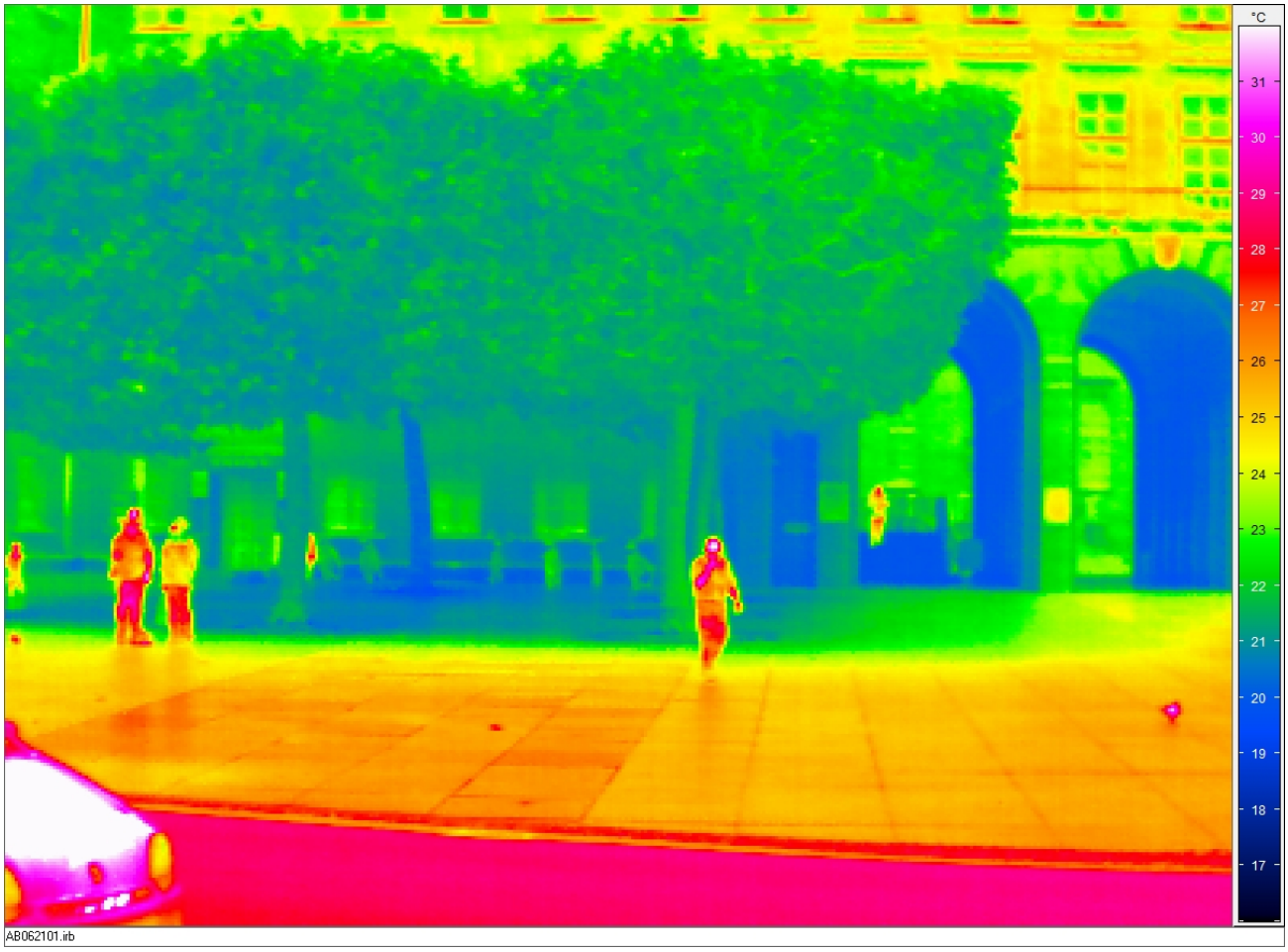
Klimaanpassungskonzept Bochum



K.RUB Klima Consulting
Geographisches Institut der
Ruhr-Universität Bochum

Stadt Bochum

Autoren:

Dr. Monika Steinrücke

Geographisches Institut der
Ruhr-Universität Bochum

unter Mitarbeit von

Dr. Ulrich Eimer, EPC
Jörg Eggenstein
André Baumeister
Denis Ahlemann
Manuel Rick

Die Erstellung des Konzeptes erfolgte unter Mitwirkung einer regelmäßig tagenden Projektgruppe Klimaanpassung:

Martin Bußkamp (Amt für Geoinformation, Liegenschaften und Kataster)
Andreas Gunkel (Tiefbauamt, Abt. Entwässerung)
Martin Dabrock, Uwe Langer (Stadtplanungs- und Bauordnungsamt)
Claudia Herzberg, Peter Morgalla, Michael Seidel (Umwelt- und Grünflächenamt)
Hartmut Ziese (Gesundheitsamt)

Gesamtprojektleitung: Uwe Langer, Stadtplanungs- und Bauordnungsamt

Bochum
Dezember 2012

Gefördert durch:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Klimaschutz zahlt sich aus! DIE BMU KLIMASCHUTZ-INITIATIVE

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 03KS1928 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin.

1. Einführung in das kommunale Handlungsfeld „Klimaanpassung“ 1

1.1 „Klima“ als Thema in der Bochumer Stadtentwicklung 1

1.2 Identifizierung und Priorisierung von kommunalen Handlungsfeldern in der Stadt 3

2. Klimawandel in Bochum 5

2.1 Veränderungen des Bochumer Klimas seit 1888 bis heute 6

2.1.1 Bisherige Entwicklung der Lufttemperaturen und der Wärmebelastungen 7

2.1.2 Bisherige Entwicklung der Niederschlagsverteilung 11

2.2 Projektionen für die zukünftige Entwicklung des Klimas in Bochum 16

2.2.1 Zukünftige Entwicklung der Lufttemperaturen und der Wärmebelastungen 17

2.2.2 Zukünftige Entwicklung der Niederschlagsverteilung 20

3. Anfälligkeiten bezüglich des Klimawandels in Bochum 24

3.1 Die klimatische Situation im Stadtgebiet von Bochum 24

3.1.1 Ergebnisse der Klimaanalyse von 2008 24

3.1.2 Die digitale Klimatopkarte von Bochum 26

3.1.3 Klimatopkarte von Bochum: Vergleich von Ist-Zustand und Zukunftsprojektion 31

3.2 Abstufung von Belastungsgebieten unter dem Aspekt „Hitze“ 34

3.3 Abstufung von Belastungsgebieten unter dem Aspekt „Extremniederschläge“ 39

3.3.1 Ermittlung der Fließwege 40

3.3.2 Belastungskarte der Folgen von Extremniederschlägen 47

4. Kommunale Gesamtstrategie zur Anpassung an den Klimawandel 52

4.1 Festsetzung der Handlungsfelder für die Stadt am Beispiel der Fallstudien 52

4.1.1 Aufgabenstellung und Lage der Untersuchungsgebiete 52

4.1.2 Einführung in die mikroskalige Modellierung 54

4.1.3 Fallstudie Bochum-Laer – Städtische Belüftungsbahnen 58

4.1.3.1 Eingangsdaten 58

4.1.3.2 Beurteilung der Modell-Temperaturamplituden durch einen Vergleich mit Messungen 61

4.1.3.3 Auswirkung eines Neubaugebietes auf das Lokalklima und die städtische Belüftungssituation 63

4.1.4 Fallstudie Bochumer Innenstadt – Hitzevermeidung, Aufenthaltsqualität und Reduktion von Extremniederschlägen 70

4.1.4.1 Innerstädtische Plätze – Anpassung durch Begrünung und Fassadenfarben 71

4.1.4.2 Wasser als Anpassungsmaßnahme – Beispiel Massenberg-Boulevard 79

4.1.4.3 Fließwege in der Stadt – Anpassungsmöglichkeiten bei Extremniederschlägen 85

4.1.5 Fallstudie Bochum Wattenscheid – Niederschlagswasser-Reduktion durch Dachbegrünung und Entsiegelung 89

4.2 (Planerische) Instrumente zur Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen 94

4.2.1 Klimaanpassung im BauGB 96

4.2.2 Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten von Klimaanpassungsmaßnahmen in FN-Plänen und in B-Plänen 97

4.2.3 Wettbewerbe, Förderinstrumente, Beratung und Investorenverträge 102

4.3 Ablaufschema zur Berücksichtigung von Klimaanpassungsfragen bei allen zukünftigen Planungsvorhaben 103

4.3.1 Bausteine des verwaltungsinternen Vorlaufs 106

4.3.2 Elemente des formellen Aufstellungsverfahrens für B-Pläne 108

4.3.3 Planung öffentlicher Flächen 110

4.3.4 Hemmnisse und Lösungsansätze 111

4.4 Die „Handlungskarte Klimaanpassung“ 112

4.4.1 Gefährdungspotentiale 113

4.4.2 Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel 118

5. Maßnahmenkatalog zur Anpassung an den Klimawandel 123

5.1 Maßnahmen zur Anpassung der Stadtstruktur 129
5.1.1 Vermeidung von Hitzebelastung 129
5.1.2 Anpassung an Extremniederschläge 135

5.2 Maßnahmen zur Anpassung der städtischen Infrastruktur 136
5.2.1 Vermeidung von Hitzebelastung 136
5.2.2 Anpassung an Extremniederschläge 149

5.3 Anpassungsmaßnahmen auf Gebäudeebene 156
5.3.1 Vermeidung von Hitzebelastung 156
5.3.2 Anpassung an Extremniederschläge 165

6. Konzept für die langfristige, nachhaltige Einbeziehung der Bürger und weiterer lokaler Akteure in die Klimaanpassung der Stadt Bochum 169

6.1 Vorarbeiten aus dem Klimaanpassungskonzept Bochum (2012) 169
6.1.1 Akteursgespräche: Ablauf und Ergebnisse 171
6.1.2 Bürgerinformationsworkshops 173

6.2 Idealtypisches Vorgehen: Partizipation und Öffentlichkeitsarbeit 179
6.2.1 Status Quo Analyse 179
6.2.2 Öffentlichkeitsarbeit und Partizipationsprozesse 182
6.2.3 Methoden der Öffentlichkeitsarbeit und bei Partizipationsprozessen 183

6.3 Praktische Handlungsempfehlungen für die Stadt Bochum 184
6.3.1 Informieren und Überzeugen 184
6.3.2 Beraten 187
6.3.3 Beteiligen und Kooperieren 188
6.3.4 Weitere Maßnahmen 193

7. Evaluation der Maßnahmen und Controllingkonzept 194

7.1 Aktualisierung der Grundlageninformationen 194
7.1.1 Überwachung der Entwicklung der städtischen Wärmeinsel (permanent) 194
7.1.2 Aktualisierung der Zukunftsprojektionen (alle 2-5 Jahre) 195
7.1.3 Aktualisierung der Klimatopkarte und Fließwegekarte (alle 5-10 Jahre) 195

7.2 Checkliste für Planungsvorhaben 195
7.2.1 Überprüfung von Bauvorhaben auf notwendige Anpassungsmaßnahmen 195
7.2.2 Aktualisierung des Maßnahmenkatalogs zur Anpassung an den Klimawandel 196
7.2.3 Aktualisierung der Belastungsgebiete in der „Handlungskarte Klimaanpassung“ 196

7.3 Evaluierung der Ziele / Anpassungsmaßnahmen 196
7.3.1 Evaluation von Maßnahmen durch mikroskalige Modellierungen 196
7.3.2 Überprüfung / Aktualisierung von städtischen Zielen 197
7.3.3 Evaluation von Maßnahmen durch Messungen 198

Literaturverzeichnis 200

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1 Änderungen der Erdoberflächentemperatur für das frühe und späte 21. Jahrhundert im Vergleich zum Zeitraum 1980–1999 als Ergebnis von Multimodell-Mittel-Projektionen für das A1B-Szenario, gemittelt über die Jahrzehnte 2020–2029 und 2090–2099 (aus IPCC 2007) 5

Abb. 2-2 Analoge und digitale Lufttemperaturmessungen an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation 6

Abb. 2-3 Lufttemperaturen an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation 1912-2006 7

Abb. 2-4 Lufttemperaturen an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation: Vergleich verschiedener Dekaden 8

Abb. 2-5 30jährige Mittelwerte im Zeitraum 1912 bis 2011 der Anzahl der Sommertage im Jahr an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation 9

Abb. 2-6 30jährige Mittelwerte im Zeitraum 1912 bis 2011 der Anzahl der Heißen Tage im Jahr an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation 9

Abb. 2-7 30jährige Mittelwerte im Zeitraum 1912 bis 2011 der Anzahl der Frosttage im Jahr an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation 10

Abb. 2-8 30jährige Mittelwerte im Zeitraum 1912 bis 2011 der Anzahl der Eistage im Jahr an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation 10

Abb. 2-9 Jahressummen der Niederschläge im Zeitraum 1888 bis 2011 an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation 11

Abb. 2-10 30jährige Mittelwerte der Jahressummen der Niederschläge im Zeitraum 1888 bis 2011 an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation 12

Abb. 2-11 Verteilung der Niederschlags-Tagessummen seit 1888 und Trendlinien für die 30jährigen Perioden 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990 und für den aktuellen Zeitraum 1991 – 2011 13

Abb. 2-12 Aufzeichnung eines Starkregenereignisses vom 10.06.1910 13

Abb. 2-13 30jährige Mittelwerte der Anzahl der Tage im Jahr mit einer Tagesniederschlagssumme $\geq$ 20 mm im Zeitraum 1888 bis 2011 an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation 15

Abb. 2-14 Regionale Klimatrends: Differenz der Jahresmitteltemperatur zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 für das Ruhrgebiet (IPCC-Szenario A1B, Datenbasis: LANUV 2008) 17

Abb. 2-15 Regionale Klimatrends: Differenz der Lufttemperatur-Sommermaxima (Juni-August) zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 für das Ruhrgebiet (IPCC-Szenario A1B, Datenbasis: LANUV 2008) 18

Abb. 2-16 Regionale Klimatrends: Differenz der Jahressumme der Niederschläge zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 für das Ruhrgebiet (IPCC-Szenario A1B, Datenbasis: LANUV 2008) 20

Abb. 2-17 Regionale Klimatrends: Differenz der Sommerniederschläge (Juni-August) zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 für das Ruhrgebiet (IPCC-Szenario A1B, Datenbasis: LANUV 2008) 21

Abb. 2-18 Regionale Klimatrends: Differenz der Winterniederschläge (Dezember-Februar) zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 für das Ruhrgebiet (IPCC-Szenario A1B, Datenbasis: LANUV 2008) 22

Abb. 3-1 Messwagenfahrt in der Bochumer Innenstadt 24

Abb. 3-2 Auszug aus der Klimafunktionskarte der Bochumer Klimaanalyse (Stadt Bochum 2008) 25

Abb. 3-3 Karte der relativen nächtlichen Lufttemperaturverteilung in Bochum 26
Abb. 3-4 Klassifizierte Thermalkarte für das Bochumer Stadtgebiet (Datengrundlage: Aktuelle Thermalkarten, Tag- und Nachtsituation 27
Abb. 3-5 Berechnete Klimatopkarte für das Bochumer Stadtgebiet 31
Abb. 3-6 Lufttemperaturverlauf während einer Hitzewelle in Düsseldorf 32
Abb. 3-7 Berechnete Klimatopkarte der Zukunftsprojektion für das Bochumer Stadtgebiet 33
Abb. 3-8 Veränderungen der Verteilung der Stadt- und Innenstadtklimatope zwischen dem Ist-Zustand und der Zukunftsprojektion für das Bochumer Stadtgebiet 33
Abb. 3-9 Belastungsgebiete im Bochumer Zentrum unter dem Aspekt „Hitze“ im Ist-Zustand (links) und im Zukunftsszenario (rechts) 36
Abb. 3-10 Belastungsgebiete in Wattenscheid unter dem Aspekt „Hitze“ im Ist-Zustand (links) und im Zukunftsszenario (rechts) 36
Abb. 3-11 Belastungsgebiete im Bochumer Stadtgebiet unter dem Aspekt „Hitze“ mit einer Abstufung anhand der Bevölkerungsdichte und dem Anteil an Einwohnern ab 65 Jahre 37
Abb. 3-12 Überflutungsereignis im Dortmunder Westen am 26.07.2008 39
Abb. 3-13 Digitales Geländemodell mit der Rastergröße 1 m x 1 m (DGM1) für den Bereich des Bochumer Gleisdreiecks 41
Abb. 3-14 Digitales Stadtgeländemodell für den Bereich des Bochumer Gleisdreiecks zur Bestimmung der Fließwege 41
Abb. 3-15 Berechnete Fließwege (farbige Linie) auf der Grundlage des DGM1 im Bereich des Bochumer Schauspielhauses 42
Abb. 3-16 Synthetische Fließwege (farbige Linie) aus korrigiertem DGM (digitales Stadtmodell) im Bereich des Bochumer Schauspielhauses42
Abb. 3-17 Schematische Darstellung des D8-Algorithmus 43
Abb. 3-18 Schematische Darstellung der fill-Funktion zur Füllung von Geländesenken 43
Abb. 3-19 Abflusslose Senken in der Nähe des Bochumer Schauspielhauses 44
Abb. 3-20 Abflussbeiwerte im Bereich des Bochumer Gleisdreiecks 46
Abb. 3-21 Effektive Niederschläge im Bereich des Bochumer Gleisdreiecks für ein Starkregenereigniss von 30 mm 47
Abb. 3-22 Veränderung des Wasserhaushaltes im urbanen Raum 48
Abb. 3-23 Vollständig versiegelte Flächen des Bochumer Stadtgebietes 48
Abb. 3-24 Belastungsgebiete durch Starkregen im Bochumer Stadtgebiet 49
Abb. 4-1 Lage der Fallstudiengebiete Bochum-Laer, Bochum-Innenstadt und Wattenscheid 53
Abb. 4-2 Wechselwirkungen, die im ENVI-met Modell berücksichtigt werden (Bruse & Fleer 1998) 55
Abb. 4-3 PMV-Skala 57
Abb. 4-4 Reliefstruktur in der Umgebung des Fallstudiengebietes Bochum-Laer 58
Abb. 4-5 Planentwurf für die neue Bebauung im Modellgebiet Bochum-Laer 59
Abb. 4-6 Gebäude- und Vegetationsstruktur im Modellgebiet Bochum-Laer – Ist-Zustand als Eingabe für ENVI-Met 60
Abb. 4-7 Gebäude- und Vegetationsstruktur im Modellgebiet Bochum-Laer – Planentwurf als Eingabe für ENVI-Met 60
Abb. 4-8 Gebiet der Fallstudie Bochum-Laer mit gemessenen nächtlichen Lufttemperaturen in 2 m Höhe um 23:00 Uhr MEZ 62

Abb. 4-9 Gebiet der Fallstudie Bochum-Laer mit modellierten nächtlichen Lufttemperaturen in 2 m Höhe um 23:00 Uhr MEZ 62

Abb. 4-10 Lufttemperaturverteilung in 2 m Höhe um 14 Uhr im Modellgebiet Bochum-Laer – Ist-Zustand (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation) 64

Abb. 4-11 Lufttemperaturverteilung in 2 m Höhe um 14 Uhr im Modellgebiet Bochum-Laer – Planentwurf (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation) 65

Abb. 4-12 Lufttemperaturabweichungen in 2 m Höhe um 14 Uhr zwischen den Varianten „Ist-Zustand“ und „Planentwurf“ im Modellgebiet Bochum-Laer 65

Abb. 4-13 Lufttemperaturverteilung in 2 m Höhe um 0 Uhr im Modellgebiet Bochum-Laer – Ist-Zustand (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation) 66

Abb. 4-14 Lufttemperaturverteilung in 2 m Höhe um 0 Uhr im Modellgebiet Bochum-Laer – Planentwurf (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation) 67

Abb. 4-15 Lufttemperaturabweichungen in 2 m Höhe um 0 Uhr zwischen den Varianten „Ist-Zustand“ und „Planentwurf“ im Modellgebiet Bochum-Laer 67

Abb. 4-16 Windverteilung in 10 m Höhe um 0 Uhr im Modellgebiet Bochum-Laer – Ist-Zustand (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation) 68

Abb. 4-17 Windverteilung in 10 m Höhe um 0 Uhr im Modellgebiet Bochum-Laer – Planentwurf (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation) 69

Abb. 4-18 Windgeschwindigkeitsabweichungen in 10 m Höhe um 0 Uhr zwischen den Varianten „Ist-Zustand“ und „Planentwurf“ im Modellgebiet Bochum-Laer 69

Abb. 4-19 Gebiet und Modellgebiete der Fallstudien in der Bochumer Innenstadt 70

Abb. 4-20 Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ 71

Abb. 4-21 Husemannplatz, Blick nach Süd (linkes Bild), Blick nach West (rechtes Bild) 72

Abb. 4-22 Dr.-Ruer-Platz, Blick nach Nord 72

Abb. 4-23 Gebäude- und Vegetationsstruktur im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ – Ist-Zustand als Eingabe für ENVI-Met 73

Abb. 4-24 Gebäude- und Vegetationsstruktur im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ – Variante 3 als Eingabe für ENVI-Met 73

Abb. 4-25 Oberflächentemperaturen um 14 Uhr im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ der Variante 1 (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation) 74

Abb. 4-26 Oberflächentemperaturen um 14 Uhr im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ der Variante 2 (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation) 74

Abb. 4-27 Oberflächentemperaturen um 14 Uhr im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ der Variante 3 (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation) 75

Abb. 4-28 Lufttemperaturabweichungen in 2 m Höhe um 14 Uhr zwischen den Varianten 1 und 2 im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ 76

Abb. 4-29 Lufttemperaturabweichungen in 2 m Höhe um 14 Uhr zwischen den Varianten 1 und 3 im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ 76

Abb. 4-30 PMV-Werte in 2 m Höhe um 14 Uhr im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ der Variante 1 (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation) 77

Abb. 4-31 Abweichungen der PMV-Werte in 2 m Höhe um 14 Uhr zwischen den Varianten 1 und 2 im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ 78

Abb. 4-32 Abweichungen der PMV-Werte in 2 m Höhe um 14 Uhr zwischen den Varianten 1 und 3 im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ 78

Abb. 4-33 Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“ 79

Abb. 4-34 Massenbergstraße (Foto und IR-Aufnahme) 80

Abb. 4-35	Platz am Kuhhirten (Foto und IR-Aufnahme)	80
Abb. 4-36	Gebäude- und Vegetationsstruktur im Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“ als Eingabe für ENVI-Met	81
Abb. 4-37	Oberflächentemperaturen um 14 Uhr im Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“ der Ist-Variante (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)	82
Abb. 4-38	Oberflächentemperaturen um 14 Uhr im Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“ der Wasser-Variante (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)	82
Abb. 4-39	PMV-Werte um 14 Uhr im Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“ der Ist-Variante (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)	83
Abb. 4-40	PMV-Werte um 14 Uhr im Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“ der Wasser-Variante (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)	83
Abb. 4-41	Lufttemperaturabweichungen in 2 m Höhe um 14 Uhr zwischen der Ist- und der Wasser-Variante im Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“	84
Abb. 4-42	Nach Abflussmenge klassifizierte Fließwege im Bereich des Bochumer "Gleißdreiecks"	86
Abb. 4-43	Auswirkungen eines im Kortumpark installierten Retentionsbeckens auf die Abflüsse im nördlichen Teil des Kartenblattes	87
Abb. 4-44	Detailausschnitt des Untersuchungsgebietes in der Bochumer Innenstadt	87
Abb. 4-45	Einzugsgebiete der Hauptentwässerungsachsen im Bereich des Bochumer Gleisdreiecks	88
Abb. 4-46	Gebiet der Fallstudie Bochum-Wattenscheid	89
Abb. 4-47	Modellgebiet mit den Abflussbeiwerten im Bereich der Wattenscheider Innenstadt	90
Abb. 4-48	Modellgebiet mit den für die Untersuchung veränderten Flächen	90
Abb. 4-49	Veränderung der Abflussbeiwerte durch die in Abb. 4-48 dargestellten Maßnahmen (Dachbegrünung und Entsiegelung)	91
Abb. 4-50	Fließwege in Bochum Wattenscheid mit den durch die in Abb. 4-48 dargestellten Maßnahmen reduzierten Abflussmengen	92
Abb. 4-51	Übersicht der planerischen Steuerungsinstrumente nach Planungsebenen, (MUNLV 2010, in Anlehnung an Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung, in: VDI RL 3785, Blatt 1 2008)	95
Abb. 4-52	Ablaufschema zur Integration der „Handlungskarte Klimaanpassung“ in die Planungsprozesse der Stadt Bochum	104
Abb. 4-53	Die „Handlungskarte Klimaanpassung“ der Stadt Bochum	116
Abb. 5-1	Untergeschossplan der Bochumer Innenstadt	125
Abb. 5-2	ENVI-met - Modellgebiet mit Grünanlage	127
Abb. 5-3	Temperaturabweichungen zwischen einer vollversiegelten Variante ohne Vegetation und dem Modellgebiet mit Grünanlage (s. Abb. 5-2)	127
Abb. 5-4	Bürgerworkshop in Bochum-Wattenscheid	128
Abb. 5-5	Siedlungsrand in Bochum (Foto Gabrian, RVR)	129
Abb. 5-6	Vermeidung des Zusammenwachsens zweier Siedlungsgebiete (links) und Schutz der Kaltluftproduktionsfläche vor weiterer Bebauung (rechts) (RVR 2006)	130
Abb. 5-7	Emscher Landschaftspark mit den sieben regionalen Grünzügen des Ruhrgebietes (Quelle: RVR)	131
Abb. 5-8	Luftleitbahn „Straße“ in der Innenstadt von Duisburg (Foto: Gabrian, RVR R)	132
Abb. 5-9	Luftleitbahn „Bahntrasse“ (Foto: Gabrian, RVR)	133

