht zu einer Verstärkung der Hitzebelastung führt, muss dieser Aspekt bereits in der Planung berücksichtigt werden.

Aus diesem Grund bewertet die Stadtklimaanalyse die heutige Klimasituation in Hamburg sowie die voraussichtlichen Veränderungen bis zum Jahr 2050. Sie zeigt auf, in welchen Bereichen der Stadt bereits heute das Stadtklima belastet ist und wo zukünftig mit einer Zunahme der Belastung gerechnet werden kann. Dazu werden Aussagen über die Wärmebelastung, die Durchlüftung sowie das Bioklima getroffen (siehe Glossar), die auf verschiedenen Informationen beruhen: auf der Bebauung, der Vegetation und der Topographie in der Stadt, sowie auf Kenntnissen über atmosphärische Prozesse und lokalklimatische Phänomene.

Mit dem „Stadtklimatischen Konzept“ fasst die Stadtklimaanalyse Handlungshinweise für eine klimabe-

Weitere Informationen sind zu finden unter:

- <http://www.hamburg.de/landschaftsprogramm/3957546/stadtklima-naturhaushalt/>

4.3 RISA – RegenInfraStruktur-Anpassung

Bis zum Jahr 2050 werden in Hamburg sehr wahrscheinlich häufigere Starkregen in Verbindung mit Stürmen und Gewittern auftreten sowie die Niederschlagsmengen im Winterhalbjahr zunehmen. Gleichzeitig werden in Hamburg immer mehr Flächen versiegelt, so dass immer weniger Wasser versickern kann. Dies kann bei Starkregen zu einer Überlastung der Kanalisation und der Gewässer und damit zu Überflutungen von Straßen und Kellern führen.

Aus diesem Grund hat die Behörde für Umwelt und Energie Hamburg gemeinsam mit HAMBURG WASSER 2009 das Projekt RISA – RegenInfraStrukturAnpassung – ins Leben gerufen. Ziel des Projektes ist es, nachhaltige Ideen und Konzepte für den Umgang mit Regenwasser zu entwickeln. Dazu soll das Regenwasser möglichst dort, wo es anfällt, versickert, zurückgehalten, genutzt oder verdunstet werden. Dazu haben Wasserwirtschaftler, Stadt-, Landschafts- und Verkehrsplaner gemeinsam mit wissenschaftlicher Unterstützung durch Universitäten und Ingenieurbüros zukunftsfähige Lösungen für das Leben mit Regenwasser in Hamburg erarbeitet. Bei der Umsetzung sind sowohl private Hausbesitzer, die Wohnungswirtschaft als auch städtische Behörden gefragt.

Weitere Informationen sind zu finden unter:

- <http://www.risa-hamburg.de/>

5. Hamburger Projekte für eine wasser- und klimasensible Stadtentwicklung - Eine Übersicht

4.4 Hamburger Gründachstrategie

Als erste deutsche Großstadt hat Hamburg im April 2014 eine umfassende Gründachstrategie verabschiedet. Ziel der Strategie ist es, insgesamt 100 Hektar Dachfläche im Stadtgebiet Hamburgs zu begrünen und zwar sowohl bei Neubauten als auch bei geeigneten flachen oder flach geneigten Dächern von Bestandsgebäuden, die saniert werden. Das entspricht etwa der doppelten Fläche des Hamburger Parks „Planten un Blomen“. Bis 2019 unterstützt die BUE das Projekt mit drei Millionen Euro (siehe Kap. 6).

Die HCU, Fachgebiet Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung, begleitet die Gründachstrategie von wissenschaftlicher Seite und führt unter anderem Messungen an verschiedenen Gründächern in der Stadt durch. So kann überprüft werden, wieviel Wasser unterschiedliche Gründachtypen je nach Stärke des Regenereignisses speichern können. Zudem wird untersucht, inwieweit Gründächer für den Wasser-rückhalt optimiert werden können (Siehe Kapitel 3).

Weitere Informationen sind zu finden unter:

- <http://www.hamburg.de/gruendach/4364586/gruendachstrategie-hamburg/>
- <https://www.hcu-hamburg.de/research/forschungsgruppen/reap/reap-projekte/entwicklung-einer-hamburger-gruendachstrategie-wissenschaftliche-begleitung/>



Abb. 4.0: Gründach der Hafencity Universität

4.5 SiK – Stadtbäume im Klimawandel

Stadtbäume sorgen für ein ausgeglichenes Mikroklima während der Sommermonate. Sie verschatten Straßen, Stadtplätze, Grünanlagen und Hausfassaden und verdunsten Wasser. Doch wie wirken sich heißere Sommer, Trockenheit, Starkregen und Stürme auf die Hamburger Stadtbäume aus?

Aus diesem Grund beschäftigt sich das Forschungsprojekt SiK mit folgenden Fragen: Wie können die Hamburger Stadtbäume an die Klimaveränderungen angepasst werden? Und welche Baumarten sind besonders widerstandsfähig gegenüber Wetterextremen? In dem Projekt arbeitet die Hamburger Behörde für Umwelt und Energie eng mit der Universität Hamburg, Institut für Bodenkunde und Arbeitsgruppe Angewandte Pflanzenökologie, und der Hafencity Universität Hamburg, Fachgebiet Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung zusammen, um Lösungsansätze zu entwickeln und diese mit Partnern aus der Region, Vertretern aus Behörden, Verbänden, Forschungsinstitutionen und Baumpflegeeinrichtungen abzustimmen. Die finalen Ergebnisse werden im Dezember 2017 vorliegen.

Weitere Informationen sind zu finden unter:

- <http://www.hamburg.de/stadtbäume-im-klimawandel/>
- <https://www.hcu-hamburg.de/research/forschungsgruppen/reap/reap-projekte/stadtbäume-im-klimawandel-sik/>



Abb. 4.1: Straßenbäume in Hamburg.

Im Folgenden werden Informationsbroschüren, Leitfäden, Ansprechpartner und Kontakte zu verschiedenen Themen aufgeführt:

5.1 Regenwasser versickern, zurückhalten oder nutzen

Im Mai 2012 hat HAMBURG WASSER das sogenannte Gebührensplitting eingeführt. Das bedeutet: der anfallende Regenabfluss von befestigten Grundstücksflächen wird nicht mehr zusammen mit dem Schmutzwasser nach der Menge des verbrauchten Frischwassers abgerechnet. Es wird nun die versiegelte Grundstücksfläche berechnet, von der Niederschlagswasser in das Hamburger Sielnetz eingeleitet wird. Die Niederschlagswassergebühr beträgt pro Jahr 0,73 € pro Quadratmeter versiegelter Fläche. Durch verschiedene Maßnahmen kann eine Gebührenreduktion erreicht werden. Dazu zählen die wasserdurchlässige Gestaltung von Flächenbefestigungen, beispielsweise durch Rasengittersteine, die Versickerung, Rückhaltung oder Nutzung des Regenabflusses auf dem Grundstück oder der Bau eines Gründachs.

In dem Leitfaden „Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung“ und auf der Internetseite von HAMBURG WASSER sind weiterführende Informationen zu finden:

- <http://www.hamburg.de/regenwasserbroschuere/>
- <https://www.hamburgwasser.de/privatkunden/service/gebuehren-abgaben-preise/sielbenutzungsgebuehren/>

5.2 Gründächer bauen

Ein Bestandteil der Hamburger Gründachstrategie ist ein Förderprogramm für Gründächer auf Neubauten und auf Bestandsgebäuden im Rahmen von Sanierungen. Bis zu 60 % der Kosten können Hauseigentümern als finanziellen Zuschuss erhalten, wenn sie ein Gründach anlegen. Darüber hinaus können 50 % der Niederschlagswassergebühr für diese Fläche eingespart werden. Kombiniert man ein Gründach zum Beispiel mit einer Versickerung oder der Nutzung des restlichen Wassers, lassen sich sogar

100 % der Gebühren einsparen. Die maximale Förderhöhe beträgt 50.000 €. Die begrünte Dachfläche muss mindestens 20 m² groß sein. Zudem gibt es Förderzuschläge, wenn das Gebäude beispielsweise im Bereich der inneren Stadt liegt oder ein sogenanntes Retentions Gründach gebaut wird, um so auch im Falle eines Starkregens möglichst viel Wasser auf dem Dach zurückzuhalten. Die Fördermittel werden durch die Hamburgische Investitions- und Förderbank (IFB Hamburg) bewilligt und ausgezahlt.

Weitere Informationen sind auf der Internetseite der Hamburger Behörde für Umwelt und Energie, in der Informationsbroschüre „Mehr Gründächer für Hamburg“ sowie auf der Internetseite der Hamburgischen Investitions- und Förderbank zu finden.

- <http://www.hamburg.de/gruendach/4364756/gruendachfoerderung/>
- <http://www.hamburg.de/infomaterial/>
- <https://www.ifbhh.de/gruendachfoerderung/>

5.3 Gebäude und Grundstück vor Wasserschäden schützen

Durch gezielte Maßnahmen können Gebäude und Grundstücke im Falle eines Starkregens vor Oberflächenwasser, Grundwasser und gegen Rückstau aus dem Sielnetz geschützt werden. Die entsprechenden Maßnahmen werden unter dem Begriff „Objektschutz“ zusammengefasst. Dazu zählen zum Beispiel Aufkantungen an Lichtschächten, wasserdichte Fensterklappen an Kellerfenstern oder mobile Schutzelemente für Türen oder Garageneinfahrten, die sowohl als Vorsorgemaßnahmen an Neubauten als auch als nachträgliche Schutzmaßnahmen für Bestandsgebäude installiert werden können.

Der Leitfaden „Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen?“ stellt die entsprechenden Informationen zusammen.

- <http://www.risa-hamburg.de/Downloadbereich.html>

5.4 Gebäude energetisch sanieren

Gebäude, die vor den 1970er Jahren erbaut wurden, verfügen meist über einen geringen energetischen Standard. Insbesondere die oberen Geschosse sowie Wohnungen mit West- und Südausrichtung heizen sich an heißen Sommertagen schnell auf. Die energetische Gebäudesanierung bietet neben der Verringerung des Heizenergiebedarfs auch Schutz vor Überhitzung im Sommer. Auch Verschattungsmassnahmen wie Rollläden sind unter bestimmten Voraussetzungen förderfähig. Im Fokus der Förderung steht jedoch die Reduzierung des Energiebedarfs des Gebäudes sowie der CO₂-Emissionen.

Die Energieberatung der Verbraucherzentrale Hamburg berät zu Maßnahmen der energetischen Sanierung, zu sommerlichem Hitzeschutz, zur Wärmedämmung sowie zu Finanzierungsmöglichkeiten. Kontaktaufnahme ist per E-Mail unter klima@vzh.de sowie telefonisch unter (040) 248 32-250 möglich.

Weiterführende Informationen sind zu finden unter:

- Homepage der Verbraucherzentrale unter www.vzh.de
- Homepage der Hamburgischen Investitions- und Förderbank unter <https://www.ifbhh.de/>, zum Beispiel zu
- KfW Energieeffizient Sanieren; hier werden auch Maßnahmen zum Sonnenschutz, zum Beispiel durch Rollläden, beim Austausch der Fenster gefördert (<https://www.ifbhh.de/wohnraum/wohneigentum/modernisierung/kfw-energieeffizient-sanieren/>)
- Wärmeschutz im Gebäudebestand (<https://www.ifbhh.de/wohnraum/wohneigentum/modernisierung/waermeschutz-im-gebaeudebestand/>)
- Programm zur energetischen Sanierung von Nicht-Wohngebäuden: <https://www.ifbhh.de/umwelt/modernisierung-von-nichtwohngbaeuden/programm-fuer-nichtwohngbaeude/>
- Förderrichtlinien zum Wärmeschutz im Gebäudebestand der IFB: https://www.ifbhh.de/fileadmin/pdf/IFB_Download/IFB_Foerderrichtlinien/FoeRi_WSG.pdf

- Homepage des Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) mit Informationen über Zuschüsse zur Energieberatung, die über die Beratung der Verbraucherzentrale hinausgeht: www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Vor_Ort_Beratung/Beratene/beratene_node.html
- Im Leitfaden „Modernisierung leicht gemacht“ der Behörde für Umwelt und Energie Hamburg mit Tipps und einer Checkliste für die energetische Modernisierung des Eigenheims: <http://www.hamburg.de/contentblob/5367822/5568eccd89a3fb892cf506937a77f1447/data/pdf-leitfaden-modernisierung-leicht-gemacht.pdf>

II. HITZEVORSORGE - Technischer/fachlich-erklärender Teil

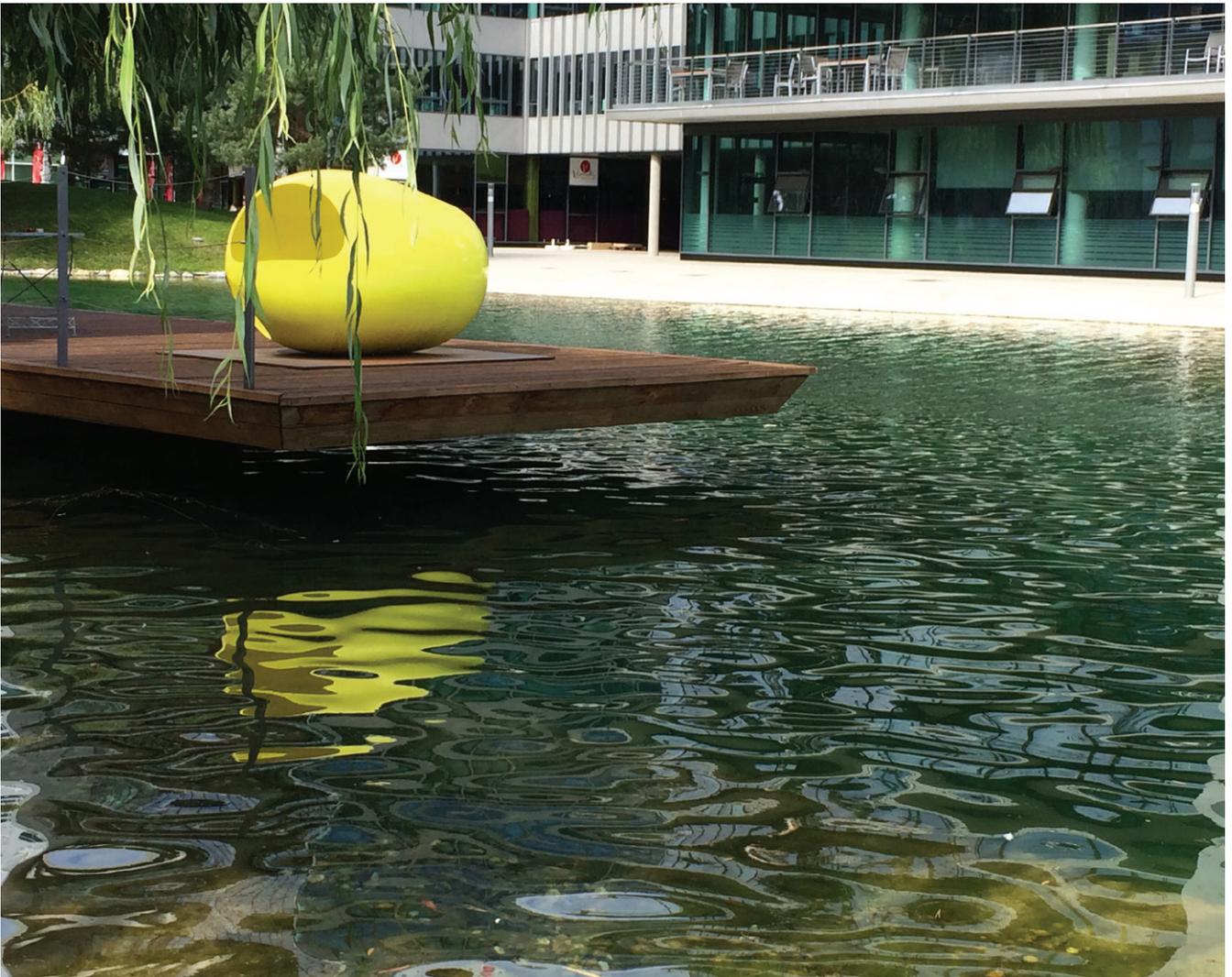


Abb. 6.0: Beispielhafte Maßnahme zur Erhöhung der Verdunstung in der Stadt zur Erzeugung lokaler Verdunstungskühlung in Wien.

In diesem Teil werden die Prinzipien zur Hitzevorsorge für Hamburg vorgestellt. Sie sollen die Umsetzung der Maßnahmen zur Reduzierung von Hitzestress im Zuge von Planungsabläufen von Architekten und Landschaftsarchitekten fördern, zielen aber gleichermaßen auf Umbaumaßnahmen, die von Eigentümern initiiert werden. Alle diese Maßnahmen sollen die Verbesserung der Aufenthaltsqualität der Bewohner und Nutzer bewirken.

In den folgenden Tabellen werden Maßnahmen zu den drei zentralen Zielsetzungen für Hamburg beschrieben:

- Verschattung schaffen
- Verdunstung erhöhen
- Wärmeabstrahlung kontrollieren

Gebäude und Flächen verschatten

Verschattung hat den höchsten Einfluss auf die Temperatur der Luft sowie von Oberflächen, Dächern und Fassaden und sorgt dafür, dass diese weniger Wärme abstrahlen. Durch verschattende Elemente wird die ankommende Sonneneinstrahlung blockiert und somit Straßen- und Gebäudeflächen vor Überhitzung geschützt. Bäume, Dach- und Fassadenbegrünung haben gegenüber anderen Verschattungselementen den Vorteil, dass sie nicht nur verschatten, sondern zusätzlich die Verdunstungsrate (auch nachts aufgrund der Transpiration der Pflanzen) in der Stadt erhöhen.

Verdunstungskühlung erzeugen

Bei der Verdunstung von Wasser wird der umgebenden Luft Energie entzogen und so abgekühlt („Verdunstungskälte“). Die Luft in der Nähe von Vegetationsflächen oder Wasserkörpern erwärmt sich langsamer und weist dementsprechend niedrigere Temperaturen im Vergleich zu befestigten Flächen auf.

Wärmeabstrahlung kontrollieren

Unverschattete Fassaden sind Flächen, die Sonneneinstrahlung absorbieren und später wieder abstrahlen, was den städtischen Wärmeinseleffekt intensiviert. Die von der Sonne beschienenen Flächen sollten daher möglichst klein sein. Die resultierende Temperatur und die Wärmeabstrahlung werden maßgeblich durch das Material der Fassaden bestimmt. In hochverdichteten Quartieren sind aufgrund der engen Bebauung im Vergleich zu anderen Stadtteilen weniger Begrünung zwischen den Gebäuden und mehr versiegelte Oberflächen vorzufinden.

Dies ist einer der wichtigsten Auslöser für die höheren Oberflächentemperaturen, die das Überhitzungsrisiko (im Außen- und Innenraum) und das Hitzestressrisiko für die Menschen erhöht.

Die Kontrolle der Wärmeabstrahlung bedeutet eine Minderung dieser Effekte und Risiken. Neben Maßnahmen, die die Verschattung und Verdunstung erhöhen, ist eine klimasensible Auswahl der Oberflächenmaterialien und deren Farben entscheidend (siehe Info-Box unten). Für weitere Informationen siehe Info-Box: Wichtige Eigenschaften für eine klimasensible Auswahl von Oberflächenmaterialien und deren Farben (S. 91) und die Tabelle: Materialeigenschaften (S. 92-93).

ALBEDO-OPTIMIERUNG

Zu den Eigenschaften, die bei der Auswahl von Materialien berücksichtigt werden sollten, gehört die Albedo. Sie bezeichnet den prozentualen Anteil des Sonnenlichts, das von den Oberflächenmaterialien zurückgestrahlt wird. Der Anteil an Sonneneinstrahlung, der nicht reflektiert wird, wird vom Material in Form von Wärme absorbiert, gespeichert und in Form von Wärmestrahlung wieder abgegeben. Daher ist eine Albedo-Optimierung entscheidend für die Überhitzungsvorsorge. Sehr dunkle Materialien, zum Beispiel Asphalt, haben einen Albedo-Wert von nahezu 0 und absorbieren entsprechend viel Sonneneinstrahlung. Dagegen hat ein stark reflektierendes Material einen Wert von fast 1.

Dem Hitzestress kann durch eine gezielte Berücksichtigung von klimasensiblen Maßnahmen an den Gebäuden und auf den Grundstücken entgegen gewirkt werden. In den folgenden Tabellen werden Maßnahmen gezeigt, die für Hamburg geeignet sind. Hierbei werden die Maßnahmen priorisiert, die eine höhere Leistung in Bezug auf die Zielsetzungen für Hamburg haben. Diese sind häufig Begrünungsmaßnahmen, die die Prinzipien der Hitze- und Überflutungsvorsorge kombinieren, sodass nicht nur die drei bereits genannten zentralen Prinzipien vorangetrieben werden, sondern auch eine Verminderung, Versickerung oder Zurückhaltung des Regenabflusses unterstützt wird. Deshalb sollte der Fokus vor allem auf den folgenden Maßnahmen liegen:

Dächer begrünen

Diese Maßnahme ist insbesondere für Gebäude in Gebieten geeignet, in denen das Sielnetz bei Starkregenereignissen ausgelastet ist und/oder sich die Effekte der städtischen Wärmeinsel zeigen bzw. in der Zukunft deutlich zeigen könnten. Ist eine Begrünung bisher versiegelter Bereiche nicht möglich oder schwierig umzusetzen, sollten vor allem bestehende flache oder flach geneigte Bitumendächer in der inneren Stadt verstärkt begrünt werden. Diese heizen sich insbesondere während der Sommermonate stark auf. Die Maßnahme trägt sowohl zur Reduzierung des Überflutungsrisikos als auch des urbanen Wärmeinseleffektes bei.



Abb. 6.1: Pflanzen auf einem Gründach.

Fassaden begrünen

Diese Maßnahme ist für Gebäude geeignet, in denen das Klima im Gebäude und auch das Mikroklima der Umgebung verbessert werden soll, jedoch nur wenig Platz für Stadtbäume oder Hinterhofbegrünungen vorhanden ist. Dabei sollten vor allem Fassaden mit dem höchsten Überhitzungsrisiko (West- und Südausrichtung) im Fokus stehen (siehe Info-Box auf S. 52).



Abb. 6.2: Bodengebundene Begrünung in München.

Stadtbäume erhalten und/oder pflanzen

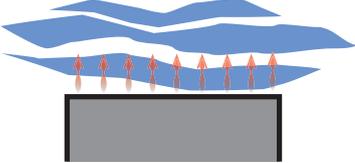
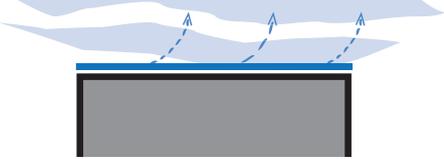
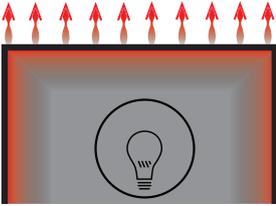
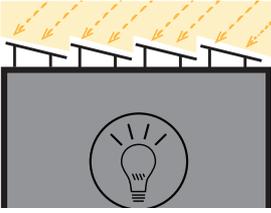
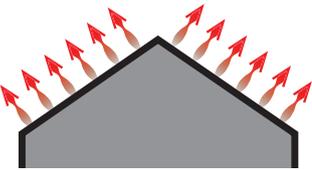
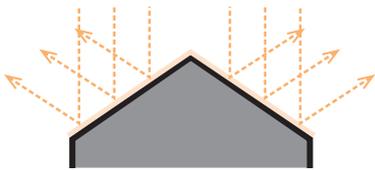
Diese Maßnahme ist für Grundstücke geeignet, in denen das Mikroklima und/oder das Innenraumklima der Gebäude verbessert und/oder die Versickerung von Niederschlagswasser erhöht werden soll. Dies gilt insbesondere für Fassaden mit Westausrichtung, da diese einem hohen Überhitzungsrisiko ausgesetzt sind (siehe Info-Box auf S. 52). Hier sollten gezielt die Standortbedingungen der Bäume verbessert werden, um eine möglichst lange Lebensdauer und ein gesundes Wachstum der Bäume sicherzustellen. Irreparabel geschädigte Bäume müssen unbedingt ersetzt werden. Wichtig ist hierbei: ausreichender Wurzelraum bei gleichzeitig ausreichendem Porenvolumen für eine gute Sauerstoff- und Wasserversorgung der Baumwurzeln, Sicherstellung eines funktionierenden Gasaustausches zwischen Boden und Atmosphäre sowie eine ausreichende Wasserversorgung insbesondere während der Sommermonate (siehe Kapitel 5.5).

