HafenCity Universität Hamburg



HAUTKREBSPRÄVENTION IN DER STADTPLANUNG

ILKA BÜRLING

HAUTREKBSPRÄVENTION IN DER STADTPLANUNG

Verfasserin: Ilka Bürling

Matrikelnummer: 6054343

Studiengang: Master of Science Stadtplanung

Kontakt: ilka.buerling@outlook.de

Fachgebiet: Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung

Erstbetreuer: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Dickhaut

Zweitbetreuer: Dr. phil. Thomas Prill

Hamburg, 22.10.2020

VORWORT

Die Anfertigung dieser Forschungsarbeit erfolgte im Rahmen der Aktualisierung der S3-Leitlinie *Prävention von Hautkrebs* des Leitlinienprogramms Onkologie. Die Leitlinie wurde im Jahr 2019 erstmalig um das Themenfeld Klimawandel und UV-Strahlung, und darunter gefasst das Thema Klimawandel und Städtebau, erweitert.

An dieser Stelle gilt mein Dank der Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention e.V. für die Möglichkeit an diesem neuen spannenden Forschungsfeld mitzuarbeiten und einen Beitrag für die Integration des Themas in die weitere Forschung zu leisten. Außerdem bedanke ich mich für den Erwerb und zur Verfügungstellung einer UVI-Messstation ohne die, diese Forschungsarbeit in dieser Form nicht möglich gewesen wäre. Besonders bedanken möchte ich mich bei Frau Dr. Hübner und Herrn Prof. Breitbart für die fachliche Unterstützung, den Zugang zu Literatur und Kontaktdaten.

Des Weiteren danke ich den Mitarbeiter:innen des Unternehmens sgLux für die Bereitstellung und Nutzung der UVI-Messstation und der Datenbank, sowie der inhaltlichen und logistischen Unterstützung. Besonderer Dank gilt hier Stefan Langer für seine Beratung und fachliche Unterstützung in Bezug auf die UVI-Messstation.

Herr Bart Jan Davidse von der Leistelle Klima bei der Freien und Hansestadt Hamburg danke ich für das anregende Gespräch und den sehr hilfreichen Einblick in die Arbeit der Leitstelle.

Zusätzlich gilt mein Dank meiner Mitbewohnerin für ihre Anregungen in Grafik und Design. Für die fortwährende Unterstützung und anregenden Diskussionen, möchte ich mich außerdem bei meinem Partner bedanken, der mir während der gesamten Bearbeitung mit großem Enthusiasmus zur Seite stand. Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei meiner Familie, die mich während meines gesamten Studiums in allen Entscheidungen unterstützt hat. Ein besonderer Dank gilt meiner Schwester und Mutter für das kritische Korrekturlesen der vorliegenden Arbeit.

PROJEKTPARTNER:INNEN

Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention e.V.

Ansprechpartner:innen: Frau Dr. Hübner und Prof. Dr. Breitbart

Die Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention e.V. ist eine der federführenden Gesellschaften im Rahmen der Aktualisierung der S3-Leitlinie *Prävention von Hautkrebs*. Ziel der Arbeitsgemeinschaft ist es das Thema dermatologische Prävention und die Gefahren durch UV-Strahlung auf allen Ebenen verständlich und sichtbar zu machen. Derzeitige Schwerpunkte sind die Aufklärung und die Durchführung von Aktionen für die Früherkennung und Prävention von Hautkrebs. Die Arbeitsgemeinschaft begleitete den Prozess dieser Masterarbeit und stellte den Zugang zu Informationen und Kontaktdaten bereit. Im Weiteren stellte sie eine Messstation für UV-Strahlung und den UV-Index der Firma sglux zur Verfügung.

sglux the UV Experts

Ansprechpartner: Herr Langer

Sglux ist ein Unternehmen für die Entwicklung, Produktion und Kalibrierung von UV-Messkomponenten. Im Rahmen der Masterarbeit wurde ein analoger UV-Index Transmitter verwendet. Die Nutzung des Geräts wurde inhaltlich und fachlich durch sglux begleitet und ein Zugang zu der Datenplattform und den Messwerten bereitgestellt.

Interviewpartner

Herr Davidse von der Leitstelle Klima, Freie und Hansestadt Hamburg

Die Leitstelle Klima koordiniert die Klimapolitik des Hamburger Senats. Sie bearbeitet die inhaltliche Fortschreibung der klimapolitischen Gesamtstrategie des Senats, den Hamburger Klimaplan. Der Hamburger Klimaplan aus dem Jahr 2015 wurde kürzlich fortgeschrieben. Der Senatsbeschluss erfolgte im Dezember 2019. In diesem Zusammenhang wurden neue Klimaziele für die Stadt Hamburg festgesetzt und geprüft, inwieweit die bisherigen Zielsetzungen erreicht wurden. Herr Davidse ist dabei für die Umsetzung der dafür erforderlichen Maßnahmen sowie für die Prüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen, und einer gegebenenfalls notwendigen Nachsteuerung für die Erfüllung der Klimaziele zuständig.

ZUSAMMENFASSUNG

Eine wirksame Hautkrebsprävention wird aufgrund steigender Hautkrebszahlen in Deutschland immer bedeutsamer. Die Integration von Hautkrebsprävention und UV-Schutz in die Stadtplanung bietet neue Ansatzpunkte im Bereich der Verhältnisprävention, vor UV-Strahlung geschützte öffentliche Freiräume zu schaffen und somit langfristig das Hautkrebsrisiko zu minimieren. Verschattung und der Einsatz von geeigneten Oberflächenmaterialien sind dabei wirksame städtebauliche Maßnahmen, um Stadtbewohner:innen insbesondere vor einer ungewollten UV-Exposition zu schützen. Inwieweit eine Gefährdung öffentlicher Freiräume in Städten durch UV-Strahlung besteht und wie in Zukunft gesundheitliche Schäden durch den Einsatz von Verschattungsmaßnahmen und der Anpassung von Oberflächen vermindert werden können, steht im Fokus dieser Arbeit.

Mithilfe einer Referenzanalyse verschiedener Verschattungsmaßnahmen und der Raumanalyse eines städtischen Quartiers in der Stadt Hamburg wird diesen Fragestellungen nachgegangen. Auf Grundlage der erzielten Ergebnisse werden Empfehlungen für den Einsatz von Verschattungsmaßnahmen in öffentlichen Freiräumen und die Integration des Themas UV-Schutz auf Kommunal- und Landesebene sowie Bundesebene gegeben. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, darzulegen inwieweit Hautkrebsprävention wirksam in der Stadtplanung integriert und umgesetzt werden kann.

ABSTRACT

Effective skin cancer prevention is becoming more and more important due to the increasing rate of skin cancer in Germany. The integration of skin cancer prevention and UV protection into urban planning offers new starting points in the area of circumstantial prevention, creating public open spaces protected from UV radiation and thus minimizing the risk of skin cancer in the long term. Shading and the use of suitable surface materials are effective urban planning measures to protect city dwellers from unwanted UV exposure. The focus of this work is the extent to which public open spaces in cities are endangered by UV radiation and how future health damages can be prevented by the use of shading measures and the adaptation of surfaces.

These questions are investigated with the help of a reference analysis of different shading measures and a spatial analysis of an urban quarter in the city of Hamburg. Based on the results obtained, recommendations are given for the use of shading measures in public open spaces and the integration of the topic of UV protection at local, state and federal level. The aim of the present work is to set out to which skin cancer prevention can be effectively integrated and implemented in urban planning.

INHALT

01 Einführung 1

02 Ausgangslage 5

2.1 UV-Strahlung und Hautkrebs 6

2.2 Einfluss des Klimawandels auf das Hautkrebsrisiko 11

2.3 UV-Strahlung und Temperatur in der Stadt: Herausforderungen der Stadtplanung 14

2.4 Klimawandel und UV-Strahlung in Hamburg: Status Quo 17

2.5 Forschungsinteresse und Forschungsfragen 21

03 Methodisches Vorgehen 25

04 Präventive Stadtplanung 31

Grundlagen des verhältnispräventiven UV-Schutzes in der Stadtplanung

4.1 Hautkrebsprävention und Stadtplanung 32

4.2 Städtische Alltagsräume 38

05 Verschattungsmaßnahmen 43

Anpassungsmaßnahmen zum Schutz vor UV-Strahlung in der Stadtplanung

5.1 Planung von Schatten 44

5.2 Natürlicher Schatten 47

5.3 Gebauter Schatten 54

5.4 Anpassung von Oberflächen 84

06 Zwischenfazit 89

07 Raumanalyse 93

UV-Strahlung in Neubaugebieten: eine Raumanalyse in der HafenCity Hamburg

7.1 Makrostandort: Freie und Hansestadt Hamburg 94

7.2 Mesostandort HafenCity Hamburg 96

7.3 Alltagsräume in der HafenCity Hamburg 117

7.4 UV-Strahlung in der HafenCity Hamburg 130

7.5 Reflexion der Raumanalyse 174

08 Handlungsempfehlungen 179

UV-Schutz erfolgreich in Stadtplanung und Klimaanpassung implementieren und umsetzen

09 Schlussbetrachtung 205

Verzeichnisse XXIII

Glossar XXIV

Abbildungsquellen XXVI

Tabellenquellen XXXI

Literatur XXXII

Anhang XLV

ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Faktoren der UV-Strahlung 8
Abbildung 2: Einflüsse von Strahlung im städtischen Raum 16
Abbildung 3: Straßenraum mit Horizonteinengung, New York City USA 17
Abbildung 4: Formen von Prävention 32
Abbildung 5: Sonnenverlauf im Sommer und Winter am Standort Hamburg 45
Abbildung 6: „Guter“ Schatten nach Toronto Cancer Prevention Coalition 47
Abbildung 7: Mobile Pflanzkübel, HafenCity Hamburg Deutschland 48
Abbildung 8: Schattenwurf eines dichten und tiefen Kronendaches, Hammer Park Hamburg Deutschland 49
Abbildung 9: Schattenwurf eines horizontalen und vertikalen Kronendaches, Lohsepark Hamburg Deutschland 49
Abbildung 10: Leitfaden zur Kronendichte nach Greenwood et al. (1998) 50
Abbildung 11: Rotbuche im Hammer Park, Hamburg Deutschland 51
Abbildung 12: Baumallee Perthesweg, Hamm Hamburg Deutschland 52
Abbildung 13: Vegetation unterhalb eines dichten Kronendachs, Hammer Park Hamburg Deutschland 54
Abbildung 14: Centro Abierto de Actividades Ciudadanas in Cordoba, Spanien 55
Abbildung 15: Teardrop Park, New York City USA 56
Abbildung 16: Schattenlänge in Abhängigkeit der Gebäudehöhe 57
Abbildung 17: Arc de Triomphe, Paris Frankreich 57
Abbildung 18: Verschattung durch Gebäudeüberstand, HafenCity Hamburg Deutschland 58
Abbildung 19: Arkadenhof in der Universität Wien, Österreich 59
Abbildung 20: Kolonnade des Kreissparkassengebäudes Ulm, Deutschland 59
Abbildung 21: Portici di Via Farini, Bologna Italien 60
Abbildung 22: Galleria Vittorio Emanuele II, Mailand Italien 60
Abbildung 23: Kombination natürlicher und gebauter Verschattungsmaßnahmen am Edgar Plaza, New York City USA 61
Abbildung 24: Buswartehäuschen mit Dachbegrünung, Utrecht Niederlande 62
Abbildung 25: Freistehende und begrünte Pergola im Innenhof des CSS Neubaus der Tribschenstadt in Luzern, Schweiz 62
Abbildung 26: La Lira Theater, Ripoll Spanien 63
Abbildung 27: Konstruktion der Pergola im Innenhof des CSS Neubaus der Tribschenstadt in Luzern, Schweiz 63
Abbildung 28: Pergola ohne Begrünung am Plaça Sanllehy in Barcelona, Spanien 64
Abbildung 29: Begrünter Laubengang in den Southbank Parklands, Brisbane Australien 64

Abbildung 30: Begrünter Laubengang im Schlosspark von Schloss Schönbrunn in Wien, Österreich 65
Abbildung 31: einseitig geschlossenes Schattendach in Handenberg, Deutschland 66
Abbildung 32: Serpentine Gallery Pavillon, London England 66
Abbildung 33: Gewelltes Schattendach im Parc de la Villette, Paris Frankreich 67
Abbildung 34: Schattendach in Form eines Säulengangs, der Jacaranda Square in Sydney, Australien 67
Abbildung 35: Pavillon auf einem Parkplatz, Deutschland 68
Abbildung 36: Pavillon am Pier von Townsville, Australien 69
Abbildung 37: Pavillon [C]Space in London, England 69
Abbildung 38: Begrünter Pavillon auf Govenors Island, New York City USA 70
Abbildung 39: Vertikale Verschattung in Form eines begrünten Zaunes am Sportplatz am Quellenweg, Hamburg Deutschland 70
Abbildung 40: MFO Park Zürich, Schweiz 71
Abbildung 41: Green Screen House, Saitama Japan 72
Abbildung 42: Vertikale Verschattung am Yokohama International Port Terminal, Japan 72
Abbildung 43: Sternzelt, Jena Deutschland 73
Abbildung 44: seitlich offenes Pagodenzelt 74
Abbildung 45: Kuppelförmiges Zelt 74
Abbildung 46: Leichte Sonnensegel in einer Einkaufspassage, Nikosia Zypern 75
Abbildung 47: Temporäre leichte Sonnensegel auf dem Kiliansplatz in Heilbronn, Deutschland 75
Abbildung 48: lineares Verschattungselement an der Universität Middlesex, London England 76
Abbildung 49: verschatteter Parkplatz in Bochum, Deutschland 77
Abbildung 50: Verschattungselement in der International School Stuttgart, Deutschland 77
Abbildung 51: vertikal verstellbarer Sonnenschirm 79
Abbildung 52: ausgefahrene Markise im Überseeboulevard, HafenCity Hamburg Deutschland 79
Abbildung 53: geschlossener Sonnenschirm im Überseeboulevard, HafenCity Hamburg Deutschland 80
Abbildung 54: anpassbares Lamellendach 80
Abbildung 55: softwaregesteuerte Sonnenschirme in der Prophetenmoschee, Medina Saudi Arabien 81
Abbildung 56: Pavillon im Hammer Park, Hamburg Deutschland 83
Abbildung 57: Bosco Verticale, Mailand Italien 84
Abbildung 58: Cannon Center for the Performing Arts Platz, Memphis USA 85
Abbildung 59: Caixa Forum, Madrid Spanien 86
Abbildung 60: Grün- und Wasserflächen in Hamburg 95
Abbildung 61: Bodenversiegelung in Hamburg 96

Abbildung 62: Auszug Schwarzplan Innenstadtbereiche Hamburg 97
Abbildung 63: Luftbild mit Verortung der Quartiere der HafenCity Hamburg 98
Abbildung 64: Lageplan der HafenCity Hamburg 98
Abbildung 65: Bodenversiegelung in der HafenCity Hamburg 99
Abbildung 66: Begehungskarte Am Sandtorkai 100
Abbildung 67: Magellan-Terrassen, HafenCity Hamburg 101
Abbildung 68: Marco-Polo-Terrassen, HafenCity Hamburg 102
Abbildung 69: Dalmannkaipromenade, HafenCity Hamburg 102
Abbildung 70: Kleiner halböffentlicher Platz zwischen Gebäuden am Sandtorhafen, Hafen City Hamburg 103
Abbildung 71: Treppe mit Sitzmöglichkeiten an der Kaipromenade, HafenCity Hamburg 103
Abbildung 72: Begehungskarte Am Sandtorpark 104
Abbildung 73: Sandtorpark, HafenCity Hamburg 105
Abbildung 74: Straßenschlucht Am Sandtorpark, HafenCity Hamburg 105
Abbildung 75: Grasbrookpark, HafenCity Hamburg 105
Abbildung 76: Begehungskarte Überseequartier 106
Abbildung 77: Boden und Fassaden im Überseeboulevard, HafenCity Hamburg 107
Abbildung 78: Platzsituation im Überseeboulevard, HafenCity Hamburg 107
Abbildung 79: Begehungskarte Brooktorkai 108
Abbildung 80: Glasfassade und Klinkersockel des Spiegelgebäudes, HafenCity Hamburg 109
Abbildung 81: Sitzbänke und Treppen an der Brooktorpromenade, HafenCity Hamburg 109
Abbildung 82: Begehungskarte Elbtorquartier 110
Abbildung 83: Platz im Süden des Elbtorquartiers, HafenCity Hamburg 111
Abbildung 84: Promenade südlich der HafenCity Universität, Hamburg 111
Abbildung 85: Elbtorpromenade HafenCity, Hamburg 111
Abbildung 86: Begehungskarte Am Lohsepark 112
Abbildung 87: Sitzbänke entlang eines Schotterwegs im Lohespark, HafenCity Hamburg 113
Abbildung 88: Straße im Quartier am Lohsepark HafenCity, Hamburg 113
Abbildung 89: Treppen mit Klinkerpflaster, HafenCity Hamburg 113
Abbildung 90: Begehungskarte Baakenhafen 114
Abbildung 91: Baakenpark, HafenCity Hamburg 115
Abbildung 92: Promenade am Baakenhafen, HafenCity Hamburg 115
Abbildung 93: Campus Tower, Hafen City Hamburg 115
Abbildung 94: Dominierende Oberflächenmaterialien in der HafenCity in Prozent 116
Abbildung 95: Marco-Polo-Terrassen 118
Abbildung 96: Terrassen am Buenos-Aires-Kai 118
Abbildung 97: Promenade am Strandkai 118

Abbildung 98: Dar-es-Salaam-Platz 118
Abbildung 99: Baumschatten auf Platz an der Straße Großer Grasbrook 119
Abbildung 100: Baumschatten an der Ericusspitze 119
Abbildung 101: Baumschatten auf den Marco-Polo-Terrassen 119
Abbildung 102: Platz zwischen der Kühne Logistik Universität und dem Kühne & Nagel Gebäude 119
Abbildung 103: Shanghaiallee 120
Abbildung 104: Begrünte Mittelinsel auf der Straße Großer Grasbrook 120
Abbildung 105: Mittelinsel auf der Überseeallee 120
Abbildung 106: Bushaltestelle an der Osakaallee 120
Abbildung 107: Gebäudeschatten auf der Straße am Kaiserkai 121
Abbildung 108: Baumschatten auf Parkplatz Am Dalmannkai 121
Abbildung 109: Gebauter Schatten durch Kolonnade an der Osakaallee 121
Abbildung 110: Gebäudeschatten in der Hongkongstraße 121
Abbildung 111: Sitzgelegenheiten im Sandtorpark 122
Abbildung 112: Sitzgelegenheiten im Baakenpark 122
Abbildung 113: Grünfläche im Lohsepark 122
Abbildung 114: Parklandschaft im Sandtorpark 122
Abbildung 115: Baumschatten im Sandtorpark 123
Abbildung 116: Baumschatten im Baakenpark 123
Abbildung 117: Gruppierter Baumschatten im Lohsepark 123
Abbildung 118: Halböffentlicher Innenhof am Campus Tower 124
Abbildung 119: Innenhof am Grasbrookpark 124
Abbildung 120: Innenhof des Gebäudes Singapurstraße / Am Sandtorkai 124
Abbildung 121: Innenhof mit heller Fassade 124
Abbildung 122: Schattenwurf durch Überdachung 125
Abbildung 123: Schattenwurf durch Gebäudeüberstand 125
Abbildung 124: Sand- und Wasserspielfläche im Grasbrookpark 126
Abbildung 125: Sandspielfläche im Lohsepark 126
Abbildung 126: Basketballplatz mit Stahlpergola 126
Abbildung 127: Basketballplatz im Baakenpark 126
Abbildung 128: Schattenwurf durch Gebäudeüberstand über Sitzgelegenheiten an Sportfläche 127
Abbildung 129: Begrünter Pavillon im Lohsepark 127
Abbildung 130: Baumschatten auf Sandspielfläche im Grasbrookpark 127
Abbildung 131: Promenade am Dalmannkai 128
Abbildung 132: Promenade an der Ericusspitze 128
Abbildung 133: Promenade am Magdeburger Hafen 128

Abbildung 134: Verschattung durch Kolonnade an der Elbpromenade 129
Abbildung 135: Baumschatten auf Promenade am Magdeburger Hafen 129
Abbildung 136: Schatten durch Gebäudeüberstände am Sandtorhafen 129
Abbildung 137: Verortung der Messstandorte in der HafenCity 131
Abbildung 138: Lageplan des Standortes Marco-Polo-Terrassen mit exemplarischem Schattenwurf während Sonnenhöchststand 132
Abbildung 139: SVF am Messstandort Marco-Polo-Terrassen 133
Abbildung 140: UV-Index während der CPT am Standort Marco-Polo-Terrassen 135
Abbildung 141: Messstandort an den Marco-Polo-Terrassen während Sonnenhöchststand 138
Abbildung 142: SVF am Messstandort Yokohamastraße 139
Abbildung 143: Lageplan des Standortes Yokohamastraße mit exemplarischem Schattenwurf während Sonnenhöchststand 139
Abbildung 144: Straßenraum der Yokohamastraße 140
Abbildung 145: UV-Index während der CPT am Standort Yokohamastraße 143
Abbildung 146: Messstandort an der Yokohamastraße eine Stunde nach Sonnenhöchststand 143
Abbildung 147: SVF am Messstandort Lohsepark 147
Abbildung 148: Lageplan des Standortes Lohsepark mit exemplarischem Schattenwurf während Sonnenhöchststand 147
Abbildung 149: UV-Index während der CPT am Standort Lohsepark 152
Abbildung 150: Messstandort im Lohsepark während Sonnenhöchststand 152
Abbildung 151: SVF am Messstandort Innenhof am Campus Tower 154
Abbildung 152: Lageplan des Standortes Innenhof am Campus Tower mit exemplarischem Schattenwurf während Sonnenhöchststand 154
Abbildung 153: UV-Index während der CPT am Standort Innenhof am Campus Tower 157
Abbildung 154: Auskragende Glasfassade des Campus Towers 157
Abbildung 155: Messstandort im Innenhof am Campus Tower während Sonnenhöchststand 157
Abbildung 156: SVF am Messstandort Grasbrookpark 161
Abbildung 157: Lageplan des Standortes Grasbrookparks mit exemplarischem Schattenwurf während Sonnenhöchststand 161
Abbildung 158: UV-Index während der CPT am Standort Grasbrookpark 163
Abbildung 159: Messstandort im Grasbrookpark um 09:00 Uhr 164
Abbildung 160: SVF am Messstandort Promenade am Dalmannkai 165
Abbildung 161: Lageplan des Standortes Promenade am Dalmannkai mit exemplarischem Schattenwurf während Sonnenhöchststand 165
Abbildung 162: UV-Index während der CPT am Standort Promenade am Dalmannkai 168
Abbildung 163: Messstandort Promenade am Dalmannkai während Sonnenhöchststand 168

Abbildung 164: Infokasten über die Datenbank citree und die GALK Straßenbaumliste 184
Abbildung 165: Infokasten über den Stadtklimalotsen 192
Abbildung 166: Konzept Car Parks 2.0 193
Abbildung 167: Infokasten über das Konzept Car Parks 2.0 193
Abbildung 168: Verbindung zwischen der S-Bahnstation und dem Flughafen Berlin-Schönefeld, Deutschland 194
Abbildung 169: Begrünte Säulen im Generationenpark Königsbrunn, Deutschland 194
Abbildung 170: Fassadenbegrünung im Innenhof, Wien Österreich 196
Abbildung 171: Begrüntes Ballfangnetz Untere Brühl, Schweiz 197
Abbildung 172: Granary Square in London, Großbritannien 197
Abbildung 173: Exemplarische Handlungsempfehlungen für den Standort Promenade am Dalmannkai 199
Abbildung 174: Infokasten über die Ressortforschung des Bundesamt für Strahlenschutz 200
Abbildung 175: Exemplarische Ergänzung der Planungsempfehlungen aus dem Wissensdokument *Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren* 201
Abbildung 176: Infokasten über den Shade Comparison Ceck und den Hamburger Melde-Michel 202

TABELLEN

Tabelle 1: Erreichen der Erdoberfläche und Schädigungspotenzial von UV-Strahlung gegliedert nach UV-Wellenlängenbereichen 6
Tabelle 2: Der UVI und seine empfohlenen Schutzmaßnahmen 11
Tabelle 3: Albedo und Emissionesvermögen ausgewählter Materialien in Prozent 15
Tabelle 4: Maßnahmen der Stadt Hamburg mit Einfluss auf den UV-Schutz 35
Tabelle 5: Verhältnispräventive Maßnahmen und Empfehlungen in der Stadtplanung - städtebaulich 36
Tabelle 6: Verhältnispräventive Maßnahmen und Empfehlungen in der Stadtplanung - behördlich 37
Tabelle 7: UPF in Abhängigkeit der Transmission von UV-Strahlung 81
Tabelle 8: Oberflächenmaterialien am Standort Marco-Polo-Terrassen 133
Tabelle 9: Messprotokoll des Standortes Marco-Polo-Terrassen 134
Tabelle 10: Verschattungsrelevante Bäume an den Marco-Polo-Terrassen 135
Tabelle 11: Schattenverhältnisse am Standort Marco-Polo-Terrassen während der CPT 136
Tabelle 12: Bestrahlungsstärke und UVI im Halbstundentakt während der CPT am Standort Marco-Polo-Terrassen 138
Tabelle 13: Oberflächenmaterialien am Standort Yokohamastraße 140
Tabelle 14: Messprotokoll des Standortes Yokohamastraße 141
Tabelle 15: Verschattungsrelevante Bäume an der Yokohamastraße 142
Tabelle 16: Verschattungsrelevante Gebäude an der Yokohamastraße 142
Tabelle 17: Schattenverhältnisse am Standort Yokohamastraße während der CPT 144
Tabelle 18: Bestrahlungsstärke und UVI im Halbstundentakt während der CPT am Standort Yokohamastraße 146
Tabelle 19: Oberflächenmaterialien am Standort Lohsepark 148
Tabelle 20: Verschattungsrelevante Bäume im Lohsepark 148
Tabelle 21: Messprotokoll des Standortes Lohsepark 149
Tabelle 22: Schattenverhältnisse am Standort Lohsepark während der CPT 150
Tabelle 23: Bestrahlungsstärke und UVI im Halbstundentakt während der CPT am Standort Lohsepark 153
Tabelle 24: Oberflächenmaterialien am Standort Innenhof am Campus Tower 155
Tabelle 25: Verschattungsrelevante Bäume im Innenhof am Campus Tower 155
Tabelle 26: Verschattungsrelevante Gebäude im Innenhof am Campus Tower 155
Tabelle 27: Messprotokoll des Standortes Innenhof am Campus Tower 156
Tabelle 28: Schattenverhältnisse am Standort Innenhof am Campus Tower während der CPT 158
Tabelle 29: Bestrahlungsstärke und UVI im Halbstundentakt während der CPT am Standort Innenhof am Campus Tower 160
Tabelle 30: Messprotokoll des Standortes Grasbrookpark 162
Tabelle 31: Oberflächenmaterialien am Standort Grasbrookpark 163
Tabelle 32: Bestrahlungsstärke und UVI im Halbstundentakt während der CPT am Standort Grasbrookpark 164
Tabelle 33: Messprotokoll des Standortes Promenade am Dalmannkai 166
Tabelle 34: Oberflächenmaterialien am Standort Promenade am Dalmannkai 167
Tabelle 35: Bestrahlungsstärke und UVI im Halbstundentakt während der CPT am Standort Promenade am Dalmannkai 169
Tabelle 36: Arbeitshilfe Oberflächenmaterialien 185
Tabelle 37: Stadtbäume in Hamburg mit Angaben zum Transmissionsgrad, Belaubung und Merkmalen 186
Tabelle 38: Übersicht über Verschattungsmaßnahmen mit Synergie- und Konfliktwirkungen 188

TABELLEN

ABKÜRZUNGEN

ADP e.V.	Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention e.V.
ARPANSA	The Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
CPT	Critical Protection Time
DWD	Deutscher Wetterdienst
EEr_{max}	maximale erythemale Bestrahlungsstärke
EEr_{min}	minimale erythemale Bestrahlungsstärke
GALK	Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz
HBauO	Hamburgische Bauordnung
H/W-Verhältnis	Höhen-zu-Breiten-Verhältnis
J	Joule
K	Kelvin
MED	minimale erythemale Dosis
mW/m²	Milliwatt pro Quadratmeter
MV	motorisierter Verkehr
n	Grundgesamtheit
Nanometer	nm
PTFE	Polytetrafluorethylen
PVC	Polyvinylchlorid
SVF	Sky View Factor
T_{max}	maximale Temperatur
UHI	Urban Heat Island
UPF	UV-Schutzfaktor
UV-Strahlung	ultraviolette Strahlung
UVI	UV-Index
UVI_{max}	maximaler UV-Index
UVI_{min}	minimaler UV-Index
$UVI_{Ø}$	durchschnittlicher UV-Index
W	Watt
WHO	World Health Organization
W/m²	Watt pro Quadratmeter

01

01 EINFÜHRUNG

Am 15. August 2020 veröffentlichte die Tagesschau einen Beitrag mit der Überschrift *Mehr Schattenplätze zur Krebsvorsorge (*fordert das Bundesamt für Strahlenschutz)*. In diesem fordert das Bundesamt für Strahlenschutz die Stadtplanung auf mehr Schatten im öffentlichen Raum als Schutz vor ultravioletter Strahlung, kurz UV-Strahlung, zu schaffen (vgl. Norddeutscher Rundfunk 2020). Grund dafür ist, dass die Exposition gegenüber UV-Strahlung als Hauptrisikofaktor für die Entstehung aller Hautkrebserkrankungen gilt (vgl. Bharath / Turner 2009: 215). Im Jahr 2016 sind insgesamt 253.200 Menschen in Deutschland an Hautkrebs erkrankt. Seit den 1970er Jahren hat sich die Anzahl der Neuerkrankungen an Hautkrebs in Deutschland mehr als verfünffacht (vgl. Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. / Robert-Koch-Institut 2019: 64, 68).

UV-Strahlung und Hautkrebsprävention ist im Zusammenhang mit Stadtplanung und Städtebau ein bisher kaum berücksichtigter Forschungsbereich. Bereits seit mehreren Jahren steht jedoch immer wieder die Frage im Raum, ob die gesundheitlichen Auswirkungen von UV-Strahlung in die räumliche Planung mit einbezogen werden sollten (vgl. Heisler 2010: 331). Mit der 2017 genehmigten Aktualisierung der S3-Leitlinie *Prävention von Hautkrebs* von der Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention e.V. (ADP e.V.) wurde das Thema Klimawandel und Städtebau als wesentlicher Bestandteil im Bereich der Verhältnisprävention ergänzt (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2019). In der bisherigen S3-Leitlinie war zwar auf die Verhaltens- und Verhältnisprävention eingegangen worden, der Schwerpunkt lag aber auf der Verhaltensprävention (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2014a). Von vielen Menschen wird die gesundheitsgefährdende Wirkung von UV-Strahlung jedoch nicht wahrgenommen und verhaltenspräventive Ansätze zeigen nur bedingt Erfolgswirkungen (vgl. Capellaro / Strum 2015: 91, Leitlinienprogramm Onkologie 2014b).

Um den steigenden Hautkrebszahlen vorzubeugen, bietet die Stadtplanung im Bereich der Verhältnisprävention Möglichkeiten, insbesondere der ungewollten UV-Exposition im Alltag in den verschiedenen Lebenswelten entgegenzuwirken. Gemäß des Präventionsansatzes sollte das Ziel für die Stadtplanung sein, für alle Generationen gesunde Lebenswelten, auch unter dem Einfluss der sich ändernden klimatischen Bedingungen zu erhalten (s. Kapitel 4.1). Die Zusammenhänge zwischen UV-Strahlung und Klimawandel sind allerdings noch nicht abschließend geklärt und die Unsicherheiten dementsprechend groß (s. Kapitel 2.2). Es wird aber davon ausgegangen, dass in Zukunft die Exposition gegenüber UV-Strahlung aufgrund der klimawandelbedingten Temperaturentwicklung weiter ansteigen und die Anzahl der Hautkrebserkrankungen damit steigen wird (vgl. Hauri / Uphoff 2005: 5). Der Prävention vor ungewollter UV-Exposition kommt damit eine entscheidende Bedeutung zu. Doch wie genau kann Hautkrebsprävention in der Stadtplanung erfolgen und insbesondere eine ungewollte UV-Exposition vermieden werden?

Verschattungsmaßnahmen können in diesem Zusammenhang einen wesentlichen Beitrag leisten. Länder wie zum Beispiel Australien, die bereits seit längerem besonderen Herausforderungen in Bezug auf UV-Strahlung gegenüberstehen, setzen Verschattungsmaßnahmen als verhältnispräventive Maßnahme vor Hautkrebs ein (vgl. Cancer Council Victoria 2015). In der Klimaanpassung deutscher Städte liegen die Schwerpunkte hingegen auf Hitze- und Starkregenereignisse, da diese im Vergleich zu UV-Strahlung unmittelbar spürbar sind (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 54). Dabei sind die Sonneneinflüsse auf Gebäude, Fassaden und innenliegende Räume schon lange als Sachverhalt in der Planung verankert (vgl. Mertens 1997: 58). Schatten spielt als Anpassungsmaßnahme in diesem Zusammenhang bereits eine große Rolle. Die Beschattung von Gebäuden und der gezielte Einsatz reflektierender Oberflächenmaterialien sind wesentliche Ansatzpunkte, um Gebäude und Oberflächen vor einem übermäßigen Erhitzen zu schützen und der städtischen Überwärmung, dem sogenannten Urban Heat Island (UHI) Effekt, entgegenzuwirken (vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2016). Welche Auswirkungen das auf die UV-Strahlung in öffentlichen Räumen hat und auf die Menschen, die sich in diesen Räumen aufhalten, wird dabei allerdings nicht berücksichtigt.

Eine gesunde und klimaangepasste Freiraumgestaltung wird begünstigt, wenn langfristig größtmögliche Synergien zwischen den verschiedenen Zielen der Klimaanpassungsmaßahmen in der Stadtplanung erzielt werden. Die Bedeutung öffentlicher Räume rückt dabei besonders in den Fokus. Sie sind die Räume, in denen das alltägliche Leben stattfindet und die Menschen tagtäglich gegenüber UV-Strahlung und Hitze exponiert sind. Öffentliche Räume können eine Vielzahl unterschiedlicher Standorteigenschaften aufweisen, welche häufig klimamodifizierende Eigenschaften und einen unterschiedlichen Einfluss auf UV-Strahlung haben (s. Kapitel 4.2 und Kapitel 7.4). Gleichzeitig steigt mit den wachsenden Ansprüchen an Aufenthaltsqualität und Klimaschutzfragen, die Komplexität der Planung von diesen Standorten (vgl. Laue 2019: 16).

Vor diesem Hintergrund stellen sich die Fragen, welche verhältnispräventiven Maßnahmen es also für den Schutz vor UV-Strahlung, insbesondere im Bereich Verschattung gibt, und wie sich diese in der Stadtplanung einsetzen lassen, um negativen gesundheitlichen Auswirkungen durch UV-Strahlung sowie durch Hitze vorzubeugen. Inwiefern unterschiedliche Standorttypologien verschiedene Schattenansprüche aufweisen, wird ein wesentlicher Bestandteil dieser Untersuchung sein. Auf politischer Ebene wird der Blick vor allem auf die Verankerung in politischen Festsetzungen gelegt. Die Bekanntmachung der stadtplanerischen Hautkrebsprävention und des Schutzes vor UV-Strahlung sowie seine Festlegung in behördenverbindlichen und formellen Vorgaben, sind eine wesentliche Voraussetzung, um Anpassungsmaßnahmen auch langfristig in der Praxis umzusetzen. Diesen Fragestellungen wird im Rahmen dieser Arbeit am Beispiel der Freien und Hansestadt Hamburg nachgegangen, im Folgenden auch als Stadt Hamburg bezeichnet.

EINFÜHRUNG

02

02 AUSGANGSLAGE

Stadtplanung als Ansatz für Hautkrebsprävention wurde in der Vergangenheit bisher nicht diskutiert, sodass in einem ersten Schritt eine Arbeitsgrundlage erarbeitet werden muss. Aus diesem Grund ist es erforderlich, zunächst die Ursachen für die Entstehung von Hautkrebs und einem gesteigerten Hautkrebsrisiko zu beleuchten sowie die Auswirkungen des Klimawandels auf die Entstehung von Hautkrebs hinzuzuziehen. Als Hauptursache für die Entstehung von Hautkrebs steht UV-Strahlung im Fokus der Betrachtung. Die städtische Morphologie weist dabei Eigenschaften auf, die einen wesentlichen Einfluss auf UV-Strahlung und das individuelle Verhalten gegenüber UV-Strahlung haben und gleichzeitig besonders von dem Klimawandel betroffen sind. Bestandteil der Forschung ist eine Raumanalyse in der HafenCity Hamburg, sodass im Rahmen der Ausgangslage der aktuelle Stand des Klimawandels und der Umgang mit UV-Strahlung in der Stadt Hamburg betrachtet wird. Ausgehend von diesen Grundlagen, werden das Forschungsinteresse und Betrachtungsschwerpunkte abgeleitet.

2.1 UV-Strahlung und Hautkrebs

UV-Strahlung umfasst mit unter 6 Prozent nur einen geringen Anteil an der gesamten optischen Sonnenstrahlung, sie hat jedoch einen großen Einfluss auf die menschliche Gesundheit (vgl. Steinmetz 2009: 24). UV-Strahlung umfasst Wellenlängen von 100 bis 400 Nanometer (nm) und wird in drei Wellenlängenbereiche untergliedert: UV-A-Strahlung (400 bis 315 nm), UV-B-Strahlung (315 bis 280 nm) und UV-C-Strahlung (280 bis 100 nm). In Abhängigkeit der Wellenlänge trifft die UV-Strahlung unterschiedlich stark auf die Erdoberfläche auf (vgl. Bundesamt für Strahlenschutz 2019a). Nach Angaben der World Health Organization (WHO) et al. (2002: 1) werden die gesamte UV-C-Strahlung und mit rund 90 Prozent fast die gesamte UV-B-Strahlung von der Erdatmosphäre absorbiert. Trotz der Absorption trifft ein geringer Anteil der UV-B-Strahlung und die gesamte UV-A-Strahlung, die im kurzwelligen Strahlungsbereich liegt, nahezu ungehindert auf die Erdoberfläche (vgl. Laue 2019: 26, s. Tabelle 1).

Tabelle 1 Erreichen der Erdoberfläche und Schädigungspotenzial von UV-Strahlung gegliedert nach UV-Wellenlängenbereichen

BEREICH	UV-A-STRAHLUNG	UV-B-STRAHLUNG	UV-C-STRAHLUNG
WELLENLÄNGENSPEKTRUM	400 bis 315 nm	315 bis 280 nm	280 bis 100 nm
UV-DURCHLÄSSIGKEIT DER ATMOSPHÄRE	Trifft nahezu ungehindert auf die Erdoberfläche auf.	ca. zehn Prozent erreichen die Erdoberfläche	Wird von Erdatmosphäre absorbiert.
SCHÄDIGUNG DES MENSCHLICHEN ORGANISMUS	Bräunung der Haut (Sofortpigmentierung), Risiko des malignem Melanon.	Sonnenbrand, vorzeitige Alterung der Haut, kanzerogene Wirkung für hellen Hautkrebs, Entzündung der Augen-Hornhaut oder Bildung des grauen Stars	Zellzerstörung und bakterizide Wirkung

Absorbiert wird UV-Strahlung überwiegend von stratosphärischem Ozon. Hierbei wird der ultraviolette Anteil der Sonnenstrahlung absorbiert, und so der Mensch vor der UV-Strahlung geschützt. (vgl. Endlicher 2011: 238). Die Stärke der Ozonschicht kann über das Jahr und sogar über den Tag variieren. Irritationen der Ozonschicht können dazu führen, dass der Anteil der UV-B-Strahlung, der auf die Erdoberfläche trifft, vergrößert wird (vgl. Bundesamt für Strahlenschutz 2019a, WHO et al. 2002: 2).

Die Stärke, mit der UV-Strahlung auf die Erdoberfläche auftrifft, hängt von verschiedenen Faktoren ab (s. Abbildung 1). Eine Rolle spielen die geographische Lage und Höhe eines Standortes. Mit abnehmendem Breitengrad nimmt die Intensität der UV-Strahlung zu und mit zunehmender Höhe wird die Atmosphäre dünner, sodass die Intensität der UV-Strahlung pro 1.000 Höhenmeter um 10 bis 12 Prozent ansteigt (vgl. WHO et al. 2002: 2). Dennoch konnte in Breitengrad vergleichbaren Standorten in Deutschland und Neuseeland gezeigt werden, dass die erythemwirksame Bestrahlungsstärke, also die Bestrahlungsstärke, die einen Sonnenbrand verursacht, nicht allein vom Breitengrad abhängig ist. Während der Sommermonate, konnte in Deutschland eine etwa 50 Prozent geringere erythemwirksame Bestrahlungsstärke als in Neuseeland festgestellt werden (vgl. Bais et al. 2008: 925).

Die Stärke der UV-Strahlung variiert im jahres- und tageszeitlichen Verlauf (vgl. WHO et al 2002: 2). Knuschke et al. (2007: 121) haben in ihrer Untersuchung *Personenbezogene Messung der UV-Exposition von Arbeitnehmern im Freien* zeigen können, dass der Einfall und die Verteilung der UV-Strahlung auf den menschlichen Körper von der jahreszeitlichen Sonnenhöhe und der direkten, beziehungsweise der diffusen UV-Strahlung abhängt. Die diffuse UV-Strahlung umfasst die kurzwellige reflektierte und gestreute UV-Strahlung und wird in den folgenden Kapiteln, neben der diffusen UV-Strahlung auch als indirekte UV-Strahlung bezeichnet. Die stärkste UV-Einstrahlung wird bei Sonnenhöchststand erreicht. In den mittleren Breiten, also während der Sommermonate in der Mittagszeit (vgl. WHO et al 2002: 2, Frey / Lösch 2010: 174). Zufolge der WHO et al. (2002: 2) und Steinmetz (2014: 11) werden rund 60 Prozent der UV-Strahlung zwei Stunden vor und zwei Stunden nach dem Sonnenhöchststand, also in Mitteleuropa zwischen 10 Uhr morgens und 14 Uhr mitteleuropäischer Zeit, von dem menschlichen Organismus aufgenommen. Das Bundesamt für Strahlenschutz (2017: 3) gibt insbesondere die Zeit von 11 Uhr bis 15 Uhr als gesundheitsschädlich an. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Gefahr durch UV-Strahlung in diesem Zeitraum am höchsten ist. Diese Zeiträume werden von der Toronto Cancer Prevention Coalition (2010: 119) als Critical Protection Time (CPT) bezeichnet.

Einer der wichtigsten und nach Douglass et al. (2011: 183f) unstetigste Faktor ist der Bewölkungsgrad. Bei wolkenlosem, klarem Himmel ist die bodennahe UV-Strahlung am höchsten (vgl. WHO et al. 2002: 2). Eine starke und geschlossene Wolkendecke kann bis zu 90 Prozent der UV-Strahlung vom Auftreffen auf die Erdoberfläche abhalten (vgl. Bundesamt für Strahlenschutz 2019a). Stark vertikal ausgeprägte Cumulonimbus Wolken können entsprechend Augustin (2009: 116) sogar bis zu 99 Prozent der UV-Strahlung absorbieren. Leichte Bewölkungssituationen und Dunst bilden ein besonderes und häufig unterschätztes Gefahrenpotenzial. 80 Prozent der UV-Strahlung werden durch eine leichte Bewölkung nicht absorbiert. Leichte Bewölkung kann durch Reflexionen und Streuung sogar zu einem erhöhten Einfall von UV-Strahlung auf die Erdoberfläche führen (vgl. Bundesamt für Strahlenschutz 2017: 3, Augustin 2009: 116, WHO et al. 2002: 2, 10). Ein weiterer, insbesondere für die Stadtplanung wichtiger Faktor ist die Oberflächenreflexion, die auch als Albedo bezeichnet wird. Auf das Thema Albedo wird im Zusammenhang mit Stadtklima und UV-Strahlung in Kapitel 2.3 näher eingegangen.

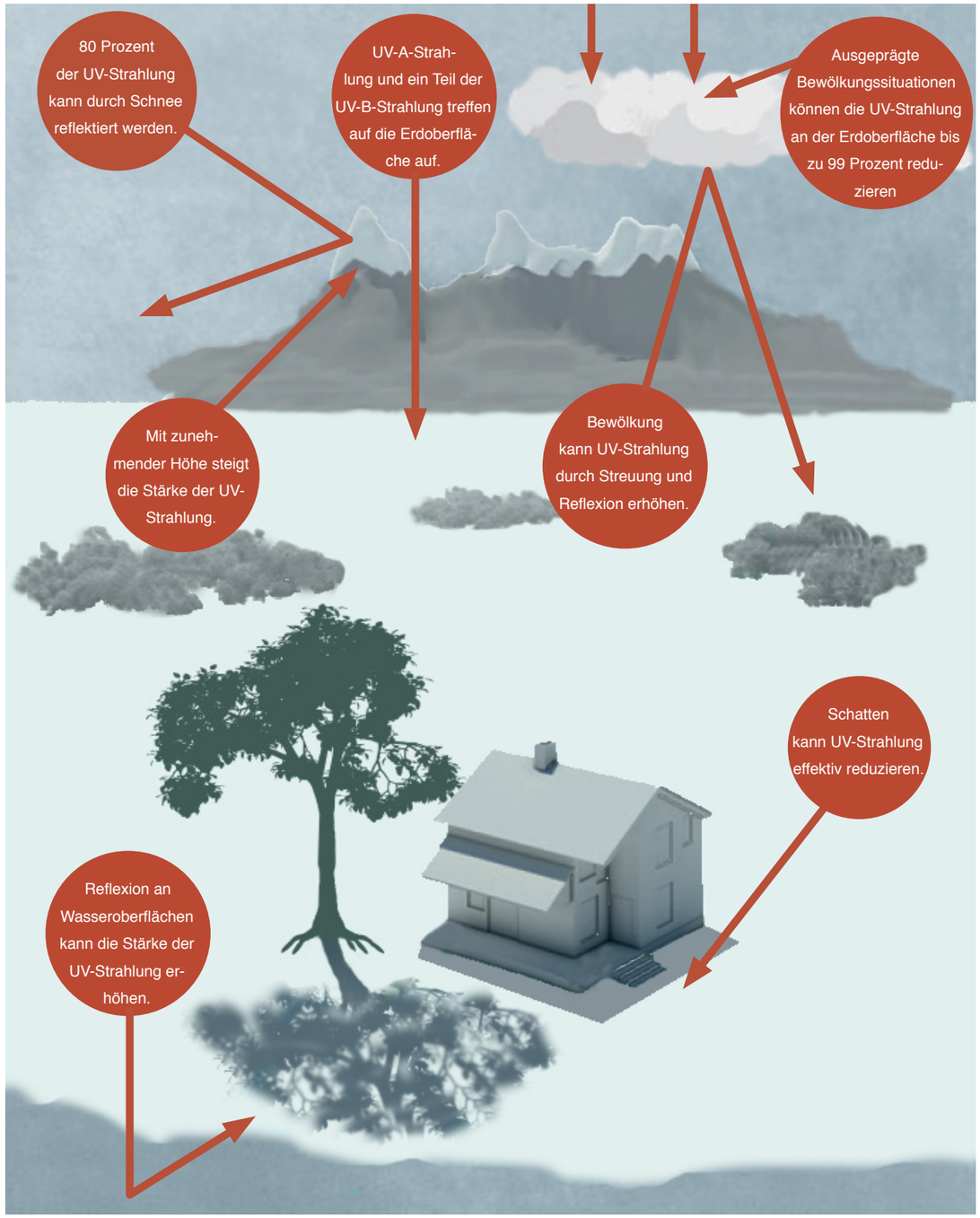


Abbildung 1 Faktoren der UV-Strahlung

UV-Strahlung kann in Abhängigkeit von ihrer Wellenlänge und den oben genannten Faktoren, verschiedene positive und negative Auswirkungen auf den menschlichen Organismus haben (vgl. Asmuß 2012: 10, WHO 2003: 5, s. Tabelle 1). Geringe Dosen an UV-Strahlung, der WHO (2003: 5) zufolge 10 bis 15 Minuten am Tag, können gesundheitsfördernde Effekte, wie die Erhöhung der Vitamin-D Produktion, die zum Beispiel für den Knochenaufbau zuständig ist, haben. Auch das Bundesamt für Strahlenschutz (2017: 4) gibt an, dass „im Sommer kurze tägliche Aufenthalte in der Sonne“ für die Bildung von Vitamin-D ausreichend sind. Das Leitlinienprogramm Onkologie (2019: 79) kommt zu dem Schluss, dass keine abschließenden Angaben darüber getroffen werden können, wie hoch die UV-Exposition sein darf, um ausschließlich positive Effekte auf den menschlichen Organismus zu begünstigen.

Die Exposition gegenüber UV-Strahlung kann jedoch auch zu akuten Schädigungen des menschlichen Organismus wie beispielsweise Sonnenbrand, auch Erythem genannt, oder chronischen Erkrankungen führen. Die häufigsten auftretenden chronischen Erkrankungen in Folge von langzeitiger UV-Bestrahlung sind Hautkrebs und Grauer Star (vgl. WHO 2003: 5, Steinmetz 2009: 24f). Die WHO et al. (2002: 16) stellen einen Zusammenhang zwischen der Inzidenz von UV-Strahlung und nicht-melanotischem, also hellem Hautkrebs her. Am häufigsten tritt dieser an Stellen wie Ohren, Gesicht, Hals und Unterarmen auf, die am meisten der Sonne ausgesetzt sind. Zudem wird davon ausgegangen, dass UV-Strahlung ein wesentlicher Risikofaktor für die Entstehung von schwarzem Hautkrebs, dem sogenannten malignem Melanom ist, auch wenn kein eindeutig direkter Zusammenhang zwischen dessen Entstehung und UV-Strahlung hergestellt werden kann (vgl. WHO 2003: 7, Steinmetz 2009: 25). Ein weiteres Indiz ist die steigende Anzahl an Erkrankungen beider Hautkrebstypen mit abnehmenden Breitengrad und somit höheren bodennahen UV-Bestrahlungswerten (vgl. WHO et al. 2002: 16). Zu dieser Schlussfolgerung kommt auch das Leitlinienprogramm Onkologie (2019: 21):

> „UV-Strahlung gilt aufgrund der derzeitigen Erkenntnisse als der bedeutsamste Risikofaktor in der Ätiologie von Hautkrebs, auch wenn noch nicht alle Details der Induktion, Promotion und Progression von Hautkrebs beim Menschen geklärt sind.“

Das Schädigungspotenzial von UV-Strahlung für den Menschen steigt mit kürzerer Wellenlänge (vgl. Asmuß 2012: 10). Da die UV-C-Strahlung fast überwiegend durch die Erdatmosphäre absorbiert wird, birgt insbesondere der Anteil, der auf die Erdoberfläche auftreffenden UV-B-Strahlung ein hohes Risiko für die menschliche Haut (vgl. Henninger / Weber 2020: 204, Deutscher Wetterdienst (DWD) 2015a: 1). Das Auftreten der bekanntesten Auswirkung von UV-Strahlung, des Erythems, steigert das Risiko an Hautkrebs zu erkranken (vgl. Asmuß 2012: 12). Die Erythemschwellendosis, auch als minimale erythemale Dosis (MED) bezeichnet, gibt an, ab welcher Bestrahlungsstärke eine Hautrötung die Folge sein wird und variiert in Abhängigkeit vom Hauttyp (vgl. Steinmetz 2009: 25, Asmuß 2012: 12). Es kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass eine UV-Bestrahlung unterhalb der MED keine schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Haut hat (vgl. Asmuß 2012: 12).

Somit stellt eine hohe UV-Exposition für alle Menschen eine gesundheitliche Gefährdung dar. Dennoch sind einige Hauttypen und Risikogruppen besonders gefährdet (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2019: 75). Zu diesen zählt das Leitlinienprogramm Onkologie (2019: 75) insbesondere „Kinder, Personen des Hauttyps I und II sowie Personen mit genetisch- oder krankheitsbedingter Erhöhung der UV-Strahlungsempfindlichkeit.“ Insbesondere eine hohe UV-Exposition und das Auftreten von Sonnenbränden während der Kindheit und Jugend, werden als Risikofaktoren für die Entstehung von Hautkrebs gesehen (vgl. DWD 2015a: 1).

Ungeachtet dessen, dass in Deutschland die UV-Strahlungsintensität in den Sommermonaten ihren Höhepunkt erreicht, wird insbesondere im Frühjahr von einer besonderen Gefährdung durch UV-Strahlung ausgegangen, da die menschliche Haut noch nicht an die UV-Strahlung gewöhnt ist und anzunehmen ist, dass die Menschen keine oder nur geringfügige Schutzmaßnahmen vornehmen (vgl. Hauri / Uphoff 2005: 15, WHO et al. 2002: 10, Bundesamt für Strahlenschutz 2017: 4, DWD 2015b: 1). Der Einfall von UV-Strahlung wird zudem stark von der Belaubung der umgebenden Bäume beeinflusst (vgl. Lenzholzer 2017: 131). Zum Beispiel weist der in Hamburg am häufigsten vorkommende Straßenbaum, die Linde, eine späte Belaubung – nach dem 15. Mai – auf, wodurch er im Frühjahr noch keinen Schatten spenden kann und demnach keinen Schutz vor UV-Strahlung bietet (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2016, Brown / Gillespie 1995: 116). Gleichzeitig konnte Augustin (2009: 235) für den Zeitraum 1984 bis 2003 feststellen, dass im Monat März die erytheme UV-Strahlung in Deutschland am stärksten zunimmt, und auch im Monat Mai Veränderungen zwischen 12 bis 16 Prozent aufgetreten sind. Darüber hinaus warnen der DWD (2015b: 1) und Augustin (2009: 238) vor einem vermehrten Auftreten von Niedrigozonereignissen, sogenannten Mini-Ozonlöchern während des Frühjahrs. Diese Ereignisse können zu einer kurzfristigen Verringerung des stratosphärischen Ozons von mehr als 20 Prozent und demnach zu starken bodennahen UV-Belastungen führen.

Bereits Anfang April 2020 wurde in Hamburg ein UV-Index (UVI) von 3, bei wolkenlosem Himmel sogar von 4 gemessen (vgl. DWD 2020). Nach Angaben der WHO et al. (2002: 8) und dem Bundesamt für Strahlenschutz (2019b) sollten ab einem UVI von 3 Schutzmaßnahmen, wie das Aufsuchen von Schatten, ergriffen werden.

> „Der UV-Index beschreibt den am Boden erwarteten Tagesspitzenwert der sonnenbrandwirksamen UV-Bestrahlungsstärke.“
>
> - Bundesamt für Strahlenschutz 2019b -

Der UVI ist eine einheitslose Größe und reicht von 1 bis 11 und höher. Da der UVI global einheitlich definiert ist, sind seine Werte weltweit vergleichbar. Je höher der UVI desto höher ist die erythemwirksame Bestrahlungsstärke. (vgl. WHO et al. 2002: 4, 22, Bundesamt für Strahlenschutz 2019b). In Deutschland wird der UV-Index für eine bessere Verständlichkeit des gesundheitlichen Gefahrenpotenzials in den Gefahrenindex unterteilt. Dieser enthält verschiedene Gefahrenbereiche. Den einzelnen Gefahrenbereichen sind, angelehnt an die Empfehlungen der WHO, Schutzmaßnahmen zugeordnet (vgl. DWD 2020, Bundesamt für Strahlenschutz 2019b, s. Tabelle 2).

Da das thermische Empfinden nicht in direktem Zusammenhang mit der Intensität der UV-Strahlung steht und diese als solche nicht gefühlt werden kann, sind Messungen im Hinblick auf das Gefährdungspotenzial des menschlichen Organismus wichtig (vgl. Holman et al. 2017). Simultan mit der UV-Strahlung ändert sich auch der UV-Index in Abhängigkeit der oben genannten Faktoren und insbesondere im jahreszeitlichen und tageszeitlichen Verlauf. In den Sommermonaten werden in Deutschland Höchstwerte von einem UVI von 8 und 9 erreicht, in höheren Lagen sogar bis zu dem UVI 11. Im Rahmen einer Analyse der erythemwirksamen UV-Exposition in den Jahren 2000 bis 2008 konnten Knuschke et al. (2016: 3f) feststellen, dass an 135 bis 165 Tagen im Jahr ein UVI von mindestens 3 erreicht wird und somit Schutzmaßnahmen erforderlich sind. Dennoch gibt der UV-Index nur einen regionalen Wert an und kann keine genauen Angaben zu UV-Expositionen des Einzelnen geben, sodass dieser nur als Anhaltspunkt zur Gefährdung durch UV-Strahlung genommen werden kann (vgl. Bundesamt für Strahlenschutz 2017: 6).

Insbesondere die UV-Exposition jedes Einzelnen spielt eine entscheidende Rolle für die Gefahr von Hautkrebserkrankungen (vgl. Baldermann / Lorenz 2019: 640). Nach Augustin (2009: 216, 227) führen vor allem das

Tabelle 2 Der UVI und seine empfohlenen Schutzmaßnahmen

	UV INDEX 1 2	UV INDEX 3 4 5	UV INDEX 6 7	UV INDEX 8 9 10	UV INDEX 11+
UV-GEFAHRENINDEX	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch	extrem
SCHUTZMAßNAHMEN	keine Schutzmaßnahmen erforderlich	Schutzmaßnahmen erforderlich		besondere Schutzmaßnahmen erforderlich	
	Aufenthalt im Freien unbedenklich möglich	Schatten während der Mittagszeit aufsuchen entsprechende Kleidung tragen: Hut, Sonnenbrille, Sonnenschutzmittel auf unbedeckter Haut		Aufenthalt im Freien vermeiden zwingend Schatten aufsuchen entsprechende Kleidung und LSF sind zwingend erforderlich	

Zusammenspiel verschiedener Faktoren, wie eine Zunahme der UV-Strahlung und veränderte Expositionsbedingungen, die einen Aufenthalt im Freien begünstigen, zu einem steigenden Hautkrebsrisiko. Holman et al. (2017) unterscheiden zwischen nicht-modifizierbaren Faktoren, wie genetische Grundlagen und modifizierbaren Faktoren, wie zum Beispiel Umweltbedingungen. Das Bundesamt für Strahlenschutz (2017: 5) und Laue (2019: 15f) sehen in einem Wandel des Freizeitverhaltens und eine damit einhergehende veränderte Nutzung von öffentlichen Freiräumen einen Grund für die UV-Exposition. Heutzutage steht eine gebräunte Haut für Wohlstand und Gesundheit (vgl. Burbulla 2011: 49 nach Jung 2007).

Weiterhin konnten Knuschke et al. (2007: 88f) im Rahmen einer Befragung zeigen, dass die gesundheitlichen Auswirkungen von UV-Strahlung und der Schutz vor UV-Strahlung im Alltag den Befragten nur geringfügig bekannt waren. Nach Capellaro / Sturm (2015: 91) wird UV-Strahlung in Hamburg von nur 40 Prozent der befragten Bevölkerung als Gefahr für die Gesundheit wahrgenommen und nur rund 25 Prozent der Befragten Personen kennen den UVI. Dies ist der niedrigste Wert im Vergleich aller Bundesländer (vgl. Capellaro / Sturm 2015: 95).

Gründe für die Zunahme von Hautkrebs werden in einer Änderung der UV-Strahlung beeinflussenden Faktoren und vor allem in einem veränderten Freizeit- und Expositionsverhalten des einzelnen Menschen gesehen. Die meteorologischen Einflüsse, die einen maßgeblichen Einfluss auf das Expositionsverhalten des Menschen haben, werden sich im Rahmen des Klimawandels noch weiter verändern. Das Zusammenwirken von Klimawandel und UV-Strahlung, seine Bedeutung für das Hautkrebsrisiko, und welche Herausforderungen dies für Städte und ihre Stadtplanung bedeuten, werden in den folgenden Kapiteln betrachtet.

2.2 Einfluss des Klimawandels auf das Hautkrebsrisiko

In der Literatur herrscht Einigkeit darüber, dass der Klimawandel in Zukunft einen großen Einfluss auf die Gesundheit des Menschen, insbesondere das Hautkrebsrisiko durch UV-Strahlung haben wird (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2019, Steinmetz 2009: 24, Heisler 2010: 345 nach World Meterological Organization 2007, Bekki et al. 2011: 232).

Bereits 2005 thematisierten Hauri / Uphoff im Rahmen der Veröffentlichung *Auswirkungen einer prognostizierten Klimaänderung auf Belange des Gesundheitsschutzes in Hessen*, die Gesundheitsgefährdung durch UV-Strahlung, in Zusammenhang mit dem Klimawandel. Die in diesem Zusammenhang genannten Maßnahmen beziehen sich jedoch nur auf die Verhaltensprävention. Auf das Thema Verhalten- und Verhältnisprävention wird in Kapitel 4.1 näher eingegangen. Im deutschsprachigen Raum forscht in erster Linie Dr. Jobst Augustin, der am Institut für Versorgungsforschung in der Dermatologie und bei Pflegeberufen am UKE Hamburg tätig ist, zu dieser Thematik. In seiner Doktorarbeit *Der Einfluss des Klimawandels auf die Häufigkeit von Hautkrebserkrankungen* aus dem Jahr 2009 untersucht er den Zusammenhang zwischen Klimawandel und UV-Strahlung und die Auswirkungen auf die menschliche Haut. Bereits ein Jahr zuvor veröffentlichte Augustin (2008) eine der ersten Studien, die sich mit dem Wissenstand zu dieser Thematik befasst. Die literaturbasierte Studie ergab, dass insbesondere die hohe Komplexität der Kausalkette die Forschung erschwert, und der Zusammenhang zwischen UV-Strahlung und Hautkrebs in Zusammenhang mit dem Klimawandel kaum diskutiert wurde. Obwohl der Zusammenhang zwischen UV-Strahlung und Hautkrebsrisiko bestätigt ist, werden die Auswirkungen des Klimawandels in diesem Zusammenhang auch nach Angaben von Bharath / Turner (2009: 215) in der Wissenschaft kaum thematisiert.

Hingegen ist der Zusammenhang zwischen Klimawandel, UV-Strahlung und der Entwicklung der Ozonschicht im Verhältnis dazu gut untersucht (vgl. Bekki et al. 2011, Bais et al 2015, Bais et al. 2018). In der Forschung herrscht jedoch große Unsicherheit darüber, wie sich die bodennahe UV-Strahlung in Zukunft entwickeln wird, da Prognosen über die Veränderungen der Ozonschicht und insbesondere über Faktoren – wie Bewölkung, Aerosole und Oberflächenreflexion – die durch den Klimawandel beeinflusst werden, großen Unklarheiten unterliegen (vgl. Augustin 2009: 116, Bekki et al. 2011: 232, Bais et al. 2015: 19, Bais et al. 2018: 128).

Wie Kapitel 2.1 zeigte, wird UV-Strahlung von der Ozonschicht absorbiert und schützt den menschlichen Organismus vor dem Einfluss der erythemwirksamen UV-Strahlung. Die Abnahme von Ozon seit den 1960er Jahren führt zu einer höheren UV-Belastung an der Erdoberfläche (vgl. DWD 2015a: 1, WHO et al. 2002: 17f). Es konnte nachgewiesen werden, dass seit den 1970er Jahren die erythemwirksame UV-Strahlung in den mittleren Breiten zugenommen hat (vgl. Douglass et al. 2011: 152). Berechnungen zufolge führt eine Zunahme der erythemwirksamen UV-Strahlung um 1,2 Prozent zu einer Steigerung der Hautkrebsrate von bis zu 5 Prozent (vgl. DWD 2015a: 1, Kuttler 2013: 257). Nach Angaben der WHO et al. (2002: 17f) würde ein Rückgang des stratosphärischen Ozons von 10 Prozent zu 3.000 neuen nicht-melanotischen und 4.500 melanotischen Hautkrebsarten führen. Jedoch prognostizieren Bekki et al. (2011: 232) für das Jahr 2100 eine Erholung des Gesamtozons für die mittleren Breiten. Bereits für 2025 werden wieder die Werte aus dem Jahr 1980 prognostiziert (vgl. ebd.: 234). Sie gehen davon aus, dass eine Zunahme des troposphärischen Ozons zu einer Verringerung der sonnenbrandwirksamen UV-Strahlung um bis zu 10 Prozent im Jahr 2100 führt. Durch die globale Erwärmung wird insbesondere eine Zunahme der UV-Strahlung im Frühjahr, aufgrund temporär und lokal auftretender Schwankungen in der Ozonschicht, den Niedrigozonereignissen erwartet. Diese bringen eine sehr hohe UV-Belastung und demnach ein sehr hohes gesundheitliches Gefahrenpotenzial für die menschliche noch sonnenempfindliche Haut mit sich (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2019: 137, Baldermann / Lorenz 2019: 641, Augustin et al. 2017: 141).

Die bodennahe UV-Strahlung hängt maßgeblich von der zukünftigen Entwicklung der Ozonschicht ab. Sie wird dennoch, wie in Kapitel 2.1 beschrieben auch noch von anderen Faktoren beeinflusst, die dazu führen können, dass die Intensität der UV-Strahlung trotz einer Erholung der Ozonschicht weiter steigt (vgl. Bekki et al. 2011: 247). Auch nach Bais et al. (2015: 19, 2018: 128) konnte bisher kein fundierter Zusammenhang zwischen einer Abnahme der erythemwirksamen UV-B-Strahlung und der Erholung der Ozonschicht festgestellt werden. Ein Grund dafür könnte sein, dass Messungen und Prognosen der bodennahen UV-Strahlung stark von Veränderungen der Bewölkung und Oberflächenreflexion beeinflusst werden und sich so keine eindeutigen Zusammenhänge feststellen lassen. Grundsätzlich reduziert Bewölkung den Einfall erythemwirksamer UV-Strahlung. Eine leichte Bewölkungssituation kann aber auch zu einer Verstärkung dieser führen (vgl. Bais et al. 2018: 130). Die klimawandelbedingte Änderung der Bewölkung kann die bodennahe UV-Strahlung beispielsweise um bis zu 15 Prozent erhöhen (vgl. Bekki et al. 2011: 232). Auch nach Douglass et al. (2011: 152) haben Messungen gezeigt, dass die Abnahme der Bewölkung und der Aerosole in Europa zu einer Zunahme der bodennahen UV-Strahlung geführt haben. Nach Bais et al. (2015: 19) könnte eine Aerosolreduktion und Verbesserung der Luftqualität in den dichtesten Ballungsräumen der Nordhemisphäre zu einer Steigerung der UV-Belastung von 10 bis 20 Prozent führen.

Auch temperaturbedingte Änderungen können einen Einfluss auf das Hautkrebsrisiko haben, indem sie das Verhaltensmuster des Menschen beeinflussen (vgl. Kuttler 2013: 257). Der Einfluss des Klimawandels auf die Verhaltensmuster – und dementsprechend der Bedarf nach städtebaulichen Maßnahmen – ist schwer zu ermitteln, da das Expositionsmuster stark vom individuellen Verhalten abhängt. Die WHO et al. (2002: 3f) geben an, dass die individuelle UV-Exposition des Menschen eine der Hauptursachen für die Erkrankung und steigenden Zahlen an Hautkrebs, insbesondere in der Bevölkerung mit hellen Hauttypen ist.

De Gruijl et al. (2008) haben in zehn US-amerikanischen Regionen eine Studie durchgeführt, die zu dem Schluss kommt, dass der mit dem Klimawandel einhergehende Temperaturanstieg die Induktion von nicht-melanozytären Hautkrebs durch UV-Strahlung in der menschlichen Bevölkerung verstärken kann. Diese Erkenntnis würde Bharath / Turner (2009: 2017) zufolge in Großbritannien einen jährlichen Anstieg von 5.000 bis 6.000 neuen Hautkrebserkrankungen zur Folge haben. Weiterhin kam eine Studie von Diffey et al. aus dem Jahr 1996 zu dem Ergebnis, dass die Umgebungstemperatur und das Wetter das Verhalten und den damit verbundenen Aufenthalt im Freien von Kindern, die besonders durch UV-Strahlung gefährdet sind, maßgeblich beeinflusst. Kinder in wärmeren Umgebungen wiesen eine höhere UV-Exposition auf, als Kinder in kühleren Umgebungen (vgl. Bharath / Turner 2009: 217). Die individuelle Freizeitgestaltung und Aktivitäten im Freien werden durch die klimawandelbedingte Temperaturänderung weiter zunehmen (vgl. Mücke et al. 2017: 663). Außerdem geht Heisler (2010: 359) davon aus, dass eine Anpassung dahingehend erfolgt, dass aufgrund der höheren Temperaturen weniger sonnenschützende Kleidung getragen wird. Eine weitere Studie von Diffey aus dem Jahr 2004 zeigt, dass bei Temperaturen zwischen 19°C bis 27°C das Sonnenbrandrisiko im Vergleich zu Temperaturen unter 19°C verdoppelt ist, bei Temperaturen über 27°C jedoch wieder zurückgeht (vgl. Bharath / Turner 2009: 218). In diesem Zusammenhang spielt der thermische Komfortbereich eine große Rolle. Die UV-Strahlung als solche wird nicht als unangenehm empfunden, sondern hohe Lufttemperaturen, gestaute Luft und erhitzte Oberflächen (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 54). Wenn der thermische Komfortbereich überschritten wird, ergeben sich Verhaltensanpassungen der Menschen (vgl. Augustin et al. 2018: 174). Diese Ansicht vertritt auch das Leitlinienprogramm Onkologie. Eine längere Tageslichtdauer und höhere Temperaturen fördern den Aufenthalt im Freien, wohingegen thermischer Diskomfort das Gegenteil bewirkt (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2019: 137). Zudem hängt das Verhalten von der individuellen Wahrnehmung ab, da durch die Eigenschaften eines Raumes wie Material und Farbe ein Standort unabhängig von der Temperatur als warm oder kalt empfunden wird (vgl. Lenzholzer 2015: 51). Demnach müssen Temperatur und UV-Strahlung in der Stadtplanung gemeinsam betrachtet werden.

Auch in Deutschland werden bereits die Auswirkungen des Klimawandels mit Hitzeereignissen und mehr warmen Tagen, an welchen thermischer Komfort herrscht, spürbar. Langfristig wird eine weitere Zunahme dieser erwartet (vgl. Augustin et al 2017: 146, Baldermann / Lorenz 2019: 642, Leitlinienprogramm Onkologie 2019: 127). Der Klimawandel wird demnach Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit durch vermehrte Todesfälle aufgrund von Hitzeereignissen und einer höheren Anzahl an Sonnenbränden und Hautkrebserkrankungen haben (vgl. Hauri / Uphoff 2005: 5). „Die Frage, ob eine klimawandelabhängige Erhöhung der Hautkrebsinzidenz infolge veränderter Verhaltensmuster der Menschen zu erwarten ist, kann [in Augen des Expertenkonsens des Leitlinienprogramms Onkologie (2019:

EINFLUSS DES KLIMAWANDELS AUF DAS HAUTKREBSRISIKO

142) dennoch] derzeit nicht abschließend beantwortet werden und bedarf weiterer Forschung.“ Auf die Auswirkungen des Klimawandels auf das Hautkrebsrisiko in Hamburg wird in Kapitel 2.4 näher eingegangen.

2.3 UV-Strahlung und Temperatur in der Stadt: Herausforderungen der Stadtplanung

Die Verhältnisprävention in der Stadtplanung unterliegt ganz besonderen Herausforderungen, da Städte gegenüber ihrem Umland spezifische Eigenschaften aufweisen und UV-Strahlung und Hitze besonders sensibel thematisiert werden müssen. Weltweit lebt fast jeder zweite Mensch in einer Stadt. In Deutschland sind sogar rund 77 Prozent der Bevölkerung Stadtbewohner:innen, Trend weiter steigend. Im Jahr 2050 sollen bereits etwa 84 Prozent der deutschen Bevölkerung in Städten leben (vgl. United Nations 2018). Von den etwa 5,4 Millionen Menschen aus der Metropolregion Hamburg leben rund 40 Prozent in den drei größten Städten Hamburg, Lübeck und Neumünster. In Hamburg leben alleine rund 1,8 Millionen Menschen (Stand 31.12.2018) (vgl. Metropolregion Hamburg 2018). In Zukunft werden demnach immer mehr Menschen von den stadtklimatischen Besonderheiten und den Auswirkungen des Klimawandels auf diese betroffen sein.

Städte weisen ein gegenüber ihrem Umland anthropogen modifiziertes Klima, das sogenannte Stadtklima auf. Dieses wird unter anderem durch einen hohen Versiegelungsgrad, einer dichten, geschlossenen Bebauungsstruktur sowie künstlichen Materialien, die besondere Reflexions- und Wärmespeichervermögen aufweisen, verursacht (vgl. Laue 2019: 52f, Lenzholzer 2015: 59, Henninger / Weber 2020: 15). Städte sind durch künstliche Baumaterialien an Oberflächen und Fassaden geprägt, die viel Wärme und Strahlung emittieren können. Dies wird insbesondere in sehr dichten Städten deutlich (vgl. Henninger / Weber 2020: 99, Lenzholzer 2015: 33). Städte weisen gegenüber ihrem Umland zum Beispiel:

- eine geringere UV-Strahlung,
- eine höhere diffuse Strahlung,
- eine verkürzte Sonnenscheindauer,
- einen deutlich höheren sensiblen Wärmestrom,
- eine höhere Wärmespeicherung von Oberflächen,
- höhere Lufttemperaturen am Tag und in der Nacht,
- eine geringere Luftfeuchtigkeit und geringere Windgeschwindigkeiten auf (vgl. Kuttler 2013: 213f).

Trotz einer insgesamt geringeren UV-Strahlung als im Umland, gibt es unterschiedliche Faktoren, die bei der UV-Belastung in Städten eine wichtige Rolle spielen und die dazu führen, dass es Standorte gibt, die mehr als andere von UV-Strahlung belastet werden. Zu den zweidimensionalen Indizes zählen Henninger / Weber (2020: 44) den Versiegelungsgrad, den Grünflächenanteil und die Bebauungsdichte. Diese beschreiben jeweils den Anteil versiegelter Oberflächen, Grünflächen und der Bebauung an der betrachteten Gesamtfläche (vgl. ebd.: 44). In Deutschland weisen über 70 Prozent der Städte einen Versiegelungsgrad von 50 bis 75 Prozent auf, wohingegen der Vegetations- und Wasserflächenanteil überwiegend weniger als 30 Prozent beträgt (vgl. ebd.: 29). Geringe Evapotranspirationsleistungen – Kühlung durch Verdunstung – haben eine städtische Überwärmung zur Folge (vgl. Lenzholzer 2015: 59). Hoffman et al. (2010) konnten feststellen, dass die Temperaturen in der Stadt im Durchschnitt um 1,1°C erhöht sind, im Sommer sind die Tiefstwerte in der Innenstadt sogar um 3°C höher. Nachts können sie in Einzelfällen bis zu 15°C höher sein (vgl. Kuttler 2013: 213). Dies wird insbesondere in Innenstadtbereichen deutlich, in denen der Versiegelungsgrad in vielen Fällen größer als 70 Prozent ist (vgl. Laue 2019: 58). Dieser UHI-Effekt wird durch den Klimawandel noch weiter verstärkt werden (vgl. Henninger / Weber 2020: 32, s. Kapitel 2.4).

Eine wesentliche Bedeutung in der Stadt kommt der Oberflächenreflexion, dem Wärmespeichervermögen und der Oberflächenrauigkeit zu, da diese einen großen Einfluss auf die UV-Strahlung im Stadtgebiet haben. Dieser Thematik wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein hoher Stellenwert zugeschrieben, da diese Faktoren durch Stadtplanung beeinflussbar sind. Trifft UV-Strahlung auf eine Oberfläche, können je nach Eigenschaft dieser, vier verschiedene Prozesse eintreten: Reflexion, die kurzwellige Reflexion der UV-Strahlung (Albedo); Transmission, die Durchlässigkeit von UV-Strahlung; Absorption, die Aufnahme von UV-Strahlung und in den meisten Fällen die Umwandlung in sensible Energie sowie die Streuung, die Umlenkung der UV-Strahlung (vgl. Laue 2019: 27).

Die Albedo beschreibt das Verhältnis von einfallender kurzwelliger Strahlung zu reflektierter kurzwelliger Strahlung. Die Albedo kann einen Wert zwischen 0 und 1 beziehungsweise 0 und 100 Prozent annehmen. Das Verhalten von UV-Strahlung hängt besonders von dem Reflexionsvermögen von Oberflächen ab, welches durch Farbe und Helligkeit der Oberfläche bestimmt wird (vgl. Heisler 2010: 347, Henninger / Weber 2020: 62). Allgemein gilt, dass je heller eine Oberfläche ist, desto höher ist ihre Albedo (vgl. Henninger / Weber 2020: 62). Beispielsweise kann frischer Schnee bis zu 80 Prozent und trockener Sand rund 15 Prozent der UV-Strahlung reflektieren (vgl. WHO et al. 2002: 2, 10). Die Albedo von Asphalt liegt beispielsweise bei 5 bis 15 Prozent. Im Vergleich dazu, kann eine weiß gestrichene Wand bis zu 90 Prozent der kurzwelligen Strahlung reflektieren. Die Albedo von Wasserflächen variiert im tageszeitlichen Verlauf zwischen 5 und 95 Prozent, da diese von der Höhe des Sonneneinfalls abhängig ist (s. Tabelle 3, vgl. Henninger / Weber 2020: 62).

Eine hohe Oberflächenreflexion bedeutet, dass die erytheme Bestrahlungsstärke auf die Umgebung verstärkt wird (vgl. Douglass et al 2011: 187, Heisler 2010: 347). So kann aufgrund reflektierter und gestreuter UV-Strahlung auch in einem verschatteten Bereich ein Sonnenbrand auftreten (vgl. Greenwood et al. 1998: 12). Zu diesem Ergebnis kommt auch Heisler (2010: 347 nach Heisler / Grant (2000a)). Eine Erhöhung des Reflexionsvermögen innerhalb einer Stadt um 35 Prozent würde die Reflexion von UV-B-Strahlung um 20 Prozent erhöhen. Zudem können hohe Einfallswinkel beispielsweise bei Glas, die auf eine Person wirkende UV-B-Strahlungsintensität um das Doppelte erhöhen. In Abbildung 2 sind die Strahlungseinflüsse im städtischen Raum dargestellt.

Neben der Reflexion sollte auch der Transmissionsgrad von Oberflächen bei einer Begutachtung von Anpassungsmaßnahmen zum Schutz vor UV-Strahlung nicht vernachlässigt werden. Der Transmissionsgrad beschreibt den Anteil der gesamten Sonnenstrahlung, der durch ein Material durchdringen kann (vgl. Cox 2013: 71). Wird im Rahmen dieser Arbeit von Sonnenstrahlung gesprochen, ist damit die gesamte Strahlung der Sonne einschließlich der UV-Strahlung gemeint. Beispielsweise wird eine Glasscheibe von etwa 80 Prozent durchdrungen (vgl. ebd.: 71). Im Freiraum findet Transmission unter anderem an Blättern von Vegetation statt (vgl. Laue 2019: 27).

Tabelle 3 Albedo und Emissionsvermögen ausgewählter Materialien in Prozent

MATERIAL	ALBEDO	EMISSIONS-VERMÖGEN
ASPHALT	5 bis 15	95
GRAUER BETON	10 bis 35	71 bis 95
WEIßER BETON	71	71 bis 95
KLINKER	20 bis 50	90 bis 92
NATURSTEIN	20 bis 35	85
HOLZ	40	90
HELLE FASSADE/ PFLASTER	70 bis 95	90
DUNKLE FASSADE	2 bis 15	95
WELLBLECH	10 bis 16	13 bis 28
GLAS	10 bis 50	90
BETON	10 bis 50	71 bis 90
SANDIGER BODEN	25 bis 35	84 bis 91
KIESPFLASTER	72	28
GRAS	20 bis 30	90 bis 95
WASSER (abhängig vom Einfallswinkel)	5 bis 95	92 bis 97

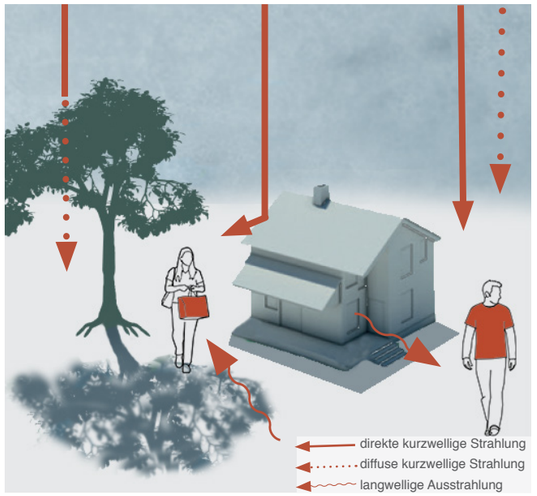


Abbildung 2 Einflüsse von Strahlung im städtischen Raum

Weniger ausschlaggebend für die bodennahe UV-Bestrahlungsstärke, jedoch für die Oberflächentemperatur ist die Absorption, die Ausrichtung der Oberflächen zur Sonne, das Emissionsvermögen und die spezifische Wärmekapazität, die unter anderem eine wesentliche Bedeutung für den UHI-Effekt spielen und auch im Rahmen von Anpassungsmaßnahmen an UV-Strahlung berücksichtigt werden müssen (vgl. Henninger / Weber 2020: 99, Lenzholzer 2015: 35). Das Emissionsvermögen gibt an, wie viel Wärmestrahlung ein Material nach Erwärmung an seine Umgebung wieder abgibt, wohingegen die spezifische Wärmekapazität beschreibt, wie viel Energie benötigt wird, um 1 Kilogramm eines Materials um 1 Kelvin (K) zu erwärmen oder abzukühlen (vgl. Neroth 2011: 42, Henninger / Weber 2020: 68). Dunkle Oberflächen haben nur eine geringe Albedo und absorbieren die kurzwellige Strahlung daher zu großen Teilen, die sie in Form von langwelliger Strahlung, also sensibler Wärme wieder an ihre Umgebung abgeben (vgl. Henninger / Weber 2020: 99, Lenzholzer 2015: 32). Schwarze Wandfarbe reflektiert beispielsweise nur 2 bis 15 Prozent der kurzwelligen Strahlung, hat gleichzeitig jedoch ein Emissionsvermögen von 95 Prozent (s. Tabelle 3, Brown / Gillespie 1995: 49). Außerdem erwärmen sich einige Materialien wie Beton und Asphalt, aufgrund der spezifischen Wärmekapazität schneller als andere, wie zum Beispiel Wasser (vgl. Henninger / Weber 2020: 68). Die Temperatur von Oberflächen und Körpern wird maßgeblich von der Sonnenstrahlung und von Schatten beeinflusst. Schatten reduziert nach Lenzholzer (2015: 31) den Strahlungseintrag und hat eine temperaturregulierende Wirkung.

Die Temperatur einer Oberfläche wird außerdem von ihrer Oberflächenrauigkeit beeinflusst (vgl. Henninger / Weber 2020: 99). Diese hat Einfluss auf die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung. Mit steigender Oberflächenrauigkeit, also einer höheren Reibung der Oberfläche nimmt die Windgeschwindigkeit ab. Beeinflusst wird diese zum Beispiel durch die Art der Vegetation oder der Bebauung (vgl. Henninger / Weber 2020: 39, 51). Oberflächen mit einer hohen Rauigkeit haben zudem ein deutlich geringeres Reflexionsvermögen als helle, glatte Oberflächen (vgl. Cox 2013: 74, Lenzholzer 2015: 32).

Neben den Eigenschaften der Materialien spielen auch dreidimensionale Indizes, wie das Höhen-zu Breitenverhältnis, abgekürzt H/W-Verhältnis und der Sky View Factor (SVF) eine wesentliche Rolle bei dem Einfall von UV-Strahlung in Freiräume, der langwelligen Ausstrahlung und somit der Erwärmung in der Stadt. Das H/W-Verhältnis gibt das Verhältnis der mittleren Bebauungshöhe zu der Breite einer Straßenschlucht an (vgl. Errel et al. 2011: 20). Schmale Straßenschluchten im Verhältnis zu einer hohen Bebauung haben ein hohes H/W-Verhältnis und andersherum. Bei einem großen H/W-Verhältnis ist die kurzwellige Einstrahlung, beziehungsweise die Sonnenscheindauer am Tag und die langwellige Ausstrahlung in der Nacht in der Straßenschlucht vermindert und führt somit zu einem Verbleib der Wärme in der Straßenschlucht (vgl. Henninger / Weber 2020: 44f, Kuttler 2013: 213).

Der SVF, auch Himmelssichtfaktor genannt, gibt den „Anteil des Himmelhalbraums, der von einem bestimmten Punkt der Erdoberfläche, im Vergleich zur potentiell freien Himmelsschicht ohne Horizonteinengung durch Objekte „gesehen“ wird“ (Henninger / Weber 2020: 45) an. Ein SVF von 0 bedeutet eine gänzlich eingeschränkte Himmelssicht, ein SVF von 1 eine freie Himmelssicht (vgl. ebd.: 45). Nach Laue (2019: 40) hat ein geringer SVF (s. Abbildung 3) einen niedrigeren Strahlungseinfall auf Oberflächen zur Folge, verhindert aber auch

eine effektive langwellige Ausstrahlung in der Nacht, die eine Überwärmung begünstigt. Hingegen kann bei einer geringfügigen Horizonteinengung bis zu 90 Prozent der Energie wieder abgegeben werden. Mitteleuropäische Städte weisen im Durchschnitt einen SVF von rund 0,8 auf (vgl. ebd.: 40f).