Abb. 5-10 Durchlässige Hangbebauung (links) und hangparallele Zeilenbebauung mit Riegelwirkung (rechts) (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008) 134
Abb. 5-11 Lineare Erosion, Intervallbegrünung in Fahrbahnfurche (Mosimann 2007) 135
Abb. 5-12 Bepflanzung parallel zur Hanglage (Mosimann 2007) 135
Abb. 5-13 Park in Duisburg (Foto: Gabrian, RVR) 136
Abb. 5-14 Innenhofbegrünung an der Altendorfer Straße in Essen: Temperaturdifferenzen zum Außenbereich 137
Abb. 5-15 ENVI-met – Simulation zur Verteilung des Gas-/Partikelkonzentration in einer Straßenschlucht mit geschlossenem Baumkronendach 138
Abb. 5-16 Allee in Bochum (Foto: Bruse) 139
Abb. 5-17 Künstliche Bewässerung von Parkanlagen 142
Abb. 5-18 Bepflanzung mit bodenbedeckender Vegetation 143
Abb. 5-19 Beschattung eines Platzes durch Bäume 144
Abb. 5-20 Innerstädtische Wasserspiele (Foto: Gabrian, RVR) 145
Abb. 5-21 Foto: Forschungsinstitut der Österreichischen Zementindustrie 146
Abb. 5-22 Staudenbepflanzung (Bildnachweis: @istock.com/fotolinchen) 150
Abb. 5-23 Mulden- bzw. Beckenversickerung (Kompatscher 2008) 151
Abb. 5-24 Rigolenversickerung, Rohrversickerung (Kompatscher 2008) 152
Abb. 5-25 Mulden-Rigolenversickerung (Kompatscher 2008) 153
Abb. 5-26 Schachtversickerung (Kompatscher 2008) 153
Abb. 5-27 Retentionsbecken (Kanton Solothurn 1997) 154
Abb. 5-28 Filterretentionsbecken (Kanton Solothurn 1997) 154
Abb. 5-29 Überfluteter Park 155
Abb. 5-30 Wasserrückhalt im Straßenraum 155
Abb. 5-31 Überflutete Unterführung ohne ausreichenden Abfluss (Aktivnews 2009) 157
Abb. 5-32 Oberflächentemperaturen eines begrünten (vorne) und unbegrünten Dachs im Frühjahr (Foto: Mersmann) 158
Abb. 5-33 Begrünung eines Einkaufsmarktes und eines Schrägdachs (Foto: Gabrian, RVR) 159
Abb. 5-34 Oberflächentemperaturen einer begrünten (rechts) und unbegrünten Hauswand (Foto: Mersmann) 160
Abb. 5-35 Hauswandbegrünung (Foto: Snowdon, RVR) 160
Abb. 5-36 Oberflächentemperaturen einer Hauswand, oben mit hellem Anstrich (Foto: Mersmann) 163
Abb. 5-37 Gebäude mit Außenrollos (Bildnachweis: @istock.com/Burton0215) 164
Abb. 5-38 Staukanal (Kanton Solothurn 1997) 165
Abb. 5-39 Rasengittersteine (LFU Bayern 2010) 166
Abb. 5-40 Strategie der Bauvorsorge (BMVBW 2003) 168
Abb. 6-1 Ablaufplan der Öffentlichkeitsarbeit und Akteursbeteiligung 170
Abb. 6-2 Handlungsrahmen der Öffentlichkeitsarbeit und Akteursbeteiligung 171
Abb. 6-3 Workshops in Bochum-Wattenscheid und Bochum-Mitte 173
Abb. 6-4 Workshop in Bochum-Mitte 175

Abb. 6-5 Diskussionsaspekte des Workshops in Bochum-Mitte 176
Abb. 6-6 Workshop in Bochum-Wattenscheid 177
Abb. 6-7 Diskussionsaspekte des Workshops in Bochum-Wattenscheid 178
Abb. 6-8 Hauptarbeitsschritte zu weiteren Öffentlichkeitsarbeit und Akteurseinbindung 180
Abb. 6-9 Zielgruppenübersicht (DIFU 2011, modifiziert) 181
Abb. 6-10 Vernetzung der Ämter und Bereiche innerhalb der Stadtverwaltung 182
Abb. 6-11 Einbindungsintensität im Partizipationsprozess (mod. durch Klementz, in Anlehnung an DIFU 2011, Handbuch Partizipation 2012) 182
Abb. 6-12 Umsetzung von Maßnahmen zur Öffentlichkeitsarbeit und Partizipation 193
Abb. 7-1 Controllingkonzept für die Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen in Planungsprozesse der Stadt Bochum 199

Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1 Die 100 stärksten Extremniederschlagsereignisse an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation seit 1888 14
Tab. 2-2 Entwicklung der Lufttemperaturen und der Wärmebelastungen in Bochum 19
Tab. 2-3 Zusammenfassung der Entwicklung der relevanten Klimawerte für Bochum 23
Tab. 3-1 Beispiele für Abflussbeiwerte unterschiedlicher Oberflächen (Institut für Landschaftsarchitektur) 45
Tab. 3-2 Nutzungsklassifizierung für die in Abbildung 3-22 dargestellte Risikokarte 51
Tab. 4-1 Beurteilungsmaßstäbe für thermische Behaglichkeit (kombiniert nach verschiedenen Verfassern; aus Kuttler 2004) 56
Tab. 4-2 Meteorologische Ausgangswerte für die ENVI-Met – Simulationen im Modellgebiet Bochum Laer 63
Tab. 4-3 Meteorologische Ausgangswerte und Varianten für die ENVI-Met – Simulationen im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ 72
Tab. 4-4 Meteorologische Ausgangswerte für die ENVI-Met – Simulationen im Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“ 80
Tab. 4-5 Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in Flächennutzungs- und Bauleitplänen 99
Tab. 5-1 Klima-Arten-Matrix (KLAM) – Einstufung wichtiger Baumarten (fett: heimische Arten) nach ihrer Eignung für eine Verwendung im Stadtbereich (nach Roloff et al. 2008, Benjamin & Winer 1998 und Stewart & Hewitt 2002) 140
Tab. 6-1 Liste der Akteursgespräche 172
Tab. 6-2 Methoden der Öffentlichkeitsarbeit (Quelle: K. Klementz, Grundlage: DIFU 2011) 183

1. Einführung in das kommunale Handlungsfeld „Klimaanpassung“

1.1 „Klima“ als Thema in der Bochumer Stadtentwicklung

Die Stadt Bochum engagiert sich gemeinsam mit zahlreichen Akteuren seit längerem im Bereich Stadtklima und im allgemeinen Klimaschutz. 1994 trat die Stadt Bochum dem Klimabündnis „Alianza del Clima“ bei. Mit dem aktuell gültigen und von den politischen Gremien beschlossenen „Energie- und Klimaschutzkonzept Bochum 2020“ aus dem Jahr 2009 wird bis 2030 eine CO_2-Reduktion um mindestens 50 % (bezogen auf 1990) angestrebt. Beim European Energy Award (EEA©) nimmt die Stadt Bochum seit 2004 teil und wurde im Jahr 2009 mit Gold ausgezeichnet, als bis dahin größte Stadt.

Parallel dazu hat sich die Stadt seit Anfang der 1990er Jahre mit stadtklimatischen Fragen befasst: Im Jahr 1991 wurde eine erste Klimaanalyse erstellt, die einen Orientierungsrahmen und Planungshinweise für eine stadtklimaverträgliche bauliche Entwicklung gab. Seinerzeit stand noch nicht der allgemeine Klimawandel mit seinen vielschichtigen Auswirkungen im Mittelpunkt, sondern es ging vorrangig um allein stadtklimatische Auswirkungen unter statischen Voraussetzungen. Im Jahr 2008 erfolgte eine komplette Neubearbeitung der Klimaanalyse der Stadt Bochum. Die neue Klimaanalyse stellt eine der Grundlagen für die Erarbeitung des „Klimaanpassungskonzeptes“ dar.

Im Jahr 2010 rückte mit der Bewerbung zu „InnovationCity Ruhr“ ein Modellprojekt zum energetischen und klimatischen Umbau eines bestehenden Stadtteils in den Vordergrund. Dabei wurde - neben dem Klimaschutz - auch die Klimaanpassung vertieft berücksichtigt. Hierbei wurden die beiden zentralen Anpassungsthemen für Bochum („Wasser“ und „Hitze“) in einen Zusammenhang gebracht. Als räumliche Basis für Anpassungsmaßnahmen aus diesen beiden Themenfeldern diente der regionale Grünzug E, der das Gerüst des Bochumer Pilotgebietes von „InnovationCity Ruhr“ bildet. Dieser Grünzug eignet sich zum Einen als Rückgrat für den Aufbau eines naturnahen Wasserwegenetzes, das eine Abkehr von der klassischen Kanal-Entwässerung bedeutet und weniger anfällig ist für Starkregenereignisse. Zum Anderen bietet der Grünzug mit seinen Verästelungen ein hohes Potenzial für den klimatischen Ausgleich in den angrenzenden Siedlungsbereichen. Die überwiegend landwirtschaftlich genutzten Flächen weisen ein hohes Kaltluftpotential auf, das als Ausgleich für überhitzte Innenstadtbereiche genutzt werden soll.

Aus diesen räumlich begrenzten Teilvorhaben wurde der Blick auf die Gesamtstadt Bochum erweitert. All diese Vorarbeiten werden durch das Klimaanpassungskonzept aufgegriffen und auf ein breiteres analytisches Fundament gestellt. Das gesamte Stadtgebiet wurde analytisch erfasst, um auf dieser Basis Handlungsempfehlungen zu entwickeln.

1.2 Identifizierung und Priorisierung von kommunalen Handlungsfeldern in der Stadt

Während der Klimaschutz seit vielen Jahren fester Bestandteil der Kommunalpolitik in Nordrhein-Westfalen ist und zahlreiche Städte und Gemeinden eigene Klimaschutzziele und Klimaschutzstrategien haben, beginnt man auf der kommunalen Ebene erst langsam damit, sich auf die nicht mehr abwendbaren Folgen des Klimawandels einzustellen. Anpassung an den Klimawandel ist bisher oft nur ein Randthema. Allerdings kann die Notwendigkeit der Klimawandelanpassung bereits heute aus dem kommunalen Alltag nicht mehr ausgeblendet werden. Durch die Extremwetterereignisse der vergangenen Jahre - etwa durch die Hitzesommer des vergangenen Jahrzehnts, die für Rekordtemperaturen in den Städten sorgten - sind die Folgen des Klimawandels stärker als bisher in das Bewusstsein der städtischen Bevölkerung und in den Fokus der kommunalen Verantwortlichen gerückt. Immer mehr Kommunen beginnen damit, sich mit Fragen der Klimawandelanpassung zu beschäftigen. Durch einen kontinuierlichen Wissensaustausch zwischen der Forschung und der Praxis sowie Politik und Bevölkerung muss das Risikobewusstsein gefördert und die Akzeptanz für Maßnahmen gesichert werden. (MUNLV 2010)

Heutiger Naturschutz muss den Klimawandel bei der Entwicklung von Anpassungskonzepten einbeziehen. Die Auswirkungen des Klimawandels auf Tiere, Pflanzen und Lebensräume lassen sich auch in NRW nachweisen. Beispielsweise beginnt die Blüte deutlich früher als noch vor 30 Jahren. Ebenso verändern Zugvögel ihr Verhalten. Es gibt Arten, die deutlich länger in unserer Region bleiben, andere ziehen früher weiter. Manche wärmeliebenden Pflanzen- und Tierarten wandern von Süden ein und stehen z. T. in Konkurrenz zu den bisher heimischen Arten. So können sich die Lebensräume von Pflanzen und Tieren durch den Klimawandel verändern, sowohl in Richtung Ausweitung wie auch zu einer Verkleinerung des Lebensbereichs. (MUNLV 2009)
Das Ausmaß der Veränderungen der biologischen Vielfalt wird entscheidend davon abhängen, ob geeignete Anpassungsmaßnahmen realisiert werden. Die für NRW durchgeführte Empfindlichkeitsanalyse zeigt, dass Tiere und Pflanzen dynamisch auf Veränderungen der klimatischen Bedingungen reagieren. Für zahlreiche Arten und Lebensräume stellt der Klimawandel einen zusätzlichen Stressfaktor dar. (MUNLV 2009)

Durch Anpassungsmaßnahmen sollten bestehende Lebensräume verbessert und erhalten bleiben. Eine angepasste Landbewirtschaftung sollte schädliche Nutzungseinflüsse vermeiden. Ein Anteil der Grünlandbewirtschaftung sollte extensiv betrieben werden. Im Stadtgebiet von Bochum dienen die landwirtschaftlich genutzten Flächen durch Produktion von frischer, kühler Luft auch der Abmilderung von stadtklimatischen Belastungen. Der Erhalt und die Vernetzung von Grünflächen spielt deshalb auch in kommunalen Anpassungskonzepten eine herausragende Rolle.

Der Tourismus in der Region Bochum muss als nicht klimasensibel angesehen werden und bedarf bei der Entwicklung von Anpassungskonzepten für Bochum keiner weiteren Beachtung.

Ganz anders sieht es für Bochum in den kommunalen Handlungsfeldern der Stadtplanung, der kommunalen Infrastruktur, der Grünflächenentwicklung und der Gesundheit aus. Insbesondere die großen Städte und Ballungszentren stehen vor großen Herausforderungen. Hier sind einige Folgen des Klimawandels deutlicher zu spüren als anderswo. In städtischen Gebieten mit hoher Bevölkerungs- und Bebauungsdichte liegen die durchschnittlichen Temperaturen bereits heute höher als im unbebauten Umland. Hier wird man in Zukunft damit rechnen müssen, stärker als andere Gebiete von steigenden Temperaturen betroffen zu sein. Auch sind die Auswirkungen von zunehmenden Starkregenereignissen in dicht bebauten Gebieten oftmals gravierender und die Schäden meist höher als außerhalb der Städte. Aus diesen Gründen müssen sich Städte und Ballungszentren zwangsläufig verstärkt auf die Anpassung an die Folgen des Klimawandels einstellen. (MUNLV 2010)
Auch der Städtebau der Zukunft kann nicht auf Baukörper, befestigte Straßen und Plätze verzichten. Da bei einem nachhaltigen Stadtumbau mit langwierigen Prozessen gerechnet werden muss, müssen rechtzeitig, dass heißt jetzt Maßnahmen getroffen werden, um die Anfälligkeit von Mensch und Umwelt gegenüber den Folgen des Klimawandels zu verringern. Dabei wirken sich die Effekte von Anpassungsmaßnahmen unmittelbar „vor Ort“ positiv aus. (MUNLV 2010)

Die den Lebensalltag beeinflussenden Veränderungen des Klimas gehen mit erheblichen Belastungen und Risiken einher. Insbesondere ältere Menschen, die aufgrund des demographischen Wandels bald einen großen Teil der Gesamtbevölkerung ausmachen werden, leiden verstärkt unter langen Hitzeperioden oder größeren Temperaturschwankungen. Überschwemmungen infolge von Starkregen bedrohen zudem die Infrastruktur wie beispielsweise die Kanalisation, Straßen und Versorgungsleitungen und können in kurzer Zeit zu katastrophalen Situationen führen.
Dort, wo Menschen eng zusammenleben und eine funktionierende Infrastruktur sehr wichtig ist, steigt die Anfälligkeit für Störungen durch Wetterereignisse - die Risiken und Gefährdungen sind dort besonders ausgeprägt. Daher kommt insbesondere in den Städten und Stadtregionen der vorsorgenden Planung und der Durchführung von präventiven Maßnahmen eine große Bedeutung zu. Im Mittelpunkt steht dabei, die zu erwartenden Folgen des Klimawandels in ihren Wirkungen abzumildern.

Die kommunalen Handlungsfelder zur Klimaanpassung umfassen neben organisatorischen vor allem planerische und bauliche Maßnahmen insbesondere für folgende Problemkreise:

- **Überhitzung in hochverdichteten Städten und Stadtregionen**
- **Hochwassergefahr durch Starkregenereignisse**

2. Klimawandel in Bochum

Klimaänderungen sind ein bekanntes Phänomen in der Erdgeschichte – auf Kaltzeiten folgen Warmzeiten und umgekehrt. Diese globalen Veränderungen wirken sich jeweils drastisch auf unseren Planeten und seine Lebewesen aus. Heute leben wir in Mitteleuropa in einem gemäßigten Klima, das jedoch immer auch Schwankungen unterliegt. Seit Jahrzehnten untersuchen Klimaforscher diese Trends, um für die Zukunft Prognosen zum Klimawandel ableiten zu können. Auch wenn die Meinungen der Forscher im Detail auseinander gehen, so scheint eines sicher zu sein: in Europa werden die Temperaturen in Zukunft weiter steigen, extreme Wetterereignisse werden häufiger.

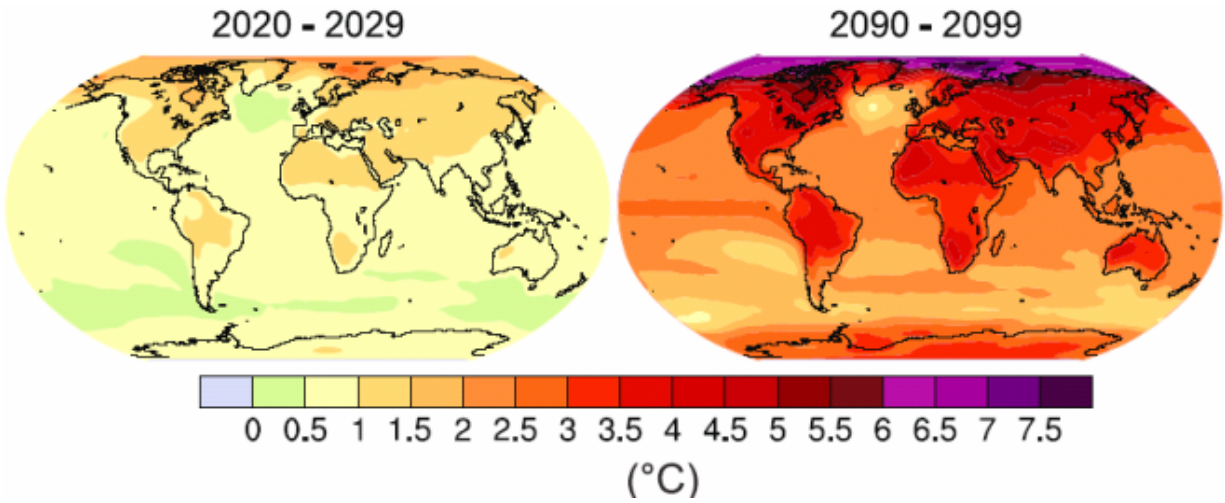


Abb. 2-1 Änderungen der Erdoberflächentemperatur für das frühe und späte 21. Jahrhundert im Vergleich zum Zeitraum 1980–1999 als Ergebnis von Multimodell-Mittel-Projektionen für das A1B-Szenario, gemittelt über die Jahrzehnte 2020–2029 und 2090–2099 (aus IPCC 2007)

Im Vergleich zu den Klimaänderungen der Erdgeschichte ist die Geschwindigkeit, mit der der globale Temperaturanstieg heute voranschreitet, besonders hoch. Hauptgrund für diesen Trend ist die enorme Freisetzung von so genannten Treibhausgasen wie Kohlendioxid und Methan, die vor allem von Industrie, Haushalten, Verkehr und der Landwirtschaft ausgehen. Trotz aller Bemühungen der letzten Jahre, die Treibhausgasbelastung zu verringern, ist der Trend zur Klimaerwärmung mit seinen Folgen im besten Falle zu bremsen, nicht aber aufzuhalten oder gar rückgängig zu machen. Daher müssen wir uns auch in Bochum auf langfristige Veränderungen des Klimas einstellen.

2.1 Veränderungen des Bochumer Klimas seit 1888 bis heute

Der Klimawandel betrifft auch Bochum. Für das Gebiet der Stadt Bochum werden seit über hundert Jahren Wetterdaten gesammelt und ausgewertet. Die Ende des 19. Jahrhunderts errichtete Ludger-Mintrop-Stadtklimastation wurde ursprünglich zur Überwachung der Bewetterung im Bergbau genutzt. Seit 1888 existieren Aufzeichnungen zum Niederschlag, 1912 kamen Lufttemperaturmessungen dazu. 1994 wurde die Klimastation von der Deutschen Montan Technologie (DMT) aus Kostengründen aufgegeben und von der AG Klimaforschung der Ruhr-Universität Bochum übernommen. Seitdem messen die Bochumer Forscher an der zentral gelegenen Station nicht nur Niederschlag, Lufttemperatur, -druck und -feuchtigkeit, Sonnenschein, Erdtemperaturen und Wind, sondern auch die Staubbelastung in der Stadt. Besondere Bedeutung hat die Station für die Stadt- und Landschaftsplanung sowie für die Klimaforschung in Bezug auf die Entwicklung des Stadtklimas und bei der Erforschung der Klimaschwankungen in den letzten 100 Jahren. Die mitten im Stadtkern gelegene Station registriert das tatsächliche Stadtklima – das ist eine Seltenheit, da solche Stationen üblicherweise auf der grünen Wiese am Stadtrand oder im Freiland liegen. Mit Hilfe der vorliegenden Daten und Auswertungen kann die vergangene und aktuelle Klimasituation in Bochum gut beschrieben und analysiert werden.

Abb. 2-2 Analoge und digitale Lufttemperaturmessungen an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation

2.1.1 Bisherige Entwicklung der Lufttemperaturen und der Wärmebelastungen

Für den Zeitraum von 1912 bis 2011 lässt sich aus den Bochumer Daten eine leichte, aber stetige Zunahme der Jahresdurchschnittstemperatur von fast 2 Kelvin ablesen. Dabei ist nicht der Klimawandel die alleinige Ursache für diesen Temperaturanstieg in den letzten 100 Jahren, sondern etwa die Hälfte der Erwärmung resultiert aus dem Wachstum der Stadt Bochum seit 1912, also aus der Verstärkung des Stadtklimaeffektes.