Begrünung schafft nicht nur einen hohen Mehrwert für die Qualität des Stadtraums in Bezug auf die Hitzevorsorge, sondern bindet zusätzlich Feinstaub und Schadstoffe und sorgt somit insgesamt für ein angenehmes Umfeld für die Bewohner oder die am jeweiligen Ort arbeitenden Menschen. Für eine Verbesserung des Stadtklimas ist daher eine flächendeckende Begrünung notwendig und entsprechende Maßnahmen zu priorisieren. Da dies jedoch vor allem in den dicht bebauten Bestandsquartieren nicht überall umsetzbar ist, sollten weitere Maßnahmen ergriffen werden. Diese sind in den folgenden Tabellen erläutert.



Abb. 6.3: Baumpflanzung in der HafenCity Hamburg.

6.1 MASSNAHMEN FÜR DÄCHER

SITUATION	MASSNAHME
<p>Tragfähige Dächer</p> <p>1 </p>	<p>Dachbegrünung</p> 
<p>Dächer unter Windbelastung</p> 	<p>Verdunstungsdächer</p> 
<p>Tragfähige Dächer auf Gebäuden mit hohem Energiebedarf</p> 	<p>Verschattungselemente am Gebäude (Photovoltaikmodule, Solarthermie-Kollektoren)</p> 
<p>Dächer mit geringen Lastreserven</p> 	<p>Klimasensible Auswahl von Oberflächenfarben und Materialeigenschaften: Aufhellung der Dächer</p> 
<p>Dächer unter Denkmalschutz</p> 	<p>Klimasensible Auswahl von Oberflächenfarben und Materialeigenschaften: Optimierter Einsatz der Materialeigenschaften</p> 
<p>Dächer mit Bedarf und Potenzial zur Freiraumnutzung</p> <p>1 </p>	<p>Lebendige Dächer</p> 

EMPFEHLUNG ZUR UMSETZUNG

BEITRAG ZUR

Bei Gebäuden mit Lastreserven Dachbegrünung vorsehen.

- Verdunstung
- Verschattung
- Albedo-Optimierung
- Überflutungsvorsorge
- Reduktion der städtischen Wärmeinsel

Auf Flachdächern mit hoher Windlast und/oder schlechten Wachstumbedingungen für Pflanzen, Wasserflächen zur Verdunstung vorsehen.

- Verdunstung
- Verschattung
- Albedo-Optimierung
- Überflutungsvorsorge
- Reduktion der städtischen Wärmeinsel

Auf Dächern von Gebäuden mit Lastreserven, die tagsüber einen hohen Energie-, Wärme- oder Kältebedarf haben, Verschattungselemente aus Photovoltaikmodulen oder Solarthermie-Kollektoren installieren. Das Gewicht der Module/Kollektoren variiert, entspricht jedoch in der Regel maximal der Hälfte des Gewichtes der leichtesten Dachbegrünung (Leichtdach). Kombination mit einer Aufhellung des Daches ist empfehlenswert.

- Verschattung
- Albedo-Optimierung (nur in Kombination mit der Aufhellung des Daches)

Dächer mit hellen Materialien vorsehen.

- Albedo-Optimierung
- Reduktion der städtischer Wärmeinsel

Bei Gebäuden unter Denkmalschutz, bei denen eine Änderung der Farbe nicht erlaubt ist: Dachmaterialien durch solche mit gleicher Farbe, aber besseren thermischen Eigenschaften, zum Beispiel hinsichtlich ihres Reflexionsvermögens, ersetzen. Wenn ein Ersatz nicht möglich ist, die Beschichtung des vorhandenen Materials anpassen.

- Reduktion der städtischen Wärmeinsel

Bei Dächern in hochverdichteten Quartieren, in denen die Begrünungsmöglichkeiten begrenzt sind, kann ein Aufenthaltsbereich in Form einer grünen Insel auf dem Dach geschaffen werden. Die Kombination von Maßnahmen kann zu einer verbesserten Wirkung der Hitzeregulierung führen.

- Verdunstung
- Verschattung
- Albedo-Optimierung
- Überflutungsvorsorge
- Reduktion der städtischen Wärmeinsel
- Biodiversität (nur mit Begrünung)

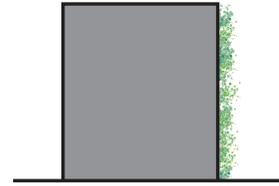
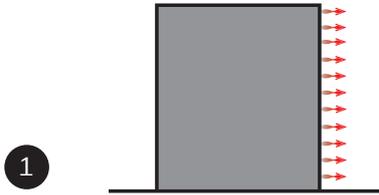
6.2 MASSNAHMEN FÜR FASSADEN

SITUATION

MASSNAHME

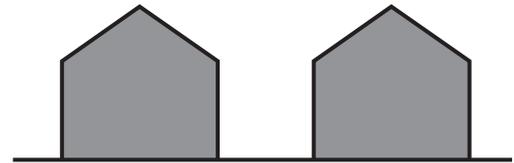
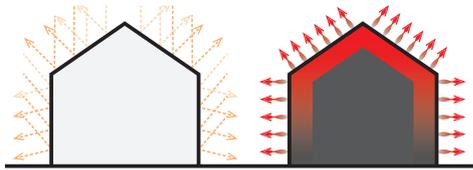
Fassaden mit Lastreserven, für Begrünung geeignet*
 - prioritär bei West- und Südausrichtung - (siehe Info-Box)

Fassadenbegrünung



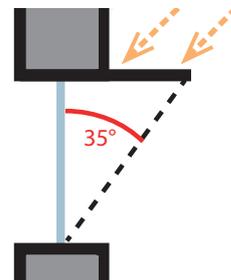
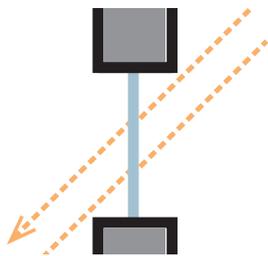
Fassaden ohne Lastreserven oder unter Denkmalschutz
 - prioritär bei West- und Südausrichtung - (siehe Info-Box)

Klimasensible Auswahl von Oberflächenfarben



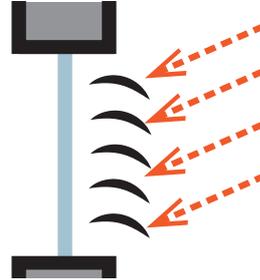
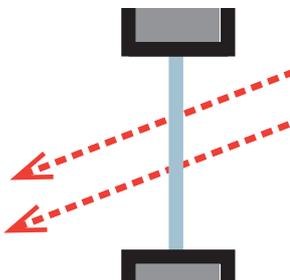
Fenster mit Süd-Ausrichtung

Verschattungselemente: Sonnenschutz (horizontal)



Fenster mit West-Ausrichtung

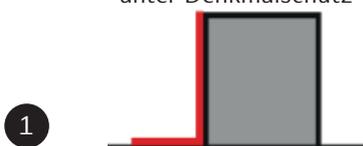
Verschattungselemente: Sonnenschutz (vertikal)



**Fassaden mit verfügbarem Platz/
 genügend Freiraum vor der Fassade**

**(Bäume als)
 Verschattungselemente von Fassaden**

- prioritär vor Fenstern mit West- und Südausrichtung
 unter Denkmalschutz -



EMPFEHLUNG ZUR UMSETZUNG

BEITRAG ZUR

Fassaden begrünen, insbesondere in Straßenräumen, wo eine direkte Verbesserung des Mikroklimas notwendig ist und Bäume nicht gepflanzt werden können, zum Beispiel bei engen Straßenräumen. Auch wenn eine Verbesserung des Gebäudeinnenraumklimas angestrebt wird, ist dies eine geeignete Maßnahme.

* Eignung auf Tabelle S. 86 prüfen

- Verdunstung
- Verschattung
- Albedo-Optimierung
- Reduktion der städtischen Wärmeinsel
- Verbesserung des Mikroklimas
- Verbesserung des Innenraumklimas

Bei sehr hellen (links) oder sehr dunklen Fassaden (rechts), die über einen langen Zeitraum der Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, mittelhelle Farbtöne wählen. Dies gilt auch für Fassaden ohne Lastreserven.

- Albedo-Optimierung
- Reduzierung von Hitzestress

Außenliegende, gut hinterlüftete, horizontale Sonnenschutzlamellen, Markisen oder Rollläden im Winkel von 35° (Unterkante des Fensters zur Außenkante der Lamelle) anbringen.

- Verschattung
- Verbesserung des Innenraumklimas

Außenliegende, gut hinterlüftete, vertikale Sonnenschutzlamellen, Schiebeläden, Markisen oder Rollläden anbringen.

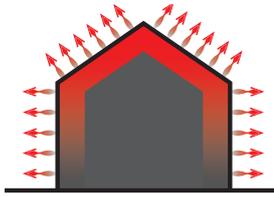
- Verschattung
- Verbesserung des Innenraumklimas

Vor West- und Südfassaden Bäume mit dichter, großer Krone pflanzen, vorzugsweise Laubbäume. Wuchsbedingungen verbessern.

- Verdunstung
- Verschattung
- Biodiversität
- Reduzierung von Hitzestress
- Verbesserung des Mikroklimas
- Reduktion der städtischen Wärmeinsel

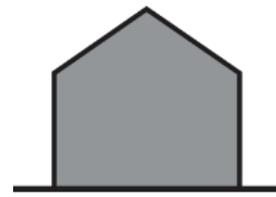
SITUATION

Fassaden mit hohen Oberflächentemperaturen, die nicht für Begrünung geeignet sind

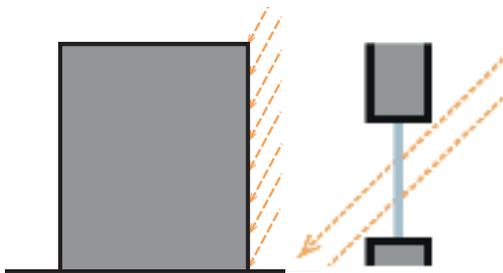


MASSNAHME

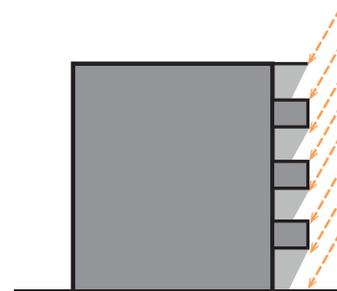
Klimasensible Auswahl von Oberflächenfarben und Materialeigenschaften



Südfassaden mit Verschattungsbedarf für Fassade und Innenraum



Verschattungselemente an Fassaden z.B. Balkons, etc.



FASSADEN MIT HÖCHSTEM ÜBERHITZUNGS-RISIKO

Das höchste Überhitzungsrisiko weisen Fassaden mit Westausrichtung auf. Zwar liegen sie mit bis zu 9 Stunden Sonneneinstrahlungsdauer (ca. 12:00 bis ca. 21:00 Uhr) unter dem Wert für Südfassaden mit bis zu 12 Stunden (ca. 6:00 bis ca. 18:00 Uhr); ausschlaggebend ist aber der Sonnenstand bzw. der Einstrahlungswinkel. Dieser beeinflusst die Intensität der ankommenden Sonneneinstrahlung und führt zu einem höheren Überhitzungsrisiko bei Westfassaden, welches je nach Reflexionsvermögen des Fassadenmaterials nochmals beeinflusst wird. Dieser Einfluss wird noch einmal anhand von Beispielen in Kapitel 7.1 näher erläutert. Südfassaden kommen dagegen in Hamburg besonders häufig vor, da circa 42 % der Straßen in Ost-West-Ausrichtung verlaufen. Aus diesen Gründen sind Gebäude mit einer West- und Südausrichtung für Maßnahmen im Rahmen der Hitzevorsorge in Hamburg priorisiert einzustufen.

EMPFEHLUNG ZUR UMSETZUNG

Optimierung der Materialien durch solche mit mittelhellen Tönen und besseren thermischen Eigenschaften (Reflexionsvermögen, etc.) siehe Info-Box S.91 und Tabelle S.92-93.

BEITRAG ZUR

- Albedo-Optimierung
- Reduzierung von Hitzestress

Bei Fassaden, bei denen sowohl die Verschattung der Innen- sowie der Außenfassade Ziel ist, Verschattungselemente wie Balkone, Loggien und Sonnenschutz anbringen.

- Verschattung
- Verbesserung des Innenraumklimas

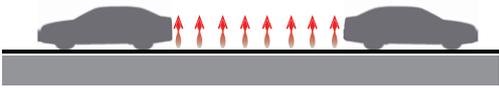
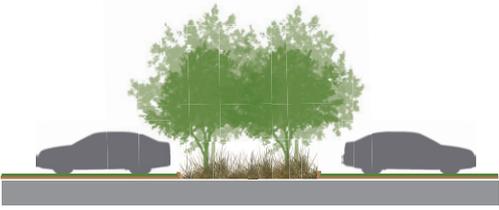
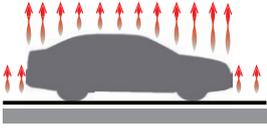
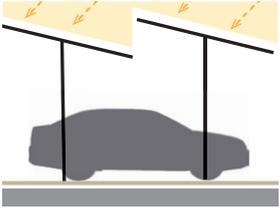
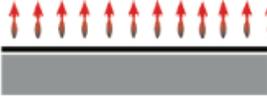
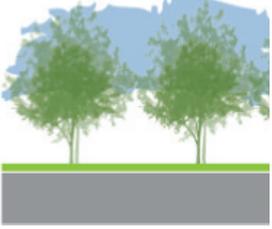
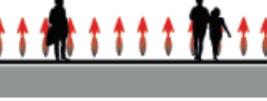
STRASSENAUSRICHTUNG UND STRASSENBREITE

Straßen mit Verlauf in Ost-West-Richtung sowie mehrspurige Straßen weisen das größte Überhitzungsrisiko auf, besonders wenn keine Bäume vorhanden sind. Auf Grund der hohen Position der Sonne im Sommer sind die Ost-West-Straßen fast den ganzen Tag direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Hinzu kommt reflektierte Strahlung, insbesondere von Fassaden mit Südausrichtung die den Straßenraum zusätzlich erhitzen. Nord-Süd-Straßen haben den Vorteil, dass die Gebäude selbst Schatten spenden. Bei mehrspurigen Straßen besteht jedoch die Gefahr, dass die Gebäude nur den Straßenrand und diesen lediglich zeitweise verschatten. Den Rest des Tages sind die Straßenräume auch in diesen Fällen direkter und reflektierter Strahlung ausgesetzt.

Zusätzlich wird das Überhitzungsrisiko der Straßenräume durch den Versiegelungsgrad und die Nutzung dunkler Beläge, wie beispielsweise Asphalt, erhöht.

In Abhängigkeit von der Windstärke und Windausrichtung hat die Hitzeentwicklung auf den Belägen auch Auswirkungen auf die Gebiete in unmittelbarer Nähe. In den hochverdichteten Quartieren Hamburgs weisen, wie bereits genannt, viele Straßen eine Ost-West-Ausrichtung auf. Daher ist die Umsetzung der hier empfohlenen Maßnahmen in diesen sowie in besonders breiten Straßen von großer Bedeutung und essentiell für die Verbesserung des Stadtklimas.

6.3 MASSNAHMEN FÜR GRUNDSTÜCKE

SITUATION	MASSNAHME
<p data-bbox="280 300 639 360">Parkplätze bzw. Flächen mit geringer Verkehrsbelastung</p>  <p data-bbox="129 533 161 577">1</p>	<p data-bbox="903 300 1422 327">Entsiegelung von Flächen + Baumpflanzungen</p> 
<p data-bbox="236 680 683 707">Parkplätze mit hoher Verkehrsbelastung</p> 	<p data-bbox="956 680 1366 707">Aufhellung + Verschattungselemente</p> 
<p data-bbox="256 1061 663 1088">Grundstücke/Flächen ohne Nutzung</p>  <p data-bbox="129 1391 161 1435">1</p>	<p data-bbox="927 1061 1398 1088">Entsiegelung von Flächen und Begrünung</p> 
<p data-bbox="217 1543 703 1570">Grundstücke/Flächen mit Freiraumnutzung</p> 	<p data-bbox="895 1543 1430 1626">Optimierter Einsatz von Materialeigenschaften + Wasserinstallationen + Verschattungselemente</p> 

EMPFEHLUNG ZUR UMSETZUNG

BEITRAG ZUR

Parkplätze mit dunklen Materialien:

- Flächen entsiegeln
- helle Materialien als Bodenbelag verwenden
- Bäume an Stellen mit mehreren Stunden direkter Sonneneinstrahlung pflanzen

- Verdunstung
- Verschattung
- Albedo-Optimierung
- Biodiversität
- Überflutungsvorsorge
- Reduktion der städtischen Wärmeinsel
- Verbesserung des Mikroklimas

Parkplätze mit dunklen Materialien:

- helle Materialien als Bodenbelag verwenden
- Verschattung erhöhen, z.B. durch Photovoltaikmodule, begrünte Pergolen oder Bäume

- Verschattung
- Albedo-Optimierung
- Verdunstung (nur mit Begrünung)
- Biodiversität (nur mit Begrünung)
- Reduktion der städtischen Wärmeinsel

Ungenutzte Flächen, auf denen eine Begrünung jedoch möglich ist. Drei Varianten je nach Gebietstyp:

- Bürogebiet: Begrünte Flächen mit Bäumen
- Wohngebiet: Begrünung mit offenen Flächen, z.B. Wiesen
- Mischgebiet: Kombination von offenen Grünflächen und Bäumen
- Zusätzlich können Überflutungsvorsorgemaßnahmen umgesetzt werden, z.B. oberirdische Versickerungs- und Rückhaltemaßnahmen

- Verschattung
- Albedo-Optimierung
- Verdunstung
- Biodiversität (nur mit Begrünung)
- Überflutungsvorsorge
- Reduktion der städtischen Wärmeinsel

- Klimasensible Auswahl von Oberflächenfarben und Materialeigenschaften: Optimierung durch Anwendung von mittelhellen Belägen
- Verdunstungsmöglichkeiten durch Wasserinstallationen, z.B. Brunnen, Wasserspiele, Sprühnebel, Wasserflächen, Begrünung, etc.
- Verschattungsmöglichkeiten, z.B. Bäume, Sonnensegel, Membrandach, Pergola, Photovoltaik, etc.

- Verschattung
- Albedo-Optimierung
- Verdunstung
- Biodiversität (nur mit Begrünung)
- Reduktion der städtischen Wärmeinsel
- Verbesserung des Mikroklimas

7.1 Auf dem Dach

Bitumen vs. Dachbegrünung mit Retentionsdach

In Hamburg bestehen Flachdächer größtenteils aus Bitumen oder ähnlichen Materialien. Aufgrund der homogenen Gebäudehöhen und sehr nah beieinander liegenden Dächern, bilden sie eine große Fläche, die den ganzen Tag direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist und infolgedessen Wärme aufnimmt und abstrahlt. Diese beiden Faktoren erhöhen das Überhitzungsrisiko, tragen zum städtischen Wärmeineffekt sowie insbesondere bei nicht oder unzureichend gedämmten Gebäuden zur zusätzlichen Erwärmung vor allem der Dachgeschosse bei.

Durch die Kombination von Grün- und Verdunstungsdächern auf einem Retentionsdach mit 3 cm Dauerinstau (dauerhafte Wasserspeicherung von 3cm Höhe) kann eine höhere Verdunstungsleistung sowie Kühlwirkung über den ganzen Tag erreicht werden. Wenn die Dachflächen tatsächlich flächendeckend begrünt würden, könnten sie insbesondere in hochverdichteten Innenstadtkartieren sowohl bei Starkregenereignissen spürbar das Sielnetz entlasten und somit als Maßnahme zur Überflutungsvorsorge dienen (siehe Kap. 3.4.), als auch das Stadtklima verbessern. In diesen Quartieren sollten überall, wo Potenzial besteht, die Lastreserven sowie die Ertüchtigungsmöglichkeiten ausgeschöpft werden, um qualitativ hochwertige Gründächer zu realisieren. Keine andere Maßnahme am Dach bietet vergleichbare Leistungen in Bezug auf Themen wie Klimaanpassung, Wasserwirtschaft oder Biodiversität.

Geneigte Dächer

Bei geneigten Dächern werden häufig Dachziegel und ähnliche Materialien eingesetzt. Die dunklen und terrakottafarbenen Dachziegel weisen dabei die höchsten Temperaturen auf. Da sie oft über den ganzen Tag direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, erhöhen solche Dachflächen das Risiko einer Überhitzung. Daher kommt der klimasensiblen Auswahl von Oberflächenmaterialien eine besondere Bedeutung für die Überhitzungsvorsorge zu.

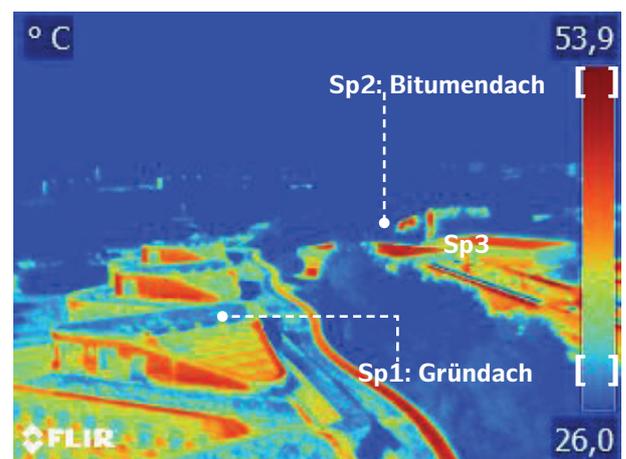


Abb. 7.0: Thermalbild der Dachbegrünung der BUE Hamburg am 19.08.2016 um 15:30 Uhr. Der Vergleich zu anderen Dachmaterialien zeigt mindestens 15 Grad Unterschied. Sp1: Gründach (BUE Hamburg), Sp2 und Sp3: Bitumendächer.



Abb. 7.1: Blick über typische Dächer in Hamburg, abgedichtet mit Bitumen und mit Dachziegeln als Dachdeckung.

Photovoltaikmodule zur Verschattung

Auf ungenutzten Dächern, die relativ wenig Verschattung von Nachbargebäuden bekommen und auf Gebäuden, die tagsüber einen großen Energiebedarf haben, ist die Umsetzung von Photovoltaikanlagen als Verschattungselemente empfehlenswert.

Unterschiedlichen Anordnungen sind dafür möglich. Abbildung 7.2 (rechts oben) zeigt die Photovoltaikmodule in ertragsoptimierter Südausrichtung und mit 35° Neigung. Somit sind 40 % der Dachfläche nutzbar.

In Abbildung 7.2 (rechts unten) wird eine Anordnung zur Verschattung und Energieoptimierung gezeigt. Diese hat eine 15° Neigung in Ost-West Aufständerung, die 80 % der Dachfläche abdeckt (hoher Flächennutzungsgrad).

Die ertragsoptimierte Südausrichtung mit 35° Neigung erfordert einen größeren Abstand zwischen den Modulen, um deren gegenseitige Verschattung zu verhindern. Dadurch können effektiv nur etwa 40% der Dachfläche belegt werden. Dementsprechend ist im Vergleich zur flächenoptimierten Anordnung in Ost-West-Ausrichtung der Gesamtertrag bezogen auf die Dachfläche deutlich geringer.