In Bezug auf die Eigenschaften von Oberflächen konnte ein Konflikt zwischen den Anforderungen an den Schutz vor UV-Strahlung und den Schutz vor Erwärmung ermittelt werden. Dunkle Oberflächen mit einer geringen Reflexion von UV-Strahlung erhitzen sich stärker, wohingegen helle Oberflächen eine geringere Erwärmung, jedoch ein starkes Reflexionsvermögen aufweisen. Eine Anpassung an UV-Strahlung und Temperatur kann aber nicht nur durch eine Auswahl geeigneter Materialien erfolgen, sondern muss auch unter den regulatorischen Wirkungen von Schatten und dem SVF betrachtet werden, um effiziente Lösungsansätze für beide Aspekte zu erarbeiten. Zu diesen zählen unter anderem Verschattungsmaßnahmen. Diese können UV-Strahlung in städtischen Räumen verringern, die Lufttemperatur am Tag beeinflussen und gleichzeitig das thermische Empfinden durch einen Rückgang des Eintrags kurzwelliger Strahlung auf die menschliche Haut positiv beeinflussen und somit Synergien zwischen den beiden Handlungsfeldern herstellen (vgl. WHO et al. 2002: 2, Henninger / Weber 2020: 198, 209). Das Thema Anpassung und Schutz durch Schatten im städtischen Raum wird in Kapitel 5 eingehend untersucht.

2.4 Klimawandel und UV-Strahlung in Hamburg: Status Quo

Einen Temperaturunterschied von 3°C, die sogenannte UHI, weist die Stadt Hamburg in einer Sommernacht im Vergleich zu ihrem Umland auf. Unter anderem werden sich die Temperaturen und der Niederschlag im Rahmen des Klimawandels und unter den stadtklimatischen Besonderheiten weiter verändern und in Zukunft werden immer mehr Menschen von diesen Auswirkungen betroffen sein (vgl. Dickhaut et al. 2019: 9, s. Kapitel 2.3). Der Zusammenhang und die Bedeutsamkeit zwischen Temperatur und UV-Strahlung sowie der UV-Exposition des Menschen konnten in Kapitel 2.2. gezeigt werden. Aus diesem Grund liegt der Schwerpunkt dieses Ka-



Abbildung 3 Straßenraum mit Horizonteinengung, New York City USA

pitels auf den Veränderungen der Temperatur und der Sonnenstrahlung in Hamburg. Angaben ausschließlich zu UV-Strahlung liegen nicht vor. Verschiedene Analysen haben sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die Region und die Stadt Hamburg beschäftigt. Die folgenden Angaben beziehen sich demnach auf die Stadt und auf die Region. Es soll darauf hingewiesen werden, dass diese Analysen und Prognosen in einigen Aspekten unterschiedliche Ergebnisse aufweisen können, da sie teilweise auf unterschiedlichen Bezugsräumen und Berechnungsansätzen beruhen und nicht alle klimawandelrelevanten Aspekte erfassen (vgl. Bechtel et al. 2018: 43, Trusilova / Riecke 2015: 62, Daschkeit / Renken 2009: 6). Hamburg weist mit 8,8°C einen etwas höheren Temperaturmittelwert als Deutschland mit 8,2°C auf. Für den Bezugszeitraum 1981 bis 2010 liegt die Temperatur im Durchschnitt sogar bei 9,4°C, in Deutschland bei 8,9°C (vgl. Trusilova / Riecke 2015: 20f). Der norddeutsche Klimamonitor des Helmholtz-Zentrum Geesthacht ermöglicht es verschiedene Klimadaten und ihre Entwicklung für die Metropolregion Hamburg und die Stadt Hamburg abzurufen. Da es für die Messstationen in der Stadt Hamburg für einige Faktoren keine hinreichend fehlerfreien Daten gibt, wird sich auf die Daten der Metropolregion Hamburg bezogen. Aus den Flächendatensätzen der Metropolregion wird ein Gebietsmittelwert berechnet. Die Gebietsmittelwerte des Zeitraums 1986 bis 2015 werden mit den Gebietsmittelwerten der Klimanormalperiode von 1961 bis 1990 verglichen.

Auf das ganze Jahr bezogen kann für die Metropolregion Hamburg eine durchschnittliche Temperaturänderung von plus 0,8°C und eine steigende Anzahl an Sommer- und Hitzetagen ermittelt werden. Im Frühling und im Herbst gibt es einen weiteren Sommertag (T_{max} >= 25°C), im Sommer sind es im Durchschnitt Vier, an einigen Messpunkten sogar Sechs. Die Anzahl der Hitzetage (T_{max} >= 30°C) steigt im Sommer um einen weiteren Tag. Ein Anstieg der Temperatur hat mit 1,1°C und 1,0°C insbesondere im Frühling und im Winter stattgefunden. Im Sommer liegt dieser entsprechend des Jahresmittels bei 0,8°C und im Herbst nur bei 0,4°C (vgl. Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung 2020). Auf Grundlage ihrer Untersuchungsergebnisse gehen Maneke et al. (2014: 8) davon aus, dass die Temperaturänderungen auf die zukünftigen Entwicklungen der Lufttemperatur übertragbar sind.

In Bezug auf die Sonnenscheindauer konnte für die Metropolregion ein durchschnittlicher Zuwachs von 1 Prozent im Jahr verzeichnet werden. Einige Daten zeigen jedoch auch einen Zuwachs von 5 Prozent an. Eine erhöhte Sonnenscheindauer wird mit 2 Prozent insbesondere für die Frühlings- und Herbstmonate ermittelt. Einige Flächendatensätze weisen im Frühjahr sogar eine höhere Sonnenscheindauer von 10 Prozent auf. Im Sommer hingegen ist keine Änderung der Sonnenscheindauer im Mittel festzustellen. Einige Datensätze weisen aber auch im Sommer eine gesteigerte Sonnenscheindauer von 4 Prozent auf. In den Wintermonaten ist die Sonnenscheindauer im Durchschnitt 2 Prozent geringer. Der Bedeckungsgrad hat in dieser Zeit im Jahresdurchschnitt, auch in den Sommermonaten um 2 Prozent abgenommen, im Frühling sogar um 4 Prozent. (vgl. Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung 2020). Eine geringe Zunahme der Sonnenscheindauer für den Norden Deutschlands für den Zeitraum 1951 bis 2010 kann auch durch Maneke et al. (2014: 7) festgestellt werden. Für den Zeitraum 1984 bis 2003 hat nach Augustin (2009: 220) zufolge, eine Zunahme der erythemwirksamen UV-Strahlung insbesondere in Nordostdeutschland stattgefunden. Auch nach Trusilova / Riecke (2015: 48) steigt seit dem Jahr 1978 die Sonnenstrahlung in Hamburg kontinuierlich an. Die Forscher stellen ebenfalls für das Frühjahr den höchsten Zuwachs fest (ebd.: 50). Für Hamburg liegen diese Werte bei 5 bis 10 Prozent. Eine Kopplung veränderter Expositionsbedingungen und einer Zunahme der UV-Strahlung führen in Norddeutschland vor allem im März und Juli zu einer höheren erythemwirksamen UV-Tagesdosis, sodass zu dieser Zeit auch das höchste Hautkrebsrisiko herrscht (vgl. Augustin 2009: 227, 238).

Die klimawandelbedingten Änderungen haben auch einen Einfluss auf die Vegetation. Im Durchschnitt hat sich der Vegetationsbedeckungsgrad im Jahr in der Metropolregion um 2 Prozent reduziert, jedoch verlängert sich die Vegetationsperiode um durchschnittlich 16 Tage und beginnt 13 Tage früher. Im Frühjahr hat

der Bedeckungsgrad mit 4 Prozent am stärksten abgenommen. Im Sommer mit 2 Prozent und im Herbst mit 1 Prozent etwas weniger. Im Winter hat im Mittel keine Änderung des Bedeckungsgrades stattgefunden (vgl. Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung 2020). Diese Entwicklung hat Auswirkungen auf die Verschattung durch Belaubung und dem UV-Schutz insbesondere im Frühjahr.

In der Ausarbeitung *Klimaänderung und Klimafolgen in Hamburg* haben Daschkeit / Renken (2009) auf Grundlage regionaler Klimamodelle zwei Szenarien für die Klimaentwicklung in Hamburg erarbeitet. Bezogen auf die Klimanormalperiode geht das mittlere Szenario von einem Anstieg der Jahresmitteltemperatur von 1,0°C bis 1,4°C für die Metropolregion Hamburg bis zum Jahr 2050 aus, wohingegen das ungünstige Szenario sogar einen Anstieg von 1,8°C prognostiziert. Bis zum Jahr 2100 werden weitere Temperatursteigerungen erwartet. Auch wird sich der Trend von mehr Sommer- und Hitzetagen weiter fortsetzen (vgl. Daschkeit / Renken 2009: 4). Trusilova / Riecke (2015: 24) erwarten bei gleichbleibender Landnutzung für die nächsten hundert Jahre einen Temperaturanstieg von 1,2°C für die Stadt Hamburg und für das Umland von 1,3°C. Trotz der prognostizierten steigenden Temperatur im Umland, bleibt der UHI-Effekt aber auch in Zukunft bestehen. Entgegen der Entwicklungen der letzten Jahre wird insbesondere im Herbst und im Sommer ein Temperaturanstieg erwartet, wohingegen dieser im Frühjahr und Winter nur geringfügig ausfallen soll (vgl. ebd.: 26). Die Forscher erwarten bis zum Jahr 2050 einen Anstieg der Hitzetage um vier weitere Tage und demnach einen zunehmenden Hitzestress in der Stadt (vgl. ebd.: 29). Kapitel 2.3 hat gezeigt, dass der Wärmeinseleffekt und die damit verbundene Temperaturerhöhung von einer Vielzahl an Faktoren, wie zum Beispiel der Albedo und dem Emissionsvermögen von Oberflächenmaterialien abhängt. Am Beispiel von zwei Standorten zeigen Trusilova / Riecke (2015: 32f), dass eine Landnutzungsänderung von Vegetationsfläche zu versiegelter, verdichteter Fläche eine Temperaturerhöhung von bis zu 0,5°C haben kann. Auf der anderen Seite kann die Umwandlung einer Fläche mit geringem Vegetationsanteil in Wald eine Temperatursenkung von 0,2°C zur Folge haben. Schattenwirkungen von Bäumen und Auswirkungen des H/W-Verhältnisses finden in dem Modell allerdings keine Berücksichtigung. Sie gehen jedoch davon aus, das Schatten eine weitere Abkühlung fördern kann.

Wie Kapitel 2.2 bereits gezeigt hat, ist es sehr schwierig Aussagen und Prognosen für die zukünftige Entwicklung der UV-Strahlung zu treffen. Dies gilt auch für die Stadt Hamburg. Daschkeit / Renken (2009: 26) treffen zum Beispiel keine Aussagen zur UV-Strahlung und Sonnenscheindauer, da nach ihrer Einschätzung zu diesem Zeitpunkt noch keine hinreichenden wissenschaftlichen Untersuchungen vorlagen. Bechtel et al. (2018: 40) vermuten, dass eine Temperaturerhöhung und die Aerosolkonzentration in der Stadt zu stärkeren Wolkenbildungsprozessen führen können, und demnach eine Reduzierung der Sonneneinstrahlung und der UV-Strahlung zur Folge haben werden. Trusilova / Riecke (2015: 50) erwarten für das Jahr 2050 ebenfalls eine Abnahme der UV-Strahlung für die Stadt Hamburg und ihr Umland. Insbesondere für das Frühjahr, das im Moment am stärksten von einer Zunahme der Sonnenscheindauer und Sonnenstrahlung betroffen ist, wird die stärkste Strahlungsabnahme vorhergesagt (vgl. ebd.: 52).

Der Temperaturanstieg wird nach Daschkeit / Renken (2009: 24) zu einer weiteren Verlängerung der Vegetationsperiode führen. In Abhängigkeit vom Szenario kann sich die Vegetationsperiode im Vergleich zur Klimanormalperiode um 50 bis 60 Tage beziehungsweise sogar um 80 bis 90 Tage verlängern. In Bezug auf das mittlere Szenario sind für Hamburg Bedingungen wie in Bayern zu erwarten, ausgehend von dem ungünstigen Szenario sogar Bedingungen wie in der Toskana (vgl. Daschkeit / Renken 2009: 25).

Im Rahmen des *Hamburger Klimaberichts 2018* werden die Entwicklungen und die Folgen des Klimawandels für die Metropolregion und die Stadt Hamburg bis Oktober 2015 zusammengefasst. Bereits im Jahr 2011 wurde der *1. Hamburger Klimabericht* veröffentlicht. Das Wissen über Klimafolgen hat sich seitdem stetig weiterentwickelt. Die wachsende Bedeutsamkeit des Hamburger Stadtklimas und der gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels haben dazu geführt, dass diesen Themen ein eigenes Kapitel gewidmet wurde (vgl.

Claußen et al. 2018: 2f). Allerdings zeigt der Hamburger Klimabericht auch, dass das Thema UV-Strahlung in Hamburg noch nicht hinreichend als Handlungsfeld aufgefasst wurde. Das Kapitel Stadtklima in Hamburg umfasst zum Beispiel die Schwerpunkte Temperatur und Niederschlag, geht jedoch nur geringfügig auf das Thema Bewölkung, Sonnenscheindauer und UV-Strahlung ein. Die empfohlenen Anpassungsmaßnahmen berücksichtigen nicht die Auswirkungen von UV-Strahlung (vgl. Bechtel et al. 2018). Im Kapitel Gesundheit spielt UV-Strahlung eine wesentlich bedeutsamere Rolle. Die Gefahren, die von UV-Strahlung ausgehen, werden erkannt und es werden Prognosen gestellt, wie sich die UV-Strahlungsintensität in Hamburg entwickeln wird (vgl. Augustin et al. 2018). Bereits Kapitel 2.2 hat jedoch gezeigt, wie schwierig es ist Aussagen zu den Entwicklungen zu treffen, da Prognosen in diesem Bereich großen Unsicherheiten unterliegen. Zudem begrenzen sich die Empfehlungen für die Stadtplanung in diesem Kapitel auch in erster Linie auf Anpassungsmaßnahmen für Temperaturänderungen, und nicht auf den Schutz vor UV-Strahlung (vgl. Augustin et al. 2018). Auch nach Angaben von Herrn Davidse (2020) – Mitarbeiter der Leitstelle Klima in Hamburg – wird UV-Strahlung im Bereich der Klimaanpassung derzeit noch nicht als relevantes Thema wahrgenommen. Schutzmaßnahmen vor UV-Strahlung können jedoch auch von Hitzeanpassungsmaßnahmen, wie zum Beispiel Verschattung profitieren (vgl. Davidse 2020).

Die Relevanz für das Thema UV-Strahlung wird für die Zukunft sehr hoch eingeschätzt, da die allgemeine Wahrnehmung für die Auswirkungen des Klimawandels stetig zunehmen (vgl. Davidse 2020). Der Literatur nach zu urteilen wird UV-Strahlung in Hamburg langsam als Handlungsfeld erkannt, während der Temperaturanstieg jedoch noch deutlich in der Wahrnehmung dominiert und Aussagen und Prognosen diesbezüglich einfacher zu treffen sind. Die Sommer werden wärmer und verlängerte Vegetationsperioden werden erwartet. Entgegen des derzeitigen Trends wird im Frühling jedoch ein geringerer Temperaturanstieg erwartet. Auf Grundlage der vorangegangenen Kapitel wird der Schluss gezogen, dass Hamburg zu einigen Zeitpunkten bereits ein Gefahrenpotenzial durch UV-Strahlung aufweist. Für das gesamte Jahr und insbesondere für das Frühjahr, wenn die menschliche Haut am wenigsten an UV-Strahlung gewöhnt ist, wurde eine höhere Sonnenscheindauer seit der Klimanormalperiode aufgezeichnet. Die Frage, ob sich diese Entwicklung weiter verschärfen wird und ab wann UV-Strahlung in Hamburg als Handlungsfeld erkannt wird, kann nicht abschließend beantwortet werden, da die Prognosen in diesem Zusammenhang zu großen Unsicherheiten unterliegen und von einer Vielzahl an Faktoren abhängen, deren Zusammenhänge noch nicht abschließend geklärt sind. Selbst wenn die Sonnenscheindauer in den nächsten Jahren tatsächlich zurückgehen wird, wird sich das Expositionsverhalten der Menschen durch die steigende Temperatur verändern und zu einer erhöhten UV-Exposition führen. Studien in Großbritannien haben überdies gezeigt, dass die Klimaänderungen eine Zunahme der Hautkrebsneuerkrankungen zur Folge haben. Ausgehend von der geographischen Lage können ähnliche Rückschlüsse auf Hamburg zugelassen werden. Zudem konnte in Kapitel 2.1 gezeigt werden, dass UV-Strahlung in Hamburg seitens der Bevölkerung kaum als Gefahr wahrgenommen wird und nur ein geringer Anteil der Bevölkerung verhaltenspräventive Maßnahmen, wie den UVI kennt beziehungsweise nutzt.

Die Gefahren, die von UV-Strahlung ausgehen, werden jedoch bereits heute deutlich und zeigen die Relevanz, UV-Strahlung in der Zukunft verstärkt im Planungsprozess zu berücksichtigen. Allein im Jahr 2016 erkrankten 3.380 Menschen in Hamburg an Hautkrebs. Im Vergleich dazu wurden 1995 nur 385 Hautkrebserkrankungen registriert. Dieser Unterschied kann jedoch auch auf die verbesserte Früherkennung zurückzuführen sein (vgl. Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. 2020). Nach Augustin et al. (2018: 175) sind die Auswirkungen des Temperaturanstiegs in Hamburg nur schwer einzuschätzen, aber es wird eine steigende Bedeutsamkeit in Bezug auf die Gesundheit der Stadtbevölkerung gesehen. Auch Bechtel et al. (2018: 50) sind der Ansicht, dass die gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels in Hamburg derzeit zwar noch gering sind, aber in Zukunft insbesondere in den Sommermonaten zunehmen werden und mit sinnvollen Anpassungsmaßnahmen begegnet werden können. Es gibt zwar bereits eine Vielzahl an Maßnahmen und Konzepten in Hamburg für die Anpassung an den Klimawandel, diese müssen aber dahingehend geprüft werden, inwieweit UV-Strahlung bereits eine Rolle spielt. Auf diese Frage wird in Kapitel 4.1 im Rahmen der verhältnispräventiven Ansätze näher eingegangen.

2.5 Forschungsinteresse und Forschungsfragen

Auf Grundlage der vorangegangenen Kapitel lassen sich zwei wesentliche Faktoren festhalten, die die Hautkrebszunahme beeinflussen. Zum einen ein möglicher Anstieg der bodennahen UV-Strahlung und zum anderen das Expositionsverhalten des Menschen. Faktoren wie Bewölkung und Ozon können nur schwer durch Stadtplanung beeinflusst werden. Aus diesem Grund ist das Aufnehmen verhältnispräventiver Maßnahmen in die Stadtplanung im Rahmen der primären Prävention besonders wichtig (s. Kapitel 4.1). Führt man die gewonnenen Erkenntnisse zusammen wird deutlich, dass Hamburg bereits besonderen Herausforderungen in Bezug auf UV-Strahlung unterliegt, die sich in Zukunft weiter verändern werden. Hamburgs geographische Lage lässt zunächst vermuten, dass die Stadt im Vergleich zu weiter südlich gelegenen Standorten nur geringfügig durch UV-Strahlung belastet wird. Jedoch führen der Klimawandel und die damit steigenden Temperaturen sowie die wachsende Bedeutung der städtischen Aufenthaltsqualität, insbesondere in solchen höheren Breitengraden zu einer verstärkten UV-Exposition. Die Gefahr ein Erythem zu bekommen, ist bei Temperaturen zwischen 19°C und 27°C am höchsten. Der fortschreitende Klimawandel wird in Hamburg zu einer höheren Anzahl an Tagen führen, an denen solche Temperaturen erreicht werden und somit die Gefahr eines Erythems erhöhen. Insbesondere im Frühjahr werden bereits hohe Strahlungseinträge nachgewiesen, die durch Niedrigozonereignisse verstärkt werden können. Langfristige Prognosen gehen in Zukunft zwar von einem Rückgang der Sonnenstrahlung und demnach der UV-Strahlung aus, jedoch könnte eine Zunahme der Bewölkung die diffuse UV-Strahlung dennoch erhöhen. UV-Strahlung wird im Vergleich zum Umland insbesondere dann in der Stadt gefährlich, wenn der Eintrag kurzwelliger Strahlung in den Freiraum durch ein hohes Reflexionsvermögen von Oberflächen, einem niedrigen H/W-Verhältnis und einem hohem SVF verstärkt wird. Der Konflikt besteht darin, dass eine der verbreitetsten Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel der Einsatz heller Fassaden ist, um eine Erwärmung in der Stadt zu vermindern. Zudem weist Hamburg eine Vielzahl an Räumen in Wasserlage auf, die durch eine verstärkte UV-Strahlungsintensität aufgrund von Reflexionen an der Wasseroberfläche besonders betroffen sind. Im Weiteren ist von großer Bedeutung, dass die meiste UV-Strahlung in den Mittagsstunden auf die Erdoberfläche trifft und beachtet werden muss, welche Räume und Nutzergruppen zu dieser Zeit unter der Woche und am Wochenende in den einzelnen Räumen betroffen sind (z.B. Mittagspause, Spielplätze, Freizeitaktivitäten am Wochenende). Dabei spielen auch Faktoren, wie die Belaubung von Bäumen eine Rolle. Trotz einer früher einsetzenden und länger andauernden Vegetationsperiode, ist der Vegetationsbedeckungsgrad im Frühjahr in Hamburg am stärksten zurückgegangen.

Auf Grundlage dieser Ergebnisse, lässt sich das der Arbeit zugrunde liegende Forschungsinteresse und insbesondere auch eine Forschungslücke aufzeigen, die im Rahmen dieser Arbeit zumindest teilweise geschlossen werden soll. Auch wenn noch nicht alle Zusammenhänge zwischen UV-Strahlung und der Inzidenz von Hautkrebs verstanden und belegt sind, fördert ein zu hohes Maß an UV-Strahlung negative gesundheitliche Auswirkungen und gilt als eine der Hauptursachen für die Entstehung von Hautkrebs. Jedoch konnte gezeigt werden, dass UV-Strahlung und auch die Auswirkungen des Klimawandels auf diese im städtischen Raum und der Stadtforschung so gut wie gar nicht thematisiert werden, obwohl der Klimawandel als indirekte Ursache für Hautkrebs angesehen wird. Auch in Hamburg ist Verhältnisprävention in der Stadtplanung gegenüber UV-Strahlung bis jetzt noch kein Gegenstand. Auf Grund der Vielzahl an künstlichen, vertikalen und horizontalen Flächen, die entweder UV-Strahlung im hohen Maße reflektieren oder sich stark erhitzen, sind städtische Freiräume und die Menschen, die sich dort aufhalten, jedoch besonders von diesem Sachverhalt betroffen. Die Stadt Hamburg weist Eigenschaften und Entwicklungen in der Vergangenheit auf, wie das innerstädtische Stadtentwicklungsprojekt HafenCity, die sie als Forschungsgegenstand für diese Thematik besonders interessant machen. Diese Ergebnisse zeigen die gro-

ße Relevanz städtebauliche Maßnahmen in öffentlichen Räumen zu implementieren und die nach Holman et al. (2017) veränderbaren, umweltbedingten Risikofaktoren zu modifizieren, um einen Schutz vor unbewusster UV-Exposition im Alltag zu gewährleisten. Der Ansatz, die unbewusste UV-Exposition zu berücksichtigen, wird auch seitens der Leitstelle Klima als sehr wichtig eingeschätzt (vgl. Davidse 2020). An diesen Punkten muss die Stadtplanung ansetzen, denn auch die Stadt Hamburg wird in Zukunft als Folge des Klimawandels, verstärkt mit den Modifikationen des Stadtklimas und den Veränderungen in Temperatur, UV-Strahlung und UV-Exposition zu kämpfen haben.

Das Forschungsinteresse der vorliegenden Arbeit besteht darin, die Ausgangslage der Forschung und den Status Quo in Hinblick auf den Zusammenhang von UV-Strahlung sowie Hautkrebs, und dessen Entwicklungen unter Berücksichtigung des Klimawandels, am Beispiel der Stadt Hamburg zu erfassen. Ziel ist, die Forschung in diesem Bereich auszuweiten, das Thema in den Fokus der öffentlichen Verwaltung zu rücken und eine Grundlage für weitere Forschungen zu schaffen. Es soll an den weiteren Forschungsbedarf der S3-Leitlinie *Prävention von Hautkrebs* des Leitlinienprogramms Onkologie angeknüpft werden und Fragen nach städtebaulichen Strukturen, Verschattungsmaßnahmen und geeigneter Vegetation sowie deren Implementierung nachgegangen werden. Der Fokus liegt dabei auf verhältnispräventiven Maßnahmen, da hier ein deutlich größerer Forschungsbedarf besteht als für verhaltenspräventive Maßnahmen.

Dabei sollen mehrere Aspekte des Klimawandels berücksichtigt werden, um den höchstmöglichen Ertrag aus den Anpassungsmaßnahmen zu erzielen und langfristig mithilfe dieser, die Lebensqualität und Attraktivität in und von Städten, insbesondere des öffentlichen Freiraums zu erhöhen. Diese Empfehlung gibt auch das Leitlinienprogramm Onkologie (2019: 127). Es gibt bereits viele stadtplanerische Maßnahmen, die das Thema Hitze in der Stadt aufgreifen. Diese Maßnahmen müssen in Zukunft mit dem Schutz vor UV-Strahlung gekoppelt werden, da sich diese beiden Handlungsfelder wechselseitig beeinflussen. Eine Kopplung der beiden Handlungsfelder wird auch von der Hamburger Klimaleitstelle als sinnvoll erachtet. Es gäbe dann mehr Argumentationsmöglichkeiten für eine Umsetzung der Maßnahmen, da reine Anpassungsmaßnahmen an UV-Strahlung voraussichtlich schwierig zu integrieren wären (vgl. Davidse 2020).

Ziel der Arbeit ist es, allgemeine Handlungsempfehlungen und Handlungsempfehlungen für einzelne Standorttypologien zu identifizieren, die zum einen die Herausforderung des UHI-Effekts und zum anderen die ungewollte UV-Exposition im Freiraum vermindern, und somit langfristig das Risiko für Hautkrebs minimieren. Der Schwerpunkt der Handlungsempfehlungen wird vor allem auf Verschattungsmaßnahmen mit Synergieeffekten für Städte im Klimawandel liegen. Die Arbeit soll einen Anstoß dazu geben, das Thema in das Feld der Stadtplanung zu implementieren, um langfristig zu gesunden Lebenswelten und zu einer Vorbeugung UV-bedingter Hautkrebserkrankungen beizutragen und das Risiko für diese zu erkennen und zu senken.

In Abstimmung mit der ADP e.V., eine der federführenden Fachgesellschaften für die Erstellung der S3-Leitlinie *Prävention von Hautkrebs*, werden im Rahmen der Masterthesis zum Thema Hautkrebsprävention in der Stadtplanung die folgenden Forschungsfragen und die davon abgeleiteten Annahmen untersucht:

Welche Standorttypologien gibt es in städtischen Quartieren und inwieweit werden diese durch UV-Strahlung belastet? Welche Faktoren spielen dabei eine Rolle?

Annahme: Es gibt verschiedene Standorttypologien in städtischen Quartieren, die unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Aufgrund dieser verschiedenen Eigenschaften weisen die Standorte eine unterschiedliche Belastung durch UV-Strahlung auf.

Wie können zukünftige gesundheitliche Folgen und Schäden durch UV-Strahlung im Rahmen städtebaulicher Maßnahmen, in Bezug auf die Lebenswelten und den städtischen Alltag, vermieden werden?

Annahme: Gesundheitliche Folgen und Schäden werden durch städtebauliche Maßnahmen, in Bezug auf die Lebenswelten und den städtischen Alltag, vermieden.

Auf Basis der Forschungsfragen werden weitere Fragestellungen abgeleitet, denen im Rahmen der Forschung nachgegangen wird. In der Ausgangslage wurde bereits auf die Fragen eingegangen, wie UV-Strahlung im städtischen Raum wirkt, wann diese für den Menschen gefährlich wird und ob UV-Strahlung in Deutschland beziehungsweise in Hamburg bereits so wirkt, dass stadtplanerische Maßnahmen erforderlich sind.

Weiterhin soll untersucht werden, in welchen Teilen der Stadt es besondere Handlungsanforderungen in Bezug auf UV-Strahlung gibt. In diesem Zusammenhang sind der öffentliche Freiraum und die Themen ungewollte UV-Exposition sowie Alltagsmobilität (z. B. der Aufenthalt an Bushaltestellen, Radverkehr) und das Freizeitverhalten (z. B. Aufenthalt an öffentlichen Plätzen/Parks) von großem Interesse. Um einen Status Quo festzustellen wird der Frage nachgegangen, welche stadtplanerischen Maßnahmen es zum Schutz vor UV-Strahlung gibt und ob es Maßnahmen gibt, die sich nur auf den Schutz vor UV-Strahlung beziehen. Da Schatten grundsätzlich als effizienter Schutz vor UV-Strahlung gilt, wird untersucht, welche Verschattungsmaßnahmen es gibt und welche am besten für den Schutz vor UV-Strahlung in der Stadt geeignet sind.

03

03 METHODISCHES VORGEHEN

Im Folgenden werden die verschiedenen Arbeitsschritte beschrieben, die für die Beantwortung der in Kapitel 2.5 vorgestellten Forschungsfragen durchgeführt werden. Die Anfertigung der Arbeit erfolgt als begleitender Prozess im Rahmen der Aktualisierung der S3-Leitlinie *Prävention von Hautkrebs* und wird von der ADP e.V. begleitet. Hautkrebsprävention in Bezug auf Stadtplanung unter Berücksichtigung des Klimawandels stellt auch für die ADP e.V. ein neues Themenfeld dar. In Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft wird gemeinsam ein Zugang zu dem Thema entwickelt und Vorgehen und Schwerpunkt der Arbeit abgestimmt. Grundlage für die Abstimmung war eine Telefonkonferenz die am 19. März 2020 stattfand. Das Protokoll der Telefonkonferenz ist dem Anhang beigefügt.

Das Vorgehen der Arbeit gliedert sich in vier Arbeitsphasen: Problem und Fragestellung, Operationalisierung und Datenerhebung, Auswertung und Diskussion, Empfehlungen und Abschluss. Die Datenerhebung wird durch einen quantitativen Ansatz in Form einer Messung von UV-Strahlung im öffentlichen Freiraum ergänzt. Im Folgenden werden die einzelnen Arbeitsphasen vorgestellt.

1 Problem und Fragestellung

Aufgrund des sehr neuen Forschungsfelds ist ein Bestandteil der Arbeit, in einem bereits erfolgten Schritt einen Überblick über das Thema zu geben. In dieser Phase wird der Stand der Forschung sowie die wissenschaftliche Relevanz erfasst. Der Ableitung des Forschungsinteresses und der Forschungsfragen gehen vier Grundlagenkapitel voran, in denen der Zusammenhang zwischen UV-Strahlung und Hautkrebs unter dem Einfluss des Klimawandels aufgezeigt wird. Weiterhin ist es erforderlich aufzuzeigen, wie sich UV-Strahlung im städtischen Raum verhält und welche Eigenschaften die UV-Strahlung beeinflussen. Räumlich bezieht sich die Arbeit auf Deutschland. Da die räumlichen Eigenschaften, wie zum Beispiel die Bebauung und Oberflächeneigenschaften, als auch die Planungsmöglichkeiten in Bestandsquartieren und Neubaugebieten unterschiedlich sind, wird der Schwerpunkt der Untersuchung auf Neubauquartieren liegen. Die Entscheidung für die Auswahl des Untersuchungsgebiets ist auf die HafenCity Hamburg gefallen, da die räumlichen Eigenschaften der HafenCity, wie zum Beispiel das hohe Maß an künstlichen Oberflächen und die hohe Bebauungsdichte, als stellvertretend für Neubaugebiete angesehen werden können. Weiterhin sprechen die räumliche Nähe und gute Erreichbarkeit für das Untersuchungsgebiet. Um die Erfassung der Problemstellung abzuschließen und einen räumlichen Bezug des Themas herzustellen, wird der aktuelle Stand des Klimawandels und die Relevanz des Themas UV-Strahlung in der Stadt Hamburg in diesem Zusammenhang aufgezeigt.

Die Erfassung der Ausgangslage erfolgt auf Grundlage einer Literaturanalyse. Neben eigenen Recherchearbeiten stellt hierfür die ADP e.V. den Zugang zu einer Literaturliste und der Vorabfassung der S3-Leitlinie aus dem Jahr 2019 her.

Auf Grundlage der erfassten Problemstellung wird eine Forschungslücke erkannt und dahingehend zwei Forschungsfragen aufgestellt (s. Kapitel 2.5). Ausgehend von den Forschungsfragen werden wiederum zwei Annahmen abgeleitet, die einen möglichen Lösungsansatz für die Fragestellungen darstellen und die es im weiteren Forschungsprozess zu überprüfen gilt.

2 Operationalisierung und Datenerhebung

Um Aussagen über die getroffenen Hypothesen treffen zu können ist eine Operationalisierung notwendig. Im Rahmen der Operationalisierung wird festgelegt, wie für den Untersuchungsgegenstand Indikatoren erhoben und Messungen durchgeführt werden können (vgl. Esser et al. 2011: 7).

Die Arbeitsphase besteht insgesamt aus drei Arbeitsbausteinen: der Grundlagenermittlung des verhältnispräventiven UV-Schutzes in der Stadtplanung, einer Referenzanalyse im Bereich Verschattungsmaßnahmen und einer Raumanalyse in der HafenCity Hamburg.

Um die Stadtplanung in das Thema Prävention einzuordnen, werden im Rahmen der Grundlagenermittlung verschiedene Ansätze der Prävention und ihre Wirksamkeit auf den UV-Schutz betrachtet. Die Durchsicht der Evidenztabelle der S3-Leitlinie aus dem Jahr 2014 ermöglicht es, den Stand der Forschung im Bereich der Verhältnisprävention zu erfassen. Zudem wird erfasst, ob und inwieweit es in Deutschland bereits verhältnispräventive Ansätze in der Stadtplanung zum Schutz vor UV-Strahlung gibt. Für die Stadt Hamburg werden verschiedene Konzepte aus dem Bereich Stadtplanung und Klimaschutz in Hinblick auf Maßnahmen analysiert, die einen positiven Einfluss auf die UV-Strahlung haben. Diese Analyse lässt eine weitere Einschätzung zu, inwieweit die Stadt Hamburg bisher auf eine Gefährdung durch UV-Strahlung reagiert.

In Abstimmung mit der ADP e.V. erfolgt die Entscheidung, dass alltäglich genutzte Räume in denen häufig eine unbewusste oder ungewollte UV-Exposition stattfindet im Fokus der Untersuchung stehen. Auf Grundlage des Lebensweltenansatzes erfolgt ein erster Zugang zu alltäglichen Räumen, die durch Prävention berücksichtigt werden sollten. Ausgehend von dem Lebensweltenansatz, dem Ansatz einer ungewollten UV-Exposition und den Ansatzmöglichkeiten der Stadtplanung werden die sogenannten Alltagsräume auf innerstädtische öffentlich zugängliche Freiräume eingegrenzt. Eine eindeutige Zuordnung oder Gruppierung von diesen gibt es aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Formen jedoch nicht. Nachdem eine erste Übersicht über die unterschiedlichen Lebenswelten und alltäglichen Räume erfolgt, werden diese auf Grundlage einer ersten Begehung im Rahmen von insgesamt drei Begehungen in der HafenCity konkretisiert. Das Vorgehen der Begehungen wird im Rahmen der Raumanalyse beschrieben. Die Bestimmung der Alltagsräume ist Grundlage für die Raumanalyse. Zunächst werden die verschiedenen Alltagsräume allgemein beschrieben und im Rahmen der Raumanalyse konkretisiert.

Die Untersuchung des verhältnispräventiven UV-Schutzes in der Stadtplanung zeigt, dass Verschattung eine zentrale städtebauliche Maßnahme ist, um die Gefährdung durch UV-Strahlung in der Stadt zu reduzieren. Aus diesem Grund erfolgt eine Konkretisierung auf Verschattungsmaßnahmen im öffentlich zugänglichen Raum, die im Rahmen einer Referenzanalyse näher betrachtet werden. Zu Beginn der Referenzanalyse werden die Grundzüge der Schattenplanung aufgezeigt, die für eine Bewertung und erfolgreiche Planung und Installation von Verschattungsmaßnahmen bekannt sein müssen. Die Referenzanalyse erfolgt auf Grundlage einer Literaturanalyse, der Analyse von Fotomaterial, einer Begehung im Stadtteil Hamburg Hamm und Begehungen in der HafenCity Hamburg. Die Gliederung der Verschattungsmaßnahmen erfolgte auf Grundlage der Shade Guidelines aus Melbourne, Toronto und Wellington. Schwerpunkte sind der natürliche und der gebaute Schatten. Innerhalb dieser Kapitel werden die einzelnen Maßnahmen weiter ausdifferenziert und verschiedenen Formen zugeordnet. Ergänzend werden im Anschluss die Oberflächenmaterialien als Anpassungsmaßnahme betrachtet, da diese insbesondere einen Einfluss auf die indirekte UV-Strahlung haben und im Rahmen der Stadtplanung mitberücksichtigt werden müssen.

Aufbauend auf die Referenzanalyse erfolgt eine Raumanalyse in dem zuvor festgelegten Untersuchungsgebiet, der HafenCity Hamburg. Mit der Raumanalyse wird untersucht, wie UV-Strahlung in unterschiedlichen Räumen der Stadt unter Berücksichtigung unterschiedlicher Schattenwirkungen Einfluss nimmt. Dabei wird die Verschattung von innenliegenden Räumen in Gebäuden und der gebäudeinnere thermische Komfort nicht berücksichtigt. Da der vom Bundesamt für Strahlenschutz prognostizierte UV-Index nur einen regionalen Wert angibt und keine genauen Angaben zu der UV-Exposition einzelner lokaler Standorte trifft, kann dieser nur als Anhaltspunkt zur Gefährdung durch UV-Strahlung angenommen werden (vgl. Bundesamt für Strahlenschutz 2017: 6). Aus diesem Grund ist eine exakte Messung der UV-Strahlung an verschiedenen Standorten in der HafenCity notwendig. Mithilfe dieser Messung sollen konkrete Aussagen zu der Gefährdung durch UV-Strahlung, unter Berücksichtigung stadtklimatischer Randbedingungen, getroffen werden können. Der Schwerpunkt der Raumanalyse liegt auf der Messung der UV-Strahlung. Aufgrund des im Jahr 2020 aufgetretenen Coronavirus – COVID-19 – werden Befragungselemente weitestgehend ausgeschlossen.

Grundlage der Raumanalyse ist eine kurze Beschreibung des Makrostandortes Hamburg. Darauf aufbauend erfolgt die Erhebung von Daten des Mesostandortes HafenCity Hamburg im Rahmen einer Betrachtung der Dokumentationen des Stadtentwicklungsprojektes und Vor-Ort-Begehungen. Die Speicherstadt wird von der Untersuchung ausgenommen, da sich die Untersuchung nur auf Neubaugebiete bezieht.

Insgesamt werden drei Begehungen durchgeführt. Am 25. April 2020 und am 21. Mai 2020 finden erste Begehungen der einzelnen Quartiere in der HafenCity Hamburg statt. Die Begehungen dienen dazu einen ersten Eindruck der Quartiere und ihrer Eigenschaften wie Oberflächenmaterialien, Bebauungsdichte und Ausrichtung von Standorten sowie von ersten Schattensituationen zu erhalten. Die Ergebnisse werden im Rahmen einer Fotodokumentation festgehalten. Die Begehung erfolgt während der CPT, um einen Eindruck der Räume zum Zeitpunkt des größten Einflusses von UV-Strahlung zu erhalten. Dabei werden Quartiere, die sich zu großen Teilen noch im Bau befinden wie zum Beispiel das Quartier Oberhafen nicht berücksichtigt, da sich die Bedingungen in diesen Quartieren, die einen Einfluss auf UV-Strahlung und Temperatur haben, in den nächsten Jahren noch stark verändern werden. Für jedes begangene Quartier wird eine Begehungskarte erstellt, die im Anschluss digitalisiert und in Kapitel 6.2 dargestellt wird.

Im Anschluss werden die zuvor im Rahmen der Literaturarbeit definierten typischen Alltagsräume in der HafenCity Hamburg identifiziert. Diesen werden typische Raum- und Schattensituationen zugeordnet, die in der HafenCity erfasst wurden. Es werden ausschließlich alltägliche, hoch frequentierte Orte und Situationen aufgenommen, um die späteren Ergebnisse auf möglichst viele typische Situationen in anderen Städten übertragen zu können. Für jeden Alltagsraum wird stellvertretend ein Messstandort ausgewählt. Die Auswahl der Messstandorte weist aufgrund der unterschiedlichen Alltagsräume eine Heterogenität auf, um auch in diesem Fall die Übertragbarkeit auf andere Städte zu ermöglichen. Voraussetzung für die Auswahl als Messstandort ist, dass an diesem Standort eine Messung im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten durchführbar ist. Die ausgewählten Messstandorte liegen überwiegend im westlichen Bereich der HafenCity Hamburg, da in den östlichen Bereichen noch viele Bautätigkeiten durchgeführt werden, die zu großen Änderungen der Standorte führen und somit die Aussagekraft beeinträchtigen würden.

Für die Standorte in der HafenCity wird eine Analyse angelehnt an das Shade Audit von Greenwood et al. (1998: 55ff) und der Shade priority Checklist des Cancer Council Victoria (2015: 19) durchgeführt. Nach Greenwood et al. (1998: 55ff) besteht das Shade Audit aus vier Phasen: Phase 1 Interviews, Phase 2 Feldforschung, Phase 3 Bewertung und Phase 4 Empfehlungen. Ziel des Shade Audits ist es, den vorhandenen Schatten und die Nutzungen am Standort zu erfassen und zu bewerten, sowie den weiteren Bedarf nach Schatten zu ermitteln. Darauf aufbauend sollen diese Erkenntnisse und Empfehlungen in zukünftige Planungen mit integriert werden (vgl. Greenwood et al. 1998: 61). Phase 1 wird aufgrund von COVID-19 nicht durchgeführt und durch eine Beobachtung des Nutzungsverhaltens in Phase 2 kompensiert. Nach Auswahl der Messstandorte erfolgt im Rahmen der Feldforschung zunächst eine Begehung der einzelnen Standorte. Diese findet am 27. Juni 2020 während der CPT statt. Mithilfe eines Erhebungsbogens (s. Anhang) werden die Lage des Standortes, verschiedene zwei- und dreidimensionale Indizes sowie Angaben zu schattenspendenden Elementen und Nutzungen erhoben. Insbesondere die Angaben zu Frequentierung und Nutzungen werden im Rahmen einer Beobachtung während der Messung ergänzt. Für jeden Standort wird beispielhaft ein Lageplan mit dem Schattenwurf während des Sonnenhöchststands angefertigt.

Die zweite Phase der Feldforschung wird durch die Messung der UV-Strahlung mithilfe einer UVI-Messstation ergänzt, welche von der ADP e.V. für die HafenCity Universität erworben und für die vorliegende Arbeit zur Verfügung gestellt wird. Der autonome UVI-Transmitter der Firma sglux misst über einen kegelförmigen Sensor die sonnenbrandwirksame UV-Strahlung und berechnet den UV-Index auf Grundlage der Vorgaben der WHO. Die erythemwirksame UV-Strahlung wird in mW/m² angegeben. Dabei entspricht 1 mW/m², 0,001 W/m². Zudem wird der offizielle UVI-Tageswert ausgegeben, der dem höchsten Halbstunden-Mittelwert des Tages entspricht. Die Messunsicherheit des Geräts liegt bei plus, minus 10 Prozent. Die Energieversorgung der Messstation erfolgt mithilfe eines Solarpanels. Ist die Station mit Strom versorgt, zeichnet diese die UV-Strahlung auf. Die Messwerte sind mit einem Zeitstempel versehen und werden über eine Funkverbindung an einen zentralen Server von sglux übermittelt und in einer Datenbank gespeichert. Die Messwerte sind in der Datenbank dauerhaft verfügbar.

Zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit der Messergebnisse erfolgen die Messungen, wenn die folgenden Prämissen erfüllt sind: Die Messungen finden an Tagen mit sonnigem, wolkenlosem Himmel statt, an denen die maximale Lufttemperatur den Schwellenwert von mindestens 19°C nicht unterschreitet, da die Gefahr, ein Erythem zu bekommen bei Temperaturen zwischen 19°C und 27°C am größten ist (s. Kapitel 2.2). Die Messungen erfolgen zur Zeit der CPT zwischen 10 Uhr und 15 Uhr, da neben der Temperatur, die Gefahr ein Erythem zu erlangen, zu diesem Zeitpunkt auf der Nordhemisphäre am höchsten ist. Bei Aufstellung der Messstation ist der Sensor unter Verwendung einer Ausrichthilfe so senkrecht wie möglich in Richtung Himmel aufzustellen. Während der Messung wird halbstündlich ein Wetter- und ein Schattenprotokoll geführt. Das Wetterprotokoll enthält Angaben zu Temperatur und Bewölkung. Die Bewertung der Bewölkung erfolgt nach der Definition des Gesamtbedeckungsgrads des DWDs (vgl. DWD o.J.b). Im Schattenprotokoll werden alle Schatten erfasst, die während des betrachteten Zeitpunktes den Messstandort verschatten. Es wird die Art, Ausprägung und Nutzung des Schattens erfasst. Die Protokollvorlagen sind ebenfalls dem Anhang zu entnehmen. Im Anschluss an die Messungen werden die Messdaten in eine Excel-Tabelle eingepflegt, die auch als Grundlage für die weitere Auswertung dient. Die Rohdaten der einzelnen Standorte sind im Anhang zu finden.

3 Auswertung und Diskussion

Im Rahmen der Auswertung werden die Ergebnisse der Messung und der Erhebung zusammengeführt und die einzelnen Standorte in Hinblick auf ihre Verschattungssituation und Gefährdung durch UV-Strahlung bewertet. Im ersten Schritt werden der Schattenverlauf beziehungsweise das Vorhandensein von Schatten während der CPT beschrieben und die schattenrelevanten Elemente am Standort genannt. Um Aussagen über die Belastung durch UV-Strahlung treffen zu können, werden die Daten der UV-Messung mithilfe deskriptiver Statistik ausgewertet. Darauf aufbauend erfolgt eine Bewertung der einzelnen Standorte in Hinblick auf die gegebenen Schattenverhältnisse und die Gefährdung durch UV-Strahlung. Nach Beschreibung der einzelnen Standorte werden die Ergebnisse miteinander verglichen und bewertet. Es wird diskutiert, inwieweit Schlussfolgerungen aus diesem Vergleich abzuleiten sind.

4 Empfehlungen und Abschluss

Mit der Konzeptionalisierung erfolgt die letzte Phase: Die Entwicklung von Handlungsmaßnahmen und Empfehlungen auf Grundlage der gewonnenen Ergebnisse. Die Handlungsempfehlungen beziehen sich nicht auf die einzelnen Messstandorte, sondern es werden allgemeine Planungsempfehlungen sowie Planungsempfehlungen für die allgemeinen Standorttypologien abgeleitet. Diese werden in einem Katalog, sortiert nach verschiedenen Themenfeldern, gesammelt. Unterstützend werden erste Arbeitshilfen entwickelt, die zur Umsetzung der Planungsempfehlungen hinzugezogen werden können. Weiterhin werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie das Thema Schutz vor UV-Strahlung und die Planungsempfehlungen in Politik und Verwaltung auf Bundes- und Kommunalebene verankert werden können.

Der gesamte Arbeitsprozess wird, durch die ADP e.V. begleitet, sowie durch die Führung eines leitfadengestützten Experteninterviews mit einem Mitarbeiter der Leitstelle Klima in Hamburg unterstützt. Eine Liste mit genauen Angaben zu den beteiligten Personen und Institutionen ist am Anfang der Arbeit zu finden. Aufgrund von COVID-19 wird das Interview telefonisch durchgeführt, anschließend erfolgt eine inhaltliche Zusammenfassung. Die Zusammenfassung und der Leitfaden sind dem Anhang zu entnehmen. Das Interview dient insbesondere dem Erkenntnisgewinn in Bezug auf die Relevanz des Themas UV-Strahlung in der Hamburger Verwaltung. Im Anschluss an die Arbeit ist ein Glossar mit Fachbegriffen zu finden, die nicht oder nur kurz im Text erläutert werden.

04

04 PRÄVENTIVE STADTPLANUNG

GRUNDLAGEN DES VERHÄLTNISPRÄVENTIVEN UV-SCHUTZES IN DER STADTPLANUNG

Um das Thema UV-Schutz und Hautkrebsprävention in die Disziplin Stadtplanung einordnen zu können, erfolgt zunächst eine kurze Einführung in das Thema Prävention und verschiedene Formen der Prävention werden kurz vorgestellt. Auf dieser Grundlage wird gezeigt, inwieweit es bereits präventive Ansätze in der Stadtplanung gibt und welche Rolle die Verhältnisprävention spielt. Es werden verschiedene verhältnispräventive Maßnahmen zum Schutz vor UV-Strahlung vorgestellt und aufgezeigt, welche Maßnahmen in der Stadt Hamburg bereits eingesetzt werden. Auf dieser Grundlage erfolgt eine Bestimmung von städtischen Alltagsräumen, die als Grundlage für die Raumanalyse hinzugezogen wird.

4.1 Hautkrebsprävention und Stadtplanung

Bereits in Kapitel 2.5 konnte die Relevanz präventiver städtebaulicher Maßnahmen gezeigt werden. Nach Anders (2012: 29) bieten Präventionsmaßnahmen zur Vorbeugung von Hautkrebs große Potenziale, da die UV-Strahlung als Hauptrisikofaktor für eine Hautkrebserkrankung bekannt ist. Neben einer verhaltenspräventiven Aufklärung sieht er insbesondere die Planung in der Verantwortung, durch gezielte Maßnahmen zum Beispiel durch Schattenräume die notwendigen Rahmenbedingungen zu schaffen. Zunächst gilt es festzustellen wie sich Stadtplanung im Feld der Prävention einordnen lässt.

Prävention beschreibt alle Interventionen, die das Ziel haben, die Wahrscheinlichkeit einer Erkrankung zu verringern, diese zu vermeiden oder zu verzögern. Prävention setzt an der Krankheitsursache und dem Wissen über den Entwicklungsverlauf einer Krankheit an (vgl. Franzkowiak 2018, Robert Koch Institut 2015: 241, Hurrelmann et al. 2018: 24). Präventionsmaßnahmen können neben dem medizinischen Bereich auch an der Lebenswelt und der Umwelt ansetzen. Sie lassen sich in primäre, sekundäre und tertiäre Prävention unterscheiden (vgl. Franzkowiak 2018, s. Abbildung 4).

Stadtplanung kann der primären Prävention zugeordnet werden. Maßnahmen der primären Prävention setzen vor dem Auftreten einer Krankheit an, identifizieren Ursachen und Risikofaktoren, um diese zu verringern oder gänzlich zu vermeiden. Interventionen können verschiedene Ansatzpunkte, wie das Individuum, das Setting oder die Gesamtbevölkerung haben, die zum Beispiel auf eine Veränderung des individuellen Verhaltens durch Information und Aufklärung abzielen oder aber eine Veränderung von Umweltfaktoren zum Ziel haben (vgl. Franzkowiak 2018, Rosenbrock 2008: 16).

INFOKASTEN

PRIMÄRE PRÄVENTION

Primäre Prävention soll das Auftreten einer Krankheit vermeiden, indem Risikofaktoren erkannt, vermieden oder minimiert werden (vgl. Franzkowiak 2018).

SEKUNDÄRE PRÄVENTION

Sekundäre Prävention hat das Ziel Krankheiten möglichst frühzeitig zu erkennen und somit den Krankheitsverlauf zu verbessern. Eine Form der sekundären Prävention ist beispielsweise das Screening (vgl. Robert Koch Institut 2015: 241, Strametz 2019: 111).

TERTIÄRE PRÄVENTION

Maßnahmen der tertiären Prävention beziehen sich auf bereits eingetretene Erkrankungen und sollen Folgen und das Fortschreiten dieser abmildern, hinauszögern oder eine Wiedererkrankung verhindern (vgl. Robert Koch Institut 2015: 241, Franzkowiak 2018).

Abbildung 4 Formen von Prävention

An diesem Punkt setzt die Verhaltens- und Verhältnisprävention an. Verhaltensprävention zielt darauf ab, mithilfe von Informationskampagnen und Aufklärung das Verhalten des Einzelnen zu verändern (vgl. De Bock et al. 2017: 2, Strametz 2019: 114). Nach Maschwesky / Rosenbrock (1998: 98) wird vielfach davon ausgegangen, dass ein Risikoverhalten vor allem dann auftritt, wenn ausreichende Informationen fehlen und dieses Verhalten vermieden werden könnte, sofern diese Lücke geschlossen würde. Aus den Evidenztabellen der S-3 Leitlinie *Prävention von Hautkrebs* aus dem Jahr 2014 geht hervor, dass es eine Vielzahl an Studien zu dem Thema Verhaltensprävention, insbesondere in Bezug auf Kinder und Schulen gibt. Diese zeigen, dass wirksame Effekte nur bedingt belegbar und Langzeiteffekte schwierig abzuschätzen sind. Beispielsweise konnte Bauer in einer Studie im Jahr 2005 zeigen, dass kostenlose Sonnenschutzmittel und Aufklärungsmaterialien keine Auswirkungen auf den Sonnenschutz von Kindern in Deutschland hatte (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2014b). Auch nach Augustin et al. (2017: 141) und De Bock et al. (2017: 2) ist der Erfolg rein verhaltenspräventiver Maßnahmen als gering einzustufen, da diese vorwiegend dort ansetzen, wo Menschen ohnehin bereit sind ihr Verhalten zu ändern. Eine Bevölkerungsbefragung hat gezeigt, dass Information nur bei 46 Prozent der Befragten (n = 400) zu einem frühen Ergreifen von Schutzmaßnahmen führen würde. Aus diesem Grund sind verhältnispräventive Maßnahmen, an denen die Stadtplanung ansetzt, notwendig.

Verhältnisprävention umfasst Maßnahmen, die darauf abzielen, durch eine äußere Einflussnahme Verhältnisse, wie die alltäglichen Lebens- und Arbeitsbedingungen zu verbessern, Gesundheitsbelastungen, die aus diesen entstehen und somit Exposition gegenüber negativen Einflüssen zu vermindern sowie das Verhalten des Menschen positiv zu steuern (vgl. Maschwesky / Rosenbrock 1998: 98, 103, De Bock et al. 2017: 2, Strametz 2019: 114). Kapitel 2.2 hat gezeigt, dass die Umgebung von Menschen eine große Rolle bei ihrem Verhalten spielt. Veränderungen der gebauten Umwelt in Kommunen sollen demnach langfristig auch eine Verhaltensänderung mit sich bringen, indem zum Beispiel mehr Grünflächen langfristig zu mehr Bewegung führen (vgl. De Bock et al. 2017: 1). Im Gegensatz zu den verhaltenspräventiven Maßnahmen gibt es jedoch kaum Studien darüber, welche Wirkungen verhältnispräventive Maßnahmen, wie zum Beispiel die Installation von Sonnensegeln haben (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2014a: 109). Eine der wenigen Studien von Buller et al. aus dem Jahr 2017 untersuchte die Auswirkungen von schattenspendenden Elementen auf das Expositionsmuster der Besuchenden in öffentlichen Parks mit dem Ergebnis, dass die Installation von Sonnensegeln die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass Erwachsene diese eher nutzen als unverschattete Bereiche. Antoniadis et al. (2016: 330) stellte fest, dass Sonneneinstrahlung in Schulhöfen für das thermische Empfinden der ausschlaggebende Faktor war. Diese kann insbesondere durch stadtplanerische Maßnahmen beeinflusst werden und stärkt die Bedeutsamkeit, verhältnispräventive Maßnahmen gegenüber Hautkrebs in die Stadtplanung zu integrieren. Zudem spielt die Materialwahl und Farbe von Oberflächen sowie die Anordnung des städtischen Raums für die Wahrnehmung und das temperaturabhängige Verhalten eine große Rolle, sodass durch eine gezielte Anpassung dieser Faktoren, das Verhalten durch Stadtplanung berücksichtigt werden sollte (vgl. Lenzholzer 2015: 51, Leitlinienprogramm Onkologie 2019: 137).

Es besteht Einigkeit über die Notwendigkeit verhältnispräventiver Maßnahmen, da verhaltenspräventive Ansätze nicht erfolgreich umgesetzt werden können, wenn die notwendigen Verhältnisse nicht gegeben sind (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2014; Baldermann / Lorenz 2019). Baldermann / Lorenz (2019: 643) verweisen hier beispielsweise auf die Problematik Schatten aufzusuchen, wenn keine schattenspendenden Elemente vorhanden sind.

> „So zielt die Veränderung von Verhältnissen indirekt auf Verhaltensänderung ab und die Veränderung von Verhältnissen setzt häufig wiederum Veränderungen des Verhaltens voraus.“
>
> - De Bock et al. 2017: 1 -

Neben der primären Prävention spielt auch die Gesundheitsförderung für die Hautkrebsprävention in der Stadtplanung eine Rolle. Gesundheitsförderung und Prävention haben beide das Ziel, die Gesundheit der Bevölkerung zu verbessern (vgl. Franzkowiak 2018). Im Gegensatz zu der primären Prävention, bei der es um die Identifizierung von Risikofaktoren und das Entstehen einer Erkrankung geht (Pathogenese), liegt der Schwerpunkt der Gesundheitsförderung auf Prozesse, die Gesundheit erhalten und fördern (Salutogenese) (vgl. Franke 2015). Gesundheitsförderung soll Menschen ermöglichen, durch Entscheidungen und Veränderungen, einen positiven Einfluss auf ihre Gesundheit und ihre alltägliche Lebenswelt nehmen zu können (vgl. WHO 1986: 1ff). Dies ist jedoch nur möglich, wenn die äußeren Rahmenbedingungen – die Verhältnisse – eine solche Entscheidung zulassen (vgl. Hurrelmann et al. 2018: 24).

Nach Mücke et al. (2017: 663) fehlen „verhältnispräventive Ansätze zur Vorbeugung hitze- und UV-bedingter gesundheitlicher Folgen […] derzeit noch fast vollständig.“ In der Stadt Hamburg zielen Projekte und Strategien insbesondere auf Hitzevorsorge ab. Das übergeordnete Ziel stellt dabei die Verringerung der UHI dar. Die städtischen Maßnahmen und Konzepte wie zum Beispiel das Grüne Netz Hamburg oder die Landschaftsachse wirken mit Hilfe von „grünen“ Maßnahmen der städtischen Überwärmung vorsorgend entgegen (vgl. Davidse 2020). In Tabelle 4 sind verschiedene Konzepte der Stadt Hamburg dargestellt, die Maßnahmen verfolgen, welche auch einen Schutz vor UV-Strahlung beinhalten.

Ansätze der Verhältnisprävention im Bereich Stadtplanung sind zum Beispiel die Gewährleistung ausreichend beschatteter Standorte (vgl. Baldermann / Lorenz 2019: 643). Insbesondere in Hinblick auf Risikogruppen wie Kinder, „die ihr Verhalten primär nicht selbst gestalten können“, ist Verhältnisprävention von enormer Bedeutung (vgl. De Bock et al. 2017: 2). Nach dem Leitlinienprogramm Onkologie (2019: 119) sollten vor allem die Empfehlungen des Grundsatzpapiers *Vorbeugung gesundheitlicher Schäden durch die Sonne – Verhältnisprävention in der Stadt und auf dem Land* des UV-Schutz-Bündnisses aus dem Jahr 2017 als Grundlage für verhältnispräventive Anpassungsmaßnahmen herangezogen werden. Das UV-Schutzbündnis hat es sich in dem Grundsatzpapier zu der Aufgabe gemacht, verhältnispräventive Maßnahmen zum Schutz vor übermäßiger UV-Belastung flächendeckend zu etablieren, da in Deutschland derzeit nur vereinzelt Ansätze sichtbar sind. In diesem werden verschiedene Ansätze und Maßnahmen vorgestellt, die im Bereich der Stadtplanung integriert werden sollten. Zu diesen zählen sowohl bauliche Maßnahmen als auch Maßnahmen auf politischer und kommunaler Ebene (vgl. Das UV-Schutz-Bündnis 2017: 1156f). Als Beispiel für städtebauliche Maßnahmen wird zum Beispiel der Einsatz von Bepflanzungen und der Einsatz von Sonnensegeln genannt (vgl. ebd.: 1155f).

Einen kurzen Überblick über Anpassungsmaßnahmen in der Stadtplanung, vorwiegend zur Anpassung an Hitze in der Stadt geben Mücke et al. (2017) im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) in ihren *Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit* und die ADP e.V. (2017) in ihrem *Ergebnispapier des Experten Workshops Verhältnisprävention von Hautkrebs in urbanen Lebenswelten (Hamburg)*. Hitzeanpassungsmaßnahmen stehen häufig in engem Zusammenhang mit der UV-Strahlung und können nicht gänzlich für sich betrachtet werden. Die ADP e.V. (2017: 2) kritisiert die Nicht-Berücksichtigung verhältnispräventiver Maßnahmen in der Klimaanpassung und Stadtentwicklungspolitik, obwohl es in diesem Bereich die Möglichkeit gibt,

Tabelle 4 Maßnahmen der Stadt Hamburg mit Einfluss auf den UV-Schutz

KONZEPT	JAHR	ZUSAMMENFASSUNG	MAßNAHMEN
BLUEGREENSTREETS ALS MULTICODIERTE STRATEGIE ZUR KLIMAFOLGENANPASSUNG	2020	Im Rahmen von BlueGreenStreets stehen urbane Straßenräume im Fokus, die zukunftsfähig gestaltet und an den Klimawandel angepasst werden sollen. Es werden mehrdimensionale Maßnahmen in Form einer Toolbox entwickelt, die die Planungsinstrumente unterschiedlicher Fachdisziplinen weiterentwickeln sollen.	Erhöhung der Verschattung durch: • durchgängiger Besatz mit Straßenbäumen und vertikaler Begrünung Verringerung der Oberflächenreflexion durch: • vertikale Begrünung • Flächen mit starker Evapotranspirationsleistung
ENTWICKLUNGSKONZEPT STADTBÄUME	2019	Das Konzept stellt den Status Quo der Stadtbäume unter Einfluss des Klimawandels in Hamburg dar. Die Studie stellt eine Planungshilfe für die städtische Verwaltung dar.	Erhöhung der Verschattung durch: • Zahl der Neu- und Nachpflanzungen erhöhen Langfristiger UV-Schutz durch: • Auswahl klimarobuster Baumarten und –sorten
KLIQ ÜBERFLUTUNGS- UND HITZEVORSORGE	2017	KLIQ ist ein Wissensdokument zur Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburg. In diesem werden zwei innerstädtische, hochverdichtete Quartiere in Hamburg beispielhaft untersucht.	Erhöhung der Verschattung durch: • Fassadenbegrünung • Baumpflanzungen • Verschattungselemente am Gebäude und im Straßenraum • Optimierung der Bebauungsstruktur und Gebäudeausrichtung Verringerung der Oberflächenreflexion durch: • Entsiegelung von Flächen • Fassadenbegrünung • Erhalt von Grünflächen
GRÜNES NETZ HAMBURG UND HAMBURGER LANDSCHAFTSACHSEN	laufend	Ziel ist der Ausbau eines Grünen Netzes mithilfe von Landschaftsachsen und grünen Ringen im Rahmen des Landschaftsprogramms.	Verringerung der Oberflächenreflexion durch: • Erhalt und Ausbau von Grünverbindungen
KAMPAGNE „MEIN BAUM – MEINE STADT“	seit 2011	Um kranke und gefällte Bäume zu ersetzen wurde die Spendenaktion „Mein Baum – Meine Stadt“ ins Leben gerufen. Bei einem Spendenwert von 500 Euro werden die übrigen Kosten für die Baumpflanzung von der Stadt übernommen.	Erhöhung der • Verschattung durch: Baumpflanzungen

UV-Strahlung und Hitze gleichermaßen anzugehen. Auch in der Hamburger Klimaleitstelle wird Hautkrebsprävention nicht als Thema aufgegriffen und wäre nach Angaben von Herrn Davidse (2020) eher in der Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz im Rahmen der Verhaltensprävention präsent, jedoch nicht in der verhältnispräventiven Stadtplanung.

Stadtplaner:innen sollten neben den Themen Hitze und Folgen von Starkregenereignissen auch für die Auswirkungen von UV-Strahlung sensibilisiert werden, um Synergien, aber auch Konfliktfelder der Klimaanpassungsmaßnahmen erkennen zu können und diese in der Planung berücksichtigen (vgl. ADP e.V. 2017: 8). In Kapitel 2.3 konnte beispielsweise gezeigt werden, dass eine helle Oberfläche zwar eine geringe langwellige Wärmeabstrahlung, dafür jedoch eine hohe Reflexion von kurzwelliger UV-Strahlung hat. Auch das Leitlinienprogramm Onkologie (2019: 131) appelliert für Klimaanpassungsmaßnahmen mit Schwerpunkt Prävention von gesundheitlichen Auswirkungen durch UV-Strahlung und Hitze. Die ADP e.V. (2017: 9f) gibt einen Katalog mit Empfehlungen an die Stadtplanung, die insbesondere das Thema Schatten und die Integration des Themas UV-Schutz in Konzepte und Pläne der Stadtentwicklung aufgreift. Viele Städte wie zum Beispiel Melbourne und Toronto haben die Bedeutsamkeit, Beschattung als Anpassungsmaßnahme in die Planung zu verankern, bereits erkannt. Sie haben verschiedene Konzepte und Handlungsanleitungen, sogenannte Shade Guidelines entwickelt. Diese zeigen zum einen verschiedene Verschattungsmöglichkeiten auf und unterstützen mit Hilfe eines Leitfadens Akteure bei der Durchführung, indem die verschiedenen Schritte von der Identifizierung von Interventionsräumen bis hin zu der Implementierung aufgezeigt werden. Die Notwendigkeit verhältnispräventiver Maßnahmen wird langsam auch von der Politik in Deutschland erkannt. Nach De Bock et al. (2017: 1) werden auf Grundlage des Präventionsgesetzes in Zukunft verstärkt verhältnispräventive Maßnahmen finanziert werden, welche unter anderem die baulichen Verhältnisse langfristig verändern sollen.
In den Tabellen 5 und 6 wird eine kurze Zusammenfassung über die verhältnispräventiven Maßnahmen und Forderungen zum Schutz vor UV-Strahlung in Deutschland gegeben. Grundsätzlich sind die Maßnahmen so zu wählen, dass der Klimawandel durch diese nicht weiter verstärkt wird (vgl. ADP e.V. 2017: 8). Zudem sollten sie neben einer effektiven Einzelwirkung auch in Verbindung miteinander eine effektive Minderung von UV-Strahlung und Hitze fördern (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2019: 145). Auf das Thema Verschattungsmaßnahmen wird detailliert in Kapitel 5 eingegangen.

Tabelle 5 Verhältnispräventive Maßnahmen und Empfehlungen in der Stadtplanung - städtebaulich

STÄDTEBAULICHE MAßNAHMEN

VERSCHATTUNGSMAßNAHMEN	Schatten gilt als eine der effektivsten Anpassungsmaßnahmen (vgl. WHO 2002: 8). Schatten kann mit Hilfe von natürlichen Maßnahmen wie Bäumen und Sträuchern, der Bebauung oder mit baulichen Installationen wie Pavillons und Sonnensegeln erzielt werden (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2019: 145, Henninger / Weber 2020: 205).
VERRINGERUNG DER OBERFLÄCHENREFLEXION	Über den Versiegelungsgrad und die Art der Oberflächenmaterialien kann die UV-Strahlung reguliert werden, indem eine hohe Rückstrahlung durch geeignete Materialien vermieden wird. Die Materialwahl ist auch bei den schattenspendenden baulichen Maßnahmen zu beachten (vgl. Mücke et al. 2017: 670).

Tabelle 6 Verhältnispräventive Maßnahmen und Empfehlungen in der Stadtplanung - behördlich

BEHÖRDLICHE MAßNAHMEN

UV-SCHUTZ IN ÖFFENTLICHE AUSSCHREIBUNGEN, KONZEPTE UND PLÄNE INTEGRIEREN	Das Thema Schutz vor UV-Strahlung wird in bestehenden und neuen Konzepten sowie Plänen der Stadtentwicklung ergänzt. Zudem fordern öffentliche Ausschreibungen Angaben zu konkreten Anpassungsmaßnahmen für UV-Strahlung (vgl. ADP e.V. 2017: 9).
HITZEAKTIONSPLAN	Ein Hitzeaktionsplan fasst verhaltens- und verhältnispräventive Maßnahmen zusammen, die Schutz vor UV-Strahlung und Schutz vor Hitze bieten. Ziel ist es, die Gefahren durch den Klimawandel ausreichend zu kommunizieren und die Maßnahmen erfolgreich zu etablieren (vgl. Mücke et al. 2017: 6).
UV-SCHUTZ IN BAUVORHABEN INTEGRIEREN	UV-Schutzmaßnahmen werden bei Bauvorhaben von Neubauten und Sanierungsvorhaben aufgenommen und umgesetzt (vgl. Das UV-Schutz-Bündnis 2017: 1157).
ZIELGRÖßEN UND FÜR DEN UV-SCHUTZ RELEVANTE INDIKATOREN DEFINIEREN	Zielgrößen, zum Beispiel der Einsatz von schattenspendenden Elementen, und für den UV-Schutz relevante Indikatoren werden definiert. Diese sollen Angaben über Konflikte und Synergien sowie dem Zusammenwirken mit anderen zu berücksichtigenden Handlungsfeldern enthalten (vgl. ADP e.V. 2017: 9).
ENTWICKLUNG EINER DATENBANK	Diese fasst alle verhältnispräventiven Maßnahmen und Empfehlungen mit einer umfassenden Beschreibung der Vor- und Nachteile sowie den jeweiligen Anwendungsbereichen zusammen. Wesentlicher Bestandteil ist eine Übersicht über Verschattungsmaßnahmen. Zudem werden Schnittstellen in der Planung identifiziert und aufgeführt (vgl. Das UV-Schutz-Bündnis 2017: 1157, ADP e.V. 2017: 10).
WEITERENTWICKLUNG VON MODELLIERUNGSPROGRAMMEN	Modellierungsprogramme, die UV-Belastungen der Menschen im urbanen Raum darstellen, werden ergänzt. In Zukunft werden auch die Belastung durch Hitze und der Effekt durch UV-Schutzmaßnahmen dargestellt (vgl. ADP e.V. 2017: 9).
ÖFFENTLICHE ANZEIGE DES UV-INDEX	Die öffentliche Anzeige des UV-Index informiert die Bevölkerung über die aktuelle Stärke der UV-Strahlung. Für das Einrichten der Anzeigen werden alle relevanten Standorte wie zum Beispiel innerstädtische Parks in einer Liste geführt (vgl. Das UV-Schutz-Bündnis 2017: 1156).
STADTPLANER:INNEN SENSIBILISIEREN	Stadtplaner:innen werden für das Thema UV-Schutz und die damit einhergehenden Herausforderungen sensibilisiert und geschult (vgl. ADP e.V. 2017: 8).

Primäre Prävention und Gesundheitsförderung sollten demnach an den Lebenswelten ansetzen, um die alltäglichen Rahmenbedingungen der Bevölkerung zu erfassen. Dies bedeutet, dass unter anderem die Kommunen und ihre Stadtentwicklung besonders in der Verantwortung stehen (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2019: 112, WHO 1986: 3, Böhme / Stender 2015). Das Gesetz zur Stärkung der Gesundheitsförderung und der Prävention (Präventionsgesetz – PrävG) vom 17. Juli 2015 definiert Lebenswelten nach § 20 Absatz 4 Nummer 2 als „für die Gesundheit bedeutsame, abgrenzbare soziale Systeme insbesondere des Wohnens, des Lernens, des Studierens, der medizinischen und pflegerischen Versorgung sowie der Freizeitgestaltung einschließlich des Sports." Eine Lebenswelt oder auch Setting kann demnach eine Schule oder Kindertagesstätte, Kommune oder Stadtteil, Menschen in der gleichen Lebenslage oder mit gemeinsamen Interessen und Werten sein oder kann mehrere dieser Merkmale umfassen (vgl. Hartung / Rosenbrock 2015, Nationale Präventionskonferenz 2018: 7). Der Kommune kommt dabei eine ganz besondere Rolle zu, da alle anderen Lebenswelten in der Kommune eingebettet sind und sie durch ihre Verpflichtungen und dem Nutzen regulativer Eingriffe die Möglichkeit hat primäre, Prävention und Gesundheitsförderung im städtischen Raum umzusetzen (vgl. Nationale Präventionskonferenz 2018: 7, Böhme / Stender 2015). Nach der ADP e.V. (2017: 3) zählen zu Lebenswelten, die durch städtebauliche Maßnahmen beeinflusst werden können Kindertagesstätten, (Berufs-)Schulen, der Arbeitsplatz, städtische Plätze wie Spielplätze und Kreuzungen sowie Sportplätze und Parks.

Die Vermeidung starker UV-Strahlungsexposition ist nach dem Leitlinienprogramm Onkologie (2019: 62f) die Schutzmaßnahme mit der höchsten Priorität. Es wird empfohlen bei einem UVI von 3 bis 7 in den Mittagsstunden Schatten aufzusuchen und bei noch höheren UV-Strahlungsintensitäten einen Aufenthalt im Freien gänzlich zu vermeiden und wenn nicht anders möglich Schattenräume zu nutzen. An dieser Empfehlung kann die Stadtplanung ansetzen.

Es solle in erster Linie darum gehen, einen Schutz vor ungewollter UV-Exposition im Alltag und den Lebenswelten – bei dem Zurücklegen von (Arbeits-)Wegen, der Nutzung von Freiräumen und Parks – zu gewährleisten, um Menschen die Möglichkeit zu geben sich vor UV-Strahlung und Hitze insbesondere in Hinblick auf den Klimawandel zu schützen (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2019: 144, ADP e.V. 2017: 2, 6). Auf diese alltäglichen Räume und Lebenswelten wird im folgenden Kapitel eingegangen.

4.2 Städtische Alltagsräume

Im vorangegangenen Kapitel wurde deutlich, dass Menschen insbesondere in ihren alltäglichen Lebenswelten ein Schutz vor ungewollter UV-Strahlung ermöglicht werden muss. Dafür ist es notwendig, auf Grundlage des Lebenswelten Ansatzes verschiedene „Alltagsräume" zu identifizieren, in denen Menschen gegenüber UV-Strahlung exponiert sind und die durch städtebauliche Eingriffe modifiziert werden können. Die ADP e.V. zählt zu diesen Lebenswelten Kindertagesstätten, (Berufs-)Schulen, den Arbeitsplatz, städtische Plätze wie Spielplätze und Kreuzungen sowie Sportplätze und Parks (s. Kapitel 4.1). Der Schwerpunkt wird im Folgenden auf innerstädtischen öffentlichen Freiräumen liegen. Innerstädtische öffentliche Freiräume können in Abhängigkeit ihrer Art und Funktion nach dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2015: 24) vielfältige Formen haben. Sie sind multifunktional und können verschiedene Bedeutungen haben wie zum Beispiel Soziale, Ästhetische oder Ökologische (vgl. Reicher 2016: 102). Öffentlich zugängliche Räume können sich in Form von „Stadtplätzen, Straßen, Parks, Promenaden, Passagen, Höfen, Fußgängerzonen, Spiel- und Sportplätzen, Uferzonen und andere mehr" (BBSR 2015: 24) ausdrücken. Unabhängig von den tatsächlichen Eigentumsverhältnissen werden Standorte betrachtet, die öffentlich zugänglich sind. Diese Räume übernehmen in der Regel Funktionen des Aufenthaltes und der Erschließung (vgl. Reicher 2016: 100), sodass diese häufig während der Freizeit oder unbewusst für das Bestreiten von Alltagswegen von allen Bevölkerungsgruppen genutzt werden.

Im Folgenden werden zunächst verschiedene Typologien von urbanen Alltagsräumen vorgestellt, die sich auf Grundlage der Literaturanalyse und einer Begehung durch die HafenCity Hamburg herauskristallisiert haben. Diese werden als typisch für das städtische Raumgefüge angesehen. Die einzelnen Typologien weisen vergleichbare Eigenschaften in Hinblick auf Bebauung und Vegetation auf, sodass sie in der Regel durch ähnliche ökologische Eigenschaften geprägt sind und somit als eigenes Kleinklimatop angesehen werden können (vgl. Pauleit 2017: 32, Laue 2019: 60). Die betrachteten Alltagsräume unterscheiden sich maßgeblich in Hinblick auf ihre physischen Eigenschaften wie Oberflächenmaterialien, Versiegelungs- und Grünflächenanteil, Verschattung und Bebauungsstruktur und ihre Flächennutzung (vgl. Pauleit 2016: 35), sodass davon auszugehen ist, dass diese unterschiedlich stark durch UV-Strahlung belastet sind. Dabei ist zu berücksichtigen, zu welchen Zeitpunkten und in welchem Umfang die Standorte genutzt werden, da die Gefahr durch UV-Strahlung zwischen 11 Uhr und 15 Uhr beziehungsweise 10 Uhr und 14 Uhr am höchsten ist (s. Kapitel 2.1).

Es ist darauf hinzuweisen, dass dies verallgemeinerte Aussagen sind und die genannten Alltagsräume nicht alle Standorttypologien öffentlich zugänglicher Freiräume umfassen. Die Intensität der UV-Strahlung hängt von den einzelnen Standorten ab, da diese von einer Vielzahl an Faktoren bestimmt wird (s. Kapitel 2.1). Aus diesem Grund sind immer individuelle Untersuchungen der einzelnen Standorte bezüglich Sonneneinfall, Sonnenscheindauer und Verschattung durchzuführen (vgl. Mertens 1997: 58). Außerdem ist eine eindeutige, trennscharfe Zuordnung nicht immer möglich und es gibt spezielle Ausprägungen der Alltagsräume. Beispielsweise kann der Alltagsraum Spielplatz gleichzeitig in den Alltagsräumen Innenhof, Park oder Platz integriert sein. Fußgängerzonen und Promenaden werden als eine Sonderform angesehen, da diese funktionale und räumliche Eigenschaften des Alltagsraums Straßenraum und des Alltagsraums Platz aufweisen.

Alltagsraum Platz

Der Alltagsraum Platz kann vielfältige Formen und Funktionen aufweisen. Er kann zum Beispiel als Dreieck, Quadrat oder kreisförmig, geschlossen, offen oder halboffen gestaltet sein. Lage, Einbindung in die Baustruktur der Umgebung sowie Größe und Nutzung spielen dabei eine Rolle. Typ und Gestaltung eines Platzes hängen maßgeblich von seiner Funktion und Lage ab, da dieser sich in Bezug auf seine Materialien und Form entsprechend des Raumgefüges einpassen soll. Typische Platzarten in Städten sind zum Beispiel ein zentraler Marktplatz, Plätze vor Kirchen, öffentlichen Gebäuden und Bahnhöfen oder Quartiersplätze (vgl. Reicher 2016: 105ff). Plätze können verschiedene Arten von fest installierter und temporärer Möblierung wie Sitzbänke, und informeller Sitzgelegenheiten wie Stufen und niedrige Mauern aufweisen. Die Nutzung ist multifunktional und kann zum Beispiel Wochenmärkte, den Aufenthalt zum Konsumieren von Speisen und Getränken oder touristische Aktivitäten umfassen. Bei den Aktivitäten sollte unterschieden werden, ob der Platz als Durchgangsraum oder für den dauerhaften Aufenthalt genutzt wird. Bei einem dauerhaften Aufenthalt wird, die von der WHO angegebene, gesundheitsfördernde Zeit von 10 bis 15 Minuten (s. Kapitel 2.1) schnell überschritten, zumal Plätze zwar ganzjährig, aber vorwiegend während der Sommermonate zur CPT genutzt werden (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 118f).

Auf Grundlage der Biotopkartierung zeichnen sich Hamburgs Stadtplätze durch große versiegelte Bereiche aus, die vereinzelt durch Bäume aufgelockert werden. Weiterhin gibt es Quartiersplätze, die sich in die bauliche Umgebung einfügen. Besteht die Möglichkeit vom motorisierten Verkehr (MV) durchfahren zu werden, können sie auch dem Straßenraum zugeordnet werden (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2019: 373). Nach dem BMUB (2015: 24) werden aufgrund knapper Finanzmittel für die Grünpflege, städtische Plätze häufig nur geringfügig begrünt.

Das Kleinklima eines Platzes wird maßgeblich geprägt durch die Größe des Platzes, die umliegende Bebauung und das sich daraus ergebende H/W-Verhältnis. Weiteren Einfluss haben die Vegetation, die Materialien von Fassaden und Böden, die Beschattung dieser und die Öffnungsverhältnisse zu den Seiten, die Auswirkungen auf die Windverhältnisse haben (vgl. Dickhaut et al. 2017: 84, Laue 2019: 61). Aufgrund der häufig großflächig verwendeten künstlichen Materialien, spielt die

reflektierte UV-Strahlung eine große Rolle (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 118). Große Plätze mit einem hohen Versiegelungsgrad, geringer Vegetation und Wasserflächen, die nur geringfügig verschattet sind, weisen große Probleme in Bezug auf Hitze auf (vgl. Dickhaut et al 2017: 84).

Alltagsraum Straßenraum

Der städtische Straßenraum zeichnet sich in der Regel durch lineare, multifunktionale Räume aus, die unabhängig von der unterschiedlichen Lebenswelt als öffentlich verbindendes Element zwischen diesen agieren. Straßenräume können abhängig von ihrer Lage und Funktion, ähnlich wie der Alltagsraum Platz, eine Vielzahl an Ausprägungen haben (vgl. Reicher 2016: 101, 104). In der Regel zeichnen sie sich durch hohen Durchgangsverkehr mit nur kurzen Aufenthalten aus. Sie werden unter anderem aber ebenfalls für das Konsumieren von Speisen und Getränken oder zum Verweilen und Warten genutzt (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 125).

Neben dem klassischen auf den MV ausgerichteten Straßenraum, wie Schnellstraßen oder Haupt- und Durchgangsstraßen, zählen in Hamburg auch Kreuzungen, Fußgängerflächen und Radwege zum Straßenraum. Dieser kann durch Begleitgrünflächen ergänzt sein (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2019: 371f). Auf Grundlage der Begehung, werden auch Fahrradabstellanlagen, Parkplätze und Bushaltestellen als besondere Ausprägung des Alltagsraums Straßenraum, dieser Typologie zugeordnet. Insbesondere Parkplätze weisen häufig einen hohen UV-Strahlungseintrag und nur wenig schattenspendende Elemente auf. Neben dem klassischen Nutzen eines Parkplatzes – das Ein- und Ausladen von Fahrzeugen – können diese auch für Märkte und Veranstaltungen Raum bieten (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 131).

Der Straßenraum zeichnet sich in der Regel durch einen hohen Versiegelungsgrad, einem geringen Grünflächenanteil und einer Vielzahl an wärmespeichernden Körpern aus. Auch hier nehmen die umliegende Bebauung, das H/W-Verhältnis und die Oberflächeneigenschaften maßgeblich Einfluss auf die klimatischen Verhältnisse. Dies resultiert in einer starken Erwärmung dieser Räume bei hohem Strahlungseintrag und einer geringen Luftfeuchte, was häufig durch Mehrfachreflexionen und einen geringen SVF noch verstärkt wird. Dabei spielt auch die Ausrichtung der Straße eine große Rolle (vgl. Laue 2019: 60f). Ost-West-Straßen sind im Sommer aufgrund des hohen Sonnenstands fast ganztägig gegenüber Sonnenstrahlung exponiert. Bei Nord-Süd-Straßen wird der Straßenraum in der Regel durch die umliegenden Gebäude verschattet. Dies ist jedoch stark abhängig von der Breite der Straße (vgl. Dickhaut et al. 2017: 76). Die Installation von Vegetation kann in dichten Straßenräumen schwierig sein (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 125). Straßenbäume mit einem dichten Kronendach können den Effekt eines Luftstaus zudem noch weiter verstärken. Die Bebauungsstruktur und Ausrichtung eines Straßenraums kann zu Wind- und Kanalisierungseffekten führen (vgl. Laue 2019: 60ff).