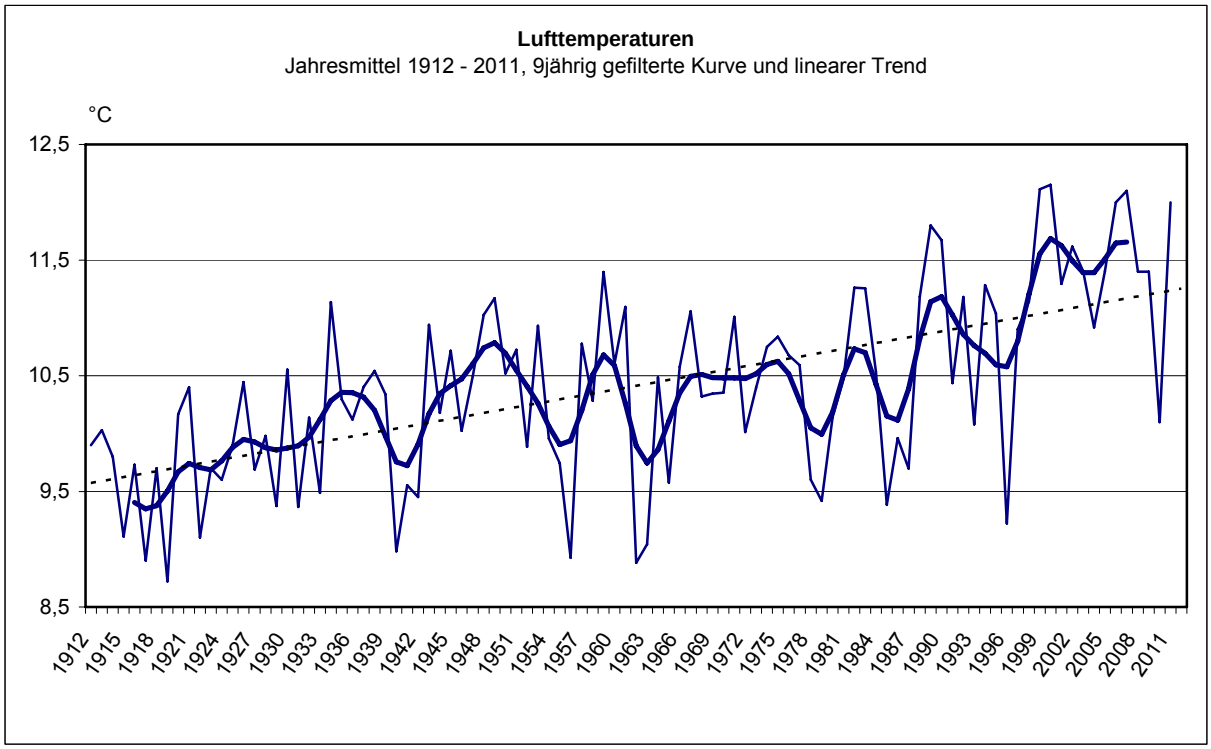


Abb. 2-3 Lufttemperaturen an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation 1912-2006

Nicht der mittlere Temperaturanstieg von rund 2 Kelvin in den letzten 100 Jahren ist von Bedeutung für Klimaanpassungsmaßnahmen, sondern die aus der Verschiebung der Temperaturverteilung resultierende zunehmende Hitzebelastung in den Innenstädten. Abbildung 2-4 zeigt einen Vergleich der Häufigkeiten von Tagesmaxima der Lufttemperaturen für die Dekaden 1912-1921 und 1996-2005 an der Klimastation Bochum und in die Zukunft projiziert mit einem weiteren Anstieg der Lufttemperaturen um im Mittel 2 Kelvin für die Dekade 2051-2060. Schon in den zurückliegenden 100 Jahren hat die Wärmebelastung deutlich zugenommen. In den nächsten 50 Jahren wird sich demnach die Anzahl der Tage mit Lufttemperaturen über 25°C (rot schraffierte Fläche in der Abbildung 2-4) gegenüber heute mehr als verdoppeln.

In länger andauernden Perioden mit hohen Tagesdurchschnittstemperaturen und mehreren Hitzetagen heizen sich insbesondere in dicht bebauten, städtisch geprägten Gebieten Gebäude und Verkehrsflächen stark auf, weil die Bauten und Flächenbefestigungen aus Stein, Beton, Klinker und Asphalt die Wärme speichern und diese nur langsam wieder abgeben. Entscheidend für eine Belastung durch die Klimaerwärmung ist also das Verhalten von Sommertagen (Temperaturmaxima ≥ 25 °C) und Heißen Tagen (Temperaturmaxima ≥ 30 °C) in der

aktuellen und der zukünftigen Entwicklung des Klimas. Die bisherigen Entwicklungen der Wärmebelastungen in der Bochumer Innenstadt sind anhand der Anzahl der Sommer- und Hitzetage in den Abbildungen 2-5 und 2-6 dargestellt. Jeweils um ein Jahr verschoben sind dafür die 30jährigen Mittelwerte der Anzahl der Tage im Jahr im Zeitraum von 1912 bis 2011 berechnet und zusammen mit der linearen Trendlinie dargestellt worden.

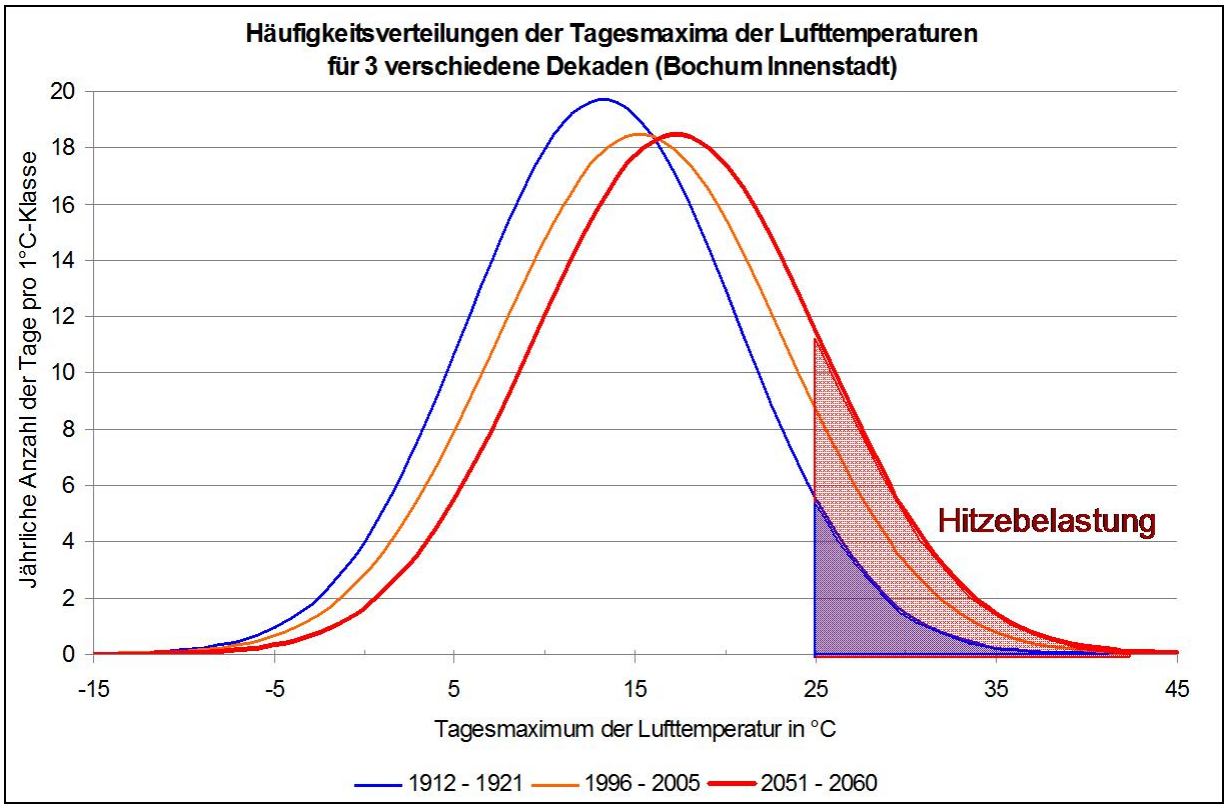


Abb. 2-4 Lufttemperaturen an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation: Vergleich verschiedener Dekaden

Die Anzahl der Sommertage im Jahr mit Temperaturmaxima von mindestens 25 °C (Abb. 2-5) ist seit 1912 kontinuierlich gestiegen. Lag das 30jährige Mittel zu Beginn des 20. Jahrhunderts noch bei rund 25 Tagen im Jahr, so sind es aktuell rund 42 Sommertage pro Jahr. Damit gab es über einen Zeitraum von 100 Jahren einen Anstieg von 68 %. Noch deutlicher wird die Zunahme der Wärmebelastung bei der Betrachtung der Heißen Tage mit Temperaturmaxima von mindestens 30 °C (Abb. 2-6). Die Anzahl der Heißen Tage ist von rund 4 Tagen im Jahr zu Beginn der Messungen auf aktuell im Mittel 10 Tage im Jahr angestiegen. Das macht einen Zuwachs von 150 % aus. In den letzten 100 Jahren in etwa gleich geblieben ist die Anzahl von sogenannten Tropennächten, in denen die Lufttemperatur nicht unter 20 °C sinkt und aufgrund der mangelnden Abkühlung in der Nacht eine Belastung des menschlichen Organismus auftritt. Im Mittel gab es bisher nur rund eine Tropennacht pro Jahr.

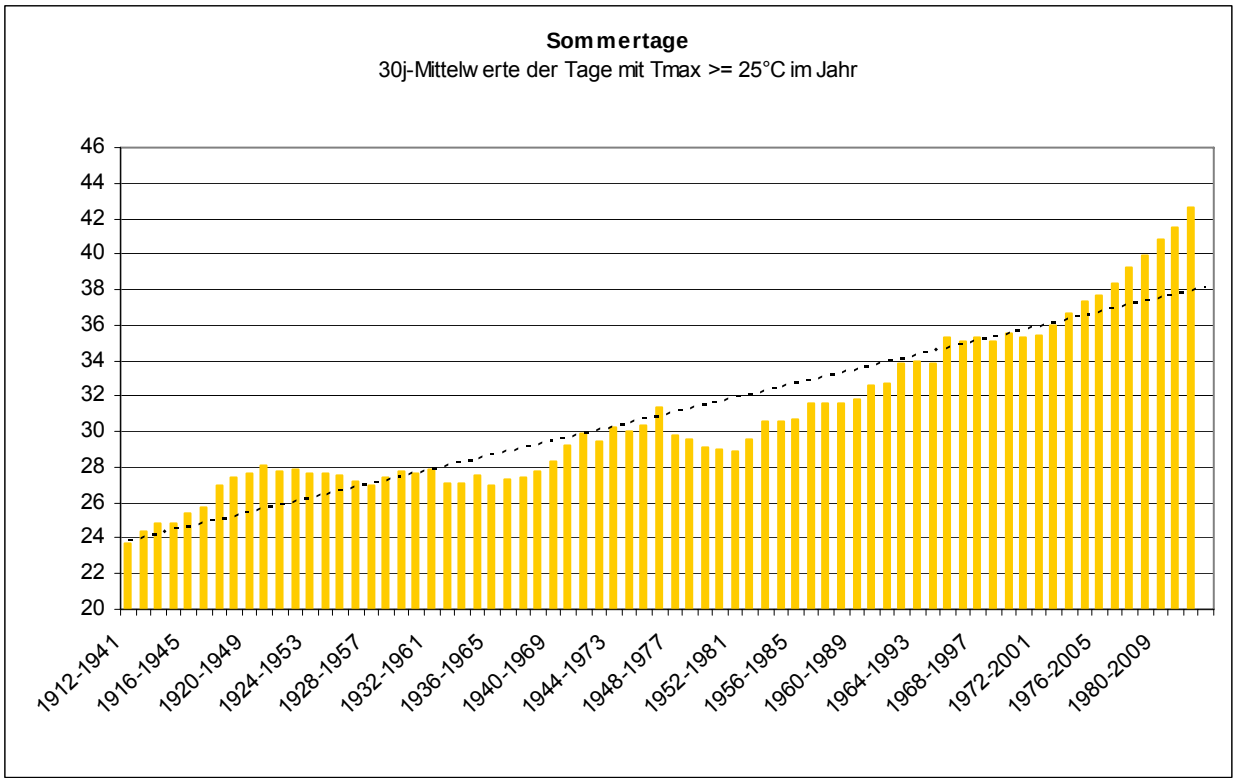


Abb. 2-5 30jährige Mittelwerte im Zeitraum 1912 bis 2011 der Anzahl der Sommertage im Jahr an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation

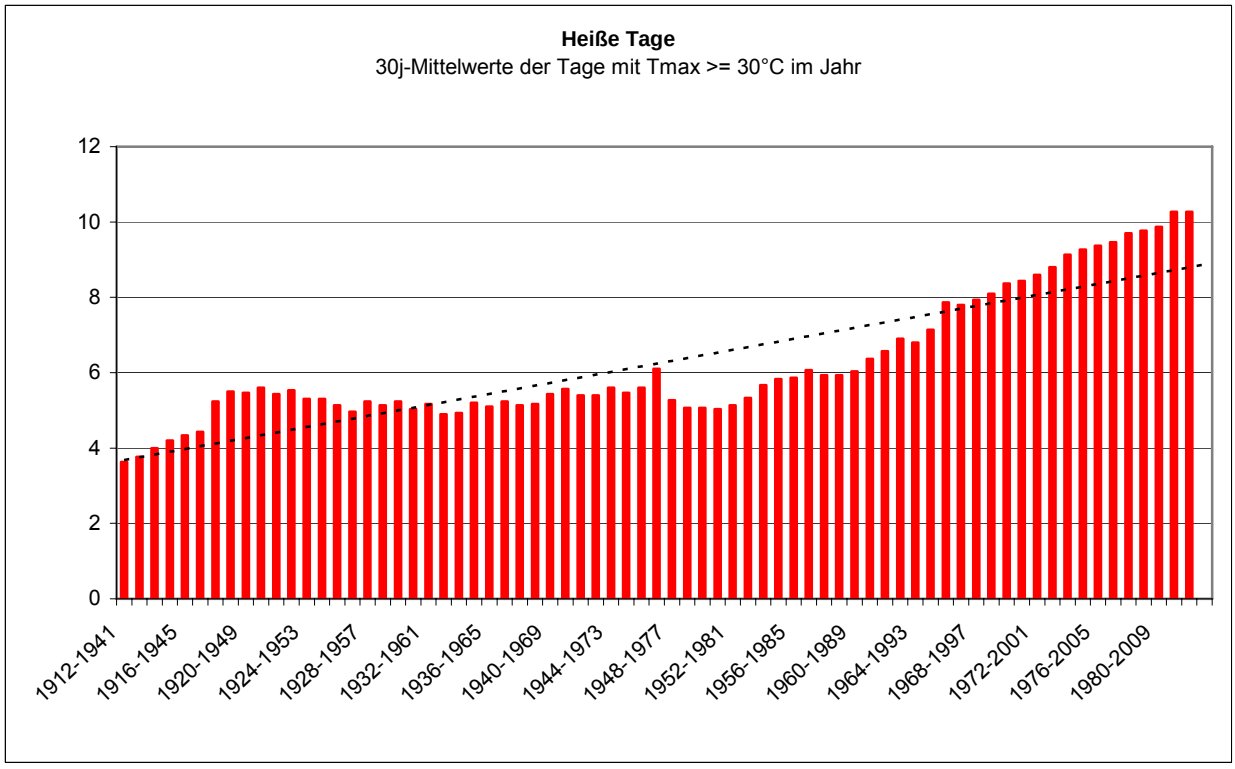


Abb. 2-6 30jährige Mittelwerte im Zeitraum 1912 bis 2011 der Anzahl der Heißen Tage im Jahr an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation

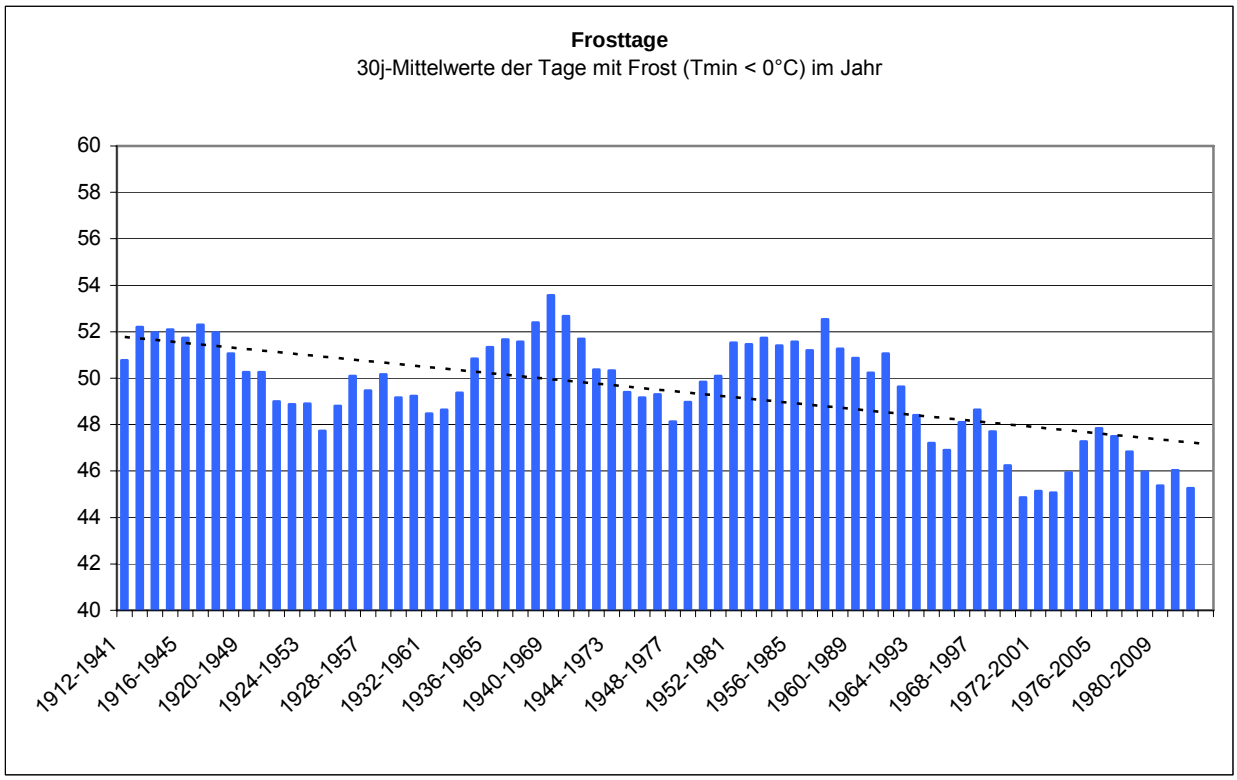


Abb. 2-7 30jährige Mittelwerte im Zeitraum 1912 bis 2011 der Anzahl der Frosttage im Jahr an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation

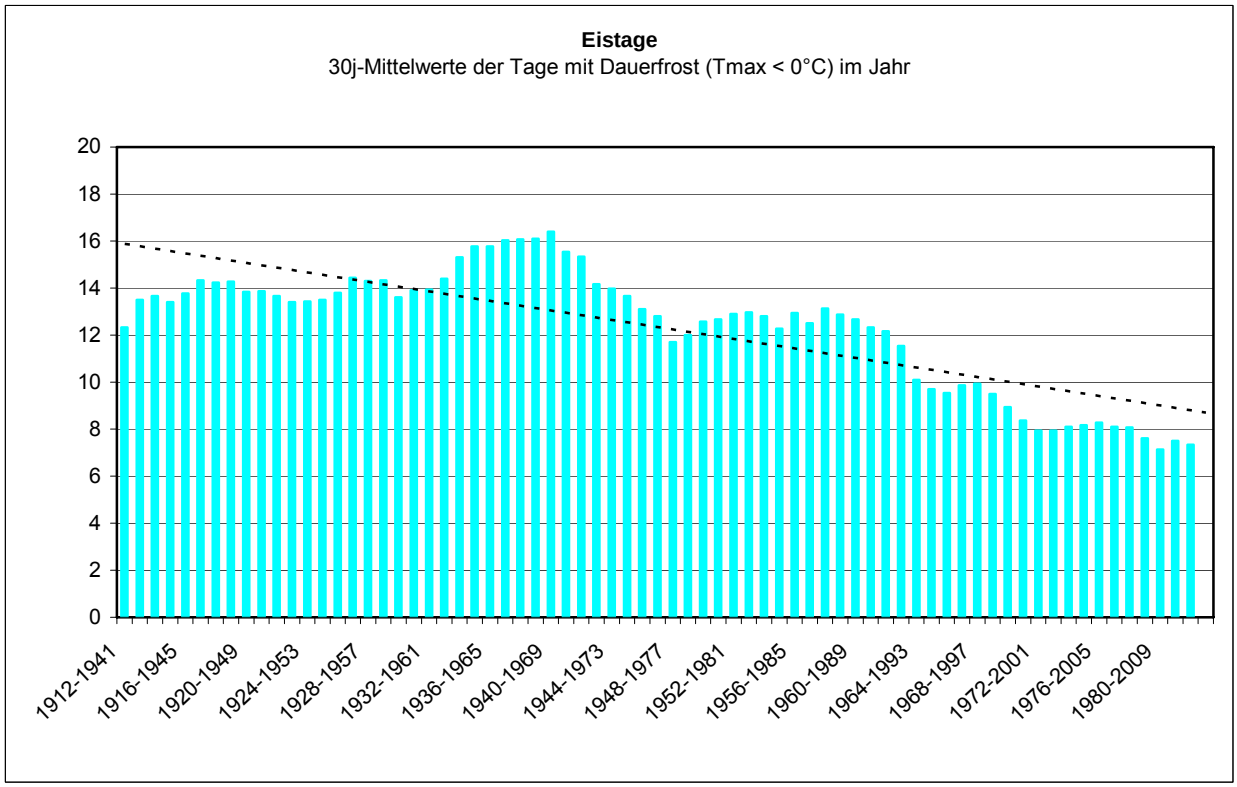


Abb. 2-8 30jährige Mittelwerte im Zeitraum 1912 bis 2011 der Anzahl der Eistage im Jahr an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation

Auf der anderen Seite führt die zunehmende Erwärmung des Klimas in der Bochumer Innenstadt dazu, dass die Kältebelastungen abnehmen. In den Abbildungen 2-7 und 2-8 sind die 30jährigen Mittelwerte der Frost- und Eistage im Zeitraum 1912 bis 2011 dargestellt. Die Anzahl der Frosttage, an denen das Temperaturminimum unter 0 °C, das Maximum aber über 0 °C lag, hat sich von im Mittel 51 pro Jahr auf nur noch 46 Frosttage pro Jahr verringert. Das ist eine Abnahme um 10 %. Deutlicher ist die Abnahme bei der Anzahl der Eistage, an denen die Lufttemperaturen ganztägig unter 0 °C lagen, pro Jahr. Anfang des 20. Jahrhunderts gab es noch rund 13,5 Eistage im Jahr, aktuell sind es nur noch rund 7,5 Eistage pro Jahr. Dies entspricht einer Abnahme von 44 %.
Damit ist der abnehmende Trend bei der Kältebelastung deutlich schwächer ausgeprägt als der zunehmende Trend der Wärmebelastungen in Bochum.

2.1.2 Bisherige Entwicklung der Niederschlagsverteilung

Der Niederschlag ist hoch variabel – das zeigen die Messreihen seit mehr als hundert Jahren. Abbildung 2-9 zeigt die jeweiligen Jahressummen der Niederschläge von 1888 bis heute. Es treten Jahreswerte zwischen 500 mm und über 1100 mm Niederschlag auf. Die hohe Variabilität lässt in dieser Darstellung keinen Trend erkennen.

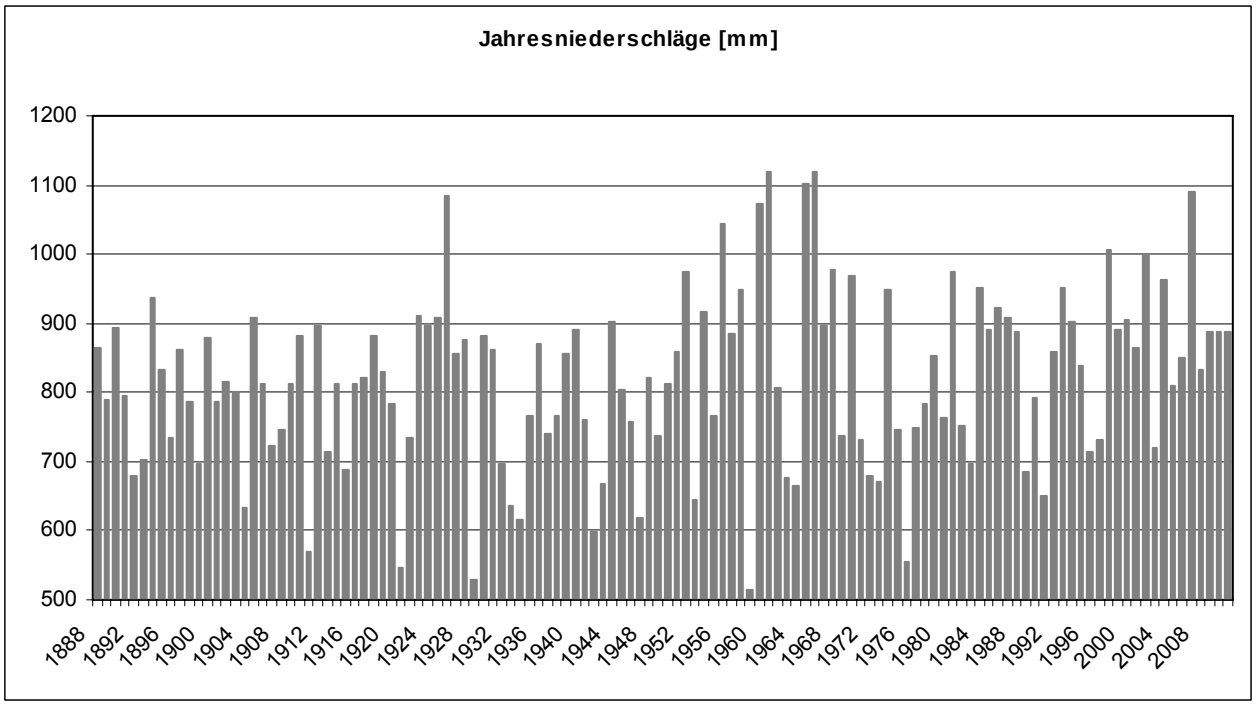


Abb. 2-9 Jahressummen der Niederschläge im Zeitraum 1888 bis 2011 an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation

Deshalb sind in der Abbildung 2-10 die 30jährigen Mittelwerte seit 1888, jeweils um ein Jahr verschoben, dargestellt. Um die Jahrhundertwende lagen die mittleren Jahresniederschlagssummen bei rund 790 mm, aktuell haben sie im Mittel 850 mm Jahresniederschlag erreicht.