Durch die niedrigere Neigung und Anordnung hat diese Konstruktion auch den Vorteil, weniger Windlasten ausgesetzt zu sein. Diese Anordnung erlaubt

Maßnahmen-Kombinationen: Lebendige Dächer

Die Kombination von Maßnahmen kann zu einer verbesserten Wirkung der Hitzeregulierung beitragen. In hochverdichteten Quartieren, wo die Begrünungsmöglichkeiten begrenzt sind, bieten Gründächer auf Bürogebäuden die Möglichkeit, grüne Erholungsseln zu schaffen. So lassen sich zum Beispiel Gründächer mit Verschattungselementen und Verdunstungsdächern kombinieren.

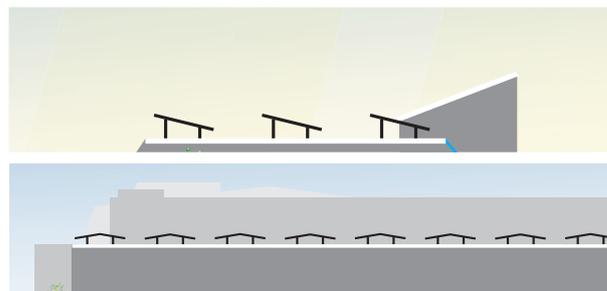


Abb. 7.2: Unterschiedliche Anordnungen der Photovoltaikmodule: in ertragsoptimierter Südausrichtung mit 35° Neigung (oben) und mit 15° Neigung in Ost-West Aufständerung (unten).

eine Energieerzeugung in den ersten und letzten Sonnenstunden, die eine Südaufständerung nicht produzieren kann. Dies macht sie besonders geeignet für Nutzungen mit einem Energiebedarf, der nicht nur tagsüber sondern auch morgens und abends hoch ist.

Photovoltaikmodule als Verschattungselemente + Aufhellung der Dachflächen

Die Nutzung von Photovoltaikmodulen sowie Solarthermie-Kollektoren können mit einer Aufhellung des Daches kombiniert werden. Dadurch wird die Sonneneinstrahlung besser reflektiert, was weniger Erwärmung für das Dach bedeutet. Je nach Ausgestaltung kann diese Kombination die Effizienz der Photovoltaikmodule unterstützen.



Abb. 7.3: Beispiel der Kombination von Maßnahmen um lebendige Dächer in der Stadt zu schaffen.

7.2 An der Fassade

Fassadenbegrünung:

Beispiel Vollziegelmauerwerk mit und ohne Fassadenbegrünung

An den Fassaden kann eine boden- oder wandgebundene Fassadenbegrünung an den Stockwerken ohne Verschattung angebracht werden. Die Begrünung schützt die Fassade vor direkter Sonneneinstrahlung, sodass sich diese deutlich weniger stark aufheizen kann und entsprechend weniger Hitze abstrahlt. Wie auf dem Bild zu sehen, bedingt die Fassadenbegrünung einen deutlichen Unterschied der Oberflächentemperatur in Vergleich zu andere Materialien. In diesem Fall sind es fast 16 Grad im Vergleich zur Fassade mit Vollziegelmauerwerk. Die Fassadenbegrünung verbessert somit das Innen- und Außenraumklima erheblich und hat außerdem weitere positive Effekte auf den an das Gebäude angrenzende Stadtraum (siehe Bauwerksbegrünung im Kap. 2.2 und Kap. 6).



Abb. 7.4: Das Thermalbild zeigt den Unterschied der Oberflächentemperaturen einer Fassadenbegrünung im Vergleich zu einem Ziegelmauerwerk in Hamburg. Der Unterschied beträgt 15,7 Grad.

Dunkle Farben und hohe Oberflächentemperaturen

Sehr dunkle Farben wie schwarze Sitzbänke, Fassaden oder asphaltierte Flächen erhitzen sich bei direkter Sonneneinstrahlung.

Glas-Anteil: Großflächige Verglasung und Überhitzung

Bürohochhäuser mit einem hohen Anteil an Verglasung erhöhen das Hitzesisiko sowohl für den Innen- als auch den Außenraumkomfort. Verglasungen im Allgemeinen lassen mehr Sonneneinstrahlung in das Gebäude eindringen. Dazu werden Bürogebäude hauptsächlich tagsüber benutzt, wo viele Geräte, Beleuchtung und die Menschen selbst die Wärmezeugung im Gebäudeinneren erhöhen. Im Außenraum reflektieren diese großen Glasflächen die Sonneneinstrahlung zum Straßenraum und den Nachbargebäuden, was die thermische Belastung und die Risiken an Hitzetagen für die direkte Umgebung erhöht.

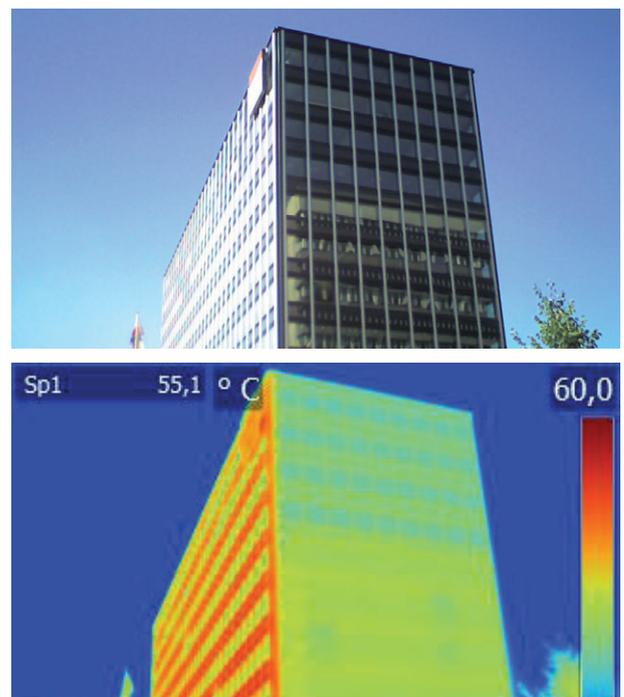


Abb. 7.5: Beispiel mit dunkler Farbe und großflächiger Verglasung. Thermalbild zeigt die Westfassade mit einer hohen Oberflächentemperatur von ca. 60°C.

Putz

Ein häufig verwendetes Außenmaterial an Fassaden ist Putz. Bei verputzten Fassaden in Straßen mit Südausrichtung sind sehr helle Farben nicht empfehlenswert. Diese Straßenräume sind, wie bereits in Kapitel 6 erklärt, fast den ganzen Tag direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Die Rückstrahlung durch den hellen Putz der Fassaden steigert die gesamte Sonneneinstrahlung im Straßenraum sowie auf benachbarte Gebäude, wodurch die thermische Behaglichkeit im gesamten Straßenraum vermindert wird. Dies gilt auch für andere stark reflektierende Fassadenmaterialien, wie bei Gebäuden mit einem sehr hohen Verglasungsanteil. Doch auch sehr dunkle Farben, besonders bei West- und Südausrichtungen, sollten vermieden werden. Dunkle Farben absorbieren die Sonneneinstrahlung, wodurch sich die Fassaden stark aufheizen und diese Wärme wieder in die Umgebung abstrahlen.

Vergleich/Unterschiede zwischen Baualtersklassen: Beispiel 1950er vs. Gründerzeit

Jede Baualtersklasse hat unterschiedliche Eigenschaften gemäß der Bauweise und Materialien ihrer Zeit. Dies verursacht unterschiedliche Zustände/Risiken zwischen Gebäuden am gleichen Standort und sogar mit der gleichen Ausrichtung. Während manche Gebäude vergleichsweise niedrige Temperaturen aufweisen, kann ein benachbartes Gebäude von Überhitzung betroffen sein. Beispielhaft wird im Folgenden ein Vergleich zwischen Gebäuden der 1950er Jahre (Nachkriegszeit) und der Gründerzeit gezeigt.



Abb. 7.6: Gebäude aus den 1950er Jahren (links) mit ostausgerichteten Fassaden und aus der Gründerzeit (rechts) mit westausgerichteten Fassaden. Gleicher Standort in der Nord-Südstraße Mühlenkamp in Hamburg. Beispielhafte Thermalbild-Aufnahme um 11:00 Uhr morgens zeigt, dass die Gebäude aus den 1950er Jahren auch ohne direkte Sonneneinstrahlung und Ostausrichtung bereits Oberflächentemperaturen um 40 °C aufweisen. Das Thermalbild der Gründerzeitgebäude (unten rechts) zeigt, dass die Fensterrahmen und besonders die Dächer das größte Überhitzungsrisiko darstellen. Die helle Putz reflektiert die Sonnenstrahlung zu gegenüberliegenden Gebäuden und in den Straßenraum.

Beispiel 1950er vs. Gründerzeit

Beide Baualterklassen zeichnen sich durch 4- bis 6-geschossige Bauweise aus. Die Materialeigenschaften dieser Typologien und die öffentlichen Räume wurden in ein Modell transferiert, um Mikroklima-Simulationen durchzuführen. Die einzelnen Varianten sind folgende:

- Der vordere Teil des Daches der Gründerzeit (Terrassenhäuser) besteht aus Bitumen, während der hintere Teil mit roten oder dunkelblauen Dachziegeln gedeckt wurde.
- In den Gebäuden der 1950er Jahre wurden die Außenwände entweder verputzt oder mit Ziegeln versehen. Die Dächer bestehen aus roten oder dunkelblauen Flachdachpfannen.
- Im öffentlichen Raum wurden typische Materialien wie Asphalt, Betonplatten, Granitpflasterstein und Klinkerpflaster verwendet.

In die Abbildungen wird die Lufttemperatur und die Oberflächentemperaturen gezeigt um 15:00 Uhr, um 18:00 Uhr und um 23:00 Uhr. Die Lufttemperatur wird auf 1.50 m Höhe gezeigt. Dies entspricht der Höhe des Körpers eines aufrechten Menschen. Hier ist auch die Temperatur innerhalb des Gebäudes zu sehen. Rechts sind die Oberflächentemperaturen aller Freiräume, außerhalb der Gebäude (in Schwarz), zu sehen.

Die Simulation zeigt, dass die Temperaturen der Innenräume der Gebäude der 1950er Jahre an warmen Tagen sogar die maximale Lufttemperatur erreichen können. Ab ca. 16 Uhr beginnt die Lufttemperatur zu sinken. Da die Gebäude der 1950er Jahre viel Wärme speichern, kann die Gebäudetemperatur dann sogar die Lufttemperatur übersteigen. Die hohen Gebäudetemperaturen können sich sogar bis in die Nacht hinein halten. Wenn Hitzewellen an mehreren Tagen hintereinander auftreten, kann das problematisch werden. Die Nächte bleiben dann ebenfalls warm, so dass sich urbane Flächen kaum abkühlen können. Unsere Analyse zeigt auch, dass das höchste Risiko für die Gebäude der 1950er Jahre nicht die bereits sanierten Fenster darstellen, sondern die Fassaden.

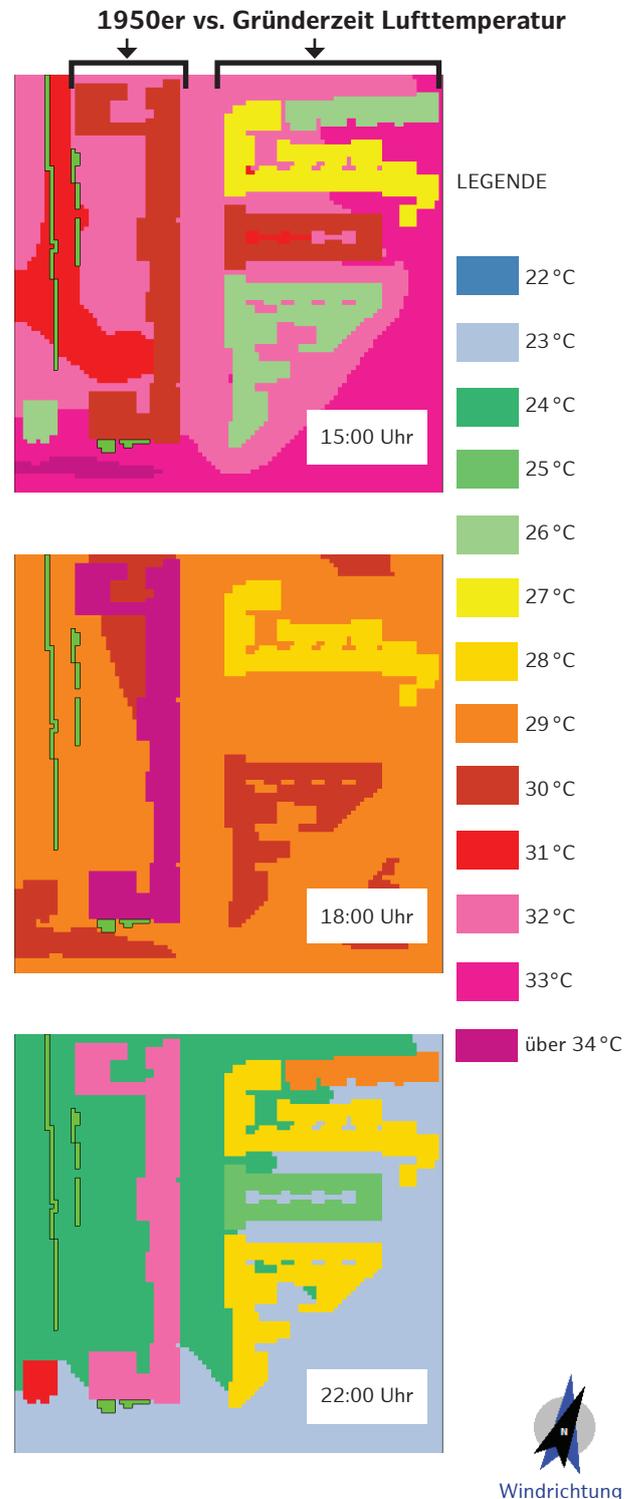
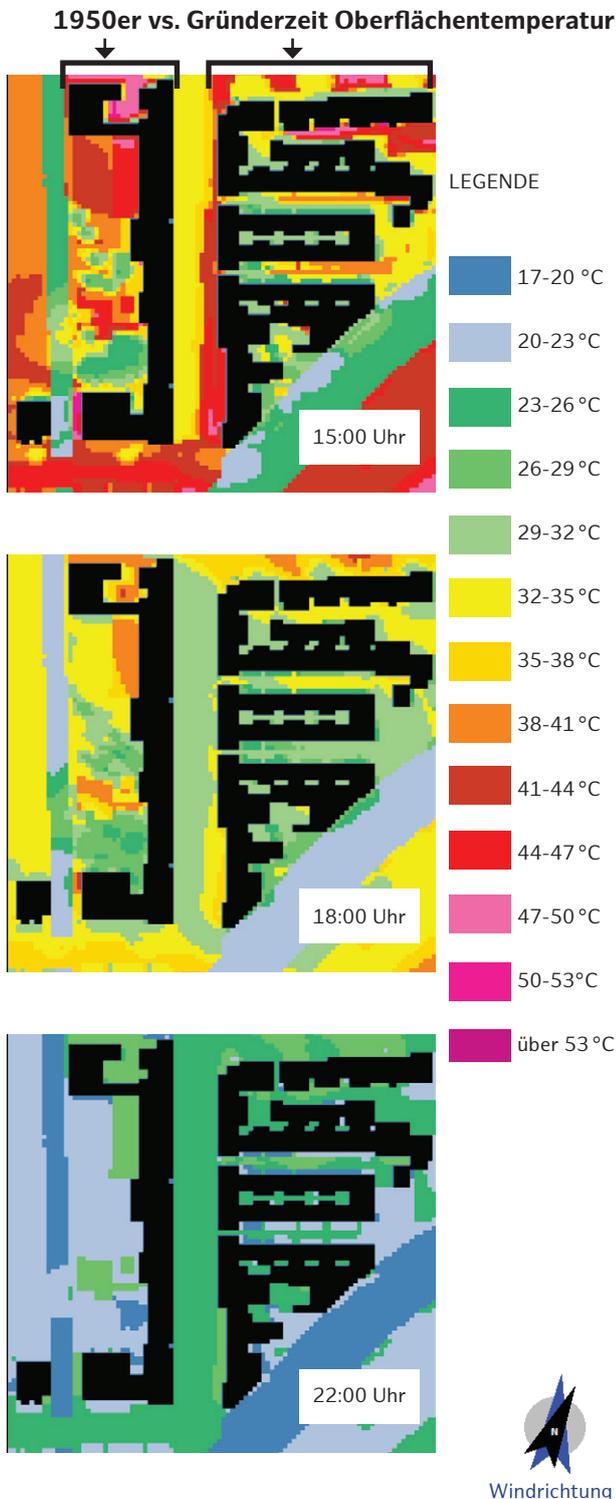


Abb. 7.7: Simulationsergebnisse eines 1950er Jahre- (West) und eines Gründerzeitgebäudes (Ost) in Hamburg am 12.08.2003 als Beispiel für einen Hitzetag. Lufttemperatur (links) und Oberflächentemperatur (rechts). Bestandssituation (Software ENVI-MET 4 Science).

7.3 Auf dem Grundstück



Beläge und Farben

Anders als bei den Dachflächen sollte auf Grundstückflächen eine starke Erhöhung der Helligkeit vermieden werden. Die großen Flächen würden die Sonnenstrahlung reflektieren und die direkte Umgebung erwärmen sowie Personen, die sich dort aufhalten, blenden. Dies würde der Komfort im entsprechenden Straßenraum deutlich reduzieren. Stattdessen sind mittelhelle Beläge und Natursteine in Kombination mit Begrünung (Entsiegelung des Grundstücks) empfehlenswert. Wenn möglich, ist eine Kombination aus Begrünung und Wasserinstallationen empfehlenswert. Dadurch wird Verdunstungskälte erzeugt und die Aufenthaltsqualität verbessert.

Asphaltierte Flächen vs. Grünflächen

Die Verwendung von bestimmten Materialien und ihre Verteilung auf die Grundstücke können eine Überhitzung des Stadtraums begünstigen. Dies ist beispielsweise bei asphaltierten Flächen der Fall, die durch eine hohe Wärmespeicherkapazität, einen hohen Emissionsgrad und eine niedrige Albedo gekennzeichnet sind (siehe Info-Box 91).

Große versiegelte Flächen wie Parkplätze, die mehrere Stunden direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, haben ein hohes Überhitzungsrisiko. Der Asphalt, der außerhalb von Straßenräumen genutzt wird, ist in der Regel „pur“, also ohne helle Gesteinskörnung. Solchermaßen asphaltierte Flächen erhitzen sich bei direkter Sonneneinstrahlung besonders stark. Wie auch bei anderen versiegelten Flächen können außerdem Niederschläge nicht versickern, wodurch kein Wasser im natürlichen Boden gespeichert und infolgedessen dieser seine Verdunstungsleistung verliert.

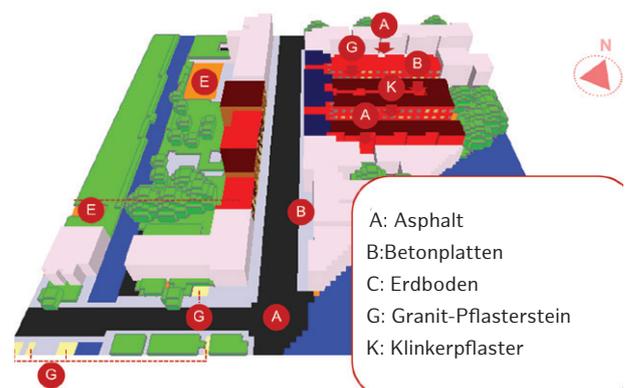


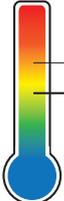
Abb. 7.8: Input-Model (Software ENVI-MET 4 Science).

Ziel des Kapitels

Dieses Kapitel stellt Informationen bereit, um möglichst schnell und effektiv überprüfen zu können, ob ein Gebäude oder Grundstück durch Überhitzung betroffen sein kann. Sollte dies der Fall sein, können geeignete Maßnahmen zur Hitzevorsorge ausgewählt werden, um so langfristig Schäden zu vermeiden.

Schritt 2: Überhitzungsrisiko identifizieren und klimasensible Maßnahmen auswählen

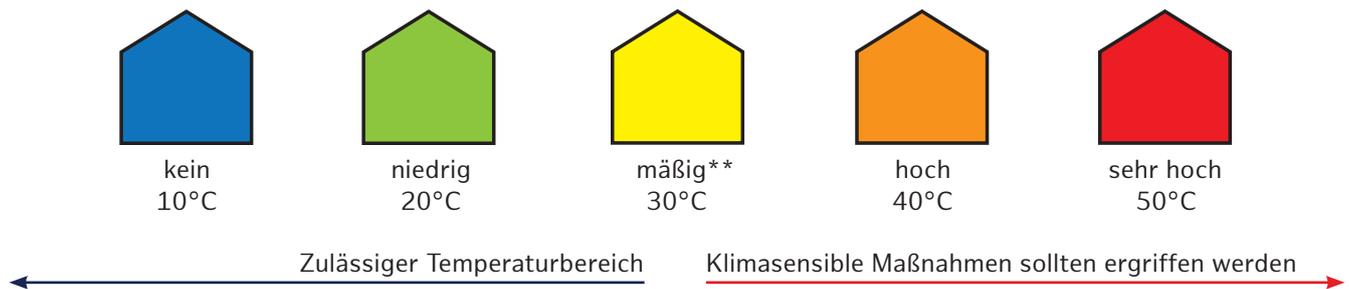
Diese Eigenschaften geben eine Orientierungsgrundlage für das Potenzial an Maßnahmen, die für die jeweilige Baualterklasse in Frage kommen. Zudem wurde eine Analyse in Bezug auf Schwachstellen hinzugefügt, die bei der Umsetzung der Maßnahmen berücksichtigt werden sollen. Anhand unterschiedlicher Untersuchungen (Messungen, Aufnahmen, Simulationen und Literaturrecherche) werden die Gebäudeeigenschaften mit den vorliegenden Risiken je nach Baualterklasse dargestellt. Daraus werden mögliche Maßnahmen für die Überhitzungsvorsorge je nach Gebäudeausrichtungen abgeleitet (siehe Abb. 8.0 auf S.63). Durch eine einfache Farbpalette wird das Überhitzungsrisiko wie folgt gezeigt:

- Rot: sehr hoch
 - Orange: hoch
 - Gelb: mäßig
 - Grün: niedrig
 - Blau: kein
- 

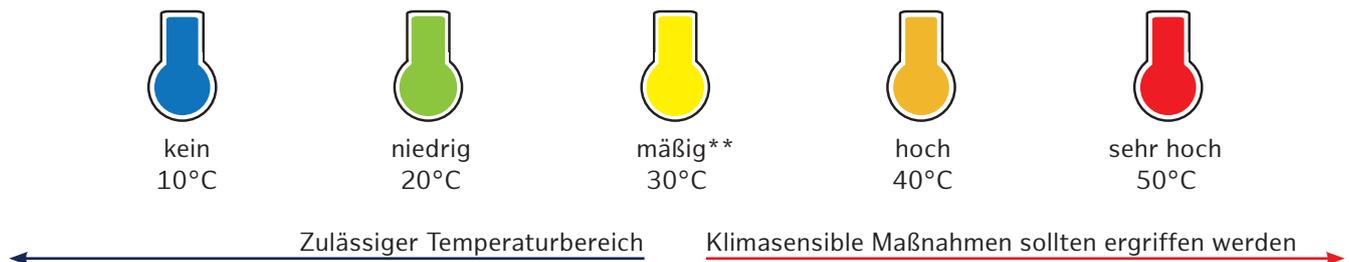
Grenzwert*: 40°C Oberflächentemperatur
26°C Lufttemperatur

* als Vereinfachung für eine operative Temperatur über 26°C

Risikostufen nach Gebäudeausrichtung (Oberflächentemperaturen)



Risikostufen gesamt (Innen- und Außenraumtemperatur)



**Im gelben Bereich müssen nicht zwingend klimasensible Maßnahmen erfolgen, diese können aber wesentlich zur Steigerung des Wohn- und Aufenthaltskomforts beitragen.