Alltagsraum Innerstädtischer Grünraum und Park

Städtische Grünräume können eine Vielzahl unterschiedlicher Formen haben. Sie übernehmen vielfältige Funktionen – wie Erholung, Aufenthalt und Freizeitgestaltung – und sind heutzutage Raum für das alltägliche Leben (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2019: 356, Reicher 2016: 97, BMUB 2015: 23). Diese Grünräume sind zum Beispiel in Form von Parkanlagen, Stadtwiesen, Kleingärten und Friedhöfen zu finden und können auch entlang von Straßen und Wegeverbindungen angelegt sein (vgl. Henninger / Weber 2020: 206, Freie und Hansestadt Hamburg 2019: 353, 357). Parks können sich wiederum nach verschiedenen Formen wie Quartiersparks, große Stadtparks, konzeptionelle Parks, botanische und zoologische Gärten ausdifferenzieren (vgl. Reicher 2016: 97, Breuste 2016: 108). Grünräume und Parks haben in der Regel einen geringen Versiegelungsgrad bei einem sehr hohen Grünflächenanteil (vgl. Laue 2019: 58). Parks weisen häufig bestimmte Gestaltungselemente wie zum Beispiel Bäume, Rasenflächen, Beete, Wasserelemente und besondere Topographien auf. (vgl. Reicher 2016: 97, Breuste 2016: 108, Freie und Hansestadt Hamburg 2019: 356). In ihnen können Spiel- und Sportplätze integriert sein. Städtische Parks sind zudem häufig durch Merkmale, wie ein erhöhtes Lärmaufkommen, hohe Besucherzahlen mit einer geringen Anzahl an ruhigen Erholungsorten und den Bedarf an städtischen Pflegemaßnahmen gekennzeichnet (vgl. Breuste 2016: 108). Neben den Grün- und Parkflächen haben auch die Wege und Pfade innerhalb dieser Flächen eine große Bedeutung. Diese werden durch eine Vielzahl unterschiedlicher Personengruppen mit unterschiedlichen Nutzungsansprüchen gewählt. Dazu zählen unter anderem Läufer, Pendler und mobilitätseingeschränkte Personen (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 91).

Gegenüber ihrer gebauten Umwelt weisen Parks und Grünräume ein deutlich abweichendes Kleinklima auf. Die umfassende Vegetation führt zu einer höheren Evapotranspiration, die bereits bei kleinen Flächen Kühlungseffekte haben kann. Bei größeren Flächen kann dieser sogar auf die bebaute Umgebung übergehen. Sie sind sogenannte Kaltluftproduzenten. Dieser Effekt wird durch einen hohen SVF erhöht, der eine nächtliche Abkühlung ermöglicht. Bäume mit einem dichten Kronendach können tagsüber Schatten spenden, vermindern die Sonneneinstrahlung und können eine zu starke Auskühlung in der Nacht verringern. Offen gestaltete Grün- und Parkanlagen fördern zwar Luftaustauschprozesse, führen jedoch gleichzeitig auch zu einer hohen UV-Exposition (vgl. Laue 2019: 58ff, Lenzholzer 2015: 58, Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 90). Viele Aktivitäten wie Picknick und Spaziergänge überschreiten die empfohlene Dauer von 10 bis 15 Minuten am Tag und finden häufig während der CPT statt (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 91f).

Alltagsraum 4 Innenhof

Innenhöfe ergeben sich aus dem Blockinnenraum von Block- beziehungsweise Blockrandbebauungen (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2019: 365). Das Kleinklima eines Innenhofes ist stark geprägt durch die Höhe und Bauweise der umliegenden Bebauung, den Grad der Versiegelung beziehungsweise der Vegetation, sowie die Größe des Innenhofs. Die baulichen Aspekte haben dabei einen deutlich stärkeren Einfluss auf das Innenhofklima als die Vegetation (vgl. Mertens 1997: 30f nach Horbert 1992). Zudem haben Größe und Lage des Innenhofs und die gebaute Umgebung dabei einen erheblichen Einfluss auf die Sonnenscheindauer und Windaustauschprozesse im Innenhof (vgl. Mertens 1997: 37). Durch die Bebauung werden Luftaustauschprozesse verhindert. Zudem beeinflussen die Horizonteinengung durch die Bebauung und der SVF maßgeblich die Temperaturentwicklungen tagsüber und vermindern nachts in der Regel eine effektive Abkühlung. Dabei spielen auch die Oberflächeneigenschaften, wie die Albedo und das Wärmespeichervermögen sowie die Exposition der Flächen eine wichtige Rolle. Da Bäume eine Einstrahlung am Tag und eine effektive Ausstrahlung in der Nacht beeinflussen können, müssen die Vegetationsstrukturen und ihre Anordnung berücksichtigt werden (vgl. Laue 2019: 59f).

Alltagsraum 5 Spiel- und Sportplatz

Nach der Biotopkartierung Hamburg sind Sportplätze Anlagen für das Ausüben von Sportnutzungen, die sich in Hinblick auf Größe, Vegetation und bauliche Elemente – zum Beispiel Tribünen, Umkleidehäuser – unterscheiden. Spielplätze können eine Vielzahl an unterschiedlichen Spielgeräten und Strukturen aufweisen wie Klettergerüste, Schaukeln und Sandkästen. Sport- und Spielplätze werden hauptsächlich von der Risikogruppe Kinder und Jugendliche genutzt. Vor allem im Sommer während der CPT besteht ein hohes Risiko, wenn die Räume lange und intensiv genutzt werden und nur kurze Bekleidung getragen wird. Eine weitere Herausforderung ist die permanente Bewegung während des Spiels und Sports (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 79, 101).

Sportflächen und Spielplätze sind häufig in Parkanlagen integriert und weisen im Hinblick auf Vegetationsmerkmale und demnach auch der Klimaverhältnisse ähnliche Eigenschaften auf. Je nach Art der Nutzung – wie Fußballplatz, Stadion mit Laufbahn, Tennisplatz – können sie unterschiedliche Bodenmaterialien haben (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2019: 361). Auf Grundlage der Begehung wurden asphaltierte, sandige Böden und Rasenflächen identifiziert. Bei Spielplätzen ist aufgrund der Nutzung häufig ein großer Teil der Fläche versiegelt oder frei von Vegetation. Eine Ausstattung mit Bäumen für Qualität und Aufenthalt ist sinnvoll, jedoch häufig aufgrund der kommunalen Finanzmittel schwer tragbar (vgl. Breuste 2016: 108, Freie und Hansestadt Hamburg 2019: 361, Reicher 2016: 96).

STÄDTISCHE ALLTAGSRÄUME

05

05 VERSCHATTUNGSMAßNAHMEN

Anpassungsmaßnahmen zum Schutz vor UV-Strahlung in der Stadtplanung

Für den wirksamen Einsatz von Verschattungsmaßnahmen ist es zunächst erforderlich, die Grundlagen der Schattenplanung zu erfassen und Kenntnisse über den Sonnenverlauf zu erlangen. Darauf aufbauend werden verschiedene Verschattungsmöglichkeiten vorgestellt, die in Form von natürlichen oder gebauten Schatten oder einer Kombination aus den beiden Ansätzen umgesetzt werden können. Da die Wirksamkeit von Schatten und die UV-Belastung in unverschatteten Bereichen zu einem großen Teil von der reflektierten UV-Strahlung der umliegenden Oberflächen abhängt, wird im Anschluss die Anpassung der Oberflächen als ergänzende Maßnahme zum Schutz vor UV-Strahlung betrachtet.

5.1 Planung von Schatten

In Kapitel 4.1 wurde deutlich, dass Schatten eine der wichtigsten städtebaulichen Anpassungsmaßnahmen zum Schutz vor UV-Belastung ist. Jedoch nahm mit der Sichtweise, dass gebräunte Haut für einen gesunden und wohlhabenden Menschen steht, die Bedeutung schattenspendender Maßnahmen ab (vgl. Burbulla 2011: 49 nach Jung 2007). Nach Capellaro / Sturm (2015: 99) hat die Maßnahme auch in der Bevölkerung einen hohen Bekanntheitsgrad, jedoch würden nur etwas über die Hälfte der Befragten (n = 400) Schatten nutzen. Ziel sollte es sein, Schatten so zu planen, dass dieser vor ungewollter UV-Exposition schützt. In Hamburgs Plänen und Konzepten wird Verschattung zwar vereinzelt aufgegriffen, aber nicht im direkten Zusammenhang mit dem Schutz vor UV-Strahlung und der Prävention von Hautkrebs. Zudem wurde in Kapitel 4.2 deutlich, dass unterschiedliche Standorttypologien in der Stadt, verschiedene Eigenschaften und demnach Ansprüche an die Anpassungsmaßnahme Verschattung aufweisen.

Bei der Wirksamkeit und Planung von Verschattungsmaßnahmen und der optimalen Positionierung spielt ein grundlegendes Verständnis über den Sonnenverlauf eine wesentliche Rolle, da mit diesem Wissen der Schattenwurf im jahres- und tageszeitlichen Verlauf genau bestimmt werden kann (vgl. Petschek 2011: 14, Greenwood et al. 1998: 17, 21). In ihren *Guidelines for shade planning and design* haben sich Greenwood et al. (1998) intensiv mit dem Einfluss des Sonnenverlaufs auf die Planung von Verschattungsmaßnahmen beschäftigt. Für die sinnvolle Planung einer Schattenkonstruktion oder die Lage eines Baumes sind neben Angaben über die geographische Lage – Längen- und Breitengrad – sowie die Richtung des geographischen Nordens eines Standortes, auch Kenntnisse über den Sonnenazimutwinkel und den Sonnenhöhenwinkel erforderlich. Der Sonnenazimutwinkel beschreibt den Winkel (0° bis 360°) der Sonne zum geographischen Norden auf einer horizontalen Ebene. Dieser ist maßgeblich für die Richtung des Schattenwurfs verantwortlich. Die Länge des Schattenwurfs wird hingegen vom Sonnenhöhenwinkel bestimmt. Dieser beschreibt den Winkel zwischen dem Horizont eines bestimmten Breitengrades und der Sonne (s. Abbildung 5, vgl. Greenwood et al. 1998: 17). Schattenwürfe unterliegen tages- und Jahreszeitlichen Schwankungen, da die Sonne ständig in Bewegung ist und sich dadurch der Sonnenazimut- und Sonnenhöhenwinkel stetig ändert. Abbildung 5 zeigt, dass dadurch der Schattenwurf im Winter auf der Nordhalbkugel deutlich länger ist.

Auch wird der Einfall von Sonnenstrahlung und somit die Intensität der UV-Strahlung, die auf die Erdoberfläche trifft von diesen Änderungen beeinflusst. Ein niedriger Sonnenhöhenwinkel bedeutet eine geringere UV-Strahlung am Boden, da zum einen die einfallende UV-Strahlung sich auf einer größeren Fläche verteilt und sie zum anderen einen weiteren Weg durch die Atmosphäre durchlaufen muss, sodass die Absorption der UV-Strahlung höher ist (vgl. Greenwood 1998: 18f).

Bei der Konstruktion von Schatten sollte neben der direkten UV-Strahlung, auch die gestreute und reflektierte UV-Strahlung berücksichtigt werden. Die Gefahr besteht darin, dass UV-Strahlung aus allen Richtungen in Schattenbereiche einfallen kann. Die Wirksamkeit

PLANUNG VON SCHATTEN

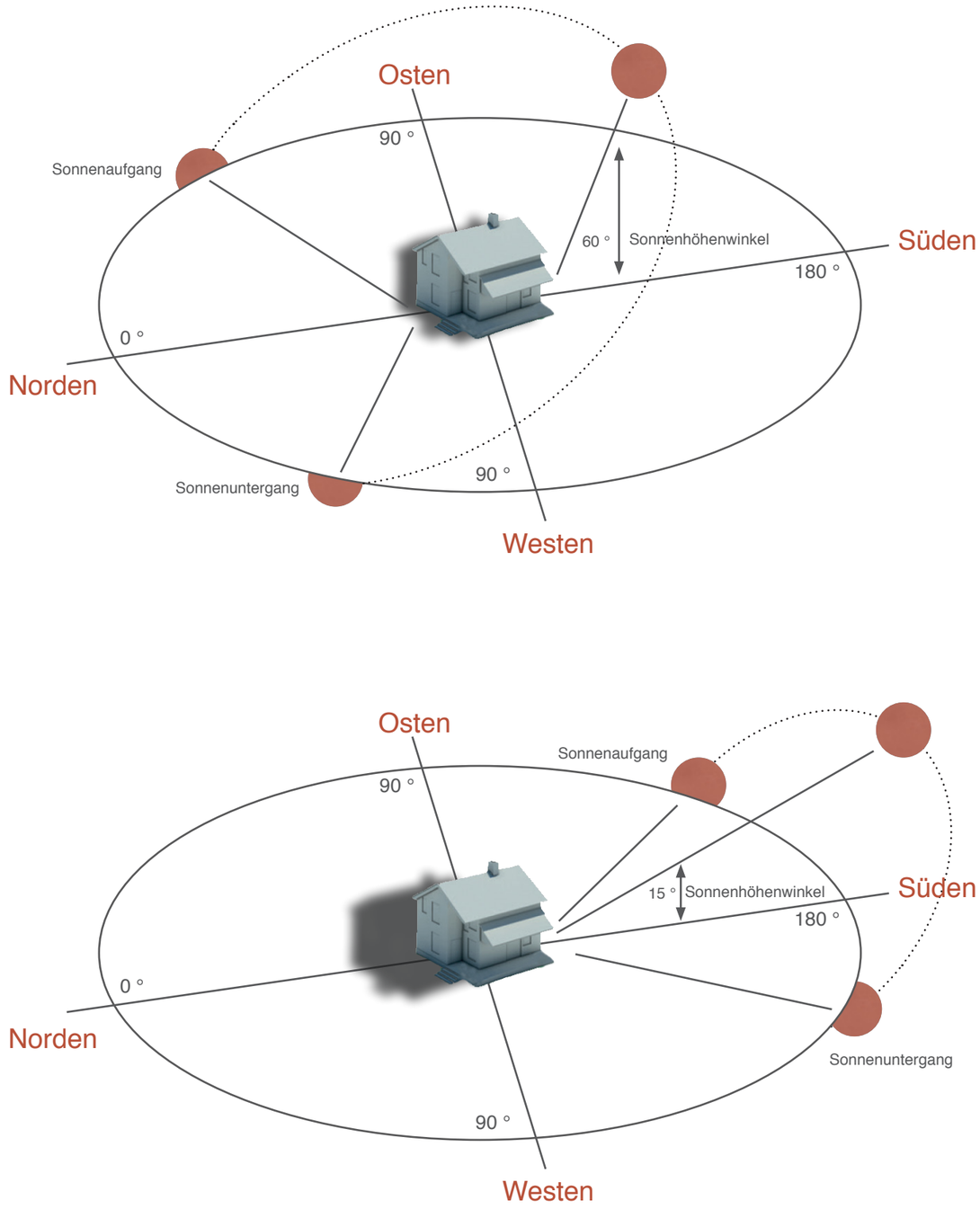


Abbildung 5 Sonnenverlauf im Sommer und Winter am Standort Hamburg

von Schatten kann durch diese beeinträchtigt werden und ein Schutz allein vor direkter UV-Strahlung ist nicht ausreichend (vgl. ARPANSA o. J., Augustin et al. 2008: 637, Greenwood et al. 1998: 25, Aynsley / Moise 1999). Nach Gies / Mackay (2004: 336) reduziert sich der Schutz von Verschattungsmaßnahmen bei bewölktem Himmel im Vergleich zu einem freien Himmel von 70 Prozent auf 20 Prozent.

Wesentliche Aspekte, um effektiven Schatten zu erzeugen sind das Anbringen seitlicher und über-Kopf Verschattungsmaßnahmen, die einen ausreichend großen Schattenraum erzeugen und eine möglichst geringe Reflexion der Oberflächen im Umfeld des Schattens aufweisen (vgl. Greenwood et al. 1998: 23). In diesem Zusammenhang spielt auch der SVF eine wesentliche Rolle. Je größer der Schatten und je geringer der SVF desto höher ist der Schutz vor direkter und diffuser UV-Strahlung, da die UV-Strahlungsintensität an den Rändern eines Schattens zunimmt. Dabei sollten die Verschattungsmaßnahmen auch den tageszeitlichen Verlauf des Schattenwurfs berücksichtigen, da dieser umso wichtiger ist je stärker der Einfall von Sonnenstrahlung ist (vgl. ARPANSA o. J., Greenwood et al. 1998: 26, Gies / Mackay 2004: 337, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2016: 48). Zudem sollten die Bedürfnisse unterschiedlicher Nutzergruppen mit einbezogen werden. Es sollte ermittelt werden, welche Personen einen Standort für welche Aktivitäten nutzen und zu welcher Tageszeit beziehungsweise Nutzungszeit diese Schatten oder Sonne benötigen (vgl. Lenzholzer 2015: 73). Zum Beispiel haben spielende Kinder andere Schutzbedürfnisse als Spaziergänger:innen (vgl. ADP e.V. 2017: 9). Insbesondere während der CPT sollte jedoch ausreichend Schatten vorhanden sein (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 20). Grundsätzlich sollten Verschattungsmaßnahmen auf der Nordhemisphäre im Süden beziehungsweise Südwesten des zu verschattenden Standortes aufgestellt werden, um so insbesondere in dichten Räumen den stark sonnenexponierten Bereichen einen Schutz vor UV-Strahlung zu ermöglichen (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 55, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2016: 74). Aufgrund des höheren Sonnenstands im Sommer, verhindern insbesondere über-Kopf Maßnahmen über südlich angeordneten Bereichen einen Sonneneinfall im Sommer und ermöglichen Lichteinfall im Winter (vgl. Brown / Gillespie 1995: 21). Jedoch sollte ein geringfügiger Sonneneinfall ermöglicht werden, um den Schattenwurf auch im Sommer nicht zu dunkel werden zu lassen. Nach Brown / Gillespie (1995: 113) sollte dieser ca. 10 Prozent betragen.

Schatten kann in Form natürlicher Verschattung wie zum Beispiel durch Bäume oder mithilfe baulicher Konstruktionen wie Sonnensegeln oder Pergolas erzielt werden. Diese Maßnahmen können temporär oder dauerhaft angebracht sein. Beauchet et al. (2012: 302) konnten im Rahmen einer Studie in Paris feststellen, dass Verschattungsmaßnahmen unterschiedlich effizient sind. Die Reduzierung der erythemwirksamen Strahlung lag in ihrer Untersuchung zwischen 51 und 97 Prozent (vgl. ebd: 24, ARPANSA o. J.). Auf die verschiedenen Verschattungsmaßnahmen wird in Kapitel 5.2 und Kapitel 5.3 näher eingegangen. Welche Verschattungsmaßnahmen für einen Standort geeignet sind, hängt ganz von den spezifischen Rahmenbedingungen, Anforderungen und Umsetzungsmöglichkeiten eines Standortes ab (vgl. Greenwood et al. 1998: 24). Effektive Verschattungsmaßnahmen sollten nach Greenwood et al. (1998: 24) jedoch mindestens 94 Prozent der direkten UV-Strahlung vor dem Auftreffen auf den Menschen verhindern und gleichzeitig eine hohe Aufenthaltsqualität während der Sommermonate als auch der Wintermonate schaffen. Die höchste Priorität sollte aber der UV- und Hitzeschutz während der Sommermonate haben. Dennoch müssen auch die geringere UV-Strahlung im Winter und der Fall, dass es Zeitpunkte gibt an denen keine Sonne scheint Beachtung finden. Verschattete Räume müssen im Winter ausreichend Wärme ermöglichen. Auf der anderen Seite muss berücksichtigt werden, dass die Schattenräume insbesondere im Frühjahr und Sommer nicht zu kühl sind und der thermische Komfortbereich des Menschen nicht verlassen wird (vgl. ebd.: 24). Menschen passen ihr Verhalten nicht an das Empfinden von UV-Strahlung, sondern an ihr individuelles Temperaturempfinden an (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 54). Zu kühle Schattenräume könnten dazu führen, dass verstärkt sonnenexponierte Standorte aufgesucht werden (vgl. Greenwood et al. 1998: 27). Demnach spielen die

Gestaltung und Aufenthaltsqualität dieser Räume eine große Rolle, um eine Nutzung zu fördern (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 54).

Neben dem Schutz vor UV-Strahlung können schattenspendende Maßnahmen noch eine Vielzahl weiterer positiver Eigenschaften aufweisen. Diese können je nach Art der Maßnahme unterschiedlich sein (s. Kapitel 5.2 und 5.3). Gemeinsam haben sie jedoch, dass sie zum Beispiel dem UHI-Effekt entgegenwirken, die Luftqualität verbessern und den Energieverbrauch reduzieren. Beispielsweise kann der gemeinsame Einfluss der Maßnahmen auf die Lufttemperatur dazu führen, dass die Nutzung von Klimaanlagen gesenkt, Smog vermieden wird, sowie die verbesserten lokalen klimatischen Bedingungen Sport und Bewegung fördern (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 37f). Zudem schützen viele der Anpassungsmaßnahmen auch vor anderen Umwelteinflüssen wie zum Beispiel Regen (vgl. Lenzholzer 2015: 111). Die Verbesserung der Luftqualität kann jedoch auch einen Anstieg der UV-Strahlung zur Folge haben (s. Kapitel 2.2). In Abbildung 6 wird die Konstruktion eines „guten“ Schattens von der Toronto Cancer Prevention Coalition (2010: 62) in ihrer Shade Guideline zusammengefasst.

INFOKASTEN

“A well constructed shade structure will result in shade that falls in the right places and at the right times of the day throughout the year, creates an outdoor space that is comfortable to use in all seasons, minimizes the impact of indirect UVR on the space, and is attractive, practical and environmentally friendly. Materials used should reduce reflectivity. The structures should be adequately sized, using barriers for side and overhead protection.“

(Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 62)

Abbildung 6 „Guter“ Schatten nach Toronto Cancer Prevention Coalition

5.2 Natürlicher Schatten

Natürliche Schattenelemente sind eine der wirksamsten Möglichkeiten vor UV-Strahlung geschützte und attraktive öffentliche Freiräume zu schaffen, da sie neben der Funktion Schatten zu spenden, eine Vielzahl positiver Einflüsse auf einen Standort haben können (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 54). Zu den natürlichen Beschattungsmöglichkeiten zählen zum Beispiel Bäume, Hecken, großblättrige Pflanzen und Sträucher (vgl. Lenzholzer 2015: 130, 134, 138, 141). Im Folgenden wird primär auf Verschattung durch Bäume eingegangen, weil nach Aynsley / Moise (1999) ein dichtes Laubdach im Vergleich zu anderen Verschattungsmöglichkeiten den höchsten Schutz vor UV-B-Strahlung bietet.

Bäume können in Abhängigkeit ihres Standortes nach Park-, Straßen- und Platzbäumen gegliedert werden. Sie können einzeln, gruppiert, in Form einer Baumreihe – einer Allee – oder als mobile Form (s. Abbildung 7) angeordnet sein (vgl. Lenzholzer 2015: 130, 134, 138, 141, Richter 1981: 45). Der Einfall von UV-Strahlung am Boden ist abhängig von den Absorptions-, Transmissions- und Reflexionseigenschaften der Pflanzen. Wird die UV-Strahlung nicht reflektiert, erfolgen Transmissions- und Absorptionsprozesse. Blätter von Pflanzen können einen Großteil der UV-A-Strahlung und Anteile der UV-B-Strahlung absorbieren (vgl. Frey / Lösch 2010: 178, 180). Antoniadis et al. (2016: 319) konnten im Rahmen einer Studie vier Faktoren ermitteln, die wesentlich für die Wirksamkeit des Schattenwurfes durch Bäume sind. Dazu zählen die Dichte und Höhe des Kronendachs, die Nähe des Kronendachs zum Boden und die vertikale Ausprägung des Laubdaches. Je stärker diese Eigenschaften ausgeprägt sind, desto höher ist der Schutz vor UV-Strahlung. Antoniadis et al. (2016: 332) ziehen den Schluss, dass in diesem Zusammenhang der Blattflächenindex eine wesentliche Rolle spielt. Der Blattflächenindex beschreibt das Verhältnis der gesamten Blattfläche einer Vegetationsstruktur in Quadratmetern zu der von diesem bedeckten Anteil des Bodens (vgl. DWD o.J.a). Ein hoher Blattflächenindex, also ein dichtes und breites Laubdach, verringert den Eintrag von Sonnenstrahlung (vgl. Laue 2019: 132, Frey / Lösch 2010: 177).



Abbildung 7 Mobile Pflanzkübel, HafenCity Hamburg Deutschland

Beispielsweise weist ein stark ausgeprägtes horizontales, tiefes Kronendach wie im Hammer Park in Hamburg (s. Abbildung 8) einen relativ konstanten Schattenwurf im tageszeitlichen Verlauf auf, wohingegen ein stark vertikales Kronendach tageszeitlichen Veränderungen unterliegt, die sich in einem kleinen Schattenwurf während der Mittagsstunden (hoher Sonnenstand) und einem breiten Schatten während eines niedrigen Sonnenstandes zeigt (vgl. Henniger / Weber 2020: 215 nach Canton et al. 1994, s. Abbildung 9). Dabei weisen sonnenexponierte Blätter eine geringere Blattfläche als im Schatten gelegene Blätter auf. Neben dem Blattflächenindex wird die Reflexion von UV-Strahlung, wie bei den Oberflächen im urbanen Raum, von der Oberflächenrauigkeit der Blätter beeinflusst (vgl. Frey / Lösch 2010: 185, 180).

Neben den Blatteigenschaften haben auch die Ausprägungen der Äste und Zweige einen Einfluss auf die UV-Strahlung, da sie diese absorbieren oder reflektieren (vgl. Henninger / Weber 2020: 215). Zudem ist die Reduktion der UV-Strahlung höher, wenn mehrere unterschiedlich hohe Laubdächer zusammenwirken oder die Bäume dicht angeordnet sind (vgl. Antoniadis et al. 2016: 325). Ein größeres Laubdach vermindert also neben dem direkten Eintrag von UV-Strahlung, insbesondere auch den Einfall indirekter UV-Strahlung (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 16).

Jede Baumart weist einen unterschiedlichen Blattflächenindex und unterschiedliche Transmissionseigenschaften auf, die es möglich machen, die Sonneneinstrahlung und demnach auch die UV-Strahlung durch die Wahl und Anordnung von Bäumen gezielt zu reduzieren (vgl. Laue 2019: 44, Antoniadis et al. 2016: 332). Aussagen zu treffen, wie viel UV-Strahlung letztendlich durch Bäume abgehalten werden kann, ist jedoch schwierig. Angaben diesbezüglich beziehen sich in der Regel auf die gesamte Sonneneinstrahlung und die Ermittlung des Einflusses einzelner Baumarten auf die UV-Strahlung unterliegt Unsicherheiten. Die indirekte UV-Strahlung, die Baumgröße, Pflege und Schnitt der Bäume sowie Effekte der umliegenden Vegetation und Gebäude in diesem Zusammenhang zu berücksichtigen ist schwierig (vgl. Heisler 2010: 351). Nach Lenzholzer (2015: 142) können Bäume bis zu 50 Prozent der



Abbildung 8 Schattenwurf eines dichten und tiefen Kronendaches, Hammer Park Hamburg Deutschland



Abbildung 9 Schattenwurf eines horizontalen und vertikalen Kronendaches, Lohsepark Hamburg Deutschland

Sonnenstrahlung reduzieren und nach einer Studie von Antoniadis et al. (2016: 330) sogar bis zu 94 Prozent. Das Bundesamt für Strahlenschutz (2019a) gibt an, dass ein dichtes, großes Laubdach die UV-Strahlung um 20 Prozent reduzieren kann. Es geht jedoch nicht hervor, ob diese Angabe die indirekte UV-Strahlung mit einbezieht. Der Leitfaden zur Kronendichte von Greenwood et al. (1998: 74) soll bei der Planung dabei helfen, den UV-Schutz einzelner Laubkronen zu beurteilen. In diesem werden die Baumkronen, wie in Abbildung 10 dargestellt, nach einem starken (über 90 Prozent), mittleren (bis etwa 60 Prozent) und leichtem (weniger als 30 Prozent) UV-Schutz eingeteilt.



STARK – ÜBER 90 PROZENT UV-SCHUTZ
Schutz vor direkter UV-Strahlung gegeben. Indirekte UV-Strahlung hängt von der Größe des Kronendachs ab.



MITTEL – ETWA 60 PROZENT UV-SCHUTZ
Geringer Schutz vor direkter und indirekter UV-Strahlung.



LEICHT – WENIGER ALS 30 PROZENT UV-SCHUTZ
Schlechter Schutz vor direkter und indirekter UV-Strahlung.

Abbildung 10 Leitfaden zur Kronendichte nach Greenwood et al. (1998)

Bei der Auswahl der Baumarten sollte zwischen laubabwerfenden und immergrünen Bäumen unterschieden werden. Nach Petschek (2011: 10) sind Laubbäume für einen umfassenden Schattenwurf am besten geeignet. Insbesondere große kuppelförmige Laubbäume, wie in Abbildung 11, können einen großen tiefen Schatten werfen und bieten gleichzeitig Schutz vor weiteren Wettereinflüssen (vgl. Lenzholzer 2015: 197).

Immergrüne Vegetation bietet hingegen einen ganzjährigen Schutz vor UV-Strahlung und schützt in den nicht sonnenreichen Monaten nicht nur den Menschen, sondern auch Objekte wie zum Beispiel parkende Autos vor Umwelteinflüssen wie Schnee, Regen oder Hagel (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 16, Lenzholzer 2015: 73). Sie gewährleistet zwar eine ganzjährige Verschattung, jedoch ist eine laubabwerfende Vegetation in Zonen des mittel gemäßigten Klimas und an Standorten die ganzjährig genutzt werden häufig geeigneter. In Abhängigkeit des Zeitpunktes ab dem die Laubbäume Blätter tragen, können sie auch in den Frühlings- und Herbstmonaten einen gewissen Schutz vor UV-Strahlung bieten (vgl. Petschek 2011: 10).

Bei der Konstruktion natürlicher Verschattungselemente sind eine Vielzahl an Aspekten zu berücksichtigen. Bei der Wahl und Anordnung der Baumarten empfehlen Greenwood et al. (1998: 40) Art und Nutzung des Standortes zu berücksichtigen, um einen sinnvollen Schattenwurf zu planen, da Stadtbäume und insbesondere Straßenbäume besonderen Standortbedingungen ausgesetzt sind. Zu diesen zählen:

- ein geringer Platz für die Ausbildung des Wurzelwerks,
- Bodentyp und Salzgehalt des Bodens,
- Einfluss von Streusalz,
- Bodenverdichtung und Versiegelung,
- Belüftung des Bodens,
- Wasserverfügbarkeit sowie
- Hitze und UV-Strahlung: hoher Strahlungseintrag auf der einen Seite, starke Verschattung durch umliegende Gebäude auf der anderen Seite (vgl. Lenzholzer 2015: 138, Dickhaut et al. 2019: 13, 17, Cancer Council Victoria 2015: 16).



Abbildung 11 Rotbuche im Hammer Park, Hamburg Deutschland

Die Standortbedingungen führen dazu, dass vor allem Straßenbäume nur eine Lebenserwartung von rund 40 bis 50 Jahren haben (vgl. Dickhaut et al. 2019: 13). Aus diesen Gründen sollten für eine nachhaltige und langlebige Schattenplanung zunächst die lokalen Standortbedingungen geprüft werden und bei der Auswahl der Baumarten auf stressresistente und standortgerechte Baumarten zurückgegriffen werden (vgl. Greenwood et al 1998: 40, Lenzholzer 2015: 138, Dickhaut et al. 2019: 19). Für eine dauerhafte und wirksame Verschattung von Straßen und Wege sind Bäume, die als Allee angeordnet sind (s. Abbildung 12), besonders geeignet. Diese haben den Vorteil, dass sie neben dem Straßenraum auch die umliegenden Gebäude und Fassaden verschatten können. Dabei sollte der Einfall von Tageslicht in die Räume der Gebäude nicht verringert werden (vgl. Greenwood et al. 1998: 40, Lenzholzer 2015: 141).

In diesem Zusammenhang spielen auch das H/W-Verhältnis und die Ausrichtung des Straßenraums eine wesentliche Rolle, da sich dadurch für jede Straße ein individueller Schattenwurf ergibt (vgl. Lenzholzer 2015: 141). Ist die Allee beidseitig angeordnet, sollte ein geschlossenes Kronendach vermieden werden, damit es nicht zu einer Anreicherung von Abgasen im Straßenraum kommt (vgl. Kuttler 2013: 266). Im Allgemeinen mindert eine zu dichte Anordnung von Bäumen ihre Funktion als Kaltluftproduzenten. Auch bei der Begrünung von Innenhöfen muss beachtet werden, dass diese keine Fernwirkung erzielen. Auf Plätzen und Parks wird empfohlen, eine gezielte Mischung aus Grün- und Freiflächen sowie natürlichen Verschattungselementen zu verwenden, die durch eine gezielte Vernetzung unterstützt werden (vgl. Henninger / Weber 2020: 174ff).

Auf Plätzen geht es insbesondere um eine sinnvolle Anordnung schattenspendender Bäume um die umliegenden Fassaden und die Bodenoberfläche ausreichend zu verschatten und somit neben dem direkten Schutz vor UV-Strahlung auch das Mikroklima zu verbessern (vgl. Dickhaut et al. 2017: 88). Auf Plätzen ist in vielen Fällen eine Ergänzung der natürlichen Vegetation durch bauliche Maßnahmen sinnvoll (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 118). Auf Maßnahmen, die natürliche Schattenmaßnahmen mit gebauten Schattenmaßnahmen verbinden, wird in Kapitel 5.3 eingegangen.



Abbildung 12 Baumallee Perthesweg, Hamm Hamburg Deutschland

Bäume und Pflanzen haben als Verschattungselemente neben dem Schutz vor UV-Strahlung noch eine Vielzahl weiterer positiver Aspekte auf den Menschen und seinen Lebensraum (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2019: 148). Dazu zählen zum Beispiel der Schutz vor Umwelteinflüssen wie Regen und Wind (vgl. Dickhaut et al. 2019: 11, Cancer Council Victoria 2015: 16). Gleichzeitig bieten sie Lebensräume für einheimische Tier- und Pflanzenarten und fördern somit die Biodiversität in städtischen Räumen (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 16, Dickhaut et al. 2019: 11). Im Vergleich zu gebauten Elementen haben Bäume zudem eine hohe Akzeptanz in der Gesellschaft, da sie die Aufenthaltsqualität und die ästhetische Wirkung eines Standortes fördern. Lenzholzer (2015: 138) konnte nachweisen, dass Menschen in Nord-West-Europa sich insbesondere mehr Bäume an Straßen und Plätzen wünschen. Dabei sollten sie sich jedoch in die bestehende Vegetation und Bebauung einfügen (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2019: 148, Petschek 2011: 10, Cancer Council Victoria 2015: 16). Die Verbesserung der Lebensbedingungen für Tiere kann aber auch zu einer Minderung der Aufenthaltsqualität führen, indem Insekten angezogen werden (vgl. Lenzholzer 2015: 130, Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 141).

Mithilfe von Bäumen können Standorte gegliedert und unterschiedliche Räume ausgebildet werden (vgl. Reicher 2016: 109). Zum Beispiel können freistehende Bäume als Orientierungs- oder Treffpunkt fungieren (vgl. Lenzholzer 2015: 138). Neben der funktionalen und gliedernden Aufgabe muss bei der Wahl natürlicher Schattenelemente aber auch die Gestaltung und Pflege für einen Standort berücksichtigt werden. Ein langfristiger gesundheitlicher Nutzen von Bäumen kann nur mithilfe angepasster Pflegemaßnahmen erzielt werden. In vielen Fällen haben einheimische Baumarten einen geringeren Pflegeaufwand als nicht einheimische Arten (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 54, Greenwood et al 1998: 40f). Die Kosten für den Einsatz von Bepflanzungen sind nach Lenzholzer (2015: 130, 143) in der Regel gering bis mittel. Dies hängt jedoch stark von der Baumart, den Standortbedingungen und dem Konstruktionsaufwand ab (vgl. ebd.: 134).

> "Trees offer an ideal combination by casting shadow and evapotranspiration."
>
> - Lenzholzer 2015: 107 -

Einer der wichtigsten Effekte von Bäumen und Pflanzen ist die positive lokalklimatische Wirkung, die zum einen aus ihrem Verschattungseffekt und zum anderen aus ihrer Verdunstungsleistung resultieren. Natürliche Verschattung verhindert beziehungsweise vermindert das Erwärmen der verschatteten Bodenoberflächen und Fassaden, sodass weniger sensible Energie abgegeben wird und dem UHI-Effekt entgegengewirkt wird. Die erhöhte Luftfeuchtigkeit führt zu dem Effekt: Kühlung durch Verdunstung (vgl. Petschek 2011: 10, Lenzholzer 2015: 138, Dickhaut et al. 2017: 30).

In den Sommermonaten können sinnvoll ausgewählte Bäume die Lufttemperatur bis zu 30 Prozent reduzieren (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 16). Diese Temperaturunterschiede sind insbesondere unter Bäumen in Parkanlagen zu spüren (vgl. Petschek 2011: 10). Diesen Effekt simulieren auch Trusilova / Riecke (2015: 32f), der eine Temperaturminderung von 0,2°C an einem Standort in Hamburg zur Folge hätte (s. Kapitel 2.4). Demnach spielt bei der Wahl der Bäume neben der Verschattung und dem Transmissionsgrad auch die Evapotranspirationsleistung eine Rolle (vgl. Laue 2019: 43f).

Darüber hinaus agieren Bäume als Kohlenstoffsenken und verbessern die Luftqualität, indem sie Luftschadstoffe filtern und CO2 speichern (vgl. Henninger / Weber 2020: 209, Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 38). Durch eine gezielte Verschattung von Gebäuden besteht die Möglichkeit, dass die Kosten für den Einsatz von natürlichem und gebautem Schatten durch reduzierte Energiekosten wieder ausgeglichen werden (vgl. Lenzholzer 2015: 130, Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 39). Zudem kann durch eine Verschattung heller Fassaden, die Reflexion von UV-Strahlung verringert werden. Im Vergleich zu gebauten Verschattungselementen benötigt der Einsatz von Bäumen und Pflanzen nur wenige nicht-erneuerbare Ressourcen, einen geringen Energiegehalt und niedrigen Entsorgungsaufwand (vgl. Greenwood et al. 1998: 38).

Natürliche Beschattungselemente können aber auch Herausforderungen mit sich bringen. Dabei spielen insbesondere die Standortbedingungen in der Stadt eine Rolle. Stark verdichtete Räume und bestimmte Funktionen und Nutzungen können den Einsatz von Bäumen und Pflanzen erschweren (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 125, Lenzholzer 2015: 138). Auf Parkplätzen können zum Beispiel parkende Autos durch bestimmte Baumarten beschädigt werden (vgl. Lenzholzer 2015: 145). Die Installation und Pflege kann aufgrund der Stressfaktoren in der Stadt im Vergleich zu anderen Standorten sehr aufwendig sein (vgl. ebd.: 142f).

Zudem kann der Schattenwurf durch den Einsatz zusätzlicher Vegetation die bestehenden Grünstrukturen wie in Abbildung 13 in ihrem Wachstum und Lebensraum beeinträchtigen (vgl. Greenwood et al. 1998: 38). Dies hängt stark von der Schattenverträglichkeit dieser Grünstrukturen ab und führt zu Selektionsprozessen der Bodenvegetation. Insbesondere die UV-B-Strahlung führt indes nicht nur zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen des menschlichen Organismus, sondern kann auch zu Schädigungen der Pflanzen führen (vgl. Frey / Lösch 2010: 178, 181).

Ein weiteres Gefahrenpotenzial bietet der hohe Anteil diffuser UV-Strahlung unterhalb natürlicher Verschattungsmaßnahmen. Kimlin et al. (2000) konnten feststellen, dass rund 60 Prozent der eythemwirksamen UV-Strahlung in einem Baumschatten, durch diffuse Strahlung ausgelöst wurde. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass natürliche Verschattungsmaßnahmen zu Beginn noch nicht den gewünschten Effekt haben, da diese erst mehrere Jahre benötigen, um einen umfassenden Schattenwurf ausbilden zu können (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 141). Um dennoch einen ausreichenden UV-Schutz zu erzeugen, kann natürlicher Schatten auch in Verbindung mit gebauten Elementen wie Zäunen und Pergolen eingesetzt werden (vgl. ebd.: 125). Auf diese Formen wird im folgenden Kapitel näher eingegangen.



Abbildung 13 Vegetation unterhalb eines dichten Kronendachs, Hammer Park Hamburg Deutschland

5.3 Gebauter Schatten

Neben den natürlichen Verschattungsmaßnahmen, die in Kapitel 5.2 vorgestellt wurden, gibt es auch gebaute Verschattungsmaßnahmen. Einmal errichtet weisen diese im Vergleich zu der natürlichen Verschattung konstante Eigenschaften auf, die den Schattenwurf besser planbar machen (vgl. Henninger / Weber 2020: 215, Cancer Council Victoria 2015: 11). Darüber hinaus können sie je nach Typologie schnell erbaut werden und spenden direkt nach der Errichtung den geplanten Schatten. Wie das Beispiel des Edgar Plazas in New York zeigt, können sie um weitere Nutzungen und Funktionen wie Solarpanele oder Sitzmöglichkeiten ergänzt werden (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 11, s. Abbildung 23, 35). Künstliche Verschattungsmaßnahmen bieten sich insbesondere dann an, wenn die Standortbedingungen eine wirksame natürliche Verschattung nicht zulassen. Beispielsweise können Wartehäuschen an Bushaltestellen bei einem fehlenden Platzangebot als Alternative zu großkronigen Bäumen gewählt werden (vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2016: 74).

Bei der Konstruktion sollten der Sonnenhöhenwinkel und eine angemessene Größe der Schattenstruktur berücksichtigt werden (vgl. Laue 2019: 130, Cancer Council Victoria 2015: 10). Größere Verschattungskonstruktionen weisen neben einem höheren Schutz vor direkter UV-Strahlung zudem einen höheren Schutz vor diffuser UV-Strahlung auf (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 10). Dabei wird angegeben, dass Verschattungsmaßnahmen über-Kopf mindesten 1 Meter über den eigentlichen Nutzungsbereich hinaus gehen sollten. In diesem Fall kann der Einsatz anpassbarer Systeme sinnvoll sein, auf die im weiteren Verlauf noch eingegangen wird (vgl. Greenwood et al. 1998: 26). Um einen ausreichenden Schutz vor diffuser UV-Strahlung zu gewährleisten, müssen die umliegenden Gebäude und Oberflächen mit in die Planung einbezogen werden und vertikale Verschattungsmaßnahmen als ergänzender UV-Schutz in Erwägung gezogen werden. Dies können zum Beispiel Hecken, Gitter oder lichtundurchlässige Lamellen sein (vgl. Greenwood et al. 1998: 26, Cancer Council Victoria 2015: 10). Bei der Anordnung gilt wie bei den natürlichen Maßnahmen, dass eine dichte Anordnung beziehungsweise Gruppierung den UV-Schutz erhöht

(vgl. Cancer Council Victoria 2015: 10). Der Platz Centro Abierto de Actividades Ciudadanas (s. Abbildung 14) wurde beispielsweise mit unterschiedlich hohen und breiten Sonnenschirmen ausgestattet, welche die Besuchenden vor übermäßiger Sonneneinstrahlung schützen sollen. Dieser wird auch als Schattenwald bezeichnet (vgl. Gaß / Petschek 2011: 202).

Gebaute Verschattungsmaßnahmen können einzelne Konstruktionen sein oder in Gebäuden und bestehenden Strukturen integriert sein (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 11). Verschattungsmaßnahmen begrifflich eindeutig zu definieren, die verschiedenen Typologien zu erfassen und zuzuordnen ist jedoch kaum möglich (vgl. Burbulla 2011: 46). Dies wird im Weiteren unter anderem durch die Namen der Schattenkonstruktionen deutlich.

In der Literatur wird in der Regel nach permanenten, temporären beziehungsweise demontierbaren, anpassbaren, vorgefertigten und tragbaren Verschattungsmaßnahmen sowie Spannmembranstrukturen unterschieden (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 11ff, Greenwood et al. 1998: 42, Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 57f, ARPANSA o. J.). Diese werden im Folgenden, um die Verschattung ergänzt, die durch den Schattenwurf von Gebäuden selbst erzeugt wird. Auf tragbare Beschattungsstrukturen wird im Weiteren nicht näher eingegangen, da es sich bei diesen, um Maßnahmen des persönlichen UV-Schutzes wie tragbare Sonnen- und Strandschirme (vgl. ARPANSA o. J.) handelt, die nicht im Rahmen der Stadtplanung umfasst werden. Auf Grundlage der Literatur und anhand von Beispielen werden verschiedene gebaute Verschattungsmaßnahmen vorgestellt. Die folgende Einordnung der Typologien erfolgt nach eigenem Ermessen und ist nicht als abschließend zu verstehen.



Abbildung 14 Centro Abierto de Actividades Ciudadanas in Cordoba, Spanien



Abbildung 15 Teardrop Park, New York City USA

Verschattung durch Gebäude

Eine Möglichkeit öffentliche Freiräume zu verschatten ist das Nutzen von Gebäudeschatten durch die gezielte Positionierung und Anordnung von Gebäuden (vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2016: 35). In Abbildung 15 ist der Teardrop Park in New York dargestellt. Dieser wurde im Zentrum von hohen Gebäudeblöcken gebaut und wird dadurch zu einem großen Teil durch die umliegende Bebauung verschattet. Bei der Verschattung durch Gebäude spielen neben der Anordnung und Ausrichtung insbesondere die Größe, Höhe und das Oberflächenmaterial der Gebäude eine Rolle (vgl. Leitlinienprogramm Onkologie 2019: 145). Ein hohes H/W-Verhältnis, also eine enge Straße im Verhältnis zu der Höhe ihrer umliegenden Gebäude und ein geringer SVF führen zu einer Verminderung des direkten UV-Strahlungseintrags auf die vertikalen und horizontalen Oberflächen und führen zu einer umfassenden Verschattung (vgl. Laue 2019: 84,132). Wie bereits in Kapitel 2.4 erläutert wurde, führt dies jedoch auch zu einer verminderten langwelligen Ausstrahlung, die eine nächtliche Abkühlung eines Standortes verhindert (vgl. Henninger / Weber 2020: 101). Auf Grundlage der Gebäudeklassen der Hamburgischen Bauordnung (HBauO) (Gebäude der Gebäudeklasse 1 bis 3 mit einer Höhe von bis zu 7 Metern, der Gebäudeklasse 4 mit einer Höhe bis 13 Meter und Hochhäusern mit einer Höhe von mindestens 22 Metern) wird in Abbildung 16 die Veränderung der Schattenlänge mit zunehmender Gebäudehöhe dargestellt.

Beauchet et al. (2012: 301) konnten im Rahmen einer Studie in Paris jedoch feststellen, dass sich Gebäudeschatten insbesondere auf großen Plätzen wie am Arc de Triomphe, der in Abbildung 17 dargestellt ist, als wenig effizient erwiesen haben. Es wird angenommen, dass sie einem großen Einfluss diffuser UV-Strahlung der Umgebung unterliegen.

Weitere Möglichkeiten stellen die Verschattung durch Gebäudeüberstände wie in Abbildung 18 oder in Form einer Veranda dar. Gies / Mackay (2004: 337) konnten nachweisen, dass für Verschattung genutzte Veranden ebenfalls einer hohen diffusen UV-Strahlung ausgesetzt sind, wenn diese gegenüber einer großen Freifläche ausgerichtet waren und sie nicht breit genug sowie

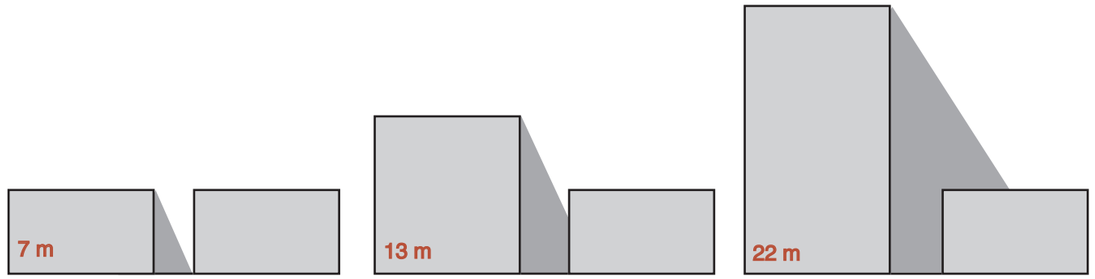


Abbildung 16 Schattenlänge in Abhängigkeit der Gebäudehöhe

deren Dachkante zu hoch waren. Auch nach Aynsley / Moise (1999) kann das Dach einer Veranda nur einen geringen UV-Schutz bieten. Sie sollten im Sommer zusätzlich durch weitere Sonnenschutzmaßnahmen ergänzt werden.

Andere Strukturen und Gebäude in der Nähe einer Verschattungsmaßnahme könnten den Eintrag diffuser UV-Strahlung reduzieren und den UV-Schutz erhöhen (vgl. Gies / Mackay 2004: 336). Grundsätzlich muss bei der Planung neben der Verschattung auch der Einfluss auf die Windverhältnisse berücksichtigt werden (vgl. Lenzholzer 2015: 176). Die Vorteile einer Verschattung durch Gebäude liegt darin, dass die Verschattung mit dem Bau des Gebäudes automatisch erfolgt und keine zusätzlichen Instandhaltungsmaßnahmen ergriffen werden müssen. Eine jahreszeitliche Anpassung ist bei dieser Art der Verschattung jedoch nicht möglich, sodass die Gefahr besteht, dass im Winter eine Verschattung durch Gebäude zu dunkel und zugig ist (vgl. ebd.: 116).

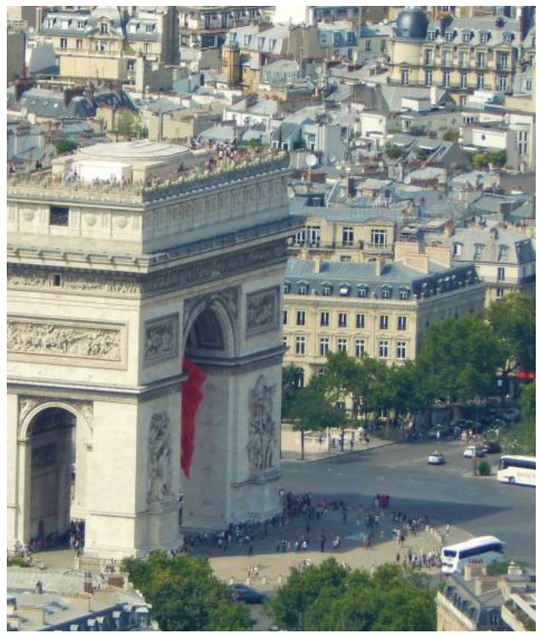


Abbildung 17 Arc de Triomphe, Paris Frankreich

Arkaden und Kolonnaden

Neben dem direkten Gebäudeschatten bieten auch Arkaden und Kolonnaden, die in ihrer historischen Form in Gebäude integriert sind, eine Möglichkeit an Straßen und Plätzen verschattete Räume zu schaffen. Architektonisch versteht man unter einer Arkade eine Reihe aus Bogen, die auf Pfeilern oder Ständern angebracht sind. Eine Kolonnade hingegen ist ein Säulengang, der nicht durch Bogen gesäumt wird, sondern waagerecht verläuft (vgl. Koch 1988: 393, 427, s. Abbildung 19, 20).

Wie die Portici di Via Farini in Bologna (s. Abbildung 21) stehen Arkaden und Kolonnaden häufig in einem funktionalen Zusammenhang mit Einkaufsmöglichkeiten oder einem gastronomischen Angebot (vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2016: 74).

Sie sind vor allem aus dem Stadtbild heißer Länder bekannt (vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2016: 74). Im frühen 19. Jahrhundert entwickelten sich die Arkaden zunehmend hin zu Einkaufs-



Abbildung 18 Verschattung durch Gebäudeüberstand, HafenCity Hamburg Deutschland

passagen, die zusätzlich durch ein Dach, in der Regel aus Glas, geschützt wurden (vgl. MacKeith 1983: 2). Ein Beispiel ist zum Beispiel die Galleria Vittorio Emanuele II in Mailand (s. Abbildung 22). Glas hat jedoch einen hohen Transmissionsgrad und bietet in Abhängigkeit der Art und Dicke des Glases nur einen bedingten UV-Schutz (s. Kapitel 2.4).

Sind Arkaden und Kolonnaden sinnvoll an den Sonnenhöhenwinkel angepasst und ausgerichtet, gewährleisten sie im Sommer einen wirksamen Schutz vor UV-Strahlung und ermöglichen im Winter einen ausreichenden Tageslichteinfall (vgl. Lenzholzer 2015: 117). Sie können mehrere Funktionen erfüllen, indem sie neben dem Schutz vor UV-Strahlung auch einen wirksamen Schutz vor anderen Wettereinflüssen bieten und gleichzeitig die in den Gebäuden angeordneten Räume vor einer Erhitzung schützen (vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2016: 74, Lenzholzer 2015: 117).

Der Vorteil gegenüber anderen gebauten Verschattungsmaßnahmen besteht darin, dass sie aufgrund der Integration in ein Gebäude, resistent gegenüber äußeren Umweltbedingungen sind. Die Planung dieser Verschattungsmaßnahme sollte bereits im Rahmen der Gebäudeplanung erfolgen, da eine nachträgliche Umsetzung kostenintensiv und baulich schwer umsetzbar ist (vgl. Lenzholzer 2015: 117)



Abbildung 19 Arkadenhof in der Universität Wien, Österreich



Abbildung 20 Kolonnade des Kreissparkassengebäudes Ulm, Deutschland



Abbildung 21 Portici di Via Farini, Bologna Italien



Abbildung 22 Galleria Vittorio Emanuele II, Mailand Italien

Permanente Strukturen

Permanente Verschattungsmaßnahmen zeichnen sich durch eine Lebensdauer von mindesten 10 Jahren aus (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 38). Zu diesen zählen zum Beispiel Pergolen, Pavillons oder auch begrünte Seilkonstruktionen. Wie aus den begrünten Seilkonstruktionen bereits hervorgeht, ist eine wirksame Verschattungsstrategie die Verbindung natürlicher Schattenelemente mit permanenten gebauten Schattenstrukturen. In diesem Zusammenhang gibt es drei Möglichkeiten die beiden Elemente miteinander zu kombinieren. Erstens können die beiden Strategien wie bei der Planung für den Edgar Plaza in New York (s. Abbildung 23) gemeinsam als Einzelmaßnahmen verwendet werden, um in der Kombination einen höheren UV-Schutz zu gewährleisten, als es alleinstehend der Fall wäre.

Die zweite Möglichkeit ist, die gebauten Schattenkonstruktionen, um natürliche Maßnahmen wie zum Beispiel begrünte Pergolen oder Gitter- und Seilkonstruktionen zu ergänzen, wie in den Abbildungen 25, 29 und 40. Die letzte Variante ist die Verwendung gebauter Verschattungsmaßnahmen bis zu dem Zeitpunkt an dem die natürlichen Verschattungselemente einen ausreichenden Schattenwurf erzeugen. Dabei kommen in erster Linie die permanenten Konstruktionen zum Tragen, da den Bäumen eine Wachstumszeit von ungefähr 10 Jahren bereitgestellt werden sollte (vgl. Greenwood et al. 1998: 53). Die Kombination beider Maßnahmen ermöglicht es, die Vorteile der natürlichen Verschattung um die Vorteile der gebauten Verschattung zu ergänzen. Zum Beispiel wird der thermische Komfort künstlicher Verschattungsmaßnahmen, durch den Einsatz von Grünstrukturen verbessert (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 17, vgl. Greenwood et al. 1998: 53). In Utrecht wurden bereits eine Vielzahl an Buswartehäuschen um eine Dachbegrünung ergänzt (s. Abbildung 24).

In der Planung von permanenten Strukturen ist zu berücksichtigen, dass die einzelnen Bauelemente wetterresistent sein sollten, um ihre Lebensdauer langfristig zu erhalten. Außerdem sollten alle Konstruktionselemente entweder eine vergleichbare Nutzungsdauer ha



Abbildung 23 Kombination natürlicher und gebauter Verschattungsmaßnahmen am Edgar Plaza, New York City USA



Abbildung 24 Buswartehäuschen mit Dachbegrünung, Utrecht Niederlande

ben oder einfach austauschbar sein, um zusätzliche Modernisierungsarbeiten gering zu halten. Die Vorteile einer langen Nutzungsdauer beispielsweise eines Sonnensegels können nicht umfassend genutzt werden, wenn die dazugehörige Untergrundkonstruktion bereits nach kurzer Zeit ausgewechselt werden muss (vgl. Greenwood et al. 1998: 42, Fierz 2011: 50, Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 57, Cancer Council Victoria 2015: 11).

Pergolen und begrünte Laubengänge

Die Pergola wurde aus der Typologie der Arkade entwickelt und zeichnet sich durch eine offene waagerechte Dachkonstruktion aus, die mindestens zu einer Seite geöffnet ist (vgl. Burbulla 2011: 47, Liesecke 2011: 22). Sie kann entweder eigenständig und frei im Raum stehen wie im Innenhof des CSS Neubaus der Tribschenstadt in Luzern (s. Abbildung 25) oder in einem Bauwerk mit integriert sein, wie im Beispiel des La Lira Theaters in Ripoll (s. Abbildung 26, vgl. Lenzholzer 2015: 121).

In Hinblick auf den Komfort sowie den Sicht- und Wetterschutz sollten Pergolen aber mindestens an einer Seite geschlossen sein. Da sie häufig durch Grünstrukturen in Form von Kletter- und Schlingpflanzen wie im Beispiel aus Luzern (s. Abbildung 27) ergänzt werden, besteht ihre Konstruktion häufig aus dünnen Balken oder Drähten, die aufgelockert angeordnet sind. In diesem Fall ist zu berücksichtigen, dass die Konstruktion für das Gewicht der Pflanzen ausgelegt ist (vgl. Liesecke 2011: 22f, Lenzholzer 2015: 121). Im Falle der Pergola des La Lira Theaters wurde auf eine Begrünung verzichtet. In diesen Fällen ist die Dachkonstruktion in der Regel engmaschiger, wie das Beispiel des Plaça Sanllehy in Barcelona (s. Abbildung 28) zeigt. Für eine wirksame Verschattung wird jedoch eine begrünte Pergola empfohlen (vgl. Liesecke 2011: 22).



Abbildung 25 Freistehende und begrünte Pergola im Innenhof des CSS Neubaus der Tribschenstadt in Luzern, Schweiz



Abbildung 26 La Lira Theater, Ripoll Spanien

Eine häufig der Pergola zugeordnete Typologie stellt der begrünte Laubengang dar, wie er im Schlosspark in Wien (s. Abbildung 30) oder in den Southbank Parklands in Brisbane (s. Abbildung 29) zu finden sind. Diese haben sich aus der Typologie der Laube entwickelt, die in der Gartenarchitektur zum Schutz vor Sonne und Regen eingesetzt wurden und in der Regel aus Holz oder Gusseisen bestanden (vgl. Archipendium 2020).

Als Durchgang angelegt und bei einem umfangreichen, dichten Pflanzenbewuchs bietet diese Schattenstruktur zu allen Seiten Schutz vor UV-Strahlung. Wie bei der reinen natürlichen Verschattung kann mithilfe von Pergolen und Laubengängen die UV-Strahlung in Abhängigkeit der Dichte der Bepflanzung reduziert werden. Auch in diesem Fall ermöglichen Laubpflanzen einen UV-Schutz im Sommer und Tageslichteinfall im Winter (vgl. Lenzholzer 2015: 121). Sind Pergolen und Laubengänge mit Zierpflanzen begrünt, haben sie zudem eine ästhetische Wirkung (vgl. Liesecke 2011: 22). Neben den Wettereinflüssen und der Instandhaltung für die bauliche Konstruktion der Pergola und des Laubengangs müssen der personelle und finanzielle Aufwand für Pflege und Schnitt der Grünstrukturen berücksichtigt werden (vgl. Liesecke 2011: 23, Lenzholzer 2015: 121).



Abbildung 27 Konstruktion der Pergola im Innenhof des CSS Neubaus der Tribschenstadt in Luzern, Schweiz



Abbildung 28 Pergola ohne Begrünung am Plaça Sanllehy in Barcelona, Spanien



Abbildung 29 Begrünter Laubengang in den Southbank Parklands, Brisbane Australien



Abbildung 30 Begrünter Laubengang im Schlosspark von Schloss Schönbrunn in Wien, Österreich

Schattendächer

Im Vergleich zu Pergolen werden unter Schattendächer Konstruktionen zusammengefasst, die ein geschlossenes Dach haben (vgl. Lenzholzer 2015: 119). Sie können einseitig geschlossen oder auf wenigen Säulen aufgestellt sein, wie die Beispiele der Schattendächer aus Handenberg (s. Abbildung 31) und dem Serpentine Gallery Pavillon in London aus dem Jahr 2009 (s. Abbildung 32) zeigen.

Der Schattenwurf des einseitig geschlossenen Schattendachs ist dem Gebäudeüberstand ähnlich. Der Serpentine Gallery Pavillon lässt sich in seiner Ausführung den Schattendächern zuordnen. Die Besonderheit des Serpentine Gallery Pavillon liegt in seinem hohen Reflexionsvermögen, aufgrund des beidseitig aus Aluminium konstruierten Dachs (vgl. Hobson 2016). Dies lässt Rückschlüsse auf eine hohe Rückstrahlung diffuser UV-Strahlung unterhalb der Dachkonstruktion schließen. Gibt es keinen zusätzlichen vertikalen UV-Schutz kann je nach Größe der Konstruktion an den Seiten UV-Strahlung einfallen. Die Installation ist nicht variabel, sodass eine Anpassung an den Sonneneinfall nicht möglich ist. Dies kann an einigen Tages- und Jahreszeiten zu einer starken Verschattung führen. Hingegen ermöglicht die feste, geschlossene Dachkonstruktion Raum für zusätzliche Nutzungen durch Solarenergieanlagen und bietet einen Schutz vor Regen im Vergleich zu offen gestalteten Schattenkonstruktionen (vgl. Lenzholzer 2015: 119, 137). Freistehende lineare Schattendächer (s. Abbildung 33, 34) ermöglichen die Verschattung ganzer Wegeverbindungen.



Abbildung 31 einseitig geschlossenes Schattendach in Handenberg, Deutschland



Abbildung 32 Serpentine Gallery Pavillon, London England



Abbildung 33 Gewelltes Schattendach im Parc de la Villette, Paris Frankreich



Abbildung 34 Schattendach in Form eines Säulengangs, der Jacaranda Square in Sydney, Australien



Abbildung 35 Pavillon auf einem Parkplatz, Deutschland

Pavillons

Schattendächer und Pavillons können insbesondere dann zum Einsatz kommen, wenn eine Verschattung durch Pflanzen nicht erwünscht oder umsetzbar ist (vgl. Lenzholzer 2015: 135). Die Definition eines Pavillons ist nicht ganz eindeutig, da nach Burbulla (2011: 46f) in der historischen Literatur eine Vielzahl unterschiedlicher Kleinbauten dem Begriff Pavillon zugeordnet werden. In der Regel handelt es sich um einen freistehenden Bau, der entweder ganz geschlossen, teilweise offen oder ganz offen ist. Ihre Grundrisse und Formen können vielfältige Ausprägungen, von einfachen (s. Abbildung 35) bis sehr komplexe Konstruktionen (s. Abbildung 36, 37) haben (vgl. Koch 1988: 393, Burbulla 2011: 46f, Lenzholzer 2015: 135). Abbildung 35 zeigt, eine einfache Pavillonkonstruktion auf einem Parkplatz, die durch Sitzmöglichkeiten und Tische ergänzt wurde und somit die Möglichkeit eines geschützten Aufenthaltes ermöglicht. Im Vergleich zu den Kolonnaden und Arkaden, den begrünten Laubengängen sowie den linearen Schattendächern sind sie in erster Linie für eine punktuelle Verschattung geeignet.

Wie auch die Pergolen können Pavillons durch natürlichen Schatten ergänzt werden und somit die Vorteile der natürlichen Verschattung mit denen der gebauten Verschattung miteinander verbinden (vgl. Lenzholzer 2015: 136). In Abbildung 38 ist der Living Pavilion v1 auf Govenors Island zu sehen, der 2010 den internationalen Design-Build-Wettbewerb gewonnen hat. Die Konstruktion wurde unter anderem aus recycelten Milchkisten hergestellt, sodass der Pavillon neben dem Schutz vor UV-Strahlung, einen Beitrag zu der Nachhaltigkeit leistet (vgl. Behin Ha 2019).

Vertikale Abgrenzungselemente

Neben über-Kopf Maßnahmen können Verschattungsmaßnahmen auch vertikal angeordnet sein. Zu diesen zählen zum Beispiel begrünte Zäune, Seilen oder Hecken (vgl. Lenzholzer 2015: 129). Zum Beispiel wird in Abbildung 39 der Zaun eines Sportplatzes durch Kletterpflanzen ergänzt.



Abbildung 36 Pavillon am Pier von Townsville, Australien



Abbildung 37 Pavillon [C]Space in London, England



Abbildung 38 Begrünter Pavillon auf Govenors Island, New York City USA



Abbildung 39 Vertikale Verschattung in Form eines begrünten Zaunes am Sportplatz am Quellenweg, Hamburg Deutschland

Für den permanenten Einsatz von Kletterpflanzen stellen Seile eine geeignete Grundkonstruktion dar (vgl. Fierz 2011: 50). Das Beispiel des MFO Parks in Zürich (s. Abbildung 40) und die Seilkonstruktion des Green Screen House (s. Abbildung 41) zeigen, dass mithilfe von Seilen sowohl vertikale als auch über-Kopf Maßnahmen umgesetzt werden können.

Im Vergleich zu Hecken und Stauden ist das Umsetzen von Grünstrukturen an einer Konstruktion mit einem höheren Pflanzaufwand verbunden (vgl. Lenzholzer 2015: 129). Es muss berücksichtigt werden, dass die Kletterpflanzen besonders am Anfang ein hohes Maß an Pflege durch Rückschnittarbeiten und das Zurückbinden der Kletterpflanzen benötigen. Diese nehmen im zeitlichen Verlauf jedoch ab (vgl. Fierz 2011: 50). Auch in diesem Fall ist zu berücksichtigen, dass die Grünstrukturen im Winter nicht zu viel Schatten werfen. Vertikale Verschattungsmaßnahmen können aber auch in rein gebauter Form umgesetzt werden, wie das Beispiel des Yokohama International Port Terminal (s. Abbildung 42) zeigt.

Bei rein baulichen Formen als auch der begrünten Form ist der Schattenwurf jedoch kleiner, als bei horizontal angeordneten Schattenstrukturen (vgl. Lenzholzer 2015: 129).

Temporäre Systeme und demontierbare Systeme

Temporäre Verschattungsmaßnahmen zeichnen sich dadurch aus, dass sie nach Bedarf eingesetzt werden können und somit einfach und schnell auf- und abzubauen sind (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 12). Gegenüber permanenten Systemen können sie eine sinnvolle und kostengünstigere Alternative sein, wenn an unterschiedlichen Standorten nur ein gelegentlicher Bedarf nach Schatten besteht oder permanente Schattenstrukturen für die Nutzungsbedingungen eines Standortes nicht sinnvoll sind (vgl. Greenwood et al. 1998: 43). Im Vergleich zu den permanenten Systemen muss ihre Konstruktion robust gegenüber dem Transport und den mehrfachen Auf- und Abbauprozessen sein (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 12, Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 57). Die Vorteile dieser Verschattungsmaßnahmen bestehen darin, dass sie an die



Abbildung 40 MFO Park Zürich, Schweiz



Abbildung 41 Green Screen House, Saitama Japan



Abbildung 42 Vertikale Verschattung am Yokohama International Port Terminal, Japan

Nutzungen, die Anzahl der Personen und den daraus resultierenden individuellen Bedarf an Schatten angepasst werden können. Dies wird in vielen Fällen durch die Wahl einer Modulbauweise möglich, bei der weitere Elemente hinzugefügt oder weggenommen werden können. Zudem sind die Strukturen so konzipiert, dass sie auf verschiedenen Bodenoberflächen wie zum Beispiel Sand, Gras oder Beton montiert werden können (vgl. Greenwood et al. 1998: 43). Zu den temporären Verschattungsmaßnahmen zählen unter anderem Zelte und leichte Spannungsmembranstrukturen (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 12, Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 57).

Zelte und leichte Spannmembranstrukturen stammen ursprünglich aus Ländern und Städten der besonders von Hitze betroffenen Klimazonen (vgl. Gaß 2011: 58). Je nach der Höhe und der Geschlossenheit der Konstruktion kann die kurzwellige UV-Strahlung sehr gut bis wenig blockiert werden (vgl. Lenzholzer 2015: 140). Zelte können viele verschiedene Formen haben. Die Abbildungen 43, 44 und 45 zeigen eine Auswahl an Zeltformen. Diese zeigen, dass sie in Abhängigkeit ihrer Funktion offen oder geschlossen gestaltet sein können und verschiedene Hoch- und Tiefpunkte haben (vgl. Gaß 2011: 58). Ein seitlich offen gestaltetes Zelt, wie das Pagodenzelt in Abbildung 44 ist ohne weiteren vertikalen Schutz insbesondere durch den Einfall indirekter UV-Strahlung gefährdet, wohingegen ein fast geschlossenes Kuppelzelt wie in Abbildung 45 einen guten Schutz vor UV-Strahlung haben kann.

In vielen Fällen werden leichte Sonnensegel (s. Abbildung 46) an Gebäuden befestigt und über Straßen und Gehwege gespannt (vgl. Gaß 2011: 58, Lenzholzer 2015: 140). Im Fall von Nikosia ist die Anordnung der Segel offen gestaltet, sodass diese für UV-Strahlung durchlässig ist. Die Stadtinitiative der Stadt Heilbronn nutzt den Einsatz temporärer Sonnensegel (s. Abbildung 47), um für Veranstaltungen sonnengeschützte öffentliche Plätze zu schaffen (vgl. Solona 2016). Die Wirksamkeit des UV-Schutzes dieser Konstruktionen hängt aber auch von den verwendeten Materialien ab, auf die im weiteren Verlauf noch eingegangen wird.



Abbildung 43 Sternzelt, Jena Deutschland



Abbildung 44 seitlich offenes Pagodenzelt



Abbildung 45 Kuppelförmiges Zelt



Abbildung 46 Leichte Sonnensegel in einer Einkaufspassage, Nikosia Zypern



Abbildung 47 Temporäre leichte Sonnensegel auf dem Kiliansplatz in Heilbronn, Deutschland



Abbildung 48 lineares Verschattungselement an der Universität Middlesex, London England

Spannmembranstrukturen und Sonnensegel

Buller et al. (2017: 1817) konnten im Rahmen einer Studie nachweisen, dass Standorte, die mit Sonnensegeln ausgestattet waren, im Vergleich zu unverschatteten Bereichen, bevorzugt genutzt wurden. Sonnensegel und Spannmembranstrukturen können sowohl als permanente als auch als temporäre Schattenstruktur umgesetzt werden (vgl. Greenwood et al. 1998: 51). Die textilen Architekturen können eine Vielzahl unterschiedlicher Formen und Funktionen haben, die sich aus den Möglichkeiten der unterschiedlichen Krümmungen ergeben (vgl. Maurin / Motro 2013: 26). Wie die Abbildungen 49 und 50 zeigen, können sie für eine punktuelle oder für eine lineare Verschattung verwendet werden, wie das Beispiel der Universität von Middlesex (s. Abbildung 48) zeigt.

Spannmembranstrukturen sind vor allem für große Flächen wie Spiel- und Sportplätze, die frei von Stützkonstruktionen gehalten werden müssen, eine geeignete kostengünstige Variante. Die Randseile der Spannmembranstrukturen können große Spannungen erzeugen. Sie an bestehenden Gebäuden zu integrieren, kann bei großen Spannungen in Abhängigkeit der Gebäudekonstruktion schwierig sein (vgl. Greenwood et al. 1998: 51).

Der Gestaltungsprozess dieser Verschattungsstrukturen ist in allen Phasen sehr komplex (vgl. Maurin / Motro 2013: 38). Bei der Konstruktion der Spannmembranstrukturen müssen die Krümmung und Ausrichtung berücksichtigt werden, um einen wirksamen Schutz vor direkter und insbesondere vor indirekter UV-Strahlung zu erzielen (vgl. Greenwood et al. 1998: 51). Dabei ist eine frühzeitige Zusammenarbeit zwischen Architekt:innen und Ingenieur:innen notwendig, da bei der Konstruktion auch weitere Aspekte wie Wind und Schnee berücksichtigt werden müssen, ohne dass dabei die ästhetische Wirkung verloren geht (vgl. Maurin / Motro 2013: 26f, 31). Sonnensegel sollten so angeordnet sein, dass sie sich teilweise überlappen und im tages- und jahreszeitlichen Verlauf zu der Zeit, an der die UV-Strahlung am höchsten ist, den besten Schutz liefern (vgl. Motro 2013: 192).



Abbildung 49 verschatteter Parkplatz in Bochum, Deutschland



Abbildung 50 Verschattungselement in der International School Stuttgart, Deutschland

Für kleinere Einsatzbereiche können auch vorgefertigte Spannmembranstrukturen verwendet werden, wenn diese eine hohe Materialqualität haben und bei der Aufstellung eine sinnvolle Exponierung möglich ist (vgl. Greenwood et al. 1998: 51). Die Höhe des UV-Schutzes hängt auch in diesem Fall von der Krümmung und Ausrichtung sowie von dem verwendeten Material der Spannmembranstruktur und der Sonnensegel ab (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 12).

Anpassbare Systeme

Anpassbare Verschattungsmaßnahmen können eine sinnvolle Alternative zu temporären und permanenten Verschattungsstrukturen sein, da sie an den tages- und jahreszeitlichen Bedarf an Schatten individuell angepasst werden können (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 58). Dies entspricht dem Prinzip des einfachen Sonnenschirms. Um den UV-Schutz zu erreichen sind die Maßnahmen mit einer verstellbaren Lenkungstechnik ausgestattet, die entweder per Hand oder motorisiert bedient werden kann (vgl. Laue 2019: 134f, Greenwood et al. 1998: 43). Dabei sollten beide Möglichkeiten eine einfache und schnelle Bedienung zulassen, um eine schnelle Anpassung an sich ändernde Wetterbedingungen möglich zu machen (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 12). Sind die Verschattungsmaßnahmen ausgefahren, sollten sie möglichst straff gespannt sein, um Beeinträchtigungen durch Wind gering zu halten und somit die Lebensdauer zu verbessern. Neben ausfahrbaren Möglichkeiten können Markisen auch auf vertikal verstellbaren Untergrundkonstruktionen angebracht sein (s. Abbildung 51), um auch vertikal Schatten zu spenden (vgl. Greenwood et al. 1998: 43).

Markisen (s. Abbildung 52), Sonnenschirme (s. Abbildung 53) und Lamellendächer (s. Abbildung 54) sind die häufigsten verwendeten anpassbaren Verschattungsmaßnahmen (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 12). Es gibt auch Lamellendächer, die sich auf Grundlage von Sonneneinflüssen automatisch öffnen und schließen (vgl. Greenwood et al. 1998: 45). In vielen Fällen sind die Maßnahmen an einem Bauwerk angebracht (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 12).

Die SL Rasch GmbH hat bereits im Jahr 1991 für die Beschattung der Innenhöfe der Prophetenmoschee in Medina sechs softwaregesteuerte Sonnenschirme entwickelt, die sich in Abhängigkeit des Sonneneinfalls automatisch öffnen und schließen. Ein geöffneter Schirm verschattetet eine Fläche von 306 Quadratmetern. Insgesamt entsteht dadurch ein 3.672 Quadratmeter großer beschatteter Bereich. Ein Windmesser verhindert das Öffnen und Schließen bei zu starken Windgeschwindigkeiten und im Sommer geben die Schirme neben dem Schattenwurf gekühlte Luft ab. Um eine nächtliche Auskühlung im Winter zu vermeiden, werden die Schirme nachts geöffnet, sodass diese die warme Luft in den Innenhöfen bündeln (vgl. SL Rasch GmbH o.J., s. Abbildung 55).

Lenzholzer (2015: 201ff) stellt verschiedene anpassbare Systeme vor, die in Zukunft in der Schattenplanung an Bedeutung gewinnen könnten. Zu diesen zählen zum Beispiel Sonnenschirme im öffentlichen Raum, die sich nach Bedarf von den Nutzer:innen über Knopfdruck öffnen lassen können. Bei solchen spielerischen Elementen ist jedoch zu beachten, dass diese anfällig für Vandalismus sind. Neben Sonnenschirmen wären auch bewegbare Sonnenschutzschilder denkbar, die sich an den Einfall von UV-Strahlung anpassen und so einen optimal angepassten UV-Schutz bieten. Eine weitere Alternative sind photochrome Glasdächer, die sich bei Einwirkung von UV-Strahlung dunkel färben, sodass zum einen ein Schutz vor UV-Strahlung gegeben ist, und bei fehlender Sonne trotzdem genügend Lichteinfall gewährleistet wird. Die anpassbaren Maßnahmen bieten zusätzlich alle einen angepassten Schutz vor weiteren Wettereinflüssen wie Regen, Wind und Schnee.

Vorgefertigte Schattenkonstruktionen

Im Handel sind auch vorgefertigte Schattenkonstruktionen erhältlich, die bereits fertig zur Installation sind. Je nach Standortanforderungen können vorgefertigte Schattenkonstruktionen eine kostengünstige Alternative sein. Zunächst müssen diese jedoch eine an den tages- und jahreszeitlichen Verlauf angepasste wirksame Verschattung ermöglichen können. Bei diesen ist besonders eine fachgerechte Installation und Prüfung der Schattenwirksamkeit zu berücksichtigen (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 13).



Abbildung 51 vertikal verstellbarer Sonnenschirm



Abbildung 52 ausgefahrene Markise im Überseeboulevard, HafenCity Hamburg Deutschland



Abbildung 53 geschlossener Sonnenschirm im Überseeboulevard, HafenCity Hamburg Deutschland



Abbildung 54 anpassbares Lamellendach



Abbildung 55 softwaregesteuerte Sonnenschirme in der Prophetenmoschee, Medina Saudi Arabien

Materialien

Bei gebauten Schattenkonstruktionen sind neben der Konstruktion insbesondere die verwendeten Materialen zu berücksichtigen. Nicht alle Materialien haben denselben Schutz vor UV-Strahlung. Sie weisen unterschiedliche Transmissions- und Reflexionseigenschaften, sowie eine unterschiedliche Beständigkeit gegenüber UV-Strahlung auf.

Mithilfe des UV-Schutzfaktors (UPF) kann die Schutzwirkung eines Materials angegeben werden (vgl. ARPANSA o. J.). Der UPF gilt nur für Kleidung, jedoch werden auf dieser Grundlage auch Angaben zu der Wirksamkeit von Materialien von Verschattungsmaßnahmen getroffen. Der UPF gibt an, wie viel UV-Strahlung von einem Material durchgelassen wird. Dabei transmittieren dunkle Farben, schwere und dichte Materialien weniger UV-Strahlung im Vergleich zu hellen Farben, leichtgewichtigen oder abgenutzten Materialien. Helle Materialien reflektieren und streuen jedoch mehr UV-Strahlung als dunkle Materialien (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 14). Tabelle 7 zeigt den UPF in Abhängigkeit der Materialdurchlässigkeit. Je mehr UV-Strahlung blockiert wird, desto höher ist der UPF. Materialien, die einen UPF von mindestens 35 haben, können einen ganztägigen UV-Schutz gewährleisten (vgl. ARPANSA o. J.).

Tabelle 7 UPF in Abhängigkeit der Transmission von UV-Strahlung

TRANSMISSION (in Prozent)	ABSORPTION (in Prozent)	UPF
10	90	10
5	95	20
3,3	96,7	30
2,5	97,5	40
2	98	50+

Textile Materialien

Materialien für Verschattungsmaßnahmen können nach textilen und nicht-textilen Materialien unterschieden werden. Der UV-Schutz von textilen Materialien variiert je nach Art des Materials, seiner Stoffdichte und Farbe (vgl. ARPANSA o. J.). Aufgrund der Witterungseinflüsse ist die Lebensdauer textiler Materialien in der Regel kurz (vgl. Greenwood et al. 1998: 49). Sie sind nach Greenwood et al. (1998: 49) insbesondere als temporäre Maßnahmen einzusetzen, während natürliche Verschattungsmaßnahmen noch im Wachstum sind. Als textile Materialien können zum Beispiel Baumwoll- und Polyestermischgewebe, oder Kunststoffgewebe wie Polyvinylchlorid (PVC) oder Materialien aus Polytetrafluorethylen (PTFE) verwendet werden. Neue Baumwoll- und Polyestergewebe haben einen hohen UPF und weisen gleichzeitig eine Lichtdurchlässigkeit von ungefähr 10 Prozent auf. Bei älteren, abgenutzten Materialien nimmt der UPF ab. Die Lebensdauer ist im Vergleich zu den anderen Materialien mit 5 bis 10 Jahren relative kurz, da sie nicht resistent gegenüber UV-Strahlung sind. Zudem weisen sie nur einen begrenzten Schutz vor Regen auf (vgl. Gaß 2011: 64, Cancer Council Victoria 2015: 15). Ist das Polyestergewebe hingegen mit PVC beschichtet, verlängert sich die Lebensdauer auf 15 bis 20 Jahre, da die UV-Beständigkeit höher ist. Zudem verbessert sich der Schutz vor Feuchtigkeit und die Lichtdurchlässigkeit nimmt ab. In Summe mit geringen Kosten für das Material wird PVC-beschichtetes Polyestergewebe am häufigsten für textile Verschattungsmaßnahmen verwendet (vgl. Gaß 2011: 65f). PTFE-Gewebe sind insbesondere für eine lange Lebensdauer von über 25 Jahren geeignet, da sie eine sehr gute Beständigkeit gegenüber extremen Klimabedingungen und UV-Strahlung aufweisen. Die Lichtdurchlässigkeit variiert je nachdem ob es sich um eine Beschichtung oder um reines Gewebe handelt. Allerdings ist diese Form des textilen UV-Schutzes kostenintensiv.

Nicht-textile Materialien

Zu den nicht-textilen Materialien zählen zum Beispiel Metall und Stahl, Holz, Glas und Polycarbonat (vgl. Greenwood et al. 1998: 48). Metall- und Stahlkonstruktionen werden vorwiegend für permanente Schattenkonstruktionen verwendet (vgl. ARPANSA o. J.). Da sie kein Licht durchlassen, bieten sie einen optimalen Schutz vor UV-Strahlung als auch vor Regen. Jedoch erhitzen Metall und Stahl schnell und begünstigen den UHI-Effekt. Der UV-Schutz von Holz hängt von der Konstruktion der Verschattungsmaßnahme ab. Holz als solches ist undurchlässig für UV-Strahlung und erhitzt sich gleichzeitig nicht so stark wie Metall und Stahl (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 15). Die Vorteile gegenüber anderen Materialien sind neben ihrer Regendichtheit, die lange Lebensdauer (vgl. Greenwood et al. 1998: 48).

Polycarbonate sind vielseitig einsetzbar (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 15). Sie sind entweder klar oder getönt ausgeführt. Sie weisen einen hohen UV-Schutz auf. In transparenter Form haben sie in der Regel trotzdem einen UPF von 50+ (vgl. ARPANSA o. J.). Die Hitzeentwicklung ist hingegen hoch (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 15). Glas und Polycarbonat sind insbesondere an Standorten geeignet, wo Lichteinfall gewünscht und UV-Schutz im Winter erforderlich ist (vgl. ebd.: 15, Greenwood et al. 1998: 48). Der UV-Schutz von Glas hängt von der Dicke des Glas ab. Ein normales Hausfenster kann bis zu 90 Prozent der UV-Strahlung reduzieren (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 15).

Zusammenfassung

Bauliche Verschattungsmaßnahmen können je nach Art und Umsetzung viele Vorteile haben. Sind die gebauten Schattenstrukturen im großen Umfang geschlossen, haben sie eine höhere UV-Schutzfunktion als die natürliche Verschattung (vgl. Lenzholzer 2015: 135). Durch den reduzierten Einfall direkter UV-Strahlung führen gebaute Verschattungsmaßnahmen zu geringeren Tagestemperaturspannen (vgl. Kuttler 2013: 268). Dies bedeutet eine verminderte Erwärmung von Oberflächen am Tag und nur eine geringe zeitverzögerte Wärmeabgabe in der Nacht. Somit können sie Standorte und die Bevölkerung thermisch positiv beeinflussen (vgl. Laue 2019: 45, 132, Kuttler 2013: 268). Auf der anderen Seite absorbieren künstliche Materialien mehr Strahlung, die sie in Form von Wärme wieder an ihre Umgebung abgeben (vgl. Lenzholzer 2015: 137) und somit den Wärmeinseleffekt begünstigen.