Das entspricht einer Zunahme des Jahresniederschlages um knapp 8 %. Allerdings zeigt die Abbildung 2-10 auch deutlich, dass der Anstieg der Niederschlagssumme nicht linear verläuft. Beispielsweise in den 70er Jahren lagen die Niederschläge deutlich niedriger als im über 100jährigen Mittel.

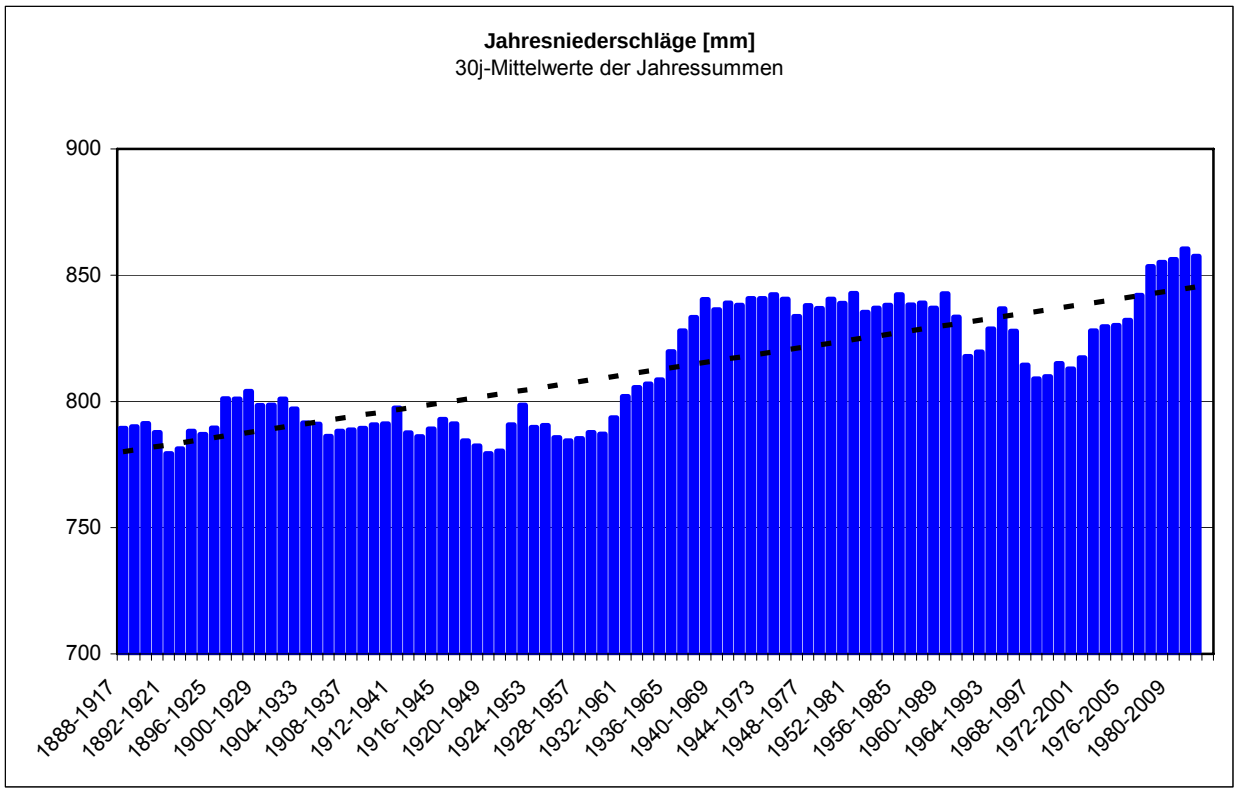


Abb. 2-10 30jährige Mittelwerte der Jahressummen der Niederschläge im Zeitraum 1888 bis 2011 an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation

Die Relevanz zur Klimaanpassung ist aber nicht über die Veränderung der Jahresniederschlagssummen gegeben, sondern resultiert aus dem projizierten Anstieg von Tagen mit extrem hohen Niederschlägen. Aufgrund der hohen Varianz der Niederschläge ist eine gesicherte Aussage hierzu bisher nicht möglich. In den folgenden Abbildungen ist die bisherige Entwicklung der Extremniederschläge seit 1888 dargestellt. Daraus lassen sich Schlüsse für die zukünftige Entwicklung ziehen.

Abbildung 2-11 zeigt die Verteilung der Niederschlags-Tagessummen (Anzahl der Tage pro Niederschlag in 1 mm Schritten) seit 1888 und Trendlinien für die 30jährigen Perioden 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990 und für den aktuellen Zeitraum 1991 – 2011. Extreme Niederschläge mit über 30 mm Niederschlag am Tag treten höchst selten, im Mittel nur einmal im Jahr auf. An den Trendkurven kann man aber schon erkennen, dass extreme Niederschlagsereignisse im Bereich von 25 mm bis 40 mm Niederschlagssumme in den letzten 20 Jahren häufiger aufgetreten sind als in allen anderen Perioden zuvor (siehe blaue Kurve in der Abb. 2-11). Tagesniederschläge über 40 mm sind so selten, dass man keinen Unterschied mehr in den Trendkurven erkennen kann.

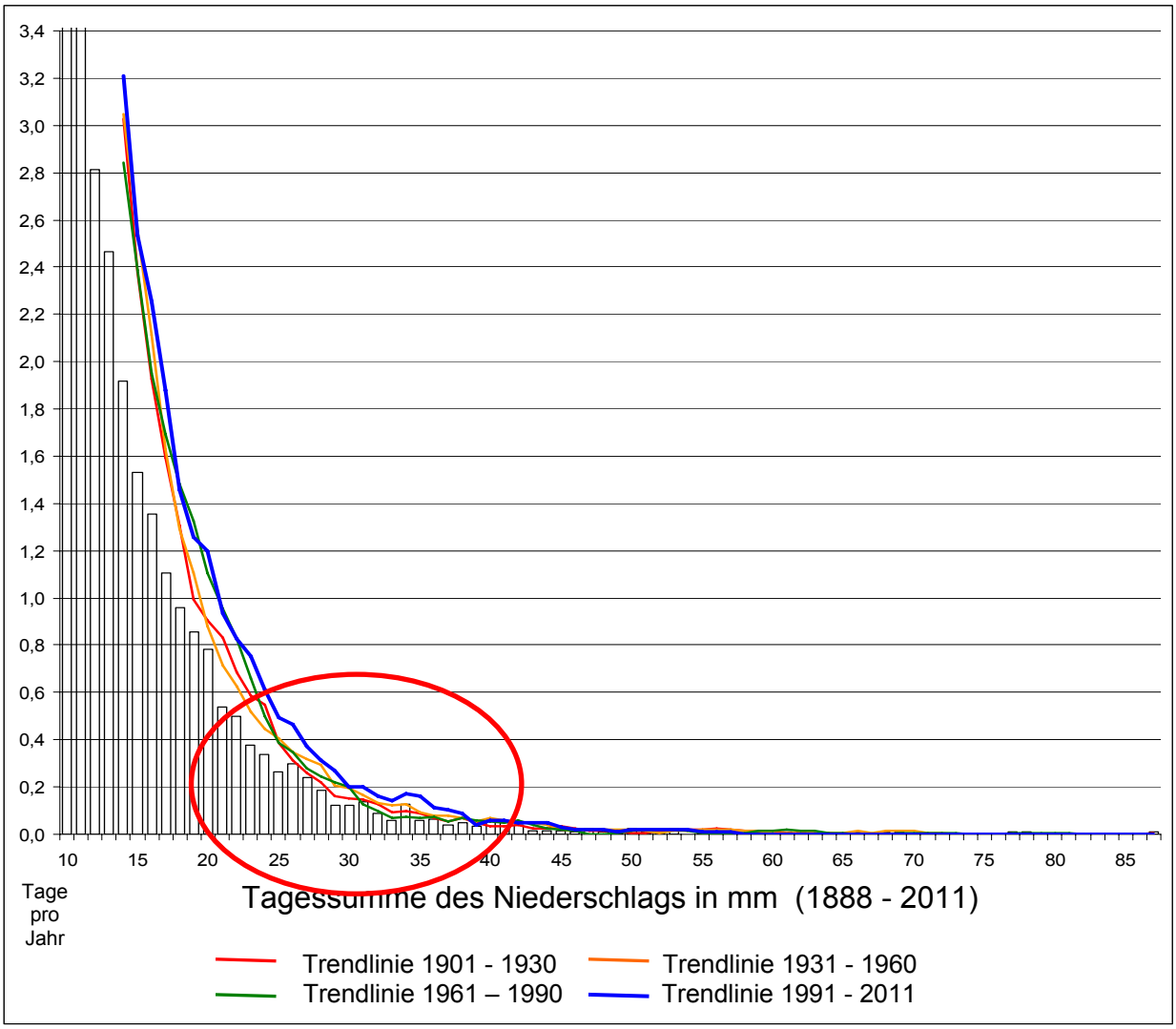


Abb. 2-11 Verteilung der Niederschlags-Tagessummen seit 1888 und Trendlinien für die 30jährigen Perioden 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990 und für den aktuellen Zeitraum 1991 - 2011

Die Abbildung 2-12 zeigt beispielhaft, wie die Niederschläge zeitlich verteilt während eines Extremereignisses fallen. Aus der Originalaufzeichnung vom 10. Juni 1910 lässt sich eine Tagesniederschlagssumme von 54,5 mm ermitteln, das ist Platz 15 der höchsten Niederschläge, die bisher in Bochum gefallen sind (siehe Tabelle 2-1).

Starkregen am 10.06.1910: 54,8 mm

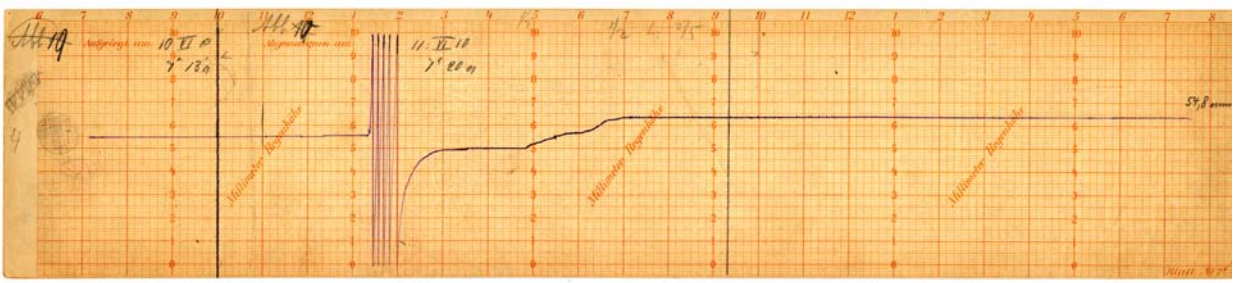


Abb. 2-12 Aufzeichnung eines Starkregenereignisses vom 10.06.1910

Ausschlaggebend für einen Extremniederschlag ist, dass der Regen nicht gleichmäßig über den Tag verteilt gefallen ist, sondern innerhalb eines Zeitraumes von weniger als einer Stunde. Dadurch kann das Niederschlagswasser nicht schnell genug versickern oder über die Kanalisation abgeführt werden und es kommt zu Überschwemmungen insbesondere in Gebieten mit versiegelten Oberflächen.

In der Tabelle 2-1 sind die 100 stärksten Niederschlagsereignisse in Bochum seit 1888, sortiert nach Tagessumme, aufgelistet. Mit 97,9 mm fiel am 31. Juli 1917 die bisher höchste Niederschlagstagessumme in der Bochumer Innenstadt. Alle Starkregenereignisse in dieser Liste, die in den letzten 10 Jahren stattgefunden haben, sind rot markiert. Damit sind 11 der 100 stärksten Ereignisse seit 2002 aufgetreten. Das ergibt noch keinen statistisch abgesicherten Trend hin zu einer erhöhten Häufigkeit von Extremniederschlägen.

Tab. 2-1 Die 100 stärksten Extremniederschlagsereignisse an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation seit 1888

Datum			Niederschlagshöhe in mm								
31	07	1917	97,9	**14**	**09**	**1998**	**43,9**	03	12	1960	36,8
20	08	1900	78,0	23	11	1890	43,3	25	05	1933	36,5
30	08	1968	76,2	29	06	1897	42,3	**12**	**09**	**2008**	**36,5**
04	**08**	**1982**	**68,2**	**21**	**08**	**2007**	**42,3**	14	09	1901	36,2
06	09	1949	68,0	18	11	1971	41,7	14	10	1926	36,0
17	04	1936	65,9	21	08	1914	41,6	14	08	1945	35,9
03	11	1940	61,8	15	09	1964	41,6	29	10	1888	35,7
02	06	1961	60,4	04	12	1960	41,4	26	11	1939	35,6
07	08	1924	60,0	17	08	1908	41,2	**22**	**09**	**1987**	**35,6**
24	05	1897	59,1	26	05	1899	40,9	09	12	1965	35,3
20	07	1980	58,1	13	07	1979	40,9	**31**	**10**	**1998**	**35,3**
26	09	1956	56,3	**17**	**09**	**2006**	**40,3**	21	07	1939	35,1
29	06	1981	56,3	15	01	1918	40,2	23	08	1908	35,0
17	09	1918	55,3	30	09	1956	40,2	04	07	1920	35,0
10	06	1910	54,8	22	06	1959	40,1	30	12	1940	35,0
31	07	1960	54,8	03	02	1909	39,9	15	06	1971	34,9
29	**01**	**1995**	**52,7**	30	04	1938	39,8	16	05	1926	34,7
18	07	1910	52,6	08	07	1952	39,8	24	05	1889	34,1
06	07	1931	52,6	14	08	1954	39,7	14	06	1966	34,1
18	07	1917	51,6	26	07	1895	39,3	27	11	1949	34,0
18	08	1936	51,4	**25**	**09**	**1993**	**39,3**	**08**	**08**	**2010**	**34,0**
15	06	1968	50,7	**03**	**08**	**2008**	**39,3**	10	10	1923	33,9
12	**07**	**1995**	**49,7**	**06**	**02**	**1984**	**39,1**	15	08	1945	33,9
18	06	1917	49,2	20	07	1975	39,0	**12**	**11**	**2010**	**33,9**
14	**07**	**1985**	**49,2**	**07**	**05**	**2007**	**39,0**	09	03	1888	33,8
28	**05**	**1984**	**48,5**	03	09	1975	38,8	**07**	**10**	**2009**	**33,5**
20	**08**	**2002**	**47,2**	27	10	1935	38,7	15	11	1919	33,4
09	06	1949	46,3	28	05	1923	37,6	27	07	1971	33,3
25	07	1894	46,2	**30**	**11**	**1988**	**37,6**	**02**	**07**	**2009**	**33,3**
07	05	1931	46,2	22	07	1968	37,4	**03**	**07**	**2009**	**33,3**
19	05	1960	45,4	23	06	1975	37,3	**23**	**01**	**1990**	**33,2**
07	06	1905	44,2	08	07	1926	37,2	04	02	1909	33,1
31	07	1910	44,1	**28**	**08**	**1996**	**37,1**	11	07	1958	33,1

Um eine ausreichende Zahl an Ereignissen für die statistische Untersuchung von Starkregen zu haben, wurden im Folgenden alle Tage mit einer Niederschlagssumme von 20 mm und mehr untersucht. Abbildung 2-13 zeigt die 30jährigen Mittelwerte der Starkregentage im Jahr seit 1888. Zu Beginn der Messreihe lag die Anzahl bei im Mittel 3,8 Tagen im Jahr, aktuell fällt an 4,7 Tagen im Jahr 20 mm oder mehr Niederschlag. Damit ist im Verlauf der 124 Messjahre eine Steigerung von 24 % zu erkennen. Dieser Anstieg liegt deutlich höher als der Anstieg der Jahresniederschlagssummen seit 1888, der nur knapp 8 % beträgt (Abb. 2-10). Bei einer nur geringen Erhöhung der Gesamtniederschläge ist seit über 100 Jahren also eine Zunahme an Tagen mit Starkregen ab 20 mm zu erkennen. Dies wird sich laut der Klimaprojektionen für die nächsten 50 bis 100 Jahre noch verstärken.

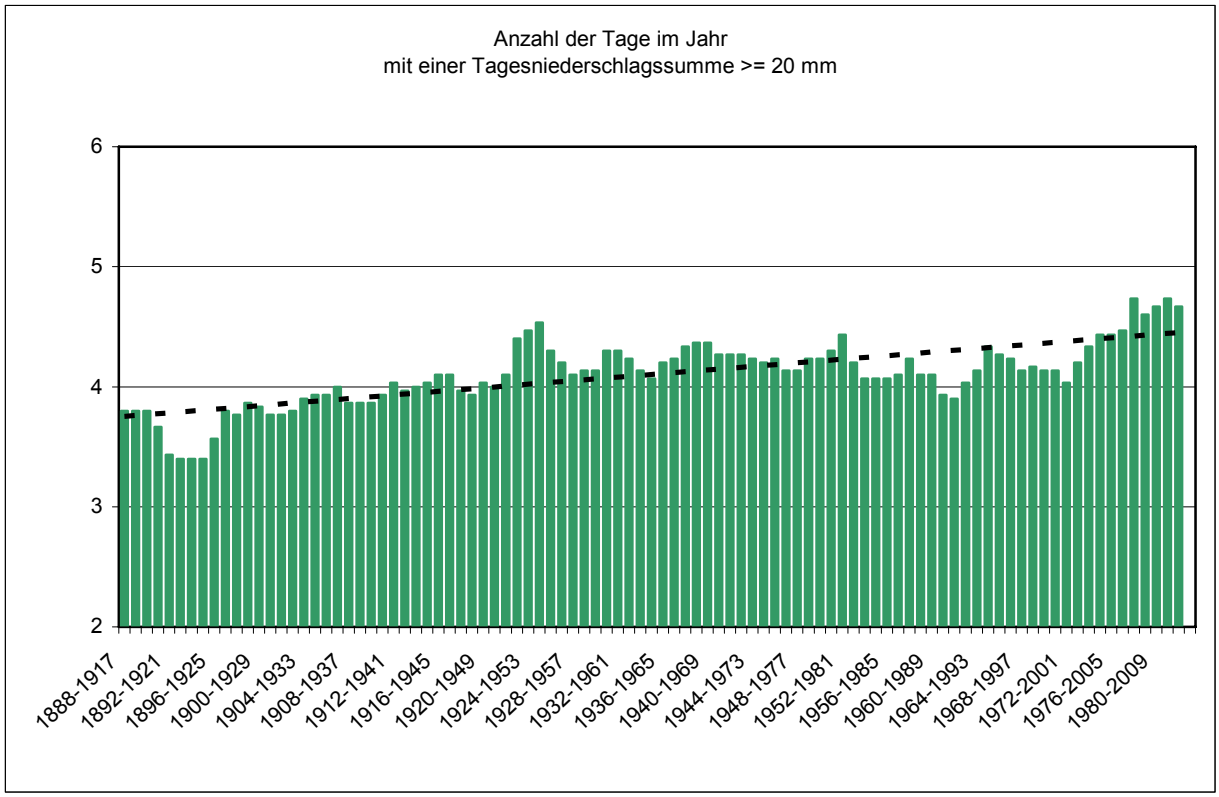


Abb. 2-13 30jährige Mittelwerte der Anzahl der Tage im Jahr mit einer Tagesniederschlagssumme ≥ 20 mm im Zeitraum 1888 bis 2011 an der Bochumer Ludger-Mintrop-Stadtklimastation

2.2 Projektionen für die zukünftige Entwicklung des Klimas in Bochum

Für diese Arbeit kommen Simulationsergebnisse von vier verschiedenen regionalen Klimamodellen in Betracht, die das Ruhrgebiet räumlich abdecken. Die Ergebnisse des Szenarios A1B (IPCC 2007) liegen als synthetische Tagemittelwerte im Jahresgang für einzelne Dekaden vor. Zusätzlich gibt es für den Zeitraum 1971 bis 2000 Messzeitreihen von nordrhein-westfälischen Klimastationen für Vergleichzwecke (MUNLV 2010).
Anhand der vier regionalen Klimamodelle WETTREG, STAR II, CLM und REMO10 lassen sich die Auswirkungen des Klimawandels für das gesamte Ruhrgebiet flächenhaft darstellen. Der Modellvergleich liefert dabei vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Modellansätze sowohl Aussagen zur räumlichen Differenzierung als auch zur Bandbreite der Wertebereiche dargestellter meteorologischer Größen. Unter diesen Aspekten werden nachfolgend die Auswirkungen des Klimawandels für das Ruhrgebiet anhand des Temperaturfeldes und des Niederschlagsregimes untersucht. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt hierbei in der Darstellung der Änderung der meteorologischen Kenngrößen für die Dekade 2051 bis 2060 im Vergleich zur Bezugsdekade 1991 bis 2000. (MUNLV 2010)
Es ist darauf hinzuweisen, dass die Simulationsergebnisse der regionalen Klimamodelle keine Vorhersagen zum zukünftigen Klima liefern, sondern lediglich Abschätzungen auf Basis hypothetischer Annahmen. Bei den dargestellten Ergebnissen der Zukunftsprojektionen handelt es sich nur um mögliche Szenarien und nicht um die tatsächlich so eintreffende Wahrheit.

Zusammenfassend zeigen die Modellprojektionen, dass die Entwicklung für das Ruhrgebiet in etwa dem NRW-Trend entspricht. Die Untersuchungen zur zukünftigen Entwicklung des Klimas in Bochum erfolgen speziell mithilfe des Modells STAR II aufgrund seiner hohen räumlichen Differenzierbarkeit und des Vorliegens messnetzbasierter Simulationsergebnisse für viele Städte des Ruhrgebietes. Die vorliegenden Auswertungen der projizierten Auswirkungen des Klimawandels für die Städte Dortmund und Bottrop (MUNLV 2010) werden auf Bochum übertragen. Dabei werden jeweils die für Dortmund und Bottrop aus dem regionalen Modell angegebenen Veränderungen auf die Klimazeitreihe aus Bochum angewandt. In die Angaben zur Veränderung der Temperatur- und Niederschlagswerte aus Dortmund und Bottrop fließt dabei noch eine Gewichtung mit ein. Da die Stadtstruktur von Dortmund eher der Bochumer Struktur entspricht und zudem die räumliche Entfernung zu Bottrop etwas größer ist, gehen die Dortmunder Werte zweifach in die Gewichtung ein. Beispielsweise wird für Bottrop ein Anstieg der Heißen Tage um rund 150 %, für Dortmund aufgrund der stärker ausgeprägten städtischen Wärmeinsel dagegen um 240 % für das Szenario 2051-2060 projiziert. Daraus ergibt sich für das räumlich und größenmäßig dazwischen liegende Bochum ein Anstieg der Heißen Tage bis zur Dekade 2051-2060 um rund 210 %.

Im Folgenden werden die Klimaprojektionen des Szenarios 2051-2060 für das Ruhrgebiet und speziell für Bochum dargestellt.