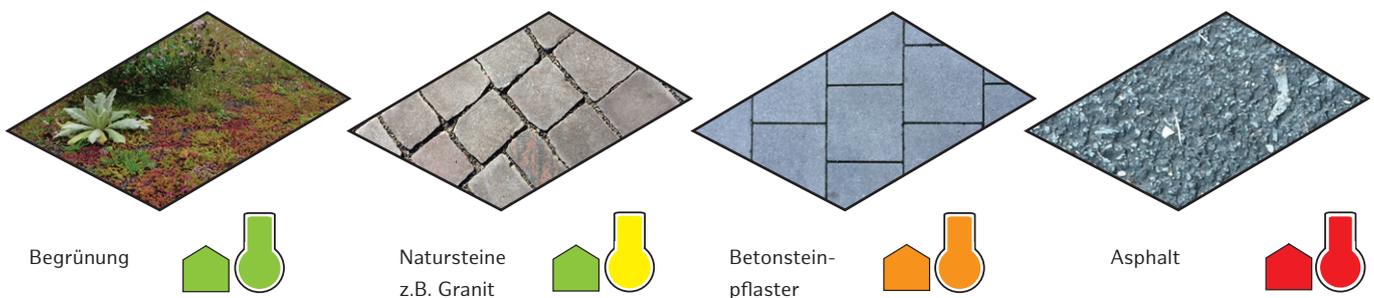
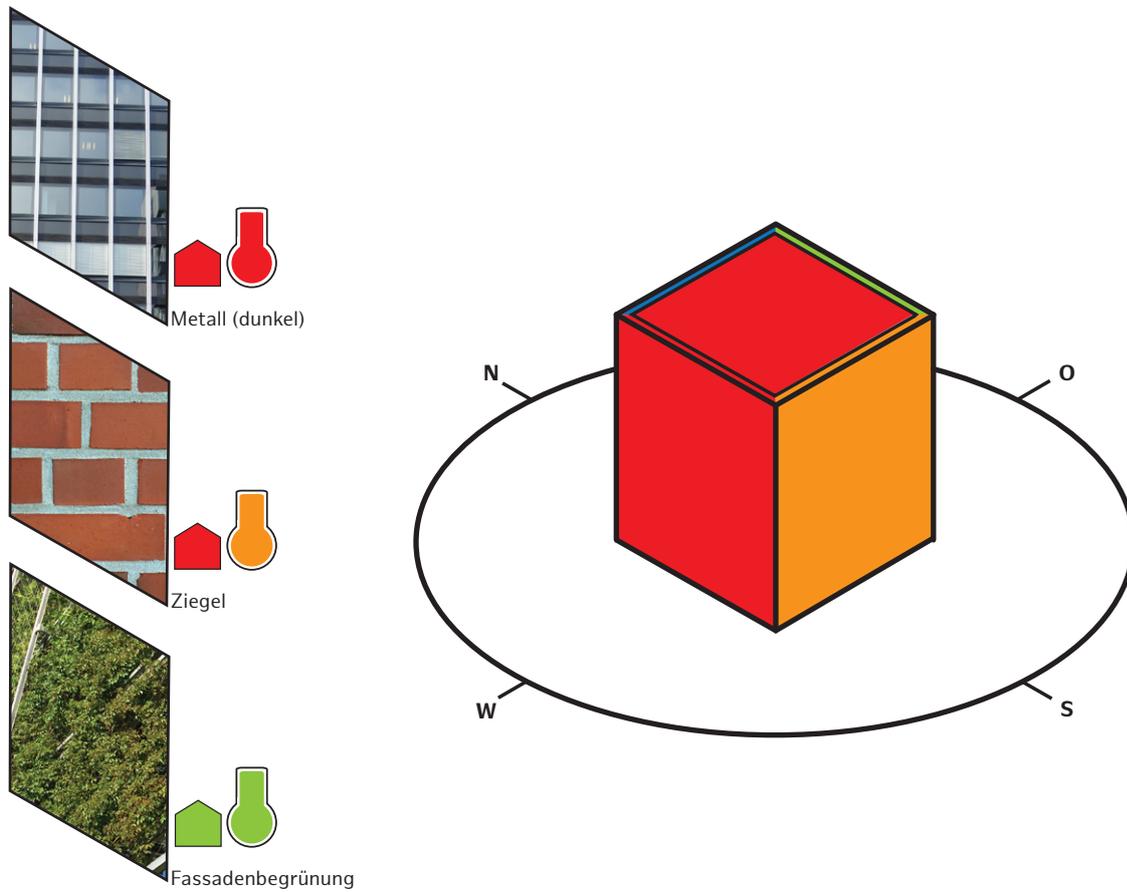
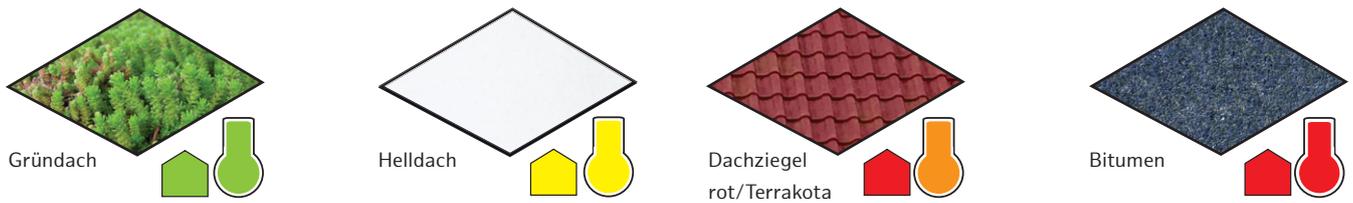


Abb. 8.1: Beispielhafte Darstellung der Unterschiede von Oberflächentemperaturen von Materialien für Dach-, Fassaden- und Grundstücksflächen, sowie der Einfluss auf die Innen- und Außenraumtemperaturen. Genaue Werte sind u.a. von Gebäudeaufbau, Orientierung und meteorologischen Gegebenheiten abhängig. Der Einfluss auf die Innenraumtemperatur ist von der Qualität der Wärmedämmung abhängig.

Baualterklasse: 1860-1918, Gründerzeitbauten



Abb. 8.2: Beispiel eines Gründerzeitgebäudes in Hamburg.

Gründerzeitbauten sind in Hamburg häufig in Form von meist 5-geschossem Wohnungsbau vertreten. Eine häufige Form der Gründerzeitbauten in Hamburg ist der Schlitzbau, auch als „Der Hamburger Knochen“ bekannt.

Fassadenmaterialien

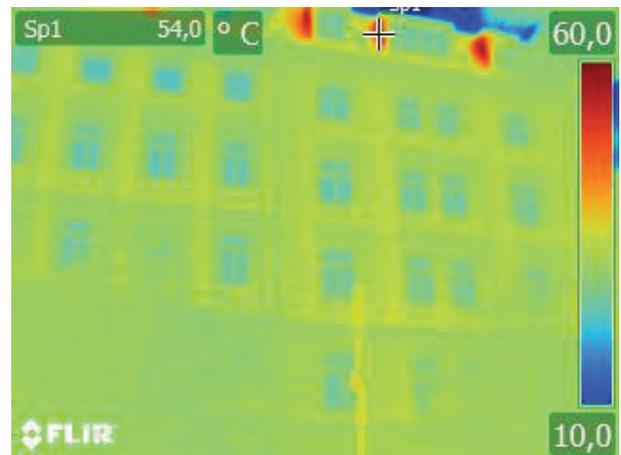
- Vollziegelmauerwerk
- Zweischaliges Mauerwerk

Außenmaterial: Ziegel rot oder Putz in unterschiedlichen Farben

Dachmaterialien

- Holzbalkendecken
- Flachdach (oft nachträglich gebaut)

Dachdeckungen: Biberschwanz (dunkel oder rot), Falzziegel, Flachdachabdichtungen mit Bitumen- oder Teerpappe



Thermalbild des zuvor gezeigten Gründerzeitgebäudes mit Ost-Südostausrichtung.

Sommeraufnahme am 20.07.2016 um 12:00 Uhr
Lufttemperatur (Grad): 25 °C

Energetische Eigenschaften

Vollziegelmauerwerk ohne Wärmedämmung

Bauverordnung/Rechtlicher Rahmen

1. und 2. Hamburger Baupolizeigesetz

Statische Eigenschaften

- Im 19. Jahrhundert wurde mit geringen statischen Kontrollen oder technischen Regeln gebaut
- Ab 1896:
 - Mindestwandstärken
 - Bauprüfung
- Gründerzeitbauten bergen wenig bis keine Lastreserven



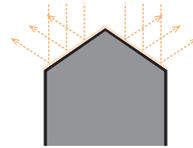
Dachbegrünung mit „Leichtdach“

Statische Eigenschaften und Dachaufbau betrachten, eventuell Ertüchtigung vornehmen



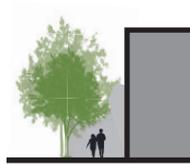
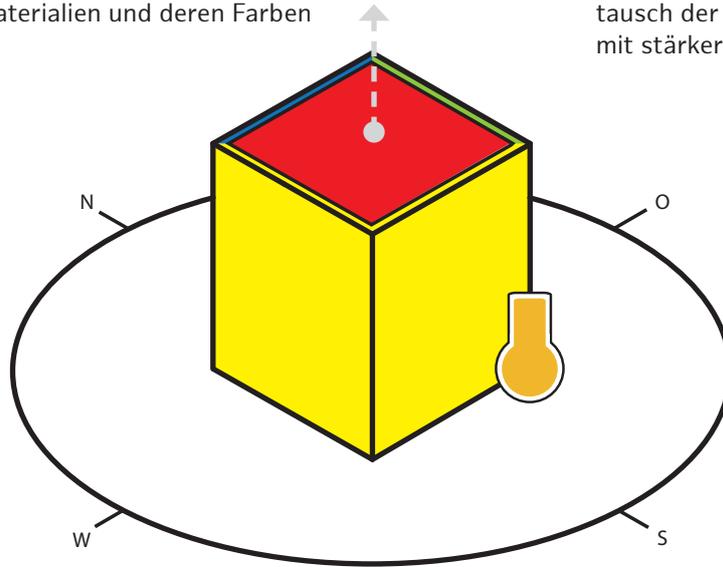
Aufhellung der Flachdächer

Klimasensible Auswahl der Oberflächenmaterialien und deren Farben



Optimierter Einsatz der Materialeigenschaften

Bei geeigneten Dächern unter Denkmalschutz, bei denen die Farbe nicht geändert werden kann: Optimierung der Dachmaterialien durch Materialien mit besseren Eigenschaften (z.B. Reflektionsvermögen, etc.), z.B. Austausch der Dachpfannen durch solche mit stärker reflektierender Lackierung



Bäume vor Fassaden

Da diese Fassaden oft unter Denkmalschutz stehen, ist bei West- und Südausrichtung die Nutzung von Bäumen vor der Fassade als Sonnenschutz, Verschattung und Verdunstungsquelle die prioritäre Maßnahme. Dies ermöglicht eine natürliche Verschattung, die unabhängig von den Gebäuden umgesetzt werden kann. Baumpflanzungen bedeuten auch Verdunstungskälte, weniger Einstrahlung und mehr Biodiversität. So gelangt weniger Strahlung auf die Fassaden, der Innenraum (durch Fenstern) und der Bodenflächen.

Fenster

Die Fenster sind ein wichtiger Bestandteil des Innenraumkomforts. In den Fällen, in denen keine oder keine ausreichende wärmetechnische Sanierung der Fenster und Fensterrahmen erfolgte, sollten diese zuerst getauscht ertüchtigt werden. Hierfür ist eine Energieberatung empfehlenswert, besonders wenn mehrere Sanierungsmaßnahmen geplant sind, damit diese sinnvoll aufeinander abgestimmt und Fehlinvestitionen vermieden werden können.

Baualterklasse: 1919-1948, Zwischenkriegszeitbauten



Abb. 8.3: Beispiel eines Zwischenkriegszeitgebäudes in Hamburg.

Diese Baualterklasse ist charakteristisch für eine zunehmende Industrialisierung der Baustoffherstellung. Verwendung kostengünstiger und einfacher Materialien sowie materialsparender Konstruktionen. Typisch: 5- bis 6-geschossig, mit Sattel- oder Flachdach (Kaltdach).

Fassadenmaterialien

- Zweischaliges Mauerwerk
- Mauern mit Kalkmörtel

Außenmaterial: Ziegel oder Bimsmauerwerk

Dachmaterialien

- 1937: 80% Holzbalkendecken
- Hohlkörperdecken
- Deckenverfüllungen
- Massivdecken aus Beton oder Stein

Dachdeckungen: Biberschwanz (dunkel oder rot), Falzziegel, Flachdachabdichtungen mit Bitumen- oder Teerpappe

Energetische Eigenschaften

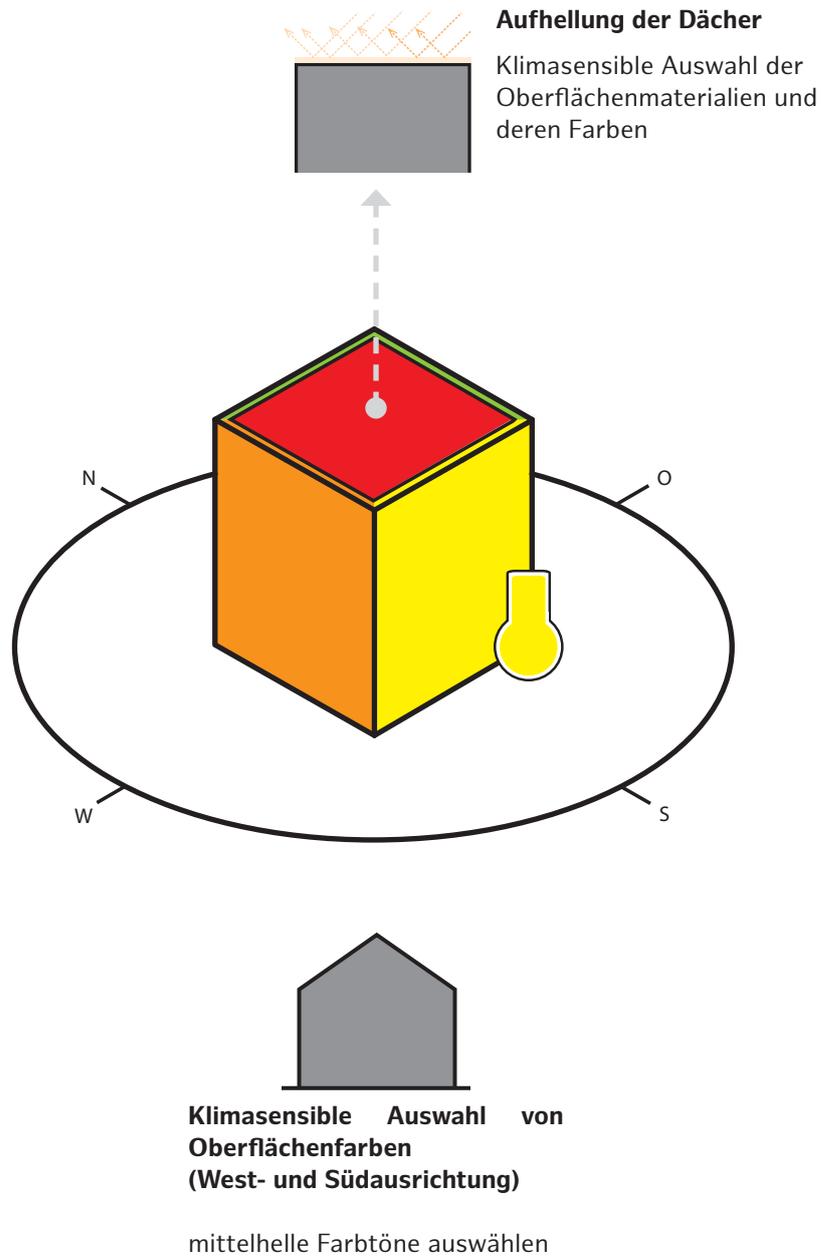
Einsatz von Bauelementen mit Luftkammern bewirkt verbesserten Wärmeschutz im Vergleich zu Gründerzeitbauten (zweischalige Bauweise, Hohlkörper-Decken).

Bauverordnung/Rechtlicher Rahmen

Bauordnung DIN 1053 und DIN 4106 ab 1937

Statische Eigenschaften

- Wohnungsbauten aus 1937-1953 sind am instabilsten aufgrund der unzulässigen Mörtelqualität
- Stahlbetondecken teilweise extrem dünn
- Bauten nach 1937: Bodenverhältnisse wurden ermittelt und allgemein umfassende statische Berechnung durchgeführt
- Bauten gemäß der Altonaer Bauordnung von 1928 haben die steifsten und stabilsten Außenwände



Wärmetechnische Sanierung (Alle Fassaden)

In den Fällen, in denen bislang keine oder keine ausreichende wärmetechnische Sanierung der Fenster und Fensterrahmen erfolgte, sollten diese zuerst getauscht oder ertüchtigt werden. Hierfür ist eine Energieberatung empfehlenswert, besonders wenn mehrere Sanierungsmaßnahmen geplant sind.

Baualterklasse: 1949-1957, Gebäude der 1950er - Nachkriegszeitbauten



Abb. 8.4: Beispiel eines 1950er Jahre-Gebäudes in Hamburg.



Thermalbild des zuvor gezeigten Gebäudes mit West-Südwestausrichtung.

Sommeraufnahme am 20.07.2016 um 18:00 Uhr
Lufttemperatur (Grad): 28 °C

Typisch: 5- bis 8-geschossig, mit Sattel-oder Flachdach. Sparsame Bauweise der Nachkriegszeit, häufig mit Trümmer-Materialien.

Fassadenmaterialien

- Außenwände aus Ziegel-, Schlacke- oder Bimsmauerwerk
- Auch Einsatz von Lochziegeln und Leichtbetonsteinen
- Klinkervorsatzschale

Außenmaterial: Klinker oder Putz

Dachmaterialien

- Flachdächer aus Stahlbeton (Kaltdach)

Dachdeckungen: Pappdach mit Bitumen oder Teer, Flachdachpfannen lösen Biberschwanzdeckung ab

Energetische Eigenschaften

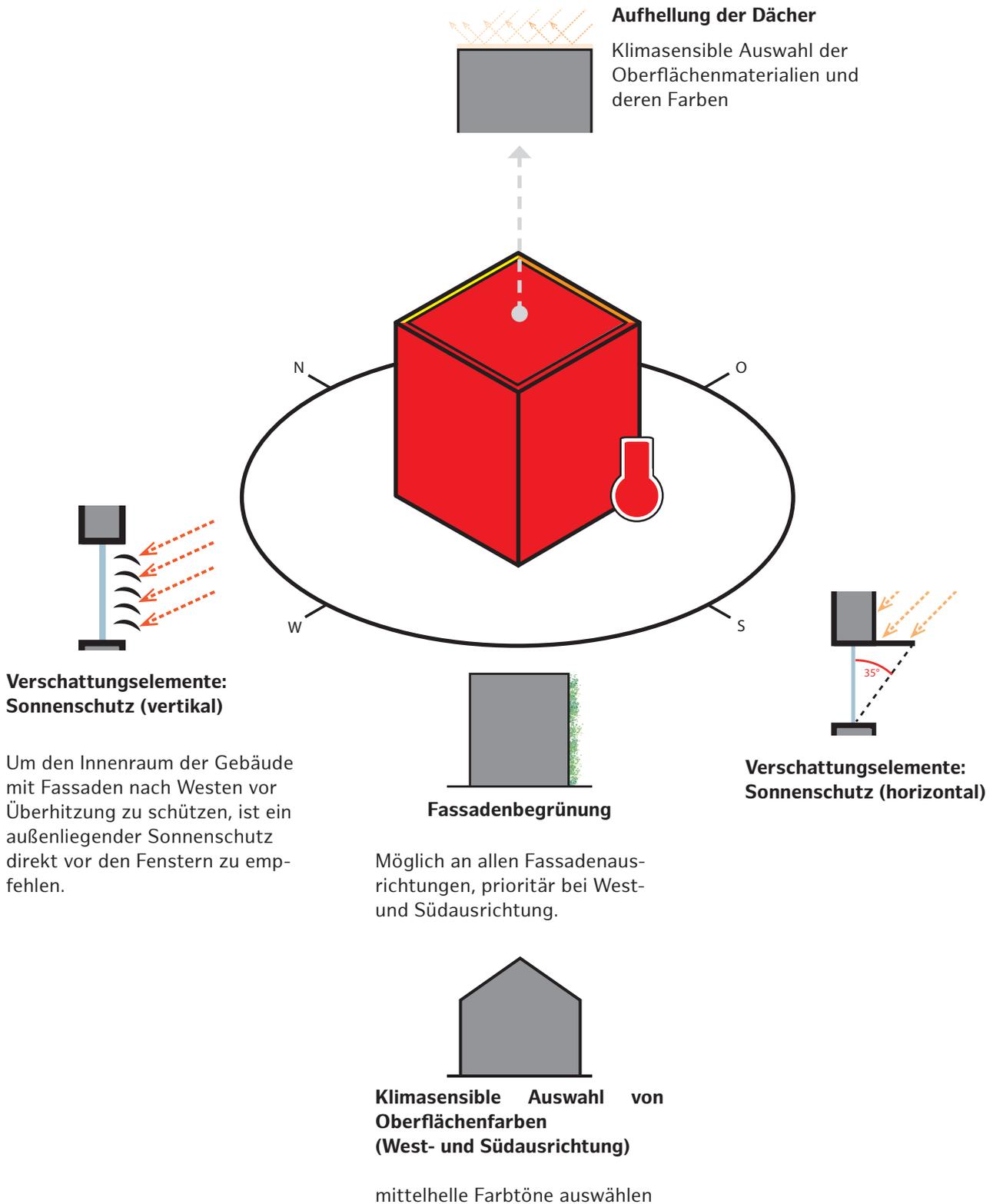
- Unzureichende oder keine Wärmedämmung
- Zweischaliges Mauerwerk mit Luftschicht als Schlagregenschutzwand. Dieses hat Außenluftverbindung und dementsprechend keine wärmedämmende Wirkung. Die Luftschicht wird am Fußpunkt abgedichtet und durch die Luftschlitze entwässert
- Wärmebrücken an auskragenden Balkons

Bauverordnung/Rechtlicher Rahmen

Neufassung DIN 4106
DIN 4108 regelt Mindestwärmeschutz

Statische Eigenschaften

- Außenwände der Gebäude nach der DIN 4106 (ab 1953) bergen kaum Belastungsreserven
- Verringerte Holzquerschnitte an Steildächern



Wärmetechnische Sanierung (Alle Fassaden)

In den Fällen, in denen bislang keine oder keine ausreichende wärmetechnische Sanierung der Fenster und Fensterahmen erfolgte, sollten diese zuerst getauscht oder ertüchtigt werden. Hierfür ist eine Energieberatung empfehlenswert, besonders wenn mehrere Sanierungsmaßnahmen geplant sind.

Baualterklasse: 1958-1968, Gebäude der 1960er - Stahlbetonskelettbauten



Abb. 8.5: Beispiel eines Wohngebäudes der 1960er Jahre in Hamburg.



Thermalbild des zuvor gezeigten Gebäudes (Südwestfassade).