Gebaute Schattenstrukturen können mehrere Funktionen wie den Schutz vor Regen, Regenrückhaltung oder Photovoltaikanlagen erfüllen und Standorte dadurch gestalterisch aufwerten (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 57, Lenzholzer 2015: 135). Bei temporären Maßnahmen besteht der Vorteil darin, dass ihre Lebensdauer aufgrund der zwischenzeitlichen Lagerung verlängert werden kann, als wenn sie dauerhaft der UV-Strahlung ausgesetzt sind (vgl. Toronto Cancer Prevention Coalition 2010: 62). Der Nachteil fehlender Anpassbarkeit von permanenten Verschattungsmaßnahmen kann durch anpassbare Schattenstrukturen, die gezielt an den Sonneneinfallswinkel ausgerichtet werden können, ausgeglichen werden. So bieten sie wie natürlicher Schatten einen UV-Schutz im Sommer und einen Strahlungseinfall im Winter. Auch in den Frühlings- und Herbstmonaten kann somit eine geeignete Schattenlösung gefunden werden (vgl. Laue 2019: 98). Anpassbare Systeme und Spannmembranstrukturen benötigen jedoch häufig Materialien, die in ihrer Herstellung und Entsorgung negative Umwelteinflüsse haben (vgl. Greenwood et al. 1998: 44, 51). Auf der anderen Seite wird in der Regel nur wenig Material gebraucht und es gibt bereits eine Vielzahl an Forschungen zu nachhaltigen, textilen Baumaterialien (vgl. Greenwood et al. 1998: 44, 51, De Giuli / Ferrari 2013). Außerdem muss an einigen Standorten und insbesondere bei dem Einsatz von flexiblen Verschattungsmaßnahmen oder dem Einsatz von Glas das Vandalismusrisiko bedacht werden (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 11, Lenzholzer 2015: 137, 196). Eine weitere Herausforderung ist die informelle Nutzung gebauter Verschattungsmaßnahmen, wie zum Beispiel die Nutzung als Schlafplatz für obdachlose Personen. Gebaute Verschattungsmaßnahmen können zudem anfällig für Schimmel und Schmutzablagerungen sein (vgl. Cancer Council Victoria 2015: 15). Abbildung 56 zeigt einen Pavillon aus dem Hammer Park in Hamburg. Dieser ist zum einen durch Schmutzablagerungen der umliegenden Begrünung sowie durch Vandalismus gekennzeichnet. Zudem findet in diesem Fall eine doppelte Verschattung durch Bäume und der gebauten Schattenmaßnahme statt, die den Standort auch bei hoher Sonneneinstrahlung stark verdunkelt.



Abbildung 56 Pavillon im Hammer Park, Hamburg Deutschland

Aus diesem Grund sind regelmäßige Instandhaltungsmaßnahmen notwendig, um die Lebensdauer der gebauten Elemente möglichst lang zu erhalten (vgl. Greenwood et al. 1998: 42). Dabei ist der Pflegeaufwand von Holzkonstruktionen höher als bei Maßnahmen aus Metall oder Stahl (vgl. Lenzholzer 2015: 135). Mit der Kombination gebauter Schattenmaßnahmen mit natürlichem Schatten wird die Möglichkeit eröffnet, die Vorteile beider Verschattungsstrategien und die Wirksamkeit des Schattens miteinander zu verbinden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Untergrundkonstruktion für das Wachstum und Gewicht der Pflanzen wie zum Beispiel bei dem Bosco Verticale in Mailand (s. Abbildung 57), geeignet ist. Zudem müssen die Pflanzen regelmäßig gepflegt und die gebauten Konstruktionen gewartet werden (vgl. ebd.: 136).



Abbildung 57 Bosco Verticale, Mailand Italien

5.4 Anpassung von Oberflächen

Eine wichtige Anpassungsmaßnahme im Kampf gegen den Klimawandel sind der Einsatz von Oberflächen mit einer hohen Albedo, die das Aufheizen des städtischen Raums reduzieren sollen (s. Kapitel 2.3, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2016: 23). Die Erhöhung des Reflexionsvermögen kann aber auch zu einer erhöhten UV-Strahlung im städtischen Raum führen und die UV-Belastung in verschatteten Bereichen erhöhen (vgl. Kuttler 2013: 262, s. Kapitel 2.3). Am Beispiel des Platzes am Cannon Center of Performing Arts (s. Abbildung 58), der durch ein Bauwerk mit Stahlverkleidung überdacht ist (vgl. Flannery / Smith 2008: 196), wird die Bedeutsamkeit der Oberflächenbeschaffenheit deutlich. Polierter Stahl kann eine Albedo von bis zu 80 Prozent haben und somit die reflektierte UV-Strahlung auf dem Platz deutlich erhöhen (vgl. Lenzholzer 2015: 34).

Um wirksame Schattenräume zu erzielen, sollten demnach auch die umliegenden Bodenoberflächen und Fassaden so angepasst sein, dass sie einen möglichst geringen Anteil der UV-Strahlung in die Schattenräume zurückstrahlen. In Kapitel 2.3 wurde bereits gezeigt, dass Oberflächen aufgrund ihrer Materialien unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Nach Greenwood et al. (1998: 25) spielen bei der Reduzierung reflektierter UV-Strahlung insbesondere die Oberflächendichte und die Oberflächenrauigkeit eine große Rolle. Die Reflexion von UV-Strahlung ist bei harten Oberflächen deutlich höher als bei weichen, häufig natürlichen Oberflächen wie zum Beispiel Gras (vgl. ARPANSA o. J.). Mit zunehmender Rauigkeit sinkt hingegen das Reflexionsvermögen von Oberflächen. Glatter Beton gilt beispielsweise als stark reflektierend, wohingegen Gras in Bezug auf eine geringe Reflexion bevorzugt verwendet werden sollte. Aus diesem Grund sollten in der Planung Materialien gewählt werden, die eine Reflexion von UV-Strahlung vermindern (vgl. Greenwood et al. 1998: 25).

Eine Maßnahme aus dem Bereich grüne und blaue Infrastrukturen ist die Fassadenbegrünung (s. Abbildung 59) oder die blaugrüne Fassade, wie sie bereits von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt in Berlin verfolgt wird (vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2016: 36). Nach Brown / Gillespie (1995: 49) hat Vegetation höchstens ein Rückstrahlvermögen von 30 Prozent und weist gleichzeitig eine Vielzahl weiterer Vorteile gegenüber künstlichen Materialien mit geringer Albedo auf. Die folgenden genannten Vorteile stellen nur einen kleinen Auszug dar und sind nicht abschließend. Wie auch die natürliche

Verschattung hat die Fassadenbegrünung einen positiven Einfluss auf das Mikroklima und die Luftqualität. Sie kann dem UHI-Effekt entgegenwirken und die Luftschadstoffbelastung minimieren (vgl. Wiener Umweltschutzabteilung 2019: 20ff). Blaugrüne Fassaden werden während Hitzeereignissen zusätzlich bewässert, sodass ihre Verdunstungsleistung und somit ihre kühlende Wirkung gesteigert wird. Fassadenbegrünungen können insbesondere dort umgesetzt werden, wo aufgrund der räumlichen Bedingungen, zum Beispiel enge Straßenräume, die Installation von Bäumen nicht möglich ist. Mit ihrem hohen Blattflächenindex (s. Kapitel 5.2) können sie eine hohe Verdunstungsleistung auf kleinem Raum erbringen. Zudem haben sie neben ihrer ökologischen Funktion positive Auswirkungen auf die Ästhetik und Aufenthaltsqualität. Zwar ist der Verschattungseffekt auf die Umgebung geringer als bei den zuvor vorgestellten Verschattungsmaßnahmen, jedoch führt die Verschattung des begrünten Gebäudes zusätzlich zu Energieeinsparungen (vgl. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin 2016: 36).

Bei der Materialwahl für Oberflächen müssen auch Instandhaltung, Pflege und Kosten berücksichtigt werden. Gras hat zum Beispiel einen hohen Wasserverbrauch und benötigt gleichzeitig ein hohes Maß an Pflege (vgl. Greenwood et al. 1998: 41). In Bezug auf die Gesamtbaukosten ist Fassadenbegrünung nach Angaben der Wiener Umweltschutzabteilung (2019: 32) mit 2 Prozent kostengünstig in der Umsetzung. Der Pflegeaufwand ist wie bei der vertikalen Begrünung in der Regel höher als bei einer normalen Bepflanzung und ist abhängig von der Art der Bepflanzung (vgl. ebd.: 32).

Neben den Oberflächeneigenschaften hängt die Reflexion von UV-Strahlung auch von dem Sonnenhöhenwinkel und der Richtung von der auf die Oberfläche einfallenden Einstrahlung ab. Diese führt in vielen Fällen zu einer breit gestreuten Reflexion (vgl. Greenwood et al. 1998: 25). Laue (2019: 99) empfiehlt in mittel gemäßigten Klimaten an unverschatteten Standorten die Verwendung von Oberflächen mit einer niedrigen Albedo. In diesem Falle würde auch eine begrünte Oberfläche sinnvoll sein, da sie die Vorteile einer geringen Rückstrahlung und einer geringen Erwärmung miteinander verbinden. Diese positiven Einflüsse können durch eine zusätzliche Verschattung durch Bäume noch verstärkt werden, indem ein Aufheizen der grünen Oberflächen und die Rückstrahlung von UV-Strahlung weiter vermindert wird (vgl. Errel et al. 2011: 182).

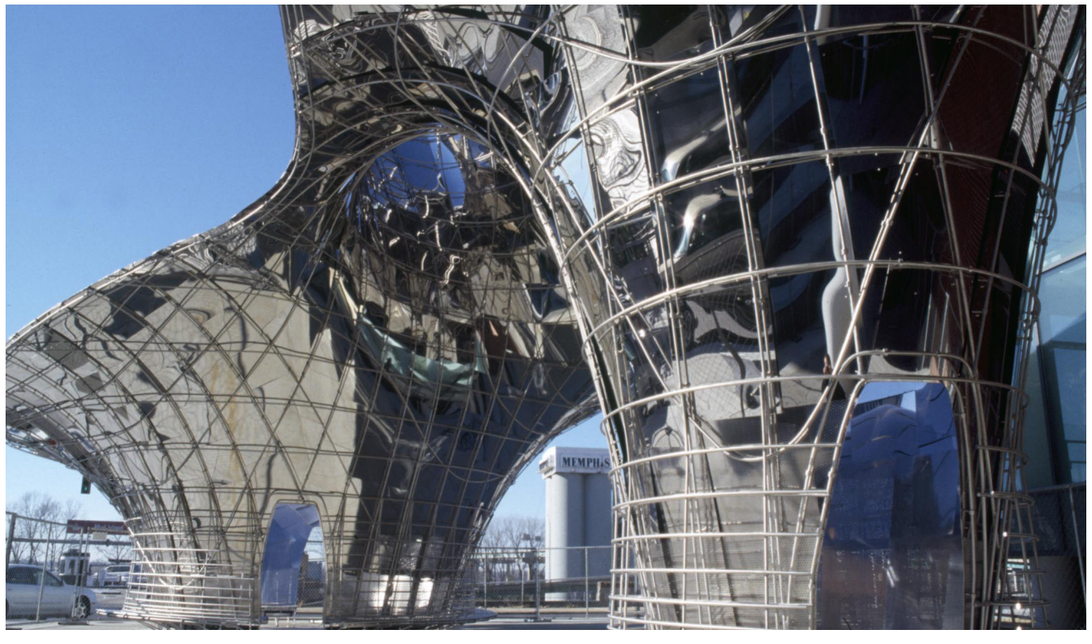


Abbildung 58 Cannon Center for the Performing Arts Platz, Memphis USA



Abbildung 59 Caixa Forum, Madrid Spanien

06

06 ZWISCHENFAZIT

Die Erarbeitung der Ausgangslage macht die hohe Komplexität des Wirkungskomplexes Klimawandel, UV-Strahlung und Hautkrebs deutlich. In diesem Zusammenhang gibt es noch eine Vielzahl an Aspekten und Entwicklungen, die für eine umfassende Erarbeitung und Bewertung des Themas berücksichtigt werden müssen, in diesem Rahmen aber nicht möglich ist. Es wird jedoch deutlich, dass der Klimawandel einen Einfluss auf die UV-Strahlung hat. Eine zunehmende Sonnenscheindauer und ein abnehmender Wolkenbedeckungsgrad führen in der Stadt Hamburg dazu, dass mehr UV-Strahlung ungehindert auf die Erdoberfläche auftreffen kann. Steigende Temperaturen werden dazu führen, dass die Exposition gegenüber UV-Strahlung ansteigen wird.

Die Betrachtung des verhältnispräventiven UV-Schutzes in der Stadtplanung zeigt jedoch, dass diese Entwicklungen und das Thema Hautkrebsprävention in der Stadtplanung bisher keine Anwendung finden. Das Bewusstsein für eine Integration des verhältnispräventiven UV-Schutzes in städtebauliche Maßnahmen, um den Hauptrisikofaktor für die Entstehung von Hautkrebs zu vermindern, fehlt fast vollständig. Dennoch ist der verhältnispräventive Ansatz von besonderer Bedeutung, da in der Vergangenheit gezeigt werden konnte, dass verhaltenspräventive Maßnahmen nur bedingt erfolgreich sind. Obwohl auch der Erfolg verhältnispräventiver Maßnahmen aufgrund der geringen Studienlage nicht belegt ist, wird der Ansatz als zielführend angesehen, da dieser auch den Erfolg verhaltenspräventiver Maßnahmen bedingt. Es gibt zwar Empfehlungen und Ansätze für eine Berücksichtigung der UV-Strahlung in der Stadtplanung, eine Implementierung und aktive Umsetzung findet derzeit aber noch nicht statt. Im Rahmen von Hitzeanpassungsmaßnahmen finden sich jedoch Ansätze des UV-Schutzes wieder. In den Hamburger Konzepten sind Maßnahmen verankert, die einen Schutz vor übermäßiger Sonneneinstrahlung bieten und demnach auch einen UV-Schutz ermöglichen. Dennoch wirken sich nicht alle Hitzeanpassungsmaßnahmen positiv auf den Einfluss durch UV-Strahlung aus.

Hinzu kommt, dass die verschiedenen Lebenswelten und Alltagsräume unterschiedliche Anforderungen an den UV-Schutz stellen, da sie sehr vielfältige Standortbedingungen und Nutzungen aufweisen. Insbesondere der öffentlich zugängliche Raum, in dem die Menschen häufig einer unbewussten UV-Exposition ausgesetzt sind, ist von besonderem Interesse.

Es wurde deutlich, dass der Schwerpunkt der städtebaulichen Möglichkeiten im Bereich der Verschattung liegen. Die Analyse verschiedener Verschattungsmaßnahmen zeigt, dass es eine Vielzahl unterschiedlicher Möglichkeiten gibt, Schatten in öffentlichen Räumen zu installieren. Die Betrachtung der Verschattungsmaßnahmen ist nicht abschließend, da es noch eine Vielzahl weiterer Maßnahmen und Ausprägungen gibt. Auch ist die Einordnung der Verschattungsmaßnahmen nicht immer klar abzugrenzen, sodass es auch andere Zuordnungen möglich wären. In Bezug auf natürliche Verschattungsmaßnahmen lassen sich folgende Kernaussagen treffen:

- Die Wirksamkeit von natürlichem Schatten hängt von der Größe, Dichte und Ausprägung des Kronendachs ab. Dieses wird durch das Alter und der Art der Vegetation bestimmt.
- Sowohl bei der erstmaligen Einrichtung und in Hinblick auf die langfristige Perspektive muss der Schattenwurf natürlicher Vegetation bekannt sein und berücksichtigt werden.
- Die Wirksamkeit von natürlichem Schatten wird insbesondere durch die diffuse UV-Strahlung beeinträchtigt. Die urbanen Standortbedingungen stellen eine besondere Herausforderung für eine langfristige und klimawandelangepasste natürliche Schattenplanung dar und müssen bei der Artenauswahl besonders berücksichtigt werden.

In Bezug auf gebaute Verschattungsmaßnahmen lassen sich folgende Kernaussagen treffen:

- Die Wirksamkeit von gebauten Schatten hängt von der Größe, Art und Anordnung der Schattenkonstruktion ab.
- Gebauter Schatten wirft ab der erstmaligen Errichtung den geplanten Schatten. Dieser kann je nach Konstruktion dauerhaft, temporär oder anpassbar sein.
- Die Wirksamkeit der gebauten Verschattungsmaßnahmen hängt stark von den verwendeten Materialien – Lichtdurchlässigkeit und Reflexion – ab. Einige Materialien können die diffuse Strahlung innerhalb eines Schattens und seiner Umgebung erhöhen.

Fundierte Aussagen über den genauen UV-Schutz der Maßnahmen zu treffen ist jedoch schwierig, da insbesondere der Einfluss der diffusen UV-Strahlung schwierig zu ermitteln ist. Zudem besteht eine große Herausforderung darin, Konflikte zwischen den einzelnen Anforderungen wie zum Beispiel die gegenseitige Verschattung von Gebäuden für ein besseres Innenraumklima, den ausreichenden Tageslichteinfall in Gebäude und in die öffentlichen Freiräume sowie die Verschattung der Freiräume zum Schutz vor UV-Strahlung möglichst gering zu halten. Als Schutzmaßnahme vor UV-Strahlung sind die Verschattungsmaßnahmen einer hohen UV-Strahlung ausgesetzt. Die Vegetation und Materialien der Verschattungsmaßnahmen können durch die UV-Strahlung beschädigt werden. Dieser Sachverhalt muss in der Planung von Schattenmaßnahmen auch berücksichtigt werden.

07

07 RAUMANALYSE

UV-Strahlung in Neubaugebieten: eine Raumanalyse in der HafenCity Hamburg

Eine kurze Betrachtung des Makrostandortes Hamburg und die detaillierte Analyse des Untersuchungsgebiets HafenCity Hamburg sind Grundlage für die Identifizierung von Alltagsräumen und im Folgenden für die Auswahl geeigneter Messstandorte. Die Auswahl der Standorte basiert auf verschiedenen typischen Raum- und Schattensituationen in den Alltagsräumen, die im Rahmen von Fotoaufnahmen gezeigt werden. Nach Auswahl der Standorte werden diese detailliert in Hinblick auf ihre Gefährdung durch UV-Strahlung untersucht.

7.1 Makrostandort: Freie und Hansestadt Hamburg

Lage und Gebiet

Der Stadtstaat Hamburg liegt im Norden Deutschlands südlich des Bundeslandes Schleswig-Holstein und nördlich des Bundeslandes Niedersachsens (vgl. Diercke Weltatlas 2008: 2). Mit einer nördlichen Ausdehnung von 38 Kilometern und einer östlichen Ausdehnung von 39 Kilometern umfasst Hamburgs Bodenfläche rund 755 Hektar. Der Anteil der Wasserfläche liegt bei 8 Prozent, der Grünflächenanteil bei rund 33 Prozent. Abbildung 60 zeigt, dass insbesondere am äußeren Ring von Hamburg größere Grünflächen wie der Ohlsdorfer Friedhof zu finden sind. Die Wasserläufe und -flächen von Alster, Bille und Elbe verlaufen hingegen zentral im Stadtgebiet (vgl. Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein 2019: 265f, s. Abbildung 60).

Bebauung und Versiegelung

Mit einem Versiegelungsgrad von 39 Prozent gehört Hamburg zu den 30 Prozent der deutschen Städte, die einen geringeren Versiegelungsgrad als 50 bis 70 Prozent aufweisen (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg o.J.a, s. Kapitel 2.4). Jedoch zeigt Abbildung 61, dass insbesondere die Innenstadt- und Hafenbereiche mit rund 60 bis 100 Prozent stark versiegelt sind. Der Schwarzplan (s. Abbildung 62) der Innenstadtbereiche zeigt, dass die Innenstadt verdichtet ist und Block- und Blockrandbebauungen dominierend sind. Die Versiegelung nimmt zu den Stadtrandbereichen hin ab (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2018: 21). Die Stadtgröße sowie die hohe Bebauungsdichte führen dazu, dass Hamburg eine hohe Oberflächenrauigkeit aufweist. Diese führt dazu, dass der Luftaustausch und die Durchlüftung zwischen den verdichteten Bereichen mit dem Stadtrand vermindert ist. Zudem führt die dichte Bebauung zu einem Verbleib warmer Luftmassen und somit höheren Temperaturen in den dicht bebauten Gebieten (vgl. ebd.: 23f).

Klima

Hamburg wird der gemäßigt mesothermalen Klimazone zugeordnet (vgl. Laue 2019: 48f). Das Klima wird durch die Nähe zur Nordsee und Elbe geprägt (vgl. Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 15, Begründung zum Bebauungsplan Hamburg-Altstadt 39 / HafenCity 5, Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 11). Die durchschnittliche Lufttemperatur für den Zeitraum Juni 2019 bis Juni 2020 betrug nach Messungen der Wetterstation Bergedorf 11,0°C (vgl. Hochschule für angewandte Wissenschaften 2020a). Dabei sind die Lufttemperaturen – kennzeichnend für das Stadtklima – am Stadtrand niedriger, als in den verdichteten Innenstadtbereichen und auf Verkehrs- und Gewerbeflächen. Die Grün- und Freiflächen weisen hingegen deutlich niedrigere Temperaturen auf (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2018: 21). Die Sonnenscheindauer betrug für den gleichen Zeitraum rund 1.966 Stunden. Dabei wiesen die Monate April mit ca. 319 Stunden und Mai mit ca. 275 die höchste Anzahl an Sonnenstunden auf (vgl. Hochschule für angewandte Wissenschaften 2020a). Der Wind kommt überwiegend aus südwestlicher Richtung mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 3,1 (vgl. Hochschule für angewandte Wissenschaften 2020b).

MAKROSTANDORT: FREIE UND HANSESTADT HAMBURG

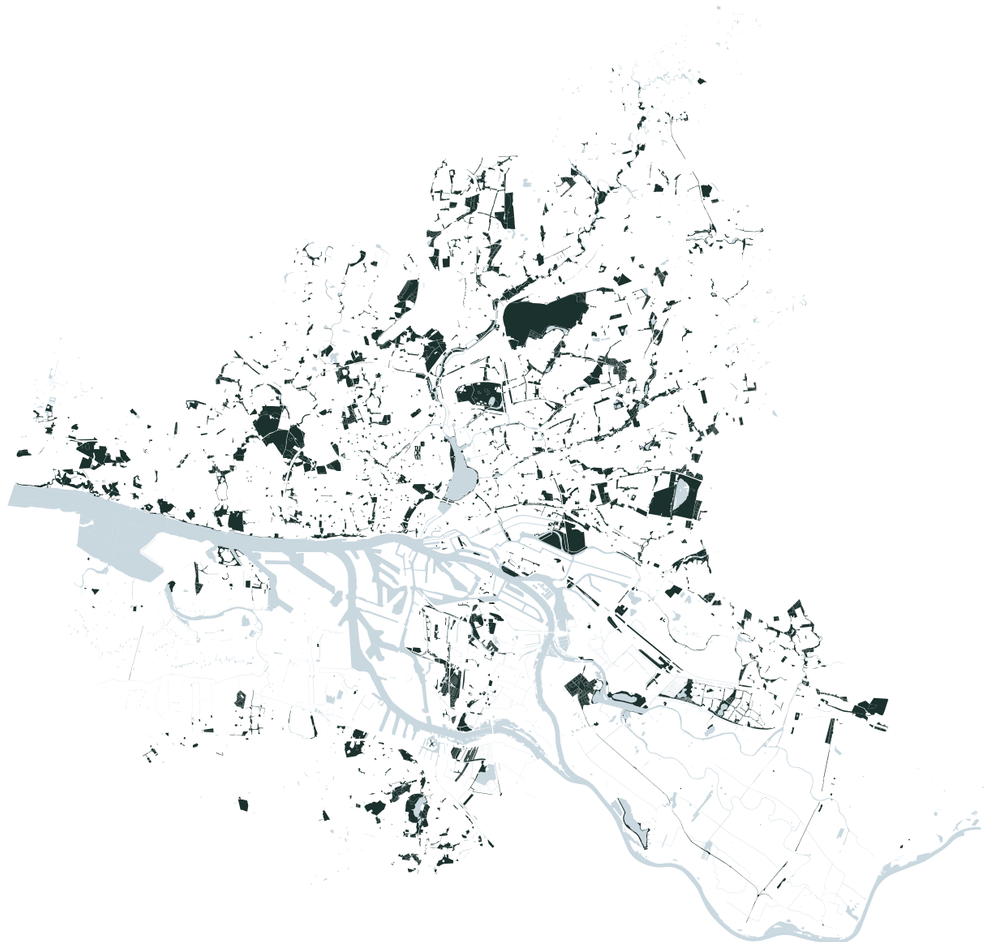


Abbildung 60 Grün- und Wasserflächen in Hamburg

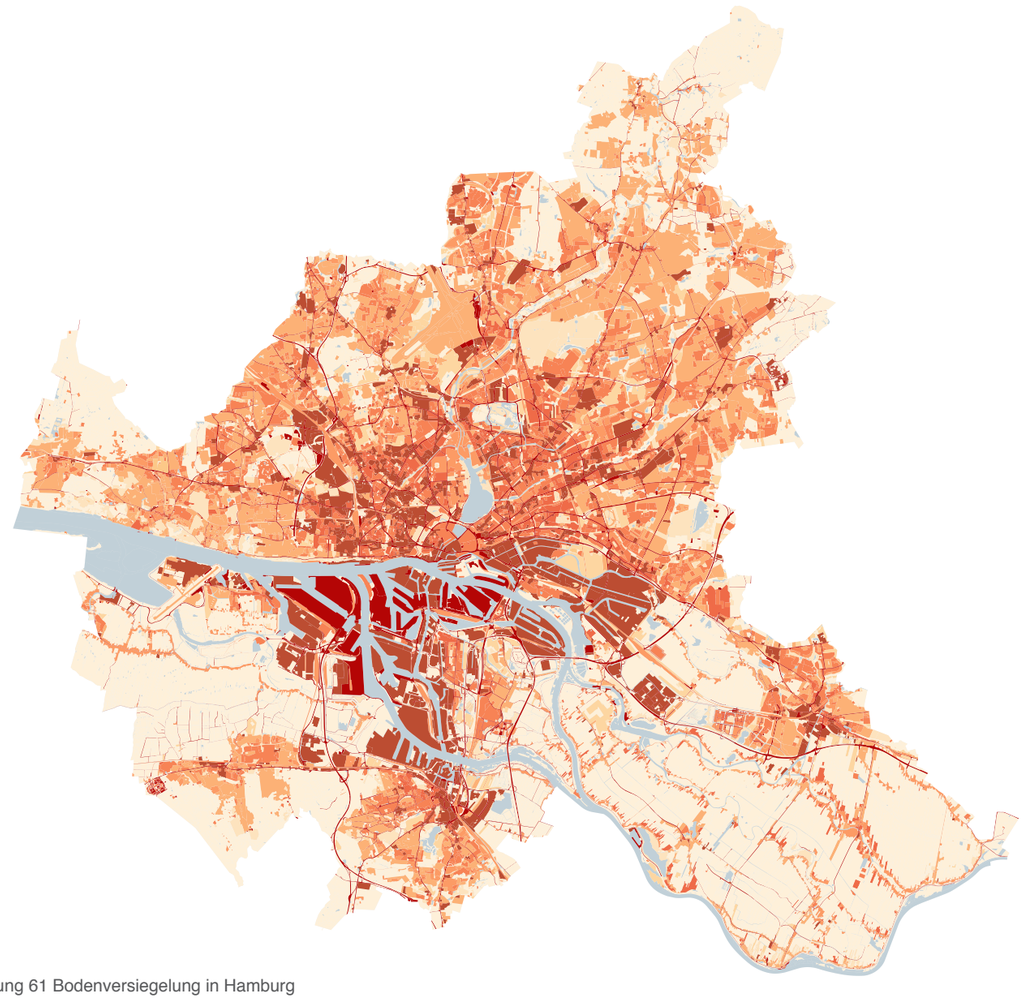


Abbildung 61 Bodenversiegelung in Hamburg

7.2 Mesostandort HafenCity Hamburg

Lage und Gebiet

Das Untersuchungsgebiet, die HafenCity Hamburg, liegt in zentraler Wasserlage in der Stadt Hamburg, südlich der Speicherstadt (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 5ff). Zusammen mit der Speicherstadt bildet sie seit 2008 einen eigenen der 104 Hamburger Stadtteile (vgl. ebd.: 86). Die HafenCity selbst umfasst zehn Quartiere, die in Abbildung 63 verortet sind (vgl. ebd.: 10f). Sie ist das größte innerstädtische Entwicklungsvorhaben Europas (vgl. ebd.: 7). Der Startschuss für die Umsetzung erfolgte 1997 mit dem Bürgerschaftsbeschluss. 2003 startete der Bau des ersten Quartiers Am Sandtorkai / Dalmannkai im Westen der HafenCity. Bereits im Jahr 2015 ist ein Großteil der westlichen Bereiche fertiggestellt. Im Jahr 2025 / 2030 soll die Umsetzung abgeschlossen sein (vgl. ebd.: 86).

Das Gebiet der HafenCity umfasst eine Gesamtfläche von 157 Hektar, die die Fläche der Hamburger Innenstadt um 40 Prozent erweitert (vgl. HafenCity Hamburg

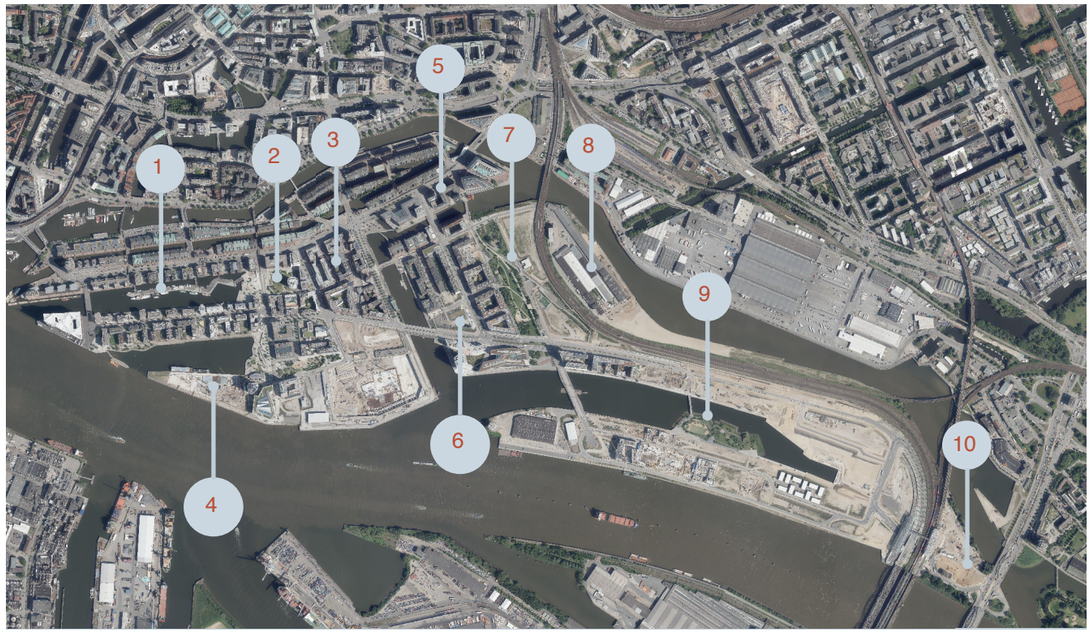


Abbildung 62 Auszug Schwarzplan Innenstadtbereiche Hamburg

GmbH 2020: 2). Von der Gesamtfläche sind rund 18 Prozent Wasserflächen oder Pontons auf Wasserflächen (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 59). Der Wasseranteil ist somit größer als im gesamtstädtischen Vergleich. Entlang der Elbe verläuft eine 3,1 Kilometer lange Uferkante. Die Gesamtlänge an Kaipromenade soll sich nach Fertigstellung auf 10,5 Kilometer belaufen. Mit 38 Prozent ist ein großer Teil der Flächen öffentlich zugänglich (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2020: 2). Die HafenCity verfolgt das Konzept einer nutzungsgemischten, urbanen, ökologisch nachhaltigen und sozial gemischten Stadt (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 5). Dabei spielt die Stadt der kurzen Wege mit einem engmaschigen Wegesystem, das zu Fuß und mit dem Rad passierbar ist, eine zentrale Rolle. Es wird der Ansatz verfolgt, dass ein Großteil der Fuß- und Radwege entlang von Promenaden und Plätzen in naher Wasserlage geführt werden (vgl. ebd.: 64).

Bebauung und Versiegelung

Die HafenCity weist eine Gebäudegrundfläche von 32 Prozent mit einer Bruttogrundfläche von 2,5 Millionen Quadratmetern auf (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2020: 3). Die Gebäude – fast ausschließlich Neubauten – weisen eine hohe Bebauungsdichte mit Geschossflächenzahlen von 3,7 bis 6,1 auf. Um einen ausreichenden Hochwasserschutz zu gewährleisten, werden alle Gebäude zusätzlich auf einer künstlichen Erdgeschosszone gebaut (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 7, 58, HafenCity Hamburg GmbH 2020: 2). In Abbildung 64 ist der aktuelle Lageplan der HafenCity abgebildet. Dieser zeigt, dass ein Großteil der bereits gebauten Gebäude als Block oder Blockrand umgesetzt wurde (s. Abbildung 64). Die Straßenverkehrsfläche beträgt 23 Prozent und ist damit geringer als der Verkehrsflächenanteil in der Innenstadt mit 42 Prozent (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 57). Im Vergleich mit der Gesamtstadt (ca. 12,5 Prozent) ist er jedoch fast doppelt so hoch. Weitere 24 Prozent der Gesamtfläche werden von öffentlichen Plätzen, Parks und den Promenaden eingenommen. Zudem sind weitere 21 Prozent der Freiflächen in privaten Besitz, von denen jedoch 14 Prozent öffentlich zugänglich sind (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2020: 3). Mit dem Lohsepark und dem



1 Am Sandtorkai/Dalmannkai
2 Am Sandtorpark
3 Überseequartier
4 Strandkai
5 Brooktorkai/Ericus
6 Elbtorquartier
7 Am Lohsepark
8 Oberhafen
9 Baakenhafen
10 Elbbrücken

Abbildung 63 Luftbild mit Verortung der Quartiere der HafenCity Hamburg

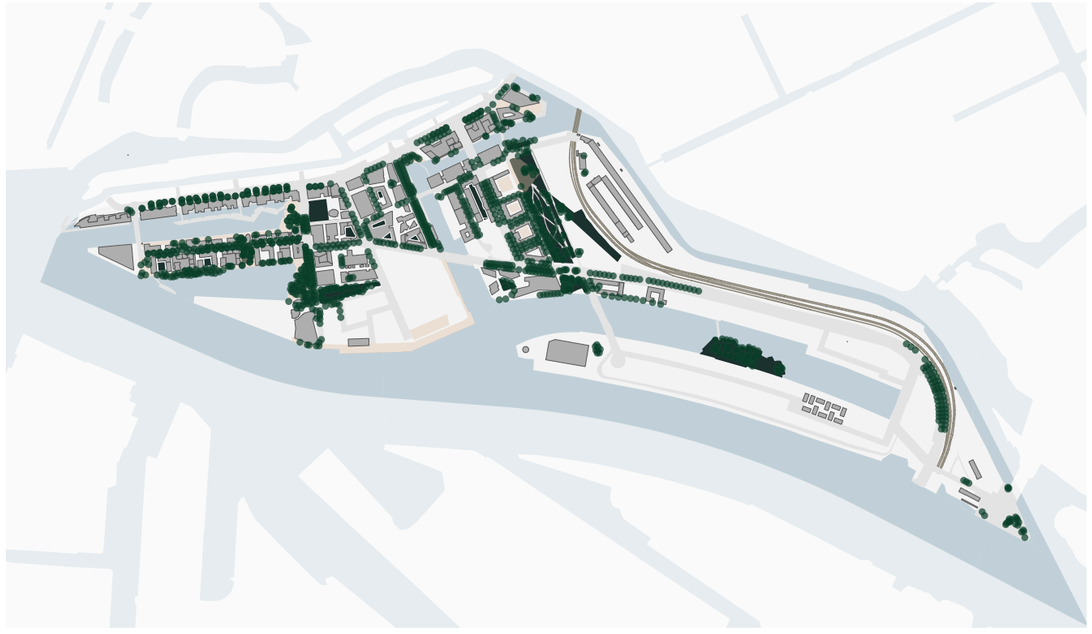


Abbildung 64 Lageplan der HafenCity Hamburg

Baakenpark – einer künstlich aufgeschütteten Halbinsel – hat die HafenCity zwei größere Grünanlagen. Ergänzt werden diese durch mehrere kleine Grünräume und Plätze (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 14, s. Abbildung 63 und 64). Derzeit sind rund 1.400 Bäume mit einer Vielzahl an unterschiedlichen Arten wie zum Beispiel Eichen, Eschen, Weiden oder Schnurbäumen in der HafenCity gepflanzt (vgl. Straßenbaumkataster der Freien und Hansestadt Hamburg 2020). Aus den Begründungen der Bebauungspläne der einzelnen Quartiere geht hervor, dass für festgesetzte Anpflanzungen standortgerechte Laubbäume zu wählen sind. Die Versiegelungskarte in Abbildung 65 zeigt, dass die HafenCity zu großen Teilen versiegelt ist. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Angaben zu der Bodenversiegelung auf der Biotopkartierung beruhen und zuletzt 2017 aktualisiert wurden. Ein Vergleich des Lageplans mit der Bodenversiegelungskarte verdeutlicht, dass die Angaben zu der Versiegelung der Quartiere im Zentrum der HafenCity noch nicht aktuell sind. Die Angaben zu dem Quartier Am Sandtorkai / Dalmannkai zeigen jedoch, dass dieses bis zu 90 Prozent versiegelt ist. Die bisher noch im Bau befindlichen Quartiere Oberhafen, Baakenhafen, Elbbrücken, Strandkai und das südliche Überseequartier sind sogar zu Teilen noch bis zu 100 Prozent versiegelt. Auf die Bebauung und Fassadengestaltung der einzelnen Quartiere wird im weiteren Verlauf noch näher eingegangen.

Klima

Das Lokalklima der HafenCity ist durch eine hohe Versiegelung, einer dichten Bebauung und der Wasserlage geprägt, die alle einen Einfluss auf die Strahlungs- und Reflexionsprozesse haben. Die Standortfaktoren führen dazu, dass die HafenCity durch eine vermehrte Wärmeabstrahlung von den Gebäude- und Bodenoberflächen, einer verminderten Verdunstung und einem geringen Luftaustausch gekennzeichnet ist. Diese führt dazu, dass wie auch in den übrigen Innenstadtlagen in Hamburg die Lufttemperatur höher ist als am Stadtrand (vgl. Begründung zum Bebauungsplan Hamburg-Altstadt 34 / HafenCity 2, Begründung zum Bebauungsplan Hamburg-Altstadt 32 / HafenCity 1, Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 3). Die Bebauungshöhe führt zu verstärkten Windentwicklungen- und stärken. Einzelne Quartiere sind nur geringfügig begrünt und mit

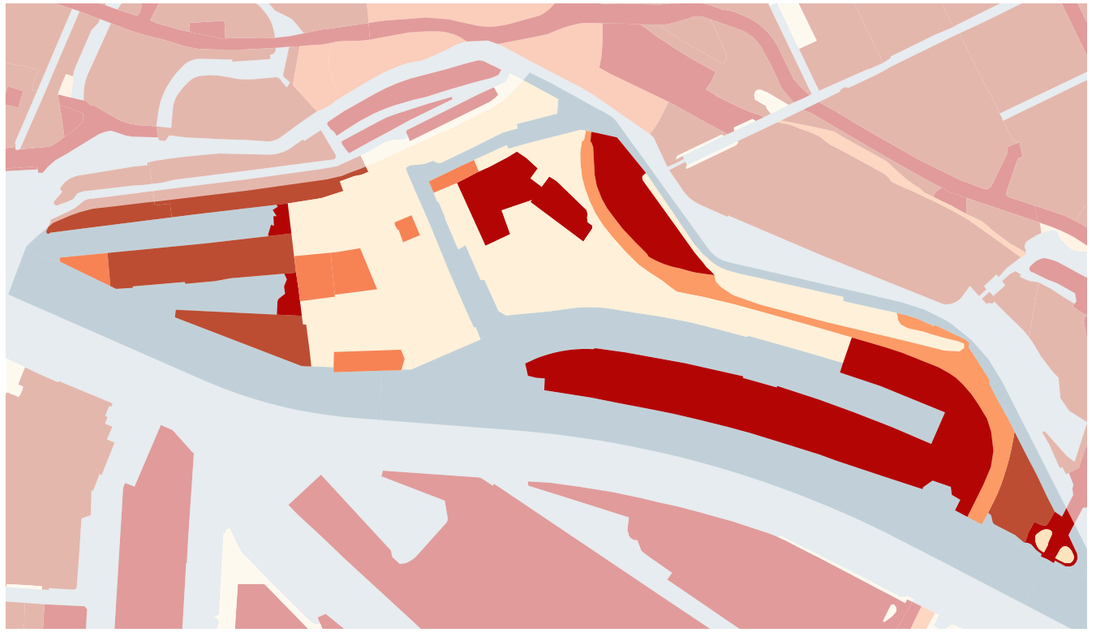


Abbildung 65 Bodenversiegelung in der HafenCity Hamburg

Bäumen bepflanzt, die einen positiven Effekt auf Temperatur, Lufthygiene und Verschattung haben (vgl. Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 11, Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 7, Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 6). Das führt zu modifizierten Standortbedingungen für die Stadtbäume in der HafenCity. Der Lohsepark als größte Grünfläche in der HafenCity hat zwar keine Fernwirkung, weist jedoch einen kleinräumigen positiven bioklimatischen Einfluss auf die umliegende Bebauung auf (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 40, Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 10). Neben den Grünflächen wirkt sich auch die entlastend wirkende Wasserlage auf das Lokalklima aus (vgl. Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 11, Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 7, Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 6).

Im Folgenden werden die räumlichen Eigenschaften der einzelnen Quartiere in der HafenCity vorgestellt, die im Rahmen der Literaturanalyse und zwei Begehungen durch die HafenCity ermittelt wurden. Die Begehungskarten mit Lageplan sind am Anfang jedes Quartiers dargestellt.

AM SANDTORKAI

Datum und Uhrzeit: 21.05.2020, 14:00 bis 15:00 Uhr

Lufttemperatur: 21°C UV-Index: 6

Bewölkung: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt



Abbildung 66 Begehungskarte Am Sandtorkai

Das Quartier Am Sandtorkai / Dalmannkai ist das westlichste der zehn Quartiere und schließt mit der Elbphilharmonie einer 110 Meter hohen Glaskonstruktion die HafenCity im westlichen Bereich ab (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 16). Die weitere Bebauung ist fünf- bis achtgeschossig. Neben der Elbphilharmonie bildet das Wohngebäude das Oval am Kaiserkai mit elf Geschossen einen weiteren kleinen Hochpunkt (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2019a). Die Fassadengestaltung ist sehr vielfältig, in allen Fällen ist jedoch Glas ein dominierender Faktor. Das Quartier weist eine Vielzahl an öffentlichen und halböffentlichen Freiräumen auf, die fast alle zum Wasser hin orientiert sind. Zu diesen zählen die Magellan- und Marco-Polo-Terrassen, die Dalmannkaitreppen, die Dalmannkai- und Kaiserkaipromenade sowie der Vasco-da-Gama-Platz und der Platz der deutschen Einheit (vgl. Geoportal der Freien und Hansestadt Hamburg 2020). Zudem findet sich im Sandtorhafen ein öffentlich zugänglicher schwimmender Ponton (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 76). Die Mauern der Magellan-Terrassen sind durch Mauerziegel geprägt. Der Boden ist aus hellem Betonpflaster, der an einigen Stellen durch farbige Bodenornamente durchbrochen wird (vgl. Geoportal der Freien und Hansestadt Hamburg 2020, s. Abbildung 66).

Die Bodenoberflächen der Marco-Polo-Terrassen sind durch Granit- und Betonplatten sowie Kaimauerabdeckstein gekennzeichnet. Die Mauern sind wie an der Dalmannkaipromenade in Abbildung 68 mit Formsteinen und Natursteinmosaik ausgestattet (vgl. Geoportal der Freien und Hansestadt Hamburg 2020). Punktuell sind Bäume angeordnet. Die meisten Bereiche sind jedoch frei von Vegetation (s. Abbildung 67). Entlang der Dalmannkaipromenade sind gebrauchte Natursteinpflaster zu finden (vgl. Geoportal der Freien und Hansestadt Hamburg 2020, s. Abbildung 68). Im gesamten Quartier sind kleinere Terrassen- und Treppen sowie Platzsituationen (s. Abbildung 69) zu finden, die wie in Abbildung 70 zu sehen zum Teil durch Sitzgelegenheiten ergänzt werden. Die Treppen und Terrassen sind in der Regel in Beton, die Sitzkonstruktionen in Holz ausgeführt.



Abbildung 67 Magellan-Terrassen, HafenCity Hamburg



Abbildung 68 Marco-Polo-Terrassen, HafenCity Hamburg



Abbildung 69 Dalmannkaipromenade, HafenCity Hamburg



Abbildung 70 Kleiner halböffentlicher Platz zwischen Gebäuden am Sandtorhafen, Hafen City Hamburg



Abbildung 71 Treppe mit Sitzmöglichkeiten an der Kaipromenade, HafenCity Hamburg

AM SANDTORPARK

Datum und Uhrzeit: 21.05.2020, 13:15 bis 13:45 Uhr

Lufttemperatur: 21°C UV-Index: 6

Bewölkung: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt



Abbildung 72 Begehungskarte Am Sandtorpark

Das Quartier Am Sandtorpark / Grasbrook weist mit Geschossigkeiten von zwei bis elf Geschossen eine große Bandbreite auf. Im Durchschnitt sind die Gebäude sieben- bis achtgeschossig (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2019a). Das elfgeschossige Gebäude Coffee Plaza bildet mit seiner ovalen Form einen Hochpunkt in zentraler Lage am Sandtorpark. Die Fassaden weisen ebenfalls einen hohen Glasanteil auf. Auffällig sind zudem die hellen Fassadenanstriche, Klinker in unterschiedlicher Farbausführung oder dunkle Stahlkonstruktionen. Die Abstandsflächen zwischen den Gebäuden sind geringer als die HBauO vorsieht (vgl. Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 3). Dies führt zu engen Straßenschluchten wie in Abbildung 74 und somit Straßen mit einem hohen H/W-Verhältnis. Im Zentrum des Quartiers befindet sich der Sandtorpark, eine hügelige Graslandschaft mit punktuellen und linearen Sitzgelegenheiten (s. Abbildung 73). Die Sitzgelegenheiten sind in hellem Beton ausgeführt, die teilweise durch Sitzauflagen aus Holz ergänzt sind. Südlich schließt das Quartier mit dem Grasbrookpark ab, in dem ein großer Spielplatz integriert ist. Der Park wird durch eine 2.200 Quadratmeter große Rasenfläche, Sandflächen und Holzkonstruktionen bestimmt. Insgesamt weist der Park rund 60 Bäume auf (vgl. Geoportal der Freien und Hansestadt Hamburg 2020, s. Abbildung 75).

MESOSTANDORT: HAFENCITY HAMBURG



Abbildung 73 Sandtorpark, HafenCity Hamburg



Abbildung 74 Straßenschlucht Am Sandtorpark, HafenCity Hamburg



Abbildung 75 Grasbrookpark, HafenCity Hamburg

ÜBERSEEQUARTIER

Datum und Uhrzeit: 25.04.2020, 14:15 bis 15:00 Uhr

Lufttemperatur: 16°C UV-Index: 4

Bewölkung: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt



Abbildung 76 Begehungskarte Überseequartier

Das bereits fertiggestellte Überseequartier-Nord ist überwiegend versiegelt. Grünflächen gibt es keine. Der Boden ist in roten, grauen und hellen Natursteinplatten ausgeführt (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 28, s. Abbildung 77, 78). Die Gebäude haben ein bis fünfzehn Geschosse. Hochpunkte bilden der zentral gelegene Cinammon Turm und das nord-östlich angeordnete Gebäude an der Osaka Allee (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2019a). Die Fassaden sind an die Fassadengestaltung der Speicherstadt angepasst. Die Verwendung von überwiegend in glasausgeführten Fassaden wurde im Bebauungsplan ausgeschlossen (vgl. Begründung zum Bebauungsplan Hamburg-Altstadt 39 / HafenCity 5). Abbildung 77 zeigt, dass überwiegend rote und braune Klinker für die Fassaden verwendet werden. Im Zentrum des Überseequartiers verläuft der Überseeboulevard, der fast allseitig von hohen Gebäuden eingefasst wird und an mehreren Stellen in kleineren Platzsituationen wie in Abbildung 78 mündet. Für das Überseequartier wurden einheitliche Gestaltungsvorgaben für den Sonnen- und Wetterschutz definiert. So sind für Markisen ausschließlich textile Membranen mit einfarbigen Naturfarben wie in Abbildung 77 zu verwenden (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2019b: 10). Das südliche Überseequartier befindet sich derzeit im Bau.

MESOSTANDORT: HAFENCITY HAMBURG



Abbildung 77 Boden und Fassaden im Überseeboulevard, HafenCity Hamburg



Abbildung 78 Platzsituation im Überseeboulevard, HafenCity Hamburg

BROOKTORKAI

Datum und Uhrzeit: 25.04.2020, 10:30 bis 11:15 Uhr

Lufttemperatur: 13°C UV-Index: 4

Bewölkung: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt



Abbildung 79 Begehungskarte Brooktorkai

Das Quartier Brooktorkai / Ericus ist das kleinste der zehn Quartiere (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 22). Die Geschossigkeit reicht von sieben bis vierzehn Geschossen (vgl. HafenCity Hamburg 2019a). Die Erdgeschosssockel sind in rotbraunem Klinker ausgeführt, die Fassaden überwiegend in Glas (s. Abbildung 80 oder hellen Fassadenanstrichen. Die Begehung hat gezeigt, dass das Quartier überwiegend versiegelt ist, da der Entwurf keine Begrünungsmaßnahmen vorgesehen hat (vgl. Begründung zum Bebauungsplan Hamburg-Altstadt 34 / HafenCity 2). Die Ericuspromenade ist in Form eines 30 Meter langen Steinsofas umgesetzt worden (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 22). Als Bodenoberflächen werden überwiegend Naturstein-, Klinker- und Betonpflaster verwendet. Auf der Plattform des Spiegelgebäudes ist ein kleiner künstlicher Wasserstreifen angelegt. An der Erciuspromenade und der Brooktorpromenade sind wiederkehrend Treppensituationen aus Beton wie in Abbildung 81 integriert. Neben den Treppen werden Holzbänke mit Stahluntergrundkonstruktion und lineare Betonbänke als Sitzgelegenheiten verwendet. Der Dar-es-Salaam-Platz im Westen des Quartiers weist Naturstein- und Betonpflaster auf. Es gibt Sitzgelegenheiten, die wie auch in den anderen Quartieren aus Beton mit Holzauflagen bestehen. Vereinzelt werden diese durch Bäume verschattet.



Abbildung 80 Glasfassade und Klinkersockel des Spiegelgebäudes, HafenCity Hamburg



Abbildung 81 Sitzbänke und Treppen an der Brooktorpromenade, HafenCity Hamburg

ELBTORQUARTIER

Datum und Uhrzeit: 25.04.2020, 12:40 bis 13:10 Uhr

Lufttemperatur: 15°C UV-Index: 4

Bewölkung: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt



Abbildung 82 Begehungskarte Elbtorquartier

Die Gebäude des Elbtorquartiers weisen im Durchschnitt sieben bis acht Geschosse auf. Im Süden befindet sich ein Büroturm mit siebzehn Geschossen (vgl. HafenCity Hamburg 2019a). Zusammen mit der HafenCity Universität und zwei nördlich angeordneten Gebäuden fassen sie einen Platz mit Grünfläche ein (s. Abbildung 83). Der Boden ist in hellen, rötlichen und dunklen Natursteinplatten ausgeführt. Die Fassaden der Gebäude sind durch Glas und helle Fassadenmaterialien geprägt (s. Abbildung 83). Südlich des Platzes sind Betontreppen mit Holzsitzmöglichkeiten in Richtung Wasser angeordnet. Die West-Ost verlaufende Promenade südlich der HafenCity ist geprägt durch Naturstein. Die Betonmauer entlang der HafenCity Universität wird durch Klinkerelemente in mehreren Farben ergänzt (s. Abbildung 84). Im Osten des Elbtorquartiers ist eine rund 170 Meter lange Blockstruktur angeordnet (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 34, s. Abbildung 85). Die Fassaden sind überwiegend wie im nördlichen Überseequartier in roten und braunen Klinker ausgeführt. Die Böden der Elbtorpromenade im Osten sind überwiegend mit streifenförmigen Natursteinpflaster bedeckt (vgl. ebd.: 34, s. Abbildung 85). Im Westen der Promenade befindet sich der Magdeburger Hafen.

MESOSTANDORT: HAFENCITY HAMBURG



Abbildung 83 Platz im Süden des Elbtorquartiers, HafenCity Hamburg



Abbildung 84 Promenade südlich der HafenCity Universität, Hamburg



Abbildung 85 Elbtorpromenade HafenCity, Hamburg

AM LOHSEPARK

Datum und Uhrzeit: 25.04.2020, 11:15 bis 11:35 Uhr

Lufttemperatur: 13°C UV-Index: 4

Bewölkung: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt

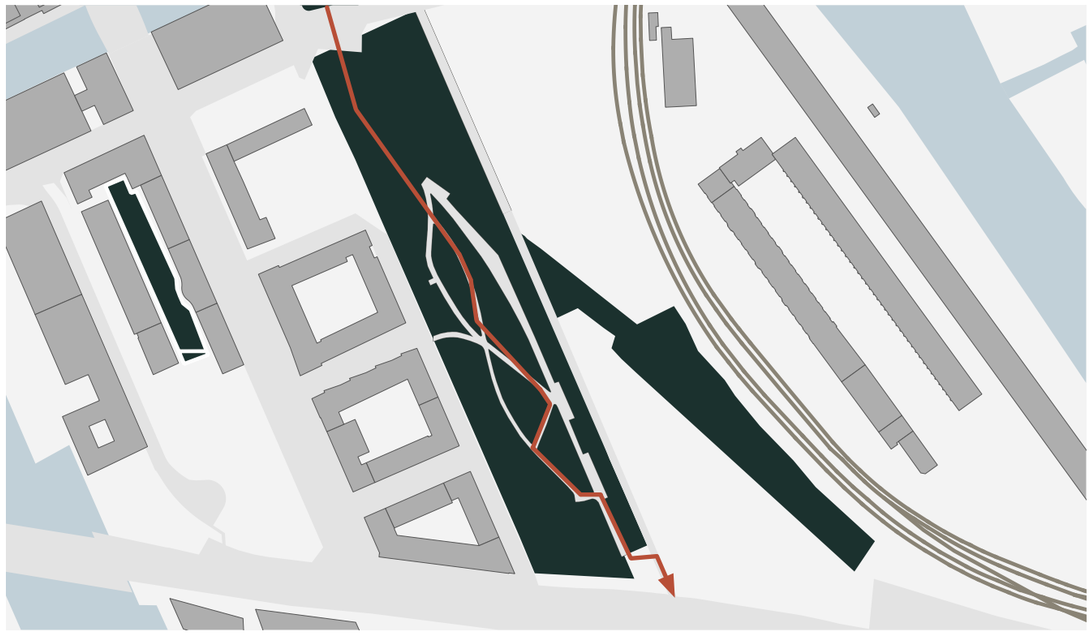


Abbildung 86 Begehungskarte Am Lohsepark

Im Quartier Am Lohespark wurden bis zu diesem Zeitpunkt die westliche Bebauung und der Lohsepark umgesetzt. Die Gebäude weisen eine Geschossigkeit von sechs bis acht Geschossen in Blockrandbebauung auf (vgl. HafenCity Hamburg 2019a). Rote und bräunliche Klinker sind prägend für die Fassadengestaltung (s. Abbildung 88). Mit einer Länge von 550 Metern und einer Breite von 110 Metern ist der Lohsepark die größte Grünfläche der gesamten HafenCity. Er schließt an der südlichen Promenade mit einem Treppenensemble aus Klinkerpflaster ab (s. Abbildung 89). Im Lohsepark sind verschiedene Spiel-, Sport- und Sitzmöglichkeiten angeordnet. Dominierend sind Rasen- und Sandflächen. Im Norden befindet sich der Lohseplatz. Die Wege sind in Schotter, die Sitzgelegenheiten in dunklem Holz ausgeführt (s. Abbildung 87). Insgesamt sind im Lohsepark rund 500 Bäume angepflanzt (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 40).



Abbildung 87 Sitzbänke entlang eines Schotterwegs im Lohespark, HafenCity Hamburg



Abbildung 88 Straße im Quartier am Lohsepark HafenCity, Hamburg



Abbildung 89 Treppen mit Klinkerpflaster, HafenCity Hamburg

BAAKENHAFEN

Datum und Uhrzeit: 25.04.2020, 11:45 bis 12:30 Uhr

Lufttemperatur: 14°C UV-Index: 4

Bewölkung: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt

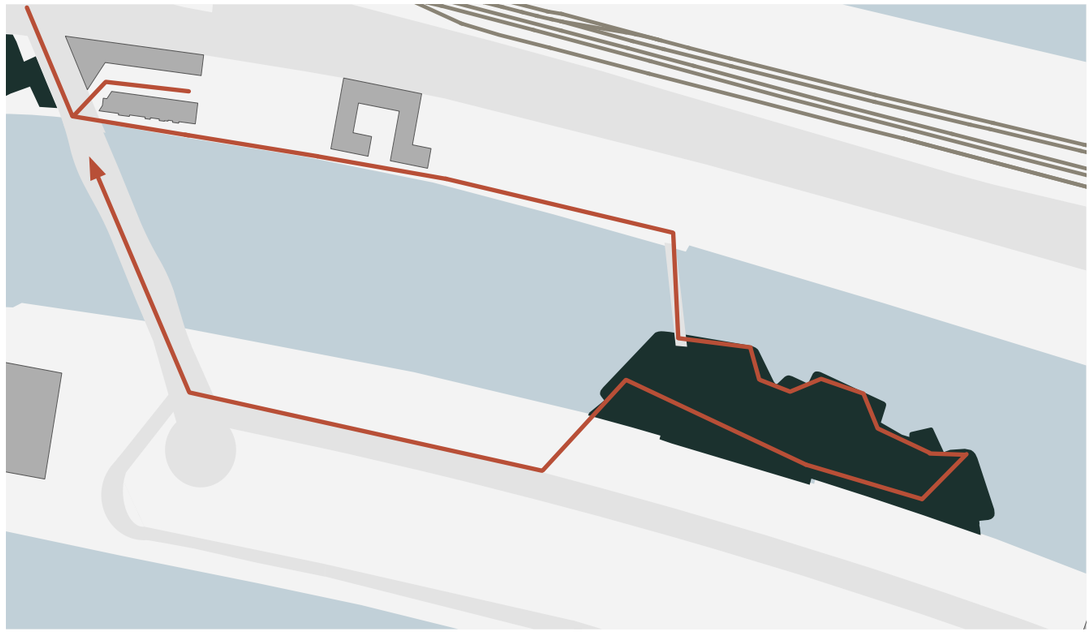


Abbildung 90 Begehungskarte Baakenhafen

Das Quartier am Baakenhafen ist mit 24 Hektar das größte Quartier in der HafenCity (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 50). Ein Teil der Gebäude nördlich der Elbe sowie der Baakenpark wurden bereits fertiggestellt. Der Rest des Gebiets befindet sich in der Umsetzung. Der fünfzehngeschossige Campustower bildet den Eingang zum Quartier. Prägend ist seine auffällige Glasfassade (s. Abbildung 93). Die weiteren Gebäude weisen eine Geschossigkeit von vier bis acht auf, die sich Richtung Wasser hin abstufen (HafenCity Hamburg 2019a). Diese weisen einen hellen Fassadenanstrich oder helle Klinker auf. Die Erdgeschosszone ist in braunem Klinker ausgeführt. Wie auch im Elbtorquartier ist eine Treppenstruktur in Klinkerpflaster umgesetzt. Der Boden der Promenade besteht aus Natursteinpflaster und hellen Betonplatten (s. Abbildung 92). Der Baakenpark ist eine künstlich angelegte Halbinsel, die als Grünfläche, multifunktionale Spiel- und Sportfläche genutzt werden kann und über eine Fußgängerbrücke erreichbar ist. Hauptsächlich sind hier Rasenflächen zu finden (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 46f). Die Wege sind in Schotter und Natursteinpflaster ausgeführt (s. Abbildung 91). Spiel- und Sportflächen weisen Sand- und Fallschutzbelag auf. Die Sitzbänke sind aus hellem Holz.

MESOSTANDORT: HAFENCITY HAMBURG



Abbildung 91 Baakenpark, HafenCity Hamburg



Abbildung 92 Promenade am Baakenhafen, HafenCity Hamburg

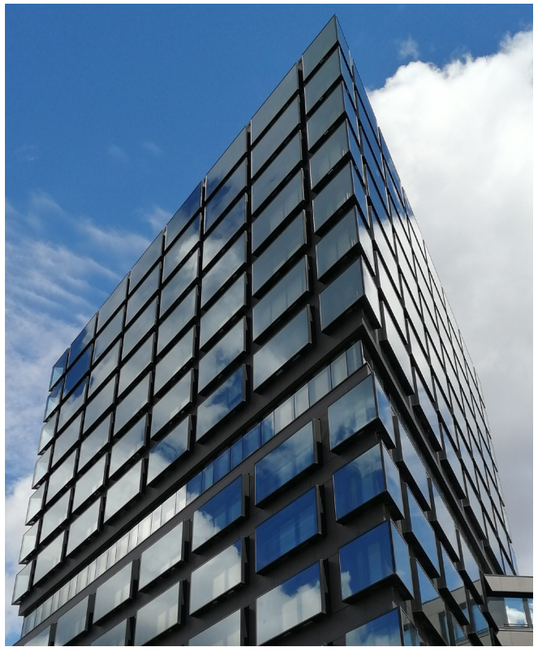


Abbildung 93 Campus Tower, HafenCity Hamburg

Zusammenfassung
Auf Grundlage der Bestandsanalyse lassen sich verschiedene Ergebnisse ableiten. Ein Ziel des Masterplans ist es den motorisierten Individualverkehr mit einem Konzept der kurzen Wege zu reduzieren. Die Folge ist mehr Mobilität im Freien, die zu einer erhöhten Exposition gegenüber UV-Strahlung führt. Diese Ausgangslage zeigt, dass unter anderem alltägliche Räume der Mobilität besonders berücksichtigt werden müssen. Zu den Mobilitätsräumen zählen in der HafenCity neben dem klassischen Straßenraum wie Fuß- und Radwegen auch die Promenaden. Mit dem Ziel eine Nähe zum Wasser zu schaffen wird ein Großteil der Wegeverbindungen am Wasser entlanggeführt. Grundsätzlich weist die HafenCity im gesamtstädtischen Vergleich einen höheren Wasseranteil auf, der einen Einfluss auf die diffuse UV-Strahlung haben kann. Insbesondere die nach Süden exponierten Promenaden und Plätze sind stark gegenüber direkter Sonnenstrahlung und somit dem Einfluss von UV-Strahlung ausgesetzt, da diese in den meisten Situationen nur wenig Möglichkeiten zum Aufsuchen von Schatten bieten. Zudem weisen diese Standorte in den meisten Fällen einen hohen SVF auf, der einen hohen Einfall direkter UV-Strahlung bedeutet. Die Lage am Wasser und die Verwendung heller und glatter Bodenmaterialien erhöhen gleichzeitig den Einfluss der diffusen UV-Strahlung. Eine besondere Typologie stellen die Brücken im Quartier dar, die fast ganztägig gegenüber UV-Strahlung exponiert sind und einen unmittelbaren Einfluss durch die UV-Reflexion des Wassers haben.

Die gesamte HafenCity ist dominiert durch hohe Geschossigkeiten der Gebäude. In einigen Quartieren führen diese gemeinsam mit engen Straßenräumen zu einem hohen H/W-Verhältnis und einem geringen SVF. Das lässt darauf schließen, dass eine UV-Einstrahlung in diesen Räumen zwar vermindert wird, dafür aber die Wärmeausstrahlung in der Nacht verhindert und somit der UHI-Effekt gefördert wird. Der hohe Anteil an vertikalen Flächen und die Verwendung künstlicher Materialien führt zu einer vermehrten Wärmeabstrahlung in der HafenCity. Die überwiegend verwendeten Materialien, die in Abbildung 94 dargestellt sind, weisen alle ein hohes Wärmeemissionsvermögen auf. Im Weiteren erhitzen sich Asphalt und Beton schneller als andere Materialien und der Großteil der verwendeten Materialien weist eine geringe Oberflächenrauigkeit auf, die in Verbindung mit den Gebäudehöhen Windeffekte verstärken. Der hohe Einsatz von Glas an den Fassaden kann zudem Vielfachreflexionen begünstigen. Es gibt jedoch auch Quartiere, die überwiegend dunklere Fassaden mit raueren Oberflächen wie Klinker oder Natursteinpflaster haben, die eine niedrigere Albedo aufweisen. Für die zur Norderelbe ausgerichteten Fassaden ist jedoch in allen Bebauungsplänen festgesetzt, dass für diese nur helle Materialien oder Glas eingesetzt werden darf, um ein einheitliches Erscheinungsbild zu schaffen (vgl. Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 15). In diesem Fall entstehen Räume, die zum einen starke UV-Reflexionen durch das Wasser und die Fassaden sowie in der Regel keine oder nur geringfügige Verschattungsmaßnahmen aufweisen. Dies gilt insbesondere für Mobilitätsräume. Die Innenhöfe in der HafenCity weisen überwiegend einen hellen Fassadenanstrich auf.

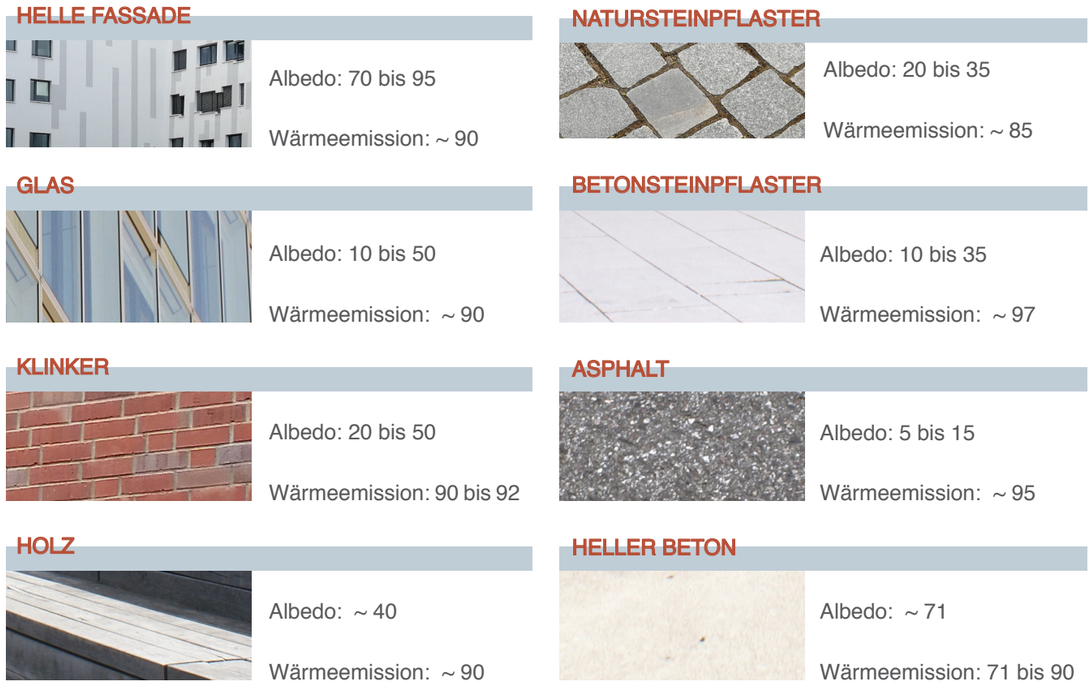


Abbildung 94 Dominierende Oberflächenmaterialien in der HafenCity in Prozent

Es liegen keine genauen Angaben zu dem Versiegelungsgrad in der HafenCity vor, jedoch zeigt die Begehung, dass ein Großteil der öffentlich zugänglichen Räume mit künstlichen Materialien bedeckt sind – Straßen und Wege sind überwiegend in Asphalt und Pflaster ausgestaltet – und es nur wenige Grünflächen wie zum Beispiel den Lohsepark gibt. Der nach eigener Einschätzung geringe Grünflächenanteil und das teilweise spärliche Vorhandensein von Bäumen bedeuten eine geringere Evapotranspirationsleistung, die den UHI-Effekt in der HafenCity ebenfalls verstärken. Dies wird auch in Zukunft weiter fortgesetzt. Am Strandkai ist zum Beispiel ein 93 m langer öffentlicher Raum vorgesehen, welcher der Planung nach zu urteilen keine Begrünungs- oder Verschattungsmaßnahmen vorsieht (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2017: 26).

Verstärkte Windgeschwindigkeiten und künstliche Bodenoberflächen bedeuten zudem schlechtere Standortbedingungen für die Bäume in der HafenCity. Sind Bäume an Promenaden oder Plätzen vorhanden, sind diese in einigen Fällen so angeordnet, dass sie während der CPT keinen Schatten spenden. Zudem ist zu berücksichtigen, dass zu dem Zeitpunkt der Begehungen im April und Mai die Bäume teilweise nicht oder nur spärlich belaubt waren, sodass insbesondere während der Monate im Frühjahr – in denen die UV-Strahlung bereits sehr hoch sein kann und im letzten Jahr die Sonnenscheindauer in diesen Monaten am höchsten war – nur wenig Schatten gespendet wird. Verschattung findet in der HafenCity vorwiegend in Form von natürlichem Schatten durch Bäume oder Gebäudeschatten statt. An der Kaipromenade zum Beispiel durch Gebäudeüberstände. Einzelhandelsunternehmen und Gastronomie verwenden anpassbare Systeme in Form von Sonnenschirmen und Markisen. Allerdings sind die Handlungsspielräume in diesen Fällen begrenzt, da es genaue Gestaltungsvorgaben in Bezug auf Größe und Auskragung gibt. Markisen sind beispielsweise nur in Einzelfällen möglich (vgl. HafenCity Hamburg GmbH 2013: 3).

Insgesamt lässt sich festhalten, dass auf Grundlage der Begehung die bereits in Kapitel 4.2 identifizierten Alltagsräume auch in der HafenCity wiedergefunden werden konnten. Im Rahmen der Begehung hat sich für das Quartier HafenCity neben den bereits fünf vorgestellten Alltagsräumen noch eine weitere Standorttypologie – die Promenaden – herausgestellt, die bisher keiner der betrachteten Typologien zugeordnet werden konnte. Diese weist neben den Eigenschaften von den Typologien Straße und Platz, einen möglichen Einfluss durch UV-Reflexion an der Wasseroberfläche auf. Im Vergleich zu den Plätzen weisen sie eine höhere Mobilität auf. Terrassensituationen werden dem Alltagsraum Platz zugeordnet. Insgesamt werden sechs verschiedene alltagsräumliche Typologien identifiziert, die sich durch ihre physischen Eigenschaften (s. Kapitel 4.2), Nutzungen und Funktionen maßgeblich voneinander unterscheiden.

7.3 Alltagsräume in der HafenCity Hamburg

Auf den folgenden Seiten werden verschiedene Raum- und Schattensituationen in den sechs Alltagsräumen der HafenCity Hamburg aufgezeigt.

PLÄTZE IN DER HAFENCITY



Abbildung 95 Marco-Polo-Terrassen



Abbildung 96 Terrassen am Buenos-Aires-Kai



Abbildung 97 Promenade am Strandkai



Abbildung 98 Dar-es-Salaam-Platz

SCHATTEN AUF PLÄTZEN



Abbildung 99 Baumschatten auf Platz an der Straße Großer Grasbrook



Abbildung 100 Baumschatten an der Ericusspitze



Abbildung 101 Baumschatten auf den Marco-Polo-Terrassen



Abbildung 102 Platz zwischen der Kühne Logistik Universität und dem Kühne & Nagel Gebäude

STRAßEN IN DER HAFENCITY



Abbildung 103 Straßenraum der Shanghaiallee



Abbildung 104 Begrünte Mittelinsel auf der Straße Großer Grasbrook



Abbildung 105 Mittelinsel auf der Überseeallee



Abbildung 106 Bushaltestelle an der Osakaallee

SCHATTEN AUF STRAßEN



Abbildung 107 Gebäudeschatten auf der Straße Am Kaiserkai



Abbildung 108 Baumschatten auf Parkplatz Am Dalmannkai



Abbildung 109 Gebauter Schatten durch Kolonnade an der Osakaallee



Abbildung 110 Gebäudeschatten in der Hongkongstraße

GRÜNRÄUME UND PARKS



Abbildung 111 Sitzgelegenheiten im Sandtorpark



Abbildung 112 Sitzgelegenheiten im Baakenpark



Abbildung 113 Grünfläche im Lohsepark



Abbildung 114 Parklandschaft im Sandtorpark

SCHATTEN IN GRÜNRÄUMEN



Abbildung 115 Baumschatten im Sandtorpark



Abbildung 116 Baumschatten im Baakenpark



Abbildung 117 Gruppierter Baumschatten im Lohsepark

INNENHÖFE IN DER HAFENCITY



Abbildung 118 Halböffentlicher Innenhof am Campus Tower



Abbildung 119 Innenhof am Grasbrookpark



Abbildung 120 Innenhof des Gebäudes Singapurstraße / Am Sandtorkai



Abbildung 121 Innenhof mit heller Fassade

SCHATTEN IN INNENHÖFEN



Abbildung 122 Schattenwurf durch Überdachung



Abbildung 123 Schattenwurf durch Gebäudeüberstand

SPIEL- UND SPORTPLÄTZE



Abbildung 124 Sand- und Wasserspielfläche im Grasbrookpark



Abbildung 125 Sandspielfläche im Lohsepark



Abbildung 126 Basketballplatz mit Stahlpergola



Abbildung 127 Basketballplatz im Baakenpark

SCHATTEN SPIEL- / SPORTPLÄTZE



Abbildung 128 Schattenwurf durch Gebäudeüberstand über Sitzgelegenheiten an Sportfläche



Abbildung 129 Begrünter Pavillon im Lohsepark



Abbildung 130 Baumschatten auf Sandspielfläche im Grasbrookpark

PROMENADEN IN DER HAFENCITY



Abbildung 131 Promenade am Dalmannkai



Abbildung 132 Promenade an der Ericusspitze



Abbildung 133 Promenade am Magdeburger Hafen

SCHATTEN AUF PROMENADEN



Abbildung 134 Verschattung durch Kolonnade an der Elbpromenade



Abbildung 135 Baumschatten auf Promenade am Magdeburger Hafen



Abbildung 136 Schatten durch Gebäudeüberstände am Sandtorhafen

Auswahl der Messstandorte

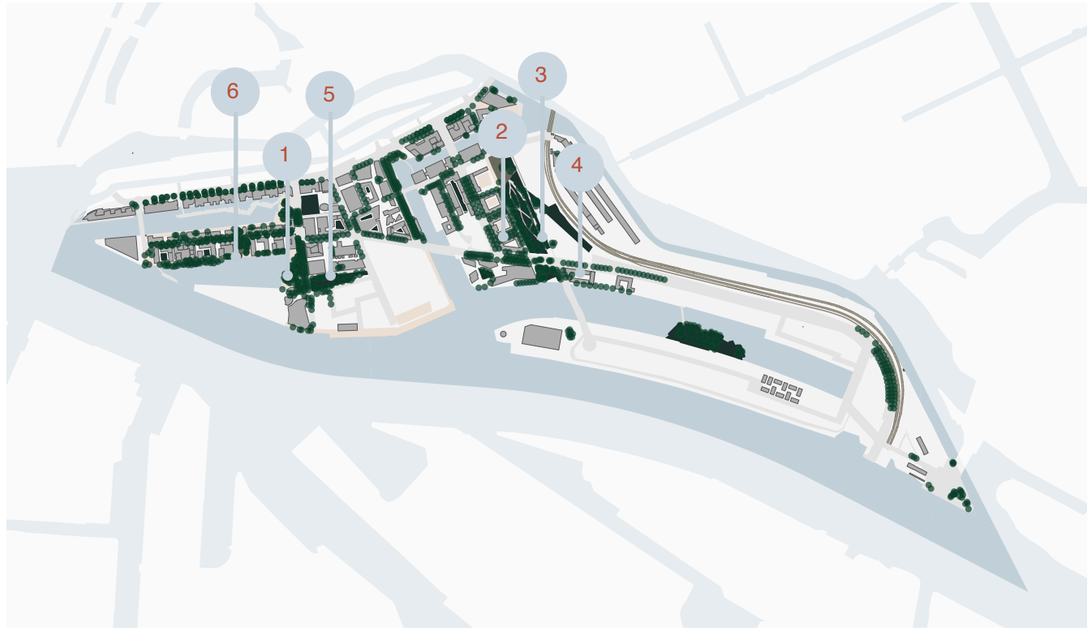
Aus jedem der sechs Alltagsräume wird ein Standort ausgewählt, an dem die potenzielle Gefährdung durch UV-Strahlung untersucht wird. Dabei sollen insbesondere Standorte betrachtet werden, die im Rahmen der Begehung als typische Situationen in der HafenCity identifiziert werden konnten. In diesem Zusammenhang werden auch unterschiedliche Einflüsse von Oberflächen, Bebauung, Schattenwirkungen durch Vegetation und Bebauung sowie die Lage zum Wasser berücksichtigt. Für den Alltagsraum Platz wird ein Standort an den Marco-Polo-Terrassen zwischen einer Baumgruppe gewählt. Ziel ist es, den Zusammenhang heller Bodenoberflächenmaterialien mit der natürlichen Verschattung sowie die Reflexion in Wasserlage herauszustellen. Eine Gebäudeverschattung findet an diesem Standort nicht statt. Es findet bewusst eine Messung unterhalb der Baumgruppe statt, da bei längeren Aufenthalten und hohen Temperaturen häufig Schatten aufgesucht wird. An dem Standort Promenade am Dalmannkai für den Alltagsraum Promenade wird die Messung ohne den Einfluss einer natürlichen Verschattung durchgeführt, um einen Vergleich ziehen zu können. Fast alle Promenaden in der HafenCity sind nach Süden ausgerichtet und weisen so gut wie keine Verschattung auf. Aus diesem Grund, der hohen Frequentierung und dem Mobilitätsverhalten an der Promenade stellt diese einen geeigneten Messstandort dar. Es ist zu vermuten, dass die südlich ausgerichteten Plätze in Wasserlage, wie der Dar-es-Salaam-Platz oder der Vasco-Da-Gama-Platz vergleichbare Ergebnisse wie der Alltagsraum Promenade liefern und werden aus diesem Grund nicht im Rahmen einer Messung betrachtet. Für den Alltagsraum innerstädtischer Grünraum und Park wird ein Standort im Lohsepark gewählt. Die Messung erfolgt auf einer Grasfläche unterhalb von Baumschatten. Im Vergleich zum Messstandort für den Alltagsraum Platz ist in diesem Fall nur eine geringe Albedo der Bodenoberfläche gegeben und es besteht kein Wassereinfluss. Der Einfluss von natürlichem Schatten steht im Fokus, da die Begehung gezeigt hat, dass diese häufig als Schattenorte genutzt werden. Im Vergleich dazu wird für den Alltagsraum Spiel- und Sportplatz ein Standort im Grasbrookpark ohne direkte natürliche Verschattung ausgewählt. Hier spielen unterschiedliche Böden, wie Sandfläche, Gras und Pflasterung eine Rolle. Auch spielen die zentrale Lage und hohe Frequentierung eine Rolle bei der Wahl. Für den Alltagsraum Straßenraum wird eine Messung in der Ost-West verlaufenden Straßenschlucht der Yokohamastraße durchgeführt. Die Straße weist dunkle Boden- und Fassadenoberflächen mit geringer Albedo auf. In diesem Rahmen soll der Einfluss von Gebäudeschatten in einer engen Straßenschlucht ermittelt werden. Für den Alltagsraum Innenhof wird der Innenhof am CampusTower ausgewählt. Der halböffentliche Innenhof ist fast allumseitig von Gebäuden umschlossen, weist im Vergleich zum Straßenraum allerdings Fassaden mit hellem Anstrich, Faserzementplatten und Glas auf. Auch die Bodenoberflächen sind hell oder mit Vegetation bedeckt. Für den Standort im Innenhof gab es nur wenige Alternativen, da die meisten Innenhöfe in der HafenCity nur privat zugänglich sind. Im östlichen Bereich der HafenCity sind kaum Messstandorte verortet, da hier die Bautätigkeiten einen zu großen Einfluss auf die räumlichen Rahmenbedingungen haben und somit die Aussagekraft beeinträchtigt werden würde.

7.4 UV-Strahlung in der HafenCity Hamburg

Im Folgenden werden die ausgewählten Standorte, in denen eine Messung der UV-Strahlung erfolgt, und ihre Standorteigenschaften vorgestellt. In Abbildung 137 sind die Messstandorte in der HafenCity verortet. Zu Beginn jedes Standortes werden die Lage des Messstandortes und die Standorteigenschaften vor Ort wie SVF, H/W-Verhältnis und die Oberflächeneigenschaften beschrieben. Die in den Lageplänen dargestellten Schatten beziehen sich auf den Zeitpunkt des Sonnenhöchststandes und sollen beispielhaft die Schattenverhältnisse vor Ort zeigen. Für den SVF gilt, je mehr freier Himmel zu sehen ist, desto höher ist die UV-Strahlung. Da es im Rahmen der Arbeit nicht möglich ist, den SVF exakt zu bestimmen, wird jedoch mithilfe von Fotoaufnahmen eine erste Einschätzung des SVFs möglich gemacht und ein Eindruck des SVFs vermittelt. Auf Grundlage der erfassten Standorteigenschaften werden Annahmen abgeleitet, welche UVI-Werte und Nutzungen an den einzelnen Messpunkten erwartet werden.

In einem Messprotokoll werden für jeden Standort die wichtigsten Informationen und ein kurzer Überblick über die Ergebnisse vorgestellt. Es werden der maximale (UVI_{max}), der minimale (UVI_{min}) und durchschnittliche UV-Index ($UVI_{Ø}$), sowie die maximale (EEr_{max}) und minimale (EEr_{min}) erythemale Bestrahlungsstärke angegeben. Im Weiteren wird im Messprotokoll die Anzahl der Messwerte aufgeführt. Die Anzahl der Messwerte umfasst die Anzahl der Zeitpunkte, an denen der UV-Index und die UV-Bestrahlungsstärke erfasst wurde. Die unterschiedliche Anzahl der Messwerte ergibt sich dadurch, dass Messwerte alle 15 Minuten übermittelt werden oder wenn sich die UV-Intensität um mindestens 0.01 Volt zu dem vorherigen Wert ändert. Dies führt dazu, dass an sehr wechselhaften Tagen oder an Standorten mit wechselhaften Schatteneinflüssen mehr Daten übertragen werden. Als Vergleichswert wird für jeden Messtag der nach dem Bundesamt für Strahlenschutz ermittelte UV-Index für die Messstation Lüneburg angegeben (vgl. Bundesamt für Strahlenschutz 2020a).

Auf Grundlage der Beobachtung während des Messzeitraumes und einer Protokollierung in einem Schattenverlaufsprotokoll, werden die für den Standort verschattungsrelevanten Elemente aufgeführt und die Schattenverhältnisse während der CPT beschrieben. Unter verschattungsrelevante Elemente werden in diesem Zusammenhang alle Objekte verstanden, die während der CPT zu irgendeinem Zeitpunkt den Messstandort verschatten. Die Angaben bezüglich der Ausrichtung der Gebäude ist dabei in Bezug auf den Messstandort zu verstehen. Im Schattenverlaufsprotokoll werden weitere verschattete Bereiche dokumentiert, um einzubeziehen, inwieweit die Verschattung gegebenenfalls auch einen Einfluss auf die reflektierte UV-Strahlung der umliegenden Oberflächen haben kann. Um eine bessere Übersichtlichkeit über die einzelnen Messwerte zu ermöglichen, werden halbstündliche Mittelwerte sowie die Ergebnisse während des Sonnenhöchststandes angegeben. Da nicht immer genau zum Zeitpunkt des Sonnenhöchststandes ein Messwert erhoben wird,



1 Messstandort Platz: Marco-Polo-Terrassen
2 Messstandort Straßenraum: Yokohamastraße
3 Messstandort innerstädtischer Grünraum und Parks: Am Lohsepark
4 Messstandort Innenhof: Innenhof am Campus Tower
5 Messtandort Spiel- und Sportplätze: Grassbrookpark
6 Messstandort Promenade: Promenade am Dalmannkai

Abbildung 137 Verortung der Messstandorte in der HafenCity

werden die Messwerte angegeben, deren Uhrzeit dem Sonnenhöchststand am nächsten kommt. Die Datentabellen mit den Rohdaten sind dem Anhang beigefügt.

Neben der UV-Strahlung und den Schattenverhältnissen vor Ort werden auch die Nutzungen erfasst, die vorwiegend während der CPT stattfinden. Dabei wird zwischen Nutzungen unterschieden, die bis 15 Minuten und länger als 15 Minuten andauern, da eine UV-Exposition bis zu 15 Minuten von der WHO als gesundheitsfördernd angesehen wird (s. Kapitel 2.1).

Auf Grundlage der erfassten Ergebnisse werden die Standorte in Hinblick auf ihre Gefährdung durch UV-Strahlung unter Berücksichtigung der verschiedenen Schattenwirkungen bewertet. Es wird geprüft, ob die getroffenen Annahmen in diesen Fallbeispielen zutreffen oder widerlegt werden können. Die Bewertung erfolgt unter Berücksichtigung der jeweiligen Wetterbedingungen vor Ort.