2.2.1 Zukünftige Entwicklung der Lufttemperaturen und der Wärmebelastungen

Die von den vier regionalen Klimamodellen berechnete und zu erwartende Änderung der Jahresmitteltemperatur ist in Abbildung 2-14 als absolute Differenz zwischen der Auswertedekade (2051-2060) und der Bezugsdekade (1991-2000) dargestellt. Die Bandbreite der Temperaturänderungen zeigt modellübergreifend eine Temperaturerhöhung der Jahresmitteltemperatur der Luft zwischen 1,5 K und 2,1 K an, d. h. die Variation der Modellergebnisse beträgt max. 0,6 K. Der Vergleich der Modelle zeigt allerdings Unterschiede sowohl hinsichtlich der Ausprägung der Erwärmung als auch der räumlichen Differenzierung. Die stärkste Erwärmung wird vom Modell STAR II mit Werten zwischen 1,9 K und 2,1 K projiziert, während das Modell WETTREG im Modellvergleich die schwächste Erwärmung zwischen 1,5 K und 1,7 K simuliert. Für die übrigen Modelle liegt der Wertebereich der Temperatur im mittleren Bereich. Er beträgt für das Modell CLM 1,6 K bis 1,9 K und für REMO10 1,8 K bis 2,0 K. Bei der räumlichen Differenzierung der Anstiege der Jahresmitteltemperaturen zeigen sich bei den Modellen heterogene Verteilungsmuster. Alle Modelle weisen aber räumliche Unterschiede von unter 0,5 K auf. (MUNLV 2010)

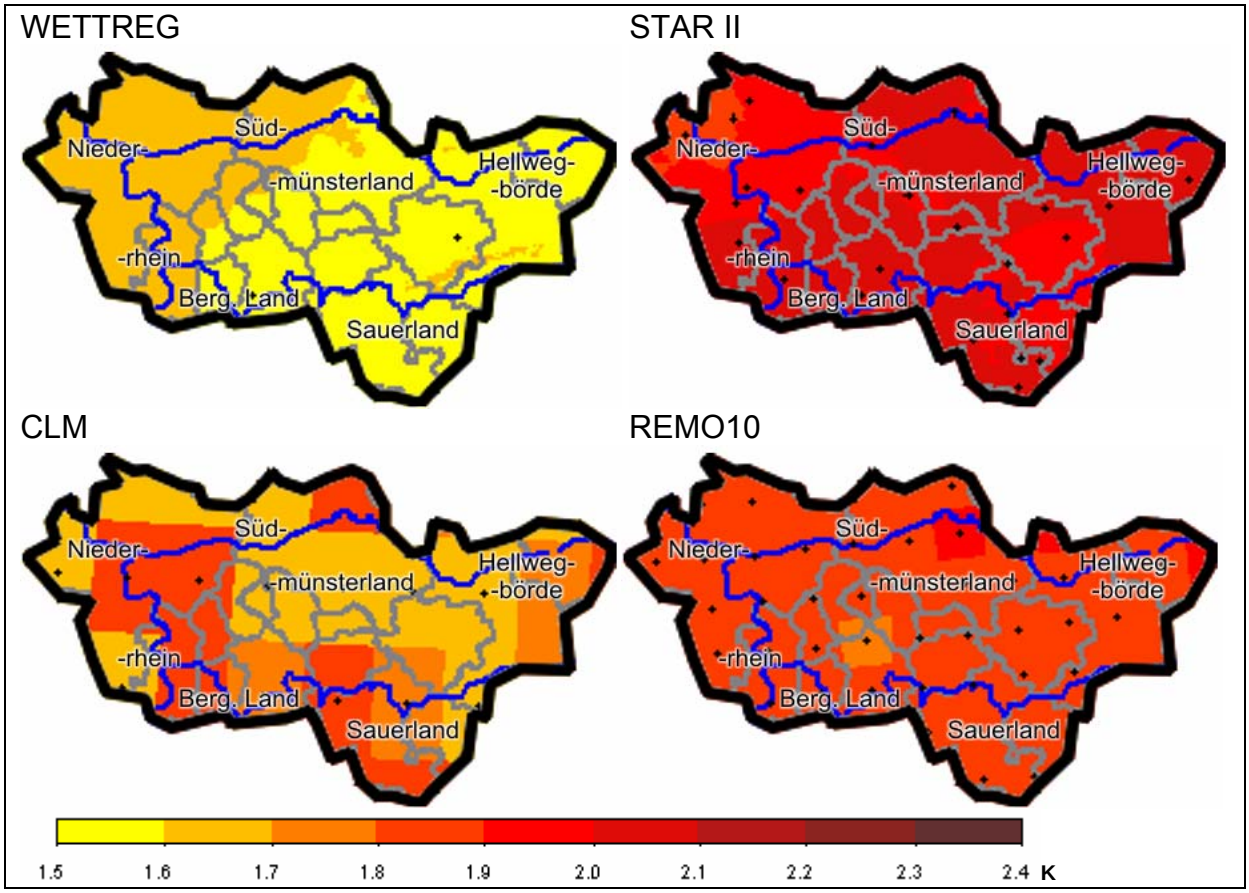


Abb. 2-14 Regionale Klimatrends: Differenz der Jahresmitteltemperatur zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 für das Ruhrgebiet (IPCC-Szenario A1B, Datenbasis: LANUV 2008)

Bezüglich der zu erwartenden Änderung der Jahresmitteltemperatur der Luft ist festzuhalten, dass für das Ruhrgebiet eine Erwärmung von 1,5 K bis 2,1 K erwartet wird. Räumliche Schwerpunkte der Erwärmung sind nicht eindeutig feststellbar.

Im Hinblick auf die thermische Belastung der Bevölkerung sind die zu erwartenden Änderungen der sommerlichen Höchsttemperaturen von Interesse. Abbildung 2-15 zeigt im Modellvergleich den projizierten Anstieg der mittleren maximalen Lufttemperatur für die Sommermonate Juni bis August zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060. In diesem Vergleich fällt das Modell STAR II besonders auf, da es mit Werten zwischen 2,1 K und 2,7 K den Temperaturanstieg wesentlich höher einschätzt als die übrigen Modelle. Das Modell CLM gibt einen Wertebereich von 1,5 K bis 1,9 K an, bei den Modellen WETTREG und REMO10 erreicht der Temperaturanstieg 1,1 K bis 1,6 K respektive 1,4 K. Der über alle vier Modelle gemittelte Wertebereich des Anstiegs der sommerlichen Maximaltemperaturen beträgt 1,5 K bis 1,9 K. Bei der räumlichen Differenzierung liegt der Schwerpunkt der Überwärmung im südlichen Ruhrgebiet im Bereich der Ausläufer des rheinischen Schiefergebirges. Ein relativ geringer Temperaturanstieg wird für den nördlichen Niederrhein projiziert. Vor dem Hintergrund der geringen Gebietsdifferenzen innerhalb der jeweiligen Modelle sind die Ergebnisse nur als Tendenzen zu betrachten. (MUNLV 2010)

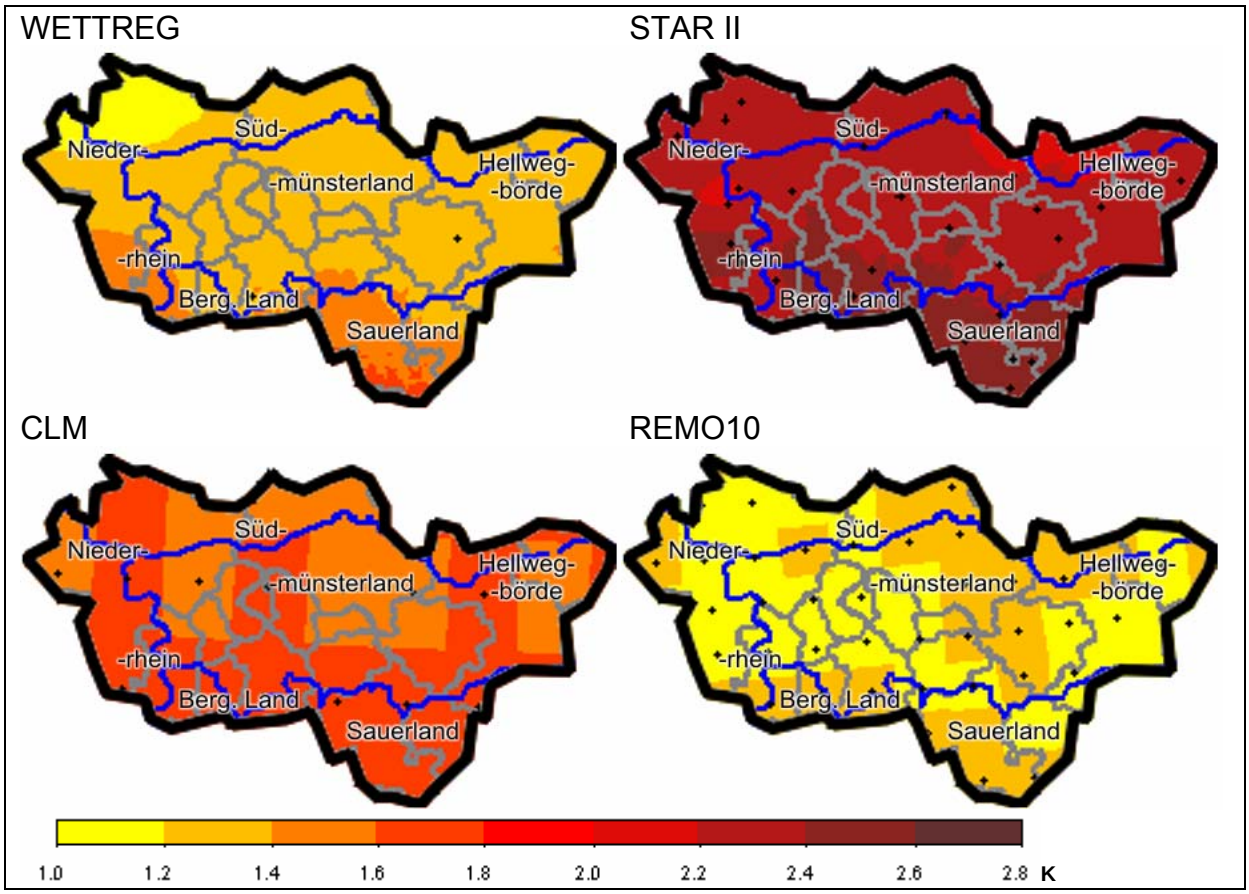


Abb. 2-15 Regionale Klimatrends: Differenz der Lufttemperatur-Sommermaxima (Juni-August) zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 für das Ruhrgebiet (IPCC-Szenario A1B, Datenbasis: LANUV 2008)

Sowohl für den Bereich des Ruhrgebietes wie auch speziell für Bochum ist nach den Projektionen das Modell STAR II das „wärmste“ der vier Regionalmodelle, zeigt also den „worst case“ der zukünftigen Entwicklung der Lufttemperaturen und der Wärmebelastungen. Zusammenfassend zeigt die Tabelle 2-2 die Entwicklung der Lufttemperaturen und der kalten und warmen Tage in Bochum. Die ersten Spalten fassen die bisherige Entwicklung in den letzten 100 Jahren seit 1912 zusammen (siehe Kap 2.1.1). Darauf aufbauend werden mit den Änderungswerten aus den Projektionen des STAR II – Modells die mittleren Jahreswerte der Dekade 2051-2060 berechnet.
Je nachdem, ob die Veränderungen auf das 100jährige Mittel oder das aktuelle 30jährige Mittel 1982-2011 angewandt werden, ergeben sich leicht unterschiedliche mittlere Jahreswerte für das Szenario 2051-2060. Das Jahresmittel der Lufttemperaturen wird von aktuell 11,5 °C auf 13,5 °C ansteigen. Damit wird in den nächsten 50 Jahren etwa der gleiche Anstieg erfolgen wie in den zurückliegenden 100 Jahren.

Tab. 2-2 Entwicklung der Lufttemperaturen und der Wärmebelastungen in Bochum

Entwicklung der Lufttemperaturen und der Wärmebelastungen in Bochum							
	IST-Zustand				**Szenario 2051-2060**		
	Jahreswerte			*Bisherige Veränderungen seit 1912*	***Zukünftige Veränderungen nach STAR II – Modell (LANUV 2008)***	**Mittlere Jahreswerte der Dekade 2051-2060**	
	100jähr. Mittel 1912-2011	erste 30jähr. Mittel ab 1912	**aktuelle 30jähr. Mittel bis 2011**			Grundlage: 100jähriges Mittel	**Grundlage: aktuelles 30j. Mittel**
Lufttemperatur	10,4 °C	9,5 °C	**11,5 °C**	*+ 2 K*	***+ 2 K***	12,4 °C	**13,5 °C**
Eistage	11,3	13,5	**7,5**	*- 44 %*	***- 64 %***	4	**3**
Frosttage	48,8	51	**46**	*- 10 %*	***- 40 %***	29	**28**
Sommertage	31,8	25	**42**	*+ 68 %*	***+ 85 %***	59	**78**
Heiße Tage	6,4	4	**10**	*+ 150 %*	***+ 210 %***	20	**31**
Tropennächte	0,9	0,9	**0,9**	---	***+ 180 %***	2,5	**2,5**

Die Frost- und Eistage werden noch deutlicher zurückgehen auf rund die Hälfte der heutigen Werte. Neben dem starken Anstieg der Sommertage und der Tropennächte fällt der extrem hohe Anstieg der Heißen Tage mit Lufttemperaturen über 30 °C auf. Während in den vergan-

genen 100 Jahren die Anzahl schon um 150 % angestiegen ist, kommt in den nächsten 50 Jahren nochmal ein Anstieg von über 200 % dazu. Damit kann es im Zukunftsszenario 2051-2060 statt aktuell 10 Heiße Tage bis zu 31 Heiße Tage im Jahr geben.

2.2.2 Zukünftige Entwicklung der Niederschlagsverteilung

Die für das Ruhrgebiet zu erwartenden Änderungen der Niederschlagsverhältnisse werden gleichfalls mit den regionalen Modellen abgeschätzt. Die relative Differenz der Jahressumme des Niederschlages zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 für das Ruhrgebiet ist in Abbildung 2-16 dargestellt. In allen Modellen ist ein relativer Anstieg des Jahresniederschlages zu verzeichnen. Während die Modelle WETTREG und REMO10 nur einen leichten Niederschlagsanstieg von 2,4% bis 10,8% bzw. von 0,9% bis 12,4% projizieren, ist beim Modell CLM ein mäßiger Niederschlagszuwachs von 6,1% bis 13,4% zu beobachten. Demgegenüber weist das Modell STAR II mit Zuwächsen zwischen 12,7% und mehr als 36% deutlich höhere Abschätzungen auf. Eine Zuordnung räumlicher Schwerpunkte der Niederschlagsänderungen ist nicht sinnvoll. (MUNLV 2010)

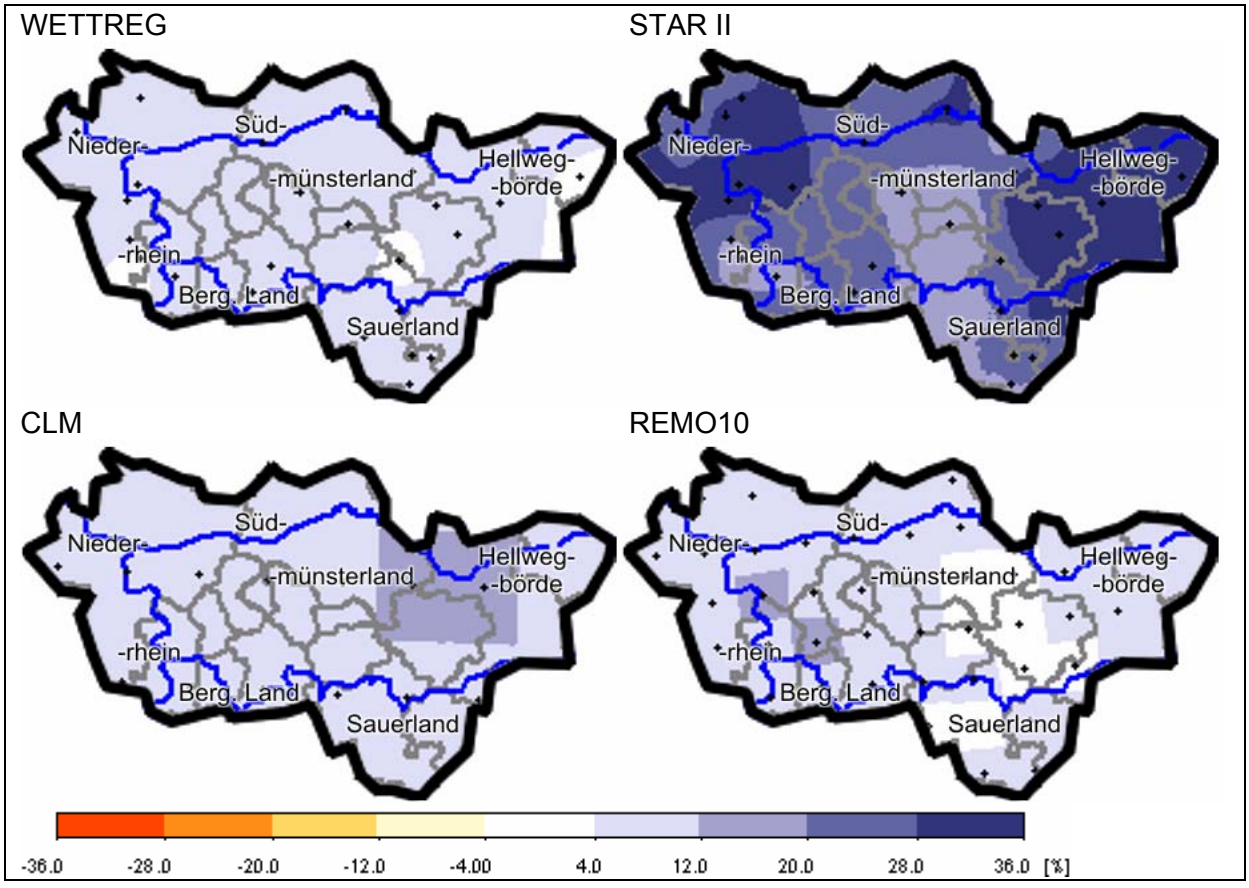


Abb. 2-16 Regionale Klimatrends: Differenz der Jahressumme der Niederschläge zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 für das Ruhrgebiet (IPCC-Szenario A1B, Datenbasis: LANUV 2008)

Die Untersuchung der sommerlichen Niederschlagsverhältnisse in Abbildung 2-17 zeigt gleichfalls ein heterogenes Bild bezüglich der Trends und der räumlichen Differenzierungen. Das Modell WETTREG projiziert für das gesamte Ruhrgebiet einen Rückgang des Sommerniederschlages von -0,3% bis -21,0%. Demgegenüber zeigt das Modell STAR II für den Niederrhein und die Hellwegbörde mit einem Niederschlagszuwachs von bis zu 15% einen gegenläufigen Trend an, während für das mittlere Ruhrgebiet und das Rheinische Schiefergebirge ein Rückgang von bis zu 9% erkennbar ist. Die numerischen Modelle CLM und RMEO10 berechnen dagegen leicht zunehmende Niederschläge mit Werten von +1,9% bis +22,9%, wobei die die Zunahme beim Modell REMO10 deutlich stärker ausgeprägt ist. (MUNLV 2010)

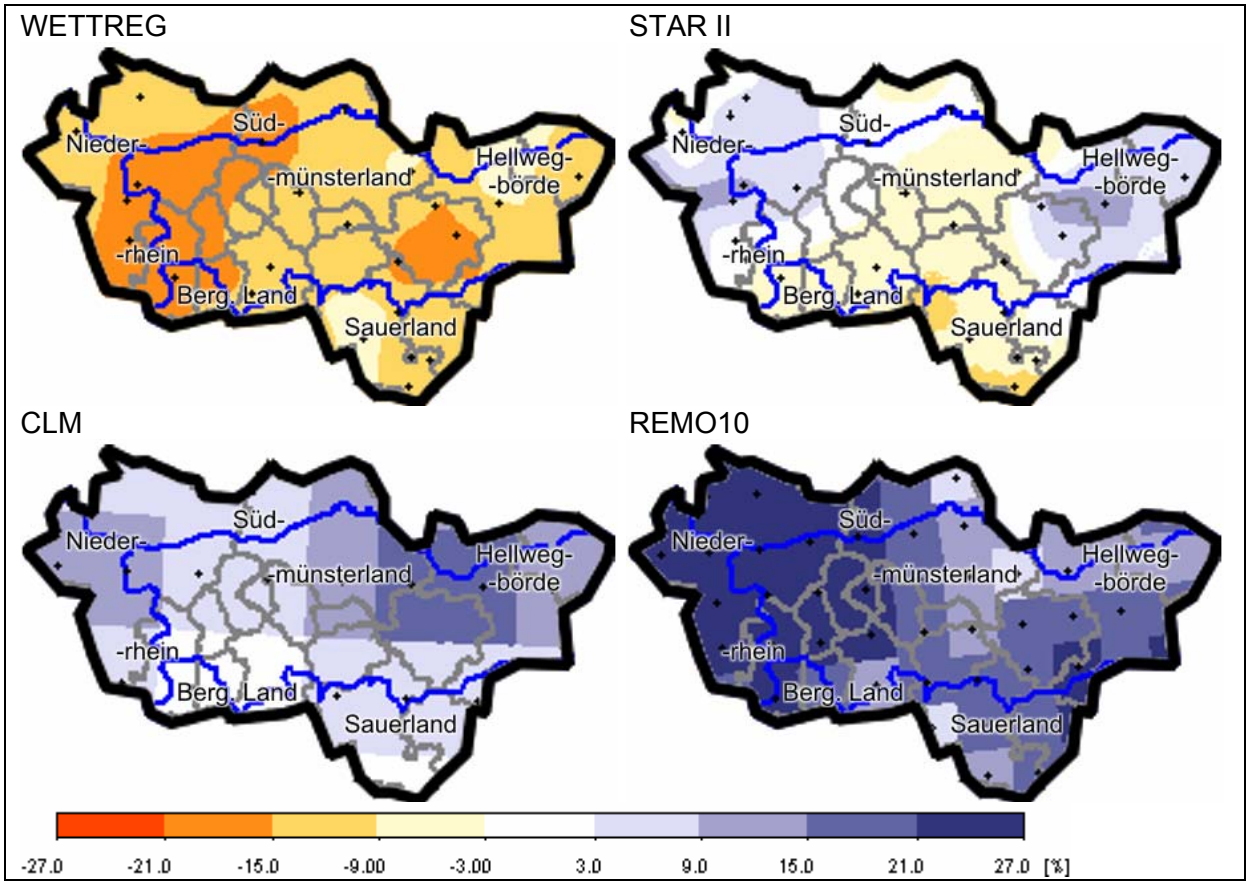


Abb. 2-17 Regionale Klimatrends: Differenz der Sommerniederschläge (Juni-August) zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 für das Ruhrgebiet (IPCC-Szenario A1B, Datenbasis: LANUV 2008)

Die in Abbildung 2-18 dargestellte Änderung der winterlichen Niederschlagssituation zeigt im Vergleich zu den vorherigen Niederschlagsuntersuchungen die höchste Bandbreite der relativen Änderungen. Während WETTREG und STAR II für das gesamte Ruhrgebiet einen Anstieg von 25% bis 45% berechnen, verzeichnen CLM und REMO10 in dieser Region Niederschlagsrückgänge von -5% bis -15%. Verglichen mit dieser Diskrepanz fällt die räumliche Differenzierung in den einzelnen Modellen nicht mehr ins Gewicht. (MUNLV 2010)