Sommeraufnahme am 24.08.2016 um 16:20 Uhr
Lufttemperatur (Grad): 27,6 °C

Stahlbetonskelettbau, erlaubt
ab Ende der 1950er Jahre im Geschosswohnungsbau
der ersten Hochhaussiedlungen

Fassadenmaterialien

- Vorhangfassaden als Sprossen- oder Tafelkonstruktion mit einem hohen Glasanteil bei Bürogebäuden (siehe Abb. 7.5 auf Seite 58)
- Betonelemente oder Mauerwerk (zweischalig unverputzt) bei Wohngebäuden

Dachmaterialien

- Hauptsächlich Flachdächer in Massivbauweise

Dachdeckungen:

- Betondecken mit schwimmendem Estrich
- Bitumen oder Teer

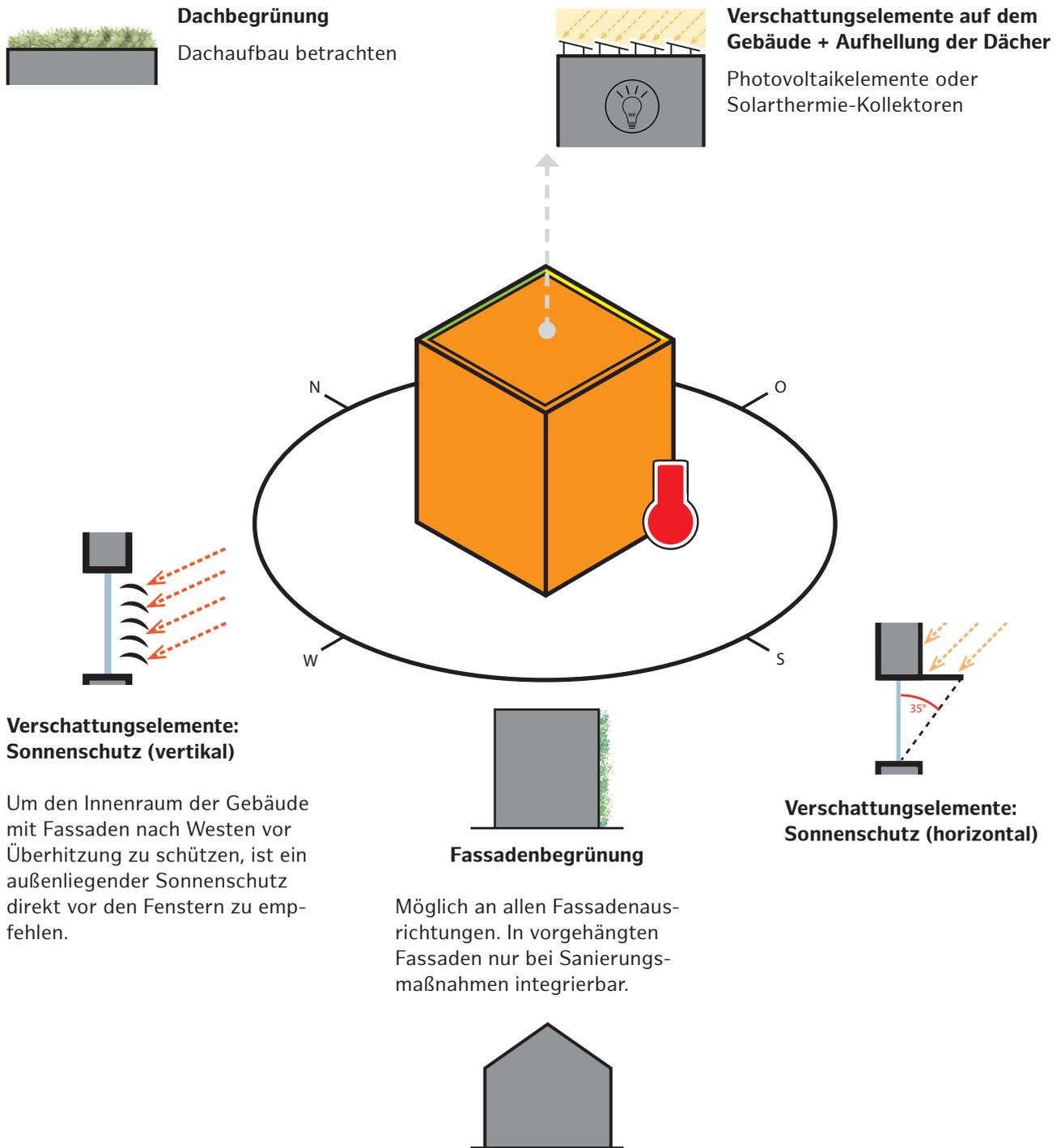
Energetische Eigenschaften

- Nahezu kein konstruktiver Wärmeschutz
- Starke Wärmebrücken an auskragenden Balkons und Loggien, aufgrund von Betonkonstruktionen ohne thermische Trennung

Statische Eigenschaften

- Tragende Außenwände werden in den 1960er Jahren zunehmend von tragenden Innenwänden abgelöst
- Minimale Außenwandquerschnitte

Überhitzungsrisiko und potenzielle Maßnahmen nach Gebäudeausrichtung



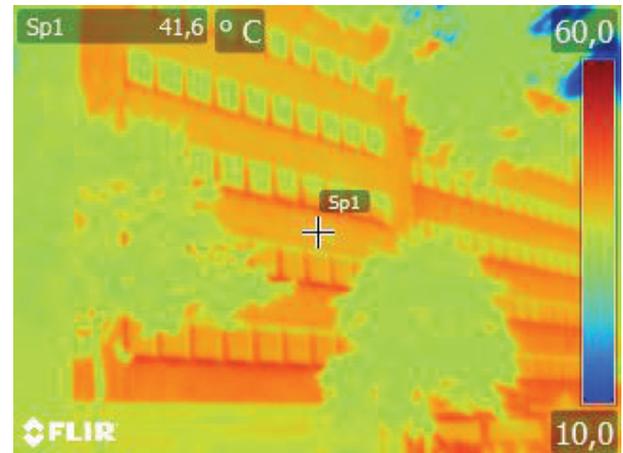
Klimasensible Auswahl von Oberflächenfarben

Die klimasensible Auswahl von Oberflächenfarben ist eine Maßnahme, die jederzeit umgesetzt werden kann. Bei Sanierungsmaßnahmen sollte eine klimasensible Auswahl von Materialeigenschaften und gezielte Fassadenbegrünung an gefährdeten Fassaden vorgezogen werden sowie eine wärmetechnische Sanierung, die auskragende Balkons und Loggien mitintegriert.

Baualterklasse: 1969-1978, Gebäude der 1970er - industrialisierte Bauweise



Abb. 8.6: Beispiel eines Gebäudes der 1970er Jahre in Hamburg.



Thermalbild des zuvor gezeigten Gebäudes mit Nord-Nordwestausrichtung.

Sommeraufnahme am 20.07.2016 um 18:00 Uhr
Lufttemperatur (Grad): 20 °C

Industrielle Bauweise (Fertigbausysteme, Sandwichkonstruktionen) typisch bei Verwaltungsgebäuden und Großsiedlungen.

Fassadenmaterialien

- Standardisierte Stahlbetonbauteile, industriell vorgefertigt
- Sandwich-Konstruktionen

Dachmaterialien

- Stahlbetondecken mit Dämmung (<6cm)

Dachdeckungen: Bitumen

Energetische Eigenschaften

- Keine Wärmedämmung bis 1977
- DIN 4108 wird aufgrund der Energiekrise verschärft

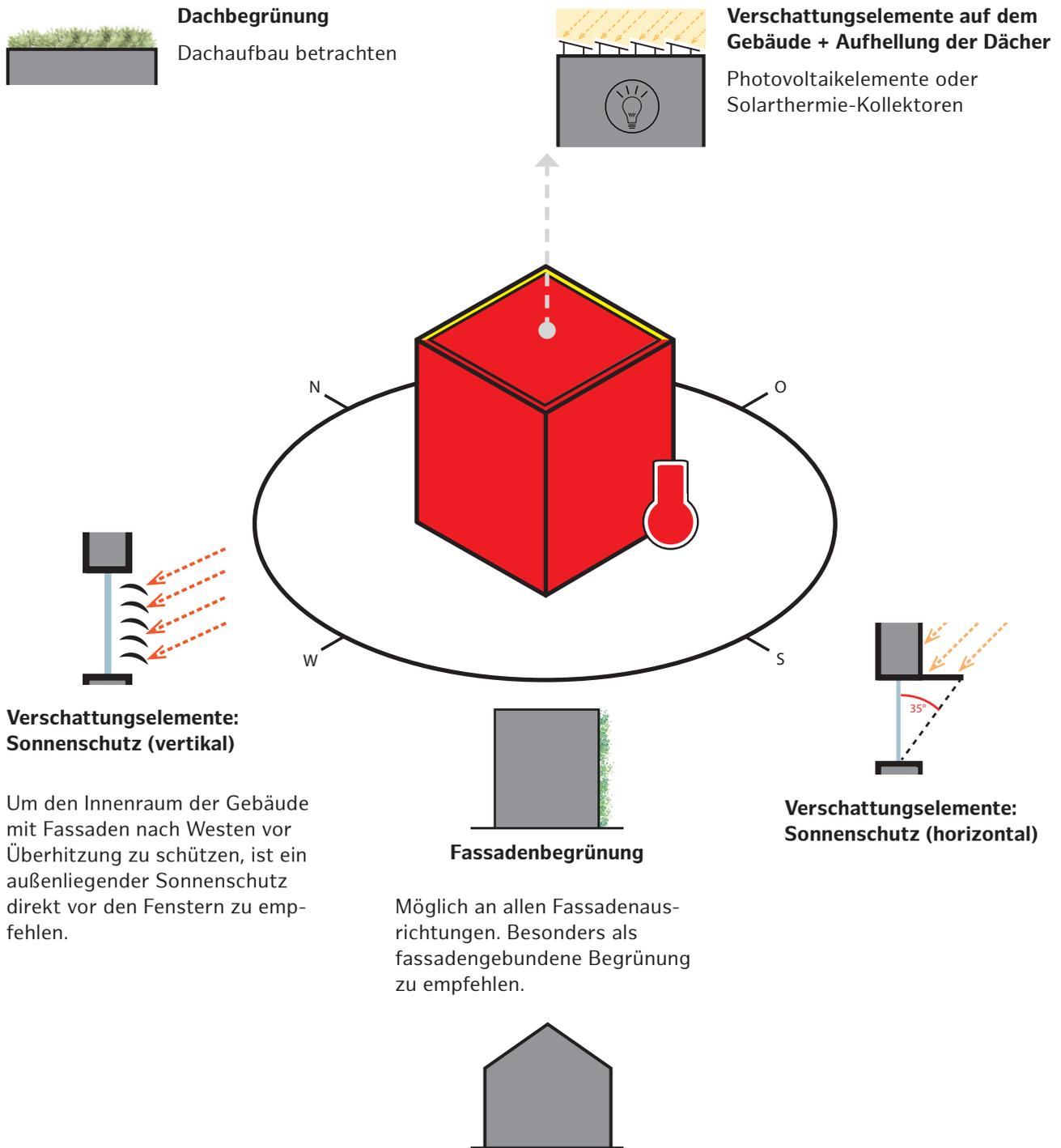
Bauverordnung/Rechtlicher Rahmen

- 1974: Aufhebung der DIN 4106
- Energieeinsparungsgesetz (EnEG ab 1976)
- 1. Wärmeschutzverordnung (ab 1977)

Statische Eigenschaften

Keine bemerkbaren statischen Einschränkungen, ggf. bedenkliche Einzelfälle prüfen.

Überhitzungsrisiko und potenzielle Maßnahmen nach Gebäudeausrichtung



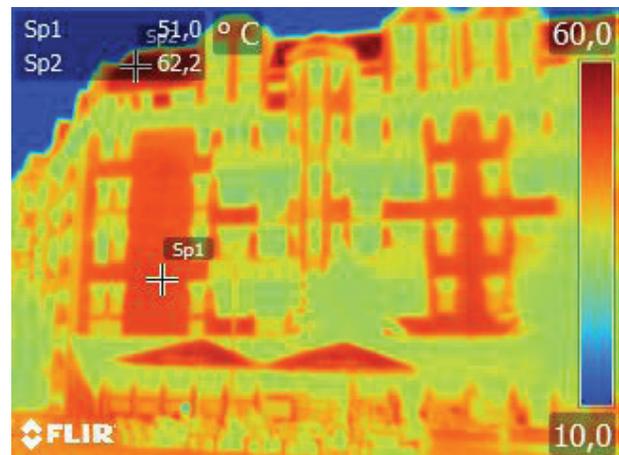
Klimasensible Auswahl von Oberflächenfarben

Die klimasensible Auswahl von Oberflächenfarben ist eine Maßnahme, die jederzeit umgesetzt werden kann. Bei Sanierungsmaßnahmen sollte eine klimasensible Auswahl von Materialeigenschaften und gezielte Fassadenbegrünung an gefährdeten Fassaden vorgezogen werden sowie eine wärmetechnische Sanierung aller Fassaden.

Baualterklasse: 1979-1983, Umsetzung der 1. Wärmeschutzverordnung



Abb. 8.7: Beispiel eines Gebäudes der Jahre 1980-1981 in Hamburg.



Thermalbild des zuvor gezeigten Gebäudes mit Südostausrichtung.

Sommeraufnahme am 20.07.2016 um 12:00 Uhr
Lufttemperatur (Grad): 20 °C

Bauweise verändert sich aufgrund der WSchV (Wärmeschutzverordnung).

Fassadenmaterialien

- Außenwände aus Beton oder Ziegelmauerwerk (zweischalig mit Klinkervorsatzschale)
- Im Bürogebäude: vorgehängte Fassaden werden zu reinen Glasfassaden entwickelt, die industriell hergestellt werden, mit sonnenreflektierender, beschichteter oder gefärbter Verglasung

Außenmaterial: Klinker oder Putz, Glas

Dachmaterialien

Stahlbetondecken

Dachdeckungen:

- Geneigte Dächer mit Eindeckung aus dunklem Ton- oder Betondachstein
- Flachdächer mit Bitumen oder schwimmendem Estrich (Betondächer)

Energetische Eigenschaften

- Immer kleinere Luftkammern bzw. poröse Materialien (in monolithischen Wänden)
- Dünne Wärmedämmverbundsysteme (stärker im Markt vertreten)
- Teilweise thermische Trennung von Balkons und Loggien
- Anlagen zur Gebäudeklimatisierung

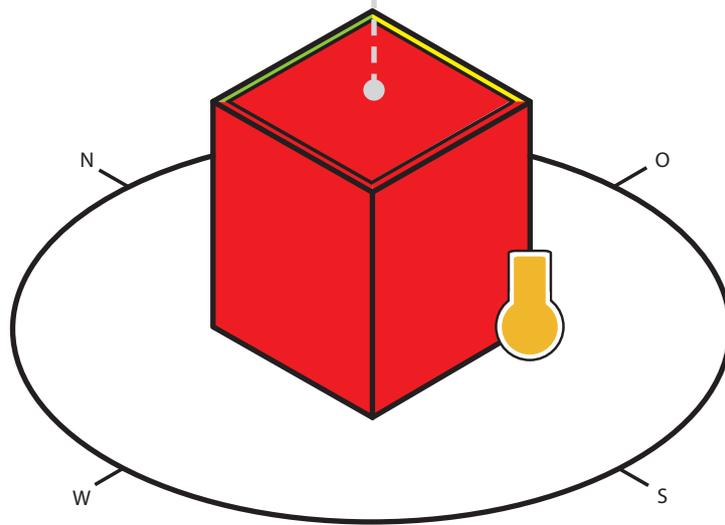
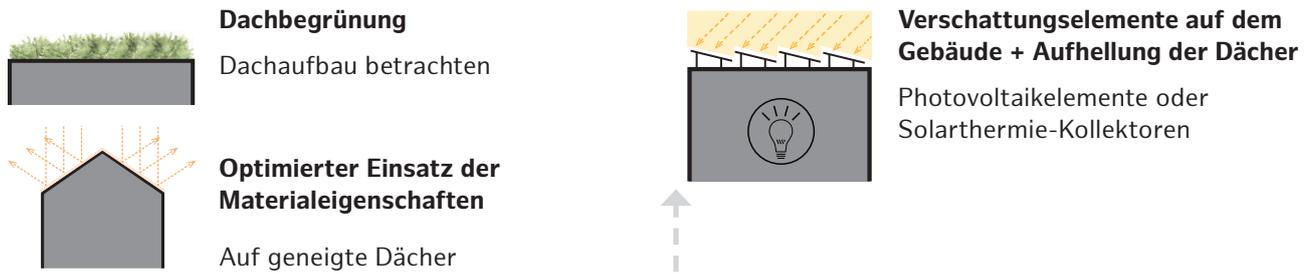
Bauverordnung/Rechtlicher Rahmen

WSchV (Wärmeschutzverordnung)

Statische Eigenschaften

Keine bemerkbaren statischen Einschränkungen, ggf. bedenkliche Einzelfälle prüfen.

Überhitzungsrisiko und potenzielle Maßnahmen nach Gebäudeausrichtung



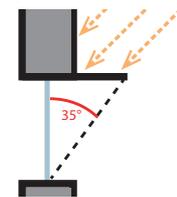
Verschattungselemente: Sonnenschutz (vertikal)

Um den Innenraum der Gebäude mit Fassaden nach Westen vor Überhitzung zu schützen, ist ein außenliegender Sonnenschutz direkt vor den Fenstern zu empfehlen.



Verschattungselemente an/vor Fassaden

Dies sind Elemente, die die Fassade verschatten, wie z.B. Balkons an der Fassade oder Bäume vor der Fassade als Sonnenschutz, Verschattung und Verdunstungsquelle.



Verschattungselemente: Sonnenschutz (horizontal)



Fassadenbegrünung

Möglich an allen Fassadenausrichtungen. Besonders als fassadengebundene Begrünung zu empfehlen.

Baualtersklasse: 1984-1994, 2. Wärmeschutzverordnung (WSchV 84)



Abb. 8.8: Beispiel dieser Baualtersklasse in Hamburg.

Fassadenmaterialien

- Mauerwerk aus porierten Ziegeln, Kalksandstein, Porenbeton o.ä., teilweise mit Außendämmung
- Tafelbauweise mit Beton-Sandwich-Elementen
- Klinkervorsatzschale

Außenmaterial: Klinker, Putz, etc.

Dachmaterialien

- Anfangs flache, später geneigte/steile Dächer
- Sparren sichtbar oder mit Mineralwolle und Gipskartonplatten bekleidet und verputzt

Dachdeckungen: Tonziegel, Betonschindeln und -dachsteine (geneigte/steile Dächer) und Bitumen (Flachdächer)

Energetische Eigenschaften

- Erste Niedrigenergiehäuser im Markt vertreten
- Teilweise Außendämmung

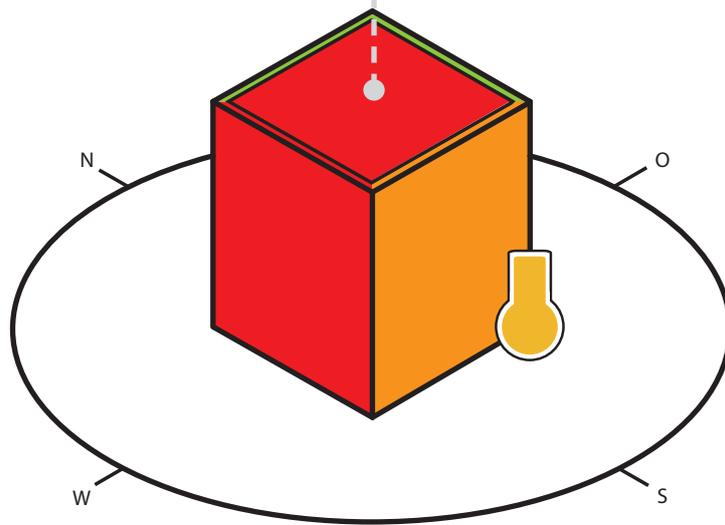
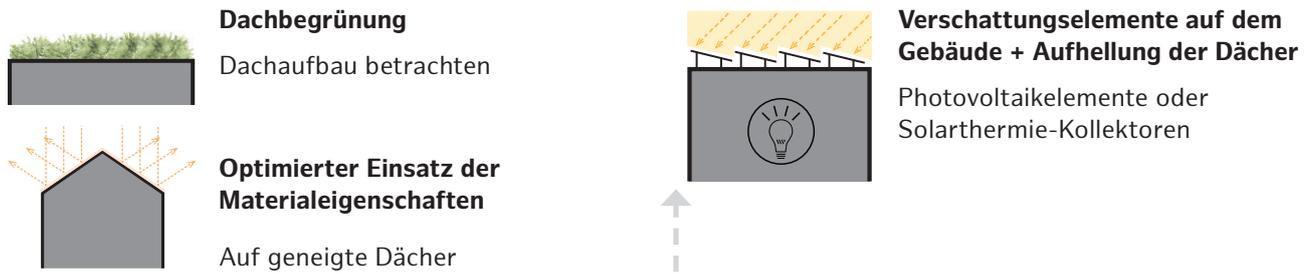
Bauverordnung/Rechtlicher Rahmen

2. Wärmeschutzverordnung (ab 1984)

Statische Eigenschaften

Keine bemerkbaren statischen Einschränkungen, ggf. bedenkliche Einzelfälle prüfen.

Überhitzungsrisiko und potenzielle Maßnahmen nach Gebäudeausrichtung



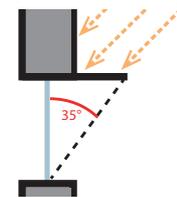
Verschattungselemente: Sonnenschutz (vertikal)

Um den Innenraum der Gebäude mit Fassaden nach Westen vor Überhitzung zu schützen, ist ein außenliegender Sonnenschutz direkt vor den Fenstern zu empfehlen.



Verschattungselemente an/vor Fassaden

Dies sind Elemente, die die Fassade verschatten, wie z.B. Balkons an der Fassade oder Bäume vor der Fassade als Sonnenschutz, Verschattung und Verdunstungsquelle.



Verschattungselemente: Sonnenschutz (horizontal)



Fassadenbegrünung

Möglich an allen Fassadenausrichtungen. Besonders als fassadengebundene Begrünung zu empfehlen.

Baualterklasse: 1995-2001, 3. Wärmeschutzverordnung (WSchV 95)



Abb. 8.9: Beispiel dieser Baualterklasse in Hamburg.

Fassadenmaterialien

- Klinkervorsatzschale
- Teilweise Tafel-Bauweise mit Beton-Sandwich-Elementen

Außenmaterial: Klinker, Putz, etc.

Dachmaterialien

- Beton (Flachdächer)
- Sparren sichtbar oder mit Mineralwolle und Gipskartonplatten bekleidet und verputzt (geneigte Dächer)

Dachdeckungen: Tonziegel, Betonschindeln und -dachsteine, Schieferplatten, Faserzement oder Bitumenschindeln (geneigte Dächer) und Bitumen (Flachdächer)

Energetische Eigenschaften

- Einsatz von Wärmedämmverbundsystemen

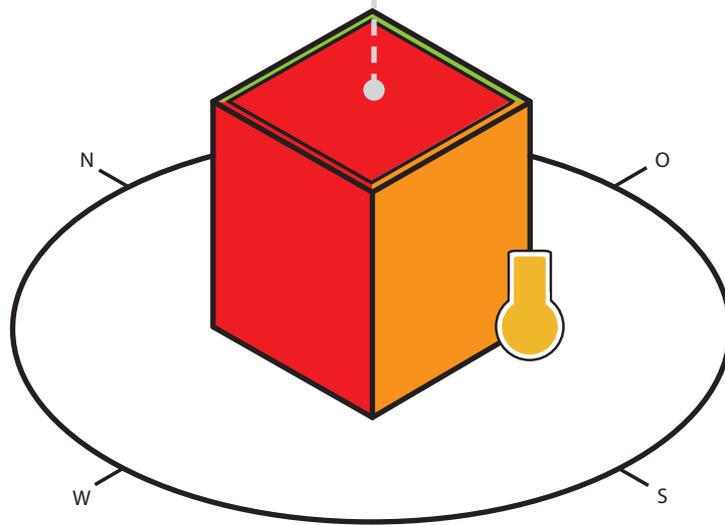
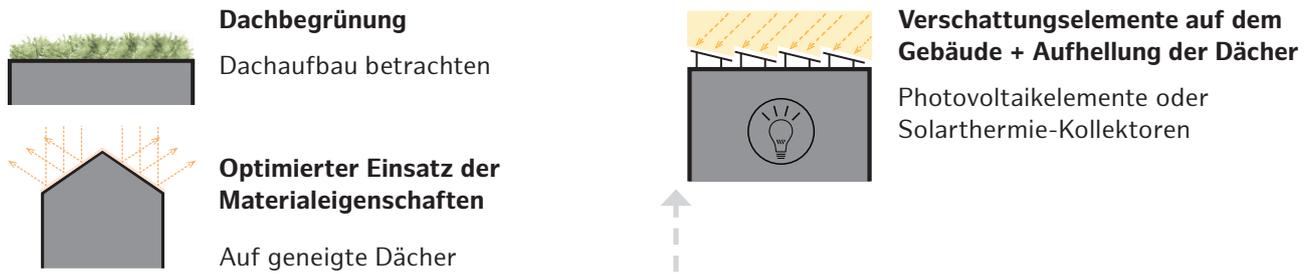
Bauverordnung/Rechtlicher Rahmen

3. Wärmeschutzverordnung (ab 1995)

Statische Eigenschaften

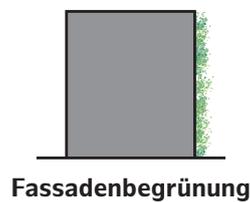
Keine bemerkbaren statischen Einschränkungen, ggf. bedenkliche Einzelfälle prüfen.