Messstandort Platz: Marco-Polo Terrassen

Der Messstandort Marco-Polo-Terrassen liegt in der westlichen HafenCity im Quartier Am Sandtorkai / Dalmannkai. Die Terrassen erstrecken sich in nordsüdlicher Richtung entlang des im Westen gelegenen Grasbrookhafens und befinden sich in direkter Wasserlage. In östlicher Richtung werden die Marco-Polo-Terrassen durch die Straße Großer Grasbrook begrenzt. Im Norden schließt die Promenade am Dalmannkai an. Im Süden befindet sich der Marco-Polo-Tower. Die Terrassen stufen sich am Standort auf fünf Ebenen ab. Der Standort wird von drei freistehenden Bäumen eingegliedert, deren Kronendach jedoch nicht ineinander übergeht (s. Abbildung 138). Abbildung 139 zeigt, dass die Himmelssicht am Messstandort teilweise durch die umliegenden Bäume eingeschränkt ist. Neben der Baumgruppe sind an den Marco-Polo-Terrassen Einzelbäume gepflanzt. Am Standort sind eine Vielzahl an Liege- und Sitzmöglichkeiten angeordnet, die in Holz ausgeführt sind.

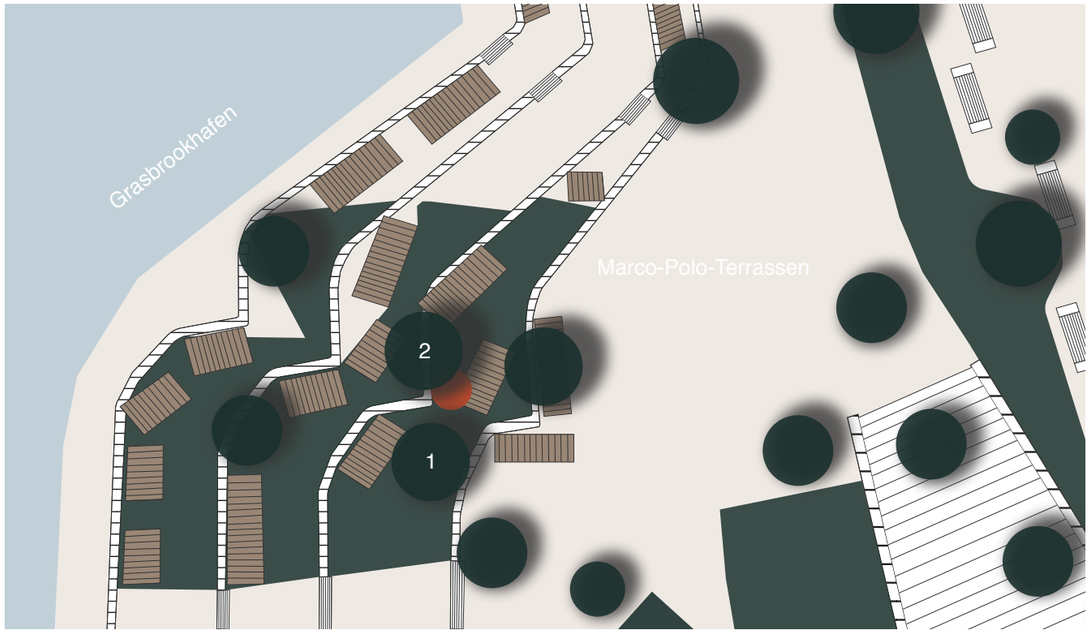


Abbildung 138 Lageplan des Standortes Marco-Polo-Terrassen mit exemplarischem Schattenwurf während Sonnenhöchststand



Abbildung 139 SVF am Messstandort Marco-Polo-Terrassen

Die Albedo der Bodenoberflächen variiert am Standort zwischen 10 bis 71 Prozent. Die Bodenoberflächen der Terrassen sind in Granit, weißem Beton und Betonsteinpflaster sowie Rasen ausgeführt. Hingegen weisen das Wasserbecken des Grasbrookhafens und die Fassade des Marco-Polo-Towers mit jeweils bis zu 95 Prozent eine höhere Albedo auf (s. Tabelle 8).

Für den Standort an den Marco-Polo-Terrassen wird die Annahme getroffen, dass aufgrund der eingeschränkten Himmelssicht der Standort je nach Sonnenstand gut verschattet wird und nur eine geringe UV-Strahlung aufweist. Die mittel ausgeprägten Kronendächer (s. Tabelle 10) und die Abstände zwischen den einzelnen Kronendächern lassen hingegen eher unregelmäßige UV-Strahlungswerte vermuten. Zudem wird davon ausgegangen, dass die UV-Strahlungswerte aufgrund des Reflexionsvermögens am Standort und dem Wassereinfluss höher sind als an Standorten mit geringerer Albedo und ohne Lage am Wasser, wie zum Beispiel im Lohsepark. Aufgrund der ansprechenden Gestaltung mit Sitz- und Liegemöglichkeiten sowie der zentralen Lage in der HafenCity wird davon ausgegangen, dass an dem Standort zwar eine hohe Fluktuation stattfindet, die individuelle Nutzung jedoch länger als 15 Minuten andauert. Schwerpunkte werden vor allem im Aufenthalt und weniger im Durchgangsverkehr gesehen.

Die Messung am Standort Marco-Polo-Tower findet am Freitag, den 31. Juli 2020 statt. Zwischen 10 Uhr und 15 Uhr variiert der Sonnenhöhenwinkel insgesamt zwischen 36,95° und 54,55°. Insgesamt werden 278 Messwerte erfasst. Von 10 Uhr bis 11:30 Uhr ist das Wetter leicht bewölkt bis sonnig. Ab 11:30 Uhr ist der Himmel wolkenlos, sonnig (s. Tabelle 12). Zudem herrscht Wind. Die Temperatur liegt zwischen 18°C und 23°C, sodass

Tabelle 8 Oberflächenmaterialien am Standort Marco-Polo-Terrassen

	MATERIAL	ALBEDO (in Prozent)	EMISSIONSVERMÖGEN (in Prozent)
Terrassenoberfläche I	Granit	~31	~45
Terrassenoberfläche II	weißer Beton	~71	~97
Terrassenoberfläche III	Gras	20 bis 30	90 bis 95
Sitzgelegenheiten	Holz	~40	~90
Becken des Grasbrookhafens	Wasser	5 bis 95	92 bis 97
Fassade des Marco-Polo-Towers	helle Fassade Glas	70 bis 95 10 bis 50	~31 ~31

in Bezug auf das thermische Empfinden von einem hohen Erythemrisiko auszugehen ist.

Tabelle 9 Messprotokoll des Standortes Marco-Polo-Terrassen

ALLTAGSRAUM 1 PLATZ			
Datum	31.07.2020		
Koordinaten	53.540N 9.992E		
Sonnenaufgang	05:33:52		
Sonnenhöchststand	13:26:24		
Sonnenuntergang	21:17:49		
Sonnenhöhenwinkel 10:00 bis 13:26)	36.95° bis 54.55°		
Anzahl der Messwerte	n= 278		
UVI_{max}	3,73	4	13:09:32 13:11:52
EEr_{max}	93,3 mW/m²		
UVI_{min}	0,31	0	10:45:12
EEr_{min}	7,8 mW/m²		
$UVI_{ø}$	2		
UVI nach Bundesamt für Strahlenschutz	7		
offizieller gemessener UVI-Tageswert (höchster Halbstundenwert)	3		

Der Standort ist ab 10:55 für die restliche CPT durch umliegende Bäume verschattet. Insgesamt gibt es zwei Bäume (s. Abbildung 138, Tabelle 10) – Sumpfzypressen – die an dem Standort Schatten spenden. Bis 11:30 Uhr wird der Standort von der südöstlich angeordneten Sumpfzypresse verschattet. Um 11:30 Uhr findet kurzzeitig eine Überlagerung der beiden Baumschatten statt, wobei das Messgerät selbst nicht vollumfänglich verschattet wird und UV-Indexwerte von 3 erreicht werden. Der Sonnenhöchststand wird um 13:26:24 Uhr erreicht. Aufgrund eines umfassenden Baumschattens (s. Tabelle 11, Abbildung 141) liegt der UV-Index zu diesem Zeitpunkt nur bei 1. Abbildung 141 zeigt, dass insbesondere der Randschatten sehr lichtdurchlässig ist. Bis zum Sonnenhöchststand nimmt die Länge der Schatten ab. Danach nimmt die Schattenlänge wieder zu, sodass bis 15 Uhr eine zunehmende Verschattung stattfindet. Bis zum Sonnenhöchststand sind die Schattenwürfe überwiegend aufgelockert und lichtdurchlässig. Der höchste gemessene Halbstundenwert liegt bei einem UV-Index von 3 und wird zwischen 11:30 Uhr und 12 Uhr ermittelt (s. Tabelle 12). Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Standort bis 12:30 Uhr überwiegend durch Randschatten verschattet wird und an diesen der Einfluss der direkten und diffusen UV-Strahlung besonders hoch ist. Mit einem UV-Index von 4 wird um 13:09:32 Uhr und um 13:11:52 Uhr der höchste UV-Index erhoben. Jedoch sind im Zeitraum des maximalen UV-Indexes die Unterschiede aufgrund des inhomogenen Schattenwurfs und des sehr kurzen Schattens zwischen den Messwerten so groß, dass in diesem Halbstundenmittel nur ein UV-Index von 2 vorliegt. Insgesamt finden zwischen 10 Uhr und 13:30 Uhr große Schwankungen der Werte statt. Ab 13:30 Uhr bis 15 Uhr ist der Schattenwurf zunehmend geschlossen und in seiner Größe wieder stärker ausgeprägt, sodass der Einfluss der direkten und diffusen UV-Strahlung wieder abnimmt. Aus diesem Grund unterliegen die Bestrahlungsstärke und der UV-Index ab 13:30 Uhr kaum noch Schwankungen. Gebäudeschatten gibt es während der CPT nicht. Anders als zunächst erwartet, spielt der Marco-Polo-Tower während des Messzeitraumes keine Rolle.

Im Durchschnitt liegt der UV-Index während der CPT bei 2. Der Verlauf des UV-Index zeigt, dass der UV-Index sehr unregelmäßig ist und immer wieder Werte von 3 oder höher auftreten, obwohl Schatten an dem Standort vorhanden ist (s. Abbildung 140). Für die Messstation Lüneburg wird im Vergleich von dem Bundesamt für Strahlenschutz ein UV-Index von 7 erfasst. Neben dem Messstandort als solchen, sind je nach Sonnenverlauf, die den Standort umgebenden Sitz- und Liegemöglichkeiten unterschiedlich stark verschattet.

Am Standort finden vor allem bewusste Nutzungen, wie das Ausruhen und Entspannen auf den Sitzgelegenheiten oder der Verzehr von Getränken und Speisen statt. Weiterhin wurde der Standort durch eine Gruppe spielender Kinder genutzt und Arbeiter:innen gingen dem Grünschnitt und der Pflege der öffentlichen Grünflächen nach. Die Nutzungen dauern in der Regel länger als 15 Minuten an. In einem Fall dauerte der Aufenthalt sogar länger als zwei Stunden. An diesem Beispiel wurde deutlich, dass zu Zeiten, in denen keine Verschattung vorhanden ist, der Platz nicht in verschattete Bereiche verlegt wird. Während der Mittagszeit werden alle Schattenplätze genutzt. Es entsteht der Eindruck, dass aktiv Schattenplätze gesucht werden. Sind diese belegt, werden aber auch Standorte in der Sonne gewählt. Die Nutzergruppen sind gemischt von Familien mit Kindern, Jugendlichen aber auch Senior:innen.

Tabelle 10 Verschattungsrelevante Bäume an den Marco-Polo-Terrassen

LFD.NR.	BAUMART	KRONEN-DURCHMESSER (in Meter)	KRONENDICHTE*	HÖHE (in Meter)	KRONENDACH
1	Sumpfzypresse	4	mittel	9	vertikal, inhomogenes, aber tief ausgeprägtes Kronendach
2	Sumpfzypresse	4	mittel	10	vertikal, inhomogenes Kronendach

*nach Leitfaden zur Kronendichte von Greenwood et al. (1998)

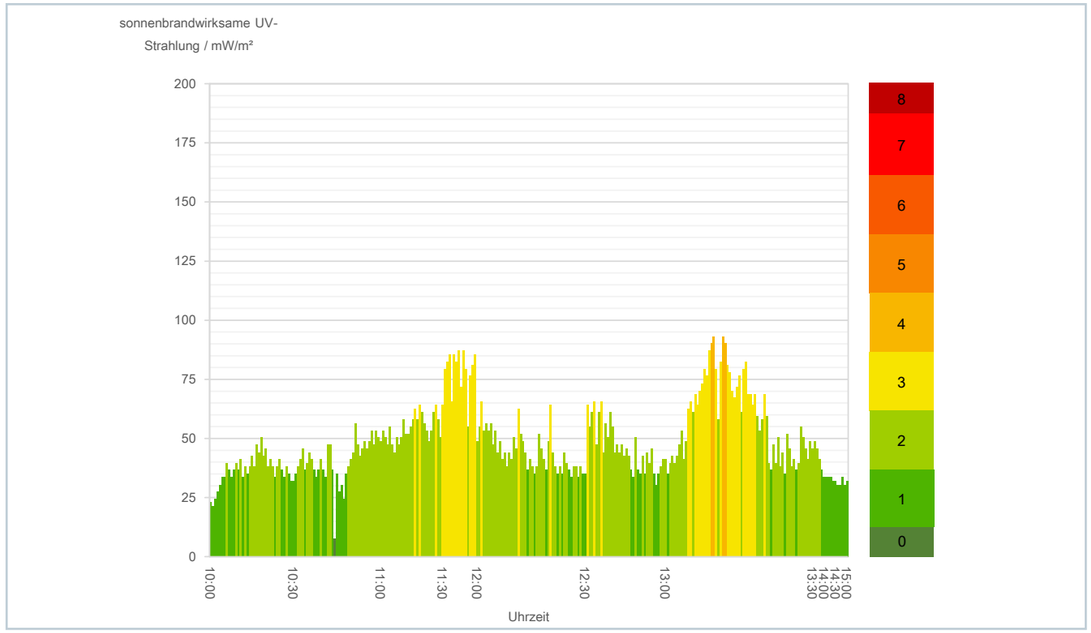


Abbildung 140 UV-Index während der CPT am Standort Marco-Polo-Terrassen

Tabelle 11 Schattenverhältnisse am Standort Marco-Polo-Terrassen während der CPT

ZEIT	SCHATTEN VORHANDEN	ART DES SCHATTENS	SCHATTEN-LÄNGE (bei 1m Höhe)	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE
10:00	nein						
10:30	ja, ab 10:55	Baumschatten (von lfd. Nr. 1)	1,15	10,35	nur leichter Einfluss, durch Randschatten	stark vertikal ausgeprägt	Liege- und Sitzmöglichkeit im Süden
11:00	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 1)	1,01	9,09	lichtdurchlässig, aufgelockert, da nur Einfluss durch Baumspitze	rundlich	südliche und östliche Liege- und Sitzmöglichkeiten
11:30	ja, aber Messgerät selbst nur teilweise verschattet	Baumschatten (von lfd. Nr. 1)	0,9	8,1	lichtdurchlässig, aufgelockert, da nur Einfluss durch Baumspitze	inhomogen, kegelförmig	südliche und östliche Liege- und Sitzmöglichkeiten geringfügig verschattete
		Baumschatten (von lfd. Nr. 2)		9	lichtdurchlässig, aufgelockert, da nur äußerer Rand des Kronendachs	kegelförmig, am Rand aufgelockert	gute Verschattung der nördlichen Liege- und Sitzmöglichkeiten
12:00	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	0,82	8,2	sehr aufgelockert und nur äußerer Rand des Kronendachs	kegelförmig, am Rand aufgelockert	gute Verschattung der nördlichen Liege- und Sitzmöglichkeiten
12:30	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	0,76	7,6	lichtdurchlässig, aufgelockert	rund bis kegelförmig	gute Verschattung der nördlichen Liege- und Sitzmöglichkeiten
13:00	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	0,72	7,2	lichtdurchlässig, aufgelockert	verkürzt, inhomogen rundlich	nördlich gelegene Sitz- und Liegemöglichkeiten sind nur geringfügig verschattet
13:30	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	0,71	7,1	aufgelockert	verkürzt, inhomogen rundlich	gute Verschattung der nördlichen Sitz- und Liegemöglichkeit,geringe Verschattung der östlichen Sitz- und Liegemöglichkeit
14:00	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	0,73	7,3	zunehmend geschlossen	kegelförmig	Teile der östlichen und nördlichen Liege- und Sitzmöglichkeiten
14:30	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	0,77	7,7	geschlossen	inhomogen, stark vertikal ausgeprägt	östliche Liege- und Sitzmöglichkeiten stark verschattete
15:00	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	0,83	8,3	geschlossen	kegelförmig bis vertikal ausgeprägt	starke Verschattung der östlichen Liege- und Sitzmöglichkeit

Tabelle 12 Bestrahlungsstärke und UVI im Halbstundentakt während der CPT am Standort Marco-Polo-Terrassen

ZEIT	BESTRAHLUNGS-STÄRKE (mW/m2)	UVI	UVI GERUNDET	SCHATTEN VORHANDEN	WETTER	TEMPERATUR (in °C)
10:00 bis 10:30	36,76	1,47	1	nein	leicht bewölkt, heiter	18
10:30 bis 11:00	40,29	1,65	2	ja, ab 10:55	leicht bewölkt, heiter	20
11:00 bis 11:30	54,20	2,17	2	ja	leicht bewölkt, heiter	20
11:30 bis 12:00	77,95	3,12	3	ja	wolkenlos, sonnig	21
12:00 bis 12:30	50,13	1,79	2	ja	wolkenlos, sonnig	22
12:30 bis 13:00	46,27	1,85	2	ja	wolkenlos, sonnig	22
13:00 bis 13:30	57,81	2,31	2	ja	wolkenlos, sonnig	22
13:30 bis 14:00	33,75	1,35	1	ja	wolkenlos, sonnig	22
14:00 bis 14:30	32,88	1,32	1	ja	wolkenlos, sonnig	23
14:30 bis 15:00	31,54	1,26	1	ja	wolkenlos, sonnig	23
13:26 (Sonnen-höchststand)	31,54	1,26	1	ja	wolkenlos, sonnig	23



Abbildung 141 Messstandort an den Marco-Polo-Terrassen während Sonnenhöchststand

Messstandort Straßenraum: Yokohamastraße

Die Yokohamastraße liegt in der östlichen HafenCity im Quartier Am Lohsepark. Sie ist eine von Osten nach Westen verlaufende Straße mit insgesamt zwei Fahrstreifen. Im Osten wird sie von der Straße Am Lohsepark und dem Lohsepark selbst, im Westen von der Shanghaiallee begrenzt. An beiden Fahrstreifen sind Parkstände für Längsparken angeordnet. Am nördlichen Fahrbahnrand gibt es sechs Parkstände, am südlichen Fahrbahnrand Vier. Im östlichen Abschnitt der südlichen Straßenseite ist eine Tiefgarageneinfahrt. Zudem sind parallel zu den Parkständen mehrere Fahrradabstellanlagen angeordnet. Der Straßenraum umfasst insgesamt eine Breite von 16 Metern. Im Norden und Süden wird der Straßenraum jeweils von einer geschlossenen Blockrandbebauung eingefasst (s. Abbildung 143 und 144). Die Gebäude der Randbebauung haben sechs bis sieben Geschosse. Die Erdgeschosszone ist höher als die übrigen Geschosse. Ausgehend von der Festlegung der HBauO, dass ein Vollgeschoss mindestens 2,3 Meter aufweist, die Bebauung am Standort aber höhere Geschossigkeiten und eine erhöhte Erdgeschosszone aufweist, wird von einer mittleren Höhe der umliegenden Bebauung von 22 Metern ausgegangen. Für den Straßenraum ergibt sich somit ein H/W-Verhältnis von ca. 1,3. Abbildung 142 vermittelt einen Eindruck des SVFs des Standortes. Durch die Horizonteinengung der Randbebauung besteht eine eingeschränkte Himmelssicht am Standort.



Abbildung 142 SVF am Messstandort Yokohamastraße

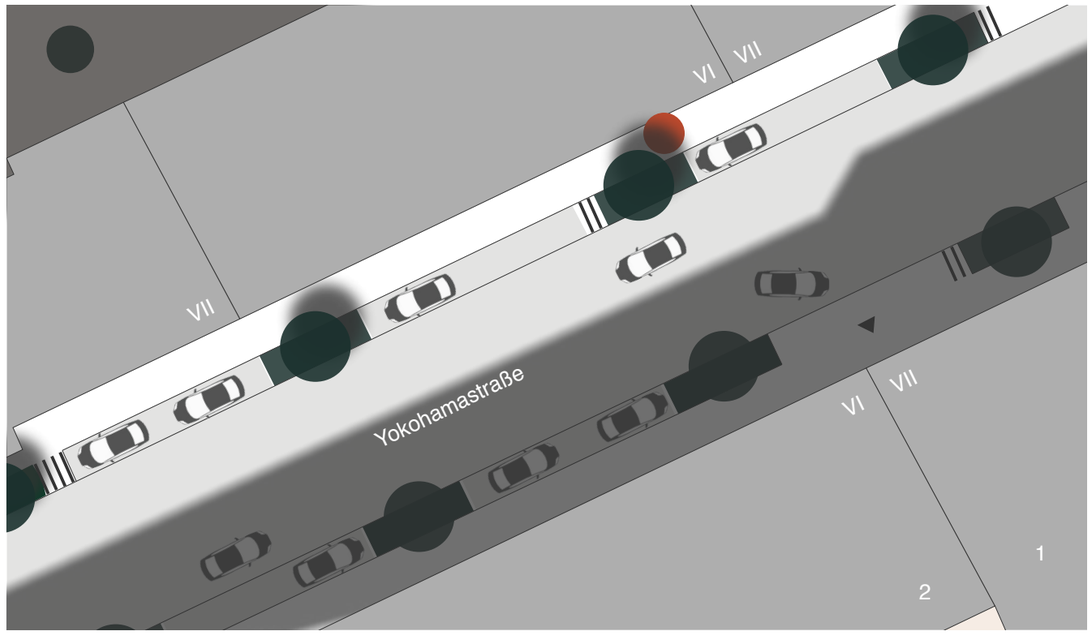


Abbildung 143 Lageplan des Standortes Yokohamastraße mit exemplarischem Schattenwurf während Sonnenhöchststand



Abbildung 144 Straßenraum der Yokohamastraße

Die Oberflächen am Standort sind überwiegend dunkel und künstlich. Die Straße ist in Asphalt, die Gehwege und Parkplätze in grauen Betonsteinplatten umgesetzt. Die Fassaden der nördlichen Gebäude sind aus rotbraunem Klinker. Die Erdgeschosszonen und Balkone weisen Glaselemente auf. Die Grundkonstruktion der Balkone wurde in weißem Beton umgesetzt. Die Fassaden der südlichen Gebäude sind ebenfalls aus rotbraunem Klinker. Die Fassade des Erdgeschosses wird durch eine Verkleidung aus Metallgitter ergänzt. Die Albedo am Standort beträgt zwischen 5 und 50 Prozent, das Wärmeemissionsvermögen liegt überwiegend bei ca. 90 Prozent oder höher. Vegetation ist am Standort kaum vorhanden. Insgesamt sind acht Scheinakazien im Straßenraum angeordnet. Jeweils vier auf der nördlichen und vier auf der südlichen Straßenseite. Die Pflanzkübel sind mit niedrigen Pflanzen und Gräsern bestückt (s. Abbildung 144, Tabelle 13).

Es wird davon ausgegangen, dass die UV-Strahlung aufgrund des H/W-Verhältnisses und der geschlossenen Gebäudeschatten (s. Tabelle 17) in der Yokohamastraße gering ist und kaum Schwankungen der Werte auftreten. Fällt die Sonnenstrahlung mit zunehmenden Sonnenhöhenwinkel in die Straße ein, wird von hohen

Tabelle 13 Oberflächenmaterialien am Standort Yokohamastraße

	MATERIAL	ALBEDO (in Prozent)	EMISSIONSVERMÖGEN (in Prozent)
Fassaden nördliche Gebäude	rotbrauner Klinker	20 bis 50	90 bis 92
Fassaden Erdgeschoss	rotbrauner Klinker Glas	20 bis 50 10 bis 50	90 bis 92 ~ 90
Balkone nördliches Gebäude	weißer Beton Glas	71 10 bis 50	71 bis 90 ~ 90
Fassaden südliche Gebäude	rotbrauner Klinker	20 bis 50	90 bis 92
Fassaden Erdgeschoss	rotbrauner Klinker Metallverkleidung	20 bis 50 10 bis 16	90 bis 92 13 bis 28
Straße	Asphalt	5 bis 15	~ 95
Gehweg und Parkplätze	Betonsteinpflaster	10 bis 35	~ 97

UV-Strahlungswerten ausgegangen, sodass ein UV-Schutz nicht mehr ausreichend gegeben ist. Jedoch weisen die Fassaden der Gebäude nur eine geringe Albedo auf, sodass im Vergleich zu Standorten mit helleren Fassaden geringere Werte erwartet werden. Zudem kann der Baumschatten der Scheinakazie (s. Tabelle 15) einen Einfluss auf die UV-Strahlung haben. Am Standort wird überwiegend Durchgangsverkehr erwartet, der kürzer als 15 Minuten andauert.

Die UV-Messung in der Yokohamastraße findet am Samstag, den 01. August 2020 statt. Der Sonnenhöhenwinkel steigt von 10 Uhr bis zu dem Sonnenhöchststand von 36.76° bis 49.93°. Die UVI-Station übermittelte während der CPT 232 Messwerte. Trotz Temperaturen zwischen 22°C und 28°C ist das Wetter an diesem Tag wechselhaft. Bis 13 Uhr ist das Wetter überwiegend sonnig mit vereinzelten Wolken. Ab 13 Uhr nimmt die Bewölkung kontinuierlich zu, sodass es ab 14 Uhr stark bewölkt ist und die Ergebnisse für den Zeitraum 13 Uhr bis 15 Uhr überwiegend durch die Bewölkung beeinflusst sind.

Tabelle 14 Messprotokoll des Standortes Yokohamastraße

ALLTAGSRAUM 2 STRAßE			
Datum	01.08.2020		
Koordinaten	53.542N 10.004E		
Sonnenaufgang	05:35:28		
Sonnenhöchststand	13:26:18		
Sonnenuntergang	21:15:59		
Sonnenhöhenwinkel 10:00 bis 13:26)	36.76° bis 49.93°		
Anzahl der Messwerte	n= 232		
UVI_{max}	3,61	4	12:44:52 12:45:01
EEr_{max}	90,3 mW/m²		
UVI_{min}	0,18	0	14:55:22 15:00:01
EEr_{min}	4,5 mW/m²		
$UVI_{ø}$	2		
UVI nach Bundesamt für Strahlenschutz	5		
offizieller gemessener UVI-Tageswert (höchster Halbstundenwert)	3		

Im Zeitraum von 10 Uhr bis 12 Uhr wird der Standort durch die südlich angeordneten Gebäude (s. Tabelle 17) verschattet. Es werden der gesamte Straßenraum sowie der untere Bereich der nach Süden ausgerichteten Fassade verschattet. Die Gebäudeschatten sind geschlossen und es ergibt sich ein verhältnismäßig dunkler Schatten, sodass der UV-Index in diesem Zeitraum nur bei 1 liegt. Die Sonneneinstrahlung auf die südlich ausgerichtete Fassade des nördlichen Gebäudeblocks führen zu Spiegelungen am Boden, die zu kleineren Veränderungen der Werte zwischen 10 Uhr und 12 Uhr führen. Zwischen 12 Uhr und 13 Uhr ist der Messstandort nicht verschattet, sodass sich UV-Indexwerte zwischen 2 und 4 ergeben. Die gemittelten Halbstundenwerte liegen in diesem Zeitraum bei einem UV-Index von 2 und 3. Obwohl der Standort nun unverschattet ist, schwanken die Messwerte aufgrund des zunehmend wechselhaften Wetters. Ab ca. 13 Uhr ist der gesamte nördliche Gehweg unverschattet, der übrige Straßenraum ist jedoch weiterhin durch Gebäudeschatten bedeckt. Ab 13 Uhr wird der Messstandort durch den Randschatten einer Scheinakazie (s. Tabelle 17) beeinflusst. Die Scheinakazie wirft bis ca. 14:30 Uhr einen punktuellen Schatten. Das Kronendach ist lichtdurchlässig, sodass ein aufgelockerter Schattenwurf entsteht (s. Tabelle 17). Es ist davon auszugehen, dass ab 14:30 Uhr kein Schatten am Standort vorhanden ist. Dies ist aufgrund der Bewölkung jedoch nicht zu kontrollieren. Zwischen 13:00 Uhr und 14:00 Uhr sowie 14:30 Uhr und 15 Uhr wird nur noch ein UV-Index von 0 bis 1 gemessen. Zwischenzeitlich ist die Wolkendecke noch einmal für einen kurzen Zeitraum von ca. zwei Minuten aufgebrochen, sodass für 14:00 Uhr bis 14:30 Uhr ein UV-Index von durchschnittlich 2 gemessen wird (s. Tabelle 18, Abbildung 145). Der übrige Straßenraum, wie der südliche Gehweg und die südlichen Parkplät-

ze, werden weiterhin durch die Gebäude verschattet. Im Durchschnitt ergibt sich für die Yokohamastraße ein UV-Index von 2. Das Bundesamt für Strahlenschutz misst für denselben Tag einen UV-Index von 5 an der UV-Messstation in Lüneburg (s. Tabelle 14).

Die Nutzungen am Standort beschränken sich überwiegend auf den kurzzeitigen Durchgangsverkehr hauptsächlich der Anlieger:innen oder Nutzenden des dort ansässigen Angebots wie einer Kindertagesstätte (Am Tag der Messung ist Tag der offenen Tür) oder des Cafés. Die Cafenutzer:innen halten sich länger als 15 Minuten an dem Standort auf. Weiterhin ist ein Postbote vor Ort. Grundsätzlich ist der Standort nicht stark frequentiert. Bestimmte Nutzergruppen in Hinblick auf Risikogruppen oder Alter lassen sich nicht ausmachen. Der Standort wird jedoch überwiegend von zu Fußgehenden genutzt. Die Nutzung findet sowohl in verschatteten (südlicher Gehweg) und unverschatteten (nördlicher Gehweg) Bereichen statt.

Tabelle 15 Verschattungsrelevante Bäume an der Yokohamastraße

LFD.NR.	BAUMART	KRONEN-DURCHMESSER (in Meter)	KRONENDICHTE*	HÖHE (in Meter)	KRONENDACH
1	Scheinakazie	3	leicht	8	vertikale, unregelmäßige Krone

*nach Leitfaden zur Kronendichte von Greenwood et al. (1998)

Tabelle 16 Verschattungsrelevante Gebäude an der Yokohamastraße

LFD.NR.	GESCHOSSE	HÖHE (in Meter)	BREITE (in Meter)	LÄNGE (in Meter)	AUSRICHTUNG
1	7	23	14	12	Norden
2	6	20	14	49	Norden

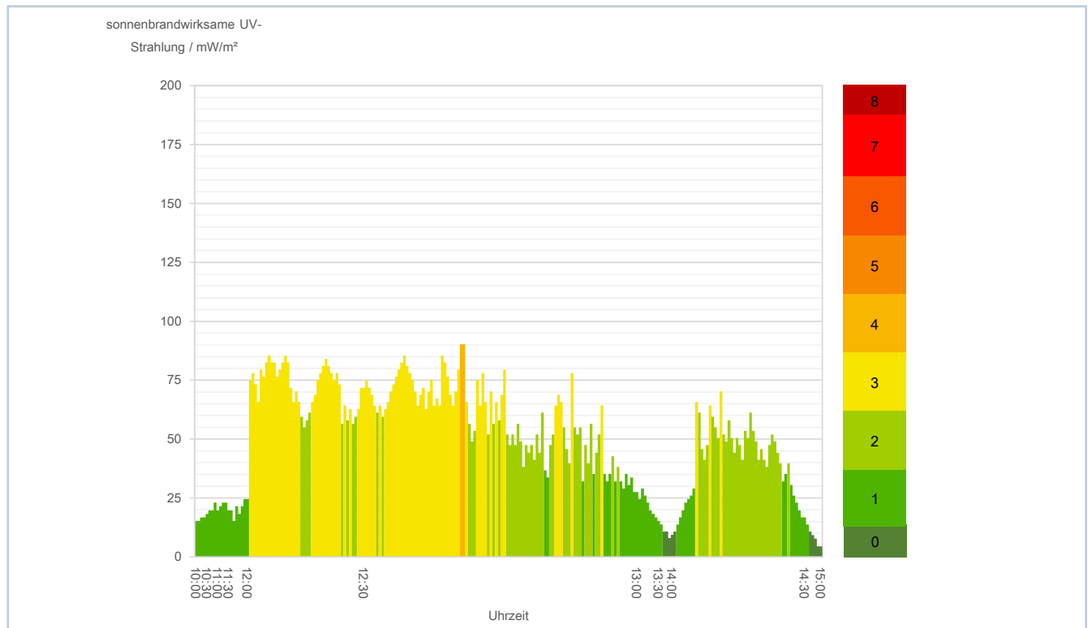


Abbildung 145 UV-Index während der CPT am Standort Yokohamastraße



Abbildung 146 Messstandort an der Yokohamastraße eine Stunde nach Sonnenhöchststand

Tabelle 17 Schattenverhältnisse am Standort Yokohamastraße während der CPT

ZEIT	SCHATTEN VORHANDEN	ART DES SCHATTENS	SCHATTEN-LÄNGE (bei 1m Höhe)	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE
10:00	ja	Gebäudeschatten (lfd. Nr. 1)	1,34	30,82	geschlossen	trapezförmig, homogen	Straße, Gehwege, unteres Viertel der südlich ausgerichteten Fassade
		Gebäudeschatten (lfd. Nr. 2)		26,8	geschlossen	trapezförmig, homogen	
10:30	ja	Gebäudeschatten (lfd. Nr. 1)	1,16	26,68	geschlossen	trapezförmig, homogen	Straße, Gehwege, unteres Viertel der südlich ausgerichteten Fassade
		Gebäudeschatten (lfd. Nr. 2)		23,2	geschlossen	trapezförmig, homogen	
11:00	ja	Gebäudeschatten (lfd. Nr. 2)	1,02	20,4	geschlossen	trapezförmig, homogen	Straße, Gehwege, geringe Anteile der südlich ausgerichteten Fassade
11:30	ja	Gebäudeschatten (lfd. Nr. 2)	0,91	18,2	geschlossen	trapezförmig, homogen	Straße, Gehwege, geringe Anteile der südlich ausgerichteten Fassade
12:00	ja	Gebäudeschatten (lfd. Nr. 2)	0,82	16,4	geschlossen	trapezförmig, homogen	Straße, Gehwege
12:30	nein						
13:00	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 1)	0,73	5,84	lichtdurchlässig, aufgelockert, da nur äußerer Rand des Kronendachs	stark vertikal ausgeprägt, inhomogen	südlich ausgerichtete Fassade
13:30	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 1)	0,72	5,76	lichtdurchlässig, aufgelockert	stark vertikal ausgeprägt, inhomogen	südlich ausgerichtete Fassade
14:00	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 1)	0,73	5,84	lichtdurchlässig, aufgelockert	stark vertikal ausgeprägt, inhomogen	südlich ausgerichtete Fassade
14:30	nein						
15:00	nein						

Tabelle 18 Bestrahlungsstärke und UVI im Halbstundentakt während der CPT am Standort Yokohamastraße

ZEIT	BESTRAHLUNGS-STÄRKE (mW/m2)	UVI	UVI GERUNDET	SCHATTEN VORHANDEN	WETTER	TEMPERATUR (in °C)
10:00 bis 10:30	15,75	0,63	1	ja	wolkenlos, sonnig	22
10:30 bis 11:00	18,25	0,73	1	ja	wolkenlos, sonnig	23
11:00 bis 11:30	21,40	0,86	1	ja	leicht bewölkt, heiter	24
11:30 bis 12:00	20,44	0,82	1	ja	leicht bewölkt, heiter	25
12:00 bis 12:30	70,91	2,84	3	ja	leicht bewölkt, heiter	26
12:30 bis 13:00	58,58	2,34	2	nein	leicht bewölkt, heiter	27
13:00 bis 13:30	23,09	0,92	1	ja	wechselnd bewölkt	28
13:30 bis 14:00	11,65	0,47	0	ja	wechselnd bewölkt	28
14:00 bis 14:30	41,15	1,65	2	ja	stark bewölkt	28
14:30 bis 15:00	9,61	0,38	0	nein	stark bewölkt	28
13:26 (Sonnen-höchststand)	15,25	0,61	1	ja	wechselnd bewölkt	28

Messstandort innerstädtischer Grünraum und Park: Lohsepark

Der Messstandort im Lohsepark liegt ebenfalls im Quartier Am Lohsepark im westlichen Teil der HafenCity. Im Osten und im Westen wird der Standort von den Straßen Am Hannoverschen Bahnhof und der Überseeallee begrenzt. Im Osten im Oberhafenquartier gibt es bisher noch keine höhere Bebauung. Im Westen schließen Gebäude in Blockrandbebauung an. Im Norden und Süden verläuft die Parkanlage mit Rasenflächen und Schotterwegen. Der Messstandort befindet sich auf einer Grasfläche. Er wird östlich, südlich und westlich von Wegen eingefasst. Entlang des östlichen Wegs ist eine ca. 18 Meter lange Sitzgruppe angeordnet. Südwestlich befindet sich ein Plateau, das auf Straßenniveau liegt. Westlich befindet sich ein eingezäunter Spielplatz mit einer Sandfläche, die durch Bäume gesäumt wird (s. Abbildung 148). Der Messstandort befindet sich unterhalb einer Baumgruppe aus drei Bäumen (s. Tabelle 20). Der Standort weist demnach einen geringen SVF auf, da die Himmelssicht durch die Baumkronen fast gänzlich verdeckt wird (s. Abbildung 147). Im Süden und Westen sind weitere Baumreihen angeordnet.

Der Messstandort weist mit seinen Rasenflächen, der Sandspielfläche und Schotterwegen überwiegend natürliche Oberflächenmaterialien auf. Diese haben eine Albedo zwischen 20 und 72 Prozent. Am Standort ist vor allem die Rasenfläche mit einer Albedo bis 30 Prozent dominierend. Die Sandspielfläche wird durch einen Metallzaun mit Maschendrahtverkleidung umgeben. Die Sitzgruppe ist in dunklem Holz ausgeführt. Die Straße

Am Hannoverschen Bahnhof ist asphaltiert. Aufgrund ihres höheren Niveaus hat ihr Rückstrahlvermögen vermutlich keinen Einfluss auf den Standort (s. Tabelle 19).

Der Messstandort ist von einer Baumgruppe umgeben und gleichzeitig ist das Reflexionsvermögen der Rasenfläche gering. Für den Parkstandort wird somit die Annahme getroffen, dass aufgrund des SVFs eine gute Verschattung gegeben ist und die UV-Strahlung während der CPT gering ist. Im Vergleich zu dem Standort Marco-Polo-Terrassen ist die Himmelssicht aufgrund der Bäume deutlich eingeschränkter. Im Ergebnis ist davon auszugehen, dass die UV-Strahlung an diesem Standort niedriger ist als an den Marco-Polo-Terrassen. Zudem weisen die verschattungsrelevanten Bäume dichtere Kronendächer auf und das Reflexionsvermögen der umliegenden Oberflächen ist im Vergleich geringer. Dennoch werden auch an diesem Standort aufgrund des nicht gänzlich geschlossenen Baumschattens eine kontinuierliche Variabilität bei den UV-Werten erwartet. In Bezug auf die Nutzungen wird auf der Rasenfläche und der Sitzreihe von Nutzungen ausgegangen, die einem Aufenthalt von mehr als 15 Minuten entsprechen. Gleichzeitig wird der Weg voraussichtlich überwiegend vom Durchgangsverkehr, zu Fuß oder mit dem Fahrrad genutzt.



Abbildung 147 SVF am Messstandort Lohsepark

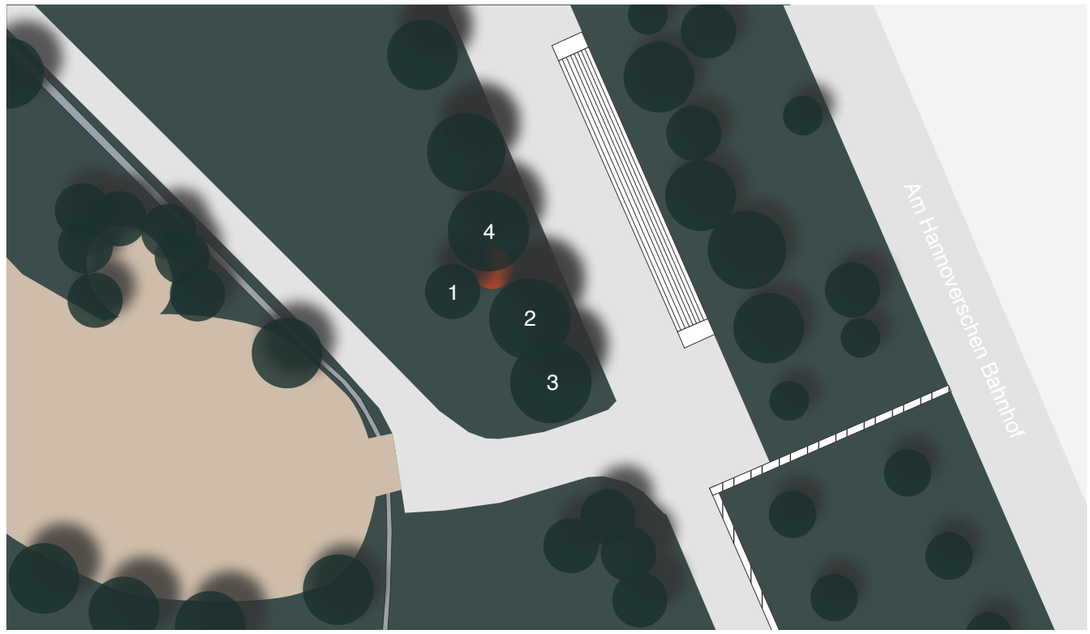


Abbildung 148 Lageplan des Standortes Lohsepark mit exemplarischem Schattenwurf während Sonnenhöchststand

Tabelle 19 Oberflächenmaterialien am Standort Lohsepark

	MATERIAL	ALBEDO (in Prozent)	EMISSIONSVERMÖGEN (in Prozent)
Parkfläche	Gras	20 bis 30	90 bis 95
Wege	Schotter	~ 72	~ 28
Spielfläche	Sand	25 bis 35	84 bis 91
Fassade südwestliches Plateau	roter Backstein	20 bis 50	90 bis 92
Sitzgelegenheiten	Holz	~ 40	~ 90
Zaun	Metall mit Maschendraht	~ 80	~ 15
Straße	Asphalt	5 bis 15	~ 95

Tabelle 20 Verschattungsrelevante Bäume im Lohsepark

LFD.NR.	BAUMART	KRONEN-DURCHMESSER (in Meter)	KRONENDICHTE*	HÖHE (in Meter)	KRONENDACH
1	Säuleneiche	3	dicht	15	stark vertikal ausgeprägt
2	Eiche	5	mittel bis dicht	12	rundliche Krone
3	Eiche	5	mittel bis dicht	12	rundliche Krone
4	Platane	5	mittel	12	vertikale, kegelförmige Krone

*nach Leitfaden zur Kronendichte von Greenwood et al. (1998)

Am Montag, den 20. Juli 2020 wird die UV-Messung im Lohsepark durchgeführt. Der Sonnenhöhenwinkel variiert an diesem Tag zwischen 38.92° bis 56.99° (s. Tabelle 21). Das Wetter an diesem Tag ist unbeständig. Der Bedeckungsgrad schwankt zwischen leicht bewölkt, heiter und wechselnd bewölkt. Erst ab 14:30 Uhr ist es wolkenlos, sonnig. Die Temperatur steigt im Verlauf der CPT von 15°C auf 20°C an (s. Tabelle 23).

Der Standort wird fast während der gesamten CPT durch Baumschatten bedeckt, der im Verlauf unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Insgesamt gibt es vier verschattungsrelevante Bäume, die ein mittleres bis dichtes Kronendach aufweisen (s. Tabelle 20). Gebäudeschatten gibt es während der CPT nicht. Zwischen 10 Uhr und 11 Uhr wird der Standort nur durch Schattenwurf der Eiche (lfd. Nr. 2) verschattet. Im weiteren

Verlauf wird deutlich, dass der Schatten überwiegend geschlossen ist und nur einzelne Lücken aufweist. Zwischen 11 Uhr und 14 Uhr werfen beide Eichen (lfd. Nr. 2 und lfd. Nr. 3) einen Schatten auf den Standort. Dieser ist ebenfalls überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken. Ab 12 Uhr bis 13 Uhr wird der Schattenwurf der Eichen, um den Schattenwurf der Platane ergänzt. Gemeinsam werfen die Bäume einen flächendeckenden fast geschlossenen Schatten. Neben dem direkten Messstandort werden nun auch Bereiche der südlichen Wegeverbindung verschattet. Ab 13 Uhr verschatten die Eichen erste Bereiche der östlichen Wegeverbindung, die im zeitlichen Verlauf zunimmt. Der Schatten der Eiche (lfd. Nr. 2) nimmt bis ca. 14:10 Uhr Einfluss auf den relevanten Schattenwurf. Jedoch nimmt die Geschlossenheit des Schattenwurfs zu den Rändern hin ab. Zwischen 14:10 bis 14:50 ist die UVI-Station nicht verschattet, jedoch werfen die Bäume rund um die Messstation weiterhin Schatten. Ab 14:50 Uhr wird die UVI-Station durch den Schatten einer Säuleneiche bedeckt (s. Tabelle 22). Der Schattenwurf ist dicht und geschlossen, jedoch stark vertikal ausgeprägt (s. Abbildung 150). Fast während der gesamten CPT weist der Standort im Lohsepark einen UV-Index von 1 auf. Sobald kein Baumschatten mehr vorhanden ist steigt der UV-Index im Mittel auf 3 an und es wird der Maximalwert von 4 gemessen. Unter dem Einfluss der Säuleneiche nimmt die Bestrahlungsstärke wieder ab. Insgesamt weisen die Werte für diesen Zeitraum große Schwankungen auf. Im Durchschnitt lag der UV-Index während der CPT bei 2. Im Vergleich dazu hat das Bundesamt für Strahlenschutz für die Lüneburger Messstation einen UV-Index von 6 ermittelt (s. Tabelle 21 und 23, Abbildung 149).

Der Standort weist eine Vielzahl an Nutzungen auf. Zum einen werden die Wege für den Durchgangsverkehr genutzt, die Wiese und die Sitzbänke für Erholung und Freizeitnutzungen. Es wurden die folgenden Nutzungen beobachtet: Aufenthalt und Erholung im Schatten, Baby stillen, Verzehr von Speisen auf der Sitzbank, Joggen, spielende Kinder. Die Nutzungen fanden sowohl in verschatteten und unverschatteten Bereichen statt. Der Durchgangsverkehr dauert nur kurzfristig an wohingegen die Freizeitnutzungen in der Regel länger als 15 Minuten andauern.

Tabelle 21 Messprotokoll des Standortes Lohsepark

ALLTAGSRAUM 3 GRÜNRAUM UND PARK			
Datum	20.07.2020		
Koordinaten	53.541N 10.006E		
Sonnenaufgang	05:16:38		
Sonnenhöchststand	13:26:23		
Sonnenuntergang	21:35:10		
Sonnenhöhenwinkel 10:00 bis 13:26)	38.92° bis 56.99°		
Anzahl der Messwerte	n= 225		
UVI_{max}	3,55	4	14:25:02
EEr_{max}	88,8 mW/m²		
UVI_{min}	0,31	0	10:15:22 10:20:42
EEr_{min}	7,8 mW/m²		
$UVI_{ø}$	2		
UVI nach Bundesamt für Strahlenschutz	6		
offizieller gemessener UVI-Tageswert (höchster Halbstundenwert)	3		

Tabelle 22 Schattenverhältnisse am Standort Lohsepark während der CPT

ZEIT	SCHATTEN VORHANDEN	ART DES SCHATTENS	SCHATTEN-LÄNGE (bei 1m Höhe)	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE
10:00	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	1,24	14,88	Dichte des Schattens nicht erkennbar	nicht erkennbar	keine
10:30	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	1,07	12,84	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	rundlich, vertikal	keine
11:00	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	0,94	11,28	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	rundlich	keine
		Baumschatten (von lfd. Nr. 3)		11,28	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	rundlich	
11:30	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	0,89	9,96	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	rund	keine
		Baumschatten (von lfd. Nr. 3)		9,96	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	rund	
12:00	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)		9	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	nicht erkennbar	keine
		Baumschatten (von lfd. Nr. 3)	0,75	9	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	nicht erkennbar	südlicher Weg
		Baumschatten (von lfd. Nr. 4)		9	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	nicht erkennbar	keine
12:30	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	0,75	8,28	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	flächendeckend ausgeprägt	keine
		Baumschatten (von lfd. Nr. 3)		8,28	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	flächendeckend ausgeprägt	südlicher Weg
		Baumschatten (von lfd. Nr. 4)		8,28	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	flächendeckend ausgeprägt	keine
13:00	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	0,66	7,92	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	flächendeckend ausgeprägt	geringe Bereiche des östlichen Wegs
		Baumschatten (von lfd. Nr. 3)		7,92	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	flächendeckend ausgeprägt	südlicher Weg
13:30	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	0,65	7,8	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	rundlich	ca. 1/3 des östlichen Wegs
		Baumschatten (von lfd. Nr. 3)		7,8	lückenhafter ausgefranster Schattenwurf	rundlich, ausgefranst	geringe Bereiche des östlichen Wegs
14:00	ja, bis 14:10	Baumschatten (von lfd. Nr. 2)	0,67	8,04	überwiegend geschlossen mit einzelnen Lücken	rund, an den Rändern ausgefranst	Hälfte des östlichen Gehwegs
14:30	ja, ab 14:50	Baumschatten (von lfd. Nr. 1)	0,71	10,65	dicht, geschlossen	schmal, stark vertikal ausgeprägt	keine
15:00	ja	Baumschatten (von lfd. Nr. 1)	0,77	11,55	dicht, geschlossen, geringe, kleinere Lücken	schmal, stark vertikal ausgeprägt	keine

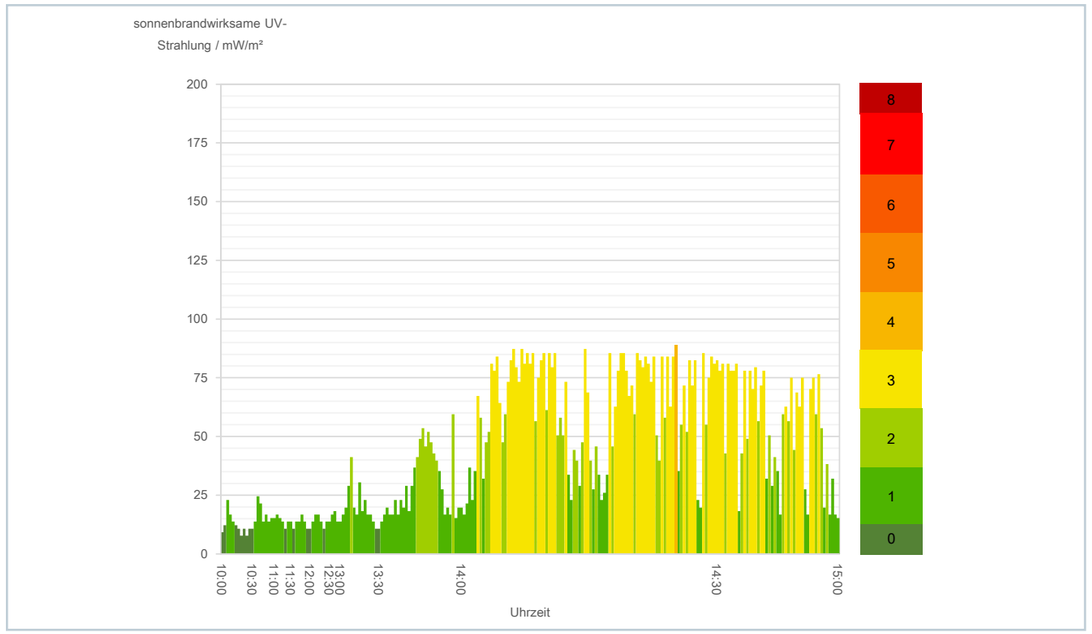


Abbildung 149 UV-Index während der CPT am Standort Lohsepark



Abbildung 150 Messstandort im Lohsepark während Sonnenhöchststand

Tabelle 23 Bestrahlungsstärke und UVI im Halbstundentakt während der CPT am Standort Lohsepark

ZEIT	BESTRAHLUNGS-STÄRKE (mW/m2)	UVI	UVI GERUNDET	SCHATTEN VORHANDEN	WETTER	TEMPERATUR (in °C)
10:00 bis 10:30	12,27	0,49	0	ja	wechselnd bewölkt	15
10:30 bis 11:00	16,25	0,65	1	ja	wechselnd bewölkt	16
11:00 bis 11:30	16,79	0,57	1	ja	leicht bewölkt, heiter	17
11:30 bis 12:00	13,32	0,53	1	ja	wechselnd bewölkt	18
12:00 bis 12:30	13,75	0,55	1	ja	wechselnd bewölkt	18
12:30 bis 13:00	15,63	0,63	1	ja	leicht bewölkt, heiter	18
13:00 bis 13:30	20,48	0,82	1	ja	leicht bewölkt, heiter	19
13:30 bis 14:00	28,71	1,16	1	ja	wechselnd bewölkt	19
14:00 bis 14:30	62,38	2,5	3	ja, bis 14:10	leicht bewölkt, heiter	20
14:30 bis 15:00	54,47	2,18	2	ja, ab 14:50	wolkenlos, sonnig	20
13:26 (Sonnen-höchststand)	10,75	0,43	0	ja	leicht bewölkt, heiter	19

Messstandort Innenhof: Innenhof am Campus Tower

Der Messstandort Innenhof am Campus Tower liegt im Quartier Baakenhafen in der südöstlichen HafenCity. Die Gebäude des Innenhofs werden im Norden und Westen von den Straßen Versmannstraße und Grandeswerder Straße eingefasst. Im Süden verläuft die Elbe und im Osten grenzt Wohnbebauung entlang der Promenade an. Der halböffentliche Innenhof ist über vier Zugänge zu erreichen – zwei im Norden, einer an der Grandeswerder Straße und einer im Süden von der Promenade ausgehend. Im Zentrum befindet sich eine Sandspielfläche mit Spielgeräten. Nordwestlich der Sandspielfläche und am nordwestlichen Zugang sind Fahrradabstellanlagen angeordnet. Entlang der Gebäude und der Sandspielflächen sind kleinere Beete vorhanden. Insgesamt sind acht freistehende Einzelbäume gepflanzt. Die zwei im Westen angeordneten Bäume sind in Pflanzkübeln mit Holzauflage gepflanzt, die auch eine Möglichkeit zum Sitzen bieten. Diese säumen zwei Treppenabstufungen, die von der Grandeswerder Straße auf das Höhenniveau der Versmannstraße abstufen. Die umliegenden Gebäude sind in Blockrand umgesetzt und weisen sieben bis fünfzehn Geschosse auf. Der im Westen liegende Campus Tower schließt an das Gebäude im Norden an. Das Gebäude im Süden ist ein eigenständiger Block, sodass sich der Innenhof in südwestlicher Richtung zwischen Campus Tower und südlichem Gebäude öffnet (s. Abbildung 152). Der Innenhof weist eine Breite von 16,5 Metern auf. Die mittlere Gebäudehöhe des Raums beträgt unter Berücksichtigung

des Campus Towers 34,6 Meter. Daraus ergibt sich ein H/W-Verhältnis von 2,1. Die Himmelssicht am Messstandort ist aufgrund der umliegenden Bebauung eingeschränkt (s. Abbildung 151).



Abbildung 151 SVF am Messstandort Innenhof am Campus Tower

Die Reflexionseigenschaften am Messstandort sind sehr unterschiedlich. Die Fassaden der parallel zur Elbe angeordneten Gebäude weisen eine Albedo von 70 bis 95 Prozent auf wohingegen der Campus Tower mit seiner auskragenden Glasfassade, eingefasst in schwarze Faserzementplatten nur zwei bis 50 Prozent der Strahlung reflektiert. Die Bodenoberflächen sind in hellem Betonsteinpflaster, Natursteinpflaster und Sand ausgeführt, die ein Rückstrahlvermögen von 20 bis 95 Prozent aufweisen. Die Spielgeräte und Baumkübelabdeckungen sind in Holz, die Pflanzgruben in dunkelgrauen Beton ausgeführt (s. Tabelle 24).

Aufgrund der fast rundum geschlossenen Bebauung und des sich daraus ergebenden H/W-Verhältnisses und SVFs werden im Innenhof am Campus Tower niedrige UV-Indexwerte erwartet. Es wird davon ausgegangen, dass diese jedoch deutlich ansteigen, wenn die Sonne in den Innenhof einfällt und die Verschattung abnimmt. Dabei ist zu berücksichtigen, inwieweit die Bäume im Innenhof Schatten spenden. Die Reflexionseigenschaften insbesondere der Fassaden am Standort führen zu der Annahme, dass die UV-Strahlungswerte während

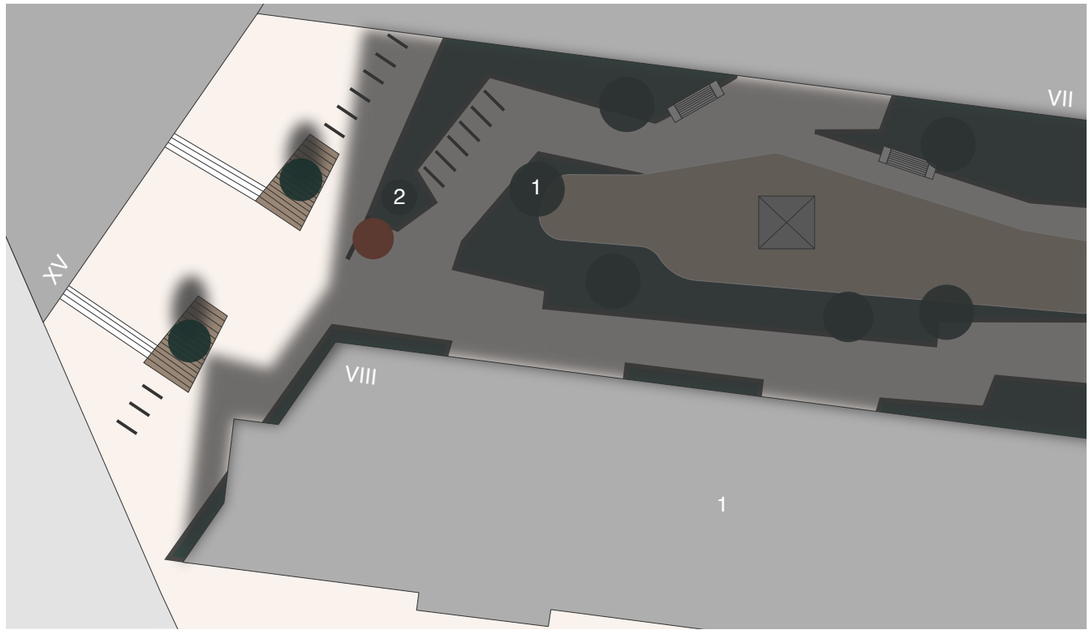


Abbildung 152 Lageplan des Standortes Innenhof am Campus Tower mit exemplarischem Schattenwurf während Sonnenhöchststand

Tabelle 24 Oberflächenmaterialien am Standort Innenhof am Campus Tower

	MATERIAL	ALBEDO (in Prozent)	EMISSIONSVERMÖGEN (in Prozent)
Fassade nördliches Gebäude	Glas dunkle Faserzementplatte	10 bis 50 2 bis 15	~ 90 90 bis 98
Fassade Campus Tower	Glas dunkle Faserzementplatte	10 bis 50 2 bis 15	~ 90 90 bis 98
Fassade südliches Gebäude	weißer Fassadenanstrich	70 bis 95	~ 90
Bodenoberfläche I	helles Betonsteinpflaster	70 bis 95	~ 90
Bodenoberfläche II	Natursteinpflaster	20 bis 35	~ 85
Bodenoberfläche III	kurze Vegetation	20 bis 30	90 bis 95
Sitzgelegenheiten	Holz	~ 40	~ 90
Spielfläche	Sand	25 bis 35	84 bis 91
Spielgeräte	Holz	~ 40	~ 90
Baumkübelabdeckung	Holz	~ 40	~ 90
Pflanzgruben	dunkelgrauer Beton	10 bis 35	71 bis 95

Tabelle 25 Verschattungsrelevante Bäume im Innenhof am Campus Tower

LFD.NR.	BAUMART	KRONEN-DURCHMESSER (in Meter)	KRONENDICHTE*	HÖHE (in Meter)	KRONENDACH
1	Robinie	3	leicht	7	locker, inhomogen
2	Felsenbirne	1,5	leicht	3	sehr locker

*nach Leitfaden zur Kronendichte von Greenwood et al. (1998)

Tabelle 26 Verschattungsrelevante Gebäude am Innenhof am Campus Tower

LFD.NR.	GESCHOSSE	HÖHE (in Meter)	BREITE (in Meter)	LÄNGE (in Meter)	AUSRICHTUNG
1	8	26	17	63	Nordosten

Zeiten der Verschattung und des Sonneneinfalls höher sind als an Standorten mit geringerer Albedo, wie an der Yokohamastraße. Im Innenhof werden vor allem Durchgangsverkehr der Anwohner:innen und aufgrund des Spielplatzes spielende Kinder erwartet, sodass die Nutzung zwischen Aufenthalt und Mobilität variiert.

Die UV-Messung im Innenhof am Campus Tower wird am Freitag, den 07. August 2020 durchgeführt. Der Sonnenhöhenwinkel verläuft an diesem Tag zwischen 35.53° und 52.68°. Das Wetter ist während der gesamten CPT wolkenlos, sonnig und die Temperatur beträgt zwischen 24°C und 31°C (s. Tabelle 27 und 29).

Der Messstandort ist dauerhaft durch den Gebäudeschatten des im Süden angeordneten Gebäudes verschattet. Aufgrund der homogenen Messbedingungen werden nur an 61 Zeitpunkten Daten erhoben. Neben dem Gebäudeschatten ist zu Beginn der Messung auch der Schattenwurf einer Robinie (s. Tabelle 25 und 28) zu sehen. Dieser wird jedoch durch den Gebäudeschatten überlagert. Trotz der abnehmenden Schattenlänge bis zum Sonnenhöchststand führt die Ausrichtung des Gebäudes im Zusammenspiel mit dem Sonnenverlauf dazu, dass der Innenhof zunehmend verschattet wird. Ab 11:30 Uhr ist der im Innenhof liegende Spielplatz, ab 13:30 Uhr der gesamte Innenhof vollumfänglich verschattet. Zwischen 14 Uhr und 15 Uhr führen Reflexionen an den Fensterscheiben des Campus Towers zu Spiegelungen in den Innenhof (s. Tabelle 28 und Abbildung 154). Aus diesem Grund herrscht trotz der Verschattung ein angenehmes Lichtklima. Es entsteht ein „heller“ Schatten im Innenhof. Durch die Reflexion wirft eine Felsenbirne einen zusätzlichen, aber sehr aufgelockerten Schatten. Während der gesamten CPT liegen die Halbstundenwerte des UVI bei 1. Zwischenzeitlich steigen einzelne UVI-Werte auf 2 an (s. Abbildung 153 und 155). Für die Messstation in Lüneburg wird für diesen Tag ein UVI von 6 ermittelt (s. Tabelle 27).

Der Messstandort wird überwiegend für den Durchgangsverkehr durch die Anwohner:innen und zum Teil durch die Anlieger:innen des Campus Towers genutzt. Die Nutzungen sind das Erreichen der Wohnbebauung, das Abstellen von Fahrrädern, Nutzung der Spielgeräte oder das kurzzeitige Verweilen zum Verzehr von Speisen und Getränken oder „Raucherpausen“. Insbesondere für die „Raucherpausen“ werden die Pflanzkübel mit Holzauflage aufgesucht, die sich während der CPT nur teilweise im Schatten befinden. Bis auf die Nutzung der Spielgeräte dauern die Aktivitäten in der Regel kürzer als 15 Minuten an. Es überwiegen die kurzzeitigen Nutzungen. Während der Messung hat nur ein Kind den Spielplatz aufgesucht.

Tabelle 27 Messprotokoll des Standortes Innenhof am Campus Tower

ALLTAGSRAUM 4 INNENHOF

Datum	07.08.2020		
Koordinaten	53.540N 10.008E		
Sonnenaufgang	05:45:36		
Sonnenhöchststand	13:25:24		
Sonnenuntergang	21:04:37		
Sonnenhöhenwinkel 10:00 bis 13:25)	35.53° bis 52.68°		
Anzahl der Messwerte	n= 61		
UVI_{max}	1,9	2	12:56:02
EEr_{max}	47,5 mW/m²		
UVI_{min}	0,67	1	10:00:01 15:00:42
EEr_{min}	16,8 mW/m²		
$UVI_{ø}$	1		
UVI nach Bundesamt für Strahlenschutz	6		
offizieller gemessener UVI-Tageswert (höchster Halbstundenwert)	1		

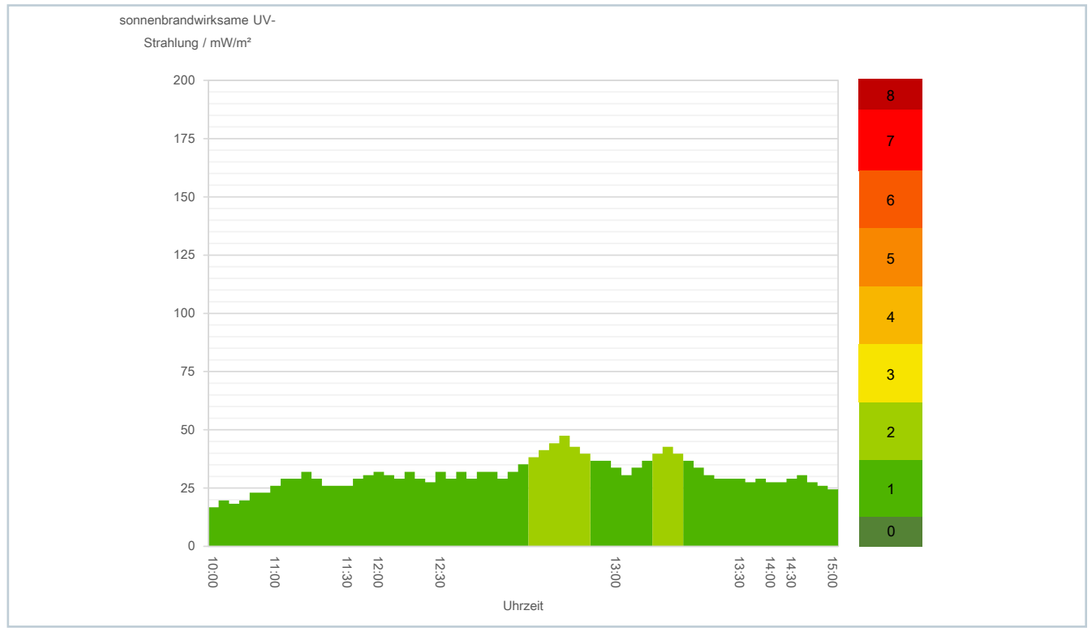


Abbildung 153 UV-Index während der CPT am Standort Innenhof am Campus Tower

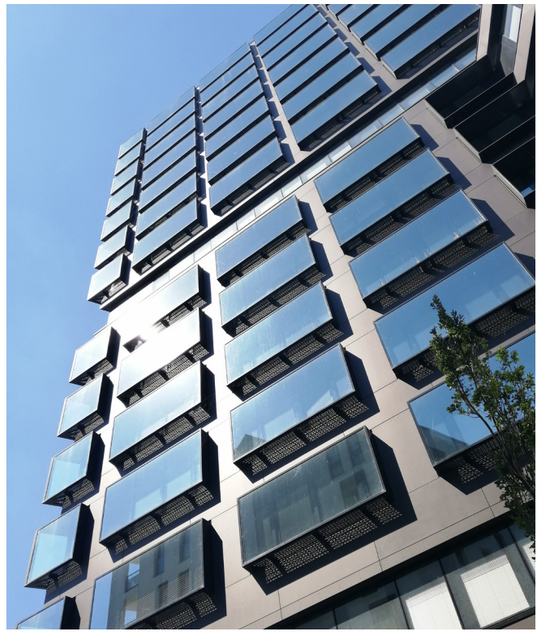


Abbildung 154 Auskragende Glasfassade des Campus Towers



Abbildung 155 Messstandort im Innenhof am Campus Tower während Sonnenhöchststand

Tabelle 28 Schattenverhältnisse am Standort Innenhof am Campus Tower während der CPT

ZEIT	SCHATTEN VORHANDEN	ART DES SCHATTENS	SCHATTEN-LÄNGE (bei 1m Höhe)	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE
10:00	ja	Gebäudeschatten (von lfd. Nr. 1)	1,4	36,4	geschlossen	trapezförmig, homogen	südliche Wegeverbindungen und Hauseingänge
		Baumschatten (von lfd. Nr. 1)		9,8	sehr locker	stark vertikal ausgeprägt	keine
10:30	ja	Gebäudeschatten (von lfd. Nr. 1)	1,21	31,46	geschlossen	trapezförmig, homogen	südliche Wegeverbindungen und Hauseingänge
11:00	ja	Gebäudeschatten (von lfd. Nr. 1)	1,07	27,82	geschlossen	trapezförmig, homogen	südliche Wegeverbindungen und Hauseingänge
11:30	ja	Gebäudeschatten (von lfd. Nr. 1)	0,95	24,7	geschlossen	trapezförmig, homogen	fast der gesamte Innenhof mit Spielfläche
12:00	ja	Gebäudeschatten (von lfd. Nr. 1)	0,87	22,62	geschlossen	trapezförmig, homogen	fast der gesamte Innenhof mit Spielfläche
12:30	ja	Gebäudeschatten (von lfd. Nr. 1)	0,81	21,06	geschlossen	trapezförmig, homogen	fast der gesamte Innenhof mit Spielfläche
13:00	ja	Gebäudeschatten (von lfd. Nr. 1)	0,77	20,02	geschlossen	trapezförmig, homogen	fast der gesamte Innenhof mit Spielfläche
13:30	ja	Gebäudeschatten (von lfd. Nr. 1)	0,76	20,02	geschlossen	trapezförmig, homogen	gesamter Innenhof, unterer Bereiche der nördlichen Fassade
14:00	ja	Gebäudeschatten (von lfd. Nr. 1)	0,78	20,28	geschlossen	trapezförmig, homogen	gesamter Innenhof, unterer Bereiche der nördlichen Fassade
14:30	ja	Gebäudeschatten (von lfd. Nr. 1)	0,82	21,32	geschlossen	trapezförmig, homogen	gesamter Innenhof, unterer Bereiche der nördlichen Fassade
15:00	ja	Gebäudeschatten (von lfd. Nr. 1)	0,89	23,14	geschlossen	trapezförmig, homogen	gesamter Innenhof, unterer Bereiche der nördlichen Fassade
		Baumschatten (von lfd. Nr. 2)		1,34	sehr aufgelockert	breit und kurz	keine

Tabelle 29 Bestrahlungsstärke und UVI im Halbstundentakt während der CPT am Standort Innenhof am Campus Tower

ZEIT	BESTRAHLUNGS-STÄRKE (mW/m2)	UVI	UVI GERUNDET	SCHATTEN VORHANDEN	WETTER	TEMPERATUR (in °C)
10:00 bis 10:30	18,25	0,73	1	ja	wolkenlos, sonnig	24
10:30 bis 11:00	21,92	0,88	1	ja	wolkenlos, sonnig	26
11:00 bis 11:30	28,14	1,13	1	ja	wolkenlos, sonnig	28
11:30 bis 12:00	28,50	1,14	1	ja	wolkenlos, sonnig	28
12:00 bis 12:30	30,00	1,20	1	ja	wolkenlos, sonnig	28
12:30 bis 13:00	35,85	1,43	1	ja	wolkenlos, sonnig	30
13:00 bis 13:30	34,67	1,39	1	ja	wolkenlos, sonnig	30
13:30 bis 14:00	28,50	1,14	1	ja	wolkenlos, sonnig	30
14:00 bis 14:30	27,50	1,10	1	ja	wolkenlos, sonnig	30
14:30 bis 15:00	27,50	1,10	1	ja	wolkenlos, sonnig	31
13:25 (Sonnen-höchststand)	29,00	1,16	1	ja	wolkenlos, sonnig	30

Messstandort Spiel- und Sportplatz: Grasbrookpark

Der Messstandort für den Alltagsraum Spiel- und Sportplatz befindet sich im Grasbrookpark im Quartier Am Sandtorpark / Grasbrookpark in der westlichen HafenCity. Der Grasbrookpark wird im Norden und Südwesten durch Bebauung begrenzt. Südlich und Südöstlich befindet sich derzeit die Baustelle des Strandkais und des südlichen Überseequartiers. Im Osten und im Westen wird der Park durch die Straßen Großer Grasbrook und der San-Francisco-Straße eingefasst. Der Messstandort ist zentral im Park gelegen. Nördlich gibt es mehrere Sandspielflächen mit Spielgeräten und zwei kleinen Fußgängerbrücken. Zentrales Element ist ein Wasserspielbecken aus blauen Pflastersteinen, das temporär Wasserspielmöglichkeiten zur Verfügung stellt (s. Abbildung 157). An der Kante des Wasserspielbeckens sind mehrere Sitzbänke angeordnet. Abbildung 156 zeigt, dass die Himmelssicht nicht von Bebauung oder Bäumen eingeschränkt wird.

Die Bodenoberflächen am Standort sind in hellen Betonsteinpflastern, Sand und Gras umgesetzt. Die Wegeverbindungen sind aus Asphalt. Die Fassaden der nördlichen Gebäude sind aus dunklem Klinker. Die Balkone wurden in weißem Beton ausgeführt. Die Fassaden des nordöstlichen Gebäudes werden von Glas und dunklen Faserzementplatten dominiert. Die Sitzgelegenheiten und Fußgängerbrücken bestehen aus Holz. Die Albedo am Standort ist damit sehr variabel und beträgt zwischen 2 und 95 Prozent. Ist das Wasserbecken mit Wasser befüllt, kann die Albedo dieser Fläche auf 95 Prozent steigen. Im Süden sind Grasflächen zu finden. In der Umgebung des Messstandortes sind mehrere Einzelbäume und vereinzelt auch Baumgruppen vorhanden. Der Messstandort selbst ist frei von Bäumen (s. Tabelle 31).

Aufgrund der fehlenden Verschattung am Standort wird während der gesamten CPT von hohen UV-Strahlungswerten ausgegangen. Die hohe Variabilität der Albedo Werte macht es schwierig Annahmen bezüglich der Auswirkungen der reflektierten UV-Strahlung zu treffen. Am Messstandort selbst ist zwar keine Verschattung vorhanden, jedoch sind im umliegenden Bereich Bäume und Gebäude angeordnet, die gegebenenfalls den Einfall von UV-Strahlung reduzieren. In Hinblick auf die Nutzungen werden, dem Standort entsprechend, überwiegend spielende Kinder mit ihren Begleitpersonen erwartet. Die Nutzung bringt eine hohes Mobilitätsverhalten mit sich, wobei die Nutzung als solche eine Dauer von 15 Minuten voraussichtlich überschreiten wird. In Hinblick auf die Nutzungsintensität wird davon ausgegangen, dass die Schattenverhältnisse nicht ausreichend sind. Die Messung am Standort Grasbrookpark findet am Mittwoch, den 05. August 2020 statt. Der Sonnenhöhenwinkel steigt zwischen 10 Uhr bis zu dem Sonnenhöchststand von 35.95° bis 53.24° an (s. Tabelle 30).

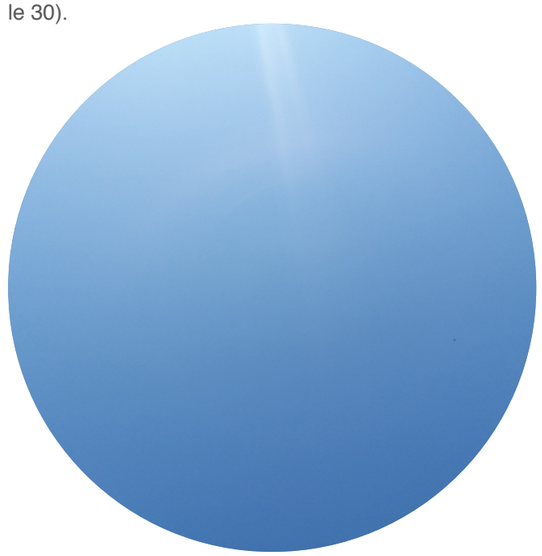


Abbildung 156 SVF am Messstandort Grasbrookpark

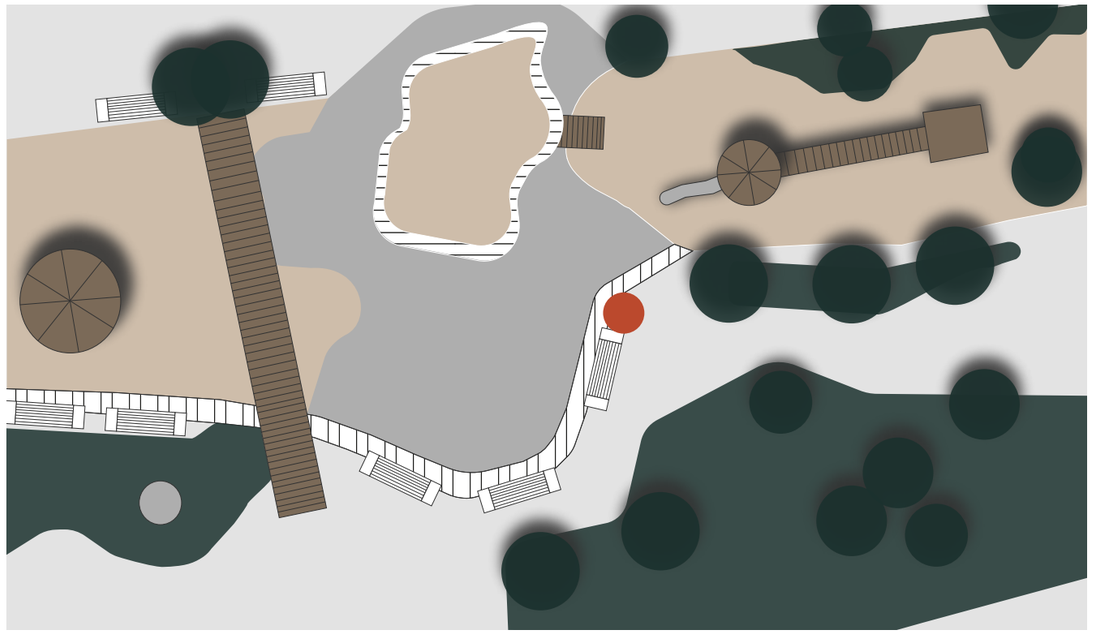


Abbildung 157 Lageplan des Standortes Grasbrookparks mit exemplarischem Schattenwurf während Sonnenhöchststand

Das Wetter ist während der gesamten CPT wolkenlos, sonnig. Die Temperatur beträgt zwischen 21°C und 27°C (s. Tabelle 32). Insgesamt werden 126 Messwerte erhoben (s. Tabelle 30).

Tabelle 30 Messprotokoll des Standortes Grasbrookpark

ALLTAGSRAUM 5 SPIEL- UND SPORTPLATZ			
Datum	05.08.2020		
Koordinaten	53.540N 9.995E		
Sonnenaufgang	05:42:14		
Sonnenhöchststand	13:25:59		
Sonnenuntergang	21:08:33		
Sonnenhöhenwinkel 10:00 bis 13:26)	35.95° bis 53.24°		
Anzahl der Messwerte	n= 126		
UVI_{max}	5,2	5	13:16:42 13:32:12 13:39:12
EEr_{max}	130,0 mW/m²		
UVI_{min}	1,65	2	10:18:52
EEr_{min}	41,3 mW/m²		
$UVI_{ø}$	4		
UVI nach Bundesamt für Strahlenschutz	6		
offizieller gemessener UVI-Tageswert (höchster Halbstundenwert)	5		

Am Standort Grasbrookpark gibt es keine verschattungsrelevanten Objekte, sodass dieser zwischen 10 Uhr und 15 Uhr nicht verschattet wird und kein Schattenverlaufsprotokoll erfasst wird. Die umliegenden Bäume führen jedoch dazu, dass die Wegeverbindungen am Standort zu Teilen verschattet werden. Die Sitzmöglichkeiten, die rund um die Spielfläche angeordnet sind, befinden sich nicht im Schatten. Während der CPT wird ein UV-Index zwischen 2 und 5 gemessen. Zwischen 10 Uhr und 10:30 liegt der UV-Index bei 2. Die darauffolgende Stunde steigt er auf einen UVI von 3, bis 12 Uhr auf einen UVI von 4 an. Von 12 Uhr bis 15 Uhr wird bis auf den Zeitraum 14 Uhr bis 14:30 ein UVI von 5 erfasst (s. Tabelle 32). Dies entspricht auch dem höchsten am Tag gemessenen Halbstundenmittelwert (s. Tabelle 30). In einem kurzen Zeitraum von rund zwei Minuten wird die Sonne von ca. 14:08 Uhr bis 14:10 Uhr von einer kleinen Schleierwolke bedeckt, sodass in diesem Zeitraum der UVI von 5 auf bis zu einem UVI von 3 absinkt (s. Abbildung 158). Da aufgrund dieser Änderungen in diesem Zeitraum mehr Daten erhoben werden, ergibt sich für den Halbstundenzeitraum von 14 Uhr bis 14:30 Uhr demnach ein durchschnittlicher UVI von 4. Die höchsten UV-Werte werden an drei Zeitpunkten rund um den Sonnenhöchststand erreicht (s. Tabelle 30 und 32). Für die Messstation Lüneburg wird an diesem Tag ein UV-Index von 6 erfasst (s. Tabelle 30). Der Standort wird überwiegend von Familien mit Kindern oder auch Kindergruppen aus Kindertagesstätten genutzt. Die Nutzungen bestehen aus Spielen, Aufenthalt und den Verzehr von Speisen und Getränken. Zudem sind Bauarbeiter:innen vor Ort, die die Spielgeräte überprüfen. Die Nutzungszeit dauert in diesen Fällen länger als 15 Minuten an. Teilweise findet auch Durchgangsverkehr statt, der in diesem Fall kürzer als 15 Minuten andauert. Die Nutzung der Spielgeräte findet hauptsächlich in unverschatteten Bereichen statt. Während der Mittagszeit – ab ca. 12:30 – ist der Spielplatz weniger frequentiert. Ab 14 Uhr steigt die Nutzungsintensität wieder an. Eine Berücksichtigung der umliegenden Schattenräume am Standort zeigt, dass diese mit zunehmender Temperatur umfassend genutzt werden und wie am Marco-Polo-Tower der Eindruck entsteht, dass die Räume bewusst aufgesucht werden.