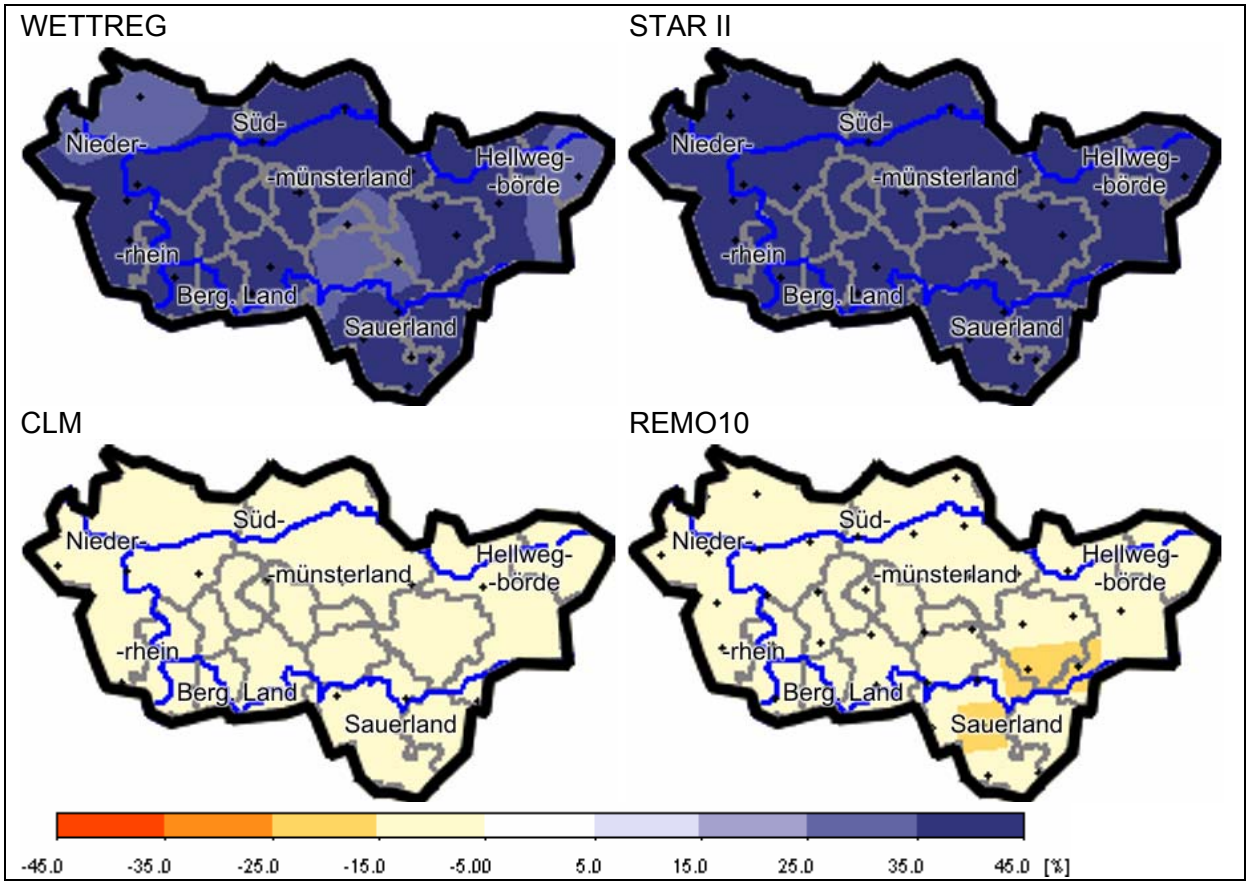


Abb. 2-18 Regionale Klimatrends: Differenz der Winterniederschläge (Dezember-Februar) zwischen den Dekaden 1991-2000 und 2051-2060 für das Ruhrgebiet (IPCC-Szenario A1B, Datenbasis: LANUV 2008)

Fasst man die drei Ergebnisse zu den sommerlichen, winterlichen und jährlichen Niederschlagsveränderungen zusammen, so bleibt festzuhalten, dass eine eindeutige Bestimmung der Niederschlagtrends nur für den Gesamtjahresniederschlag möglich ist. Eindeutige Aussagen zur Sommer- oder Wintersituation können anhand der vier vorliegenden regionalen Modelle aufgrund der stark divergierenden Ergebnisse weder für das gesamte Ruhrgebiet noch für die einzelnen Naturräume getroffen werden. Ferner kann nicht festgestellt werden, welches Modell die wahrscheinlichsten Ergebnisse liefert, da alle Modelle auf plausiblen Berechnungsansätzen beruhen. Daher besteht hier weiterer Forschungsbedarf. (MUNLV 2010)

Sowohl für den Bereich des Ruhrgebietes wie auch speziell für Bochum ist bei der projizierten Veränderung der Jahresniederschläge wieder das Modell STAR II das extremste der vier Regionalmodelle, zeigt also den höchsten Anstieg in Szenario 2051-2060. Für Bochum wird eine Zunahme der Jahresniederschläge von 32 % angenommen. Damit werden bei aktuell 850 mm Jahresniederschlag die zukünftigen Jahresniederschläge bei rund 1100 mm liegen. Tage mit Starkregen (≥ 20 mm Niederschlag am Tag) haben in der Vergangenheit in Bochum seit 1888 schon um 24 % zugenommen. In den nächsten 50 Jahren kann etwa mit dem gleichen Anstieg gerechnet werden. Dann wird es im Mittel an rund 6 Tagen im Jahr Starkregen geben.

Die Tabelle 2-3 fasst noch einmal die Veränderungen der Klimawerte in den letzten 100 Jahren und die daraus abgeleiteten Klimaprojektionen für das Szenario 2051-2060 zusammen. Insbesondere der Anstieg der Heißen Tage mit Tageshöchsttemperaturen von mindestens 30 °C von im Mittel 4 Tage pro Jahr im Zeitraum 1912-1941 auf über 30 Tage im Jahr im Zeitraum 2051-2016 ist dramatisch.

Tab. 2-3 Zusammenfassung der Entwicklung der relevanten Klimawerte für Bochum

Entwicklung relevanter Klimawerte für Bochum							
	IST-Zustand				**Szenario 2051-2060**		
	Jahreswerte			*Bisherige Veränderungen seit 1912*	***Zukünftige Veränderungen nach STAR II – Modell (LANUV 2008)***	**Mittlere Jahreswerte der Dekade 2051-2060**	
	100jähr. Mittel 1912-2011	erste 30jähr. Mittel ab 1912	**aktuelle 30jähr. Mittel bis 2011**			Grundlage: 100jähriges Mittel	**Grundlage: aktuelles 30j. Mittel**
Lufttemperatur	10,4 °C	9,5 °C	**11,5 °C**	*+ 2 K*	***+ 2 K***	12,4 °C	**13,5 °C**
Eistage	11,3	13,5	**7,5**	*- 44 %*	***- 64 %***	4	**3**
Frosttage	48,8	51	**46**	*- 10 %*	***- 40 %***	29	**28**
Sommertage	31,8	25	**42**	*+ 68 %*	***+ 85 %***	59	**78**
Heiße Tage	6,4	4	**10**	*+ 150 %*	***+ 210 %***	20	**31**
Tropennächte	0,9	0,9	**0,9**	---	***+ 180 %***	2,5	**2,5**
	124jähr. Mittel 1888-2011	erste 30jähr. Mittel ab 1888	**aktuelle 30jähr. Mittel bis 2011**	*Bisherige Veränderungen seit 1888*			
Niederschlag	818 mm	790 mm	**850 mm**	*+ 8 %*	***+ 32 %***	1080 mm	**1122 mm**
Tage mit ≥ 20 mm Niederschlag	4,2	3,8	**4,7**	*+ 24 %*	***+ 26 %***	5,3	**5,9**

3. Anfälligkeiten bezüglich des Klimawandels in Bochum

3.1 Die klimatische Situation im Stadtgebiet von Bochum

Der Klimawandel betrifft auch Bochum. Für das Gebiet der Stadt Bochum werden seit über hundert Jahren Wetterdaten gesammelt und ausgewertet. In den letzten Jahren kamen moderne Methoden der Datenerfassung und -auswertung hinzu wie z.B. die Aufnahme von Thermalbildern zur Messung von Oberflächentemperaturen, Messwagenfahrten in verschiedenen Stadtteilen (Abb. 3-1) oder Messreihen mit Hilfe von Thermalkameras. Für das Gebiet der Stadt Bochum wurde aufbauend auf diesen Daten im Jahre 2008 eine umfassende Klimaanalyse angefertigt.

Abb. 3-1 Messwagenfahrt in der Bochumer Innenstadt

3.1.1 Ergebnisse der Klimaanalyse von 2008

Neben der Erhebung von einzelnen Daten und Messreihen wurde mit der Klimaanalyse der Stadt Bochum ein erstes planerisch relevantes Instrument geschaffen. Die Klimaanalyse gibt zunächst Auskunft über unterschiedliche, so genannte Klimatope in der Stadt, wie z.B. das „Innenstadtklimatop“, das „Parkklimatop“ oder das „Industrieklimatop“. Unter dem Begriff Klimatop werden Stadtbereiche mit gleicher Struktur und klimatischer Ausprägung zusammengefasst.

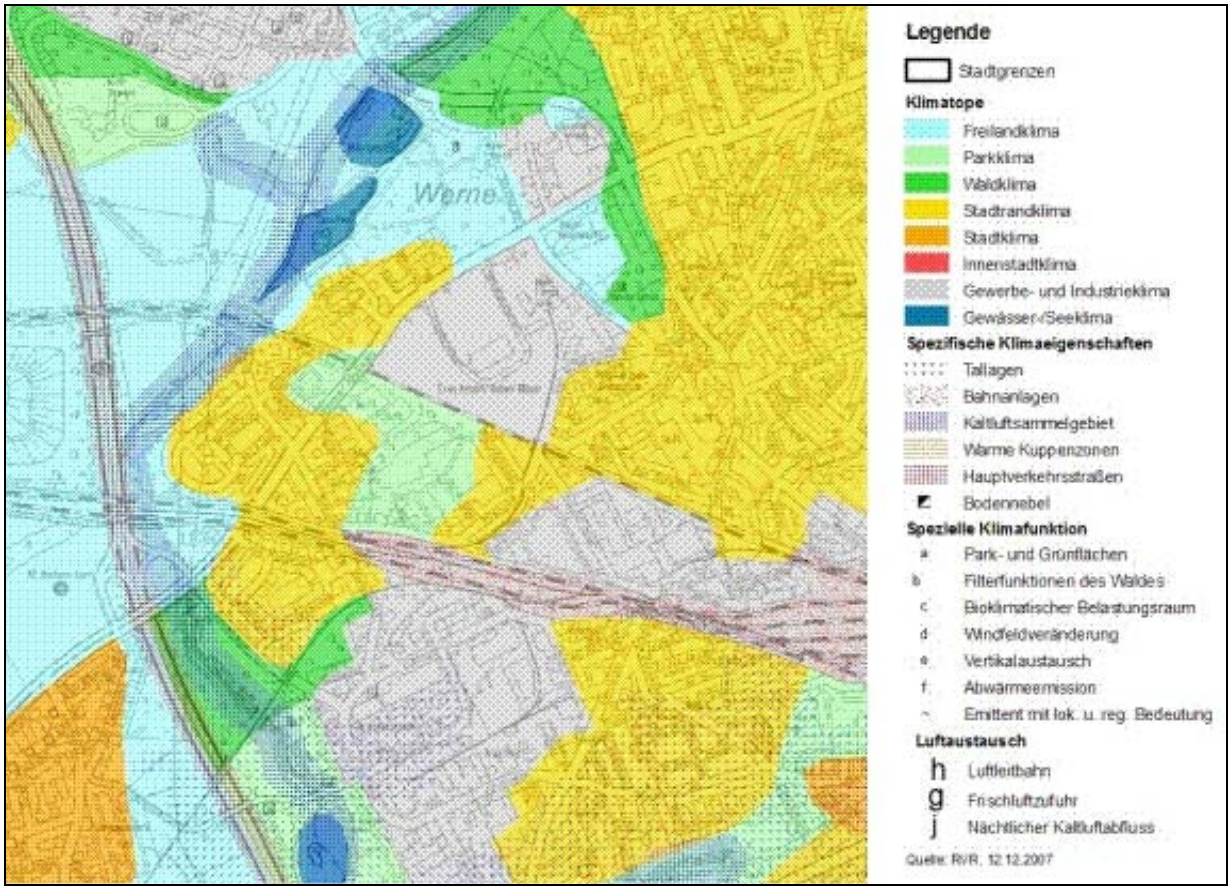


Abb. 3-2 Auszug aus der Klimafunktionskarte der Bochumer Klimaanalyse (Stadt Bochum 2008)

Darüber hinaus enthält die Klimaanalyse auch eine so genannte Planungskarte, die allgemeine planerisch relevante Hinweise z.B. zur Freihaltung von Frischluftschneisen oder zur Verhinderung weiterer baulicher Verdichtung in verschiedenen Stadtgebieten enthält.

Die Klimaanalyse gibt erste Anhaltspunkte, wie in der Planung mit dem sich zukünftig weiter verändernden Klima umgegangen werden kann. Sie enthält Informationen über

- die Lokalisierung regionaler und lokaler Ausgleichsräume im Stadtgebiet,
- die Ermittlung potentieller Luftleitbahnen als Frischluftlieferanten für höher belastete Areale,
- die Art der Windfeldveränderungen durch die Bebauungsstrukturen,
- Gebiete, die nicht weiter versiegelt werden sollten.

Für einzelne, konkrete Klimaanpassungsmaßnahmen wie zum Beispiel die Auswahl von Baumaterialien, die Fassaden- und Dachgestaltung, etc. reichen die Hinweise und Angaben der Klimaanalyse allerdings nicht aus. Zudem ist der Aspekt der künftigen Klimaveränderungen noch nicht in der Klimaanalyse der Stadt Bochum enthalten.

3.1.2 Die digitale Klimatopkarte von Bochum

Eine rechnergestützte Modellierung der Auswirkung anthropogener Beeinflussung des Klimas im städtischen Raum in Form einer Klimatopkarte bietet einige Vorteile. Die erfassten Daten bleiben in einer konsistenten Form gespeichert und erleichtern damit eine Fortführung des Kartenmaterials. Durch die Festlegung eines einheitlichen Analyseansatzes und eine nachvollziehbare Gewichtung können subjektive Einflüsse reduziert bzw. verifiziert werden. Im Ergebnis präsentiert sich eine berechnete Klimatopkarte deutlich detaillierter und räumlich höher aufgelöst als die üblicherweise manuell erstellten Karten dieser Art. Hierdurch wird eine Darstellung erreicht, welche die realen Stadtstrukturen im klimatischen Sinne realitätsnäher abbilden kann.

Bestimmend für die Einteilung des Stadtgebietes in Klimatope ist die dominierende Nutzungsart sowie die thermale Situation an dem jeweiligen Ort. Entsprechend dienen als Grundlage für die Berechnung der Klimatopkarte die Karte der Nutzungsstruktur, die Karte der Lufttemperaturverteilung (Abb. 3-3) sowie eine klassifizierte Thermalkarte (Abb. 3-4).

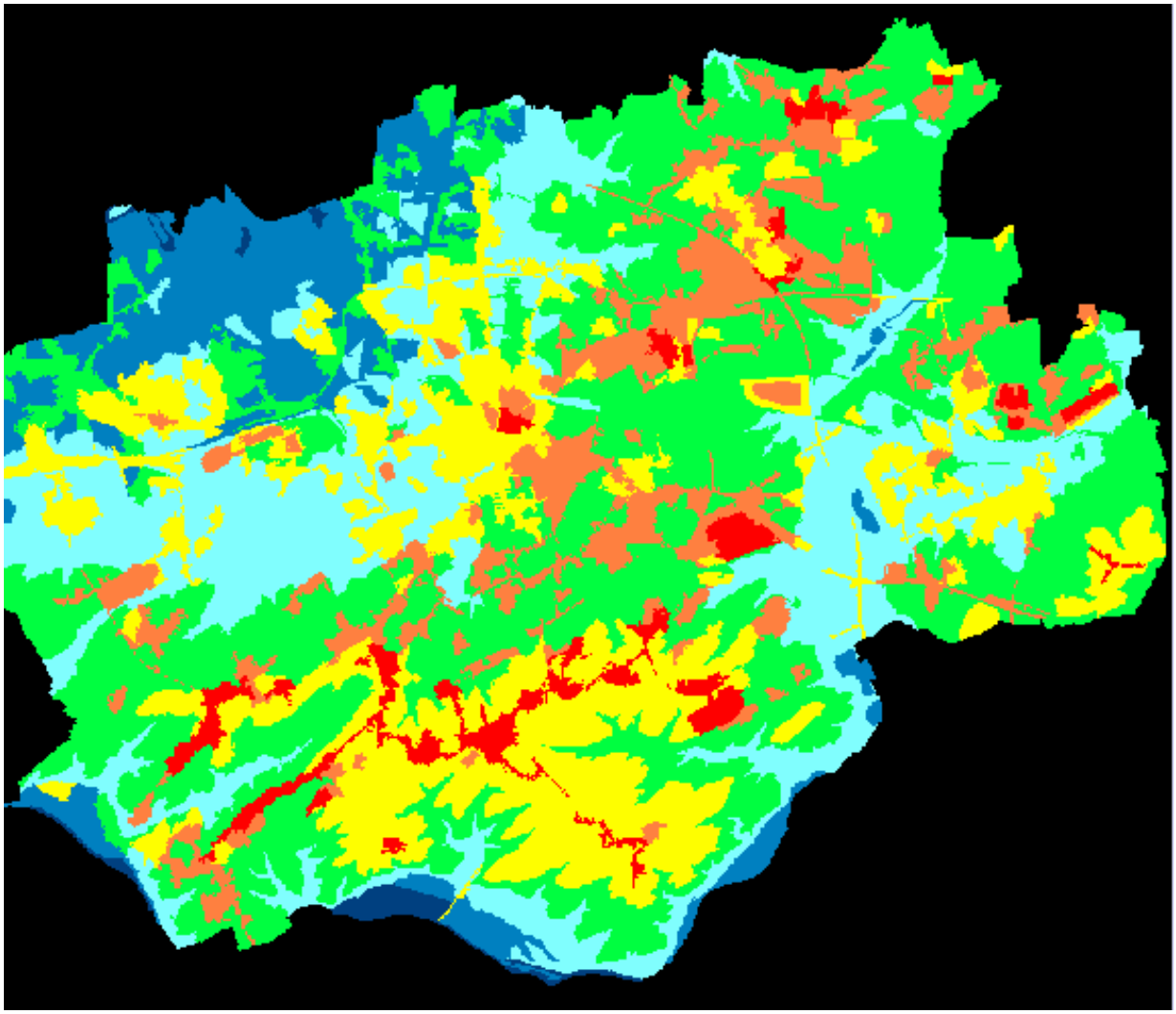


Abb. 3-3 Karte der relativen nächtlichen Lufttemperaturverteilung in Bochum

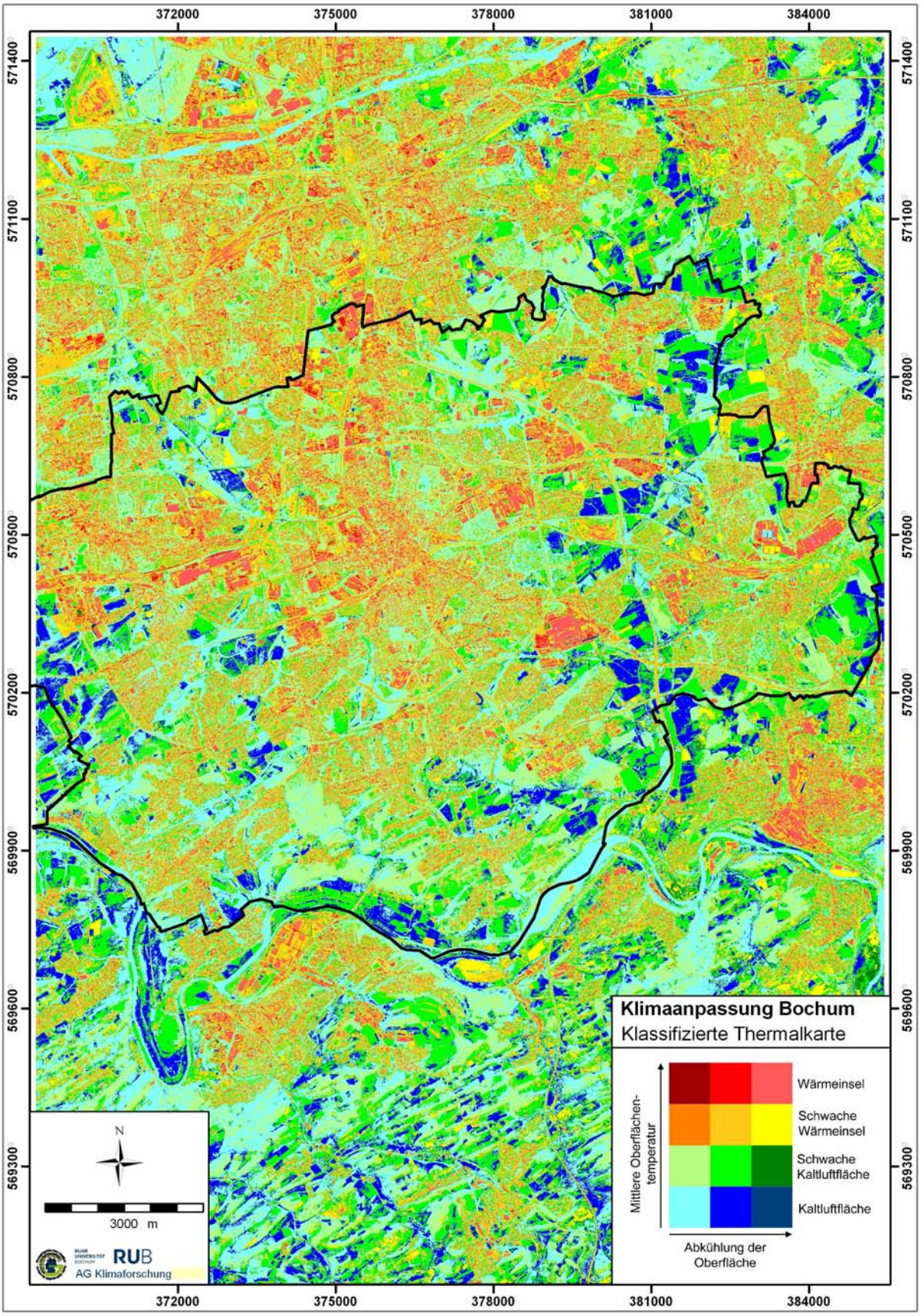


Abb. 3-4 Klassifizierte Thermalkarte für das Bochumer Stadtgebiet (Datengrundlage: Aktuelle Thermalkarten, Tag- und Nachtsituation

Thermalbilder sind in ihrer Eigenschaft der strikten Abbildung der Oberflächentemperaturen für die Beurteilung der stadtklimatischen Situation zunächst nur bedingt nutzbar. Eine höhere Aussagekraft lässt sich durch die Erstellung einer klassifizierten Thermalkarte erreichen. Zu diesem Zweck müssen zunächst die mittlere Oberflächentemperatur (Tag+Nacht/2) und die nächtliche Abkühlung (Nacht-Tag), auf Grundlage der aktuellen Thermalbilder aus dem Jahr 2011, ermittelt werden. Dies geschieht mit Hilfe der Kartenalgebra in GIS. Die mittleren Oberflächentemperaturen werden in vier Klassen gegliedert. Diese Einteilung beschreibt Gebiete mit den Temperatureigenschaften von Kaltluftflächen, schwachen Kaltluftflächen, schwachen Wärmeinseln und Wärmeinseln. Für die nächtliche Abkühlung werden drei Klassenbereiche definiert (<12 K, 12 bis 20 K und >20 K Temperaturabnahme). Die Ergebnisse werden zu einer klassifizierten Thermalkarte zusammengefügt (siehe Abb. 3-4).
Die Legende weist die ansteigenden Mittelwerttemperaturen von Kaltluftflächen zu Wärmeinseln in den Farbstufen Blau, Grün, Gelb und Rot aus. Die Intensität der jeweiligen Temperaturpotenziale wird von schwacher zu starker Ausprägung über einen zunehmend dunkleren Farbton dargestellt. Im Ergebnis ist die Darstellung der klassifizierten Thermalkarte nicht frei von systematischen Fehlern, welche in der Aufnahmetechnik der zu Grunde liegenden Thermalbilder begründet liegen. Im Thermalbild wird bei bewaldeten Flächen nur das Kronendach abgebildet, der klimatisch abweichende Stammraum wird nicht aufgenommen. Mit Glas oder Metall bedeckte Dachflächen bedingen eine weitere Ungenauigkeit, da diese durch ihren geringen Emissionskoeffizienten außerhalb der Referenztemperaturwerte der Multispektralen Scannerbefliegung liegen und hierdurch zu kalt abgebildet werden. Die Nutzung dieser Karte zur Erzeugung der Klimafunktionskarte ist jedoch nicht eingeschränkt, da, wie in den weiteren Ausführungen erläutert, die Waldflächen ohne Berücksichtigung der thermalen Situation direkt in das Waldklimatop eingeordnet werden. Für die fehlerhafte Darstellung von metall- oder glasbedeckten Dachflächen gilt ähnliches, denn diese Elemente treten hauptsächlich in Industrie- oder Gewerbegebieten auf, welche wiederum eigene Klimatope ausbilden, deren Darstellung keine Berücksichtigung der thermischen Bedingungen benötigt.