Überhitzungsrisiko und potenzielle Maßnahmen nach Gebäudeausrichtung



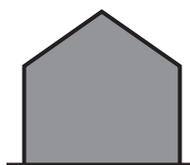
Verschattungselemente: Sonnenschutz (vertikal)

Um den Innenraum der Gebäude mit Fassaden nach Westen vor Überhitzung zu schützen, ist ein außenliegender Sonnenschutz direkt vor den Fenstern zu empfehlen.



Möglich an allen Fassadenausrichtungen. Besonders als fassadengebundene Begrünung zu empfehlen.

Verschattungselemente: Sonnenschutz (horizontal)

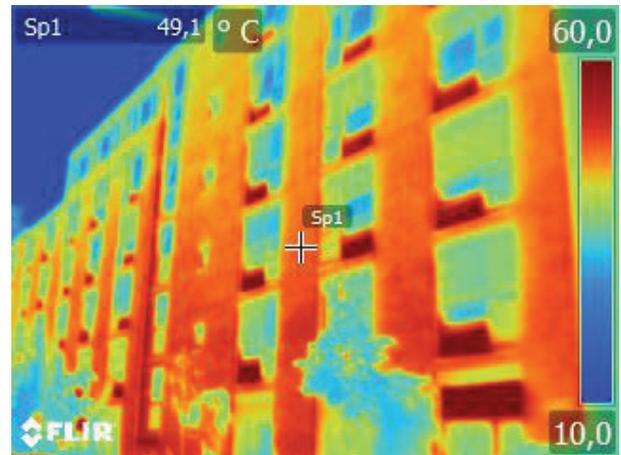


Die klimasensible Auswahl von Oberflächenfarben ist eine Maßnahme, die jederzeit umgesetzt werden kann. Bei Sanierungsmaßnahmen sollte eine klimasensible Auswahl von Materialeigenschaften und gezielte Fassadenbegrünung an gefährdeten Fassaden vorgezogen werden sowie eine wärmetechnische Sanierung aller Fassaden.

Baualterklasse: 2002-2015, Energieeinsparverordnung (EnEV)



Abb. 8.10: Beispiel dieser Baualterklasse in Hamburg.



Thermalbild des zuvor gezeigten Gebäudes.

Sommeraufnahme am 20.07.2016 um 12:00 Uhr
Lufttemperatur (Grad): 24 °C

Fassadenmaterialien

- Beton
- Vorgehängte Fassaden
- Mauerwerk monolithisch aus porosierte Ziegel, Porenbeton, o.ä. mit Leichtmörtel) oder massiv (z.B. Kalksandstein) mit Wärmedämmverbundsystem

Außenmaterial:

- Klinkervorsatzschale
- Putz
- Keramik
- Glas

Dachmaterialien

- Beton

Dachdeckungen: Bitumen, Beton

Energetische Eigenschaften

Einsatz von Wärmedämmverbundsystemen

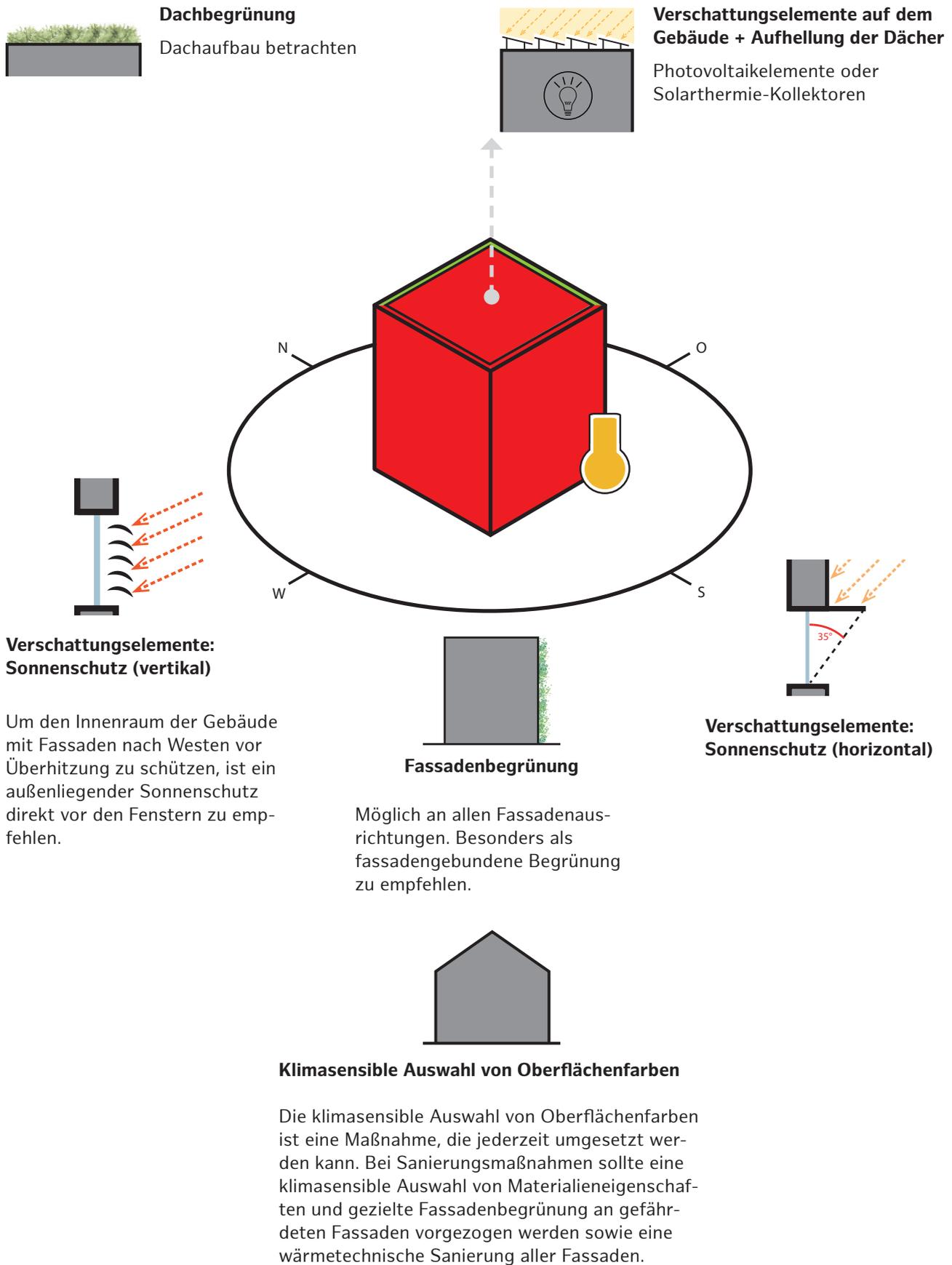
Bauverordnung/Rechtlicher Rahmen

- Energieeinsparverordnung (EnEV ab 2002)
- Förderung für KfW-Energiesparhäuser 60 und 40
- neue Anforderungen der EnEV ab Herbst 2009: Niedrigenergiehäuser als Standard
- Förderung für KfW-Effizienzhäuser 70, 55 und 40

Statische Eigenschaften

Keine bemerkbaren statischen Einschränkungen, ggf. bedenkliche Einzelfälle prüfen.

Überhitzungsrisiko und potenzielle Maßnahmen nach Gebäudeausrichtung





8.2 Schritt 3: Umsetzung der klimasensiblen Maßnahmen prüfen

Um die Umsetzbarkeit der klimasensiblen Maßnahmen bzw. einer klimasensiblen Planung zu prüfen, sind folgende Teilschritte zu befolgen:

Teilschritt 3.1: Eignung zur Gebäudebegrünung prüfen

Je nach Baualtersklasse und deren typischen Materialien lassen sich Gebäude nachträglich begrünen. Im Folgenden befindet sich eine Übersicht über unterschiedliche Baualtersklassen und die Aufschlüsselung ihres Potenzials zur nachträglichen Fassadenbegrünung.

KLIMASENSIBLE MASSNAHMEN NACH BAUALTERSKLASSE

I. ÜBERSICHTSTABELLE: BAUALTERSKLASSEN UND FASSADENBEGRÜNUNG

Baualterklasse	bodengebunden				wandgebunden			Anmerkungen
	Selbstklimmer	Gerüstkletterpflanzen			nicht kletternde Begrünungen			
	Wurzelkletterer Haftscheibenranker	Schlinger/Winder	Ranker	Spreizklimmer	Stauden	Kleingehölze	Moose	
1860 - 1918 ¹								
Ein- oder zweischaliges Vollziegelmauerwerk, ungedämmt	Orange	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Orange	<ul style="list-style-type: none"> • Mauerwerk und Putz auf Risse in Material und Fugen prüfen • Statische Eigenschaften prüfen lassen, ggf. Ertüchtigung nötig
Verputzt	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Orange	
1919 - 1948 ¹								
Zweischalige Ziegel- oder Bimsmauerwerke, ungedämmt	Rot	Rot	Rot	Rot	Rot	Rot	Rot	<ul style="list-style-type: none"> • Im Einzelfällen ist die Begrünung möglich, z.B. Gebäude nach der Altonaer Bauordnung • Auf Risse prüfen
1949 - 1957 ¹								
Außenwände aus (Loch-) Ziegeln oder Leichtbetonsteinen, ungedämmt	Orange	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Orange	<ul style="list-style-type: none"> • Mauerwerk und Putz auf Risse in Material und Fugen prüfen • Statische Eigenschaften prüfen lassen, ggf. Ertüchtigung nötig
1958 - 1968								
Stahl- oder Stahlbetonskelettbau mit Vorhangfassaden, ungedämmt	Rot	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Separat vorgesetzte Wuchskonstruktionen werden empfohlen
Ortbeton- und Betonfertigteilwände, ungedämmt	Orange	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Orange	Bodengebundene Begrünungen: Maximalhöhe 24 Meter
1969 - 1978								
Industriell vorgefertigtes Stahlbetonmauerwerk, ab 1977 gedämmt	Orange	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Orange	

I. ÜBERSICHTSTABELLE: BAUALTERSKLASSEN UND FASSADENBEGRÜNUNG

Baualterklasse	bodengebunden				wandgebunden			Anmerkungen
	Selbst- klimmer	Gerüstkletterpflanzen			nicht kletternde Begrünungen			
	Wurzelkletterer Haftscheibenranker	Schlinger/Winder	Ranker	Spreizklimmer	Stauden	Kleingehölze	Moose	
1979 - 1983 ²								
Zweischalige Außenwände aus Beton oder Ziegelmauerwerk, gedämmt	■	■	■	■	■	■	■	Mauerwerk und Putz auf Risse in Material und Fugen prüfen
1984 - 1994 ^{1,2}								
Mauerwerk aus porositäten Ziegeln, Kalksandstein, Porenbeton, gedämmt	■	■	■	■	■	■	■	Sekundärkonstruktionen mit eigener Grünebene empfohlen
1995 - 2001 ²								
Tafel-Bauweise mit Beton-Sandwich-Elementen, mit Kerndämmung	■	■	■	■	■	■	■	Widerstandsfähige, montagefreundliche Außenschale
2002 - 2015 ²								
Wärmedämmverbundsysteme	■	■	■	■	■	■	■	Verankerung an tragender Wand

LEGENDE

- geeignet
- bedingt geeignet*
- nicht geeignet

* Eignung muss im Einzelfall geprüft werden: Statische Belastbarkeit der Außenhaut, Haftgrund für pflanzenphysiologische Eignung und unerwünschte Möglichkeit des Hinterwachstums prüfen.

Einteilung nach Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Wand- und Fassadenbegrünungen von der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.

¹ Gebäude dieser Baualterklasse wurden häufig mit Klinkervorsatzschale gebaut. Eignung dieser Bauweise zusätzlich prüfen, siehe Tabelle 2.

² Gebäude dieser Baualterklasse wurden häufig mit Wärmedämmverbundsystemen als Außendämmung versehen. Eignung dieser Bauweise zusätzlich prüfen, siehe Tabelle 2.

I. ÜBERSICHTSTABELLE: BAUALTERSKLASSEN UND FASSADENBEGRÜNUNG

Baualterklasse	bodengebunden				wandgebunden			Anmerkungen
	Selbstklimmer	Gerüstkletterpflanzen			nicht kletternde Begrünungen			
	Wurzelkletterer Haftscheibenranker	Schlinger/Winder	Ranker	Spreizklimmer	Stauden	Kleingehölze	Moose	
Hamburger Besonderheit ¹								
hinterlüftete Klinkervorsatzschale, gedämmt								Auf intakte Verfugung achten
nicht hinterlüftete Klinkervorsatzschale, mit Kerndämmung								Lastabtragung der Grünebene in die Klinkerschale statisch berechnen
Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) ²								
Wärmedämmverbundsysteme als Außendämmung								<ul style="list-style-type: none"> • Direktbegrünung bei Außendämmung nicht möglich • Verankerung an tragender Wand • Bei Montage auf wärmebrücken-reduzierende und statisch berechnete Halterungen achten

LEGENDE

- geeignet
- bedingt geeignet*
- nicht geeignet

* Eignung muss im Einzelfall geprüft werden: Statische Belastbarkeit der Außenhaut, Haftgrund für pflanzenphysiologische Eignung und unerwünschte Möglichkeit des Hinterwachstums prüfen.

Einteilung nach Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Wand- und Fassadenbegrünungen von der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.

¹ Gebäude dieser Baualterklasse wurden häufig mit Klinkervorsatzschale gebaut. Eignung dieser Bauweise zusätzlich prüfen, siehe Tabelle 2.

² Gebäude dieser Baualterklasse wurden häufig mit Wärmedämmverbundsystemen als Außendämmung versehen. Eignung dieser Bauweise zusätzlich prüfen, siehe Tabelle 2.

Bei einem Großteil der Gebäude ist eine nachträgliche Dachbegrünung im Prinzip möglich. Nur bei Gebäuden, die im Zeitraum von 1919 bis 1948 errichtet wurden, ist eine nachträgliche Begrünung nicht empfehlenswert, da diese Gebäude meist kaum Lastreserven aufweisen. Bei Gebäuden der Gründerzeit sowie aus der 1950er Jahren ist gegebenenfalls zu prüfen, ob eine zusätzliche Ertüchtigung der Statik möglich und notwendig ist, um eine Begrünung mit dem entsprechenden Substrataufbau zu tragen. Da die Tragfähigkeit dieser Gebäude in der Regel eher gering ist, sollten hier nur Leichtdach-Begrünungen umgesetzt werden. Ab den 1960er Jahren kann in der Regel eine extensive Begrünung in Leichtbauweise aufgebracht werden. Ab diesem Baualter ist zu prüfen, ob die statischen Eigenschaften des Gebäudes und der Dachkonstruktion eine höherwertige Begrünung erlauben, beispielsweise ein Gründach mit einem Dauereinstau des aufgefangenen Regenwassers. Auf diese Weise kann die Verdunstungsleistung erhöht und das Mikroklima deutlich verbessert werden.

Teilschritt 3.2: Statische und energetische Eigenschaften prüfen (Eignung von Verschattungselementen)

Die Steckbriefe: Klimasensible Maßnahmen nach Baualtersklasse geben Hinweise zu statischen und energetischen Eigenschaften nach Baualtersklasse. Diese stellen eine Orientierungsgrundlage dar, die durch einen Spezialist im Einzelfall überprüft werden sollte. Im Falle von leichten statischen Schwächen könnte ein Statiker beauftragt werden, um eine statische Ertüchtigung vorzunehmen. Bei entsprechendem Potenzial kann die Beauftragung einer Begrünungsfirma erfolgen. Falls aufgrund der statischen Eigenschaften die Begrünung eines Gebäudes bedenklich ist, können gegebenenfalls die Fassaden verschattet und/oder die Fassadenmaterialien und Farben verändert werden. Auch bei Bedenken hinsichtlich anderer Aufbauten auf Dächern, zum Beispiel Photovoltaikanlagen, sowie anderer Verschattungselemente an Fassaden, sollte ein Statiker beauftragt werden. Das Gewicht der Verschattungselemente ist jedoch in der Regel geringer, je nach Typ, als eine Begrünung. Das Gewicht der Photovoltaikmodule variiert, entspricht jedoch in der Regel maximal der Hälfte des Gewichtes (pro m²) der leichtesten Dachbegrünung (Leichtdach). Trotzdem sollten, je nach Anlage beziehungsweise Elementen genau wie bei der Begrünung und andere Aufbauten die Lastreserven der Unterkonstruktion geprüft werden.



Abb. 8.12: Gründach und Photovoltaik als Verschattungselemente auf Dächern.

Teilschritt 3.3: Materialeigenschaften und Farben auswählen

Falls aufgrund der statischen Eigenschaften die Begrünung und/oder Verschattung eines Gebäudes bedenklich ist, können die Farben und wenn möglich die Fassadenmaterialien verändert werden. Die Info-Box: Wichtige Eigenschaften für eine klimasensible Auswahl von Oberflächenmaterialien und deren Farben (S.91) gibt einen Überblick über die thermischen Eigenschaften (Albedo-Werte, Emissionsgrade, Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität) typischer Fassadenmaterialien. Die Werte dieser thermischen Eigenschaften sind in der Tabelle II (S.92) eingefügt. Diese stellt ein Werkzeug für die Auswahl geeigneter Materialien und Farben dar.

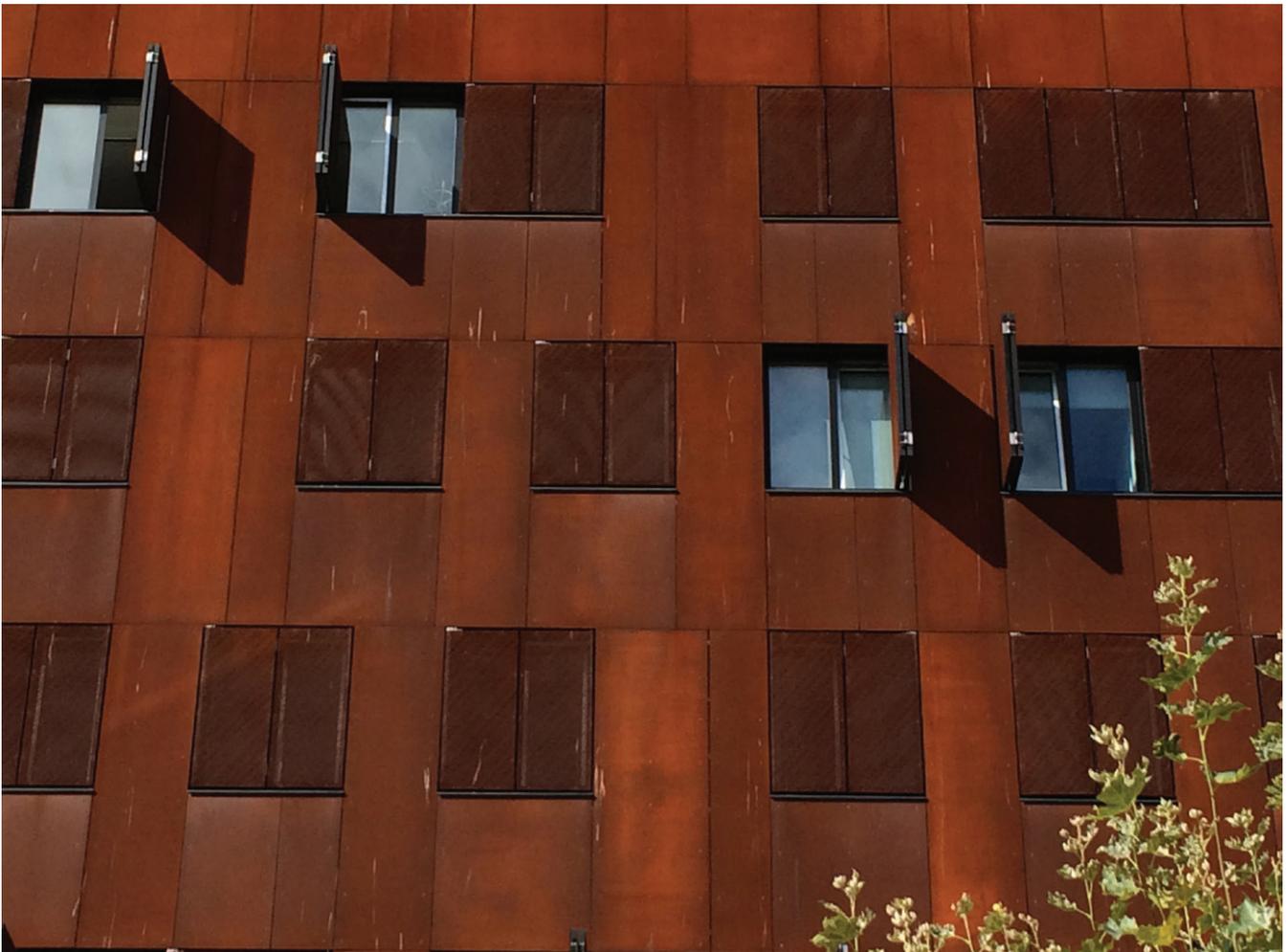


Abb. 8.13: Adaptive Verschattungselemente an Fenstern, Wien.

WICHTIGE EIGENSCHAFTEN FÜR EINE KLIMASENSIBLE AUSWAHL VON OBERFLÄCHENMATERIALIEN UND DEREN FARBEN

Das thermische Verhalten von Bodenflächen, Dachflächen und Fassaden wird hauptsächlich durch die Wahl des Materials und seiner Oberflächenfarbe bestimmt. Es gibt keine optimale Lösung für alle Flächenkategorien. Was zum Beispiel für Dächer gut ist, kann für Straßenräume nachteilig sein. Bei hochreflektierenden Materialien erhöht sich der Albedo-Effekt. Dieser ist beispielsweise für Dächer wünschenswert. Bei engeren Fußgängerzonen könnte es aber zu Mehrfach-Reflexionen im Straßenraum führen, so dass sich die Gebäude aufheizen und sich das Hitze-stressrisiko oder die Blendungseffekte erhöhen.

Die Eigenschaften Albedo, Wärmeleitfähigkeit, Dichte und Wärmekapazität bestimmen Menge und Geschwindigkeit der Aufnahme (Absorption) von Wärme unter Sonneneinstrahlung. Die Eigenschaft Emissionsvermögen bestimmt die Geschwindigkeit der Abgabe der eingespeicherten Wärme an die Umgebung. Oberflächen im Sichtbereich von Personen im Außenraum sollen möglichst wenig Sonneneinstrahlung auf diese reflektieren, also kein zu hohes Albedo aufweisen. Die nicht reflektierte Sonneneinstrahlung führt jedoch zu einer Aufheizung der Materialien.

Geschwindigkeit und Temperaturzunahme können durch Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität und Dichte beeinflusst werden. Sofern die prioritären Maßnahmen Verschattung und Fassadenbegrünung nicht umsetzbar sind, stellen massive Materialien mit mittelhellen Oberflächen den besten Kompromiss dar. Sie nehmen die nicht reflektierte Sonneneinstrahlung auf, erwärmen sich moderat und geben die Wärme über einen längeren Zeitraum wieder ab. Oberflächen, die nicht im Sichtbereich von Personen im Außenraum sind, können optimalerweise sofort die Sonneneinstrahlung zurück-reflektieren (hohes Albedo) und so ein Aufheizen generell minimieren.