Tabelle 31 Oberflächenmaterialien am Standort Grasbrookpark

	MATERIAL	ALBEDO (in Prozent)	EMISSIONSVERMÖGEN (in Prozent)
Spielflächen I	Sand	25 bis 35	84 bis 91
Spielflächen II	blaue Pflastersteine Wasser	20 bis 35 5 bis 95	85 92 bis 97
Sitzgelegenheiten I	Holz	~ 40	~ 90
Sitzgelegenheiten II	helle Betonuntergrund-konstruktion	~ 71	71 bis 95
Bodenoberfläche I	Asphalt	5 bis 15	~ 95
Bodenoberfläche II	helles Betonsteinpflaster	70 bis 95	~ 90
Bodenoberfläche III	Gras	20 bis 30	90 bis 95
Brücken	Holz	~ 40	~ 90
Fassade nördliches Gebäude	dunkler Klinker	20 bis 50	90 bis 92
Balkone nördliches Gebäude	weißer Beton	~ 71	71 bis 90
Fassade nordwestliches Gebäude	Glas dunkle Faserzementplatte	10 bis 50 2 bis 15	~ 90 ~ 95

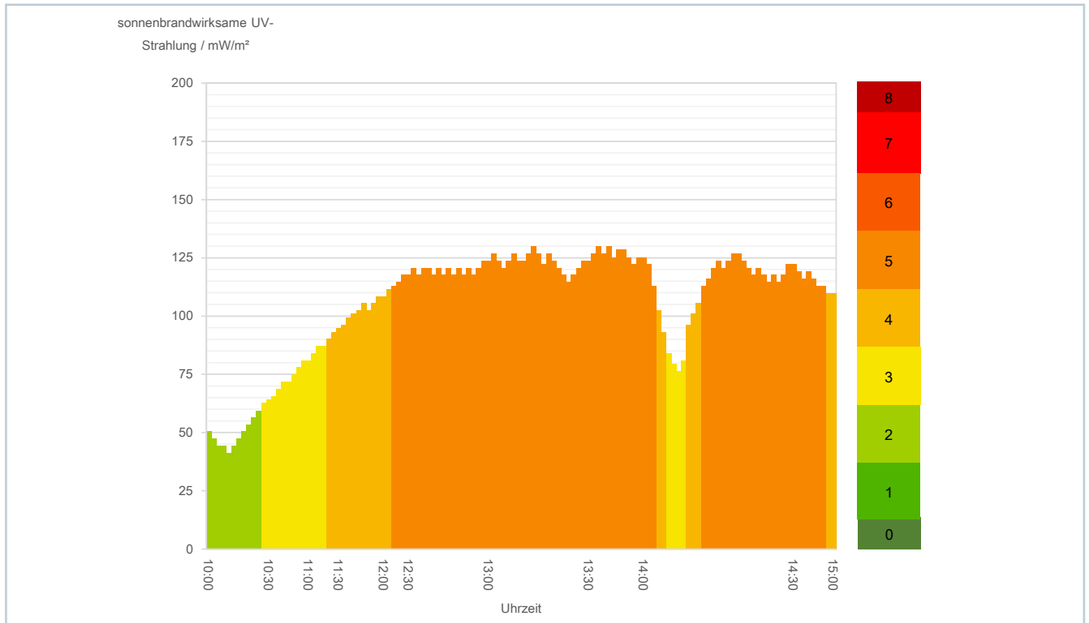


Abbildung 158 UV-Index während der CPT am Standort Grasbrookpark

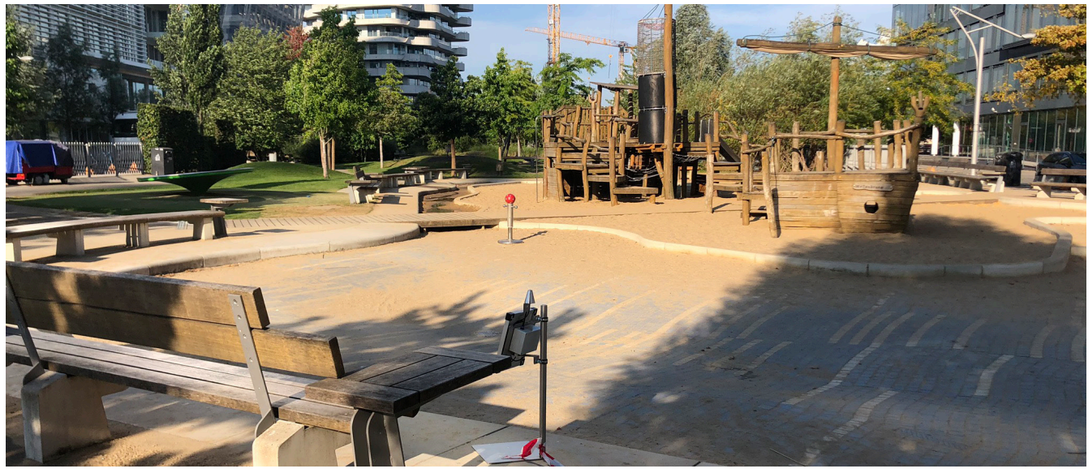


Abbildung 159 Messstandort im Grasbrookpark um 09:00 Uhr

Tabelle 32 Bestrahlungsstärke und UVI im Halbstundentakt während der CPT am Standort Grasbrookpark

ZEIT	BESTRAHLUNGS-STÄRKE (mW/m2)	UVI	UVI GERUNDET	SCHATTEN VORHANDEN	WETTER	TEMPERATUR (in °C)
10:00 bis 10:30	50,19	2,01	2	nein	wolkenlos, sonnig	21
10:30 bis 11:00	72,03	2,88	3	nein	wolkenlos, sonnig	23
11:00 bis 11:30	87,17	3,49	3	nein	wolkenlos, sonnig	24
11:30 bis 12:00	101,75	4,07	4	nein	wolkenlos, sonnig	24
12:00 bis 12:30	113,10	4,52	5	nein	wolkenlos, sonnig	25
12:30 bis 13:00	119,63	4,79	5	nein	wolkenlos, sonnig	25
13:00 bis 13:30	123,24	4,93	5	nein	wolkenlos, sonnig	25
13:30 bis 14:00	126,57	5,06	5	nein	wolkenlos, sonnig	26
14:00 bis 14:30	111,33	4,45	4	nein	wolkenlos, sonnig	26
14:30 bis 15:00	115,47	4,62	5	nein	wolkenlos, sonnig	27
13:25 (Sonnen-höchststand)	117,8	4,71	5	nein	wolkenlos, sonnig	25

Messstandort Promenade: Promenade am Dalmannkai

Die Promenade am Dalmannkai liegt im westlichsten der zehn Quartiere, dem Quartier Am Sandtorkai / Dalmannkai. Im Norden wird der Standort durch fünf- bis siebengeschossige Wohnbebauung auf Hochwasserniveau begrenzt, die über eine Treppe erreichbar ist. Im Süden liegt der Grasbrookhafen. Der betrachtete Bereich weist keine Grünflächen auf. Insgesamt sind zwei Silberweiden im rückwärtigen Bereich der Promenade gepflanzt. Der Standort weist vier Sitzgelegenheiten auf. Zwei Sitzbänke sind parallel zum Grasbrookhafen in unmittelbarer Wasserlage angeordnet. Die weiteren Zwei sind nordöstlich gruppiert und befinden sich in Nähe der Silberweide (s. Abbildung 161). Am Standort besteht eine fast uneingeschränkte Himmelssicht (s. Abbildung 160).

Der Promenadenbereich ist mit Natursteinpflaster, Beton und Stelconplatten gepflastert. Die Bodenoberflächen weisen eine Albedo von 10 bis 50 Prozent auf. Die Warftwand ist mit mehrfarbigen Klinker ausgestattet. Klinker wurde auch für die oberhalb der Warftwand stehenden Gebäude verwendet. Das östlich angeordnete Gebäude zeichnet sich zusätzlich durch eine goldene Metallverkleidung aus. Die Sitzgelegenheiten sind aus Beton gegossen und wurden durch eine Auflage aus Holz ergänzt. Der Standort unterliegt der Reflexion der Wasseroberfläche des Grasbrookhafens, die bis zu 95 Prozent betragen kann (s. Tabelle 34).



Abbildung 160 SVF am Messstandort Promenade am Dalmannkai

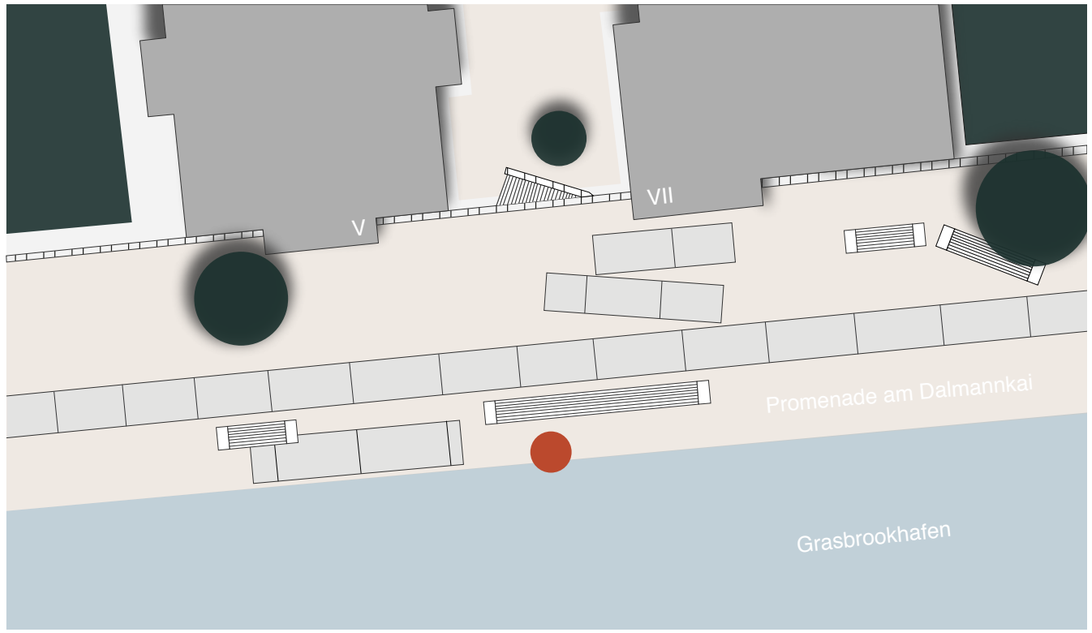


Abbildung 161 Lageplan des Standortes Promenade am Dalmannkai mit exemplarischem Schattenwurf während Sonnenhöchststand

An der Promenade am Dalmannkai sind keine verschattungsrelevanten Elemente vorhanden, sodass während der gesamten CPT hohe UV-Strahlungswerte erwartet werden. Die Promenade ist nach Süden ausgerichtet, sodass sich hier auch keine Bäume beziehungsweise Gebäude befinden, die sich indirekt auf die UV-Strahlung oder Verschattung auswirken. Die unmittelbare Lage am Wasser und das daraus resultierende Reflexionsvermögen lässt höhere UV-Strahlungswerte als an einem Standort ohne Wasserlage, wie zum Beispiel am Standort Grasbrookpark vermuten. In Bezug auf die Nutzungen wird vor allem Durchgangsverkehr zu touristischen Zwecken oder auch für den Arbeitsweg erwartet. Ein längerer Aufenthalt wird auf den Sitzgelegenheiten und vor allem in den umliegenden Cafés oder dem westlich gelegenen begrünten Bereich der Promenade erwartet.

Am Mittwoch, den 12. August 2020 findet die UV-Messung an der Promenade am Dalmannkai statt. Der Sonnenhöhenwinkel beträgt zwischen 34.42° bis 51.22° zum Sonnenhöchststand (s. Tabelle 33). Aufgrund des permanenten wolkenlosen, sonnigen Wetters und der fehlenden Verschattung (s. Abbildung 163) werden insgesamt an nur 65 Zeitpunkten Messwerte erhoben (s. Tabelle 33). Die Messwerte entsprechen dem Verlauf des Sonnenhöhenwinkels und weisen keine Schwankungen oder Unregelmäßigkeiten auf (s. Abbildung 162). Die Temperatur beträgt zwischen 23°C und 31°C, sodass das Risiko für einen Sonnenbrand in Bezug auf das thermische Empfinden ab 12 Uhr wieder zurückgeht.

Für die Promenade am Dalmannkai wird kein Schattenverlaufsprotokoll dargestellt, da der Standort während der gesamten CPT nicht verschattet wird und es keine verschattungsrelevanten Objekte gibt. Der höchste UV-Index von 5 wird an vier Zeitpunkten rund um den Sonnenhöchststand um 13:25:00 Uhr erreicht. Der höchste Halbstundenmittelwert liegt ebenfalls bei einem UV-Index von 5 und wird in den Zeiträumen zwischen 12:30 bis 14:30 erreicht. Erst ab 14:30 geht der UV-Index mit abnehmenden Sonnenhöhenwinkel wieder auf 4 zurück. Zu Messbeginn wird der niedrigste UV-Index mit 2 an diesem Standort erfasst. Bereits ab 10:30 liegt der Halbstundenwert bei einem UV-Index von 3 und steigt ab 11:30 auf einen UV-Index von 4 an. Das Bundesamt für Strahlenschutz ermittelt für diesen Tag einen UV-Index von 6 für die Messstation Lüneburg (s. Tabelle 33 und 35). Ergänzend lässt sich hinzufügen, dass es sich bei der vorliegenden Messung um eine Wiederholungsmessung handelt. Die Messung wurde bereits am 21. Juli 2020 durchgeführt, jedoch wurde das Wetter ab 13:00 Uhr zu unbeständig, sodass die Werte aufgrund der Vergleichbarkeit nicht verwendet werden konnten. Dennoch wurde während dieser Messung an mehreren Zeitpunkten zwischen 12 Uhr und 13 Uhr ein UV-Index von 6 erreicht.

Tabelle 33 Messprotokoll des Standortes Promenade am Dalmannkai

ALLTAGSRAUM 6 PROMENADE			
Datum	12.08.2020		
Koordinaten	53.540N 9.99010E		
Sonnenaufgang	05:54:18		
Sonnenhöchststand	13:25:00		
Sonnenuntergang	20:54:31		
Sonnenhöhenwinkel 10:00 bis 13:26)	34.42° bis 51.22°		
Anzahl der Messwerte	n= 65		
UVI_{max}	4,95	5	13:14:12 13:15:01 13:27:42 13:31:32
EEr_{max}	123,8 mW/m²		
UVI_{min}	2,14	2	10:00:01
EEr_{min}	53,5 mW/m²		
$UVI_{ø}$	4		
UVI nach Bundesamt für Strahlenschutz	6		
offizieller gemessener UVI-Tageswert (höchster Halbstundenwert)	5		

Die Promenade wird überwiegend für den Durchgangsverkehr zu touristischen Zwecken, der Kleidung nach zu urteilen für den Arbeitsweg oder von Anwohner:innen zum Beispiel zum Gassi gehen, genutzt. Hauptsächlich wurde der Weg zu Fuß und vereinzelt mit dem Fahrrad oder dem E-Roller bestritten. Vereinzelt finden auch sportliche Nutzungen wie Joggen statt. Ein Mitarbeiter der Stadtreinigung leert vor Ort die Mülleimer. Wird der Standort doch für einen Aufenthalt aufgesucht, wie das Sitzen auf einer der Bänke, besteht nur eine kurze Nutzungsdauer. Diese Art der Nutzung tritt kaum auf. Drei Personen haben ein kleines Fotoshooting vor Ort durchgeführt. Aufgrund der fehlenden Verschattungselemente finden die Nutzungen in unverschatteten Bereichen statt.

Tabelle 34 Oberflächenmaterialien am Standort Promenade am Dalmannkai

	MATERIAL	ALBEDO (in Prozent)	EMISSIONSVERMÖGEN (in Prozent)
Bodenoberfläche I	Natursteinpflaster	20 bis 35	~ 85
Bodenoberfläche II	grauer Beton	10 bis 35	71 bis 95
Bodenoberfläche III	Stelconplatten (weißer Beton)	~ 71	71 bis 95
Geländer	Metall	~ 80	~ 15
Sitzgelegenheit I	Holz	~ 40	~ 90
Sitzgelegenheit II	heller Beton	~ 71	71 bis 95
Hochwasserschutzmauer	mehrfarbiger Klinker	20 bis 50	90 bis 92
Fassade Gebäude Nordwesten	heller Klinker Glas	20 bis 50 10 bis 50	90 bis 92 ~ 90
Fassade Gebäude Nordosten	dunkler Klinker goldene Metallverkleidung	20 bis 50 10 bis 16	90 bis 92 13 bis 28
Becken des Grasbrookhafens	Wasser	5 bis 95	92 bis 97

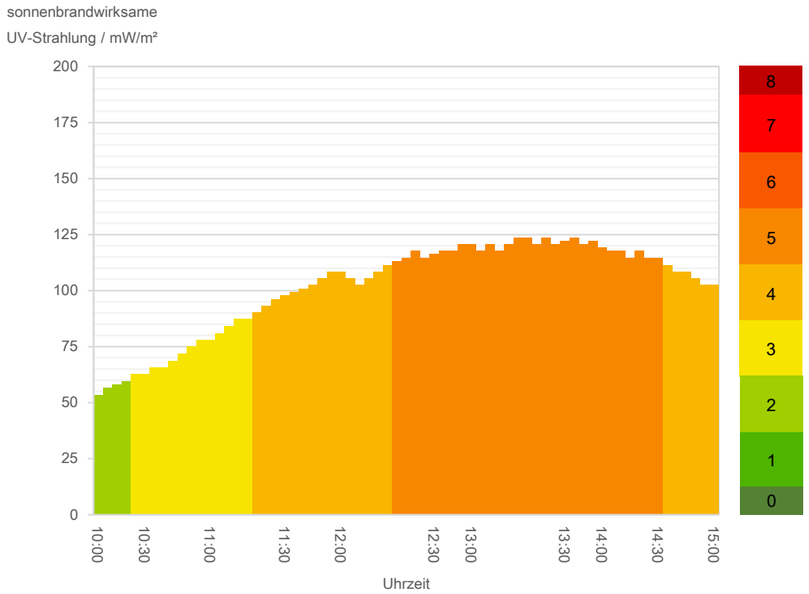


Abbildung 162 UV-Index während der CPT am Standort Promenade am Dalmannkai



Abbildung 163 Messstandort Promenade am Dalmannkai während Sonnenhöchststand

Tabelle 35 Bestrahlungsstärke und UVI im Halbstundentakt während der CPT am Standort Promenade am Dalmannkai

ZEIT	BESTRAHLUNGS-STÄRKE (mW/m2)	UVI	UVI GERUNDET	SCHATTEN VORHANDEN	WETTER	TEMPERATUR (in °C)
10:00 bis 10:30	58,05	2,32	2	nein	wolkenlos, sonnig	23
10:30 bis 11:00	69,68	2,79	3	nein	wolkenlos, sonnig	24
11:00 bis 11:30	87,16	3,49	3	nein	wolkenlos, sonnig	25
11:30 bis 12:00	102,42	4,10	4	nein	wolkenlos, sonnig	26
12:00 bis 12:30	110,23	3,95	4	nein	wolkenlos, sonnig	27
12:30 bis 13:00	118,13	4,73	5	nein	wolkenlos, sonnig	28
13:00 bis 13:30	121,05	4,84	5	nein	wolkenlos, sonnig	29
13:30 bis 14:00	122,25	4,89	5	nein	wolkenlos, sonnig	30
14:00 bis 14:30	117,0	4,68	5	nein	wolkenlos, sonnig	30
14:30 bis 15:00	107,68	4,31	4	nein	wolkenlos, sonnig	31
13:25 (Sonnen-höchststand)	123,75	4,95	5	nein	wolkenlos, sonnig	29

Bewertung der Messergebnisse und Schlussfolgerungen

Marco-Polo-Terrassen

Entsprechend der getroffenen Annahmen ist der Standort fast während der gesamten CPT verschattet, jedoch führt dies nicht automatisch zu niedrigen UV-Werten. Zwischen 10 Uhr und 13:30 Uhr gibt es Werte von einem UV-Index bis zu 4. Schwankungen der Werte stützen die Annahme, dass die inhomogenen Kronendächer die UV-Strahlung nicht umfassend reduzieren. Die Vermutung, dass die Baumschatten nicht geschlossen genug sind, um die UV-Strahlung zu jeder Zeit ausreichend zu reduzieren, kann damit bestätigt werden. Bei diesen Werten sollten weitere UV-Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Zudem lassen die Windverhältnisse, nach dem individuellen thermischen Empfinden zu urteilen, den Schatten an einigen Zeitpunkten als kalt erscheinen. Die Gefahr durch UV-Strahlung ist zu dieser Zeit daher nur schwer einzuschätzen, da der Aufenthalt im Schatten zunächst einen guten UV-Schutz vermuten lässt.

Ab 13:30 Uhr ist der Schattenwurf hingegen als gut zu bewerten. Der ausgeprägte und dichte Schattenwurf vermindert eine übermäßige direkte UV-Einstrahlung. Dies gilt allerdings nur für den direkten Messstandort. Die Menge des Schattens in der Umgebung des Standortes ist hingegen als weniger gut einzustufen, da große Bereiche während der CPT nicht verschattet sind. Die Oberflächen dieser Bereiche weisen ein hohes Reflexionsvermögen auf. Sind diese nicht verschattet, kann das die indirekte UV-Strahlung am Messstandort erhöhen. Wird ein Vergleich zwischen dem Standort Marco-Polo-Terrassen zu dem Zeitpunkt der starken Verschattung zwischen 13:30 Uhr und 15 Uhr und dem Standort Lohsepark zwischen 10 Uhr und 14 Uhr gezogen, wird deutlich, dass der Halbstundenmittelwert an beiden Standorten bei einem UV-Index von 1 liegt, die absoluten Werte an den Marco-Polo-Terrassen jedoch zu jedem Zeitpunkt höher sind als im Lohsepark. Dies legt den Schluss nahe, dass aufgrund der höheren Albedo der Umgebung an den Marco-Polo-Terrassen, die indirekte UV-Strahlung und somit die gesamte UV-Bestrahlungsstärke tatsächlich höher ist als im Lohsepark. Sollte die indirekte UV-Strahlung tatsächlich der Grund für die höheren Werte sein, ist sie während dieses Zeitraumes jedoch nie so stark, dass zusätzliche Schutzmaßnahmen ergriffen werden müssen.

Wie erwartet, wird der Standort überwiegend für Aufenthalte genutzt, die länger als 15 Minuten andauern. Eine ungewollte UV-Exposition ist nach eigenem Ermessen nicht erkennbar. Die intensive Nutzung der Schattenorte und der „Schattensuchverkehr“ lässt auf eine nicht ausreichende Anzahl an Schattenräumen schließen. Sind keine verschatteten Bereiche mehr frei, halten sich die Personen dennoch in der Sonne auf.

Yokohamastraße

An der Yokohamastraße ist die UV-Bestrahlungsstärke, wie erwartet, während des Gebäudeschattenwurfs konstant niedrig. Im Vergleich zu dem Innenhof am Campus Tower sind die Reflexionen an den Fensterscheiben geringer ausgeprägt, sodass diese keinen erkennbaren Effekt auf die UV-Strahlung haben. Aus diesem Grund ist der UV-Schutz bis ca. 12 Uhr als gut zu bewerten. Mit Sonneneinfall auf den nördlichen Gehweg steigt der UVI wie erwartet an. Es kann bestätigt werden, dass mit einem UVI von mindestens 3 auf der nördlichen Straßenseite kein ausreichender UV-Schutz mehr gegeben ist. Wie der UVI sich im weiteren Lauf der CPT entwickelt, ist nur schwer zu beurteilen, da das Wetter ab diesem Zeitpunkt unbeständig ist. Trotz dieser Ergebnisse wird davon ausgegangen, dass zwischen 13 Uhr und 15 Uhr auf dem nördlich angeordneten Gehweg und den nördlich angeordneten Parkplätzen bei wolkenfreiem Himmel ein hoher UV-Index herrsche und dieser stark durch UV-Strahlung gefährdet sei. Diese Vermutung wird dadurch gestützt, dass der höchste UV-Index von 4 bereits um 12:44:52 Uhr und 12:45:01 Uhr gemessen wird. Die Annahme, dass reflektierte UV-Strahlung aufgrund der niedrigen Albedo der Oberflächen keinen großen Einfluss hat, kann teilweise gestützt werden. Ein Vergleich der UV-Werte der Yokohamastraße und dem Innenhof am Campus Tower zwischen 10 Uhr und 12 Uhr zeigt, dass der UV-Index im Innenhof während des gesamten Zeitraumes höher ist. Beide Standorte werden während dieser Zeit durch Gebäude verschattet, so dass der Schluss möglich wäre, dass die indirekte UV-Strahlung an der Yokohamastraße geringer ist. Inwieweit Baumschatten die UV-Strahlung an diesem Standort wirklich beeinflusst, ist aufgrund des wechselhaften Wetters nur schwierig zu sagen. Im Vergleich mit Zeitpunkten, an denen Gebäudeschatten oder Bewölkung die Messstation beeinflussen, ist der UV-Index während des Baumschatten jedoch sehr gering. Dies lässt vermuten, dass der Baumschatten selbst bei Bewölkung die UV-Strahlung noch weiter reduziert. Baumschatten von in größeren Abständen freistehenden Einzelbäumen bedeutet aber immer nur eine punktuelle Verschattung. Am Standort kann bestätigt werden, dass an diesem überwiegend Durchgangsverkehr stattfindet, für den eine punktuelle Verschattung keinen umfassenden UV-Schutz bedeutet. Bis 12 Uhr ist ein ausreichender UV-Schutz durch den Gebäudeschatten gegeben.

Es konnte nicht beobachtet werden, dass die Personen den Gehweg gezielt wechseln, um verschattete Bereiche aufzusuchen. Andere Personen, wie der Postbote, haben keine Möglichkeit bewusst verschattete Bereiche aufzusuchen. Das Verhalten kann aber unterschiedliche Ursachen haben. Zum einen das Wetter, da nur rund eine Stunde lang die Sonne in die Straße einfiel, die kurze Wegelänge der Straße, die einen Wechsel gegebenenfalls als nicht nötig erscheinen lässt sowie die geringe Frequentierung des Standortes, die Aussagen diesbezüglich erschweren. Insbesondere bei längeren Straßenverbindungen wäre es noch einmal interessant zu prüfen, ob bei längeren Wegen die Menschen bewusst die Straßenseite wechseln. Zudem ist die Straße nicht so stark frequentiert, wie es die dort ansässigen Nutzungen wie eine Kindertagesstätte und ein Café vermuten ließen. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Messung an einem Samstag durchgeführt wurde. Weitere Untersuchungen unter der Woche würden vermutlich zeigen, dass der Standort stärker durch die Nutzer:innen der Kindertagesstätte und für den Arbeitsweg genutzt wird. Insgesamt lässt sich festhalten, dass bis 12 Uhr eine ungefährdete Nutzung des nördlichen Gehwegs besteht, diese aber ab 12 Uhr nicht mehr gegeben ist.

Lohsepark

Die Bewertung des Standortes Lohsepark wird, wie bereits am Standort Yokohamastraße, teilweise durch die Wetterbedingungen während der Messung erschwert. Insbesondere zu Zeitpunkten als es wechselnd bewölkt ist, ist der Einfluss der Bäume schwer zu bewerten. Jedoch zeigen die Messwerte, dass der Standort überwiegend gut verschattet ist und niedrige UV-Indexwerte auch während sonniger Abschnitte zeigt. Sobald der Randschatten der Bäume erreicht wird, ist der UV-Index deutlich höher. Werden die Standorte Lohsepark und Marco-Polo-Terrassen miteinander verglichen, ist die UV-Bestrahlungsstärke trotz Schatten an beiden Standorten, an den Marco-Polo-Terrassen zu jedem Zeitpunkt höher und weist deutlich mehr Schwankungen in den Werten auf. Dies stützt die These, dass am Lohsepark die indirekte UV-Strahlung aufgrund des Reflexionsvermögens deutlich geringer ist. Mit dichter werdenden Baumschatten nimmt der UVI und die Schwankungen im Lohsepark ab, wohingegen mit abnehmenden Baumschatten die UV-Werte wieder steigen. Zudem ist die Himmelssicht deutlich eingeschränkter als an den Marco-Polo-Terrassen, sodass der SVF und das sehr geschlossene Kronendach geringe UV-Indexwerte bis 14 Uhr begünstigen. Die erwarteten Schwankungen der Werte können eher nicht bestätigt werden. Dies kann ebenfalls auf den sehr geschlossenen Baumschatten zurückgeführt werden. Erst mit zunehmenden Randschatten mit Übergang zwischen den Schatten der Eichen und der Säuleneiche nehmen die Schwankungen deutlich zu.

Die Annahmen bezüglich der Nutzungen können bestätigt werden. Der Durchgangsverkehr dauert nur kurzfristig an wohingegen die Freizeitnutzungen in der Regel länger als 15 Minuten andauern. Für diese wird der Standort vermutlich überwiegend im Sommer während der CPT genutzt, wohingegen der Durchgangsverkehr ganzjährig stattfindet. Die Nutzungen sind sehr wetterabhängig, es ist jedoch davon auszugehen, dass die Nutzungen vorwiegend während sonnenintensiven, wolkenfreien und warmen Tagen stattfinden. Da an dem Tag sehr viel Wind herrscht, wird davon ausgegangen, dass Schattenplätze eher weniger aufgesucht werden.

Innenhof am Campus Tower

Die Annahme, dass im Innenhof am Campus Tower aufgrund des SVFs und des H/W-Verhältnisses niedrige UV-Indexwerte erreicht werden, kann bestätigt werden. Wegen der Gebäudeausrichtung fällt wider Erwarten keine direkte Sonneneinstrahlung im tageszeitlichen Verlauf in den Innenhof ein, sodass während der gesamten CPT die UV-Bestrahlungsstärke in Bereichen liegt, in denen keine zusätzlichen Schutzmaßnahmen ergriffen werden müssen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Schattenwurf im Innenhof, trotz der bis zum Sonnenhöchststand abnehmenden Schattenlänge, zunimmt. Aufgrund dessen, ist der Innenhof in Zeiträumen, in denen eine zunehmend hohe UV-Einstrahlung erwartet wird, besonders gut verschattet. In diesem Fall ist die Gebäudeausrichtung eine einfache, intelligente Lösung, um ausreichend Schatten zu spenden, ohne zusätzliche Verschattungsmaßnahmen ergreifen zu müssen. Obwohl Gebäudeschatten aufgrund der diffusen UV-Strahlung in vielen Fällen als ineffizient gelten, ist in diesem Fall ein umfassender UV-Schutz mit niedrigen UV-Indexwerten gegeben. Ein Grund hierfür kann die Geschlossenheit des Raumes sein. Jedoch weisen die Werte gewisse Schwankungen auf. Ein Vergleich des Innenhofs mit der Yokoahamastraße zeigt, dass die UV-Werte im Innenhof, während der Zeiträume in denen beide Standorte verschattet sind, immer höher sind. Vielfachreflexionen an den Fensterscheiben des Campus Towers führen zu kleinen Piks der UV-Strahlung. Die Reflexionen verstärken die UV-Strahlung jedoch nur geringfügig und führen nicht zu einer Gefährdung des Standortes. Höhere UV-Strahlung bedeutet dennoch immer ein zusätzliches Risiko. Diese Erkenntnis kann insbesondere für Standorte genutzt werden, an denen die Verschattung nicht so umfassend ist wie im Innenhof am Campus Tower. Reflexionen könnten die UV-Strahlung an ohnehin schon gefährdeten Standorten noch weiter verstärken. Diese Ergebnisse lassen den Schluss ziehen, dass eine höhere Albedo zu einer höheren reflektierten UV-Strahlung führt. Ein Einfluss der Bäume kann hingegen nicht erkannt werden, da die Baumschatten während der CPT durch den Gebäudeschatten überlagert werden.

Wie erwartet, wird der Standort für den Durchgangsverkehr und für das Erreichen der Wohnbebauung genutzt. In die Annahme nicht mit eingeflossen ist, dass der Innenhof überwiegend durch Mitarbeiter:innen der Unternehmen im Campus Tower für die Mittagspause und „Raucherpausen“ genutzt wird. Dadurch kann bestätigt werden, dass der Innenhof sowohl für Aufenthalt als auch Mobilität genutzt wird. Eine Nutzung des Spielplatzes ist hingegen nur geringfügig zu bestätigen.

Es lässt sich festhalten, dass im Innenhof grundsätzlich eine geringe UV-Gefährdung herrscht, da dieser vollumfänglich verschattet wird und ein hohes H/W-Verhältnis aufweist. Dennoch herrscht kein zu dunkler Schatten, da die Reflexionen zu einem angenehmen Lichtklima führen. An diesem Standort wären keine weiteren Maßnahmen notwendig, jedoch können wertvolle Erkenntnisse in Bezug auf Reflexion gewonnen werden, die an anderen Standorten berücksichtigt werden können.

Grasbrookpark

Wie erwartet, werden am Standort Grasbrookpark während der gesamten CPT hohe UV-Strahlungswerte erreicht. Im Vergleich zu der Promenade am Dalmannkai weist der Grasbrookpark in fast allen Zeiträumen höhere UV-Werte auf, die ein Hinweis auf eine höhere reflektierte UV-Strahlung sein kann. Eine Verminderung der UV-Strahlung durch die umliegenden Gebäude und Bäume am Grasbrookpark scheint demnach unrealistisch. Die beobachteten Nutzungen entsprechen der zuvor aufgestellten Annahme. Darüber hinaus wird der Grasbrookpark teilweise für den Durchgangsverkehr genutzt. Die Wege sind abschnittsweise verschattet. Eine ungewollte Exposition ist in Hinblick auf die vor Ort tätigen Bauarbeiter:innen zu beobachten, die die Spielgeräte im Grasbrookpark überprüfen. Es ist davon auszugehen, dass der Spielplatz überwiegend während der Sommermonate beziehungsweise an Tagen mit hoher Sonneneinstrahlung genutzt wird. Diese Annahme und die hohen UV-Strahlungswerte aufgrund fehlender Verschattung zeigen eine besondere Gefährdung des Standortes. Zudem nehmen Kinder die Gefahr durch Sonneneinstrahlung nicht wahr, obwohl sie als besonders gefährdet gelten.

Promenade am Dalmannkai

Auch an der Promenade am Dalmannkai wird wie erwartet, eine hohe UV-Bestrahlungsstärke gemessen. Der Annahme, dass aufgrund des durch die Wasserlage gegebene Reflexionsvermögens, höhere UV-Indexwerte erreicht werden als an einem Standort ohne Wasserlage, kann nicht vollumfänglich gefolgt werden. Der höchste UV-Index an der Promenade am Dalmannkai liegt bei 4,5 wohingegen dieser im Grasbrookpark bei 5,2 liegt. Auch sind fast alle Halbstundenwerte im Grasbrookpark höher. Zu Beginn der Messung von 10 Uhr bis 10:30 Uhr, als der Sonnenhöhenwinkel noch niedrig ist, weist der Standort an der Promenade jedoch einen höheren UV-Index auf. Dies kann ein Hinweis für den Einfluss der Wasserlage sein, da die Reflexion an Wasserflächen mit niedrigem Sonnenhöhenwinkel größer ist als bei einem höheren Sonnenstand. Eine weitere Erklärung wäre, dass die Messung sieben Tage später als im Grasbrookpark stattgefunden hat. Zu diesem Zeitpunkt steht die Sonne während Sonnenhöchststand bereits 2° niedriger als bei der Messung am Grasbrookpark. Jedoch misst das Bundesamt für Strahlenschutz für beide Messtage an der Messstation Lüneburg einen UVI von 6.

Die Promenade ist wider Erwarten wenig frequentiert. Dies kann zum einen darauf zurückgeführt werden, dass die Messung unter der Woche stattgefunden hat und somit weniger touristischer Verkehr als am Wochenende stattfindet. Zum anderen ist es am Tag der Messung sehr heiß (über 27°C), sodass die Menschen einen Aufenthalt im Freien gegebenenfalls bewusst vermeiden. Dies wird auch anhand der Sitzgelegenheiten deutlich, da diese nicht genutzt werden. Findet ein Aufenthalt statt, dann in den westlichen begrünten und verschatteten Bereichen oder unterhalb der nordöstlich angeordneten Silberweide. Für den Durchgangsverkehr gibt es keine Möglichkeiten in den Schatten auszuweichen. Es wird davon ausgegangen, dass die Menschen sich überwiegend bewusst für die Exposition entscheiden, da alternativ auch der parallel verlaufende, verschattete Gehweg an der Straße Am Kaiserkai genutzt werden könnte, dieser aber eine geringere Qualität als die Promenade aufweist. Insgesamt ist die Gefährdung an der Promenade am Dalmannkai als sehr hoch einzustufen.

Auf Grundlage der untersuchten Fallbeispiele lassen sich folgende Schlussfolgerungen für die Alltagsräume ableiten:

- Die Standorttypologien weisen aufgrund ihrer Verschattungsverhältnisse und Reflexionseigenschaften unterschiedliche UV-Werte auf.
- Das Aufsuchen von Schatten bedeutet nicht zwangsläufig einen ausreichenden Schutz vor UV-Strahlung.
- Randschattenbereiche und leichte bis mittel ausgeprägte Baumschatten können hohe UV-Strahlungswerte aufweisen. Geschlossene dichte Baumschatten haben einen guten UV-Schutz.
- Standorte mit umfassenden Gebäudeschatten und gleichzeitig hohem H/W-Verhältnis weisen insgesamt geringere und konstantere UV-Indexwerte auf, als Standorte mit ausschließlich Baumschatten.
- Je geschlossener und größer der Schattenwurf, desto höher der UV-Schutz.
- Ausrichtung und Anordnung von Verschattungselementen haben einen wesentlichen Effekt auf die Wirksamkeit des Schattens, insbesondere bei abnehmenden Schattenlängen.
- In Abhängigkeit des geworfenen Schattens können an Standorten mit einem hohen Reflexionsvermögen hohe UV-Strahlungswerte auftreten.
- Wasserreflektion scheint keinen nachweislich merklichen Effekt auf indirekte UV-Strahlung zu haben.
- Windeinflüsse können den thermischen Komfortbereich beeinflussen, sodass auch an gut verschatteten Standorten aufgrund der Nichtnutzung von Schattenräumen ein erhöhtes Hautkrebsrisiko besteht.

7.5 Reflexion der Raumanalyse

Im Folgenden werden die Erkenntnisse und Ergebnisse aus den vorangegangenen Unterkapiteln kritisch betrachtet, um die Eignung der gewählten Vorgehensweise und Methodik festzustellen. Zudem wird dargestellt, welche Fragestellungen mit der gewählten Forschungsmethode nicht beantwortet werden konnten beziehungsweise noch weiteren Forschungsbedarf erfordern.

Die gute Dokumentation des Projektes HafenCity Hamburg und das Straßenbaumkataster der Stadt Hamburg ermöglichen einen umfassenden Zugang zu detaillierten Informationen bezüglich der Quartiere in der HafenCity. Trotz dieser umfangreichen Dokumentation, sind beispielsweise nicht alle Bäume im Straßenbaumkataster erfasst. Zudem gibt es keine Angaben über die Höhe der einzelnen Bäume, sodass alle Höhen sowie die relevanten Eigenschaften der Parkbäume an den Standorten Grasbrookpark und Lohsepark im Rahmen dieser Arbeit erfasst wurden. Die Erfassung dieser Daten, wie auch die Ermittlung des SVF an allen Standorten basiert auf Schätzungen. Diese sind nicht als exakte Messergebnisse zu verstehen.

Die Auswahl der Standorte erfolgte nach der Prämisse, ein möglichst breites Spektrum an unterschiedlichen Alltagsräumen in Bezug auf Verschattungssituation, Wasserlage und Nutzung zu erfassen. Die Kriterien für diese Auswahl wurden nach individuellem Ermessen basierend auf den Erkenntnissen der Begehungen festgelegt. Für weiterführende Untersuchungen in einem vergleichbaren Umfeld ist es zu empfehlen, einen fundierten Kriterienkatalog für die Standortauswahl auf Grundlage in den vorangegangen Kapiteln aufgezeigten typischen Standortmerkmalen für städtische Neubauquartiere zu entwickeln.

Angesichts des unterschiedlichen Baufortschritts wurden ausschließlich Quartiere der HafenCity in die Untersuchung einbezogen, deren Entwicklung weitestgehend abgeschlossen ist. Die Ergebnisse schließen jedoch zukünftige Entwicklungen, wie das Baumwachstum oder weitere Bauaktivitäten in der HafenCity nicht mit ein. Beispielsweise wird die UV-Strahlung am Standort Grasbrookpark in Zukunft durch die Bebauung des südlichen Überseequartiers beeinflusst werden und gegebenenfalls zu anderen Ergebnissen am untersuchten Standort führen. An diesen Standorten wären in Zukunft Vergleichsmessungen erforderlich, um zu prüfen, ob und wie sich die UV-Belastung verändert hat. Dies ist insbesondere für die Beurteilung nach einem Bedarf oder nicht-Bedarf an Verschattungsmaßnahmen wichtig. Dabei gilt es insbesondere bei der Beurteilung des natürlichen Schattens, das Alter und die zukünftige Entwicklung mit zu berücksichtigen. Dies kann auch als Chance betrachtet werden, um die Einflüsse durch Baumwachstum, Bebauung und Gebäudeschatten auf UV-Strahlung weiter zu untersuchen. Zudem variiert die Albedo der einzelnen Oberflächenmaterialien an den Standorten teilweise sehr stark, bei Glas zum Beispiel zwischen 10 bis 50 Prozent. Dies führt zu der Frage, wie hoch die Reflexionseigenschaften am Standort tatsächlich sind und welche Oberflächen in welchem Radius überhaupt Auswirkungen auf den Standort haben. Die Auswahl des Innenhofs am Campus Tower erfolgte unter anderem, um einen Vergleich der Reflexionseigenschaften zur Yokohamastraße ziehen zu können. Da jedoch auf Grundlage der Gebäudeanordnung, keine direkte Sonneneinstrahlung in den Innenhof erfolgt, sind die Vergleichsmöglichkeiten der Standorte begrenzt.

Weiterhin wurden Standorte, die insbesondere eine ungewollte UV-Exposition mit sich bringen, wie zum Beispiel Ampeln, Mittelinseln oder Bushaltestellen nicht betrachtet. Eine Aufstellung des Messgerätes wurde an diesen Standorten als nicht umsetzbar angesehen, ohne den öffentlichen Verkehr oder die UVI-Station zu gefährden. Eine ähnliche Einschränkung gilt für die ausgewählten Messstandorte. Nicht immer war es möglich die UVI-Station an der bevorzugten Stelle aufzustellen und gleichzeitig die Einsehbarkeit des Messgerätes und die Sicherheit des Fuß- und Radverkehrs zu gewährleisten. Zum Beispiel wurde in der Yokohamastraße das Messgerät an den Rand des Gehwegs positioniert, obwohl der überwiegende Anteil der Personen den mittleren Bereich des Gehwegs nutzt. Eine weitere Herausforderung an Standorten mit Mobilität ist, die tatsächliche Gefährdung durch UV-Strahlung zu messen und zu bewerten, da die betroffenen Personen ständig in Bewegung sind. Eine Bewertung ist dann immer nur für Abschnitte möglich, die in ihren Bedingungen homogen sind.

Die Messungen an den ausgewählten Standorten lassen erste Tendenzen in Bezug auf deren Belastung durch UV-Strahlung erkennen. Valide Schlussfolgerungen zur langfristigen Belastung durch UV-Strahlung, sind nach einer Messung jedoch nicht möglich. Die Ergebnisse müssten um weitere Messungen an diesen und an anderen Standorten mit gleichen Standortbedingungen ergänzt werden, um weitere Daten zu erfassen und die Ergebnisse überprüfen zu können. Außerdem waren die Rahmenbedingungen, wie das Wetter, der Sonnenhöhenwinkel und die Temperatur an den Messtagen unterschiedlich, sodass die Vergleichbarkeit eingeschränkt ist. Aufgrund der Zeitspanne zwischen den Messtagen variiert der Sonnenhöhenwinkel zwischen dem ersten Messtag am 20. Juli 2020 und der letzten Messung am 12. August um ca. 5°. Dies bedeutet, dass an Tagen mit niedrigerem Sonnenhöhenwinkel grundsätzlich weniger UV-Strahlung auf die Standorte auftrifft. Zudem werden dadurch die Schattenlänge und der Schattenwurf beeinflusst. Die unterschiedlichen Wetterbedingungen schränken die Vergleichbarkeit ebenfalls ein, spiegeln gleichzeitig aber auch die Realität wider. Messtage an denen teilweise starke Bewölkungssituationen herrschten, machten eine Erfassung der Schattensituation vor Ort kaum möglich. Eine Messung fand zudem an einem Tag statt, an dem die Temperatur von 27°C überstiegen wurde und das Hautkrebsrisiko aufgrund des thermischen Wohlbefindens ab 27°C wieder zurückgeht. Wiederholungsmessungen waren wegen des zeitlichen und logistischen Aufwands nicht an allen Standorten mit Bewölkungssituationen oder zu hohen Temperaturen möglich. Für eine maximale Vergleichbarkeit hätten die Messungen mit mehreren UVI-Stationen an allen Standorten am selben Tag stattfinden müssen. Eine Einzelbewertung der Standorte ist nicht sinnvoll und lässt kaum Schlüsse zu. Ein Vergleich ist für die Beurteilung der Standorte insbesondere in Bezug auf die Reflexionseigenschaften erforderlich. Fraglich ist auch, inwieweit der gemessene UVI mit dem UVI des Bundesamtes für Strahlenschutz verglichen werden kann, da es sich bei diesem um einen regionalen Wert handelt. Eine Messstation des Bundesamtes für Strahlenschutz zum Abgleich der Messergebnisse gibt es in Hamburg nicht.

In Bezug auf die Messwerte ist kritisch zu betrachten, dass aufgrund der Wetterlagen und der Eigenschaften des Messgeräts nicht immer dieselbe Anzahl an Messwerten erfasst wird, sodass einige Standorte 278 Messwerte, andere wiederum nur 61 Messwerte aufweisen. Dies führt dazu, dass bei der Auswertung innerhalb der Halbstundenzeiträume große Schwankungen bei der Anzahl der Werte auftreten und teilweise nur vier UV-Indexwerte in einen Halbstundenmittelwert einfließen. Insbesondere wenn aufgrund kurz andauernden, aber stark wechselnden Wetterlagen oder Schattensituationen in einem kurzen Zeitraum viele Messwerte erhoben wurden, geht dieser kurze Zeitraum stärker als der übrige Zeitraum in den Halbstundenmittelwert ein. Dies führt zu Verzerrungen. Die Auswertung im Halbstundentakt wurde insbesondere aufgrund der Übersichtlichkeit gewählt, jedoch wird an den Diagrammen deutlich, dass in diesem Fall die Leserfreundlichkeit eingeschränkt ist und die Werte auf den ersten Blick ein falsches Bild vermitteln können. Zudem wurde nicht immer am Sonnenhöchststand ein Messwert erfasst, sodass die Vergleichbarkeit und Aussagekraft dieser Werte nicht ohne Einschränkungen gegeben sind. Insgesamt stellt sich die Frage inwieweit die geringfügigen Unterschiede zwischen den UV-Bestrahlungsstärken, auf denen ein Großteil der Schlussfolgerungen beruht, tatsächlich auf die unterschiedlichen Standortbedingungen zurückzuführen sind, oder ob diese Unterschiede aus den variierenden Sonnenhöhenwinkeln und der zehn prozentigen Messunsicherheit der UVI-Messstation resultieren. Das Risiko einer Fehlinterpretation der Messwerte könnte mit einer größeren Anzahl an Messungen beziehungsweise Messreihen an den einzelnen Standorten gesenkt werden.

Die ersten Begehungen fanden im April 2020 und Mai 2020 statt. Bereits zwischen diesen beiden Zeitpunkten, aber auch im Vergleich mit dem Zeitraum der Messungen waren Veränderungen in Hinblick auf die Verschattungsverhältnisse, Vegetation und der Nutzungen vor Ort erkennbar. Die Messergebnisse, Lagepläne und Schlussfolgerungen sind daher nur bedingt auf andere Monate und andere Jahreszeiten übertragbar. Gleiches

gilt auch für die erhobenen Nutzungen. Für eine umfassende Nutzungsanalyse müssten Erhebungen an mehreren Tagen mit denselben Bedingungen beziehungsweise eine ganzjährige Untersuchung stattfinden. Außerdem werden im Rahmen der Untersuchung keine Unterschiede in Bezug auf Frequentierung, Nutzung und Verhalten am Wochenende und an Werktagen sowie individuelle Verhaltensmuster, die stark durch das thermische Empfinden beeinflusst werden, berücksichtigt. Im Weiteren ist anzunehmen, dass die Nutzungen durch COVID-19 beeinflusst wurden.

Die kritische Reflexion zeigt zum einen, dass eine Beurteilung einzelner Standorte in Hinblick auf ihre Gefährdung durch UV-Strahlung anhand von einzelnen Messungen und Beobachtungen nur bedingt möglich ist. Eine größer angelegte Messreihe mit weiteren Standorten und über einen längeren Zeitraum würde die Verifizierung der Ergebnisse erleichtern und weitergehende Schlussfolgerungen zulassen. Zum anderen spielen neben den erhobenen Faktoren, wie der UV-Strahlung und Verschattung auch weitere Aspekte aus anderen Wissenschaftsdisziplinen wie individuelle Verhaltensmuster der Menschen und Nutzungsintensität der Standorte eine Rolle, die das Hautkrebsrisiko erhöhen können, auch wenn der Standort zunächst als gering gefährdet eingestuft wird. Trotz der aufgezeigten Kritik sind die Handlungsempfehlungen im Folgenden als allgemeine Anregungen zu verstehen, die im Großteil auch unabhängig von der Interpretation der vorangegangenen standortspezifischen Forschungsergebnisse ihre Gültigkeit behalten.

08

08 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

UV-Schutz erfolgreich in Stadtplanung und Klimaanpassung implementieren und umsetzen

Im nächsten Schritt wird der Frage nachgegangen, wie in Zukunft gesundheitliche Schäden durch UV-Strahlung im Rahmen städtebaulicher Maßnahmen vermindert werden können, indem Verschattung und die Anpassung von Oberflächen im öffentlichen Freiraum als Präventivmaßnahmen für Hautkrebs in der Stadtplanung und im Klimaschutz gezielt eingesetzt werden.

Die ADP e.V. und das UV-Schutz Bündnis haben bereits eine Vielzahl an Empfehlungen und Strategien erarbeitet, denen für einen erfolgreichen UV-Schutz in der Stadtplanung gefolgt werden sollten. Gleichzeitig wurde im Rahmen der Referenzanalyse gezeigt, dass es bereits eine Vielzahl unterschiedlicher Verschattungsmaßnahmen gibt. Das Problemverständnis und verschiedene Anpassungsmöglichkeiten sind also bekannt, aber:

- städtebauliche Verschattungsmaßnahmen werden vorwiegend als Hitzeanpassung und -vorsorge in der Stadt eingesetzt. Nicht, um einen Schutz vor UV-Strahlung zu bieten.
- nicht alle Hitzeanpassungsmaßnahmen wirken sich positiv auf den Einfluss durch UV-Strahlung aus.
- wie Verschattungsmaßnahmen zum Schutz vor UV-Strahlung als auch vor Hitze wirksam eingesetzt werden können, ist in der Praxis kaum bekannt.
- Bündelung von Wissen und Maßnahmen in Verbindung mit Hitzeanpassung sowie eine Arbeitsgrundlage für Stadtplaner:innen fehlt.
- Verankerung des Themas UV-Schutz auf Bundesebene ist nicht gegeben.
- auf Kommunalebene ist das Thema ebenfalls nicht als Handlungsfeld integriert.

Es stellt sich also insbesondere die Frage nach der erfolgreichen Implementierung und Bewusstseinsschaffung für das Thema sowie die übersichtliche Aufbereitung und Bündelung des Wissens, da dieses Thema weder auf Bundesebene noch auf Kommunalebene verankert ist, wie die Fortschreibung der deutschen Anpassungsstrategie (vgl. Die Bundesregierung 2015) und das Beispiel Hamburg zeigen. Ein wichtiger Schritt dabei ist, das Thema UV-Schutz als relevantes Handlungsfeld bekannt zu machen und eine Legitimations- und Arbeitsgrundlage auf Bundes- und Kommunalebene zu schaffen, die es ermöglicht Maßnahmen zum Schutz vor UV-Strahlung erfolgreich umzusetzen. Stadtplaner:innen benötigen Arbeitshilfen, denn selbst wenn das Wissen über das Problem und die Maßnahmen vorhanden ist, können diese ohne Legitimationsgrundlage kaum umgesetzt werden.

Da das Hautkrebsrisiko mit großer Wahrscheinlichkeit mit dem Einfluss des Klimawandels auf die UV-Strahlung zusammenhängt und Verschattung bereits als Anpassungsmaßnahme gegenüber Hitze angewendet wird, ist es sinnvoll dieses Thema im Rahmen von Klimaanpassung und Stadtentwicklungspolitik auf verschiedenen Ebenen zu berücksichtigen und weiter auszuarbeiten. Mit Hilfe der vorliegenden Empfehlungen sollen die bekannten Strategien um das Thema UV-Schutz ergänzt werden. Bei der Erarbeitung von Strategien und Konzepten handelt es sich häufig um langwierige Verfahren. Aus diesem Grund ist es wichtig, Schutz vor UV-Strahlung bereits jetzt mitzudenken, auch wenn die Auswirkungen bisher noch nicht als gravierend erscheinen (vgl. Die Bundesregierung 2015: 69). Zudem kann die Weiterverfolgung von einzelnen, aktuellen Hitzeanpassungsmaßnahmen den Einfluss von UV-Strahlung im öffentlichen Freiraum weiter verstärken und sollte um dieses Thema ergänzt werden. Gleichzeitig bietet UV-Schutz eine weitere Argumentationsgrundlage, neben Hitzevorsorge verstärkt Klimaanpassungsmaßnahmen umzusetzen.

Die relevanten Akteure sollen auf verschiedenen Ebenen in den Bereichen Problemverständnis und Durchführung unterstützt werden indem zum einen erste konkrete Planungshinweise in Bezug auf den Einsatz von Verschattungsmaßnahmen und Oberflächenmaterialien gegeben werden, sowie eine mögliche Integration des Themas auf Kommunal- und Landesebene sowie Bundesebene aufgezeigt werden. Die erzielten Ergebnisse und Empfehlungen beziehen sich nicht allein auf die Stadt Hamburg, sondern sind auf alle Neubaugebiete deutscher Städte übertragbar. Die Handlungsempfehlungen richten sich zum einen an die staatlichen Akteure auf regionaler und nationaler Ebene sowie an die Verwaltungen von Städten und Kommunen. Zudem können die Empfehlungen als erste Arbeitsgrundlage für Architektur-, Planungs- und Ingenieurbüros sowie ausführende Stadtplaner:innen hinzugezogen werden.

Empfehlungen für den gezielten Einsatz von Verschattungsmaßnahmen und Oberflächenmaterialien

Aus den erzielten Ergebnissen aus der Raum- und Referenzanalyse können erste Empfehlungen für den gezielten Einsatz von Verschattungsmaßnahmen und Oberflächenmaterialien abgeleitet werden, die in Zukunft als Argumentationshilfen in Planungs- und Abwägungsprozesse hinzugezogen werden können. Um eine sinnvolle Abwägungs- und Legitimationsgrundlage zu erarbeiten, berücksichtigen die Empfehlungen Anforderungen des UV-Schutzes und der Hitzevorsorge, um Synergien aber auch Konflikte der beiden Handlungsfelder aufzuzeigen, die in der Planung berücksichtigt und abgewogen werden müssen. Bei der Planung im öffentlichen Raum ist dabei zu berücksichtigen, dass aufgrund der sich im tages- und jahreszeitlichen Verlauf ändernden Wetter- und Strahlungsbedingungen es nicht möglich ist, zu jedem Zeitpunkt für alle Menschen optimale Nutzungsbedingungen zu schaffen (vgl. Laue 2019: 120). Die ausgesprochenen Planungsempfehlungen sind demnach immer nur begrenzt wirksam und erfordern immer eine Einzelfallprüfung. Alle Maßnahmen sollten jedoch einen mehrdimensionalen Beitrag leisten wie zum Beispiel die Verbindung von UV-Schutz, Hitzevorsorge und die Verbesserung der Aufenthaltsqualität. Im besten Fall wirken sich die gewählten Maßnahmen sowohl positiv auf den Schutz vor UV-Strahlung und als auch von Hitze aus.

Im Folgenden werden zunächst allgemeine Handlungsempfehlungen ohne spezifischen Raumbezug aufgezeigt. Die abgeleiteten Maßnahmen basieren auf den zuvor erarbeiteten Ergebnissen und werden durch Angaben aus wissenschaftlicher Literatur ergänzt. Diese sind als nicht abschließend zu verstehen. Es wird angeregt, für einzelne Maßnahmen Arbeitshilfen zu erarbeiten und bereitzustellen. Beispielsweise wird empfohlen, Handreichungen für den gezielten Einsatz von Oberflächenmaterialien (s. Tabelle 36), die Auswahl geeigneter Baumarten (s. Tabelle 37) oder die Bewertung von UV-Schutzmaterialien (s. Tabelle 7) zu erarbeiten und einen Katalog mit Übersicht über die Verschattungsmaßnahmen mit ihren Konflikten und Synergien bereitzustellen (s. Tabelle 38). Erste Ideen für diese Arbeitsgrundlagen sind im Folgenden Kapitel aufgezeigt und sind im Rahmen weiterer Forschungsprozesse auszuarbeiten und zu vervollständigen.

Allgemeine Planungshinweise und Hinweise für die Auswahl von Verschattungsmaßnahmen

- Verschattungsmaßnahmen müssen so gewählt, positioniert und dimensioniert sein, dass sie in den Frühlings- und Sommermonaten während der CPT den größten und wirksamsten Schatten werfen. **Hinweis:** Auch außerhalb der CPT insbesondere in den Nachmittagsstunden sollten Schutzmaßnahmen vor UV-Strahlung und Wärme vorhanden sein.
- Beim Einsatz von UV-Schutzmaßnahmen, die zum Schutz vor der hohen UV-Strahlung im Sommer dienen, müssen auch die Auswirkungen auf den städtischen Freiraum in den Wintermonaten beachtet werden.
- Verschattungsmaßnahmen sollten in Abhängigkeit des Standortes südlich beziehungsweise südwestlich des zu verschattenden Bereiches aufgestellt werden. **Hinweis:** Auch bei abnehmender Schattenlänge sollen sie ausreichenden Schatten werfen.
- Die Wahl der Verschattungsmaßnahmen muss an Art, Zeit und Intensität der Nutzungen vor Ort angepasst sein. **Hinweis:** s. Planungshinweise Alltagsräume.
- Spezifische Standortbedingungen, wie zum Beispiel Hochwasserrisiko und Windverhältnisse müssen bei der Wahl der Verschattungsmaßnahmen berücksichtigt werden.
- Bäume sind aufgrund ihrer positiven klimawirksamen und ästhetischen Funktion sowie der Akzeptanz in der Bevölkerung gegenüber baulichen Verschattungsmaßnahmen zu bevorzugen.
- Bäume bieten eine einfache und kostengünstige Möglichkeit Schatten im öffentlichen Raum zu spenden.

- Ist ein wirksamer UV-Schutz durch natürlichen Schatten nicht möglich, sind kombinierte Verschattungsmaßnahmen oder Spannmembranstrukturen und Sonnensegel bevorzugt zu wählen. **Hinweis:** In Neubaugebieten ist die Wachstumszeit der Bäume und Pflanzen zu beachten.
- Je nach erwarteter Länge des Baumwachstums ist in Neubaugebieten eine Ergänzung von Bäumen um permanente Maßnahmen wie Sonnensegel sinnvoll.
- Aufgrund ihres Einflusses auf die Lufttemperatur und das thermische Empfinden sollte der Einsatz baulicher Verschattungsmaßnahmen und die Verwendung künstlicher Materialien möglichst geringgehalten werden.
- Die ausreichende Belichtung von innenliegenden Räumen in Gebäuden, Straßen und Bäumen muss weiterhin gewährleistet bleiben.
- Eine doppelte Verschattung sollte vermieden werden.
- Angsträume sind zu vermeiden. Sicherheit und soziale Kontrolle müssen auch nach Einsatz von Verschattungsmaßnahmen weiterhin gegeben sein.
- Sicherheitsaspekte sind mitzuberücksichtigen. Verschattungsmaßnahmen können durch starke Windverhältnisse ein erhöhtes Gefahrenpotenzial bieten, z.B. bei Bäumen durch herabfallende Hülsen und Äste.
- Negative Auswirkungen durch Verschattungsmaßnahmen auf das Überleben und Wachstum bereits vorhandener Vegetation muss berücksichtigt werden, um möglichen Beeinträchtigungen und Konflikten vorzubeugen.
- Insbesondere in Räumen mit dem Zweck Aufenthalt sind ausreichend Schattenräume einzurichten.
- Schattenräume müssen eine hohe Aufenthaltsqualität im Sommer wie im Winter aufweisen. Um eine Nutzung zu fördern, dürfen sie nicht zu dunkel und kalt sein.
- Umbaumaßnahmen können für die Prüfung und die Installation von UV-Schutzmaßnahmen genutzt werden.
- Kostensparend planen. Verschattungsmaßnahmen und geeignete Oberflächenmaterialien von Anfang an mitdenken und Synergieeffekte nutzen.

Planungshinweise für gebaute Verschattungsmaßnahmen

- Bei der Planung und Anordnung von Gebäuden ist der Gebäudeschattenwurf während der CPT als Maßnahme zum UV-Schutz zu berücksichtigen.
- Bei der Planung von Gebäuden ist zu prüfen, inwieweit Verschattungsmaßnahmen bereits in die Gebäude integriert werden können. Dabei eignen sich Arkaden und Kolonnaden, integrierte Pergolen sowie anpassbare Systeme.
- Ergänzung von Gebäuden um begrünte vertikale Verschattungselemente bieten seitlichen und über-Kopf Schutz sowie einen Schutz der Fassade und der innenliegenden Räume.
- Gebaute Verschattungsmaßnahmen sind immer auf die Möglichkeit der Ergänzung von Begrünungsmaßnahmen oder der Verwendung von Solarenergie zu prüfen.
- Gebäudeschatten sind nur in Verbindung mit einem geringen SVF ausreichend. Ansonsten besteht die Gefahr hoher diffuser UV-Strahlung.
- Permanente gebaute Verschattungsmaßnahmen sollten aufgrund der verkürzten Tageslichtzeit im Winter nur geringfügig eingesetzt werden. Temporäre und anpassbare Systeme sind für den bedarfsorientierten Einsatz zu bevorzugen.
- Lange Rad- und Fußwegeverbindungen, die keine Möglichkeit bieten Schatten aufzusuchen, sollten bevorzugt durch lineare Verschattungsmaßnahmen geschützt werden.
- Pergolen und Pavillons eignen sich hauptsächlich für stationäre Nutzungen, wohingegen lineare Verschattungselemente wie Laubengänge, Arkaden und Kolonnaden bevorzugt für Wegeverbindungen verwendet werden sollten. Schattendächer und Spannmembranstrukturen sind für beide Varianten einsetzbar.
- Die Verschattungsmaßnahmen sollen so an den Sonnenhöhenwinkel angepasst sein, dass im Sommer ein übermäßiger Einfall von UV-Strahlung vermieden und in den Wintermonaten ein ausreichender Lichteinfall gewährleistet wird (vgl. Laue 2019: 130).
- In ihrer Größe sollten über-Kopf Maßnahmen mindestens einen Meter über den aktuellen Nutzungsbereich hinausgehen. Eine Ergänzung um seitliche Elemente ist zu prüfen, um vor diffuser UV-Strahlung zu schützen.
- Einsatz vorgefertigter Schattenkonstruktionen als kostengünstige Alternative prüfen.

Planungshinweise für natürliche Verschattungsmaßnahmen

Bei der Planung von natürlichem Schatten ist insbesondere die Wahl der Baumart entscheidend. Einen ideal angepassten Stadtbaum, der an alle Anforderungen und Herausforderungen angepasst ist, gibt es jedoch nicht (vgl. Richter 1981: 48). Im Zuge des Klimawandels werden sich die Standortbedingungen für Stadtbäume zudem weiter verändern. Sie sollen als Klimaanpassungsmaßnahme agieren, werden aber zunehmend durch die negativen Auswirkungen des Klimawandels beeinträchtigt. Dieses Konfliktfeld muss in der Planung berücksichtigt werden. Die Rahmenbedingungen für eine natürliche Schattenplanung sind sehr komplex. Im Folgenden sind Hinweise für die Planung von natürlichen Schatten aufgeführt:

- Um einen ausreichenden UV-Schutz zu gewährleisten sind Baum- und Pflanzenarten zu wählen, die ein dichtes, vertikal ausgeprägtes Kronendach mit einem niedrigen Transmissionsgrad im Sommer und Frühjahr haben. **Hinweis:** Bei der Bewertung bestehender Bäume kann der Leitfaden zur Kronendichte (s. Abbildung 10) hinzugezogen werden.
- Großkronige, vertikal ausgeprägte und hitzeresistente Laubbäume eignen sich am besten zur Verschattung in Deutschland. Eine hohe Evapotranspirationsleistung ist zu begrüßen. **Hinweis:** Zu empfehlen ist zum Beispiel der Acer Platanoides (Spitzahorn). Dieser wächst schnell und weist eine dichte geschlossene Krone mit geringem Transmissionsgrad im Sommer auf. Zudem blüht er bereits im April, ist frosthart und trocken- wie hitzetolerant (vgl. Tabelle 37).
- Sommergrüne Vegetation ist zu bevorzugen. Insbesondere in den Wintermonaten kann somit eine zu starke Verschattung vermieden und ausreichend Belichtung und Sonneneinfall ermöglicht werden (vgl. Laue 2019: 132, Greenwood et al. 1998: 40, Lenzholzer 2015: 130, 141).
- Auch bei der Begrünung gebauter Schattenkonstruktionen sollten sommergrüne Pflanzen verwendet werden, die im Winter einen ausreichenden Lichteinfall zulassen.
- Baum- und Pflanzarten mit früher Belaubung sind bevorzugt zu wählen, um bereits im Frühjahr einen UV-Schutz zu gewährleisten.
- Die Auswahl der Baum- und Pflanzarten muss klimawandelbedingte Änderungen berücksichtigen, wie Sonnenstundenhöchstzahl im Frühjahr bei gleichzeitigem Rückgang des Vegetationsbedeckungsgrades.
- Pflegeaufwand des öffentlichen Freiraums muss berücksichtigt werden. In der Regel haben große Laubbäume einen hohen Blattabwurf in den Herbstmonaten.
- Randschatten von Bäumen sollten insbesondere während Sonnenhöchststand an Orten mit hoher Nutzungsintensität und längeren Aufenthalten vermieden werden.
- Zu starke Rückschnittmaßnahmen an Bäumen- und Pflanzen sollten vermieden werden, um ein ausgeprägtes Kronendach beizubehalten.

Als weitere Unterstützung bei der Planung kann auf die von der deutschen Gartenamtsleiterkonferenz (GALK) erstellten Straßenbaumliste, die Angaben über Eigenschaften, Resistenz und Verwendbarkeit von Stadtbäumen trifft (vgl. GALK 2020) oder die Datenbank citree (vgl. Technische Universität Dresden 2015) zurückgegriffen werden (s. Abbildung 164). Eine weitere Ergänzung dieser Tools um genaue Angaben zum Transmissionsgrad sowie Zeitpunkt der Belaubung, wäre eine einfache und sinnvolle Maßnahme, um einen Synergieeffekt bei der Wahl geeigneter Stadtbäume zu erzielen.

Für Hamburg haben Dickhaut et al. (2019: 44) eine vorläufige Übersicht über vorhandene und geeignete Stadtbäume in Hamburg erstellt. In Tabelle 37 ist am Beispiel von Hamburger Stadtbäumen dargestellt, wie eine Arbeitshilfe für die Auswahl geeigneter Baumarten aussehen könnte.

INFOKASTEN

DATENBANK CITREE UND GALK STRAßENBAUMLISTE

Citree ist ein Forschungsprojekt der Technischen Universität Dresden, das zwischen 2012 und 2015 durchgeführt wurde. Ergebnis des Projektes ist eine Datenbank mit Informationen über Standortanforderungen, Erscheinungsbild, Ökosystemleistungen, Pflegemaßnahmen sowie Gefährdungen und Beeinträchtigungen zu 360 Pflanzenarten und -sorten. Dabei werden auch Angaben in Bezug auf Wuchsgeschwindigkeit, Kronenform und Durchlässigkeit getroffen, die bei der Auswahl von Baumarten mit hoher UV-Schutzwirkung angewendet werden können (vgl. Technische Universität Dresden 2015).

Eine weitere Arbeitshilfe stellt die GALK e.V. Straßenbaumliste dar. Im Rahmen von Straßenbaumtests hat der Arbeitskreis Stadtbäume verschiedene Straßenbäume in Bezug auf unterschiedliche Kriterien untersucht. Ergebnis sind Steckbriefe für die einzelnen Bäume mit Angaben und Empfehlungen zu ihrer Eignung in der Stadt (vgl. GALK 2020).

Abbildung 164 Infokasten über die Datenbank citree und die GALK Straßenbaumliste

Planungshinweise für den Einsatz von Oberflächenmaterialien

Bei der Wahl der Oberflächenmaterialien kann auf die exemplarische Arbeitshilfe Oberflächenmaterialien (s. Tabelle 36) zurückgegriffen werden.

- Natürliche Oberflächen mit geringem Reflexionsvermögen wie Gras, Fassadenbegrünungen, blaugrüne Fassaden oder Straßenbegleitgrün sind im großen Maße umzusetzen. **Hinweis:** Insbesondere begrünte Fassaden und Fassadenelementen sind verstärkt einzusetzen.
- Die verwendeten Oberflächen sollten überwiegend eine hohe Oberflächenrauigkeit aufweisen.
- Fassaden mit einem hohen verglasten Anteil, die Vielfachreflexionen begünstigen, sind in Richtung geöffneter unverschatteter Standorte zu vermeiden.
- Unterhalb von Laubbäumen sind Oberflächen mit einem hohen Reflexionsvermögen zu wählen, um im Sommer eine hohe Rückstrahlung und Aufheizung der Flächen zu vermeiden und im Winter das thermische Wohlbefinden durch Rückstrahlung zu erhöhen (vgl. Laue 2019: 99).
- An unverschatteten Standorten und in der Umgebung von Verschattungsmaßnahmen sollten Oberflächen mit geringer Reflexion gewählt werden. Geeignet sind vor allem begrünte Oberflächen, um diffuse UV-Einstrahlung unterhalb von Verschattungsmaßnahmen zu vermindern und Verdunstungsleistung zu nutzen.
- Gebaute Verschattungsmaßnahmen sollten außen wie innen wenig reflektierende Materialien mit geringem Wärmespeichervermögen aufweisen.
- Bei dem Einsatz von Sonnensegeln sollten Materialien mit langer Lebensdauer und hohem UPF (s. Tabelle 7) verwendet werden.
- Im Bereich nicht textiler Materialien ist Holz Materialien aus Metall und Stahl vorzuziehen.
- Verwendete Materialien sollten mindestens einen UPF von 30 (s. Tabelle 7) haben. Mit PVC beschichtete Polyestergewebe sind zu empfehlen.
- Glasdächer und verglaste vertikale Elemente müssen ausreichenden UV-Schutz aufweisen. Der Einsatz photochromer Glasdächer ist zu prüfen.

Tabelle 36 Arbeitshilfe Oberflächenmaterialien

DUNKLE OBERFLÄCHEN

	Material	Albedo	Emissionsvermögen	spezifische Wärmekapazität (in J/(kg*K))	Wärmeleitfähigkeit (in W/(m*K))	Mittlere jährliche Verdunstungsleistung (in mm)
	**Asphalt**	5 bis 15	~ 95	920	0,75	154
	**Roter Klinker**	~ 20	90 bis 92	800	0,83	154 bis 239
	**Grauer Beton**	10 bis 35	71 bis 95	880	0,08 bis 1,51	154

HELLE OBERFLÄCHEN

	Material	Albedo	Emissionsvermögen	spezifische Wärmekapazität (in J/(kg*K))	Wärmeleitfähigkeit (in W/(m*K))	Mittlere jährliche Verdunstungsleistung (in mm)
	Weißer Beton	~ 71	71 bis 95	880	0,08 bis 1,51	154
	Helles Pflaster	70 bis 95	~ 90	800 bis 1000	2,19	154 bis 239
	**Glas**	10 bis 50	~ 90	840	0,74	k.A.

NATÜRLICHE OBERFLÄCHEN

	Material	Albedo	Emissionsvermögen	spezifische Wärmekapazität (in J/(kg*K))	Wärmeleitfähigkeit (in W/(m*K))	Mittlere jährliche Verdunstungsleistung (in mm)
	**Gras**	20 bis 30	90 bis 95	k.A.	k.A.	489
	**Sandiger Boden**	25 bis 35	84 bis 91	840	0,3	k.A.
	**Holz**	~ 40	~ 90	1700	0,09 bis 0,19	k.A.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Tabelle 37 Stadtbäume in Hamburg mit Angaben zum Transmissionsgrad, Belaubung und Merkmalen

WISS. NAME	DT. NAME	TRANSMISSIONSGRAD SOMMER	TRANSMISSIONSGRAD WINTER	BELAUBUNG	LAUBABFALL	MERKMALE	EIGNUNG NACH GALK
Acer platanoides	Spitzahorn	5 bis 14	60 bis 75	vor dem 30. April	zwischen dem 1. und 30. November	Höhe: 20 bis 30 m Breite: 15 bis 22 m Kronendach: rundliche, dicht geschlossene Krone Wachstum: schnell Lichtbedarf: mittel	Geeignet mit Einschränkungen • sehr frosthart, hitze- und trockenheitsverträglich, windfest • empfindlich gegen Bodenverdichtung und Streusalz
Acer rubrum	Rotahorn	8 bis 22	63 bis 82	zwischen dem 1. und 15. Mai	vor dem 1. November	Höhe: 10 bis 15 m Breite: 6 bis 10 m Kronendach: rund bis kegelförmig, geschlossene Krone Wachstum: schnell Lichtbedarf: mittel	Geeignet mit Einschränkungen • frosthart, etwas hitzeempfindlich, bedingt stadtklimafest • salzempfindlich
Betula pendula	Hängebirke	14 bis 24	48 bis 88	zwischen dem 1. und 15. Mai	zwischen dem 1. und 30. November oder nach dem 30. November	Höhe: 18 bis 25 m Breite: 10 bis 15 m Kronendach: lockere, hochgewölbte Krone Wachstum: schnell Lichtbedarf: stark	Geeignet mit Einschränkungen • frosthart, nicht stadtklimafest • neigt zur Anhebung von Belägen • nicht in befestigten Flächen verwenden
Fagus sylvatica	Rotbuche	7 bis 15	83	nach dem 15. Mai	nach dem 30. November	Höhe: 20 bis 30 m Breite: 15 bis 22 m Kronendach: rundliche, dicht geschlossene Krone Wachstum: schnell Lichtbedarf: mittel	nicht im Test erfasst
Fraxinus pennsylvanica	Rotesche	10 bis 29	70 bis 71	zwischen dem 1. und 15. Mai oder nach dem 15. Mai	zwischen dem 1. und 30.November	Höhe: 15 bis 20 m Breite: 10 bis 15 m Kronendach: teils pyramidale, teils breit eiförmige Krone Wachstum: schnell Lichtbedarf: mittel	Eignung noch im Test • Wärme liebend und hitzeverträglich, trockenheitverträglich, stadtklimafest
Gleditsia triacanthos	Amerikanische Gleditschie	25 bis 50	50 bis 85	zwischen dem 1. und 15. Mai	vor dem 1. November	Höhe: 10 bis 15 m Breite: 10 bis 15 m Kronendach: lockere, im Alter breite schirmförmige Krone Wachstum: schnell Lichtbedarf: stark	Nicht geeignet, zwar Stadtklimafest, aber: • Windbruchgefahr • Verkehrsgefahr durch Dornen am Stamm und Abwurf im Alter teilweise starke Verunreinigungen durch Fruchtfall
Platanus x hispanica	Ahornblättrige Platane	11 bis 17	46 bis 64	nach dem 15. Mai	zwischen dem 1. und 30. November oder nach dem 30. November	Höhe: 20 bis 30 m Breite: 15 bis 25 m Kronendach: weit ausladende Krone Wachstum: schnell Lichtbedarf: stark	Geeignet mit Einschränkungen • nicht frostempfindlich, stadtklimafest • verursachen häufig Wurzelhebungen • Laub teilweise schlecht verrottend • benötigt die ersten Jahre eine gute Wasserversorgung
Quercus rubra	Roteiche	12 bis 23	70 bis 81	zwischen dem 1. und 15. Mai	zwischen dem 1. und 30.November	Höhe: 20 bis 25 m Breite: 12 bis 18 m Kronendach: rundliche Krone Wachstum: schnell Lichtbedarf: stark	Geeignet mit Einschränkungen • frosthart, stadtklimafest • bei verdichteten Böden heben die Wurzeln, Borde und Beläge

Tabelle 38 Übersicht über Verschattungsmaßnahmen mit Synergie- und Konfliktwirkungen

ÜBERGEORDNETE MAßNAHME	SYNERGIEN	KONFLIKTE
NATÜRLICHER SCHATTEN	• Blätter können Großteil der UV-A-Strahlung und Anteile der UV-B-Strahlung absorbieren • Aufheizung und Rückstrahlung von Oberflächen im Sommer wird vermieden • Filterung von Luftschadstoffen • Kohlenstoffsenke • kühlende Wirkung durch Evapotranspirationsleistung • Minderung des UHI-Effekts • Lebensräume für einheimische Tier- und Pflanzenarten • Förderung der Biodiversität • hohe Akzeptanz in der Gesellschaft • Aufenthaltsqualität • ästhetische Wirkung • raumbildendes Element • gesundheitsfördernde Wirkung • benötigen wenige nicht-erneuerbare Ressourcen • niedriger Entsorgungsaufwand	• genaue Aussagen zum UV-Schutz schwierig • hoher Anteil diffuser UV-Strahlung • schlechte Standortbedingungen verringern Lebensdauer • UV-B-Strahlung kann zu Schädigungen der Pflanzen führen • Insekten werden angezogen • Schadstoffanreicherungen bei dichter Anordnung • Kosten, Installation und Pflege kann aufgrund der Stressfaktoren in der Stadt aufwendig sein • Gefahrenpotenzial durch Hülsen und Äste • kann bestehende Grünstrukturen in Wachstum beeinträchtigen • mehrjähriges Wachstum erforderlich
AUSPRÄGUNG	**WEITERE SYNERGIEN**	**WEITERE KONFLIKTE**
LAUBABWERFENDE VEGETATION	• Tageslichteinfall und thermisches Wohlbefinden im Winter	• Pflege des öffentlichen Freiraums bei Laubabwurf
IMMERGRÜNE VEGETATION	• ganzjähriger UV-Schutz • Schutz von Menschen und Objekten vor Schnee, Regen, Hagel	• starke Verschattung in nicht sonnenreichen Monaten
ÜBERGEORDNETE MAßNAHME	**SYNERGIEN**	**KONFLIKTE**
VERSCHATTUNG DURCH GEBÄUDE	• spenden direkt nach Errichtung den geplanten Schatten • Verschattung erfolgt mit Gebäudebau • Instandhaltung im Rahmen der Gebäudeinstandhaltung	• großer Einfluss diffuser UV-Strahlung

AUßPRÄGUNG	WEITERE SYNERGIEN	WEITERE KONFLIKTE
GEBÄUDESCHATTEN	• Gebäudeschatten hohes H/W-Verhältnis und geringer SVF führen zu Verminderung direkter UV-Strahlung	• kann langwellige nächtliche Ausstrahlung verhindern • im Winter kann Verschattung zu dunkel sein • Konfliktpotenzial zwischen verschiedenen Anforderungen der Frei- und Innenraumplanung
ARKADEN UND KOLONNADEN	• im Sommer wirksamer Schutz vor UV-Strahlung und im Winter ausreichender Tageslichteinfall möglich • Schutz vor anderen Wettereinflüssen • Schutz vor Erhitzung innenliegender Räume	• bei Glasdach ggf. nur bedingter UV-Schutz
ÜBERGEORDNETE MAßNAHME	**SYNERGIEN**	**KONFLIKTE**
PERMANENTE STRUKTUREN	• spenden direkt nach der Errichtung den geplanten Schatten • Dachkonstruktion ermöglicht zusätzliche Nutzungen z.B. Solarenergie	• Installation ist nicht variabel, sodass eine Anpassung Sonneneinfall nicht möglich ist
AUßPRÄGUNG	**WEITERE SYNERGIEN**	**WEITERE KONFLIKTE**
PERGOLA	• keine besonderen Synergien	• bedingter UV-Schutz wenn Lamellen nicht eng genug sind • seitlicher Einfall von UV-Strahlung bei fehlender vertikaler Konstruktion
SCHATTENDÄCHER	• Schutz vor Regen im Vergleich zu offen gestalteten Schattenkonstruktionen • lineare Schattendächer ermöglichen Verschattung von Wegeverbindungen	• seitlicher Einfall von UV-Strahlung bei fehlender vertikaler Konstruktion
AUßPRÄGUNG	**WEITERE SYNERGIEN**	**WEITERE KONFLIKTE**
PAVILLON	• keine weiteren Synergien oder Konflikte	
VERTIKALE VERSCHATTUNGSMAßNAHME	• seitlicher Einfall von UV-Strahlung ist reduziert	• Schattenwurf kleiner als bei horizontalen Maßnahmen • über-Kopfschutz ggf. eingeschränkt

ÜBERGEORDNETE MAßNAHME	SYNERGIEN	KONFLIKTE
TEMPORÄRE SYSTEME / ZERLEGBARE SYSTEME	• spenden direkt nach der Errichtung den geplanten Schatten • Einsatz nach Bedarf • einfacher, schneller Aufbau • kostengünstige Alternative • Anpassung an Nutzungen, Anzahl der Personen und den individuellen Bedarf an Schatten	• Konstruktion muss robust gegenüber Transport, mehrfachen Auf- und Abbauprozessen sein • hoher Einfall indirekter UV-Strahlung möglich
AUßPRÄGUNG	**WEITERE SYNERGIEN**	**WEITERE KONFLIKTE**
ZELTE	• keine weiteren Synergien oder Konflikte	
LEICHTE SCHATTENSEGEL		
ÜBERGEORDNETE MAßNAHME	**SYNERGIEN**	**KONFLIKTE**
ANPASSBARE SYSTEME	• spenden direkt nach der Errichtung den geplanten Schatten • Bedarf an Schatten kann individuell angepasst werden • angepasster Schutz vor weiteren Wettereinflüssen wie Regen, Wind und Schnee	• Beeinträchtigungen durch Wind möglich • anfällig für Vandalismus
AUßPRÄGUNG	**WEITERE SYNERGIEN**	**WEITERE KONFLIKTE**
MARKISEN	• keine weiteren Synergien oder Konflikte	
SONNENSCHIRME		
LAMELLENDÄCHER		
ÜBERGEORDNETE MAßNAHME	**SYNERGIEN**	**KONFLIKTE**
SPANNUNGS-MEMBRANSTRUKTUREN UND SONNENSEGEL	• spenden direkt nach der Errichtung den geplanten Schatten • werden bevorzugt genutzt • können sowohl als permanente als auch als temporäre Schattenstruktur umgesetzt werden • für große Flächen kostengünstige Variante	• Installation an bestehenden Gebäuden kann schwierig sein • Gestaltungsprozess ist sehr komplex

ÜBERGEORDNETE MAßNAHME	SYNERGIEN	KONFLIKTE
VORGEFERTIGTE SYSTEME	• spenden direkt nach der Errichtung den geplanten Schatten • bereits fertig zur Installation • kostengünstige Alternative • kein Planungs-/Konstruktionsaufwand	• UV-Schutz kann eingeschränkt sein, da nicht individuell angepasst
ÜBERGEORDNETE MAßNAHME	**SYNERGIEN**	**KONFLIKTE**
KOMBINATION GEBAUTER UND NATÜRLICHER SCHATTTEN	• Vorteile der natürlichen Verschattung ergänzt um die Vorteile der gebauten Verschattung • thermischer Komfort künstlicher Verschattungsmaßnahmen wird verbessert • UV-Strahlung kann durch Bepflanzung reduziert werden • Laubpflanzen ermöglichen UV-Schutz im Sommer und Tageslichteinfall im Winter • Ästhetische Wirkung • Aufenthaltsqualität • hohe Akzeptanz in der Gesellschaft • Beitrag zu der Nachhaltigkeit	• Konstruktion muss für Gewicht der Pflanzen ausgelegt sein • Installation von Grünstrukturen mit höheren Pflanzaufwand verbunden • am Anfang hohes Maß an Pflege benötigt • personeller und finanzieller Aufwand für Pflege und Schnitt der Grünstrukturen
AUßPRÄGUNG	**SYNERGIEN**	**KONFLIKTE**
BEGRÜNTE PERGOLEN	• keine weiteren Synergien	• seitlicher Einfall von UV-Strahlung bei fehlender vertikaler Konstruktion
BEGRÜNTE LAUBENGÄNGE	• zu allen Seiten Schutz vor UV-Strahlung	• keine besonderen Nachteile
BEGRÜNTE PAVILLONS	• keine weiteren Synergien oder Konflikte	
BEGRÜNTE VERTIKALE VERSCHATTUNGSMAßNAHMEN	• seitlicher Einfall von UV-Strahlung ist reduziert	• Schattenwurf kleiner als bei horizontalen Maßnahmen • über-Kopfschutz ggf. eingeschränkt

Um Wissen und Planungsempfehlungen zu bündeln, auszuweiten und zugänglich zu machen, wird angestrebt, die erarbeiteten Maßnahmen in ein bestehendes Online-Tool zu integrieren. Die Entwicklung einer Datenbank beziehungsweise die Bündelung auf einer Plattform werden sowohl von der ADP und dem UV-Schutz-Bündnis, als auch von der Bundesregierung empfohlen (s. Tabelle 6, Die Bundesregierung 2015: 28).

Als Online-Plattform für die Integration von UV-Schutzmaßnahmen ist der Stadtklimalotse des BBSR geeignet. Im Stadtklimalotsen werden bereits 130 Klimaanpassungsmaßnahmen für die Entscheidungsunterstützung auf kommunaler Ebene gebündelt. In den einzelnen Maßnahmensteckbriefen werden neben der Art der Maßnahme unter anderem auch der Kostenaufwand, Zielgruppen sowie Synergien und Konflikte mit dem Klimaschutz aufgezeigt (vgl. BBSR 2019). Nähere Informationen über den Stadtklimalotsen sind im Infokasten: Stadtklimalotse des BBSR (s. Abbildung 165) zu finden. Die Themenfelder Thermische Entlastung und Bepflanzung werden im Stadtklimalotsen bereits berücksichtigt (vgl. BBSR 2019). Eine Ergänzung um das Themenfeld Schutz vor UV-Strahlung wäre demnach eine sinnvolle Erweiterung.