Berechnung der Klimatope

Analog zu der bereits existierenden Bochumer Klimaanalyse aus dem Jahr 2008 wird folgende Klimatopeinteilung vorgenommen:

1. Freilandklimatop
2. Gewässerklimatop
3. Waldklimatop
4. Parkklimatop
5. Vorstadtklimatop
6. Siedlungsklimatop
7. Stadtklimatop
8. Innenstadtklimatop
9. Gewerbeklimatop
10. Industrieklimatop
11. Haldenklimatop

Die Klimatope 1 bis 4 sowie 9 bis 11 werden auf Grund ihrer inhaltlichen Definition ausschließlich mit Hilfe der Daten der Nutzungsstruktur abgegrenzt. In GIS sind diese Flächen durch eine Reklassifikation oder Datenbankabfrage leicht darstellbar. Für Bereiche mit Wohnbebauung ist die Einteilung in Klimatope jedoch nicht so einfach durchführbar, da diese ausgesprochen heterogene Strukturen bilden. Um die Zuordnung zu einem der Klimatope 5 bis 8 zu klären, ist es notwendig, die thermische Situation des jeweiligen Ortes zu berücksichtigen. Informationen hierzu liefern die Karte der Lufttemperaturverteilung (Abb. 3-3) und die klassifizierte Thermalkarte (Abb. 3-4).
Um zu bestimmen, welche Areale in das Vorstadtklimatop der lockeren Bebauung, das Siedlungs-, Stadt- oder Innenstadtklimatop einzuordnen sind, muss für jedes dieser Klimatope einzeln eine Berechnung durchgeführt werden, welche den Grad der Eignung widerspiegelt. Da die Inhalte der Eingangskarten, also die Nutzungsstruktur, die Lufttemperaturverteilung und die klassifizierte Thermalkarte, nicht direkt vergleichbar, im Sinne der rechnergestützten Verarbeitung mit GIS nicht untereinander verrechenbar sind, müssen die Eingangsparameter zunächst standardisiert werden. Diese Standardisierung wird im Byte-Wertebereich von 0 bis 255 vorgenommen und dient gleichzeitig als Maß für die Bestimmung der Eignung der jeweiligen Parameter (0 = keine Eignung, 255 = sehr gute Eignung) für die Zuordnung zu einem der vier Klimatope. Auf diesem Weg wird für jedes der betroffenen Klimatope eine Karte erstellt, welche für jeden Bildpunkt die jeweilige Eignung darstellt. Diese Karten sind für sich genommen mit wenig Informationsgehalt ausgestattet. Erst die anschließende Verschneidung mit GIS, also die Zuordnung eines jeden Bildpunktes zu dem an genau diesem Punkt dominanten Klimatop, erzeugt eine Darstellung, in welcher eine überprüfbare räumliche Verteilung des Vorstadt-, Siedlungs-, Stadt- und Innenstadtklimatops abgebildet ist. Im Folgenden werden die aufgrund der Flächennutzungskartierung abgegrenzten Klimatope der Freiland-, Gewässer-, Wald-, Park-, Gewerbe- und Industriebereiche den berechneten Klimatopen überlagert, womit eine Gesamtdarstellung der Verteilung der Klimatope im Stadtgebiet erreicht wird (Abb. 3-5).

Vorstadtklimatop

Die Eignungsklassifizierung der Nutzungsart für das Vorstadtklimatop ergibt sich aus dem Umstand, dass Bereiche mit sehr lockerer und aufgelockerter Bebauung eine gute Belüftungssituation bieten und die thermische Belastung, bedingt durch einen relativ hohen Durchgrünungsanteil, eher gering ist. Obwohl eine dichte Nutzungsstruktur für eine Zuordnung zu diesem Klimatop eher ungeeignet erscheint, wird sie dennoch mit einem geringen Gewicht diesem Klimatop zugeordnet, da auch Bebauung mit dörflichem Charakter dichte Zentralbereiche aufweisen kann. Da das Klimatop der lockeren Bebauung keine Überwärmung durch die Bebauungsstruktur verursacht, wird den entsprechenden Temperaturklassen keine Eignung zugewiesen. Da aber in Kernbereichen dieser Strukturen möglicherweise dennoch eine leichte positive Temperaturabweichung gemessen werden kann, wird der korrespondierenden Klasse eine sehr geringe Eignung zugewiesen. Vorstadtbereiche finden sich vor allem in Gebieten unter Freilandeinfluss, also in Gebieten, welche als Kaltluftflächen anzusprechen sind. Daraus ergibt sich eine sehr gute Eignung in den entsprechenden Klassen der klassifizierten Thermalkarte.

Siedlungsklimatop

Das Siedlungsklimatop ist, verglichen mit dem Vorstadtklimatop, durch eine Verdichtung und größere räumliche Ausdehnung der Bebauungssituation gekennzeichnet. Auch hier kann es zu einer dichten Bebauungsstruktur in Kernbereichen kommen, welche, bedingt durch die thermische Situation, nicht unmittelbar dem Stadtklimatop zugewiesen werden kann. Deshalb wird auch diesen Gebieten eine geringe Eignung für das Siedlungsklimatop zugeteilt. Bebauungsstrukturen, die auf Grund ihrer Ausprägung dem Siedlungsklimatop zugeordnet werden, können dennoch an Freilandbereiche angrenzen oder noch von kühleren Luftmassen aus diesen Gebieten beeinflusst sein, auch wenn in Kernbereichen bereits eine Überwärmung feststellbar ist. Dem entspricht die Eignungszuweisung durch die klassifizierte Thermalkarte, entsprechend werden die Temperaturklassen von keiner Überwärmung (- 0,5 bis + 0,5 K) bis zu einer mittleren Überwärmung (+ 1,6 bis + 2,5 K) mit einem zunehmenden Eignungsgrad versehen.

Stadtklimatop

Das Stadtklimatop wird durch Gebiete mit einer dichten Nutzungsstruktur, einer mittleren bis deutlichen Überwärmung und, damit einhergehend, der Bildung einer schwachen Wärmeinsel definiert. Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass in Arealen mit der entsprechenden thermischen Belastung vereinzelte Flächen eine aufgelockerte Bebauung aufweisen, wird dieser Nutzungsklasse eine sehr geringe Eignung für dieses Klimatop zugewiesen. Die Eignungszuweisung der Temperaturklassen und der Elemente der klassifizierten Thermalkarte entspricht den zuvor genannten Argumenten.

Innenstadtklimatop

Das Innenstadtklimatop zeichnet sich durch die Ausbildung einer deutlichen Wärmeinsel und somit, bezogen auf die Lufttemperaturen im Vergleich mit dem Freiland, einer hohen Überwärmung aus. Kennzeichnend für die Nutzungsstruktur ist eine ausgesprochen dichte Bebauung mit einem geringen Grünanteil. Allerdings kann bei der Zuordnung des Eignungsgrades auch hier wiederum nicht ausgeschlossen werden, dass vereinzelte Bebauungsstrukturen, beispielsweise durch bewusst angelegte Bepflanzungen, eine aufgelockerte Struktur aufweisen. Daher wird dieser Klasse der Nutzungsart eine sehr geringe Eignung für das Innenstadtklimatop zugestanden. Bezogen auf die klassifizierte Thermalkarte wird die Klasse der schwachen Wärmeinsel mit einem geringen Eignungsgrad dem Innenstadtklimatop zugerechnet, da die Übergänge zu den Klassen der Wärmeinsel als kontinuierlich angesehen werden müssen.

Hinsichtlich der Abgrenzung der Klimatope ist anzumerken, dass sich klimatische Prozesse nicht linienscharf an Bebauungs- und Nutzungsgrenzen anpassen, sondern fließende Übergänge zu benachbarten Flächen aufweisen. Daher dürfen die Abgrenzungen der Klimatope innerhalb der Klimatopkarte nicht als flächenscharfe Grenzziehungen dargestellt werden. In den Übergangsbereichen zwischen den Klimatopen treten in der Regel zwei verschiedene Klimatoptypen eng miteinander verzahnt auf.

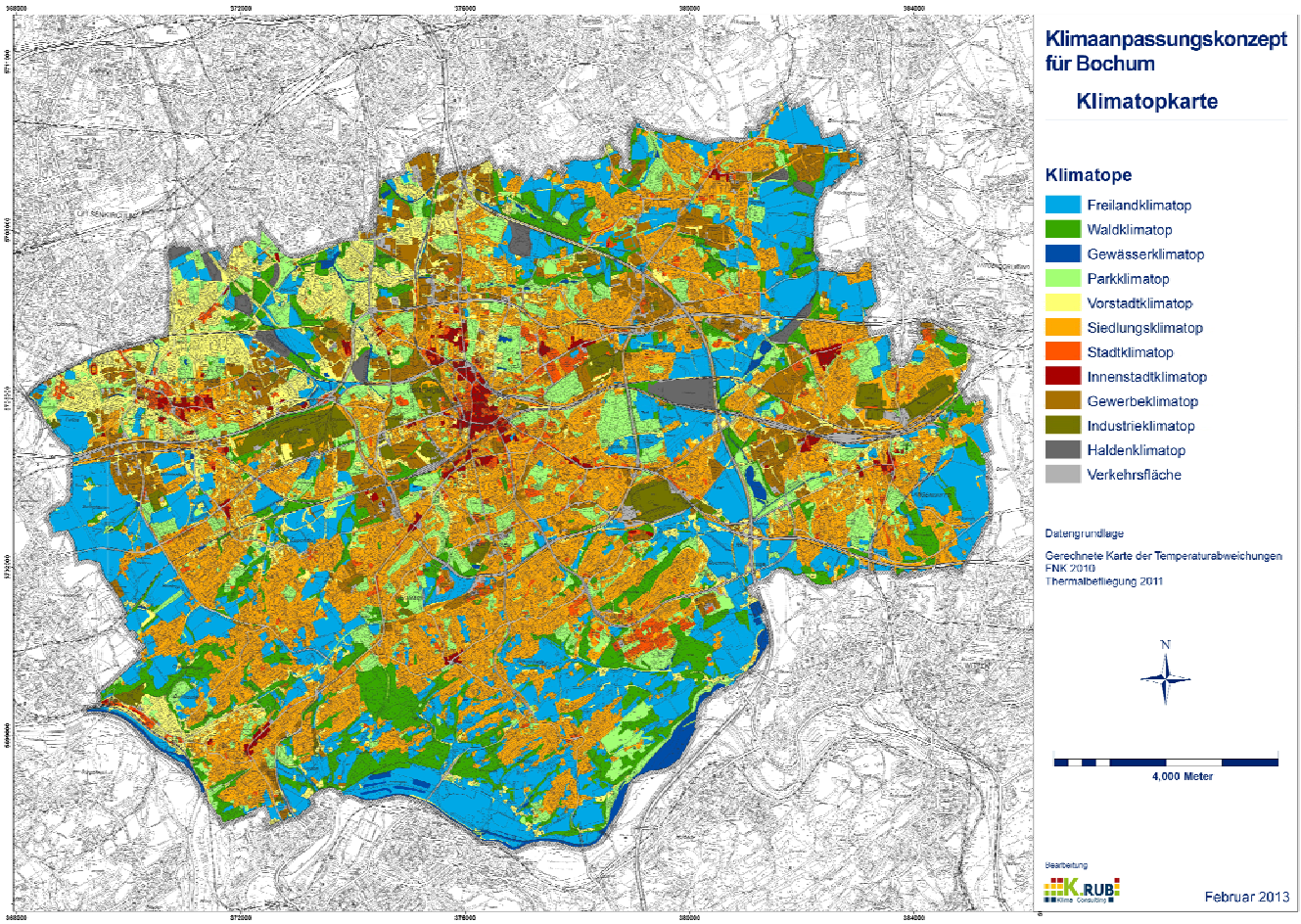


Abb. 3-5 Berechnete Klimatopkarte für das Bochumer Stadtgebiet

3.1.3 Klimatopkarte von Bochum: Vergleich von Ist-Zustand und Zukunftsprojektion

Ein Aspekt des Klimawandels ist der prognostizierte Anstieg der Jahresmitteltemperaturen um rund 2 K bis zum Jahr 2050 (siehe Tab. 2-3). Dabei stellt die im Mittel um 2 K erhöhte Lufttemperatur nicht das Problem dar, sondern die aus der Verschiebung der Temperaturverteilung resultierende zunehmende Hitzebelastung. Dass schwerwiegende Folgen von Hitzewellen vor allem in Städten auftreten, liegt an der Wärmespeicherung in der Bebauung und an der Bedeutung der Nachttemperaturen für die Erholungsphase des Menschen. Die Auswertung verschiedener Hitzewellen in Städten zeigt, dass im Verlauf einer mehrtägigen Hitzewelle die nächtlichen Lufttemperaturen von Tag zu Tag ansteigen und schon nach drei bis vier Tagen um 6 bis 8 Kelvin zugenommen haben (siehe Abb.3-6). Dabei verstärken sich auch die Temperaturunterschiede zwischen dem Freiland (Station 4 in der Abb. 3-6) und der dicht bebauten Innenstadt (Station 1 in der Abb. 3-6) um 3 bis 5 Kelvin.

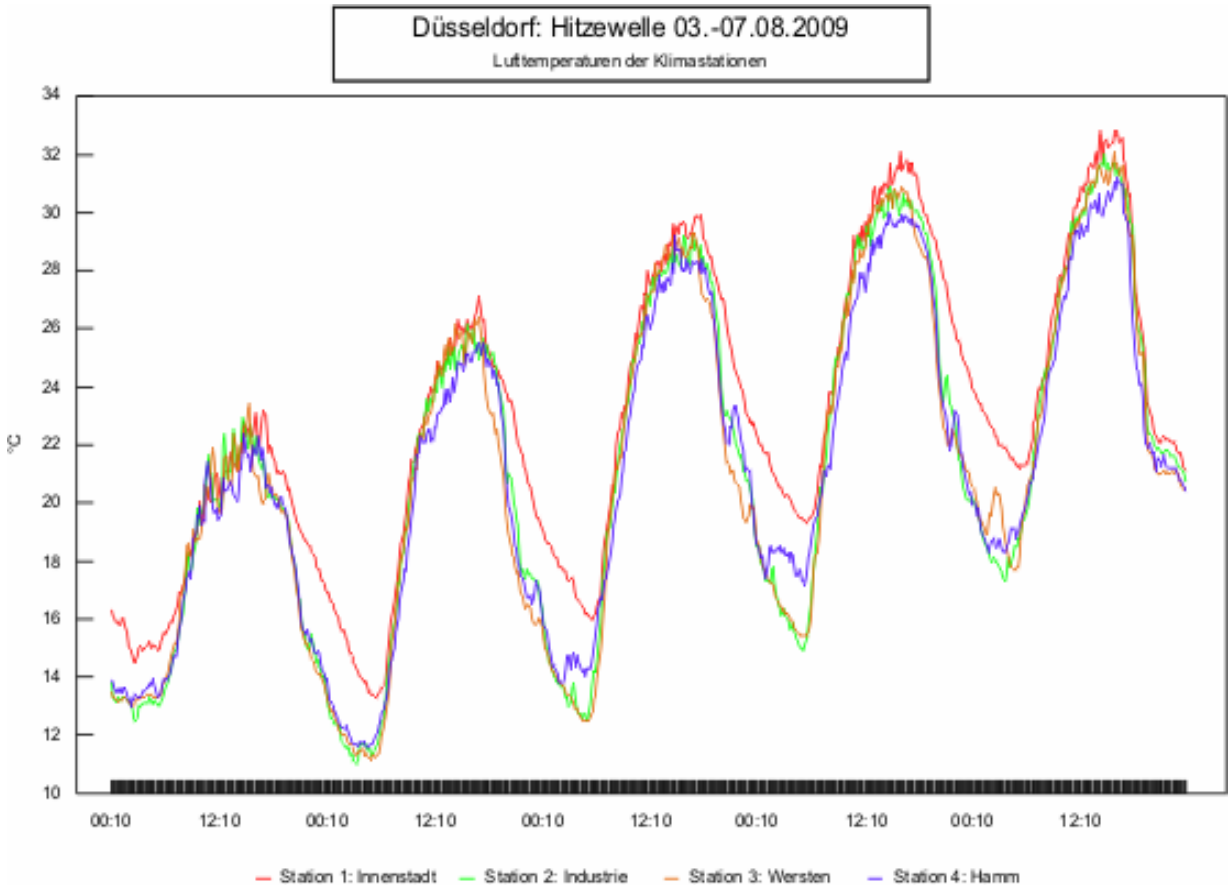


Abb. 3-6 Lufttemperaturverlauf während einer Hitzewelle in Düsseldorf

Die relativen Temperaturunterschiede zwischen dem Freiland und den unterschiedlichen Bebauungsstrukturen werden in der Lufttemperaturverteilungskarte (Abb. 3-3) als eine der Eingangskarten für die Berechnung der Klimatopkarte dargestellt. Um diesen Effekt der verstärkten Hitzebelastung bei der Simulation eines Zukunftsszenarios herausstellen zu können, macht es keinen Sinn, die Lufttemperaturen der Eingangskarte (Abb. 3-3) flächendeckend um einen mittleren Wert von 2 Kelvin zu erhöhen. Vielmehr erhöht sich der Temperaturunterschied aufgrund der Hitzespeicherung in den Gebäuden während einer Hitzewelle zwischen den Freiland- und den bebauten Bereichen. Für das Zukunftsszenario wurde entsprechend der Ausgangswert der Lufttemperatur in den mittel dicht bebauten Stadtvierteln um 2 Kelvin und in den dicht bebauten Stadtgebieten um 4 Kelvin erhöht.

Auf dieser Grundlage wird mit gleich bleibenden Gewichtungen und Grenzwerten eine Klimatopkarte der Zukunftsprojektion 2051-2060 berechnet. Abbildung 3-7 zeigt, wie sich unter diesen Bedingungen die Klimatope im Stadtgebiet verteilen. In der Abbildung 3-8 sind die Änderungen der relevanten Klimatope (Stadtklimatop und Innenstadtklimatop) der Hitzebelastungsbereiche in Bochum dargestellt. Es zeigt sich eine deutliche Ausweitung dieser Klimatope im Stadtgebiet. Zukünftig können die Randbezirke der Bochumer Innenstadt sowie Teile von Wattenscheid und Langendreer zusätzlich von der Hitzebelastung aufgrund der Ausweitung der städtischen Wärmeinsel betroffen sein.

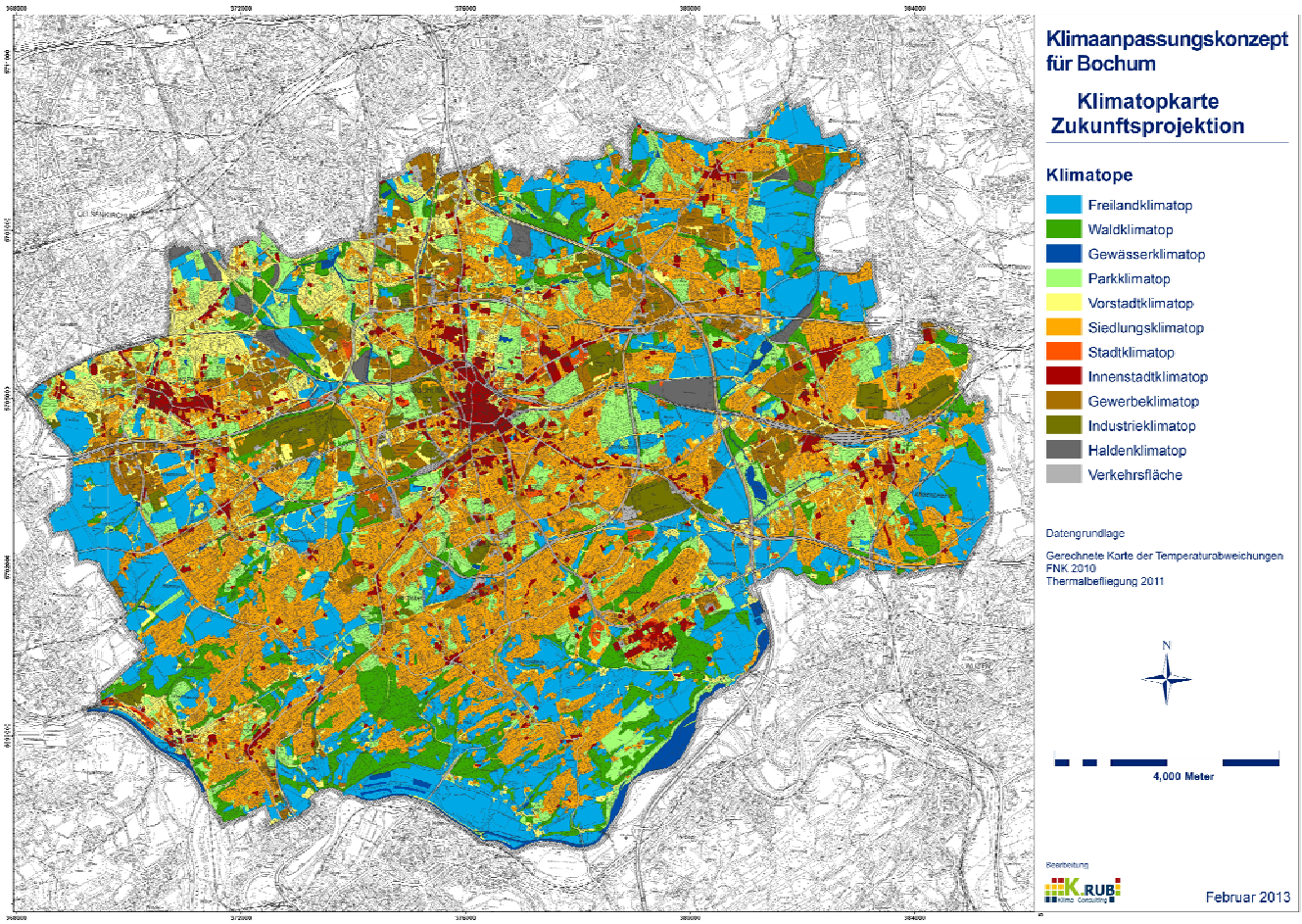


Abb. 3-7 Berechnete Klimatopkarte der Zukunftsprojektion für das Bochumer Stadtgebiet

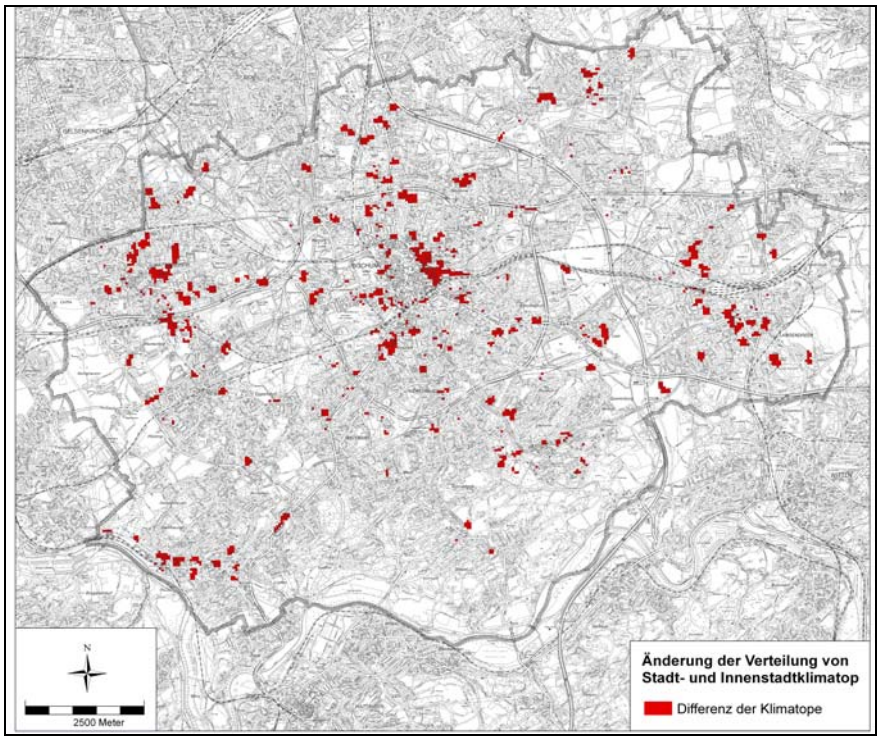


Abb. 3-8 Veränderungen der Verteilung der Stadt- und Innenstadtklimatope zwischen dem Ist-Zustand und der Zukunftsprojektion für das Bochumer Stadtgebiet

3.2 Abstufung von Belastungsgebieten unter dem Aspekt „Hitze“

Um Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel gezielt ein- und möglichst effektiv umzusetzen, sollten die Gebiete und Bereiche identifiziert werden, die eine besondere Sensitivität gegenüber den Folgen des Klimawandels aufweisen. Das sind Gebiete, in denen aufgrund der sozialen, ökonomischen und naturräumlichen Rahmenbedingungen vor Ort besondere Probleme durch die klimatischen Änderungen zu erwarten sind. Auf Grundlage der vorhandenen Datenbestände, der Klimaanalyse und den darauf aufbauenden Analysen mit Hilfe von geographischen Informationssystemen lassen sich in Bochum Gebiete identifizieren, die aufgrund der klimatischen Situation bereits heute als Belastungsräume unter dem Aspekt „Hitze“ bezeichnet werden müssen.