Wärmeleitfähigkeit oder Wärmeleitkoeffizient (λ)

Die Wärmeleitfähigkeit gibt an, wie gut ein Material Wärme leitet. Die Einheit ist $W/(m \cdot K)$ (Watt pro Meter mal Kelvin). Materialien, die Wärme schlecht leiten, sind gute Isolatoren, zum Beispiel Luft oder Dämmstoffe.

Wärmekapazität (C_0)

Die (spezifische) Wärmekapazität ist das Vermögen eines Materials, thermische Energie zu speichern. Die Einheit ist $J/(kg \cdot K)$ (Joule pro Kilogramm mal Kelvin).

Dichte (ρ) und Dicke

Die Dichte (Einheit kg/m^3) und Dicke eines Materials haben ebenfalls einen Einfluss auf sein thermisches Verhalten.

Albedo

Albedo ist eine Einheit, die das Sonnenlicht-Rückstrahlungs-Verhältnis der Oberfläche eines Materials beschreibt. Sie umfasst die Gesamtheit der ankommenden („kurzwelligigen“) Einstrahlung vom Himmel und von der Sonne, die ein Material reflektiert. Die Sonneneinstrahlung, die nicht reflektiert wird, wird vom Material in Form von Wärme absorbiert, gespeichert und in Form von „langwelliger“ Wärmestrahlung wieder abgegeben. Ein sehr dunkles Material, zum Beispiel Asphalt, hat einen Albedo-Wert nahe 0 und absorbiert entsprechend viel Sonneneinstrahlung. Dagegen hat ein hoch reflektierendes Material einen Wert von fast 1. Für eine hohe Reflektion braucht man eine glatte und helle Oberfläche, sodass sich die darunter liegenden Materialien langsamer und weniger erhitzen.

Emissionsgrad oder Emissivität

Mit dem Emissionsgrad wird die Wärmestrahlung eines Materials beschrieben, die es an seine Umgebung abgibt. Der Wert liegt zwischen 0 und 1. Ein Wert von 1 („schwarzer Körper“) hätte damit eine maximale Emission. Im Gegensatz dazu bedeutet ein Emissionsgrad von 0, dass ein Material keine Wärmestrahlung abgibt. Fast alle Baumaterialien haben einen hohen Emissionsgrad von etwa 0,9. Sie haben damit die Eigenschaft, von der Sonneneinstrahlung aufgenommene Wärme zu speichern und wieder abzugeben. Während der Sonneneinstrahlung heizt sich das Material auf. Nach Ende der Sonneneinstrahlung (Sonnenuntergang, Schatten) gibt das noch erwärmte Material über einen Zeitraum von mehreren Stunden seine Wärmeenergie an die Umgebung ab bis zum Ausgleich der Temperaturen. Die einzige Ausnahme bilden blanke Metalle, die einen sehr geringen Emissionsgrad haben. Sie treten allerdings als Oberflächen in den vier Kategorien nicht auf.

II. ÜBERSICHTSTABELLE: MATERIALEIGENSCHAFTEN

Außenraum					
Material	Albedowert	Emissionsgrad	Wärmeleitfähigkeit W/(m*K)	Wärmekapazität J/(kg*K)	Rohdichte (kg/m³)
Asphalt	0,05	0,97	0,7	1.000	2.100
Asphalt, aufgehell	0,12	0,95	0,7	1.000	2.100
Betonsteinpflaster	0,10 - 0,35	0,97	1,0 - 1,8	880 - 1.000	~1.800
Natursteinpflaster	0,2 - 0,35	0,85	2,8 - 3,5	1.000	2.500-2.700
Beton	~0,4	0,71 - 0,97	1,35	1.000	2.000
Wassergebundene Decke	~0,35	0,90	1,0 - 2,0	910 - 1.180	1.700-2.000
Dächer					
Material	Albedowert	Emissionsgrad	Wärmeleitfähigkeit W/(m*K)	Wärmekapazität J/(kg*K)	Rohdichte (kg/m³)
Bitumenbahn/Bitumenschindel, dunkel	0,13 - 0,15	0,96	0,23	1.000	1.100
Bitumenschindel, weiß	0,2	0,95	0,7	1.000	2.100
Dachziegel	0,10 - 0,35	0,90	1,0	800	2.000
Dachziegel, rot	0,33	0,90	1,0	800	2.000
Dachziegel, dunkel	0,1	0,90	1,0	801	3.000
Schiefer	0,1	0,90	2,2	1.000	2.000-2.800
Betondachsteine	0,35	0,97	1,5	1.000	2.100
Kupfer, oxidiert	0,74	0,74	380	380	8.900
Kies	0,72	0,28	0,7 - 3,5	1.000	1.800-2.800
Außenwände/Fassaden					
Material	Albedowert	Emissionsgrad	Wärmeleitfähigkeit W/(m*K)	Wärmekapazität J/(kg*K)	Rohdichte (kg/m³)
Beton, grau	0,10 - 0,40	0,71 - 0,97	1,0 - 1,8	1.000	2.000
Beton, weiß	0,71	0,90	1,0 - 1,8	1.000	2.000
Keramik/Porzellan	*	0,85 - 0,95	1,3	840	2.300
Fassadenverkleidung mit zementgebundenen Spanplatten	0,10 - 0,40	0,91 - 0,94	0,23	1.500	1.200
Ziegelmauerwerk	0,20 - 0,40	0,90 - 0,92	0,60 - 1,0	840	1.400
Ziegelmauerwerk, hell	0,30 - 0,50	0,90	0,60 - 1,1	840	2.400
Ziegelmauerwerk, rot	0,20 - 0,40	0,90	0,60 - 1,2	840	3.400
Ziegelmauerwerk, dunkel	0,20 - 0,40	0,90	0,60 - 1,2	840	3.400
Ziegelmauerwerk, Kalkstein	0,30 - 0,45	0,90	0,85 - 2,30	1.000	1.600-2.600
Putz (alte Gebäude: Kalk)	*	0,91 - 0,94	0,80	1.000	1.600
Putz (Zement)	*	0,91 - 0,94	1,0	1.000	1.800
Naturstein	0,20 - 0,35	0,85 - 0,95	2,0 - 7,0	1.000	2.500-2.700
Holz	**	0,90	***	1.600	****

II. ÜBERSICHTSTABELLE: MATERIALEIGENSCHAFTEN

Außenwände/Fassaden					
Material	Albedowert	Emissionsgrad	Wärmeleitfähigkeit W/(m*K)	Wärmekapazität J/(kg*K)	Rohdichte (kg/m ³)
Aluminium, eloxiert hellgrau	0,61 - 0,95	0,97	205	880	2.800
Stahl, verzinkt	0,08 - 0,35	0,13	16	50	7.800
Aluminium	0,80	0,27 - 0,67	160	880	2.800

Fenster					
Materialeigenschaften	Albedowert	Emissionsgrad	Wärmeleitfähigkeit W/(m*K)	Wärmekapazität J/(kg*K)	Rohdichte (kg/m ³)
Glas	0,08 - 0,50	~0,90	1,0 - 1,2	750	2.000-2.500

ZUSÄTZLICHE ANGABEN

Natürliche Oberflächen		
Material	Albedowert	Emissionsgrad
Wiese	0,25 - 0,30	0,90
Bäume	0,15 - 0,18	0,90
Wasserflächen	0,03 - 0,10	0,97
Sand	0,25 - 0,45	0,76
Laubwald	0,15 - 0,20	0,90
Nadelwald	0,10 - 0,15	0,90
Getreidefeld	0,10 - 0,25	0,90
Neuschneedecke	0,75 - 0,90	0,99
Altschneedecke	0,40 - 0,70	0,90

Stadtgebiet		
Material	Albedowert	Emissionsgrad
-	0,10 - 0,30	0,85 - 0,95

Anstriche		
Material	Albedowert	Emissionsgrad
Weiß	0,50 - 0,90	0,85 - 0,95
Weiß Putz	- 1,65	0,91
Beige, hell	0,67	0,90
Grau, sehr hell	0,58	0,90
Grau	0,03 - 0,37	0,87
Rot, braun	0,20 - 0,35	0,85 - 0,95
Schwarz	0,02 - 0,15	0,90 - 0,98

Quellen: EN ISO 10456 (2010), DIN 4108 Teil 4 (2017), HELBIG (1987), FLIR B and T series.

* Abhängig von Farbe und Beschaffenheit des Anstrichs

** Abhängig von Holzart, Anstrich und Verarbeitung

*** Abhängig von der Holzart, 0,12 (Kiefer) - 0,18 (Eiche)

**** Abhängig von der Holzart, 450 (Kiefer) - 700 (Eiche)

I. Glossar

Albedo

Die Albedo gibt das Maß für das Rückstrahlvermögen (Reflexionsstrahlung) von Oberflächen an. Sie ist eine dimensionslose Zahl und entspricht dem Verhältnis von rückgestrahltem zu einfallendem Licht (eine Albedo von 0,7 entspricht 70 % Rückstrahlung).

Anpassung an den Klimawandel

Initiativen und Maßnahmen, um die Empfindlichkeit natürlicher und menschlicher Systeme gegenüber tatsächlichen oder erwarteten Auswirkungen der Klimaveränderungen zu verringern.

Bioklima

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) beschreibt dem Begriff „ Bioklima“ als „die Gesamtheit aller atmosphärischen Einflussgrößen auf sämtliche Lebewesen“, zum Beispiel Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Infrarot-Strahlungen (Wärmeabstrahlung), Licht, etc.

ENVI-MET

ENVIronmental METeorology Simulation Program. Es ist ein holistisches Mikroklima-Simulationsmodell.

Evapotranspiration

Die Evapotranspiration beschreibt die Gesamtsumme der Verdunstung von Land- und Wasserflächen sowie der Wasserabgabe der Vegetation.

Gefährdungsanalyse

Methodische Vorgehensweise zur Lokalisierung des Auftretens und zur Beurteilung des Ausmaßes stark-regenbedingter Überflutungen oder durch hohe sommerliche Temperaturen bedingten Hitzestresses.

Grüne Infrastruktur

Grüne Infrastruktur beschreibt ein strategisch geplantes Netzwerk, das aus natürlichen und naturnahen Flächen und Elementen unterschiedlicher Größe mit Pflanzenbewuchs besteht. Dazu zählen beispielsweise Grünflächen, aber auch begrünte Dächer und Fassaden sowie Straßenbäume und begrünte Versickerungsflächen.

Hitzetage

Tage mit einer Maximaltemperatur von mindestens 30 °C.

Hitzevorsorge

Die Hitzevorsorge hat zum Ziel, die Aufheizung von Stadtquartieren sowie der Innenräume von Gebäuden zu vermeiden oder zumindest zu vermindern. Dies kann zum einen durch die Erzeugung von Ver-

dunstungskälte sowie von kühlen Luftströmungen in den Stadtquartieren und in den Gebäuden erreicht werden. Zum anderen ist ein ausreichender sommerlicher Wärmeschutz für Gebäude wichtig, der für angenehme Innenraumtemperaturen sorgt und gleichzeitig den Energiebedarf zur Gebäudekühlung durch Klimaanlage verringert.

Hitzestress

Andauernde Belastung des menschlichen Körpers durch Temperaturen oberhalb des Komfortbereiches (Hitze). Gleichmaßen können Tiere und Pflanzen betroffen sein. Die Folge sind negative Auswirkungen auf den Stoffwechsel, bei Menschen besonders Herz-Kreislaufprobleme wie Hitzeerschöpfung, Hitzschlag, etc. Vor allem bei gefährdeten Personengruppen wie Kindern und älteren Menschen stellt den Hitzestress ein besonderes Gesundheitsrisiko dar. Schon mäßige Temperaturen über 25°C können sich nachteilig auf Gesundheit und Schlaf auswirken, die Beeinträchtigungen im körperlichen und geistigen Wohlbefinden können zu Konzentrationsschwäche und reduzierter Arbeitsleistung führen.

Hitzewelle

Drei und mehr Hitzetage in Folge, die höchstens durch einen Tag mit Temperaturen zwischen 25 und 30 °C unterbrochen werden.

Kaltluftströme

Kaltluftströme verbinden Kaltluftentstehungsgebiete und Belastungsräume miteinander und sorgen somit für einen Luftaustausch. Kaltluftentstehungsgebiete sind beispielsweise größere Gehölzflächen, innerörtliche Grünzüge, offene Wasserflächen oder große Parkanlagen. Vor allem gehölzreiche Flächen dienen der Kühlung, denn durch die Verdunstung der Bäume verringert sich die Temperatur in der Umgebung.

Kelvin (K)

Basiseinheit der absoluten Temperatur. Kelvin wird zur Angabe von Temperaturdifferenzen verwendet. Per Definition ist die Differenz zwischen zwei Temperaturwerten von einem Kelvin und einem Grad Celsius gleich groß. Dementsprechend entspricht zum Beispiel die Temperaturveränderung von 4° C auf 5° C genau einem Kelvin.

Kerngebiete

Kerngebiete sind in der Regel innerstädtische Bereiche mit zentralen Einrichtungen der Wirtschaft, der Verwaltung und der Kultur. Mit diesen Nutzungen geht häufig eine dichte und hohe Bebauung einher.

Klimasensible Maßnahmen

Mit klimasensiblen Maßnahmen sind in diesem Leitfaden Maßnahmen zur Hitze- und Überflutungsvorsorge gemeint.

Mesoklima

siehe Stadtklima

Mikroklima

siehe Stadtklima

Mischsystem

Entwässerungssystem, das Regenwasser und Schmutzwasser (vor allem aus Haushalten und Industrie) in einem Leitungssystem gemeinsam ableitet, üblicherweise zur späteren Behandlung in der Kläranlage.

Niederschlagswasser

siehe Regenabfluss

Oberflächenwärmeinseln

Siehe städtische Wärmeinsel.
auf Englisch: Surface Urban Heat Island

PMV-Index:

Der menschliche Komfort wird mit dem Bewertungsindex PMV (Predicted Mean Vote) beschrieben. Er gibt den Grad der (Un-)Behaglichkeit des Menschen als Maß für die Wärmebelastung an. Ein PMV-Wert von 2,5 bedeutet für eine große Anzahl von Menschen Hitzestress, verursacht durch Umgebungsbedingungen. In die Berechnung des PMV fließen die Lufttemperatur, die Windgeschwindigkeit, der Dampfdruck und die Strahlungstemperatur am Aufenthaltsort ein. Diese meteorologischen Parameter werden von der städtebaulichen Struktur, wie Bebauungshöhe, Versiegelung und Durchgrünungsgrad, beeinflusst. Bereiche, die einen hohen PMV-Wert erreichen, sind von einer hohen bioklimatischen Belastung betroffen. Die menschliche Aktivität und die Kleidung haben zusätzlich einen Einfluss auf die (Un-)Behaglichkeit. Der PMV-Index ist eine weit verbreitete und anerkannte Bewertungsmöglichkeit für den menschlichen Komfort.

Regenabfluss

Niederschlagswasser, das von einer befestigten oder unbefestigten Oberfläche in ein Entwässerungssystem oder ein Oberflächengewässer abfließt.

Sielnetz

Die unterirdische Kanalisation wird in Hamburg auch

Sielnetz genannt. Es leitet das Abwasser zur Reinigung zum Klärwerksverbund Köhlbrandhöft/Dradenau.

Stadtklima

Modifiziertes Klima in einer Stadt und in Ballungsräumen, das auf dem Mesoklima (mehrere 100 km) basiert und zusätzlich das Mikroklima (Bodennähe, lokal) mit einbezieht. Einer der bedeutendsten Effekte ist die städtische Wärmeinsel.

Stadtstrukturtypen

Raumeinheiten, die hinsichtlich städtebaulicher Merkmale (Größe, Form und Anordnung der Gebäude sowie Zuordnung von Bebauung und Freiflächen), freiraumbezogene Merkmale (Anteil unversiegelter Flächen, Vegetations- und Gehölzanteil), infrastruktureller Merkmale (Anordnung der Leitungstrassen für Wasser und Abwasser) und ihrer Nutzung homogen sind.

Starkregen

Starkregen kommt oft in Verbindung mit Gewittern vor, bei denen in wenigen Stunden erhebliche Regenmengen fallen können. Er tritt statistisch nur selten auf und kann nicht vollständig von den Entwässerungssystemen (Siele, Gewässer, Gräben) aufgenommen werden.

Städtische Wärmeinsel

Bebaute, innerstädtische Flächen heizen sich im Vergleich zum Umland tagsüber erheblich stärker auf und geben nachts die Wärme nur sehr langsam wieder ab. Der Temperaturunterschied zwischen Stadt und Umland ist dementsprechend nachts größer, als am Tag. Die großen Oberflächen der Gebäude, zusammen mit den Emissionen von Autos, Klimaanlage, Industrie, etc. sorgen dafür, dass die Temperaturen in der Stadt dauerhaft (Sommer und Winter) höher sind als im Umland. Wenn, wie bei Thermalinfrarotaufnahmen, nur die Oberflächentemperaturen betrachtet werden, spricht man von Oberflächenwärmeinseln (Surface Urban Heat Island, SUHI) auf Englisch: Urban Heat Island

Surface Urban Heat Island

Siehe städtische Wärmeinsel.

Transpiration

siehe Verdunstung

Tropennächte

Nächte mit minimaler Temperatur von 20° C.

Überflutung

Überflutungen treten auf, wenn Schmutzwasser und/oder Niederschlagswasser aus einem Entwässerungssystem entweichen oder nicht in dieses eintreten können. Das Wasser verbleibt entweder an der Oberfläche und sammelt sich an Tiefpunkten (zum Beispiel Straßenunterführungen) oder dringt in Gebäude ein und verursacht dort beispielsweise Überflutungen des Kellergeschosses.

Überflutungsgefährdung

Auftreten und Ausmaß möglicher Überflutungen aufgrund eines Starkregenereignisses.

Überflutungsrisiko

Verknüpfung von Überflutungsgefährdung und Schadenspotenzial für ein Objekt oder eine Fläche entsprechend dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) § 73: Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Überflutungsereignisses mit den möglichen nachteiligen Überflutungsfolgen für die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe, wirtschaftliche Tätigkeiten und Sachwerte.

Überflutungsvorsorge

Im Rahmen der Überflutungsvorsorge sollen unkontrollierte Überflutungen sowie unkontrolliert an der Oberfläche abfließendes Niederschlagswasser während eines Starkregens vermieden werden. Ziel ist, Schäden zu verhindern oder zumindest zu reduzieren. Starkregen sind häufig lokal beziehungsweise regional begrenzt und können zum Rück- und Überstau des Siedlungsnetzes sowie zu Überflutungen entlang von Gewässern führen, die als Vorfluter dienen. Dementsprechend fließt das Wasser ungehindert an der Oberfläche den tieferliegenden Bereichen, wie Geländesenken, Kellern, Straßenunterführungen oder S-/U-Bahn-Tunnel zu, wo es dann zu Überflutungen kommt.

Überhitzung

Nicht ausreichende Thermoregulation des menschlichen Körpers bei hohen sommerlichen Temperaturen. Überhitzung kann insbesondere tagsüber auf lokaler Ebene am Gebäude, in Stadtquartieren, in einer ganzen Stadt oder auf regionaler Ebene auftreten. Überhitzung kann Gesundheitsstörungen zur Folge haben.

Überhitzungsrisiko

Besondere Anfälligkeit zur Überhitzung und zu den damit verbundenen Effekten.

Urbane Hitzeinsel

auf Englisch: Urban Heat Island;
siehe städtische Wärmeinsel

Verdunstung / Verdunstungskälte

Umwandlung von flüssigem Wasser in Wasserdampf. Hierfür wird Energie benötigt, die der Umgebung entzogen wird, wodurch eine tiefere Temperatur (Kühlung) erreicht wird. Fehlende Verdunstung in hoch versiegelten städtischen Räumen ist die Hauptursache für städtische Wärmeinseln.

Verdunstungsdach

Hierunter werden sogenannte „Blue Roofs“ verstanden. Dies sind Dächer, die Regenwasser zurückhalten mit dem Zweck, eine Thermoregulation der Gebäude zu unterstützen, die Reflexion der Sonneneinstrahlung zu erhöhen und durch erhöhte Verdunstung zur Kühlung der Umgebungsluft beizutragen. Bei Starkregen können sie außerdem als Puffer dienen und das Siedlungsnetz entlasten.

Versiegelung

Durch Wohn-, Industrie- und Verkehrsbauten wasserundurchlässig befestigte Flächen.

II. Weiterführende Informationen

Literatur und Leitfäden

Klimawandel

Zum Thema Klimawandel sind weiterführende Informationen zu finden unter:

- www.norddeutscher-klimamonitor.de

- www.norddeutscher-klimaatlas.de

- GEO-NET Umweltconsulting GmbH und Gross, G. 2012: Stadtklimatische Bestandsaufnahme und Bewertung für das Landschaftsprogramm Hamburg: Klimaanalyse und Klimawandelszenario 2050. Hannover (<http://www.hamburg.de/contentblob/3957522/data/gutachten-stadtklima.pdf>)

KLIMZUG-NORD Publikationen, insbesondere:

- KLIMZUG-NORD Verbund (Hrsg.) 2014: Kursbuch Klimaanpassung - Handlungsoptionen für die Metropolregion Hamburg. Hamburg.

- Kruse, E.; Zimmermann, T.; Kittel, A.; Dickhaut, W.; Knieling, J.; Sörensen, C. (Hrsg.) 2014: Stadtentwicklung und Klimaanpassung: Klimafolgen, Anpassungskonzepte und Bewusstseinsbildung beispielhaft dargestellt am Einzugsgebiet der Wandse, Hamburg. Hamburg.

Jeweils zu finden unter: <http://klimzug-nord.de/index.php/page/2009-05-25-Publikationen>

Regen

Zum Thema Regen sind weiterführende Informationen zu finden unter: <http://www.risa-hamburg.de/index.php/Downloadbereich.html>

- Andresen, S.; Dickhaut, W. (Hrsg.) 2013: Integriertes Regenwassermanagement in Hamburger: Veränderungsnotwendigkeiten und Handlungsoptionen für Planung und Verwaltung. Abschlussbericht der HCU Hamburg von RISA-AG 2 „Stadt- und Landschaftsplanung“. Hamburg

- Andresen, S.; Dickhaut, W. 2011: Integration dezentraler Regenwasserbewirtschaftung in die Hamburger Bebauungs- und Genehmigungsplanung: Analyse und Handlungsschwerpunkte - Zwischenbericht der RISA-AG 2 „Stadt- und Landschaftsplanung“. Hamburg

- Asadian, Y. (2010): Rainfall interception in an urban environment. MA Thesis University of British Columbia. Vancouver

- Benden, J.; Vallée, D. 2013: Straße der Zukunft – Beitrag von Verkehrsflächen zum Überflutungs- und Gewässerschutz. Gutachten im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung der RISA-Arbeitsgruppe Verkehrsplanung. Aachen

- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) 2015: Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Bonn

- Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.) 2006: Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung.

- Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.) 2013: Regenwasserhandbuch SBH und RISA. Ganzheitlicher Umgang mit Niederschlag an Hamburger Schulen. Hamburg

- Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (Hrsg.) 2015: Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung. Wissensdokument. Hamburg

- Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (Hrsg.) 2013: Hinweise zur wassersensiblen Straßenraumgestaltung

- Mitbenutzung von Verkehrsflächen zum Rückhalt bzw. zur Ableitung von Regenwasser bei außergewöhnlichen Niederschlägen. Begleitdokument zum Ergebnisbericht des Projektes RISA. Hamburg

- Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, HAMBURG WASSER, Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer Hamburg (Hrsg.) 2012: Wie schütze ich mein Haus vor Starkregenfolgen? Ein Leitfaden für Hauseigentümer, Bauherren und Planer. Hamburg

- Hamburger Stadtentwässerung AöR und Behörde für Umwelt und Energie (Hrsg.) 2015: RISA Strukturplan Regenwasser 2030. Ergebnisbericht des Projektes RISA – RegenInfraStrukturAnpassung. Hamburg

- Kruse, E. 2015: Integriertes Regenwassermanagement für den wassersensiblen Umbau von Städten. Großräumige Gestaltungsstrategien, Planungsinstrumente und Arbeitsschritte für die Qualifizierung innerstädtischer Bestandsquartiere. Stuttgart

sowie:

- Benden, J. 2014: Möglichkeiten und Grenzen einer Mitbenutzung von Verkehrsflächen zum Überflutungsschutz bei Starkregenereignissen. Aachen (<https://publications.rwth-aachen.de/record/459468/files/5248.pdf>)
- City of Portland (Bureau of Environmental Services) 2010: Stormwater Management Facility Monitoring Report. Sustainable Stormwater Management Program. Portland
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.) 2015: Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge – Analyse von Überflutungsgefährdungen und Schadenspotenzialen zur Bewertung von Überflutungsrisiken (Entwurf). DWA-Regelwerk, Merkblatt DWA-M 119. Hennef
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.) 2013: Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge. DWA-Themen, T1/2013. Hennef
- Geiger, W.; Dreiseitl, H.; Stemplewski, J. 2009: Neue Wege für das Regenwasser. Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten. München

Hitze

Zum Thema Hitze / Hitzestress sind weiterführende Informationen zu finden unter:

- Arnfield, A.J. 2003: Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology* 23: 1-26. DOI: 10.1002/joc.859
- BBSR (Bundesinstitut für Bau, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung) 2015: Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. Bonn
- Bechtel, B. 2015: Die Hitze in der Stadt verstehen – Wie sich die jahreszeitliche Temperaturdynamik von Städten aus dem All beobachten lässt. *Globale Urbanisierung* 21: 205-216

- Gillner, S.; Vogt, J.; Tharang, A. et al. 2015: Mikroklimatische Wirkung von Straßenbäumen – Effektive Kühler. *Gartendesign* 02: 33-36
- Jendritzky, G.; Bröde, P.; Fiala, D.; Havenith, G.; Weihs, P.; Batchvarova, E. 2009: Der Thermische Klimaindex UTCl. DWD Klimastatusbericht 2009. 96-101 (https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimastatusbericht/publikationen/ksb2009_pdf/artikel11.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
- Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung (Hrsg.) 2015: Urban Heat Islands: Strategieplan Wien. Wien (<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf>)
- Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) 2011: Handbuch Stadtklima – Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel. Düsseldorf (<https://www.umwelt.nrw.de/klima-energie/klimawandel-und-anpassung/klimaanpassung-in-nrw/>)
- Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg, Amt für Umweltschutz (Hrsg.) 2012: Städtebauliche Klimafibel Online – Hinweise für die Bauleitplanung (<http://www.staedtebauliche-klimafibel.de/>)
- Santamouris, M. 2014: Cooling the cities - A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy* 103: 682-703
- Ward, K.; Lauf, S.; Kleinschmit, B.; Endlicher, W. 2016: Heat waves and urban heat islands in Europe: A review of relevant drivers. *Science of the Total Environment* 569-570: 527-539.

Messungen

Die Messungen in Kapitel 4 wurden im Rahmen von folgenden Projekten aufgenommen:

- KLIQ – Klimafolgenanpassung innerstädtischer hochverdichteter Quartiere in Hamburg (HafenCity Universität, Behörde für Umwelt und Energie Hamburg; Gefördert aus Klimaschutzmitteln)
- SIK – Stadtbäume im Klimawandel (Universität Hamburg, HafenCity Universität, Behörde für Umwelt und Energie FHH; Förderer: BMBF)

Checkliste

Die Checkliste in Kapitel 2 basiert auf folgenden Informationen, die zum Teil verändert und/ oder ergänzt wurden:

- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) 2015: Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung. Strategien und Maßnahmen zum Regenwassermanagement gegen urbane Sturzfluten und überhitzte Städte. Bonn
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.) 2013: Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge. Themenheft T1/2013. Hennef
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.) 2015: Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge
- Analyse von Überflutungsgefährdungen und Schadenspotenzialen zur Bewertung von Überflutungsrisiken. Merkblatt M 119. Hennef
- Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz (2013): Anpassung an den Klimawandel – Bestandsaufnahme und Strategie für die Stadt Karlsruhe. Karlsruhe
- „ADAPTUS: Der Klima-Check für Ihr Unternehmen. Leitfaden“, erstellt durch dynaklim (www.dynaklim.de)

Straßenbäume

Entsprechende Regelwerke, die bei der Planung zu beachten sind:

- Asadian, Y. und Weiler, M. (2009): A New Approach in Measuring Rainfall Interception by Urban Trees in Coastal British Columbia. *Water Quality Research Journal of Canada* 44 (1): 16-25
- Böll, S.; Schönfeld, P.; Körber, K. et al. (2014): Stadtbäume unter Stress. Projekt »Stadtgrün 2021« untersucht Stadtbäume im Zeichen des Klimawandels. LWF aktuell 98/2014: 4-8.
- City of Melbourne (2015): Raingarden tree pit program. Melbourne. (http://urbanwater.melbourne.vic.gov.au/wp-content/uploads/2015/02/Urban-Water_Raingarden-tree-pit-program.pdf) (Abfrage am 15.11.2015)
- Embrén, B.; Alvem, B.M.; Stahl, Ö. et al. (2009): Pflanzgruben in der Stadt Stockholm. Ein Handbuch.

Stockholm

- Embrén, B.; Bennerscheidt, C.; Stahl, Ö. et al. (2008): Optimierung von Baumstandorten: Stockholmer Lösung: Wurzelräume schaffen und Regenwasser nutzen, Konfliktpotenziale zwischen Baum und Kanal entschärfen. In: *wasserwirtschaft wassertechnik (wwt)*(7-8): 38-43
- FHH (Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation) (2015a): Hamburger Regelwerke für Planung und Entwurf von Stadtstraßen [ReStra]. Wissensdokument „Hinweise für eine wassersensible Straßenraumgestaltung“. Hamburg
- FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.) (2015): Empfehlungen für Baumpflanzungen, Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege. FLL, 2. Ausgabe, Bonn
- Gillner, S. (2012): Stadtbäume im Klimawandel - Dendrochronologische und physiologische Untersuchungen zur Identifikation der Trockenstressempfindlichkeit häufig verwendeter Stadtbaumarten in Dresden. Dissertation. TU Dresden, Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften. Dresden
- Gillner, S.; Bräuning, A. und Roloff, A. (2014): Dendrochronological analysis of urban trees: climatic response and impact of drought on frequently used tree species. *Trees* 28 (4): 1079-1093
- Gillner, S.; Vogt, J. und Roloff, A. (2013): Climatic response and impact of drought on oaks at urban and forest sites. *Urban Forestry & Urban Greening* 12: 597-605
- GALK (Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz e.V.) (2015): GALK-Straßenbaumliste des Arbeitskreises Stadtbäume. Frankfurt am Main.
- Nardini, A.; Casolo, V.; Dal Borgo, A. et al. (2015): Rooting depth, water relations and non-structural carbohydrate dynamics in three woody angiosperms differentially affected by an extreme summer drought. *Plant, Cell & Environment*,. doi: 10.1111/pce.12646
- Roloff, A. (2013): Stadt- und Straßenbäume der Zukunft - welche Arten sind geeignet? Aktuelle Fragen der Stadtbaumplanung, -pflege und -verwendung. Tagungsband Dresdner StadtBaumtage (14): 173-187.
- Roloff, Andreas (2013): Bäume in der Stadt. Besonderheiten – Funktion – Nutzen – Arten – Risi-

ken. Ulmer: Stuttgart (Hohenheim)

- SIK - Straßenbäume im Klimawandel. Eine Empfehlung für Hamburg zu klimarobusten Baumarten wird derzeit erarbeitet. Ergebnisse ab Mitte 2018.

- United States Environmental Protection Agency (2013): Stormwater to Street Trees: Engineering Urban Forests for Stormwater Management. Washington, D.C

Materialeigenschaften

Die Tabelle „Materialeigenschaften“ im Anhang I basiert auf folgenden Informationen, die zum Teil verändert und/ oder ergänzt wurden:

- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) März 2017: DIN 4108 Teil 4. Wärmeschutz im Hochbau - Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte

- DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) Mai 2010: EN ISO 10456 Baustoffe und Bauprodukte - Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte (ISO 10456:2007 + Cor. 1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 10456:2007 + AC:2009 Berlin

- FLIR Systems (June 30, 2008): User´s Manual B and T series. Publ. No. 1558792 Rev. a288

- Helbig A (1987): Beiträge zur Meteorologie der Stadtatmosphäre. Abh. Meteorol. Dienst DDR, Nr 137

Baualterklassen

Die Tabelle „Baualterklassen“ im Anhang I basiert auf folgenden Informationen, die zum Teil verändert und/ oder ergänzt wurden:

- Dahlgrün, B. Januar 2016: Innerstädtische Gebäudeaufstockungen in Hamburg – konstruktive, rechtliche und gestalterische Rahmenbedingungen. Doktorarbeit der HafenCity Universität Hamburg, Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Architekt Bernd Kritzmann, Prof.Dr.Ing.habil.Architekt Wolfgang Willkomm

- Giebeler, G.; Fisch, R.; Krause, H.; Musso, F.; Petzinka, K.; Rudolphi, A. 2008. Atlas Sanierung: Instandhaltung, Umbau, Ergänzung. Birkhäuser Verlag AG.

- Institut für Bauforschung e.V. (IFB) 2008: Atlas Bauen im Bestand: Katalog für nachhaltige Modernisierungslösung im Wohnungsbaubestand. Rudolf Müller.

Fassadenbegrünung

Die Tabelle „Baualterklasse und Fassadenbegrünung“ im Anhang I basiert auf folgenden Informationen, die zum Teil verändert und/ oder ergänzt wurden:

- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (Hrsg.)2000: Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen mit Kletterpflanzen. Bonn

- Pfoser, N. 2016: Fassade und Pflanze – Potenziale einer neuen Fassadengestaltung. Technische Universität Darmstadt

- Dettmar, J., Pfoser, N., Sieber, S. 2016:Gutachten Fassadenbegrünung – Gutachten über quartiersorientierte Unterstützungsansätze von Fassadenbegrünungen für das Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz (MKUNLV) NRW. Technische Universität Darmstadt

- „ÖkoKauf Wien“ Arbeitsgruppe 25 Grün- und Freiräume. Universität für Bodenkultur Wien, Verband für Bauwerksbegrünung Österreich, Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22, 2013: Leitfaden Fassadenbegrünung. Wien. (<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/fassadenbegrueung.html>)

- Pfoser, N.; Jenner, N.; Henrich, J.; Heusinger, J.; Weber, S. 2014: Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Technische Universität Darmstadt.

Dachbegrünung

Entsprechende Regelwerke, die bei der Planung zu beachten sind:

- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V. (FLL) 2008: Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen – Dachbegrünungsrichtlinie. 1. Auflage, Bonn.

- Köhler, M. (Hrsg.) 2012: Handbuch Bauwerksbe-

grünung. Planung - Konstruktion - Ausführung.
Dach, Fassade, Innenraum. Verlagsgesellschaft
Rudolf Müller, Köln.

- Kolb, W. 2016: Dachbegrünung. Planung, Ausführung, Pflege. Ulmer Verlag, Stuttgart.

- Zuvella-Aloise, M., Andre, K., Schwaiger H., Bird N.D., Gallaun H. (2017): Modelling reduction of urban heat load in Vienna by modifying surface properties of roofs. Theoretical and Applied Climatology: DOI: 10.1007/s00704-016-2024-2

- Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (Hrsg.) 2016: Jahrbuch Bauwerksbegrünungen 2016. Saarbrücken

- Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (Hrsg.) 2014: Jahrbuch Bauwerksbegrünungen 2016. Saarbrücken.

Grüne Infrastruktur

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 2015: Grün in der Stadt – für eine lebenswerte Zukunft. Grünbuch Stadtgrün. Berlin. (http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/gruenbuch_stadtgruen_broschuere_bf.pdf)

- Kazmierczak, A.; Carter, J. 2010: Adaptation to climate change using green and blue infrastructure. A database of case studies. University of Manchester

Bachelor-, Master und Auftragsarbeiten an der HCU im Rahmen von KLIQ

- Biber, Carmen 2016: Advanced Urban Trees: How street trees can be part of the solution. An advanced system of urban tree pits to be included in decentralized stormwater management. Masterthesis im internationalen Studiengang Resource Efficiency in Architecture and Planning (REAP), Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut, Dr.-Ing. Elke Kruse.

- Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH 2017:

Hydrologische Berechnungen für das Projekt KLIQ „Klimafolgenanpassung innerstädtischer hochverdichteter Quartiere in Hamburg“ - Berechnung des Wasserhaushaltes und des Verhaltens im Starkniederschlagsfall für unterschiedliche dezentrale Regenwasserbewirtschaftungsvarianten für das Untersuchungsgebiet Winterhude-Süd in Hamburg
Bearbeiter: Sommer, Harald; Estupinan, Franklin.
Beauftragt bei der HafenCity Universität Hamburg.

- Knoop, Lena 2016: Streetscape Cloudburst Strategies: Climate Adaptation in High Density Urban Quarters. Barmbek-Süd, Hamburg; Masterarbeit im Studiengang REAP, Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut, Dr.-Ing. Elke Kruse.

- Milenkovic, Bobana; Henriquez, Andrea 2016: Measures for the improvement of human thermal comfort in typical street canyons within highly dense neighborhoods – in context of heat stress in Hamburg. Masterarbeit im Studiengang REAP, Betreuer: Prof. Dr. Udo Dietrich, Zamna A. Rodríguez Castillejos M.Sc.

- Widmaier, Janna 2016: Langfristige Wirksamkeit von versickerungsfähigen Bodenbelägen im innerstädtischen Bereiche. Fallstudie Hamburg. Bachelorthesis im Studiengang Bauingenieurwesen, Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut, Dr.-Ing. Elke Kruse.

- Wieczorek, Nick 2016: Fassadenbegrünung an Bestandsgebäuden der 50er und 70er. Bachelorthesis im Studiengang Bauingenieurwesen, Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut, Zamna A. Rodríguez Castillejos M.Sc.

- Oltmanns, Amke 2016: Urbane Freiräume von Morgen – Möglichkeiten der Hitzevorsorge an Hamburger Beispielen. Bachelorthesis im Studiengang Stadtplanung, Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut, Dr.-Ing. Elke Kruse.

III. Abbildungsverzeichnis

Titelbild: Dickhaut, W.; bearbeitet von Stürzl, R.

Abb. E.1, S.8: Heien, D.

Abb. E.2, S.8: Barsi, J.A., J.R. Schott, F.D. Palluconi, S.J. Hook. Validation of a Web-Based Atmospheric Correction Tool for Single Thermal Band Instruments. Earth Observing Systems X, Proc. SPIE Vol. 5882, August 2005, San Diego, CA. Walawender J., Hajto M., Iwaniuk P., 2012, A new ArcGIS toolset for automated mapping of land surface temperature with the use of LANDSAT satellite data. Proc. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 22-27 July 2012, Munich, Germany, 4371-4374, doi: 10.1109/IGARSS.2012.6350405 - GEONET Umweltconsulting GmbH. Verfügbar unter: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Abb. E.3, S.9: Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt; Hamburg Wasser; Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer Hamburg

Abb. 1.0, S.16: eigene Darstellung

Abb. 1.1, S.17: Rodríguez Castillejos, Z.; Sievert, J.

Abb. 1.2, S.17: Dickhaut, W.; Kunert, L.

Abb. 2.0, S.26: Soares, A. Verfügbar unter: <http://www.arthursoares.com/>

Abb. 2.1, S.29: eigene Darstellung

Abb. 2.2, S.30: Kruse, E.

Abb. 2.3, S.31: Kruse, E.

Abb. 2.4, S.32: Kruse, E.

Abb. 2.5, S.33: Rodríguez Castillejos, Z.

Abb. 2.6, S.34: Büro NSP, Hannover

Abb. 2.7, S.35: Richter, M.

Abb. 3.0, S.36: Kruse, E.

Abb. 3.1, S.36: Kruse, E.

Abb. 3.2, S.37: Dickhaut, W.

Abb. 4.0, S.39: Richter, M.

Abb. 4.1, S.39: Winkelmann, A.

Abb. 6.0, S.44: Rodríguez Castillejos, Z.

Abb. 6.1, S.46: Richter, M.

Abb. 6.2, S.46: Kruse, E.

Abb. 6.3, S.47: Dickhaut, W.

Abb. 7.1, S.56: Rodríguez Castillejos, Z.

Abb. 7.2, S.56: Kruse, E.

Abb. 7.3, S.57: eigene Darstellung

Abb. 7.4, S.57: eigene Darstellung

Abb. 7.5, S.58: Rodríguez Castillejos, Z.

Abb. 7.6, S.58: Rodríguez Castillejos, Z.

Abb. 7.7, S.59: Rodríguez Castillejos, Z.

Abb. 7.8, S.60: Rodríguez Castillejos, Z.; Milenkovic, B., simuliert mit: Software ENVI-MET 4 Science, Leonardo 2014 Beta

Abb. 7.9, S.61: Rodríguez Castillejos, Z.; Milenkovic, B., simuliert mit: Software ENVI-MET 4 Science

Abb. 8.0, S.63: eigene Darstellung

Abb. 8.1, S.65: eigene Darstellung

Abb. 8.2, S.66: Rodríguez Castillejos, Z.; Sievert, J.

Abb. 8.3*, S.68: Rodríguez Castillejos, Z.

Abb. 8.4*, S.70: Rodríguez Castillejos, Z.; Sievert, J.

Abb. 8.5*, S.72: Rodríguez Castillejos, Z.; Sievert, J.

Abb. 8.6*, S.74: Rodríguez Castillejos, Z.; Sievert, J.

Abb. 8.7*, S.76: Rodríguez Castillejos, Z.; Sievert, J.

Abb. 8.8*, S.78: Sievert, J.

Abb. 8.9*, S.80: Dickhaut, W.

Abb. 8.10*, S.82: Rodríguez Castillejos, Z.; Sievert, J.

Abb. 8.11, S.84: Rodríguez Castillejos, Z.

Abb. 8.12, S.89: Rodríguez Castillejos, Z.

Abb. 8.13, S.90: Rodríguez Castillejos, Z.

*Diese Abbildungen zeigen Beispiele mit Eigenschaften der genannten Baualtersklasse. Abweichung des tatsächlichen Baujahrs sind bei den dargestellten Beispielen jedoch möglich.

IV. Beteiligte Personen

Das KLIQ-Team

- Zamna A. Rodríguez Castillejos (ab 10/2015)
- Dr.-Ing. Elke Kruse
- Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut
- Prof. Dr. Udo Dietrich
- Werner Steinke
- Dr.-Ing. Sonja Schelbach (bis 10/2015)
- Michael Richter

Studentische Hilfskräfte

- Amke Oltmanns
 - Björn Landahl
 - Bobana Milenkovic
 - Julia Sievert
 - Lucy Henriques
 - Robert Stürzl
 - Ulrich Hoffmann
- (alle jeweils HCU)

in enger Zusammenarbeit mit:

- Werner Steinke, BUE Hamburg

Beteiligte Fachexperten aus den Hamburger Behörden, Institutionen oder Büros

- Alexander Krumm / BSW
- Andreas Mönkemeyer / Bezirksamt Hamburg-Nord
- Anne-Catharine Caesar / BSW
- Axel Schulz / Bezirksamt Hamburg-Mitte
- Dr. Birgit Schiffmann / BUE
- Christina Hinrichsen / BUE
- Cordula Ernsing / Bezirksamt Hamburg-Nord
- Dieter Fuhrmann / Handwerkskammer
- Egbert Willing / Bezirksamt Hamburg-Nord
- Frithjof Büttner / BSW
- Gabriele Hollemeyer / Bezirksamt Hamburg-Nord
- Gerrit Bischoff / HAMBURG WASSER
- Dr. Hanna Bornholdt / BUE
- Helga Schenk / BUE
- Henrik Hufgard / Bezirksamt Hamburg-Nord
- Hermann Lahtz / Bezirksamt Hamburg-Nord
- Dr.-Ing. Kai Wummel / BMVI
- Dr. Maja Berghausen / BUE
- Prof. Dr. Martin Wickel / HCU
- Dr. Michael Schröder / BUE
- Michael Willert / Bezirksamt Hamburg-Mitte
- Niels-Peter Bertram / HAMBURG WASSER
- Oliver Panz / BSW
- Peter Borstelmann / BUE
- Renate Kleinfeld / Bezirksamt Hamburg-Mitte
- Reinhart Bartsch / Bezirksamt Hamburg-Nord
- Rolf de Vries / Handwerkskammer
- Sabine Andresen / Landschaftsarchitektin
- Saskia Akkermann / Verbraucherzentrale
- Stefan Kreutz / HCU
- Sven Clausen / BWVI

Befragte Personen in den Referenzstädten

Kopenhagen

- Andreas Qvist Secher / City of Copenhagen
- Jes Clauson-Kaas / HOFOR (Versorgungsbetriebe)
- Lykke Leonardsen / City of Copenhagen
- Palle Dannemand Sørensen / City of Copenhagen
- Søren Gabriel / Firma Orbicon
- Stefan Werner / City of Copenhagen

Amsterdam

- Daniel Goedbloed / Rainproof-Team
- Irene Poortinga / Rainproof-Team
- Lot Locher / Rainproof-Team
- Paulien Hartog / Rainproof-Team und Waternet
- Renze van Houten / Waternet

Wien

- Jürgen Preiss / Wiener Umweltschutzabteilung

Hamburg als wachsende Metropole ist geprägt durch Nachverdichtung und die weitere Entwicklung innerstädtischer Gebiete. Damit besteht die Gefahr, dass Flächen, die aktuell für klimatischen Ausgleich in der Stadt sorgen, durch weitere Bebauung und Versiegelung verloren gehen. Um auch in der Zukunft die Schäden durch Starkregen zu minimieren und eine Überhitzung der inneren Stadtbereiche zu verhindern, muss die Überflutungs- und Hitzevorsorge integrativer Bestandteil sämtlicher städtischer Planungs- und Bauvorhaben in Hamburg werden – sowohl auf öffentlichen als auch auf privaten Flächen.

Viele verdichtete Stadtquartiere in Hamburg weisen eine sehr hohe bauliche Dichte und einen hohen Versiegelungsgrad auf. Diese sind daher Gebiete, die bereits heute von Überschwemmungen durch extreme Regenereignisse und von sommerlichem Hitzestress betroffen sind. Diese Effekte werden sich als Folge des Klimawandels noch verstärken.

Maßnahmen zur Reduzierung von Überflutungen und Überhitzung zielen auf die Begrünung sowie die klimasensible Auswahl von Oberflächenmaterialien in Straßenräumen, an Fassaden und auf Dächern ab. Ebenso sind die Baualtersklassen, Oberflächenmaterialien und die Ausrichtung von Gebäuden wichtige Indikatoren für die Betroffenheit von Gebäuden

und gleichzeitig zentrale Stellschrauben zur Klimaanpassung. Durch Maßnahmen zur Erhöhung von Versickerungspotenzialen, temporärem Regenrückhalt, Verschattung und Verdunstung kann gleichzeitig die Lebens- und Wohnqualität in innerstädtischen Quartieren erheblich verbessert werden. Darüber hinaus tragen solche Maßnahmen zur Entlastung der Sietnetze und damit zur Prävention von Überschwemmungen bei. Bestehende Grünflächen können durch regenwassergespeiste Wasserinstallationen an Attraktivität gewinnen und zur Steigerung der Artenvielfalt in der Stadt beitragen. Vor allem aber können durch die Umsetzung der Maßnahmen Schäden vermieden und Geld sowie Energie eingespart werden.

Dies kann nur gelingen, wenn auch Eigentümer der Flächen und Gebäude die Umsetzung der Klimaanpassungsmaßnahmen in die Hand nehmen. In diesem Leitfaden werden deshalb die Maßnahmen und Konzepte für eine Überflutungs- und Hitzevorsorge in innerstädtischen hochverdichteten Stadtquartieren dargestellt. Der Fokus liegt dabei auf den privaten Flächen und Gebäuden. Neubau- und Umbauvorhaben bieten eine sehr gute Gelegenheit für eine erfolgreiche Umsetzung der Maßnahmen und damit für eine zukunftsfähige Gestaltung von Grundstücken und Gebäuden.

Mein Haus - in Zukunft klimaangepasst!