INFOKASTEN

STADTKLIMALOTSE DES BBSR

Der Stadtklimalotse wurde 2009 bis 2011 im Rahmen des ExWoSt-Forschungsprojektes „Klimawandelgerechte Stadtentwicklung - Ursachen und Folgen des Klimawandels durch urbane Konzepte begegnen“ entwickelt und ging 2013 als Online-Plattform an den Start. In den Jahren 2018 und 2019 wurde der Stadtklimalotse überarbeitet. Ziel des Stadtklimalotsen ist es Know-How zu bündeln und insbesondere Klein- und Mittelstädten mit fehlenden finanziellen und personellen Ressourcen und notwendigen Wissen bei der Klimaanpassung zu unterstützen. Das Tool ermöglicht es Maßnahmen nach verschiedenen thematischen Fragestellungen für den individuellen Zweck zu filtern (vgl. BBSR 2019).

Abbildung 165 Infokasten über den Stadtklimalotsen

Planungshinweise nach Alltagsräumen

Ergänzend zu den Planungshinweisen ohne spezifischen räumlichen Bezug werden im Folgenden erste Planungshinweise für die verschiedenen Standorttypologien gegeben. Diese beziehen sich auf den öffentlich zugänglichen Freiraum. Die Grenzen zwischen privaten und öffentlichen Räumen sind jedoch fließend, sodass Eigenschaften der öffentlichen Typologien auch auf nicht-öffentlich zugängliche Standorte wie den Spielplatz einer Kindertagesstätte oder einen privaten Innenhof übertragbar sind.

Alltagsraum 1 Platz

Bei der Planung von Plätzen sind insbesondere die Art des Platzes und die Einfassung durch umliegende Gebäude zu berücksichtigen. Zudem ist zu prüfen, ob neben den erkennbaren Nutzungen noch weitere temporäre Nutzungen vor Ort, wie zum Beispiel Floh- oder Wochenmärkte, zu berücksichtigen sind. Fest installierte Sitz- und Liegemöglichkeiten sollten sich während der CPT in verschatteten Bereichen befinden. Bevor weitere Verschattungsmaßnahmen ergriffen werden, ist zu prüfen, ob unverschattete Möblierung in bereits verschattete Platzbereiche verlagert werden kann.

Für Plätze wird der Einsatz natürlicher Verschattung empfohlen. Der Einsatz von kleineren Baumgruppierungen und freistehenden Einzelbäumen ermöglicht es, insbesondere Bereiche stationärer Nutzung ausreichend zu verschatten und die Nutzung dieser Standorte aufgrund ihrer ästhetischen Funktion zu erhöhen. Die Anwendung linearer natürlicher Grünstrukturen (zum Beispiel Pflanzung von Bäumen in bestimmten dem Raum angemessenen Abständen, Tiefbeete) ermöglicht es, zum einen Plätzen ein gegliedertes Raumgefüge zu geben und zum anderen größere Freiflächen zu verschatten. Der Einsatz mobiler Pflanzkübel wäre denkbar, um einen mobilen individuell anpassbaren UV-Schutz bereitzustellen. Auf eine Verschattung allein durch Gebäudeschatten, Dachüberstände oder Veranden, die sich insbesondere zu großen, offenen Plätzen hin öffnen, sollte aufgrund der hohen diffusen UV-Strahlung verzichtet werden. Bei kleineren Platzsituationen, die ein hohes H/W-Verhältnis und einen niedrigen SVF haben, wäre diese Möglichkeit zu berücksichtigen (s. Alltagsraum Innenhof). In den Sommermonaten und während Veranstaltungen ist der Einsatz von temporären Sonnensegeln über großen unverschatteten Bereichen wie in der Stadt Heilbronn (s. Abbildung 47) sinnvoll.

Plätze sollten weitestgehend unversiegelt sein und viele natürliche, begrünte Oberflächen aufweisen. Unterhalb von Bäumen sind Oberflächen mit einem hohen Reflexionsvermögen zu wählen. Überwiegend besonnte Bereiche sollten geringe bis mittelreflektierende Materialien aufweisen. Für die Möblierung sind Holzelemente zu empfehlen. Sind Wasserflächen vorhanden, sollten diese zusätzlich verschattet werden, um ihre Kühlwirkung beizubehalten.

Alltagsraum 2 Straßenraum

Die Herausforderung für die Straßenraumplanung besteht zum einen in den unterschiedlichen Anforderungen aus bewegten und stationären Nutzungen (zum Beispiel Bushaltestellen, Fahrradabstellanlagen) sowie in der Länge, Breite und Höhe des Straßenraumes. Stationäre Nutzungen ermöglichen eine deutlich einfachere Schattenplanung als bewegte Nutzungen. Zudem ist für die Nutzer:innen eine bewusste Wahl der Wegeverbindung häufig nicht möglich oder wird unterbewusst getroffen, wie zum Beispiel bei der Entscheidung für den schnellsten Weg, der Arbeit (zum Beispiel Postbot:e/in) oder die Nutzung eines freien Parkplatzes. In Abhängigkeit der Straßenbreite sollten stationäre Nutzungen unter bereits existierenden großkronigen Bäumen angeordnet oder unter diesen geplant werden. Ist dies nicht möglich, sind begrünte Schattendächer oder Wartehäuschen in Betracht zu ziehen.

Für Parkplätze wird empfohlen diese weitestgehend zu entsiegeln und Rasengittersteine oder Schotter zu verwenden. Im Vergleich zu Asphalt steigt dadurch die mittlere jährliche Verdunstungsleistung von 154 mm auf 288 mm an (vgl. Harlaß 2008: 110). Parkplätze sollten durch Straßenbegleitgrün und Hecken ergänzt werden. Um eine weitere Entsiegelung zu erzielen, können Parkplätze gänzlich entfernt und durch Tiefbeete ersetzt werden. Neben der Entsiegelung von Parkplätzen sollten sie zusätzlich durch Bäume oder begrünte Schattendächer überdacht werden. Dabei sollten in Zukunft Ansätze wie die Car Parks 2.0 des Studios NAB (s. Abbildung 166 und 167) mit einbezogen und weiterentwickelt werden.

INFOKASTEN

CAR PARKS 2.0 VON STUDIO NAB

Das Studio NAB hat im Zuge der Agenda 2030 – Ziele der nachhaltigen Entwicklung das Konzept Car Parks 2.0 entworfen. Das Konzept sieht die Umwandlung von gegenwärtigen Parkplätzen in einen ökologisch multifunktionalen Raum vor, der Möglichkeiten des Urban Gardenings mit Parkmöglichkeiten verbindet. Dabei werden die asphaltierten Oberflächen in Grünflächen oder Rasengittersteine umgewandelt. Die Parkplätze werden durch Schattendächer mit Solarpanelen ergänzt (s. Abbildung 166) und bieten somit neben dem Schutz vor UV-Strahlung auch eine nachhaltige Energieproduktion. Mit dem Konzept werden verschiedene Problemfelder wie die Hitzevorsorge, UV-Strahlung, Biodiversität und nachhaltige Energie miteinander verbunden (vgl. Stouhi 2019).



Abbildung 166
Konzept Car Park 2.0

Abbildung 167 Infokasten über das Konzept Car Parks 2.0

Für längere Fuß- und Radwegeverbindungen ist über den Einsatz von linearen Schattendächern ähnlich des Konzeptes des Berliner Flughafens Schönefeld (s. Abbildung 168) oder des bereits betrachteten Jacaranda Squares (s. Abbildung 34) nachzudenken. Die Dachflächen und tragenden Elemente sollten in diesen Fällen begrünt (s. Abbildung 169) oder um Solarenergiemodule ergänzt werden.

Geht man einen Schritt weiter, könnte auch der Einsatz sommergrüner Pergolen oder Laubengänge in Betracht gezogen werden. Diese bieten im Sommer Schutz vor UV-Strahlung und heißen Temperaturen, und im Winter sind die Wege hell und gut einsehbar. Aufgrund des Pflegebedarfs müssen Kosten und Nutzen auf langen Strecken abgewogen werden.

Für einen typischen Straßenraum mit beidseitiger Bebauung ergibt sich bei einem Ost-West-Verlauf insbesondere für die nördlichen und östlichen Straßenbereiche Handlungsbedarf. In diesen Bereichen ist eine Baumpflanzung in regelmäßigen und zuvor bestimmten Abständen sinnvoll. Bei der Anordnung der Bäume und unter Berücksichtigung des Baumwachstums sollte in Straßen mit überwiegend Durchgangsverkehr darauf geachtet werden, dass nicht nur ein punktueller Baumschatten entsteht. In diesem Fall könnte eine Ergänzung durch anpassbare Systeme erfolgen. Eine Installation von Markisen würde es ermöglichen, zusätzlichen Schatten zu spenden, wenn die Sonne in die Straßenschlucht einfällt und gleichzeitig die Hausfassaden vor übermäßiger Sonneneinstrahlung schützen. Ist auf Straßen mit MV auch eine Bepflanzung auf südlicher Seite vorgesehen, ist darauf zu achten, dass die Kronendächer in Zukunft oberhalb des Straßenraums nicht zu dicht zusammenwachsen und ein Stau von Luftschadstoffen vermieden wird. Mindestens eine Straßenseite sollte immer Möglichkeiten der verschatteten Fortbewegung bieten. Weiterhin wird empfohlen, dass insbesondere Fassaden mit Süd- oder Westausrichtung Oberflächen mit geringem Erhitzungsrisiko und Rückstrahlung haben sollten, die zusätzlich verschattet werden. Besonders zu empfehlen ist eine Fassadenbegrünung. Bei einem sehr hohen H/W-Verhältnis ist es bei Ost-West-Straßen möglich, dass keine weitere Verschattung notwendig ist, wenn der Straßenraum während der CPT verschattet ist. Lässt es die Bebauung und die Breite des Straßenquerschnitts zu, sollten zu Beginn auch die Möglichkeiten von Arkaden und Kolonnaden geprüft werden. Liegt bei Nord-Süd-Straßen ein hohes H/W-Verhältnis vor, welches Baumpflanzungen nicht zulässt, ist der temporäre Einsatz von Spannmembranstrukturen zwischen den Gebäuden zu empfehlen, die in den Wintermonaten wieder demontierbar sind. **Hinweis:** Spannungen der Randseile beachten (s. Kapitel 5.3). Diese Maßnahme eignet sich vor allem bei kurzen Wegeabschnitten, die überwiegend von Fußgänger:innen genutzt werden. Solche Formen gilt es in Zukunft weiter zu denken. Die vertikal angeordneten begrünten Seilkonstruktionen wie in Abbildung 41 könnten in Verbindung mit Fassadenbegrünungen gegebenenfalls auch als horizontale Variante umgesetzt werden, ähnlich des Konzeptes des MFO Parks Zürich, indem die Seilkonstruktionen entlang und zwischen Häuserfronten installiert werden könnten. Zudem könnte die vertikale Variante (s. Abbildung 41) in einem größeren Maßstab auch für ganze Straßenseiten genutzt werden. Eine weitere Möglichkeit wäre die Integration einer Pergola mit sommergrüner Vegetation an die südlich ausgerichteten Fassaden, die sich zum Straßenraum hin öffnet. Sowohl bei den baulichen Verschattungsmaßnahmen als auch bei den natürlichen müssen verstärkte Windeffekte in Straßenschluchten berücksichtigt werden.

Alltagsraum 3 Innerstädtischer Grünraum und Park

Innerstädtische Grünräume und Parks stellen eine ähnliche Herausforderung wie Straßenräume dar, da auch hier eine Vielzahl unterschiedlicher Nutzungen stationär wie bewegt stattfinden. Auch in Parks sollten fest installierte Sitz- und Liegemöglichkeiten in verschatteten Bereichen angeordnet werden. In diesen Fällen sind dichte Baumgruppierungen eine wirksame Möglichkeit für den UV-Schutz, da in Parkanlagen in der Regel kein MV genutzt wird. Zudem stellen Bäume und Hecken einen physischen und psychischen Lärmschutz dar, der insbesondere für innerstädtische Parks, zum Beispiel an stark befahrenen Straßen, wertvolle Qualitäten in Hinblick auf die Erholungsfunktion und Aufenthaltsqualität haben kann. Zu starke Gruppierungen und zu stark verschattende Bäume auf Rasenflächen



Abbildung 168 Verbindung zwischen der S-Bahnstation und dem Flughafen Berlin-Schönefeld, Deutschland



Abbildung 169 Begrünte Säulen im Generationenpark Königsbrunn, Deutschland

und über anderer Vegetation sollten vermieden werden, um die Pflanzen und den Rasen nicht zu stark in ihrem Wuchs zu beeinträchtigen. Dies gilt auch für Nutzungsräume wie Picknickflächen. Diese können alternativ auch durch begrünte Pavillons oder Schattendächer verschattet werden. Kleinflächige Sportanlagen wie Outdoor Fitnessgeräte können durch temporäre Spannmembranstrukturen verschattet werden, damit auch eine Nutzung mit ausreichendem Lichteinfall im Winter möglich ist und die Geräte und ihre Nutzung nicht durch Laubfall beeinträchtigt werden. Auch für größere Freiflächen sind gegebenenfalls Spannmembranstrukturen geeignet. Für Wege und Pfade stellen sommergrüne Baumalleen eine geeignete Verschattung dar. Sie sollten überwiegend unversiegelt sein, zum Beispiel durch Schotterwege. Allerdings ist bei natürlichen Wegen die Barrierefreiheit zu berücksichtigen.

Alltagsraum 4 Innenhof

Für Innenhöfe wird empfohlen, zunächst mit der den Innenhof umgebenden Bebauung zu arbeiten. Die Anordnung und Höhe der Gebäude bietet im Vorfeld der Planung, Möglichkeiten, ohne den Einsatz weiterer Verschattungsmaßnahmen einen wirksamen UV-Schutz zu erzielen, indem die Gebäude so angeordnet werden, dass während der CPT keine direkte Sonneneinstrahlung erfolgt. Ist der Innenhof überwiegend geschlossen, ist auch die indirekte UV-Strahlung gering. Weiterhin ist eine gezielte Fassadengestaltung ausschlaggebend für eine geringe indirekte UV-Strahlung. Fassaden mit Süd- oder Westausrichtung sollten wenig reflektierende und sich erhitzende Materialien aufweisen. Auch in diesen Fällen ist eine Fassadenbegrünung, wie zum Beispiel in Abbildung 170 zu empfehlen. Nördlich ausgerichtete Fassaden sollten eine helle Fassade aufweisen, damit der Innenhof nicht zu dunkel erscheint. Auf weitere gebaute Maßnahmen sollte aufgrund der bereits hohen Baumasse in Innenhöfen verzichtet und auf natürliche Begrünung und den Einsatz von Bäumen zurückgegriffen werden.

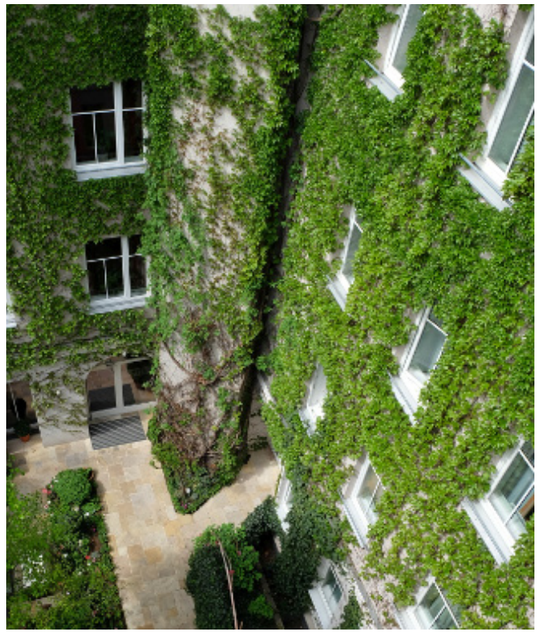


Abbildung 170 Fassadenbegrünung im Innenhof, Wien Österreich

Alltagsraum 5 Spiel- und Sportplatz

In dem Alltagsraum Spiel- und Sportplatz ist zwischen den Bewegungsflächen und den Bereichen des Sitzens und Aufenthalts zu unterscheiden. Insbesondere Kinder und Jugendliche zählen zu den besonders vulnerablen Gruppen in Bezug auf UV-Strahlung. Spiel- und Sportflächen vollumfänglich zu verschatten ist in vielen Fällen jedoch nicht möglich. Es wird aber empfohlen Frei- und Sandflächen wie in einer Schule in Stuttgart (s. Abbildung 50), die frei von größeren Spielgeräten sind, durch temporäre Spannmembranstrukturen zu verschatten, die in den Wintermonaten abmontiert werden können. Wegeverbindungen können wie auch in Parks durch Bäume gesäumt werden. Die Sitzgelegenheiten für die Begleitpersonen sollten durch großkronige Bäume oder Baumgruppierungen verschattet werden. Eine weitere Möglichkeit stellen begrünte Pergolen dar. Bei der Anordnung und Konstruktion der Verschattungsmaßnahmen ist darauf zu achten, dass der Aufsichtspflicht uneingeschränkt nachgekommen werden kann und die Spiel- und Sportflächen gut einsehbar sind. Weiterhin dürfen die Spiel- und Sportmöglichkeiten nicht durch



Abbildung 171 Begrüntes Ballfangnetz Untere Brühl, Schweiz



Abbildung 172 Granary Square in London, Großbritannien

die Verschattungsmaßnahmen eingeschränkt sein und bei gebauten Maßnahmen muss die Verletzungsgefahr geringgehalten werden. Eine Möglichkeit ist die Begrünung von Spielgeräten, wie zum Beispiel ein kleiner begrünter Pavillon auf einem Spielplatz im Lohsepark in der HafenCity Hamburg (s. Abbildung 129).

Sind Sportplätze durch hohe Zäune beziehungsweise Ballfangnetze umgeben, können diese um die Funktion als vertikale Verschattungsmaßnahme ergänzt werden, indem sie begrünt werden. Ein Beispiel ist das begrünte Ballfangnetz an einem Sportplatz in der Schweiz (s. Abbildung 171). Je nach Sonnenhöhenwinkel wäre in diesem Fall auch eine Verschattung von Wegeverbindungen möglich.

Alltagsraum 6 Promenade

Promenaden stellen aufgrund ihrer offenen Gestaltung und Lage zum Wasser eine besondere Herausforderung dar. Promenaden zeichnen sich überwiegend durch einen hohen Versiegelungsgrad aus. Aus diesem Grund sollten zum Großteil natürliche Verschattungsmaßnahmen verwendet werden. Bei südexponierten Fassaden können in regelmäßigen Abständen großkronige Bäume unmittelbar entlang der Kaimauer gepflanzt werden, die während der CPT einen Schatten auf die Promenade werfen. An Sitzgelegenheiten können zusätzliche Bäume gepflanzt werden. Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz von über-Kopf Maßnahmen wie begrünten Pergolen. Aufgrund der hohen diffusen UV-Strahlung bei offenen Raumsituationen ist eine reine Verschattung durch Gebäudeüberstände zu vermeiden. Insbesondere an Promenaden sollten starke Vielfachreflexionen an Fassaden im rückwärtigen Bereich der Promenaden vermieden werden und Fassadenbegrünungen eingesetzt werden. Bodenoberflächen sollten auf den nicht unmittelbaren Wegestrecken unversiegelt bleiben. Stattdessen können Rasenflächen und Tiefbeete eingesetzt werden. Kaimauern und Treppensituationen können wie am Granary Square in London (s. Abbildung 172) begrünt werden. Die Wegeverbindungen können im Sommer durch Spannmembranstrukturen verschattet werden, sodass im Sommer ein seitlicher Schattenwurf durch die Bäume und ein Über-Kopf Schutz durch die Sonnensegel erfolgen. An zu Promenaden orientierten Fassaden ist zu überlegen, ob über-Kopf Maßnahmen wie ausfahrbare Markisen sinnvoll sind. Zudem ist zu prüfen inwieweit es möglich und sinnvoll wäre die Wasserflächen zu verschatten, um ihre maximale Kühlwirkung zu erhalten.

Exkurs: *Exemplarische Handlungsempfehlungen für den Standort Promenade am Dalmannkai*

Im Folgenden werden für den Standort Promenade am Dalmannkai exemplarische Handlungsempfehlungen aufgezeigt. Die Promenade am Dalmannkai zeichnet sich durch ein zum Wasser geöffnetes Raumgefüge mit einem hohen SVF aus. Sie weist bis auf zwei Bäume im rückwärtigen Bereich keine Verschattungselemente auf, sodass der Standort in Bezug auf UV-Strahlung und Hitze als besonders gefährdet eingestuft wird. Es gibt kaum Möglichkeiten, existierende Schattenräume besser zu nutzen und Sitzmöglichkeiten oder Wegeverbindungen in verschattete Bereiche zu verlagern. Nach Greenwood et al. (1998: 50) sollten in freigenutzten Bereichen mindestens 50 Prozent, der sich dort aufhaltenden Personen einen verschatteten Platz finden können. Dies ist an der Promenade am Dalmannkai nicht möglich. Insbesondere die Verschattung der Sitz- und Liegemöglichkeiten sowie der Wegeverbindungen werden als unzureichend eingestuft. Aufgrund des Nutzungsverhaltens wird insbesondere in diesen Bereichen ein zusätzlicher Bedarf nach Schatten gesehen. Die Oberflächen dieser Bereiche weisen zudem ein Reflexionsvermögen auf, welches die indirekte UV-Strahlung am Standort erhöhen kann. In Zukunft könnte sich der UV-Schutz aufgrund des Wachstums der Bäume zumindest im rückwärtigen Bereich geringfügig verbessern.

In Abbildung 173 ist eine Möglichkeit der Umgestaltung der Promenade am Dalmannkai dargestellt. Es wird eine Modifizierung der Oberflächen empfohlen, die durch den verstärkten Einsatz von Rasenflächen und der Begrünung der Kaimauer die Oberflächenreflexion verringert und zusätzlich positive Effekte in Hinblick auf Hitzevorsorge und Lufthygiene erzielt. Darüber hinaus wird für die südexponierten Fassaden eine Fassadenbegrünung vorgesehen. Die Wegeverbindung bleibt aufgrund der Barrierefreiheit unverändert und führt zwischen den Grünräumen hindurch. Um Reflexionen

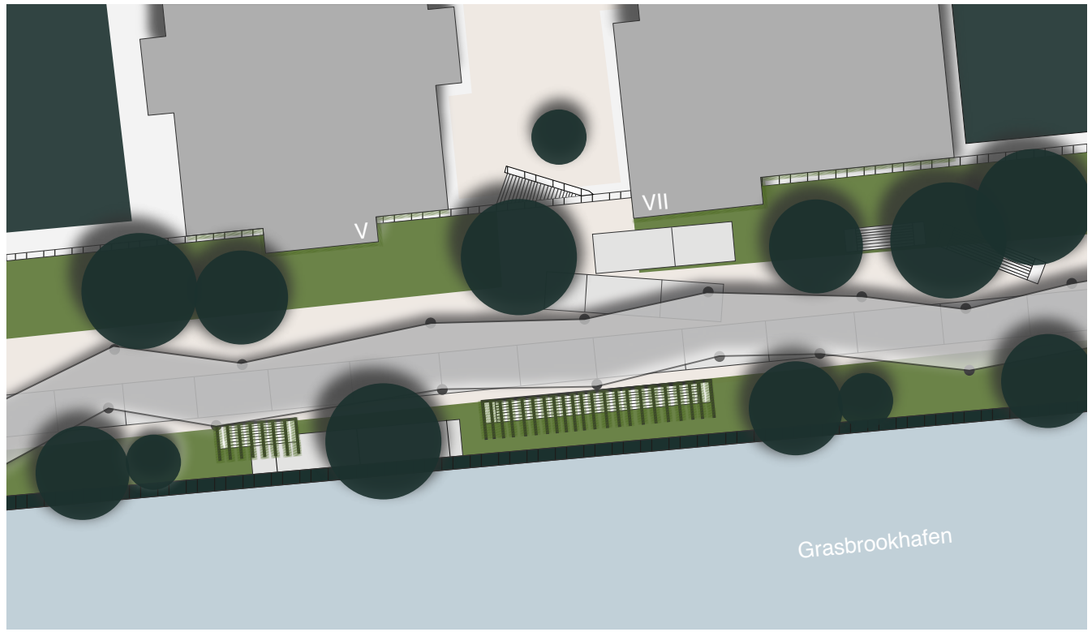


Abbildung 173 Exemplarische Handlungsempfehlungen für den Standort Promenade am Dalmannkai

und ein starkes Erhitzen der Wegeverbindung zu vermeiden und gleichzeitig UV-Schutz zu schaffen, wird der temporäre Einsatz einer über-Kopf Spannmembranstruktur vorgesehen, die über die gesamte Wegelänge angebracht wird. Zusätzlich werden entlang der Kaimauer und im rückwärtigen Bereich Baumpflanzungen ergänzt. Ziel ist es, die Verbindungstreppe und die nordöstlich angeordnete Sitzgruppe zu verschatten. Zudem entstehen auf den Rasenflächen verschattete Aufenthaltsmöglichkeiten. Die Sitzbänke entlang der Kaimauer werden durch begrünte Pergolen mit einem Überstand von mindestens einem Meter verschattet. Der Einsatz sommergrüner Vegetation verhindert, dass im Winter übermäßig schattige Bereiche entstehen.

Verankerung in Politik und Verwaltung

Um die erarbeiteten Planungsempfehlungen in der Praxis umsetzen zu können, müssen Vorgaben für das Thema UV-Schutz und Hautkrebsprävention in der Verwaltung verankert werden. Dafür ist es erforderlich, das Thema als Zielsetzung in der Politik festzuschreiben, da der politische Rahmen für eine erfolgreiche Umsetzung notwendig ist (vgl. Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg 2015: 8). Mit solchen Festsetzungen kann das Thema in Zukunft in Konzepten und Leitfäden integriert und somit eine behördeninterne Bindewirkung erlangt werden.

Dabei gilt es zwischen zwei Ebenen zu unterscheiden: Der Bundesebene und der Landes- und Kommunalebene. Auf Bundesebene setzt die deutsche Anpassungsstrategie gemeinsam mit dem Aktionsplan Anpassung I die politischen Rahmenbedingungen für die Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel, die auf Landes- und Kommunalebene ausgearbeitet werden (vgl. Die Bundesregierung 2011: 30, Die Bundesregierung 2015: 4, Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg 2015: 4). In der deutschen Anpassungsstrategie aus dem Jahr 2008 werden keine Handlungsansätze in Bezug auf UV-Strahlung vorgeschlagen, sondern nur darauf hingewiesen, dass durch mehr Sonnenstrahlung das Hautkrebsrisiko steigen könnte und es notwendig ist, eine fundierte Datengrundlage zu erstellen (vgl. Die Bundesregierung 2008: 18).

Für eine erfolgreiche politische Implementierung und Umsetzung ist demnach eine fundierte wissenschaftliche Grundlage ausschlaggebend. Diese stellt den Grundstein für das Erzielen einer politischen Verbindlichkeit dar. Mit dieser können Fehlplanungen vermieden und Synergiepotenziale ausgeschöpft werden, was langfristig zu einer höheren Akzeptanz in der Bevölkerung führt. Aus diesem Grund ist es erforderlich, dass die Forschungen in Bezug auf die vorliegenden Ergebnisse und der getroffenen Empfehlungen weiter fortgeführt und vertieft werden. Dabei stellen kooperative Forschungsvorhaben wie im Rahmen der Ressortforschung des Bundesamts für Strahlenschutz (s. Abbildung 174) eine gute Möglichkeit dar. Da es in Bezug auf Städtebau, Klimawandel und UV-Schutz bisher kein Forschungsvorhaben gibt, könnte die Ressortforschung in diesem Bereich ausgebaut werden, um die Bedeutung des Themas deutlich zu stärken.

INFOKASTEN

RESSORTFORSCHUNG DES BUNDESAMTS FÜR STRAHLENSCHUTZ

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) führt das Bundesamt für Strahlenschutz eigene Forschungsvorhaben unter anderem zu den Themen medizinischer Strahlenschutz und Epidemiologie durch oder beauftragt Forschungsinstitutionen und Universitäten mit der Durchführung solcher Vorhaben. Die Ergebnisse dienen dem BMU als Grundlage für die Erarbeitung von rechtsverbindlichen Regelungen für den Strahlenschutz. Schwerpunkt der Arbeit des Bundesamts für Strahlenschutz liegt in der Begleitung und Auswertung der Vorhaben. Alle Ergebnisse werden in der Schriftenreihe Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz des Bundesamts für Strahlenschutz oder in der BMU-Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz veröffentlicht (vgl. Bundesamt für Strahlenschutz 2020b).

Abbildung 174 Infokasten über die Ressortforschung des Bundesamts für Strahlenschutz

Sieben Jahre nach Beschluss der deutschen Anpassungsstrategie werden die Themen Hautkrebsprävention und UV-Schutz im Fortschrittsbericht der deutschen Anpassungsstrategie trotz weiterer Forschungen jedoch nicht mehr aufgegriffen (vgl. Die Bundesregierung 2015). Dies zeigt, dass nicht nur wissenschaftliche Grundlagen notwendig sind, sondern dass auch die enge Zusammenarbeit zwischen Politik, Forschungsinstituten und den ausführenden Organen enorm wichtig ist, um die Relevanz des Themas auf allen Ebenen zu stärken. Diese würde die Bekanntheit des Themas in vielen relevanten Bereichen erhöhen (vgl. Davidse 2020). Dabei sollte ein integrierter Ansatz verfolgt werden, der das Thema in verschiedenen Bereichen der Stadtentwicklung und der Klimaanpassung betrachtet. Insbesondere bestehende Publikationen wie *Den Klimawandel gesundheitlich meistern. Empfehlungen zur Vorsorge* des BMU oder die S3-Leitlinie *Prävention von Hautkrebs* müssen in Hinblick auf das Thema Klimaanpassung in Städten bekannter gemacht werden und als Arbeitsgrundlagen gebündelt werden. Solche Publikationen könnten zum Beispiel auf dem Klimavorsorgeportal (KLiVO) des BMU gebündelt und unter dem Handlungsfeld menschliche Gesundheit zur Verfügung gestellt werden. Das KLiVO stellt sogenannte Dienste für die Klimavorsorge in verschiedenen Formen wie Kartenmaterialien, Online Tools oder Publikationen bereit. Vorschläge für neue Klimavorsorgedienste können jederzeit eingereicht werden (vgl. BMU 2020).

Auf Kommunalebene wird empfohlen das Thema UV-Schutz in laufende Planungen mit einzubeziehen und in bestehenden Konzepten zur Klimaanpassung zu ergänzen. Viele Städte führen ihre Klimaschutzkonzepte fort oder erstellen neue Klimaschutzkonzepte. In diesen könnte das Thema integriert werden. Dies kann am Beispiel Hamburg aufgezeigt werden. Derzeit wird der Hamburger Klimaplan aktualisiert, der Ziele und Maßnahmen für die Klimaanpassung in Hamburg festlegt (vgl. Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg 2015: 6). Die Überarbeitung bietet die Möglichkeit, das Thema als politische Zielsetzung zu integrieren und somit auch im Rahmen der Erstellung der integrierten Klimaschutzkonzepte der Hamburger Bezirke Berücksichtigung zu finden. Beispielsweise könnte UV-Schutz im integrierten Klimaschutzkonzept des Bezirks Wandsbek

Wandsbek – Gutes Klima im Rahmen der Maßnahme Öffentliche Räume zukunftsfähig gestalten im Bereich Starkregen- und Hitzevorsorge mit einbezogen werden (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2020a).

Die meisten Städte, die sich mit dem Thema UV-Schutz im öffentlichen Raum und Schattenplanung auseinandersetzen, haben Shade Audit Prozesse entwickelt. Auch die Leitstelle Klima in Hamburg stuft einen solchen Leitfaden als eine sinnvolle Maßnahme ein (vgl. Davidse 2020). Es wird jedoch empfohlen, die Themen Hitzevorsorge und UV-Schutz in einem gemeinsamen Rahmen zu berücksichtigen. Die Zusammenführung dieser beiden Handlungsfelder in einem Konzept wäre eine sinnvolle Maßnahme, um verstärkt Konflikten vorzubeugen und Synergien zu erzielen. Das Wissensdokument *Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren*, welches aus dem Forschungsprojekt KLIQ – Klimafolgenanpassung innerstädtischer hochverdichteter Quartiere in Hamburg hervorgegangen ist, böte eine gute Möglichkeit, UV-Schutz in das Thema Hitzevorsorge zu integrieren. Die Untersuchung bezieht sich zwar auf Bestandsquartiere, jedoch lässt sich die Integration unabhängig vom räumlichen Bezug an diesem Beispiel gut aufzeigen. KLIQ verfolgt ebenfalls den Ansatz, dass Klimaanpassung genauso wie Schutz vor UV-Strahlung nicht als eigenständiges Planungsfeld gelten kann. Um Klimaanpassung erfolgreich umzusetzen, wird auch eine Integration in laufende Planungen und Konzepte empfohlen (vgl. Dickhaut et al. 2017: 5). Das Wissensdokument hat zum einen eine Checkliste für die Beurteilung der Überflutungs- und Hitzegefährdung entwickelt und zeigt zum anderen auf, welche Prinzipien die Maßnahmen in den einzelnen Hand-

MASSNAHMEN	PRINZIPIEN																
	HANDLUNGSFELD Überflutungsvorsorge							HANDLUNGSFELD Hitzevorsorge						HANDLUNGSFELD UV-Schutz		
	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	**Sonneneinfall mindern**	**Rückstrahlung verringern**	**Öffentlichen Raum verschatten**
Entsiegelung von Flächen	x	(X)								(X)			(X)		(X)	
Fassadenbegrünung		x	(X)	(X)				x	x	x	(X)		(X)	(X)	x	(X)
Baumpflanzungen [4]		x	x	x				x	x	x			(X)	x	(X)	x
Verschattungselemente am Gebäude und im Straßenraum (5)									x		x			x	(X)	x
Klimasensible Auswahl der Oberflächenmaterialien und deren Farben (8)										x	x		(X)		x	
Optimierung der Bebauungsstruktur und Gebäudeausrichtung*									x	x		(X)	x	x	(X)	x
Grünflächen erhalten*	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x			x	

Abbildung 175 Exemplarische Ergänzung der Planungsempfehlungen aus dem Wissensdokument *Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren*

lungsfeldern erfüllen. Diese Maßnahmenübersicht kann gut um das Handlungsfeld Schutz vor UV-Strahlung ergänzt werden. In Abbildung 175 ist ein Auszug aus den entwickelten Planungsempfehlungen zu sehen, der exemplarisch um das Handlungsfeld Schutz vor UV-Strahlung ergänzt ist. Damit wäre ein Vergleich der Maßnahmen und ihren Synergien für UV-Schutz, Hitzevorsorge und sogar der Überflutungsvorsorge möglich.

Eine weitere Möglichkeit die beiden Themen UV-Schutz und Hitzevorsorge zu verbinden, wäre die Erstellung beziehungsweise Ergänzung von Hitzeaktionsplänen seitens der Länder und Kommunen, um das Thema Schutz vor UV-Strahlung, wie es auch Mücke et al. (2017) in ihren *Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit* vorschlagen. Maßnahmen, die einen Beitrag zum Schutz vor UV-Strahlung leisten, können zudem in Handbüchern zur Landschaftsgestaltung oder in Leitfäden für die Gestaltung öffentlicher Räume, wie zum Beispiel in der Stadt Köln, festgelegt werden. In diesen können beispielsweise Farben und Materialien für die Auswahl von Bodenbelägen oder der Möblierung festgeschrieben werden (vgl. Stadt Köln 2018). Solche Festlegungen können auch im Rahmen der verbindlichen Bauleitplanung erfolgen. In den Begründungen zu Bebauungsplänen können Vorgaben bezüglich der Oberflächenmaterialien getroffen werden (vgl. Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 15). In den Bebauungsplänen selbst können Vorgaben bezüglich der Bebauung festgesetzt werden (vgl. Landkreis Ostallgäu o. J.). Eine kurzfristige informellere Möglichkeit zunächst die Bedarfe nach Schatten im öffentlichen Raum zu ermitteln und auch die Aufmerksamkeit der Bürger:innen auf dieses Thema zu lenken, wäre die Integration des Themas Schatten in digitalen Tools zur Schadensmeldung. Im Infokasten *SunSmart's shade comparison check* und *Hamburger Melde-Michel* (s. Abbildung 176) werden zwei solcher Tools vorgestellt.

INFOKASTEN

SUNSMART'S SHADE COMPARISON CHECK UND HAMBURGER MELDE-MICHEL

Der SunSmart's shade comparison check ist ein Angebot des Cancer Council Victoria in Australien. In 12 Schritten ist es möglich online den Bedarf und die Qualität von Schatten an verschiedenen Standorten zu bewerten. Das Angebot richtet sich insbesondere an Zeiträume mit hoher Sonneneinstrahlung. Unterstützt wird die Bewertung durch Hinweise und Fotos zur Erläuterung. Die Nutzenden selbst haben auch die Möglichkeit bei jedem Schritt Fotos hochzuladen. Am Ende erhält der/die Nutzer:in einen Shade Report (vgl. Cancer Council Victoria 2020).

Mit dem Melde-Michel hat die Stadt Hamburg ein Online Tool mit dem es möglich ist Schäden an der öffentlichen Infrastruktur der Stadtverwaltung oder Stadtreinigung zu melden. Es ist möglich, über eine interaktive Karte, ein Anliegen direkt räumlich zu verorten und das Anliegen einer Kategorie zuzuordnen (vgl. Freie und Hansestadt Hamburg 2020b). Der Melde-Michel bietet eine gute Möglichkeit die Menschen in die Schattenplanung mit einzubeziehen. Zum Beispiel könnten bei der Auswahl der Kategorien, die beiden Oberkategorien Wege und Straßen sowie Grünanlagen und Spielplätze durch eine weitere Unterkategorie Schattenbedarf ergänzt werden. Im Rahmen der Beschreibung wäre es möglich zu begründen, warum an dem ausgewählten Standort (zusätzlicher) Schatten erforderlich ist und könnte durch ein Foto ergänzt werden. Dadurch würde zum einen die Stadtplanung unterstützt werden, indem gefährdete Bereiche direkt von den Menschen vor Ort identifiziert werden und zum anderen werden die Menschen gleichzeitig mehr für das Thema sensibilisiert. Ein großer Vorteil wäre, dass die individuellen Bedürfnisse und Nutzungsansprüche mitberücksichtigt werden.

Abbildung 176 Infokasten über den Shade Comparison Ceck und den Hamburger Melde-Michel

Für die Gefährdungsanalyse von UV-Strahlung und eine erfolgreiche Beurteilung und Planung von UV-geschützten öffentlichen Räumen sollten langfristig folgende Inhalte und Arbeitshilfen den zuständigen Planer:innen an die Hand gegeben werden, die im Rahmen laufender Konzepte ergänzt werden können:

- Kurze Einführung in die Grundlagen UV-Strahlung und Schattenplanung (s. Kapitel 5.1)
- Erhebungsbogen Standorttypologien: Erfassung der relevanten Parameter vor Ort mit Angabe des SVFs, des H/W-Verhältnis, der Oberflächenmaterialien mit Albedo und Wärmespeichervermögen, der Nutzungen und Nutzergruppen (s. Anhang)
- Leitfaden zur Kronendichte (s. Abbildung 10)
- Übersicht über Verschattungsmaßnahmen mit Synergie- und Konfliktwirkungen (s. Tabelle 38)
- Arbeitshilfe Stadtbäume (s. Tabelle 37)
- Arbeitshilfe Oberflächenmaterialien (s. Tabelle 36)
- Tabelle: UPF in Abhängigkeit der Transmission von UV-Strahlung (s. Tabelle 7)
- Planungshinweise ohne Raumbezug (s. Kapitel 8)
- Planungshinweise nach Alltagsräumen (s. Kapitel 8)
- Hinweise auf unterstützende Online-Tools (s. Infokästen in Kapitel 8)

09

09 SCHLUSSBETRACHTUNG

Zusammenfassung der Ergebnisse

Steigende Hautkrebszahlen sind der Anlass, nach neuen Ansätzen für die Hautkrebsprävention zu suchen. Prognosen in Bezug auf die UV-Strahlung und Sonnenscheindauer unterliegen global sowie regional zwar großen Unsicherheiten, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass der Klimawandel die Exposition gegenüber UV-Strahlung in Zukunft verstärken wird. Zudem werden steigende Temperaturen und ein verändertes Freizeitverhalten das Hautkrebsrisiko weiter steigen lassen. Nachdem der Schwerpunkt der Hautkrebsprävention jahrelang auf der Verhaltensprävention lag, werden nun vermehrt Ansätze im verhältnispräventiven Bereich gefordert, um insbesondere vor ungewollter und unbewusster UV-Exposition zu schützen. Hautkrebsprävention in die Stadtplanung zu implementieren, ist dabei ein wesentlicher Schritt für die Gestaltung von gesunden und lebenswerten öffentlichen Freiräumen in Städten.

Die vorliegende Arbeit greift mit dem Thema Hautkrebsprävention in der Stadtplanung ein Themenfeld auf, dass zum Großteil noch nicht in der Planungswelt verankert ist. Dabei lag der Fokus zunächst darauf, Standorttypologien in städtischen Quartieren zu identifizieren und zu prüfen, inwieweit diese durch UV-Strahlung belastet werden und welche Faktoren dabei eine Rolle spielen.

In der Literatur- und Raumanalyse werden unterschiedliche Standorttypologien im öffentlichen Freiraum aufgezeigt, die sich in Hinblick auf ihre räumlichen und ökologischen Eigenschaften sowie ihrer Funktionen stark unterscheiden. Diese städtischen Alltagsräume und Lebenswelten weisen je nach Standorteigenschaften unterschiedliche UV-Belastungen und je nach Nutzung unterschiedliche Bedarfe nach UV-Schutzmaßnahmen auf. Dabei konnte gezeigt werden, dass insbesondere die Raumdimensionen, wie der SVF und das H/W-Verhältnis einen maßgeblichen Einfluss auf den Einfall der Sonneneinstrahlung haben. Im Weiteren sind die Reflexions- und Wärmespeichereigenschaften der verwendeten Oberflächenmaterialien wesentliche Faktoren für die diffuse UV-Strahlung und die Erwärmung in einzelnen Räumen. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass auch der Grün- und Wasserflächenanteil sowie die Versiegelung im öffentlichen Freiraum einen Einfluss auf die diffuse UV-Strahlung und die Erwärmung haben. Ein entscheidender Effekt auf die diffuse UV-Strahlung durch Wasserflächen, konnte in dieser Arbeit allerdings nicht nachgewiesen werden. Für die Stärke der Reflexion spielen nachweislich auch Aspekte, wie die Ausrichtung der Flächen zur Sonne und der Sonnenhöhenwinkel, in welchem die UV-Strahlung auf Oberflächen auftrifft eine Rolle. In diesem Zusammenhang wurde deutlich, dass die aktuelle Hitzeanpassungsstrategie, der Einsatz von überwiegend hellen, stark reflektierenden Materialien, dem Schutz vor UV-Strahlung entgegenwirkt.

Weiterhin wurde untersucht, in welchen Bereichen des öffentlichen Freiraums sich besondere Anforderungen, in Bezug auf den Schutz vor UV-Strahlung ergeben. Dabei konnte gezeigt werden, dass insbesondere Räume mit hoher Mobilität besondere Herausforderungen im Vergleich zu Räumen mit überwiegend stationären Nutzungen darstellen, da individuelles Mobilitätsverhalten die Umsetzung eines wirksamen UV-Schutzes erschwert. Zudem sind Standorte an denen überwiegend vulnerable Gruppen zu finden sind, wie zum Beispiel Spiel- und Sportplätze oder auch Parks besonders vor UV-Strahlung zu schützen. Ein erhöhtes Risiko konnte weiterhin an Standorten ermittelt werden, die zunächst einen guten UV-Schutz aufgrund von Schatten suggerieren, aber dennoch aufgrund eines aufgelockerten Schattenwurfs eine hohe UV-Strahlung aufweisen.

Die Frage, wie zukünftige gesundheitliche Folgen und Schäden durch UV-Strahlung im Rahmen städtebaulicher Maßnahmen vermieden werden können, stellte den zweiten Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit dar. Die Literaturanalyse hat ergeben, dass es bereits verschiedene Ansätze gibt, den Schutz vor UV-Strahlung in die Stadtplanung zu integrieren. Häufig handelt es sich

dabei aber um Maßnahmen in Form von Festsetzungen in Plänen, Konzepten und Bauvorhaben oder der Entwicklung von Indikatoren. Die vorliegende Arbeit hat insbesondere Verschattungsmaßnahmen als wesentlichen Ansatzpunkt der räumlichen Maßnahmen identifiziert. Dabei konnte die Annahme gestützt werden, dass Verschattungsmaßnahmen mit ihrer Bandbreite an Einsatzmöglichkeiten gute Chancen bieten, einen effizienten UV-Schutz umzusetzen. Darüber hinaus ist die gezielte Anpassung von Oberflächenmaterialien ein weiteres entscheidendes Instrument. Mit dieser kann die Rückstrahlung von UV-Strahlung vermindert werden. Es wurde gezeigt, dass der Einsatz von Verschattungsmaßnahmen und die gezielte Wahl von Oberflächenmaterialien wirksame verhältnispräventive Ansätze zum Schutz vor UV-Strahlung sein können und zugleich positive Auswirkungen auf die Hitzevorsorge haben können, wenn diese richtig angewendet werden.

In diesem Zusammenhang wurde deutlich, dass verschiedene städtebauliche Verschattungsmaßnahmen wie Gebäude- oder Baumschatten, UV-Strahlung unterschiedlich stark mindern. Wie sich die einzelnen Formen, der in der Referenzanalyse aufgezeigten Verschattungsmaßnahmen auf die UV-Strahlung auswirken, kann nicht ausdrücklich beantwortet werden, da im Untersuchungsgebiet keine Verschattungsmaßnahmen außer Bäume und Gebäudeschatten zum Einsatz kommen. Es gilt jedoch: Bauliche, geschlossene Verschattungsmaßnahmen werfen in der Regel einen dichteren Schatten als durch Vegetation hervorgerufen. Bauliche Verschattungsmaßnahmen sind aber nur wirksam, wenn auch die diffuse UV-Strahlung durch einen geringen SVF oder hohes H/W-Verhältnis eingeschränkt wird. Natürliche Verschattung ist hingegen vergleichsweise einfach umzusetzen und weist weitere zahlreiche Vorteile im Bereich Klimaanpassung und Aufenthaltsqualität auf. Eine Kombination aus beiden Maßnahmen kann unterdessen ein erfolgreicher Mittelweg sein. Einen vollumfänglichen UV-Schutz zu jeder Tages- und Jahreszeit umzusetzen ist nicht realistisch. Entscheidend ist, den Bedarf nach UV-Schutz während Zeiten besonders starker UV-Bestrahlungsstärke im öffentlichen Freiraum zu decken. In diesem Zusammenhang konnte gezeigt werden, dass Nutzungsgruppen und Nutzungsmuster eine entscheidende Rolle spielen. Maßnahmen können nur erfolgreich sein, wenn diese auch an die Bedürfnisse der Nutzer:innen und an die Standortanforderungen angepasst sind.

Die entwickelten Planungsempfehlungen zeigen, dass bereits mit vergleichsweise kleinen Maßnahmen, wie dem gezielten Einsatz von Bäumen oder der Entsiegelung von Flächen, große Effekte erzielt werden können. Eine „am besten geeignete“ Verschattungsmaßnahme beziehungsweise universelle Lösung zu bestimmen, ist aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Standorttypologien nicht möglich. Der Erfolg der Verschattungsmaßnahmen hängt wesentlich von der Installation vor Ort ab, da die Wirksamkeit durch die individuelle Lage eines Standortes in Bezug zur Sonne bedingt wird. Aus diesem Grund ist es in jedem Fall erforderlich, die individuellen Standortbedingungen zu prüfen und den tages- und jahreszeitlichen Verlauf eines Raumes zu analysieren, um den Bedarf an Schatten zu ermitteln und darauf aufbauend geeignete Verschattungsmaßnahmen auszuwählen. Gemeinsamer Planungsgrundsatz sollte jedoch sein, dass Verschattungsmaßnahmen im Sommer einen ausreichenden Schutz und im Winter einen ausreichenden Lichteinfall ermöglichen. Dabei sollte der UV-Schutz aufgrund des Erythemrisikos während der CPT am höchsten sein.

Die vorliegende Arbeit benennt mögliche geeignete Verschattungsmaßnahmen sowie deren jeweiligen Vor- und Nachteile. Damit ist eine Arbeitshilfe für Analyse und Planung von UV-Schutz an öffentlichen Freiräumen geschaffen.

Abschließend muss die Frage beantwortet werden, wie diese Maßnahmen in der Stadtplanung gezielt umgesetzt werden können. Es wurde aufgezeigt, dass UV-Strahlung in der Stadtentwicklungspolitik, Klimaanpassung und Stadtplanung derzeit keine wesentliche Rolle spielt. Andere Länder machen vor, dass es möglich ist, den Einsatz von UV-Schutzmaßnahmen erfolgreich zu implementieren. Ansätze daraus können auch für deutsche Städte adaptiert werden. Mit ihren bestehenden informellen und formellen Planungsinstrumenten und Konzepten haben Städte und Kommunen gute Ansatzmöglichkeiten das Handlungsfeld UV-Strahlung mit zu integrieren und gleichzeitig ihre Verpflichtung zu erfül-

len, gesunde Lebenswelten zu schaffen. Um das Thema national auf den Plan zu bringen, sind aber nicht nur die Städte, sondern auch die Bundesregierung gefragt. In Zusammenarbeit mit den Ländern und Kommunen ist die Bundesregierung dafür verantwortlich, die politischen Festsetzungen auf Bundesebene festzulegen und somit die Rahmenbedingungen für die Landes- und Kommunalebene zu schaffen. Auch auf übergeordneter Ebene gibt es viele Möglichkeiten, Anpassungsmaßnahmen an UV-Strahlung in Online-Anwendungen zu integrieren, sodass damit auch der Forderung nach einer Bündelung von Wissen nachgekommen wird.

Ein Blick in die Zukunft

Die vorliegende Arbeit ist ein Ansatz sich dem aktuellen und bisher wenig berücksichtigten Thema Hautkrebsprävention in der Stadtplanung zu nähern und kann als Ausgangspunkt für weitere Forschungen angesehen werden. Die getroffenen Schlussfolgerungen sollten durch weitere Untersuchungen und Messungen in Alltagsräumen und unter verschiedenen Schattenwirkungen ergänzt werden, sowie dahingehend, die Handlungsempfehlungen weiter ausgearbeitet werden. Insbesondere sollten weitere Untersuchungen stärker Räume einbeziehen, in denen eine ungewollte UV-Exposition stattfindet, wie Fuß- und Radwegeverbindungen, Bushaltestellen, Mittelinseln und Ampeln. So kann eine fundierte Datengrundlage geschaffen werden, um zuverlässige Aussagen über den wirksamen Einsatz von verschiedenen Verschattungsmaßnahmen und Oberflächenmaterialien in Bezug auf verschiedene Standortbedingungen treffen zu können. Dafür sind Untersuchungen in allen Jahreszeiten, vor allem in den Wintermonaten erforderlich. Außerdem sollten diese, um weitere Untersuchungen zum tatsächlichen UV-Schutz der einzelnen Verschattungsmaßnahmen ergänzt werden. In diesem Zusammenhang ist auch zu prüfen, inwieweit Schattensimulationen in Zukunft bei Planungen eingesetzt werden können. Diese würden für die individuellen Raumsituationen einen Vergleich zwischen verschiedenen Anpassungsmöglichkeiten aufzeigen und somit eine fundierte Entscheidungsgrundlage ermöglichen. Ein weiterer Schritt ist es, Alltagsräume und Schattenwirkungen in Bestandsquartieren zu ergänzen und zu prüfen, welche Unterschiede es im Vergleich zu Neubaugebieten gibt und diese in den Ergebnissen und Schlussfolgerungen mit einzubeziehen.

Weiterhin müssen die erarbeiteten Maßnahmen und Planungsempfehlungen noch detaillierter in Bezug auf Aspekte, wie zum Beispiel Kosten sowie Konflikt- und Synergiewirkungen auf andere Klimaanpassungsmaßnahmen, zum Beispiel in Bezug auf das Regenwassermanagement, betrachtet werden. In diesem Zusammenhang werden Forschungen im Bereich smarter, anpassbarer Systeme als besonders zukunftsweisend angesehen. Die experimentellen Ansätze im Bereich der anpassbaren Systeme zeigen wie wichtig es ist, in Zukunft Maßnahmen zu entwickeln, die Synthesen zwischen verschiedenen Problemlagen herstellen und nicht nur eine Herausforderung betrachten, die zudem unter Umständen negative Auswirkungen auf andere Bereiche haben können.

Neben der reinen Raumanalyse geht es in Zukunft vor allem darum, die betroffenen Akteure aus verschiedenen Bereichen zusammenzubringen und gemeinsam Ziele und Herausforderungen zu erarbeiten. Mit der Aktualisierung der S3-Leitlinie *Prävention von Hautkrebs* und ihrer Berücksichtigung von Klimawandel und Städtebau wurde der Anfang für diese Zusammenarbeit gemacht. Dabei spielt die Aufklärung und Schulung der Betroffenen Planer:innen eine wesentliche Rolle. Politik und große Städte müssen in Zukunft als Impulsgeber:innen agieren und eine Vorreiterrolle einnehmen, um das Thema auf den Plan zu bringen. Aufgabe der Politik ist es, Festlegungen für die Frage zu treffen, was ein erfolgreicher UV-Schutz in der Stadt überhaupt bedeutet. Zudem muss der Frage nachgegangen werden, wie sich der Komplex aus den vielfältigen Herausforderungen der verschiedenen Anforderungen und Handlungsbereiche der Klimaanpassung vereinfachen und übersichtlich aufarbeiten lässt. Außerdem sollte der Zusammenhang zwischen den sozioökonomischen Faktoren und der UV-Exposition näher betrachtet werden, da dieser einen Einfluss auf die Nutzung von Schattenräumen hat.

Abschließend lässt sich festhalten, dass mit dieser Arbeit wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden konnten, die bereits heute für eine erfolgreiche Hautkrebsprävention gemeinsam mit Städten und Kommunen in der Stadtplanung umgesetzt werden können. Für Fragestellungen, die nicht vollständig beantwortet werden konnten, wurden konkrete Ansatzpunkte geschaffen, an denen die weitere Forschung in Zukunft ansetzen kann.

VERZEICHNISSE

GLOSSAR*

Energiegehalt
This is the sum of all energy used to produce a material, product or structure including extraction and processing of raw materials, manufacturing, assembly and transportation.

Evapotranspiration
Die gesamte Verdunstung der Oberflächen durch Evaporation und Transpiration.

Geographisch Nord
Der Nordpol ist definiert über die geographischen Koordinaten mit ϕ = 90°, was zurückgeht auf den Schnittpunkt der irdischen Rotationsachse mit der Erdoberfläche. Jeder Meridian mündet mit allen anderen in diesem Punkt ein und weist in seinem gesamten Verlauf nach Geographisch Nord (GeN).

Gesamtbedeckungsgrad
Der Gesamtbedeckungsgrad gibt an, wie groß der Anteil des Himmelgewölbes ist, der insgesamt mit Wolken bedeckt ist. Eine Angabe erfolgt in Achteln, da diese Einteilung für den Beobachter besser abzuschätzen ist. Dabei bedeutet 0 Achtel, dass am Himmel keine Spuren von Wolken zu sehen sind, 4 Achtel, dass der Himmel maximal bis zur Hälfte mit Wolken bedeckt ist, 8 Achtel, dass der Himmel vollständig mit Wolken verhangen ist und kein Himmelsblau mehr erkannt werden kann.

Heiße Tage
Anzahl der Tage, an denen die Maximumtemperatur mindestens einmal am Tag 30°C erreicht (Tmax >= 30 °C).

Klimatop
In der Stadtklimatologie werden Bereiche mit mehr oder weniger einheitlichem Mikroklima als Klimatope typisiert. I. d. R. ähneln sich diese Flächen hinsichtlich ihrer Nutzung, Bebauungsstruktur, Bodenbedeckung, ihres Versiegelungsgrads, ihres Reliefs und ihrer Lage im Stadtgebiet.

Klimafaktor
Klimafaktoren sind Prozesse oder Zustände, die ein Klima erzeugen, verändern oder erhalten, indem sie die Wärmeaustauschprozesse mit den daran beteiligten Klimaelementen beeinflussen. Im globalen Maßstab sind geographische Breite, topographische Höhe, Größe und Verteilung der Landmassen, Kontinentalität bzw. Ozeanität oder Meeresströmungen wichtige Klimafaktoren.

Klimaelement
Nach heutigem Verständnis des meteorologischen Geschehens werden atmosphärische Erscheinungen wie Regen, Wind oder Sonnenschein als Ausdruck atmosphärischer Wärmeaustauschprozesse gesehen. Klimaelemente sind dabei messbare Einzelgrößen des Klimas wie, Strahlung, Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit oder Niederschlag, die diese Austauschvorgänge beschreib- und quantifizierbar machen. Sie sind somit statische und messbare Elemente des Wetters.

Oberflächenrauigkeit
Die aerodynamische Rauigkeit einer Oberfläche beschreibt das Vermögen dieser Oberfläche den Wind in der bodennahen Luftschicht zu beeinflussen, d.h. die Windgeschwindigkeit durch Reibung an der Oberfläche zu vermindern sowie die Windrichtung abzulenken.

Pathogenese und Salutogenese
Während sich pathogenetische Ansätze primär um die Entstehung von Erkrankungen, das Verständnis pathogener Prozesse bemühen, wendet sich Salutogenese der Erforschung der Prozesse zu, die Gesundheit erhalten und fördern.

Spezifische Wärmekapazität
Die spezifische Wärmekapazität (Cs, J kg -1 K-1) gibt an, wie viel Energie nötig ist, um 1K zu erreichen (Erwärmung bzw. Abkühlung). Materialien mit einer hohen Wärmekapazität erwärmen sich beim gleichen Strahlungsgebot langsamer als solche mit einem niedrigen Cs.

Sommertage
Anzahl der Tage, an denen die Maximumtemperatur mindestens einmal am Tag 25°C erreicht (Tmax >= 25 °C).

Thermische Behaglichkeit
Nach gängiger Definition befindet man sich im Zustand thermischer Behaglichkeit, wenn man mit seiner aktuellen thermischen Umwelt zufrieden ist.

Thermische Vegetationsperiode
Die thermische Vegetationsperiode eines Jahres ist definiert als die Anzahl der Tage zwischen Vegetationsbeginn und Vegetationsende.

Urban Heat Island (UHI)
Decades of research have shown that cities are almost always warmer than their surroundings. This phenomenon, known as the urban heat island, is one of the clearest examples of inadvertent climate modification.

Vegetationsbeginn
Erstes Aufkommen von mindestens 6 aufeinanderfolgenden Tagen mit einer Durchschnittstemperatur über 5°C.

Vegetationsende
Erstes Aufkommen von mindestens 6 aufeinanderfolgenden Tagen mit einer Durchschnittstemperatur unter 5°C im Winterhalbjahr.

*Alle im Glossar verwendeten Erklärungen wurden als direktes, wörtliches Zitat übernommen. Die Quellen sind der Literatur zu entnehmen.

ABBILDUNGSQUELLEN

Titelbild: eigene Aufnahme
Abbildung 1: eigene Darstellung nach Bundesamt für Strahlenschutz 2017: 3
Abbildung 2: eigene Darstellung nach Bundesamt für Strahlenschutz 2017: 3, Lenzholzer 2015: 22
Abbildung 3: Amke Oltmanns
Abbildung 4: eigene Darstellung
Abbildung 5: eigene Darstellung nach Lenzholzer 2015: 33
Abbildung 6: eigene Darstellung
Abbildung 7: eigene Aufnahme
Abbildung 8: eigene Aufnahme
Abbildung 9: eigene Aufnahme
Abbildung 10: eigene Darstellung nach Greenwood et al. 1998: 74
Abbildung 11: eigene Aufnahme
Abbildung 12: eigene Aufnahme
Abbildung 13: eigene Aufnahme
Abbildung 14: Contemporist, online: www.contemporist.com/centro-abierto-de-actividades-ciudadanas-by-pare-despino-studio/
Abbildung 15: MVVA, online: http://landezine.com/index.php/2009/07/teardrop-park/
Abbildung 16: eigene Darstellung
Abbildung 17: Stefan Mitterer, online: www.stefanmitterer.de/paris.html
Abbildung 18: eigene Aufnahme
Abbildung 19: Universität Wien/Mair, online: https://wirtschaftswissenschaften.univie.ac.at/service/international-support/think-business-go-international/
Abbildung 20: Jonas und Matthias Frey, online http://andersgesehen.startbilder.de/)
Abbildung 21: Redazione, online: www.artribune.com/progettazione/architettura/2020/01/i-portici-di-bologna-candidati-a-patrimonio-unesco/
Abbildung 22: eigene Aufnahme
Abbildung 23: DLANDstudio, online: https://dlandstudio.com/Edgar-Plaza-NY
Abbildung 24: Hollandse Hoogte, online: www.weser-kurier.de/bremen/bremen-stadt_artikel,-gruene-wollen-daecher-von-haltestellen-bepflanzen-_arid,1847038.html)
Abbildung 25: freiraumarchitektur, online: https://freiraumarchitektur.ch/projekte/referenzen/innenhof_css_versicherung/
Abbildung 26: Hisao Suzuki, online: www.plataformaarquitectura.cl/cl/806291/ramon-vilalta-rcr-arquitectes-habla-sobre-el-pritzker-y-sus-ambiciones-tras-ganar-el-premio/58b6b461e58ece9a030003bb-ramon-vilalta-rcr-arquitectes-habla-sobre-el-pritzker-y-sus-ambiciones-tras-ganar-el-premio-imagen
Abbildung 27: freiraumarchitektur, online: https://freiraumarchitektur.ch/projekte/referenzen/innenhof_css_versicherung/
Abbildung 28: Urbadis, online: https://urbadis.com/de/Projektgegenstand/Platte-Sanllehy-Barcelona-2015/
Abbildung 29: eGuide Travel, online: www.flickr.com/photos/eguidetravel/2918185344/
Abbildung 30: Ronnie und Ana, online: https://www.pandasdiary.de/2018/05/14/unser-tag-am-schloss-schoenbrunn/k1600__1340746/
Abbildung 31: Josef Andraschko, online: www.baunetz-wissen.de/beton/objekte/oeffentlicher-raum/schatten-dach-in-handenberg-4760738

Abbildung 32: Nick Guttridge, online: www.dezeen.com/2016/02/06/video-interview-serpentine-gallery-pavilion-2009-sanaa-kazuyo-sejima-ryue-nishizawa-movie/
Abbildung 33: Peter Mauss, online: https://ead.nb.admin.ch/web/biennale/bi06_A/index_n.htm
Abbildung 34: Kyal Sheehan, online: http://landezine.com/index.php/2011/06/jacaranda-square-by-aspect-studios
Abbildung 35: L. Michow & Sohn GmbH, online: www.michow.com/Sitzgruppe-Erfurt,artikel_link,23,605.html
Abbildung 36: Daisy und Andy Biedermann, online: www.umdiewelt.de/Australien-und-Ozeanien/Australien/Reisebericht-4157/Kapitel-17.html
Abbildung 37: NEX Architecture, online: www.arch2o.com/c-space-drl10-pavilion-nex-architecture/
Abbildung 38: Behin Ha, online: www.behinha.com/living-pavilion-v1
Abbildung 39: eigene Aufnahme
Abbildung 40: Burkhardt + Partner, online: www.burckhardtpartner.com/de/projekte/detail/projekte/show/Projekte/neubau-mfo-park-zuerich/
Abbildung 41: Hideo Kumaki, online: http://kumakihideo.blogspot.com/p/green-project.html
Abbildung 42: Satoru Mishima, online: https://divisare.com/projects/314352-foa-azpml-farshid-moussavi-architecture-valerie-bennett-yokohama-international-port-terminal
Abbildung 43: Demokratischer Jugendring Jena e.V., online: https://jugendring-jena.de/materialverleih-und-vermietung/campingmaterial/zelte/
Abbildung 44: Graffe & Schieferstein Event GmbH, online: https://g-s-events.de/produkt/pagodenzelt-5x5m/
Abbildung 45: Philippe, online: https://mygeodome.com/category/construction-dome-geodesique/
Abbildung 46: eigene Aufnahme
Abbildung 47: Solona, online: https://solona-sonnensegel.de/news/kiliansplatz/
Abbildung 48: Fabric Architecture Solutions, online: https://fabricarchitecture.com/university-of-middlesex/
Abbildung 49: Textil Bau GmbH, online: www.textilbau.de/de/referenzen/flughafen-parkplatz-tanken/trichter-schirme-bochum/
Abbildung 50: SL Rasch GmbH, online: www.sl-rasch.com/de/projekte/international-school/
Abbildung 51: Milia Shop, online: www.miliashop.com/en/sunshades/21242-eclipsum-umbrosa-sunshade.html
Abbildung 52: eigene Aufnahme
Abbildung 53: eigene Aufnahme
Abbildung 54: atedo, online: https://pavio.ch/produkt/ueberdachung/
Abbildung 55: SL Rasch, online: www.sl-rasch.com/de/projekte/courtyard/
Abbildung 56: eigene Aufnahme
Abbildung 57: eigene Aufnahme
Abbildung 58: Acconci Studio/ Vito Acconci, online: https://archello.com/story/1585/attachments/photos-videos/5
Abbildung 59: Rubén P. Bescós, online: https://worldarchitecture.org/architecture-news/cvghm/14th_madrid_architecture_week_kicks_off_september_29.html

Abbildung 60: eigene Darstellung auf Grundlage von Geodaten: Digitaler Grünplan / Kataster der öffentlichen Grünanlagen, Bodenversiegelung Hamburg, ALKIS Verwaltungsgrenzen Hamburg
Abbildung 61: eigene Darstellung auf Grundlage von Geodaten: Bodenversiegelung Hamburg, ALKIS Verwaltungsgrenzen Hamburg
Abbildung 62: eigene Darstellung auf Grundlage von Geodaten: ALKIS - ausgewählte Daten Hamburg
Abbildung 63: eigene Darstellung auf Grundlage von Geodaten: Digitale Orthophotos 20cm belaubt
Abbildung 64: eigene Darstellung auf Grundlage von Geodaten: ALKIS Katasterkarte Kachel 127 und 128, Digitaler Grünplan / Kataster der öffentlichen Grünanlagen, Bodenversiegelung Hamburg, ALKIS Verwaltungsgrenzen Hamburg, Straßenbaumkataster Hamburg
Abbildung 65: eigene Darstellung auf Grundlage von Geodaten: Bodenversiegelung Hamburg, ALKIS Verwaltungsgrenzen Hamburg
Abbildung 66: eigene Darstellung
Abbildung 67: eigene Aufnahme
Abbildung 68: eigene Aufnahme
Abbildung 69: eigene Aufnahme
Abbildung 70: eigene Aufnahme
Abbildung 71: eigene Aufnahme
Abbildung 72: eigene Darstellung
Abbildung 73: eigene Aufnahme
Abbildung 74: eigene Aufnahme
Abbildung 75: eigene Aufnahme
Abbildung 76: eigene Darstellung
Abbildung 77: eigene Aufnahme
Abbildung 78: eigene Aufnahme
Abbildung 79: eigene Darstellung
Abbildung 80: eigene Aufnahme
Abbildung 81: eigene Aufnahme
Abbildung 82: eigene Darstellung
Abbildung 83: eigene Aufnahme
Abbildung 84: eigene Aufnahme
Abbildung 85: eigene Aufnahme
Abbildung 86: eigene Darstellung
Abbildung 87: eigene Aufnahme
Abbildung 88: eigene Aufnahme
Abbildung 89: eigene Aufnahme
Abbildung 90: eigene Darstellung
Abbildung 91: eigene Aufnahme
Abbildung 92: eigene Aufnahme
Abbildung 93: eigene Aufnahme
Abbildung 94: eigene Darstellung mit eigenen Aufnahmen
Abbildung 95: eigene Aufnahme
Abbildung 96: eigene Aufnahme
Abbildung 97: eigene Aufnahme
Abbildung 98: eigene Aufnahme
Abbildung 99: eigene Aufnahme
Abbildung 100: eigene Aufnahme
Abbildung 101: eigene Aufnahme
Abbildung 102: eigene Aufnahme
Abbildung 103: eigene Aufnahme
Abbildung 104: eigene Aufnahme
Abbildung 105: eigene Aufnahme
Abbildung 106: eigene Aufnahme
Abbildung 107: eigene Aufnahme
Abbildung 108: eigene Aufnahme
Abbildung 109: eigene Aufnahme
Abbildung 110: eigene Aufnahme
Abbildung 111: eigene Aufnahme
Abbildung 112: eigene Aufnahme
Abbildung 113: eigene Aufnahme
Abbildung 114: eigene Aufnahme
Abbildung 115: eigene Aufnahme
Abbildung 116: eigene Aufnahme

Abbildung 117: eigene Aufnahme
Abbildung 118: eigene Aufnahme
Abbildung 119: eigene Aufnahme
Abbildung 120: eigene Aufnahme
Abbildung 121: eigene Aufnahme
Abbildung 122: eigene Aufnahme
Abbildung 123: eigene Aufnahme
Abbildung 124: eigene Aufnahme
Abbildung 125: eigene Aufnahme
Abbildung 126: eigene Aufnahme
Abbildung 127: eigene Aufnahme
Abbildung 128: eigene Aufnahme
Abbildung 129: eigene Aufnahme
Abbildung 130: eigene Aufnahme
Abbildung 131: eigene Aufnahme
Abbildung 132: eigene Aufnahme
Abbildung 133: eigene Aufnahme
Abbildung 134: eigene Aufnahme
Abbildung 135: eigene Aufnahme
Abbildung 136: eigene Aufnahme
Abbildung 137: eigene Darstellung auf Grundlage von Geodaten: ALKIS Katasterkarte Kachel 127 und 128, Digitaler Grünplan / Kataster der öffentlichen Grünanlagen, Bodenversiegelung Hamburg, ALKIS Verwaltungsgrenzen Hamburg, Straßenbaumkataster Hamburg
Abbildung 138: eigene Darstellung auf Grundlage von Geodaten: ALKIS Katasterkarte Kachel 127 und 128, Digitaler Grünplan / Kataster der öffentlichen Grünanlagen, Bodenversiegelung Hamburg, ALKIS Verwaltungsgrenzen Hamburg, Straßenbaumkataster Hamburg
Abbildung 139: eigene Aufnahme
Abbildung 140: eigene Darstellung
Abbildung 141: eigene Aufnahme
Abbildung 142: eigene Aufnahme
Abbildung 143: eigene Darstellung auf Grundlage von Geodaten: ALKIS Katasterkarte Kachel 127 und 128, Digitaler Grünplan / Kataster der öffentlichen Grünanlagen, Bodenversiegelung Hamburg, ALKIS Verwaltungsgrenzen Hamburg, Straßenbaumkataster Hamburg
Abbildung 144: eigene Aufnahme
Abbildung 145: eigene Darstellung
Abbildung 146: eigene Aufnahme
Abbildung 147: eigene Aufnahme
Abbildung 148: eigene Darstellung auf Grundlage von Geodaten: ALKIS Katasterkarte Kachel 127 und 128, Digitaler Grünplan / Kataster der öffentlichen Grünanlagen, Bodenversiegelung Hamburg, ALKIS Verwaltungsgrenzen Hamburg, Straßenbaumkataster Hamburg
Abbildung 149: eigene Darstellung
Abbildung 150: eigene Aufnahme
Abbildung 151: eigene Aufnahme
Abbildung 152: eigene Darstellung auf Grundlage von Geodaten: ALKIS Katasterkarte Kachel 127 und 128, Digitaler Grünplan / Kataster der öffentlichen Grünanlagen, Bodenversiegelung Hamburg, ALKIS Verwaltungsgrenzen Hamburg, Straßenbaumkataster Hamburg
Abbildung 153: eigene Darstellung
Abbildung 154: eigene Aufnahme
Abbildung 155: eigene Aufnahme
Abbildung 156: eigene Aufnahme
Abbildung 157: eigene Darstellung auf Grundlage von Geodaten: ALKIS Katasterkarte Kachel 127 und 128, Digitaler Grünplan / Kataster der öffentlichen Grünanlagen, Bodenversiegelung Hamburg, ALKIS Verwaltungsgrenzen Hamburg, Straßenbaumkataster Hamburg
Abbildung 158: eigene Darstellung

Abbildung 159: eigene Aufnahme
Abbildung 160: eigene Aufnahme
Abbildung 161: eigene Darstellung auf Grundlage von Geodaten: ALKIS Katasterkarte Kachel 127 und 128, Digitaler Grünplan / Kataster der öffentlichen Grünanlagen, Bodenversiegelung Hamburg, ALKIS Verwaltungsgrenzen Hamburg, Straßenbaumkataster Hamburg
Abbildung 162: eigene Darstellung
Abbildung 163: eigene Aufnahme
Abbildung 164: eigene Darstellung
Abbildung 165: eigene Darstellung
Abbildung 166: Studio NAB, online: www.archdaily.com/927238/sustainable-parking-space-for-an-eco-responsible-generation
Abbildung 167: eigene Darstellung
Abbildung 168: René Hoch, online: http://tchobanvoss.de/projekt.php?r=237
Abbildung 169: GWG der Stadt Königsbrunn, online: www.gwg-koenigsbrunn.de/index2.php?option=com_content&task=emailform&id=23&itemid=84
Abbildung 170: Wiener Umweltanwaltschaft, online: http://wua-wien.at/umwelt-und-gesundheit/luft/2144-hitze-in-der-stadt-2
Abbildung 171: Jakob Rope Systems, online: www.jakob.com/ch-de/referenzen/details/sportplatz-unterer-bruehl-st-gallen-schweiz
Abbildung 172: Emily, online: https://compositionwonderland.wordpress.com/2014/09/17/granary-square-kings-cross/
Abbildung 173: eigene Darstellung auf Grundlage von Geodaten: ALKIS Katasterkarte Kachel 127 und 128, Digitaler Grünplan / Kataster der öffentlichen Grünanlagen, Bodenversiegelung Hamburg, ALKIS Verwaltungsgrenzen Hamburg, Straßenbaumkataster Hamburg
Abbildung 174: eigene Darstellung
Abbildung 175: eigene Darstellung nach Dickhaut et al. 2019: 28f
Abbildung 176: eigene Darstellung

TABELLENQUELLEN

Tabelle 1: eigene Darstellung, nach Aßmus 2012: 10, Henninger / Weber 2020: 205
Tabelle 2: eigene Darstellung nach WHO 2002: 8, Bundesamt für Strahlenschutz 2019
Tabelle 3: eigene Darstellung nach Brown / Gillespie 1995: 49, Lenzholzer 2015: 34, Dickhaut et al. 2017: 78
Tabelle 4: eigene Darstellung nach BlueGreenStreets 2020, Dickhaut et al. 2019, Dickhaut et al. 2017, Freie und Hansestadt Hamburg o.J.b, Freie und Hansestadt Hamburg 2013
Tabelle 5: eigene Darstellung
Tabelle 6: eigene Darstellung
Tabelle 7: eigene Darstellung nach Cancer Council Victoria 2015: 14 nach ARPANSA 1997
Tabelle 8: eigene Darstellung
Tabelle 9: eigene Darstellung
Tabelle 10: eigene Darstellung
Tabelle 11: eigene Darstellung
Tabelle 12: eigene Darstellung
Tabelle 13: eigene Darstellung
Tabelle 14: eigene Darstellung
Tabelle 15: eigene Darstellung
Tabelle 16: eigene Darstellung
Tabelle 17: eigene Darstellung
Tabelle 18: eigene Darstellung
Tabelle 19: eigene Darstellung
Tabelle 20: eigene Darstellung
Tabelle 21: eigene Darstellung
Tabelle 22: eigene Darstellung
Tabelle 23: eigene Darstellung
Tabelle 24: eigene Darstellung
Tabelle 25: eigene Darstellung
Tabelle 26: eigene Darstellung
Tabelle 27: eigene Darstellung
Tabelle 28: eigene Darstellung
Tabelle 29: eigene Darstellung
Tabelle 30: eigene Darstellung
Tabelle 31: eigene Darstellung
Tabelle 32: eigene Darstellung
Tabelle 33: eigene Darstellung
Tabelle 34: eigene Darstellung
Tabelle 35: eigene Darstellung
Tabelle 36: eigene Darstellung nach Brown / Gillespie 1995: 49, Christen et al. 2017: 169, Harlaß 2008: 110, chemie.de o. J.
Tabelle 37: eigene Darstellung nach Brown / Gillespie 1995: 116, Dickhaut et al. 2019: 44, GALK 2020
Tabelle 38: eigene Darstellung

LITERATUR

Anders, M.; Breitbart, E.W.; Greinert, R.; Löpker, B. und Volkmer, B. (2012): Hautkrebserkrankungen – ein noch weit unterschätztes Gesundheitsrisiko, in: Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risikobewertung, Robert Koch-Institut, Umweltbundesamt: UMID. Umwelt und Mensch – Informationsdienst. Themenheft UV-Strahlung. Sonne aber sicher, 25-29, online: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/515/publikationen/umid0212.pdf (Letzter Aufruf: 11.03.2020)

Antoniadis, D.; Christidou, V.; Katsoulas, N.; Kittas, C. und Papanastasiou, D. (2016): Evaluation of thermal perception in schoolyards under Mediterranean climate conditions. International Journal of Biometeorology 60, 319-334. doi:10.1007/s00484-015-1027-5.

Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Prävention e.V. (2017): Ergebnispapier des Experten Workshops „Verhältnisprävention von Hautkrebs in urbanen Lebenswelten (Hamburg)“, online: https://www.unserehaut.de/download/Pressemitteilungen/2017/2017-06-12_Ergebnispapier_Workshop-Verhaeltnispraevention-von-Hautkrebs-in-urbanen-Lebenswelten.pdf (Letzter Aufruf: 05.05.2020)

Archipendium (2020): Laube, online: https://archipendium.com/architekturwissen/architektur-lexikon/laube/ (Letzter Aufruf: 23.06.2020)

Asmus, M. (2012): Wirkungen von UV-Strahlung, in: Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risikobewertung, Robert Koch-Institut und Umweltbundesamt: UMID. Umwelt und Mensch – Informationsdienst. Themenheft UV-Strahlung. Sonne aber sicher, 10-14, online: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/515/publikationen/umid0212.pdf (Letzter Aufruf: 11.03.2020)

Augustin, J.; Homeier-Bachmann, T.; Horstmann, R.; Jensen, K.; Knieling, J.; Krefis, A. C.; Krüger, A.; Quante, M.; Sandmann, H. und Strube, C. (2018): Gesundheit, in: Claußen, M.; Meinke, I. und von Storch, H. (Hrsg.), Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland. Berlin, Springer Spektrum, 173-192. doi:10.1007/978-3-662-55379-4_8

Augustin, J.; Burkart, K.; Endlicher, W.; Herrmann, A.; Jochner, S.; Koppe, C.; Menzel, A.; Mücke, H.G. und Sauerborn, R. (2017): Gesundheit, in: Brasseur, G.; Jacob, D. und Schuck-Zöller, S. (Hrsg.), Klimawandel in Deutschland. Berlin Heidelberg, Springer, 137-149. doi:10.1007/978-3-662-50397-3.

Augustin, J. (2009): Der Einfluss des Klimawandels auf die Häufigkeit von Hautkrebserkrankungen, online: https://ediss.uni-goettingen.de/handle/11858/00-1735-0000-0006-B2E5-5 (Letzter Aufruf: 17.03.2020)

Augustin, J.; Franzke, N.; Augustin, M. und Ka, M. (2008): Beeinflusst der Klimawandel das Auftreten von Haut- und Allergiekrankheiten in Deutschland? JDDG Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft 6, 632-639. doi:10.1111/j.1610-0387.2008.06676_supp.x.

Aynsley, R.; Moise, A.F. (1999): Ambient ultraviolet radiation levels in public shade settings. International Journal of Biometeorology 43, 128-138. doi:10.1007/s004840050128.

Bais, A.F.; Lucas, R.M.; Bornman, J.F.; Williamson, C.E.; Sulzberger, B.; Austin, A.T.; Wilson, S.R.; Andrady, A.L.; Bernhard, G.; McKenzie, R.L.; Aucamp, P.J.; Madronich, S.; Neale, R.E.; Yazar, S.; Young, A.R.; de Gruijl, F.R.; Norval, M.; Takizawa, Y.; Barnes, P.W.; Robson, T.M.; Robinson, S.A.; Ballaré, C.L.; Flint, S.D.; Neale, P.J.; Hylander, S.; Rose, K.C.; Wängberg, S.-Å.; Häder, D.-P.; Worrest, R.C.; Zepp, R.G.; Paul, N.D.; Cory, R.M.; Solomon, K.R.; Longstreth, J.; Pandey, K.K.; Redhwi, H.H.; Torikaiaj, A. und Heikkiläa, A.M. (2018): Environmental effects of ozone depletion, UV radiation and interactions with climate change: UNEP Environmental Effects Assessment Panel, update 2017. Photochemical & Photobiological Sciences 17, 127-179. doi:10.1039/c7pp90043k.

Bais, A. F.; McKenzie R. L.; Bernhard, G; Aucamp P. J.; Ilyas, M.; Madronich, S. und Tourpali, K. (2015): Ozone Depletion and Climate change: impacts on UV radiation. Photochemical & Photobiological Sciences 14, 19-52. doi:10.1039/c4pp90032d.

Bais, A.F.; Brogniez, C.; Carvalho, F.; denOuter, P.; Glandorf, M.; Gröbner, J.; Feister, U.; Henriques, D.; Kjeldstad, B.; Koskela, T.; Lakkala, K.; McKenzie, R.; Seckmeyer, G.; Siani, A.-M.; Slaper, H.; Webb, A.; Werle, P. und Wichers, C. (2008): Europe’s darker atmosphere in the UV-B. Photochemical & Photobiological Sciences 7, 925–930. doi:10.1039/b804109a.

Baldermann, C. und Lorenz, S. (2019): UV-Strahlung in Deutschland: Einflüsse des Ozonabbaus und des Klimawandels sowie Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung. Bundesgesundheitsblatt 5, 639-645. doi:10.1007/s00103-019-03001-0.

Beauchet, A.; Corrêa, M.P.; Godin-Beekmann, S.; Haeffelin, M.; Jégou, F.; Mahé, E. und Saiag, P. (2012): Evaluation of tourists’ UV exposure in Paris. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology 27 (3), 294-304. doi:10.1111/j.1468-3083.2012.04637.x.

Bechtel, B.; Boettcher, M.; Buchholz, S.; Grawe, D.; Heinke Schlünzen, K.; Hoffmann, P.; Petrik, R.; Riecke, W.; Schoetter, R.; Trusilova, K. und Wiesner, S. (2018): Stadtklima in Hamburg, in: Claußen, M.; Meinke, I. und von Storch, H. (Hrsg.), Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland. Berlin, Springer Spektrum, 37-53. doi:10.1007/978-3-662-55379-4_3

Behin Ha (2019): Living Pavilion v1, online: http://www.behinha.com/living-pavilion-v1 (Letzter Aufruf: 23.06.2020)

Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 3, online: https://www.hamburg.de/contentblob/958294/e819bf24c28ff724ca3a478d7236e550/data/begruendung-zum-bebauungsplan-hafencity-3.pdf (Letzter Aufruf: 30.06.2020)

Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 6, online: http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan_begr/HafenCity6.pdf (Letzter Aufruf: 30.06.2020)

Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 7, online: http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan_begr/HafenCity7.pdf (Letzter Aufruf: 30.06.2020)

Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 10, online: https://www.hamburg.de/contentblob/13727422/ba77eb626be80dff3c530e66f593d963/data/begruendung-auslegefassung-2020.pdf (Letzter Aufruf: 30.06.2020)

Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 11, online: https://www.hafencity.com/upload/files/listitems/2_Begruendung_HC11_Auslegung.pdf (Letzter Aufruf: 30.06.2020)

Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 15, online: http://archiv.transparenz.hamburg.de/hmbtgarchive/HMDK/hafencity15_24120_snap_1.PDF (Letzter Aufruf: 30.06.2020)

Begründung zum Bebauungsplan Hamburg-Altstadt 32 / HafenCity 1, online: http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan_begr/Hamburg-Altstadt32-HafenCity1.pdf (Letzter Aufruf: 30.06.2020)

Begründung zum Bebauungsplan Hamburg-Altstadt 34 / HafenCity 2, online: http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan_begr/Hamburg-Altstadt34-HafenCity2.pdf (Letzter Aufruf: 30.06.2020)

Begründung zum Bebauungsplan Hamburg-Altstadt 39 / HafenCity 5, online: http://daten-hamburg.de/infrastruktur_bauen_wohnen/bebauungsplaene/pdfs/bplan_begr/Hamburg-Altstadt39-HafenCity5.pdf (Letzter Aufruf: 30.06.2020)

Bekki, S. und Bodeker, G.E. (Koordinierende Hauptautoren); Bais, A.F.; Butchart, N.; Eyring, V.; Fahey, D.W.; Kinnison, D.E.; Langematz, U.; Mayer, B.; Portmann, R.W.; Rozanov, E. und Kubin, A. (Hauptautoren); Braesicke, P.; Charlton-Perez, A.J.; Chubarova, N.E.; Cionni, I.; Diaz, S.B.; Gillett, N.P.; Giorgetta, M.A.; Komala, N.; Lefèvre, F.; McLandress, C.; Perlwitz, J.; Peter, T. und Shibata, K. (2011): Chapter 3. Future Ozone and Its Impact on Surface UV, in: World Meteorological Organization (Hrsg.), Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010, Global Ozone Research and Monitoring Project–Report 52, 228-291, online: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=7311 (Letzter Aufruf: 04.03.2020)

Bharath, A.K. und Turner, R.J. (2009): Impact of climate change on skin cancer. Journal of the Royal Society of Medicine 102, 215-218. doi:10.1258/jrsm.2009.080261.

BlueGreenStreets (Hrsg.) (2020): BlueGreenStreets als multicodierte Strategie zur Klimafolgenanpassung–Wissenstand 2020. Im Rahmen der BMBF Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft“ (RES:Z), online: https://edoc.sub.uni-hamburg.de/hcu/volltexte/2020/529/pdf/BGS_2020_BlueGreenStreets_als_multicodierte_Strategie_zur_Klimafolgenanpassung_Wissensstand_2020.pdf (Letzter Aufruf: 22.07.2020)

Böhme, C. und Stender, K.-P. (2015): Gesundheitsförderung und Gesunde / Soziale Stadt / Kommunalpolitische Perspektive. Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. doi:10.17623/BZGA:224-i043-1.0.

Breuste, J. (2016): Was sind die Besonderheiten des Lebensraumes Stadt und wie gehen wir mit Stadtnatur um?, in: Breuste, J.; Haase, D.; Pauleit, S. und Sauerwein, M. (Hrsg.): Stadtökosysteme. Funktion, Management und Entwicklung, 85-128. doi:10.1007/978-3-642-55434-6_4.

Brown, R.D. und Gillespie, T.J. (1995): Microclimatic Landscape Design. Creating Thermal Comfort and Energy Efficiency. New York, John Wiley & Sons, Inc.

Buller, D.B.; Buller, M.K.; Chamberlain, J.A.; Dobbinson, S.; Simmons, J.; Wakefield, M. (2017): Shade Sails and Passive Recreation in Public Parks of Melbourne and Denver: a Randomized Intervention. American Journal of Public Health 107 (12). 1869-1875. doi:10.2105/AJPH.2017.304071.

Bundesamt für Strahlenschutz (2020a): Geoportal, online: https://www.imis.bfs.de/geoportal/ (Letzter Aufruf: 11.08.2020)

Bundesamt für Strahlenschutz (2020b): Ressortforschung, online: https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/ressortforschung/ressortforschung_node.html (Letzter Aufruf: 14.09.2020)

Bundesamt für Strahlenschutz (2019a): Was ist UV-Strahlung?, online: https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/einfuehrung/einfuehrung_node.html (Letzter Aufruf: 11.02.2020)

Bundesamt für Strahlenschutz (2019b): Was ist der UV-Index?, online: https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/einfuehrung/einfuehrung.html (Letzter Aufruf: 11.02.2020)

Bundesamt für Strahlenschutz (2019c): Was ist das UV-Messnetz?, online: https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/uv-index/uv-messnetz/uv-messnetz_node.html (Letzter Aufruf: 03.04.2020)

Bundesamt für Strahlenschutz (2017): Strahlenschutz konkret. Sonne und Sonnenschutz, online: https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/opt/strko-sonne-und-sonnenschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=10 (Letzter Aufruf: 24.03.2020)

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2019): Stadtklimalotse, online: http://plan-risk-consult.de/stadtklimalotse/ (Letzter Aufruf: 15.09.2020)

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2015): Die Innenstadt und ihre öffentlichen Räume. Erkenntnisse aus Klein- und Mittelstädten. urn:nbn:de:101:1-201603093654.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015): Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. Grünbuch Stadtgrün, online: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/BMUB/VerschiedeneThemen/2015/gruenbuch-2015-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Letzter Aufruf: 06.05.2020)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2020): KLiVO, online: https://www.klivoportal.de/DE/Home/home_node.html (Letzter Aufruf: 24.09.2020)

Burbulla, J. (2011): Schatten spendende Kleinbauten in Gartenkunst und Landschaftsarchitektur, in: Gaß, S. und Petschek, P. (Hrsg.), Schatten konstruieren. Pergolen, Pavillons, Zelte, Seile und Pflanzen. Basel, Birkhäuser, 44-49.

Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg (2015): Drucksache 21/252. Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft. Hamburger Klimaplan, online: https://www.hamburg.de/contentblob/4658414/b246fbfbbf1149184431706972709508/data/d-21-2521-hamburger-klimaplan.pdf (Letzter Aufruf: 24.09.2020)

Cancer Council Victoria (2020): Shade comparison check, online: https://www.sunsmart.com.au/shade-audit/ (Letzter Aufruf: 23.09.2020)

Cancer Council Victoria (2015): Shade Guidelines, online: https://www.sunsmart.com.au/downloads/resources/brochures/shade-guidelines.pdf (Letzter Aufruf: 13.05.2020)

Capellaro, M. und Sturm, D. (2015): Evaluation von Informationssystemen zu Klimawandel und Gesundheit Band 1: Anpassung an den Klimawandel: Evaluation bestehender nationaler Informationssysteme (UVIndex, Hitzewarnsystem, Pollenflug- und Ozonvorhersage) aus gesundheitlicher Sicht – Wie erreichen wir die empfindlichen Bevölkerungsgruppen? Umwelt & Gesundheit 3, online: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umwelt_und_gesundheit_03_2015_evaluation_von_informationssystemen_band_1_0.pdf (Letzter Aufruf: 25.03.2020)

chemie.de (o. J.): Liste der spezifischen Wärmekapazitäten, online: https://www.chemie.de/lexikon/Liste_der_spezifischen_W%C3%A4rmekapazit%C3%A4ten.html (Letzter Aufruf: 15.09.2020)

Christen, A.; Mills, G.; Oke, T.R.; Voogt, J.A. (2017): Urban Climates. Cambridge, Cambridge University Press.

Claußen, M.; Meinke, I. und von Storch, H. (2018): Einleitung und Zusammenfassung, in: Claußen, M.; Meinke, I. und von Storch, H. (Hrsg.), Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland. Berlin, Springer Spektrum, 1-12. doi:10.1007/978-3-662-55379-4_1

Cox, M.; De Haas, T.; Gijsbers, R.; Pronk, A.; Vrouw, I. und Weijers, J. (2013): Sonnenschutz, in: Motro, René (Hrsg.), Flexible Verbundmaterialien. In Architektur, Bauwesen und Innenarchitektur. Basel, Birkhäuser, 70-85.

Daschkeit, A. und Renken, A.L. (2009): Klimaänderung und Klimafolgen in Hamburg. Fachlicher Orientierungsrahmen, online: https://www.hamburg.de/contentblob/4434742/7c76e9c6509b9ca39cb4f8f3aff20805/data/d-orientierungsrahmen-klimawandel-in-hamburg.pdf (Letzter Aufruf: 08.04.2020)

Das UV-Schutz-Bündnis (2017): Vorbeugung gesundheitlicher Schäden durch die Sonne – Verhältnisprävention in der Stadt und auf dem Land. Grundsatzpapier. Bundesgesundheitsblatt 60, 1153-1160. doi:10.1007/s00103-017-2619-5.

De Bock, F.; Geene, R.; Hoffmann, W. und Stang, A. (2017): Vorrang für Verhältnisprävention. Handreichung aus der Steuerungsgruppe des Zukunftsforums Public Health für alle mit Prävention in Praxis und Politik befassten Akteure, online: https://zukunftsforum-public-health.de/wp-content/uploads/2018/08/Vorrang-fuer-Verhaeltnispraevention.pdf (Letzter Aufruf: 29.04.2020)

De Giuli, I. und Ferrari, R. (2013): Flexible Verbundmaterialien: Herstellung und neue Nutzungen eines polymorphen Materials, in: Motro, R. (Hrsg.), Flexible Verbundmaterialien. In Architektur, Bauwesen und Innenarchitektur. Basel, Birkhäuser, 8-24.

De Gruijl, F.R.; Piacentini, R.D. und van der Leun, J.C. (2008): Climate change and human skin cancer. Photochemical & Photobiological Sciences 7, 730-733. doi:10.1039/B719302E.

Deutscher Wetterdienst (2020): UV-Gefahrenindex, online: https://www.dwd.de/DE/leistungen/gefahrenindizesuvi/gefahrenindexuvi.html (Letzter Aufruf: 03.04.2020)

Deutscher Wetterdienst (2015a): UV-Wirkung auf den Organismus und UV-Strahlung in der Atmosphäre, online: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/ku_beratung/gesundheit/uv/download/uvi_kurz.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (Letzter Aufruf: 10.03.2020)

Deutscher Wetterdienst (2015b): UV in der Atmosphäre und UV-Wirkung auf den Organismus, online: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/ku_beratung/gesundheit/uv/download/uvi_lang.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (Letzter Aufruf: 11.03.2020)

Deutscher Wetterdienst (o.J.a): Blattflächenindex, online: https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=100310&lv3=641078 (Letzter Aufruf: 29.05.2020)

Deutscher Wetterdienst (o.J.b): Gesamtbedeckungsgrad, online: https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=100932&lv3=101016 (Letzter Aufruf: 12.08.2020)

Dickhaut, W.; Doobe, G.; Eschenbach, A.; Fellmer, M.; Gerstner, J.; Gröngröft, A.; Jensen, K.; Lauer, J.; Reisdorff, C.; Sandner, A.; Titel, S.; Wagner, A. und Winkelmann, A. (2019): Entwicklungskonzept Stadtbäume. Anpassungsstrategien an sich verändernde urbane und klimatische Rahmenbedingungen online: https://www.hamburg.de/contentblob/12419454/a8a38d10a4b49951dfa50b2d3d96ef16/data/d-endbericht.pdf (Letzter Aufruf: 13.04.2020)

Dickhaut, W.; Dietrich, U.; Kruse, E.; Rodríguez Castillejos, Z. und Steinke, W. (2017): Überflutungs- und Hitzevorsorge in Hamburger Stadtquartieren, online: https://edoc.sub.uni-hamburg.de/hcu/volltexte/2017/365/pdf/Wissensdokument_KLIQ_Ueberflutungs_und_Hitzevorsorge.pdf (Letzter Aufruf: 13.05.2020)

Die Bundesregierung (2015): Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, online: https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (Letzter Aufruf: 15.09.2020)

Die Bundesregierung (2011): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 31. August 2011 beschlossen, online: https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aktionsplan_anpassung_klimawandel_bf.pdf (Letzter Aufruf: 24.09.2020)

Die Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen, online: https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/das_gesamt_bf.pdf (Letzter Aufruf: 24.09.2020)

Diercke Weltatlas (2008): Diercke Weltatlas 2: für Schleswig-Holstein und Hamburg. Braunschweig, Westermann Schulbuch.

Douglass, A. und Fioletov, V. (Koordinierende Hauptautoren); Godin-Beekmann, S.; Müller, R.; Stolarski, R. und Webb, A. (Hauptautoren); Arola, A.; Burkholder, J.B.; Burrows, J.P.; Chipperfield, M.P.; Cordero, R.; David, C.; den Outer, P.N.; Diaz, S.B.; Flynn, L.E.; Heglin, M.; Herman, J.R.; Huck, P.; Janjai, S.; Jánosi, I.M.; Krzyścin, J.W.; Liu, Y.; Logan, J.; Matthes, K.; McKenzie, R.L.; Muthama, N.J.; Petropavlovskikh, I.; Pitts, M.; Ramachandran, S.; Rex, M.; Salawitch, R.J.; Sinnhuber, B.-M.; Staehelin, J.; Strahan, S.; Tourpali, K.; Valverde-Canossa, J. und Vigouroux, C. (2011): Chapter 2. Stratospheric Ozone and Surface Ultraviolet Radiation, in: World Meteorological Organization (Hrsg.), Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010, Global Ozone Research and Monitoring Project–Report 52, 148-227, online: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=7311 (Letzter Aufruf: 04.03.2020)

Endlicher, W. (2011): Zusammensetzung und Aufbau der Atmosphäre, in: Gebhardt, H., Glaser, R., Radtke, U. und Reuber, P. (Hrsg.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. Wiesbaden, Spektrum, 236-239.

Errel, E.; Pearlmutter, D. und Williamson, T. (2011): Urban Microclimate. Designing the Spaces Between Buildings. London, Earthscan.

Esser, E.; Hill, P.B.; Schnell, R. (2011): Methoden der empirischen Sozialforschung. München, Oldenbourger Wissenschaftsverlag.

Fierz, M. (2011): Seile in der Landschaftsarchitektur am Beispiel des MFO-Parks, in: Gaß, S. und Petschek, P. (Hrsg.), Schatten konstruieren. Pergolen, Pavillons, Zelte, Seile und Pflanzen. Basel, Birkhäuser, 50-53.

Flannery, J.A. und Smith, K.M. (2008): Urban Landscape Design. Leeds, teNeues.

Franke, A. (2015): Salutogenetische Perspektive. Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. doi:10.17623/BZGA:224-i104-1.0.

Franzkowski, P. (2018): Prävention und Krankheitsprävention. Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. doi:10.17623/BZGA:224-i091-2.0.

Freie und Hansestadt Hamburg (2020a): Wandsbek – Gutes Klima. Maßnahmenkatalog. Teil 2, online: https://www.hamburg.de/contentblob/14126570/24eeb3ac1bc97e36066ea08120628526/data/pdf-klimaschutzkonzept-teil-2-massnahmenkatalog.pdf (Letzter Aufruf: 23.09.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg (2020b): Der Melde-Michel, online: https://www.hamburg.de/melde-michel/ (Letzter Aufruf: 23.09.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg (2019): Biotopkartierung Hamburg. Kartieranleitung und Biotoptypenschlüssel. 3. überarbeitete Auflage 2019, online: https://www.hamburg.de/contentblob/1159602/a741f2913eecdb81cd231ecb99745283/data/download-kartieranleitung-biotoptypenschluessel-10-2019.pdf;jsessionid=83470435CF78456488409D10774CD4AD.liveWorker2 (Letzter Aufruf: 06.05.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg (2018): Analyse der klimaökologischen Funktionen und Prozesse für die Freie und Hansestadt Hamburg. Aktualisierte Klimaanalyse 2017 – Dokumentation, online: https://www.hamburg.de/contentblob/12360294/e9aa325cb135d94e962630c74524c627/data/d-dokumentation-klimaanalyse-2017.pdf (Letzter Aufruf: 23.04.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg (2016): Stadtbäume. Hamburgs Straßenbäume, online: https://www.hamburg.de/hamburgs-stadtbaeume/6125908/hamburgs-strassenbaeume-ein-privileg/ (Letzter Aufruf: 02.06.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg (2013): Mein Baum – Meine Stadt: Die Kampagne, online: https://www.hamburg.de/mein-baum-meine-stadt/4127930/hintergrund/ (Letzter Aufruf: 22.07.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg (o.J.a): Bodenversiegelung. Versiegelungskarten 1984, 1999, 2012 und 2017, online: https://www.hamburg.de/boden/135300/versiegelung/ (Letzter Aufruf: 23.04.2020)

Freie und Hansestadt Hamburg (o.J.b): Grünes Netz Hamburg. Auf grünen Wegen durch die Stadt, online: https://www.hamburg.de/gruenes-netz/3939882/auf-gruenen-wegen-artikel/# (Letzter Aufruf: 22.07.2020)

LITERATUR

Frey, W. und Lösch, R. (2010): Geobotanik. Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit. doi:10.1007/978-3-8274-2336-8.

GALK e.V. Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz (2020): Straßenbaumliste, online: https://www.galk.de/arbeitskreise/stadtbaeume/themenuebersicht/strassenbaumliste/galk-strassenbaumliste (Letzter Aufruf: 05.06.2020)

Gaß, S. (2011): Schattenzelte. Entwurf und Konstruktion leichter textiler Flächentragwerke, in: Gaß, S. und Petschek, P. (Hrsg.), Schatten konstruieren. Pergolen, Pavillons, Zelte, Seile und Pflanzen. Basel, Birkhäuser, 58-71.

Gaß, S. und Petschek, P. (2011): Projekte, in: Gaß, S. und Petschek, P. (Hrsg.), Schatten konstruieren. Pergolen, Pavillons, Zelte, Seile und Pflanzen. Basel, Birkhäuser, 122-244.

Geoportal der Freien und Hansestadt Hamburg (2020): Geodaten zu Plätzen und Spielplätzen, online: https://geoportal-hamburg.de/geo-online/ (Letzter Aufruf: 03.09.2020)

Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. (2020): Atlas der Krebsinzidenz und –mortalität in Deutschland (GEKID-Atlas), online: http://www.gekid.de (Letzter Aufruf: 13.03.2020)

Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. und Robert-Koch-Institut (Hrsg.) (2019): Krebs in Deutschland für 2015/2016. doi:10.25646/5977.

Gesetz zur Stärkung der Gesundheitsförderung und der Prävention (Präventionsgesetz – PrävG) vom 17. Juli 2015 zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 16. Juli 2015 (BGBl. IS. 1211) geändert.

Gies, P. und Mackay, C. (2004): Measurements of the Solar UVR Protection Provided by Shade Structures in New Zealand Primary Schools. Photochemistry and Photobiology 80, 334-339. doi:10.1111/j.1751-1097.2004.tb00092.x.

Greenwood, J.S.; Soulos, G.P. und Thomas, N.D. (1998): Under cover: Guidelines for shade planning and design, online: https://cancernz.org.nz/assets/Sunsmart/Sunsmart-resources/Guidelines-Under-Cover.pdf (Letzter Aufruf: 26.05.2020)

HafenCity Hamburg GmbH (2020): Daten und Fakten. Wichtige Informationen zur HafenCity, online: https://www.hafencity.com/upload/files/files/200214a_HC_FaltblattKompakt_DE_digital.pdf (Letzter Aufruf: 23.04.2020)

HafenCity Hamburg GmbH (2019a): Konzept Städtebau, online: https://www.hafencity.com/upload/files/files/Staedtebaukonzept___HafenCity.pdf.pdf (Letzter Aufruf: 30.06.2020)

HafenCity Hamburg GmbH (2019b): Gestaltungsregeln für Erdgeschosslagen mit publikumsbezogener Ausrichtung, online: https://www.hafencity.com/upload/files/files/HC_Gestaltungsregeln_EG_2019_Digital.pdf (Letzter Aufruf: 30.06.2020)

HafenCity Hamburg GmbH (2017): Themen Quartiere Projekte. Hamburg, HafenCity Hamburg GmbH.

Hamburgische Bauordnung (HBauO) vom 14. Dezember 2005 zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 20. Februar 2020 (HmbGVBl. S. 148, 155).

Hartung, S. und Rosenbrock, R. (2015): Settingansatz / Lebensweltansatz. Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. doi:10.17623/BZGA:224-i106-1.0.

Hauri, A.M. und Uphoff, H. (2005): Auswirkungen einer prognostizierten Klimaänderung auf Belange des Gesundheitsschutzes in Hessen, online: https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/klima/inklim/endberichte/gesundheit.pdf (Letzter Aufruf: 27.03.2020)

Heisler, G.M. (2010): Urban Forest Influences on Exposure to UV Radiation and Potential Consequences for Human Health, in: Gao, W.; Slusser, J.R. und Schmoldt D.L. (Hrsg.), UV Radiation in Global Climate Change Measurements, Modeling and Effects on Ecosystems, 331-369. doi:10.1007/978-3-642-03313-1.

Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung (2020): Norddeutscher Klimamonitor, online: https://www.norddeutscher-klimamonitor.de/ (Letzter Aufruf: 08.04.2020)

Henninger, S. und Weber, S. (2020): Stadtklima. Paderborn, Ferdinand Schöningh.

Hochschule für angewandte Wissenschaften (2020a): Durchschnittliche Wetterdaten der letzten 12 Monate, online: https://wetter.ls.haw-hamburg.de/Wetterstatistik.html (Letzter Aufruf: 30.06.2020)

Hochschule für angewandte Wissenschaften (2020b): Durchschnittliche Windgeschwindigkeit, online: https://wetter.ls.haw-hamburg.de/windgeschwindigkeit-statistik.html (Letzter Aufruf: 30.06.2020)

Hoffmann, P.; Riecke, W.; G. Rosenhagen und Schlünzen, K.H. (2010): Long-term changes and regional differences in temperature and precipitation in the metropolitan area of Hamburg. International Journal of Climatology 30, 1121-1136. doi:10.1002/joc.1968.

Holman, D.M.; Maguire-Eisen und M, Watson, M. (2017): Ultraviolet Radiation Exposure and Its Impact on Skin Cancer Risk, online: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5036351/ (Letzter Aufruf: 13.03.2020)

Hurrelman, K.; Kotz, T.; Richter, M. und Stock, S. (2018): Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung, in: Hurrelman, K.; Kotz, T.; Richter, M. und Stock, S. (Hrsg.), Referenzwerk Prävention und Gesundheitsförderung. Grundlagen, Konzepte und Umsetzungsstrategie 5, 23-33. doi:10.1024/85590-000.

Kimlin, M.G.; Parisi, A.V.; Wilson, M und Wong, J.C.F. (2000): Diffuse component of solar ultraviolet radiation in tree shade. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 54. 116-120. doi:10.1016/S1011-1344(00)00003-8.

Knuschke, P.; Ott, G. und Janßen, M., (2016): Schutz vor solarer UV-Strahlung – Eine Auswahl von Präventionsmaßnahmen. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 1. doi:10.21934/baua:fokus20160719

Knuschke, P.; Unverricht, I.; Ott, G. und Janßen, M. (2007): Personenbezogene Messung der UV-Exposition von Arbeitnehmern im Freien, online: https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/F1777.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Letzter Aufruf: 04.03.2020)

Koch, W. (1988): Baustilkunde. Ein Standardwerk der europäischen Baukunst von der Antike bis zur Gegenwart. München, Orbis.

Kuttler, W. (2013): Klimatologie, 2. Auflage. Paderborn, Ferdinand Schöningh.

Landkreis Ostallgäu (o.J.): Lage und Verschattung, online: https://leitfaden-bauleitplanung.ostallgaeu.de/index.php?id=1974 (Letzter Aufruf: 13.05.2020)

Laue, H. M. (2019): Klimagerechte Landschaftsarchitektur: Handbuch zum Umgang mit Elementen und Faktoren des Klimas im Freiraum. Berlin Hannover, Patzer Verlag.

Leitlinienprogramm Onkologie (Deutsche Krebsgesellschaft, Deutsche Krebshilfe und AWMF (Hrsg.)) (2019): S3-Leitlinie Prävention von Hautkrebs, Langversion 1.1. Entwurfsfassung für die Konsensuskonferenz am 14./15.11.2019.

Leitlinienprogramm Onkologie (Deutsche Krebsgesellschaft, Deutsche Krebshilfe, AWMF (Hrsg.)) (2014a): S3-Leitlinie Prävention von Hautkrebs, Langversion 1.1, 2014, AWMF Registernummer: 032/052OL, online: http://leitlinienprogramm-onkologie.de/Leitlinien.7.0.html (Letzter Aufruf: 05.05.2020)

Leitlinienprogramm Onkologie (Deutsche Krebsgesellschaft, Deutsche Krebshilfe, AWMF (Hrsg.)) (2014b): Evidenztabellen zur S3-Leitlinie Prävention von Hautkrebs, Version 1.1, 2014, AWMF Registernummer: 032/052OL, online: http://leitlinienprogramm-onkologie.de/Leitlinien.7.0.html (Letzter Aufruf: 05.05.2020)

Lenzholzer, S. (2015): Weather in the City. How Design Shapes the Urban Climate. Rotterdam, nai010 publishers.

Liesecke, H.-J. (2011): Pergolen: Funktionen, Formen und konstruktive Elemente, in: Gaß, S. und Petschek, P. (Hrsg.), Schatten konstruieren. Pergolen, Pavillons, Zelte, Seile und Pflanzen. Basel, Birkhäuser, 22-43.

MacKeith, M.A. (1983): History and Conservation of Shopping Arcades, online: https://era.ed.ac.uk/handle/1842/28487?show=full (Letzter Aufruf: 23.06.2020)

Maneke, M.; Meinke, I.; Riecke, W. und Tinz, B. (2014): Norddeutscher Klimamonitor – Klimazustand und Klimaentwicklung in Norddeutschland innerhalb der letzten 60 Jahre (1951-2010). Mitteilungen der deutschen Meteorologischen Gesellschaft 1, online: https://www.dmg-ev.de/wp-content/uploads/2016/06/Norddeutscher_Klimamonitor.pdf (Letzter Aufruf: 08.04.2020)

Maschwesky, W. und Rosenbock, R. (1998): Präventionspolitische Bewertungskontroversen im Bereich Umwelt und Gesundheit, online: https://www.econstor.eu/handle/10419/47429 (Letzter Aufruf: 29.04.2020)

Maurin, B. und Motro, R. (2013): Textile Architektur, in: Motro, R. (Hrsg.), Flexible Verbundmaterialien. In Architektur, Bauwesen und Innenarchitektur. Basel, Birkhäuser, 26-38.

Mertens, E. (1997): Das Bioklima städtischer Baustrukturen. Eine Analyse- und Bewertungsmethode für den gesundheitsorientierten Städtebau. Berlin, Köhler Verlag.

Metropolregion Hamburg (2018): Bevölkerungsstand und Bevölkerungsdichte 2013-2017, online: https://metropolregion.hamburg.de/service/statistikportal/4436896/bevoelkerungsstand-und-bevoelkerungsdichte/ (Letzter Aufruf: 08.04.2020)

Motro, R. (Hrsg.) (2013): Fallstudien Sonnenschutz, in: Motro, R. (Hrsg.), Flexible Verbundmaterialien. In Architektur, Bauwesen und Innenarchitektur. Basel, Birkhäuser, 185-208.

Mücke, H.-G.; Straff, W.; Baeker, R.; Baldermann, C.; Braubach, A.; Litvinovitch, J.; Matzarakis, A.; Petzold, G.; Rexroth, U.; Schroth, S. und Stutzinger-Schwarz, N. (2017): Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit. Bundesgesundheitsblatt 60, 662-672. doi.org/10.1007/s00103-017-2554-5

Nationale Präventionskonferenz (2018): Bundesrahmenempfehlungen nach § 20d Abs. 3 SGB V, online: https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/P/Praeventionsgesetz/BRE_Fassung_vom_29.08.2018.pdf (Letzter Aufruf: 05.05.2020)

Neroth, G. (2011): Grundlagen, in: Neroth, G.; Vollenschaar, D. (Hrsg.): Wendehorst Baustoffkunde. Grundlagen – Baustoffe – Oberflächenschutz. 27. Auflage, 1-100. doi:10.1007/978-3-8348-9919-4.

Norddeutscher Rundfunk (2020): Mehr Schatten zur Krebsvorsorge, online: https://www.instagram.com/p/CD6GWOHC2D7/?igshid=47i8yz6z33m3 (Letzter Aufruf: 28.09.2020)

Pauleit, S. (2016): Welche Beziehungen bestehen zwischen der räumlichen Stadtstruktur und den ökologischen Eigenschaften der Stadt?, in: Breuste, J.; Haase, D.; Pauleit, S. und Sauerwein, M. (Hrsg.): Stadtökosysteme. Funktion, Management und Entwicklung, 31-60. doi:10.1007/978-3-642-55434-6_2.

Petschek, P. (2011): Pflanzen – Schatten, in: Gaß, S. und Petschek, P. (Hrsg.), Schatten konstruieren. Pergolen, Pavillons, Zelte, Seile und Pflanzen. Basel, Birkhäuser, 8-11.

Reicher, C. (2016): Städtebauliches Entwerfen. 4. Auflage. doi:10.1007/978-3-658-15017-4.

Richter, G. (1981): Erschließungsfunktion von Grünelementen und Freiräumen an Stadtstraßen, in: Richter, G. (Hrsg.), Handbuch Schattengrün. Landschaftsarchitektur im städtischen Freiraum. München, BLV Verlagsgesellschaft, 44-57.

Robert Koch-Institut (Hrsg.) (2015): Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Gemeinsam getragen von RKI und Destatis. doi:10.17886/rkipubl-2015-003

Rosenbrock, R. (2008): Primärprävention – Was ist das und was soll das?, online: https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-294054 (Letzter Aufruf: 29.04.2020)

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin (2016): Stadtentwicklungsplan Klima KONKRET. Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt, online: https://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/download/klima/step_klima_konkret.pdf (Letzter Aufruf: 13.05.2020)

SL Rasch GmbH (o.J.): Courtyard. Wandelbares Beschattungsdach für die Prophetenmoschee in Medina, online: https://www.sl-rasch.com/de/projekte/courtyard/ (Letzter Aufruf: 23.06.2020)

SOLONA (2016): Segel auf dem Kiliansplatz in Heilbronn, online: https://solona-sonnensegel.de/news/kiliansplatz/ (Letzter Aufruf: 23.06.2020)

Stadt Köln (2018): Gestaltungshandbuch. Gesamtstrategie für den öffentlichen Raum der Stadt Köln, online: file:///C:/Users/user/AppData/Local/Temp/gestaltungshandbuch-04-2018.pdf (Letzter Aufruf: 23.09.2020)

Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein (2019): Statistisches Jahrbuch Hamburg 2018/2019, online: https://www.hamburg.de/contentblob/1005676/9c5c492e6dde8c4bd758cb0ccecc0c92/data/statistisches-jahrbuch-hamburg.pdf (Letzter Aufruf: 23.04.2020)

Steinmetz, M. (2014): Aktuelle solare UV-Situation in Deutschland, in: Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risikobewertung, Robert Koch-Institut, Umweltbundesamt: UMID. Umwelt und Mensch – Informationsdienst, 11-17, online: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/umid_01_2014_gesamt_0.pdf (Letzter Aufruf: 08.04.2020)

Steinmetz, M. (2009): Solare UV-Strahlung im Zeichen des erwarteten Klimawandels, in: Bundesamt für Strahlenschutz, Bundesinstitut für Risikobewertung, Robert Koch-Institut, Umweltbundesamt: UMID. Umwelt und Mensch – Informationsdienst. Klimawandel und Gesundheit, 24-28, online: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/515/publikationen/umid0309.pdf (Letzter Aufruf: 17.03.2020)

Stouhi, Dima (2019): Sustainable Parking Space for an Eco-Responsible Generation, online: https://www.archdaily.com/927238/sustainable-parking-space-for-an-eco-responsible-generation (Letzter Aufruf: 18.09.2020)

Strametz, R. (2019): Grundwissen Medizin für Nichtmediziner in Studium und Praxis. München, UVK Verlag.

Straßenbaumkataster der Freien und Hansestadt Hamburg (2020): Straßenbaumkataster Hamburg, online: http://suche.transparenz.hamburg.de/dataset/strassenbaumkataster-hamburg10?forceWeb=true (Letzter Aufruf: 30.06.2020)

Technische Universität Dresden (2015): citree. Gehölze für urbane Räume. Planungsdatenbank, online: https://citree.de/ (Letzter Aufruf: 15.09.2020)

The Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (o. J.): Sun protection using shade, online: https://www.arpansa.gov.au/understanding-radiation/radiation-sources/more-radiation-sources/sun-protection-shade (Letzter Aufruf: 26.05.2020)

Toronto Cancer Prevention Coalition (2010): Shade Guidelines, online: https://www.publichealthgreybruce.on.ca/Portals/0/Topics/FamilyHealth/Sunsense/shade_guidelines.pdf (Letzter Aufruf: 13.05.2020)

Trusilova, K. und Riecke, W. (2015): Klimauntersuchung für die Metropolregion Hamburg zur Entwicklung verschiedener meteorologischer Parameter bis zum Jahr 2050. Berichte des deutschen Wetterdienstes 247. doi:10.17169/refubium-22465

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018): World Urbanization Prospects: The 2018 Revision Data File, online: https://population.un.org/wup/Country-Profiles/ (Letzter Aufruf: 08.04.2020)

Wiener Umweltschutzabteilung (2019): Leitfaden Fassadenbegrünung, online: https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/fassadenbegruenung.html (Letzter Aufruf: 14.07.2020)

World Health Organization (2003): INTERSUN: the Global UV Project: a guide and compendium, online: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42814/9241591056.pdf?sequence=1 (Letzter Aufruf: 04.03.2020)

World Health Organization, World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme und the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (2002): Global Solar UV Index: A Practical Guide, online: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42459/9241590076.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Letzter Aufruf: 04.03.2020)

World Health Organization (1986): Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung, online: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/129534/Ottawa_Charter_G.pdf (Letzter Aufruf: 29.04.2020)

Glossar

Christen, A.; Mills, G.; Oke, T.R.; Voogt, J.A. (2017): Urban Climates. Cambridge, Cambridge University Press. / Urban Heat Island (UHI) (S. 197)

Deutscher Wetterdienst (o.J.b): Gesamtbedeckungsgrad, online: https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=100932&lv3=101016 (Letzter Aufruf: 12.08.2020) / Gesamtbedeckungsgrad

Franke, A. (2015): Salutogenetische Perspektive. Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung. doi:10.17623/BZGA:224-i104-1.0. / Pathogenese und Salutogenese

Greenwood, J.S.; Soulos, G.P. und Thomas, N.D. (1998): Under cover: Guidelines for shade planning and design, online: https://cancernz.org.nz/assets/Sunsmart/Sunsmart-resources/Guidelines-Under-Cover.pdf (Letzter Aufruf: 26.05.2020) / Energiegehalt (S. 38)

Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung (2020): Norddeutscher Klimamonitor, online: https://www.norddeutscher-klimamonitor.de/ (Letzter Aufruf: 08.04.2020) / Heiße Tage / Sommertage / Thermische Vegetationsperiode / Vegetationsbeginn / Vegetationsende

Henninger, S. und Weber, S. (2020): Stadtklima. Paderborn, Ferdinand Schöningh. Oberflächenrauigkeit (S. 39) / Spezifische Wärmekapazität (S. 68)

Laue, H. M. (2019): Klimagerechte Landschaftsarchitektur: Handbuch zum Umgang mit Elementen und Faktoren des Klimas im Freiraum. Berlin Hannover, Patzer Verlag. / Evapotranspiration (S. 31) / Klimatop (S. 55) / Klimafaktor (S. 34) / Klimaelement (S. 26) / Thermische Behaglichkeit (S. 67)

Wehner, L. (2010): Wir Kartographen. Studienbuch_p2p. Bamberg, perpetuum publishing. / Geographisch Nord (S. 56)

ANHANG

ERGEBNISPROTOKOLL

Telefonkonferenz 19.03.2020

Teilnehmende

- Frau Dr. Inga-Marie Hübner (ADP e.V.)
- Herr Prof. Dr. Eckhard W. Breitbart (ADP e.V. und Bundesamt für Strahlenschutz)
- Frau Henriette Bunde (ADP e.V.)
- Frau Yvonne de Buhr (ADP e.V.)
- Herr Dr. Thomas Prill (HCU)
- Frau Ilka Bürling (HCU)

Zusammenfassung

Sehr neues Thema: Ziel der Telefonkonferenz ist, wie geht man überhaupt vor, insbesondere in der Thesis
Herr Prof. Dr. Breitbart: gibt verschiedene Zielgrößen an

- Grundlage sind die nationalen Gesundheitsziele, der Präventionsansatz und die Lebenswelten
- Trotz der sich ändernden klimatischen Bedingungen soll man gesund aufwachsen, leben und alt werden können
    - o Es gibt eine eindeutige Bedrohung insbesondere durch Hitze und UV-Strahlung
    - o Schwerpunkt ist das Klimaelement UV-Strahlung
- gesundes Aufwachsen insbes. in Kindheit und Jugend wichtig, da hier die Hautkrebsgefahr durch übermäßige Sonnenexposition und Sonnenbrand, besonders hoch ist für die Zukunft
    - o alltägliche Räume wie Kita, Spielplätze, Schulen und die Wege dahin wichtig

- Für die ADP ist das Thema genauso neu
- Themen wurden in der Architektur und Stadtplanung bisher vernachlässigt
    - o Großer Handlungsbedarf
- Wie kann das Thema in Stadtplanung implementiert und aufgebaut werden?

Messung / Erhebung

- Schwerpunkt der Thesis wird auf UV-Messung liegen
- Messgerät misst tagesabhängige UV-Belastung in Erythemstärke
- Ob diffuse Strahlung messbar ist, ist noch nicht klar
- Berechnung notwendig, um Belastung von Haut und Auge zu ermitteln
- Einführung / Unterstützung bei Messung durch versch. Kontaktpersonen
- Messung soll an mehreren Standorten erfolgen
    - o Auswahl der Messstandorte soll sinnvolle Heterogenität aufweisen (um dies auf möglichst viele typische Situationen in Städten übertragen zu können)
    - o z.B. Hafen, Elbstrand, Mönckebergstraße, HafenCity, Fußgängerampel, Park mit Wasserfläche
    - o Ggf. eine Kategorisierung der unterschiedlichen räumlichen Settings vornehmen (z.B. Situation mit Verschattung / viel Asphalt / Bäume etc.)
- Ein Messzeitpunkt bzw. Messung an mehreren Tagen z.B. im Mai, aber kein Trenddesign
    - o z.B. sonniger, wolkenloser Himmel mit Lufttemperatur
- Auch wenn die Befragung wegfällt, sollen weiterführende Fragen in Bezug auf die Räume gestellt werden und im weiteren Forschungsbedarf erfasst werden
- Grundsätzlich so wenig Befragungselement (auch Experteninterviews) wie möglich

Weiteres Vorgehen

- Rücksprache mit Herrn Papathanasiou (Ansprechpartner des Geräteherstellers), zur Einführung in das Messgerät
- Herr Prof. Dr. Breitbart hält Rücksprache mit Frau Baldermann (Bfs), um eine Abstimmung mit dem Bundesamt für Strahlenschutz vorzubereiten
    - o Unterstützung bei der Messung, Auswahl der Messstandorte (Heterogenität), Einbeziehung der Messstationen des UV-Messnetzes
- Ggf. Rücksprache mit Jobst Augustin bezgl. der Arbeitsgemeinschaft / Leitlinie in Kooperation mit dem VDI
- Frau Hübner stellt relevante Kontaktdaten zur Verfügung
- Frau Bürling fertigt kurzes Exposé für die Teilnehmenden an

EXPERTENINTERVIEW

Leitfaden und Zusammenfassung Experteninterview

Interviewerin: Ilka Bürling Datum: 27.05.2020
Befragter: Jan Bart Davidse, Leitstelle Klima, Behörde für Umwelt und Energie Hamburg

Bitte stellen Sie sich kurz vor und erklären Ihre Arbeit und Tätigkeitsbereiche in der Leitstelle Klima der Stadt Hamburg.

- Die Leitstelle Klima koordiniert die Klimapolitik des Hamburger Senats. Sie bearbeitet die inhaltliche Fortschreibung der klimapolitischen Gesamtstrategie des Senats, den Hamburger Klimaplan.
- Der Hamburger Klimaplan aus dem Jahr 2015 wurde kürzlich fortgeschrieben. Der Senatsbeschluss erfolgte im Dezember 2019. In diesem Zusammenhang wurden neue Klimaziele für Hamburg festgesetzt und geprüft inwieweit die bisherigen Zielsetzungen erreicht wurden. Ich bin dabei für die Umsetzung der dafür erforderlichen Maßnahmen sowie für die Prüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen und einer gegebenenfalls notwendigen Nachsteuerung für die Erfüllung der Klimaziele zuständig.

Ein Schwerpunkt der Leitstelle ist das Thema Hitzebelastung. Welche Projekte und Strategien verfolgen Sie derzeit in Bezug auf das Thema Hitze?

- Die Projekte und Strategien zielen insbesondere auf Hitzevorsorge ab. Das übergeordnete Ziel stellt dabei die Verringerung der Urban Heat Island dar. Die städtischen Maßnahmen und Konzepte wie zum Beispiel das Grüne Netz Hamburg oder die Landschaftsachse wirken mit Hilfe von „grünen“ Maßnahmen der städtischen Überwärmung vorsorgend entgegen.
- Ein weiterer Aspekt ist die Vorbereitung des Gesundheitswesens auf Hitzeereignisse. Dabei spielen auch Einrichtungen und Lebenswelten besonders vulnerabler Gruppen wie Kitas und Senioreneinrichtungen eine Rolle, die ebenfalls ausreichende Anpassungsmaßnahmen und Hitzevorkehrungen treffen müssen.

Spielt UV-Strahlung dabei (indirekt) eine Rolle? Falls Nein: Warum ist UV-Strahlung im Rahmen der Klimaanpassung derzeit noch nicht relevant?

- UV-Strahlung wird im Bereich Klimaanpassung derzeit noch nicht als relevantes Thema wahrgenommen. Auch auf Bundesebene ist das Thema bisher noch nicht vorrangig aufgetaucht. Hitze ist in der Wahrnehmung immer noch der dominierende Aspekt. Jedoch profitiert UV-Strahlung auch von den Hitzeanpassungsmaßnahmen wie zum Beispiel Verschattung.

Wird das Thema primäre Hautkrebsprävention in irgendeiner Form aufgegriffen?

- Nein, nicht in der Leitstelle Klima. Das Thema ist vermutlich eher in der Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz im Rahmen der Verhaltensprävention präsent.

Wird UV-Strahlung in Zukunft eine Rolle spielen?

- Ich schätze die Relevanz für das Thema in Zukunft als sehr hoch ein. Die Wahrnehmung für die Auswirkungen des Klimawandels nimmt stetig zu. Dabei spielt auch die zunehmende Anzahl an Extremereignissen eine große Rolle. Situationen der ungewollten UV-Exposition zu berücksichtigen, um einmal das Beispiel Warten an Bushaltestellen aufzugreifen, schätze ich als sehr wichtig ein.

Die Arbeit soll einen Anstoß dazu geben, das Thema in das Feld der Stadtplanung zu implementieren, um langfristig zu gesunden Lebenswelten und zu einer Vorbeugung UV-bedingter Hautkrebserkrankungen beizutragen. Was würde dazu beitragen das Thema in die Politik und Verwaltung zu integrieren?

- Es geht in erster Linie darum, die Wahrnehmung und Relevanz für das Thema zu erhöhen und im Rahmen der Anpassungsmaßnahmen darauf aufmerksam zu machen.
- Bisher wurde UV-Strahlung in der Fortschreibung des Hamburger Klimaplans nicht berücksichtigt. In diesen müsste die Anpassung an UV-Schutz als Zielsetzung formuliert werden, da dann auch ein Ratsbeschluss für die Umsetzung der Ziele und Maßnahmen vorliegen würde. Dies ist aber ein sehr langwieriger Prozess.
- Auch die Zusammenarbeit verschiedener Behörden, wie der Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen, der Behörde für Umwelt und Energie sowie der Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz, würde Möglichkeiten bieten die Wahrnehmung des Themas UV-Strahlung zu erhöhen. Das Thema könnte in der Öffentlichkeitsarbeit, in Arbeitskreisen und Workshops integriert werden, um so auch mit anderen relevanten Akteuren ins Gespräch zu kommen. Es sollte dann um Fragen gehen, was in dem Bereich gemacht werden kann und wie schlussendlich auch eine (politische) Verbindlichkeit erzielt werden kann. Die Berücksichtigung von solchen Themen und Zielsetzungen hängt aber auch immer stark von den Entwicklungen im Senat ab.

Viele Städte wie zum Beispiel Melbourne und Toronto haben bereits verschiedene Konzepte und Handlungsanleitungen, sogenannte Shade Guidelines entwickelt. Wäre dies auch eine sinnvolle Möglichkeit für Hamburg?

- Einen solchen Leitfaden könnte ich mir auch für Hamburg vorstellen.

Welche Möglichkeiten sehen Sie die Anpassungsmaßnahmen von Hitze und UV-Strahlung zu koppeln?

- Eine Kopplung der beiden Themen erachte ich als sinnvoll. Es gibt dann auch mehr Argumentationsmöglichkeiten für eine Umsetzung der Maßnahmen, da reine Anpassungsmaßnahmen an UV-Strahlung vermutlich schwierig zu integrieren wären. So könnte neben dem Gesundheitsauswirkungen von UV-Strahlung auch über den thermischen Komfort argumentiert werden.

Welche Herausforderungen sehen Sie in Bezug auf das Thema?

- Insbesondere die fehlende Wahrnehmung stellt eine der größten Herausforderungen dar. Hinzu kommt der Kostenfaktor solcher Maßnahmen. Dabei stellt sich dann die Frage wie viel eine solche Maßnahme kosten darf. Das ist immer auch eine Frage der Abwägung, vor allem wenn private Investoren beteiligt sind. Eine Abwägung der Kosten könnte dazu führen, dass doch stärker verhaltenspräventive Maßnahmen gefördert werden. Eine Kopplung der Aspekte Hitze und UV-Strahlung wäre demnach auch in Bezug auf die Kosten sinnvoll.
- In Zukunft werden vor allem weitere Forschungen in dem Bereich und die Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure enorm wichtig sein, um UV-Strahlung langfristig als Zielsetzung zu integrieren.

ERHEBUNGSBOGEN

Erhebungsbogen für die Standorttypologien

Name des Quartiers: Name des Standorts:
Raumtypologie: Datum und Uhrzeit:
Lufttemperatur (in °C): UV-Index:
Himmel und Bewölkung: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt

Räumliche Rahmenbedingungen

Lage:

H/W-Verhältnis und Gebäudeabstand:

Sky View Factor:

Bodenoberflächen und Materialien:

Vegetation, Grünflächenanteil und Wasser:

Baukonstruktive Elemente im Freiraum (Mauern, Zäune, Pergolen)/Verschattungsmaßnahmen:

Problembereiche/unverschattete Bereiche (z.B. Sitzbänke):

Gibt es Möglichkeiten für weitere Verschattung?

Angabe zu den Nutzungen

Welche (bewussten und unbewussten) Nutzungen finden statt?

Finden die Nutzungen hauptsächlich während der CPT statt?

Wie lange dauern diese Nutzungen an?

Finden diese in verschatteten oder unverschatteten Bereichen statt?

Wer sind die Hauptnutzergruppen?

Ist die Menge des Schattens für die Anzahl der Personen, die das Gelände nutzen, angemessen?

Verschattungsrelevante Bäume

LFD. NR.	BAUMART	KRONENDURCHMESSER	KRONENDICHTE*	HÖHE (in Meter)

*nach Leitfaden zur Kronendichte von Greenwood et al. (1998)

LFD. NR.	GESCHOSSE	HÖHE (in Meter)	BREITE (in Meter)	LÄNGE (in Meter)	FASSADEN-MATERIALIEN	ALBEDO (in Meter)	EMISSIONSVER-MÖGEN (in Prozent)	AUSRICHTUNG

WETTERPROTOKOLL

Name des Standortes:_____

Uhrzeit: 10:00 Uhr
Lufttemperatur (in °C):_____
Himmel und Bewölkung*: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt
Weitere Beschreibung:_____
_____
_____

Uhrzeit: 10:30 Uhr
Lufttemperatur (in °C):_____
Himmel und Bewölkung*: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt
Weitere Beschreibung:_____
_____
_____

Uhrzeit: 11:00 Uhr
Lufttemperatur (in °C):_____
Himmel und Bewölkung*: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt
Weitere Beschreibung:_____
_____
_____

Uhrzeit: 11:30 Uhr
Lufttemperatur (in °C):_____
Himmel und Bewölkung*: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt
Weitere Beschreibung:_____
_____
_____

Uhrzeit: 12:00 Uhr
Lufttemperatur (in °C):_____
Himmel und Bewölkung*: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt
Weitere Beschreibung:_____
_____
_____

Uhrzeit: 12:30 Uhr
Lufttemperatur (in °C):_____
Himmel und Bewölkung*: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt
Weitere Beschreibung:_____
_____
_____

Uhrzeit: 13:00 Uhr
Lufttemperatur (in °C):_____
Himmel und Bewölkung*: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt
Weitere Beschreibung:_____
_____
_____

Uhrzeit: 13:30 Uhr
Lufttemperatur (in °C):_____
Himmel und Bewölkung*: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt
Weitere Beschreibung:_____
_____
_____

Uhrzeit: 14:00 Uhr
Lufttemperatur (in °C):_____
Himmel und Bewölkung*: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt
Weitere Beschreibung:_____
_____
_____

Uhrzeit: 14:30 Uhr
Lufttemperatur (in °C):_____
Himmel und Bewölkung*: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt
Weitere Beschreibung:_____
_____
_____

Uhrzeit: 15:00 Uhr
Lufttemperatur (in °C):_____
Himmel und Bewölkung*: wolkenlos, sonnig / leicht bewölkt, heiter / wechselnd bewölkt
Weitere Beschreibung:_____
_____
_____

*Nach Gesamtbedeckungsgrad des DWDs (o.J.b): wolkenlos, sonnig (Gesamtbedeckungsgrad 0/8) / leicht bewölkt, heiter (Bedeckungsgrad tiefer und mittelhoher Wolken 1 bis 3/8) / wechselnd bewölkt (bei wiederholt deutlichen Änderungen des Bedeckungsgrades innerhalb des Bezugszeitraumes, z. B. bei typischem Rückseitenwetter (nach Durchzug von Kaltfronten) oder bei raschem Durchzug kleinräumiger Wolkenfelder)

SCHATTENVERLAUFSPROTOKOLL

Name des Standortes:_____

Uhrzeit: 10:00 Uhr
Schatten vorhanden: ☐ Ja ☐ Nein
Schattenlänge bei 1m:_____

ART DES SCHATTENS	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE	NUTZUNG

Uhrzeit: 10:30 Uhr
Schatten vorhanden: ☐ Ja ☐ Nein
Schattenlänge bei 1m:_____

ART DES SCHATTENS	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE	NUTZUNG

Uhrzeit: 11:00 Uhr
Schatten vorhanden: ☐ Ja ☐ Nein
Schattenlänge bei 1m:_____

ART DES SCHATTENS	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE	NUTZUNG

Uhrzeit: 11:30 Uhr
Schatten vorhanden: ☐ Ja ☐ Nein
Schattenlänge bei 1m:_____

ART DES SCHATTENS	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE	NUTZUNG

Uhrzeit: 12:00 Uhr
Schatten vorhanden: ☐ Ja ☐ Nein
Schattenlänge bei 1m:_____

ART DES SCHATTENS	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE	NUTZUNG

Uhrzeit: 12:30 Uhr
Schatten vorhanden: ☐ Ja ☐ Nein
Schattenlänge bei 1m:_____

ART DES SCHATTENS	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE	NUTZUNG

Uhrzeit: 13:00 Uhr
Schatten vorhanden: ☐ Ja ☐ Nein
Schattenlänge bei 1m:_____

ART DES SCHATTENS	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE	NUTZUNG

Uhrzeit: 13:30 Uhr
Schatten vorhanden: □ Ja □ Nein
Schattenlänge bei 1m:_____

ART DES SCHATTENS	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE	NUTZUNG

Uhrzeit: 14:00 Uhr
Schatten vorhanden: □ Ja □ Nein
Schattenlänge bei 1m:_____

ART DES SCHATTENS	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE	NUTZUNG

Uhrzeit: 14:30 Uhr
Schatten vorhanden: □ Ja □ Nein
Schattenlänge bei 1m:_____

ART DES SCHATTENS	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE	NUTZUNG

Uhrzeit: 15:00 Uhr
Schatten vorhanden: □ Ja □ Nein
Schattenlänge bei 1m:_____

ART DES SCHATTENS	LÄNGE (in Meter)	GESCHLOSSENHEIT	FORM	WEITERE VERSCHATTETE BEREICHE	NUTZUNG

ROHDATEN MESSUNGEN

Messstandort Marco-Polo-Terrassen

UTC	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*	*UTC*	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*
10:00:01	23,0	0,92	10:32:42	41,3	1,65
10:01:22	21,5	0,86	10:32:52	45,8	1,83
10:07:42	24,5	0,98	10:33:02	36,8	1,47
10:10:52	27,5	1,1	10:33:42	39,8	1,59
10:13:32	30,5	1,22	10:33:52	44,3	1,77
10:14:42	33,8	1,35	10:34:02	41,3	1,65
10:15:01	33,8	1,35	10:34:12	36,8	1,47
10:15:42	39,8	1,59	10:35:12	33,8	1,35
10:15:52	36,8	1,47	10:37:22	36,8	1,47
10:16:12	33,8	1,35	10:37:32	41,3	1,65
10:17:12	36,8	1,47	10:37:42	36,8	1,47
10:17:32	39,8	1,59	10:38:42	33,8	1,35
10:18:02	36,8	1,47	10:40:42	47,5	1,9
10:18:32	41,3	1,65	10:45:01	47,5	1,9
10:18:52	33,8	1,35	10:45:02	36,8	1,47
10:19:32	38,3	1,53	10:45:12	7,8	0,31
10:20:12	35,3	1,41	10:45:22	35,3	1,41
10:20:42	38,3	1,53	10:45:32	27,5	1,1
10:21:02	42,8	1,71	10:45:42	30,5	1,22
10:21:12	38,3	1,53	10:46:02	24,5	0,98
10:23:32	47,5	1,9	10:46:12	35,3	1,41
10:23:42	44,3	1,77	10:49:42	38,3	1,53
10:23:52	50,5	2,02	10:50:32	41,3	1,65
10:24:02	42,8	1,71	10:53:12	44,3	1,77
10:24:32	45,8	1,83	10:54:02	56,5	2,26
10:24:42	38,3	1,53	10:54:12	47,5	1,9
10:25:12	41,3	1,65	10:55:02	42,8	1,71
10:25:22	38,3	1,53	10:55:42	45,8	1,83
10:25:42	33,8	1,35	10:56:02	49,0	1,96
10:26:22	38,3	1,53	10:56:32	45,8	1,83
10:27:12	41,3	1,65	10:57:22	49,0	1,96
10:27:22	36,8	1,47	10:57:42	53,5	2,14
10:27:32	33,8	1,35	10:57:52	47,5	1,9
10:28:52	38,3	1,53	10:59:12	53,5	2,14
10:29:22	35,3	1,41	10:59:22	50,5	2,02
10:29:52	32,0	1,28	11:00:01	49,0	1,96
10:30:01	32,0	1,28	11:00:02	53,5	2,14
10:30:32	35,3	1,41	11:00:12	50,5	2,02
10:32:22	38,3	1,53	11:00:22	47,5	1,9

UTC	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*	*UTC*	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*
11:02:32	55,0	2,2	12:00:52	53,5	2,14
11:02:42	47,5	1,9	12:01:02	56,5	2,26
11:03:32	44,3	1,77	12:01:12	47,5	1,9
11:03:52	50,5	2,02	12:01:22	53,5	2,14
11:04:22	47,5	1,9	12:01:32	44,3	1,77
11:04:42	50,5	2,02	12:01:42	49,0	1,96
11:05:32	58,0	2,32	12:02:12	41,3	1,65
11:05:42	52,0	2,08	12:02:42	44,3	1,77
11:06:32	52,0	2,08	12:03:02	38,3	1,53
11:06:52	55,0	2,2	12:03:12	44,3	1,77
11:07:12	58,0	2,32	12:03:52	41,3	1,65
11:07:22	62,8	2,51	12:04:12	50,5	2,02
11:07:32	58,0	2,32	12:04:22	45,8	1,83
11:07:52	64,3	2,57	12:04:32	62,8	2,51
11:08:12	61,3	2,45	12:04:42	52,0	2,08
11:08:22	56,5	2,26	12:04:52	49,0	1,96
11:08:32	53,5	2,14	12:05:02	44,3	1,77
11:09:02	49,0	1,96	12:05:12	36,8	1,47
11:09:42	53,5	2,14	12:06:12	41,3	1,65
11:10:02	61,3	2,45	12:06:32	38,3	1,53
11:10:12	64,3	2,57	12:06:52	35,3	1,41
11:10:22	58,0	2,32	12:07:52	38,3	1,53
11:10:32	50,5	2,02	12:08:02	52,0	2,08
11:32:12	64,3	2,57	12:08:12	45,8	1,83
11:32:22	79,5	3,18	12:08:32	41,3	1,65
11:32:42	82,5	3,3	12:08:52	36,8	1,47
11:34:52	85,5	3,42	12:09:22	49,0	1,96
11:37:32	65,8	2,63	12:09:32	64,3	2,57
11:37:42	85,5	3,42	12:09:42	44,3	1,77
11:38:32	82,5	3,3	12:10:32	38,3	1,53
11:38:42	87,3	3,49	12:10:42	35,3	1,41
11:39:12	71,8	2,87	12:10:52	38,3	1,53
11:39:22	87,3	3,49	12:11:22	35,3	1,41
11:40:22	79,5	3,18	12:11:32	44,3	1,77
11:40:32	55,0	2,2	12:11:52	39,8	1,59
11:40:42	76,5	3,06	12:12:12	36,8	1,47
11:40:52	81,0	3,24	12:12:22	33,8	1,35
11:41:12	85,5	3,42	12:14:52	38,3	1,53
12:00:01	49,0	1,96	12:15:01	38,3	1,53
12:00:02	55,0	2,2	12:15:02	33,8	1,35
12:00:12	65,8	2,63	12:15:22	38,3	1,53
12:00:22	53,5	2,14	12:15:32	35,3	1,41
12:00:42	56,5	2,26	12:30:01	35,3	1,41

ANHANG

UTC	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*	*UTC*	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*	*UTC*	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*
12:31:52	64,3	2,57	13:05:32	49,0	1,96	13:18:32	35,3	1,41
12:32:02	55,0	2,2	13:05:42	62,8	2,51	13:18:52	52,0	2,08
12:32:12	61,3	2,45	13:06:02	65,8	2,63	13:19:02	45,8	1,83
12:32:22	65,8	2,63	13:06:12	61,3	2,45	13:19:12	38,3	1,53
12:32:32	47,5	1,9	13:06:32	68,8	2,75	13:19:22	41,3	1,65
12:32:42	61,3	2,45	13:07:42	64,3	2,57	13:19:32	36,8	1,47
12:32:52	65,8	2,63	13:07:52	70,3	2,81	13:19:52	39,8	1,59
12:33:12	44,3	1,77	13:08:22	73,3	2,93	13:20:02	55,0	2,2
12:33:22	56,5	2,26	13:08:42	79,5	3,18	13:20:12	50,5	2,02
12:33:32	50,5	2,02	13:08:52	76,5	3,06	13:20:32	45,8	1,83
12:33:42	61,3	2,45	13:09:02	87,3	3,49	13:20:42	41,3	1,65
12:33:52	55,0	2,2	13:09:22	90,3	3,61	13:20:52	49,0	1,96
12:34:02	44,3	1,77	13:09:32	93,3	3,73	13:21:02	45,8	1,83
12:34:32	47,5	1,9	13:11:22	79,5	3,18	13:21:12	49,0	1,96
12:34:42	44,3	1,77	13:11:32	58,0	2,32	13:21:22	45,8	1,83
12:34:52	47,5	1,9	13:11:42	82,5	3,3	13:21:52	41,3	1,65
12:35:02	42,8	1,71	13:11:52	93,3	3,73	13:22:12	36,8	1,47
12:35:12	45,8	1,83	13:12:22	90,3	3,61	13:22:32	33,8	1,35
12:35:22	42,8	1,71	13:12:32	81,0	3,24	13:30:01	33,8	1,35
12:35:32	36,8	1,47	13:12:42	78,0	3,12	13:45:01	33,8	1,35
12:36:22	33,8	1,35	13:12:52	70,3	2,81	14:00:01	33,8	1,35
12:38:32	50,5	2,02	13:13:22	67,3	2,69	14:15:01	32,0	1,28
12:38:42	36,8	1,47	13:13:52	71,8	2,87	14:30:01	32,0	1,28
12:45:01	35,3	1,41	13:14:12	76,5	3,06	14:34:02	30,5	1,22
12:46:02	42,8	1,71	13:14:22	61,3	2,45	14:45:01	30,5	1,22
12:46:12	35,3	1,41	13:14:32	79,5	3,18	14:53:52	33,8	1,35
12:46:52	44,3	1,77	13:14:42	82,5	3,3	14:55:22	30,5	1,22
12:47:12	39,8	1,59	13:14:52	68,8	2,75	15:00:01	32,0	1,28
12:47:22	45,8	1,83	13:15:01	68,8	2,75			
12:47:32	35,3	1,41	13:15:02	64,3	2,57			
12:56:52	30,5	1,22	13:15:12	68,8	2,75			
12:57:02	35,3	1,41	13:15:32	59,5	2,38			
12:58:12	38,3	1,53	13:15:52	53,5	2,14			
12:59:52	41,3	1,65	13:16:12	58,0	2,32			
13:00:01	41,3	1,65	13:16:42	68,8	2,75			
13:01:12	35,3	1,41	13:17:02	59,5	2,38			
13:04:02	39,8	1,59	13:17:22	39,8	1,59			
13:04:22	42,8	1,71	13:17:32	36,8	1,47			
13:04:32	39,8	1,59	13:17:42	47,5	1,9			
13:04:42	42,8	1,71	13:17:52	39,8	1,59			
13:04:52	47,5	1,9	13:18:02	50,5	2,02			
13:05:02	53,5	2,14	13:18:12	38,3	1,53			
13:05:22	41,3	1,65	13:18:22	44,3	1,77			

Messstandort Yokohamastraße

UTC	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*	*UTC*	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*
10:00:01	15,3	0,61	12:19:32	65,8	2,63
10:15:01	15,3	0,61	12:19:42	68,8	2,75
10:23:02	16,8	0,67	12:19:52	75,0	3
10:30:01	16,8	0,67	12:20:12	78,0	3,12
10:45:01	18,3	0,73	12:21:22	81,0	3,24
10:51:12	19,8	0,79	12:22:02	84,0	3,36
11:00:01	19,8	0,79	12:24:32	81,0	3,24
11:03:02	23,0	0,92	12:25:32	78,0	3,12
11:06:52	19,8	0,79	12:25:52	75,0	3
11:15:01	21,5	0,86	12:27:52	78,0	3,12
11:18:32	23,0	0,92	12:28:02	73,3	2,93
11:30:01	23,0	0,92	12:28:12	56,5	2,26
11:40:02	19,8	0,79	12:28:22	64,3	2,57
11:45:01	19,8	0,79	12:28:32	58,0	2,32
11:45:32	15,3	0,61	12:28:52	62,8	2,51
11:45:42	21,5	0,86	12:29:02	56,5	2,26
11:51:22	18,3	0,73	12:29:12	59,5	2,38
11:56:42	21,5	0,86	12:29:32	62,8	2,51
11:59:42	24,5	0,98	12:29:52	71,8	2,87
12:00:01	24,5	0,98	12:30:01	71,8	2,87
12:08:02	75,0	3	12:30:02	75,0	3
12:08:12	78,0	3,12	12:32:32	71,8	2,87
12:08:22	73,3	2,93	12:33:22	68,8	2,75
12:08:32	65,8	2,63	12:34:22	64,3	2,57
12:08:52	79,5	3,18	12:36:32	61,3	2,45
12:09:12	76,5	3,06	12:37:12	64,3	2,57
12:09:32	82,5	3,3	12:37:32	59,5	2,38
12:09:52	85,5	3,42	12:38:02	62,8	2,51
12:14:22	82,5	3,3	12:38:42	65,8	2,63
12:15:01	82,5	3,3	12:39:12	70,3	2,81
12:15:02	76,5	3,06	12:39:22	73,3	2,93
12:15:22	79,5	3,18	12:39:32	76,5	3,06
12:15:52	82,5	3,3	12:39:42	79,5	3,18
12:16:52	85,5	3,42	12:39:52	82,5	3,3
12:17:12	82,5	3,3	12:40:32	85,5	3,42
12:18:02	71,8	2,87	12:40:42	81,0	3,24
12:18:12	65,8	2,63	12:40:52	78,0	3,12
12:18:22	70,3	2,81	12:41:12	75,0	3
12:18:32	65,8	2,63	12:41:32	70,3	2,81
12:18:42	59,5	2,38	12:41:42	64,3	2,57
12:19:02	55,0	2,2	12:42:02	68,8	2,75
12:19:12	58,0	2,32	12:42:12	71,8	2,87
12:19:22	61,3	2,45	12:42:22	62,8	2,51

UTC	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*	*UTC*	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*
12:42:32	70,3	2,81	12:50:52	33,8	1,35
12:42:42	75,0	3	12:51:02	47,5	1,9
12:42:52	64,3	2,57	12:51:12	52,0	2,08
12:43:02	67,3	2,69	12:51:32	64,3	2,57
12:43:12	64,3	2,57	12:51:42	68,8	2,75
12:43:22	85,5	3,42	12:52:02	65,8	2,63
12:43:32	82,5	3,3	12:52:12	55,0	2,2
12:43:42	76,5	3,06	12:52:22	45,8	1,83
12:44:02	68,8	2,75	12:52:32	39,8	1,59
12:44:22	64,3	2,57	12:52:52	78,0	3,12
12:44:32	70,3	2,81	12:53:02	55,0	2,2
12:44:42	79,5	3,18	12:53:12	52,0	2,08
12:44:52	90,3	3,61	12:53:22	55,0	2,2
12:45:01	90,3	3,61	12:53:32	32,0	1,28
12:45:02	65,8	2,63	12:53:52	47,5	1,9
12:45:12	56,5	2,26	12:54:02	39,8	1,59
12:45:22	49,0	1,96	12:54:12	56,5	2,26
12:45:32	53,5	2,14	12:54:22	35,3	1,41
12:45:42	75,0	3	12:54:32	44,3	1,77
12:45:52	64,3	2,57	12:54:42	52,0	2,08
12:46:02	78,0	3,12	12:54:52	64,3	2,57
12:46:12	65,8	2,63	12:55:02	35,3	1,41
12:46:32	52,0	2,08	12:55:22	32,0	1,28
12:46:42	70,3	2,81	12:55:32	35,3	1,41
12:46:52	56,5	2,26	12:55:42	42,8	1,71
12:47:02	65,8	2,63	12:55:52	32,0	1,28
12:47:12	58,0	2,32	12:56:02	38,3	1,53
12:47:22	68,8	2,75	12:56:12	32,0	1,28
12:47:32	79,5	3,18	12:57:32	29,0	1,16
12:47:42	52,0	2,08	12:58:02	35,3	1,41
12:47:52	47,5	1,9	12:58:12	30,5	1,22
12:48:02	52,0	2,08	12:59:02	33,8	1,35
12:48:12	47,5	1,9	12:59:22	27,5	1,1
12:48:32	56,5	2,26	13:00:01	27,5	1,1
12:48:42	49,0	1,96	13:00:22	24,5	0,98
12:49:02	38,3	1,53	13:00:52	29,0	1,16
12:49:12	47,5	1,9	13:01:12	26,0	1,04
12:49:22	44,3	1,77	13:02:02	23,0	0,92
12:49:32	47,5	1,9	13:07:02	19,8	0,79
12:49:42	41,3	1,65	13:15:01	18,3	0,73
12:50:12	52,0	2,08	13:21:22	16,8	0,67
12:50:22	44,3	1,77	13:30:01	15,3	0,61
12:50:32	61,3	2,45	13:31:32	13,8	0,55
12:50:42	36,8	1,47	13:38:02	10,8	0,43

UTC	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*	*UTC*	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*
13:45:01	10,8	0,43	14:25:52	35,3	1,41
13:56:02	7,8	0,31	14:26:02	39,8	1,59
14:00:01	9,3	0,37	14:26:12	30,5	1,22
14:03:52	10,8	0,43	14:26:32	26,0	1,04
14:08:32	13,8	0,55	14:26:52	23,0	0,92
14:11:32	16,8	0,67	14:27:52	19,8	0,79
14:13:12	19,8	0,79	14:29:42	16,8	0,67
14:14:02	23,0	0,92	14:30:01	16,8	0,67
14:15:01	24,5	0,98	14:34:32	13,8	0,55
14:15:22	26,0	1,04	14:41:12	10,8	0,43
14:16:32	29,0	1,16	14:45:01	9,3	0,37
14:17:22	65,8	2,63	14:45:42	7,8	0,31
14:17:52	61,3	2,45	14:55:22	4,5	0,18
14:18:02	45,8	1,83	15:00:01	4,5	0,18
14:18:12	41,3	1,65			
14:18:32	47,5	1,9			
14:18:42	64,3	2,57			
14:18:52	59,5	2,38			
14:19:02	55,0	2,2			
14:19:12	50,5	2,02			
14:19:32	70,3	2,81			
14:19:52	52,0	2,08			
14:20:02	49,0	1,96			
14:20:22	58,0	2,32			
14:20:32	50,5	2,02			
14:20:42	44,3	1,77			
14:20:52	50,5	2,02			
14:21:02	47,5	1,9			
14:21:32	41,3	1,65			
14:21:52	53,5	2,14			
14:22:02	50,5	2,02			
14:22:12	61,3	2,45			
14:22:42	53,5	2,14			
14:22:52	49,0	1,96			
14:23:12	41,3	1,65			
14:23:22	45,8	1,83			
14:23:32	41,3	1,65			
14:23:42	38,3	1,53			
14:24:12	47,5	1,9			
14:24:32	52,0	2,08			
14:24:52	49,0	1,96			
14:25:02	44,3	1,77			
14:25:12	39,8	1,59			
14:25:32	32,0	1,28			

Messstandort Lohsepark

UTC	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*	*UTC*	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*
10:00:01	9,25	0,37	12:59:22	13,75	0,55
10:11:02	12,25	0,49	13:00:01	13,75	0,55
10:14:12	23,00	0,92	13:05:52	16,75	0,67
10:14:22	16,75	0,67	13:06:12	19,75	0,79
10:14:42	13,75	0,55	13:06:22	29,00	1,16
10:15:01	12,25	0,49	13:06:32	41,25	1,65
10:15:02	10,75	0,43	13:06:42	19,75	0,79
10:15:22	7,75	0,31	13:06:52	16,75	0,67
10:17:52	10,75	0,43	13:07:22	30,50	1,22
10:20:42	7,75	0,31	13:07:32	18,25	0,73
10:23:42	10,75	0,43	13:08:52	23,00	0,92
10:30:01	10,75	0,43	13:09:02	16,75	0,67
10:32:42	13,75	0,55	13:15:01	16,75	0,67
10:35:52	24,50	0,98	13:19:12	13,75	0,55
10:36:02	21,50	0,86	13:21:22	10,75	0,43
10:36:12	13,75	0,55	13:30:01	10,75	0,43
10:36:52	16,75	0,67	13:32:12	13,75	0,55
10:37:12	13,75	0,55	13:34:22	16,75	0,67
10:45:01	15,25	0,61	13:36:52	19,75	0,79
11:00:01	15,25	0,61	13:43:12	16,75	0,67
11:06:02	16,75	0,67	13:45:01	16,75	0,67
11:15:01	15,25	0,61	13:48:22	23,00	0,92
11:15:02	13,75	0,55	13:48:32	16,75	0,67
11:20:22	10,75	0,43	13:49:12	23,00	0,92
11:27:32	13,75	0,55	13:49:22	19,75	0,79
11:30:01	13,75	0,55	13:49:42	29,00	1,16
11:34:52	10,75	0,43	13:49:52	18,25	0,73
11:42:12	13,75	0,55	13:50:12	29,00	1,16
11:45:01	13,75	0,55	13:50:22	36,75	1,47
11:49:32	16,75	0,67	13:50:52	41,25	1,65
11:51:22	13,75	0,55	13:51:02	49,00	1,96
11:56:22	10,75	0,43	13:51:12	53,50	2,14
12:00:01	10,75	0,43	13:51:22	45,75	1,83
12:00:52	13,75	0,55	13:51:32	52,00	2,08
12:14:42	16,75	0,67	13:51:42	47,50	1,9
12:15:01	16,75	0,67	13:52:02	42,75	1,71
12:18:42	13,75	0,55	13:52:12	39,75	1,59
12:23:12	10,75	0,43	13:52:22	35,25	1,41
12:29:32	13,75	0,55	13:52:42	27,50	1,1
12:30:01	13,75	0,55	13:52:52	16,75	0,67
12:31:12	16,75	0,67	13:53:12	19,75	0,79
12:45:01	18,25	0,73	13:53:32	16,75	0,67

ANHANG

UTC	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*	*UTC*	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*
13:55:32	59,50	2,38	14:11:32	44,25	1,77
13:55:42	15,25	0,61	14:11:42	39,75	1,59
13:59:52	19,75	0,79	14:11:52	29,00	1,16
14:00:01	19,75	0,79	14:12:02	47,50	1,9
14:00:02	16,75	0,67	14:12:12	87,25	3,49
14:00:32	21,50	0,86	14:12:32	68,75	2,75
14:00:42	36,75	1,47	14:12:42	39,75	1,59
14:00:52	23,00	0,92	14:12:52	27,50	1,1
14:01:02	35,25	1,41	14:13:02	45,75	1,83
14:01:12	67,25	2,69	14:13:12	33,75	1,35
14:01:22	58,00	2,32	14:13:22	23,00	0,92
14:01:32	32,00	1,28	14:13:32	26,00	1,04
14:01:42	47,50	1,9	14:13:52	33,75	1,35
14:01:52	52,00	2,08	14:14:02	85,50	3,42
14:02:02	81,00	3,24	14:14:22	45,75	1,83
14:02:12	78,00	3,12	14:14:32	62,75	2,51
14:02:22	84,00	3,36	14:14:42	78,00	3,12
14:03:12	64,25	2,57	14:14:52	85,50	3,42
14:03:32	47,50	1,9	14:15:01	85,50	3,42
14:03:42	59,50	2,38	14:15:32	78,00	3,12
14:03:52	73,25	2,93	14:15:42	67,25	2,69
14:04:02	82,50	3,3	14:15:52	71,75	2,87
14:04:12	87,25	3,49	14:16:02	59,50	2,38
14:04:42	79,50	3,18	14:16:12	85,50	3,42
14:04:52	73,25	2,93	14:16:32	82,50	3,3
14:05:02	87,25	3,49	14:16:42	79,50	3,18
14:05:52	81,00	3,24	14:16:52	84,00	3,36
14:06:02	85,50	3,42	14:17:02	81,00	3,24
14:07:12	81,00	3,24	14:17:12	73,25	2,93
14:07:22	85,50	3,42	14:17:22	84,00	3,36
14:08:52	56,50	2,26	14:17:32	50,50	2,02
14:09:02	75,00	3	14:17:42	39,75	1,59
14:09:12	82,50	3,3	14:17:52	84,00	3,36
14:09:22	85,50	3,42	14:20:12	58,00	2,32
14:09:32	61,25	2,45	14:20:22	84,00	3,36
14:09:42	85,50	3,42	14:24:12	62,75	2,51
14:10:02	79,50	3,18	14:24:22	84,00	3,36
14:10:12	85,50	3,42	14:25:02	88,75	3,55
14:10:22	50,50	2,02	14:25:12	35,25	1,41
14:10:32	58,00	2,32	14:25:22	55,00	2,2
14:10:42	50,50	2,02	14:25:32	71,75	2,87
14:10:52	73,25	2,93	14:25:42	52,00	2,08
14:11:02	33,75	1,35	14:25:52	82,50	3,3
14:11:12	23,00	0,92	14:26:02	71,75	2,87

UTC	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*	*UTC*	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*
14:26:12	82,50	3,3	14:54:42	59,50	2,38
14:28:02	23,00	0,92	14:54:52	76,50	3,06
14:28:12	19,75	0,79	14:56:42	53,50	2,14
14:28:22	85,50	3,42	14:56:52	19,75	0,79
14:28:32	55,00	2,2	14:57:12	38,25	1,53
14:28:42	75,00	3	14:57:22	16,75	0,67
14:28:52	84,00	3,36	14:57:42	32,00	1,28
14:29:12	81,00	3,24	14:57:52	16,75	0,67
14:30:01	82,50	3,3	15:00:01	15,25	0,61
14:39:02	78,00	3,12			
14:39:12	81,00	3,24			
14:41:52	42,75	1,71			
14:42:02	81,00	3,24			
14:44:52	78,00	3,12			
14:45:01	78,00	3,12			
14:45:42	81,00	3,24			
14:46:52	18,25	0,73			
14:47:12	42,75	1,71			
14:47:22	78,00	3,12			
14:48:32	49,00	1,96			
14:48:42	78,00	3,12			
14:49:42	70,25	2,81			
14:50:02	79,50	3,18			
14:50:22	56,50	2,26			
14:50:32	71,75	2,87			
14:50:42	78,00	3,12			
14:50:52	32,00	1,28			
14:51:02	50,50	2,02			
14:51:12	29,00	1,16			
14:51:22	41,25	1,65			
14:51:32	35,25	1,41			
14:51:42	16,75	0,67			
14:51:52	59,50	2,38			
14:52:02	62,75	2,51			
14:52:12	56,50	2,26			
14:52:22	75,00	3			
14:52:32	44,25	1,77			
14:52:42	68,75	2,75			
14:52:52	62,75	2,51			
14:53:02	75,00	3			
14:53:12	27,50	1,1			
14:53:22	16,75	0,67			
14:53:52	70,25	2,81			
14:54:02	75,00	3			

Messstandort Innenhof am Campus Tower

UTC	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*	*UTC*	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*
10:00:01	16,8	0,67	13:08:32	39,8	1,59
10:15:01	19,8	0,79	13:08:52	42,8	1,71
10:22:32	18,3	0,73	13:09:12	39,8	1,59
10:30:01	19,8	0,79	13:10:22	36,8	1,47
10:45:01	23,0	0,92	13:10:32	33,8	1,35
10:58:32	23,0	0,92	13:10:52	30,5	1,22
11:00:01	26,0	1,04	13:11:12	29,0	1,16
11:05:42	29,0	1,16	13:15:01	29,0	1,16
11:14:42	29,0	1,16	13:30:01	29,0	1,16
11:15:01	32,0	1,28	13:45:01	27,5	1,1
11:21:42	29,0	1,16	13:57:52	29,0	1,16
11:24:42	26,0	1,04	14:00:01	27,5	1,1
11:29:12	26,0	1,04	14:15:01	27,5	1,1
11:30:01	26,0	1,04	14:30:01	29,0	1,16
11:45:01	29,0	1,16	14:45:01	30,5	1,22
11:49:22	30,5	1,22	14:45:32	27,5	1,1
12:00:01	32,0	1,28	14:49:52	26,0	1,04
12:08:12	30,5	1,22	15:00:01	24,5	0,98
12:15:01	29,0	1,16			
12:15:22	32,0	1,28			
12:25:02	29,0	1,16			
12:27:22	27,5	1,1			
12:30:01	32,0	1,28			
12:36:22	29,0	1,16			
12:42:52	32,0	1,28			
12:44:22	29,0	1,16			
12:44:32	32,0	1,28			
12:44:52	32,0	1,28			
12:45:01	29,0	1,16			
12:48:42	32,0	1,28			
12:50:02	35,3	1,41			
12:53:52	38,3	1,53			
12:54:52	41,3	1,65			
12:55:32	44,3	1,77			
12:56:02	47,5	1,9			
12:56:42	42,8	1,71			
12:58:02	39,8	1,59			
12:58:42	36,8	1,47			
12:59:12	36,8	1,47			
13:00:01	33,8	1,35			
13:01:32	30,5	1,22			
13:02:42	33,8	1,35			
13:08:02	36,8	1,47			

Messstandort Grasbrookpark

UTC	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*	*UTC*	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*
10:00:01	50,5	2,02	12:41:52	120,8	4,83
10:06:22	47,5	1,9	12:45:01	120,8	4,83
10:08:52	44,3	1,77	12:45:42	117,8	4,71
10:15:01	44,3	1,77	12:46:52	120,8	4,83
10:18:52	41,3	1,65	12:48:22	117,8	4,71
10:20:02	44,3	1,77	12:50:52	120,8	4,83
10:20:52	47,5	1,9	12:51:32	117,8	4,71
10:21:52	50,5	2,02	12:52:32	120,8	4,83
10:23:02	53,5	2,14	12:55:52	117,8	4,71
10:23:52	56,5	2,26	12:57:42	120,8	4,83
10:24:42	59,5	2,38	12:58:12	117,8	4,71
10:26:22	62,8	2,51	12:58:42	120,8	4,83
10:30:01	64,3	2,57	12:59:22	123,8	4,95
10:30:32	65,8	2,63	13:00:01	123,8	4,95
10:35:42	68,8	2,75	13:00:52	126,8	5,07
10:42:02	71,8	2,87	13:03:32	123,8	4,95
10:45:01	71,8	2,87	13:04:12	120,8	4,83
10:48:02	75,0	3	13:04:32	123,8	4,95
10:53:42	78,0	3,12	13:09:42	126,8	5,07
10:59:52	81,0	3,24	13:11:42	123,8	4,95
11:00:01	81,0	3,24	13:15:01	123,8	4,95
11:05:22	84,0	3,36	13:15:22	126,8	5,07
11:12:42	87,3	3,49	13:16:42	130,0	5,2
11:15:01	87,3	3,49	13:17:12	126,8	5,07
11:17:32	90,3	3,61	13:18:12	122,3	4,89
11:23:32	93,3	3,73	13:18:32	126,8	5,07
11:30:01	94,8	3,79	13:18:42	123,8	4,95
11:32:12	96,3	3,85	13:19:42	120,8	4,83
11:38:12	99,3	3,97	13:23:02	117,8	4,71
11:45:01	101,0	4,04	13:24:42	114,8	4,59
11:46:42	102,5	4,1	13:25:42	117,8	4,71
11:53:42	105,5	4,22	13:28:32	120,8	4,83
11:58:52	102,5	4,1	13:29:52	123,8	4,95
11:59:12	105,5	4,22	13:30:01	123,8	4,95
11:59:52	108,5	4,34	13:30:32	126,8	5,07
12:00:01	108,5	4,34	13:32:12	130,0	5,2
12:07:42	111,5	4,46	13:33:52	126,8	5,07
12:15:01	113,0	4,52	13:39:12	130,0	5,2
12:19:22	114,8	4,59	13:39:52	125,3	5,01
12:29:22	117,8	4,71	13:40:02	128,5	5,14
12:30:01	117,8	4,71	13:45:01	128,5	5,14
12:38:22	120,8	4,83	13:51:22	125,3	5,01
12:41:32	117,8	4,71	13:53:42	122,3	4,89

UTC	*EEr (in mW/m²)*	*UVI*
13:56:52	125,3	5,01
14:00:01	125,3	5,01
14:06:02	122,3	4,89
14:08:32	113,0	4,52
14:08:42	102,5	4,1
14:08:52	93,3	3,73
14:09:02	84,0	3,36
14:09:12	79,5	3,18
14:09:22	76,5	3,06
14:09:32	81,0	3,24
14:09:42	96,3	3,85
14:09:52	101,0	4,04
14:10:02	105,5	4,22
14:10:12	113,0	4,52
14:10:22	116,3	4,65
14:10:32	120,8	4,83
14:11:02	123,8	4,95
14:11:12	120,8	4,83
14:11:52	123,8	4,95
14:14:22	126,8	5,07
14:15:01	126,8	5,07
14:16:02	123,8	4,95
14:20:02	120,8	4,83
14:20:12	117,8	4,71
14:20:22	120,8	4,83
14:20:42	117,8	4,71
14:20:52	114,8	4,59
14:21:02	117,8	4,71
14:21:32	114,8	4,59
14:21:42	117,8	4,71
14:22:22	122,3	4,89
14:30:01	122,3	4,89
14:30:42	119,3	4,77
14:33:52	116,3	4,65
14:35:12	119,3	4,77
14:43:12	116,3	4,65
14:44:52	113,0	4,52
14:45:01	113,0	4,52
14:55:02	110,0	4,4
15:00:01	110,0	4,4

Messstandort Promenade am Dalmannkai

10:00:01	53,5	2,14	13:14:12	123,8	4,95
10:10:02	56,5	2,26	13:15:01	123,8	4,95
10:15:01	58,0	2,32	13:21:32	120,8	4,83
10:24:12	59,5	2,38	13:27:42	123,8	4,95
10:27:52	62,8	2,51	13:29:22	120,8	4,83
10:30:01	62,8	2,51	13:30:01	122,3	4,89
10:42:52	65,8	2,63	13:31:32	123,8	4,95
10:45:01	65,8	2,63	13:39:32	120,8	4,83
10:48:22	68,8	2,75	13:45:01	122,3	4,89
10:50:12	71,8	2,87	14:00:01	119,3	4,77
10:55:22	75,0	3	14:12:02	117,8	4,71
10:59:42	78,0	3,12	14:15:01	117,8	4,71
11:00:01	78,0	3,12	14:15:42	114,8	4,59
11:03:52	81,0	3,24	14:18:42	117,8	4,71
11:10:52	84,0	3,36	14:23:22	114,8	4,59
11:12:42	87,3	3,49	14:30:01	114,8	4,59
11:15:01	87,3	3,49	14:34:32	111,5	4,46
11:16:22	90,3	3,61	14:44:22	108,5	4,34
11:19:02	93,3	3,73	14:45:01	108,5	4,34
11:26:32	96,3	3,85	14:51:32	105,5	4,22
11:30:01	97,8	3,91	14:56:22	102,5	4,1
11:30:02	99,3	3,97	15:00:01	102,5	4,1
11:45:01	101,0	4,04			
11:45:02	102,5	4,1			
11:53:52	105,5	4,22			
11:59:22	108,5	4,34			
12:00:01	108,5	4,34			
12:04:42	105,5	4,22			
12:06:02	102,5	4,1			
12:07:12	105,5	4,22			
12:07:42	108,5	4,34			
12:09:52	111,5	4,46			
12:15:01	113,0	4,52			
12:15:52	114,8	4,59			
12:27:02	117,8	4,71			
12:28:12	114,8	4,59			
12:30:01	116,3	4,65			
12:42:42	117,8	4,71			
12:45:01	117,8	4,71			
12:54:42	120,8	4,83			
13:00:01	120,8	4,83			
13:07:02	117,8	4,71			
13:08:42	120,8	4,83			
13:09:52	117,8	4,71			
13:11:02	120,8	4,83			

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich versichere, dass ich die vorliegende Thesis selbstständig und ohne unzulässige Hilfsmittel erbracht habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Hamburg, 22.10.2020
Ort und Datum

I. Büring
Unterschrift