Aufgrund der durchgehenden Bebauung und hohen Versiegelung von Oberflächen gibt es im Bochumer Stadtgebiet Bereiche, die sich im Sommer besonders stark aufheizen. Dies ergibt sich dadurch, dass der bebaute Raum Wärme weitaus stärker speichert als dies für Flächen im unbebauten Umland gilt, durch mangelnde Durchlüftung im innerstädtischen Raum und durch verringerte Abkühlung durch geringere Wasserverdunstungsraten in hoch versiegelten Gebieten. Diese thermische Belastung resultiert neben hohen Strahlungstemperaturen am Tage sowohl aus der städtischen Wärmeinsel als auch aus der mangelnden Durchlüftung, wodurch ein Abtransport der warmen Luft aus der Stadt bzw. die Advektion kühlerer Luft aus dem Umland erschwert wird. Große Temperaturunterschiede von bis zu 10 Grad Celsius in warmen Sommernächten zwischen Innenstadt und Stadtrand sowie dem Umland sind die Folge. Dies führt in der Innenstadt vor allem dann zu einer belastenden Situation, wenn die Temperaturen nachts nicht mehr deutlich genug absinken.
Die weiter zunehmende Klimaerwärmung wird in Zukunft häufiger zu längeren und stärker ausgeprägten Hitzeperioden auch in Bochum führen. Solche Gebiete, die bereits heute als belastend eingestuft sind, werden zukünftig noch stärker betroffen sein und sich in die Umgebung ausdehnen. Neben der Bochumer Innenstadt gilt dies auch für die zentralen Lagen von Wattenscheid und Langendreer.

Die benötigten Ausgangsdaten zur Abgrenzung und Abstufung von Gebieten mit einer Belastung durch Hitze sind:

a) Bereiche der Städtischen Wärmeinsel:	Hitzebelastung
b) Einwohnerdichte in Bochum:	Anfälligkeit
c) Anteil der Einwohner über 65 Jahre:	Anfälligkeit

Bereiche der städtischen Wärmeinsel
Im Bereich der städtischen Wärmeinsel einer Stadt konzentrieren sich die Probleme der Belastungen durch Hitze. Diese Gebiete können daher grundsätzlich als anfällig gegenüber Hitzebelastungen charakterisiert werden. Die Identifikation solcher städtischen Wärmeinseln erfolgte durch die Bochumer Klimaanalyse (Stadt Bochum 2008) und die Berechnung der Klimatopkarten des Ist-Zustandes und der Zukunftsprojektion (Abb. 3-5 und 3-7). Grundlage

für die Abgrenzung von Problemgebieten unter dem Aspekt der Hitzebelastung des Menschen liefern die Klimatope des „Innenstadtklimas“ und des „Stadtklimas“. In diesen Bereichen bilden sich aufgrund der hohen Versiegelung die städtischen Wärmeinseln so stark aus, dass es zu einer Belastung des menschlichen Organismus kommt, und die Durchlüftung wird durch die Bebauungsstrukturen behindert.

Bevölkerungsdichte

Da es um die Abgrenzung von Gebieten aus dem Problemfeld Hitzebelastung mit Bezug zum Menschen geht, wurde in einem zweiten Schritt die Bevölkerungsdichte auf der Grundlage von Wohnblöcken (Quelle: Stadt Bochum, Stand 2010) herangezogen. Je größer die Einwohnerdichte ist, desto mehr Menschen sind einer möglichen Hitzebelastung ausgesetzt. Bei einem Aufenthalt in den Innenstädten tagsüber kann einer Hitzebelastung durch Standortwechsel und Vermeidung von besonnten Standorten entgegengewirkt werden. Anders sieht dies bei der Wohnbevölkerung aus, die insbesondere nachts einer Hitzebelastung durch mangelnde Abkühlung im Bereich der städtischen Wärmeinsel nicht ausweichen kann. Innenstadtbereiche, die überwiegend als Dienstleistungszentrum genutzt werden und einen nur durchschnittlich hohen Anteil an Wohnbevölkerung haben, sind Problemgebiete mit einer etwas niedrigeren Anfälligkeitsstufe.

Die mittlere Bevölkerungsdichte für Innenstadtbereiche der Ruhrgebietsstädte liegt bei rund 2700 Einwohnern pro km^2, die Standardabweichung der Einwohnerdichte in diesen Bereichen beträgt rund 3400 EW/km^2 (MUNLV 2010). Eine nur generelle Anfälligkeit gegenüber der Hitzebelastung besteht in Gebieten mit einer nur durchschnittlichen Einwohnerdichte von bis 6100 EW/km^2. Sehr hohe Einwohnerdichten mit über 6100 EW/km^2 (Mittelwert plus einfache Standardabweichung) oder sogar mehr als 9500 EW/km^2 (Mittelwert plus doppelte Standardabweichung) verursachen eine erhöhte bzw. hohe Anfälligkeit gegenüber einer Hitzebelastung, da sich in diesen Gebieten die Wohnbevölkerung konzentriert. Die Abbildung 3-9 zeigt für die Bochumer Innenstadt die Gebiete der städtischen Wärmeinsel mit einer Abstufung anhand der Bevölkerungsdichte im Ist-Zustand und im Zukunftsszenario.

Prozentualer Anteil an über 65-Jährigen an der Bevölkerung

Für die Anfälligkeit eines Gebietes gegenüber einer klimatischen Belastung des Menschen spielen neben dem Hitzepotential auch soziodemographische Faktoren wie das Alter der Bevölkerung eine Rolle. Ältere Menschen zeigen eine schlechtere Anpassung an extreme Hitze mit gesundheitlichen Folgen, die von Abgeschlagenheit bis hin zu Hitzschlag und Herzversagen reichen können. Gebiete mit einem hohen Anteil älterer Menschen können daher als anfälliger gegenüber Hitzestress charakterisiert werden. Aus diesem Grund wurde die Anzahl der über 65-jährigen an den Einwohnern eines Wohnblocks (Quelle: Stadt Bochum, Stand 2010) ermittelt. Für Bochum muss eine Dichte von 2500 Einwohnern über 65 Jahre, hochgerechnet auf einen Quadratkilometer, als überdurchschnittlich bezeichnet werden. Im Mittel sind rund 20 % der Einwohner in den Gebieten der Stadt- und der Innenstadtklimatope über 65 Jahre alt Zu bedenken ist, dass aufgrund des zukünftigen demographischen Wandels der Anteil der über 65jährigen an der Bevölkerung von jetzt rund 20 % auf über 25 % zunehmen wird. Die Abbildung 3-10 zeigt für die Bochumer Innenstadt die Gebiete der städtischen Wärmeinsel mit einer Abstufung anhand der Dichte von Einwohnern ab 65 Jahre im Ist-Zustand und im Zukunftsszenario.

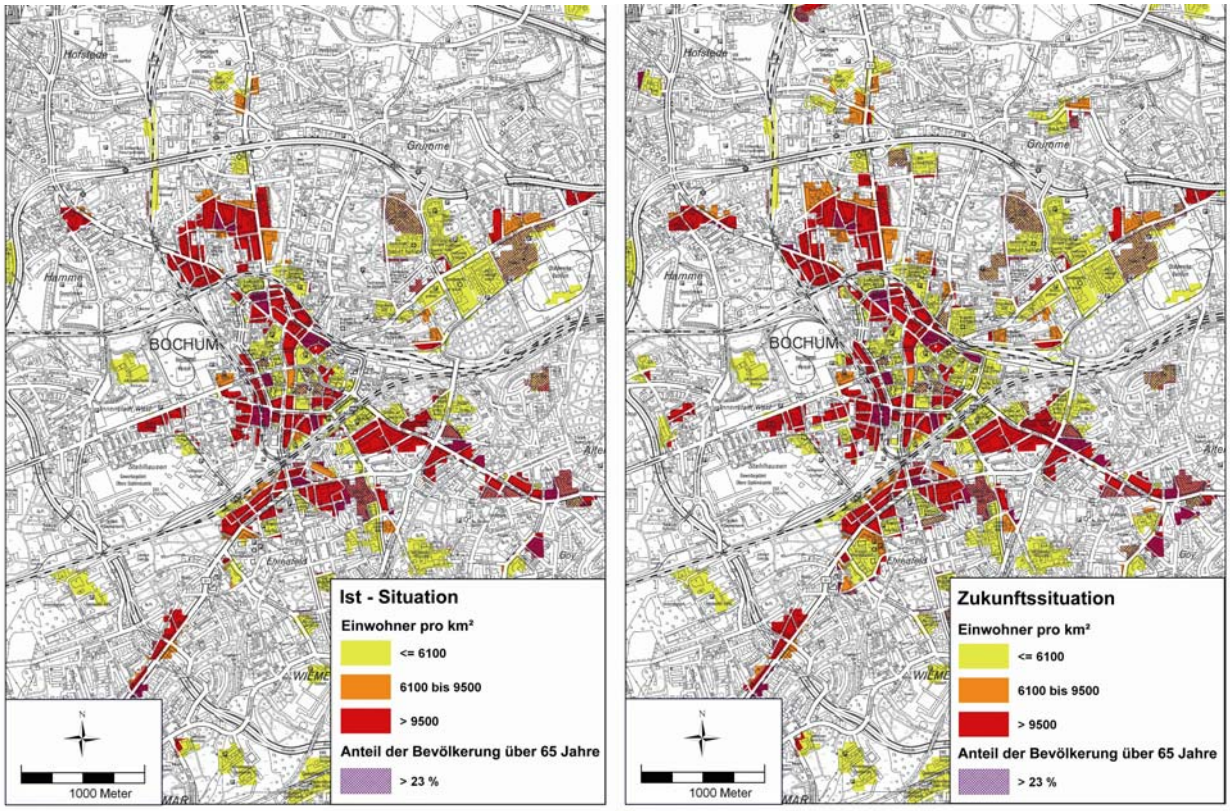


Abb. 3-9 Belastungsgebiete im Bochumer Zentrum unter dem Aspekt „Hitze“ im Ist-Zustand (links) und im Zukunftsszenario (rechts)

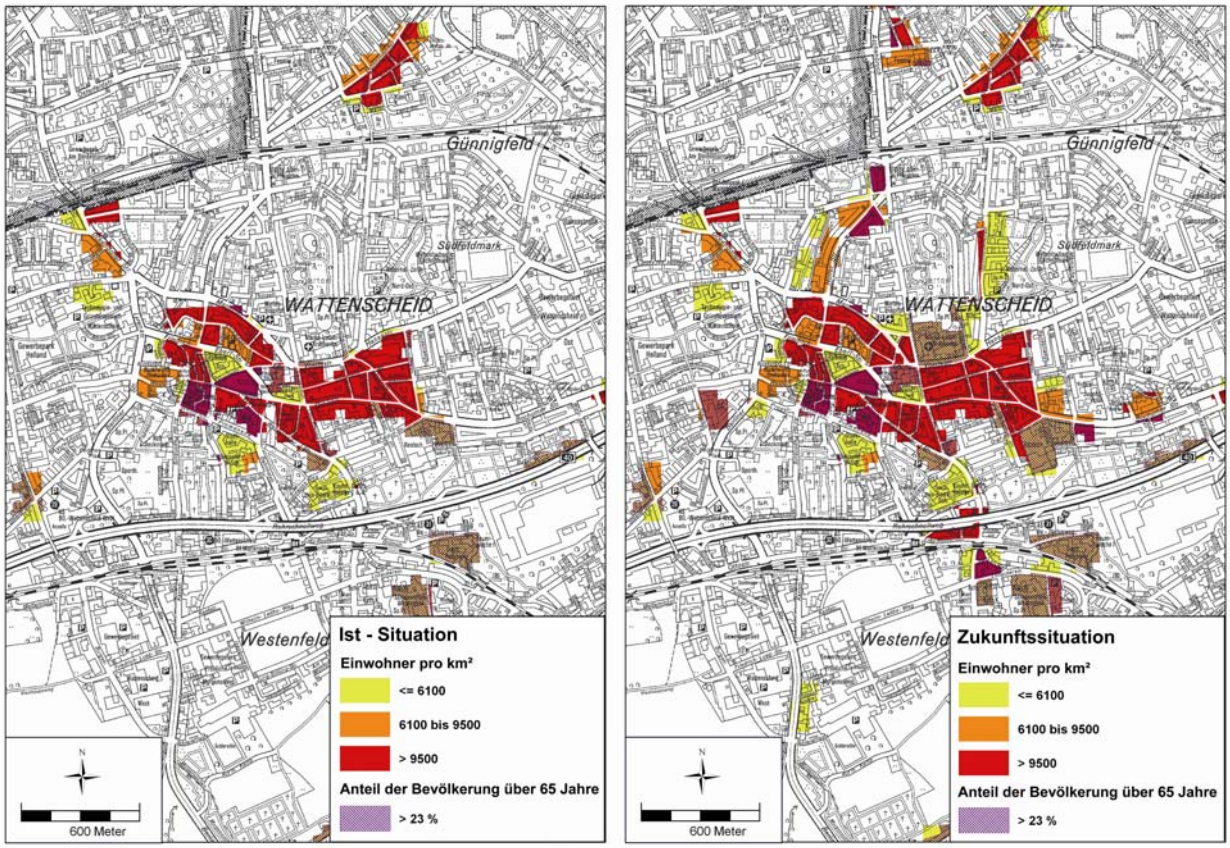


Abb. 3-10 Belastungsgebiete in Wattenscheid unter dem Aspekt „Hitze“ im Ist-Zustand (links) und im Zukunftsszenario (rechts)

Durch die Verschneidung der Bereiche der Städtischen Wärmeinsel mit der Bevölkerungsdichte und dem Anteil der über 65jährigen ergeben sich als Ergebnis Belastungsgebiete im Bochumer Stadtgebiet unter dem Aspekt Hitze mit verschiedenen Anfälligkeitsstufen. In der Abbildung 3-11 sind alle Innenstadt- und Stadtklimatopflächen des Bochumer Stadtgebietes dargestellt. Kleinere Flächen unter 1 km^2 verfügen nicht über ein ausreichendes Wärmeinselpotential, um als Problemgebiet für eine klimatische Belastung ausgewiesen zu werden. Sie fallen dementsprechend in der aus der Belastungskarte entwickelten „Handlungskarte Klimaanpassung“ (siehe Kap. 4.4) als Flächen heraus.
Die Flächen der Belastungsgebiete im Zukunftsszenario (Abb. 3-9 und 3-10, jeweils rechts) resultieren nur aus der Neuberechnung der Klimatopflächen. Demographische Prognosen, die zu einer Veränderung der Anfälligkeitsstufen führen könnten, liegen nicht vor und sind deshalb nicht berücksichtigt.

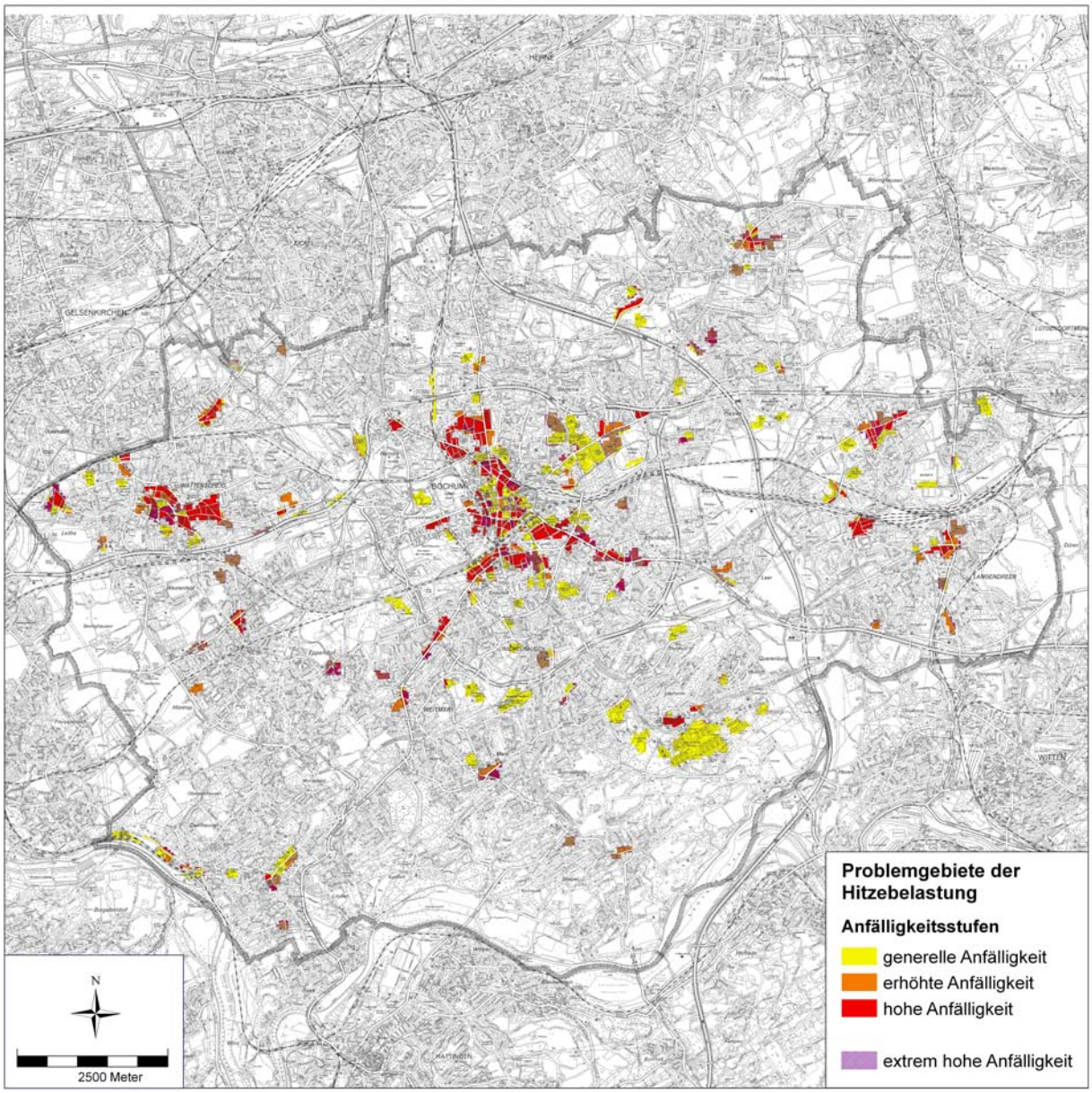


Abb. 3-11 Belastungsgebiete im Bochumer Stadtgebiet unter dem Aspekt „Hitze“ mit einer Abstufung anhand der Bevölkerungsdichte und dem Anteil an Einwohnern ab 65 Jahre

Die generelle Anfälligkeit gegenüber einer Hitzebelastung ergibt sich aus der typischen, hoch versiegelten Bebauungsstruktur der Stadt- und Innenstadtbereiche kombiniert mit einer mittleren Bevölkerungsdichte. Mit zunehmender Bevölkerungsdichte steigt die Anfälligkeit eines Gebietes. Innenstadtbereiche, die überwiegend als Dienstleistungszentrum genutzt werden und einen nur durchschnittlich hohen Anteil an Wohnbevölkerung haben (gelbe Bereiche in den Abbildungen 3-9 und 3-11) sind Problemgebiete mit etwas niedrigerer Anfälligkeit. In der Abbildung 3-9 kann man gut erkennen, dass die Innenstadt mit ihrer Einkaufszone nur eine durchschnittliche Bevölkerungsdichte aufweist und damit ein Problemgebiet mit geringerer Priorität darstellt als die umgebenden Wohngebiete mit einer überdurchschnittlichen (orange) oder extrem hohen (rot) Einwohnerdichte.

Überlagert werden diese drei Klassen von Bereichen mit einem überdurchschnittlichen Anteil von Einwohnern über 65 Jahre. Diese Viertel sind höchst problematisch, da sie ein hohes Hitzepotential bei geringen Durchlüftungsmöglichkeiten zusammen mit einem hohen Anteil an der anfälligen Bevölkerungsgruppe der über 65jährigen aufweisen und fallen daher unabhängig von der Gesamtbevölkerungsdichte in die Stufe der extrem hohen Anfälligkeit gegenüber einer Hitzebelastung.

3.3 Abstufung von Belastungsgebieten unter dem Aspekt „Extremniederschläge“

Neben der Hitzebelastung werden starke Regenereignisse in Zukunft häufiger auftreten. Wenn in kurzer Zeit hohe Regenmengen niedergehen, kann dies zu spontanen und heftigen Überschwemmungsereignissen führen. Besonders gefährlich wird es in Bereichen, in denen das Niederschlagswasser aufgrund fehlender Rückstau- und Versickerungsmöglichkeiten oder unzureichender Kanalisationskapazitäten nicht schnell genug abgeführt werden kann. Eine solche Situation mit verheerenden Folgen entstand im Dortmunder Westen im Sommer 2008. Zunehmender Starkregen kann in Zukunft häufiger zu Überlastungen im Kanalnetz führen.

Überflutungsereignis im Dortmunder Westen am 26.07.2008:

Am 26. Juli 2008 kam es im Dortmunder Westen zu einem ausgeprägten Starkregenereignis. Der außergewöhnlich hohe Niederschlag von zum Teil mehr als 200 Litern pro m^2 wurde durch sich immer wieder neu bildende Gewitterzellen ausgelöst. Am Pegel in Dortmund-Mengede erreichte die Emscher einen Höchststand von 5,16 Meter. Das Wasser stand in den betroffenen Gebieten in Marten, Dorstfeld und Schönau bis zu 1,50 Meter über Geländeniveau und überflutete auch das Pumpwerk in Marten, was zu dessen Ausfall führte. Die umliegenden Häuser wurden überschwemmt.

Abb. 3-12 Überflutungsereignis im Dortmunder Westen am 26.07.2008

Die städtische Kanalisation ist in der Regel so bemessen, dass Niederschlagsereignisse mit statistischen Wiederkehrintervallen von 3-10 Jahren problemlos bewältigt werden können. Liegt ein hohes Schadenpotential vor, werden unter Umständen auch 30-jährige Starkregen berücksichtigt, während seltenere Ereignisse in der Regel nicht beachtet werden (DIN EN 752). Aktuelle statistische Untersuchungen der Niederschlagsdaten in Deutschland für die Jahre 1951 bis 2000 zeigen jedoch deutlich, dass Starkregenereignisse zunehmend häufiger auftreten und die statistischen Wiederkehrintervalle nur noch bedingt gültig sind (DWD Deutscher Wetterdienst 2005). Weitere Studien erwarten ebenfalls eine durch den Klimawandel bedingte Zunahme an extremen Wetterereignissen (Bartels et al. 2005; Rahmstorf et al. 2007). Mit Hilfe von Klimamodellen können keine Aussagen über die genaue Veränderung der Häufigkeitsverteilung von extremen Starkregen getroffen werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass ein 50-jähriges Starkregenereignis, für das die Kanalisation nach heutigen Bemessungsmaßstäben nicht dimensioniert ist, in Zukunft wesentlich häufiger stattfinden wird. Das Auftreten von sogenannten "Urbanen Sturzfluten" wird sich demnach in Zukunft deutlich verstärken. Flutereignisse wurden in der Vergangenheit für Städte über den gewässerseitigen Hochwasserschutz bewertet. Aus der Formulierung ist bereits zu entnehmen, dass die Gefahr von Überflutungen bisher meist von Fließgewässern ausging. Vom Gewässernetz unabhängige, lediglich durch Niederschlag herbeigeführte Flutereignisse werden erst seit wenigen Jah-

ren diskutiert. Die allgemeine Diskussion um mögliche Anpassungsstrategien an den Klimawandel, die erwartete Zunahme von Starkregenereignissen und eine weiterhin steigende Flächenversieglung haben die Notwendigkeit der Anpassung an "Urbane Sturzfluten" zunehmend in den Fokus von Wissenschaft und Praxis gerückt.

Zur Dimensionierung der Kanalisation müssen in der Regel komplexe und äußert rechenintensive Kanalnetz-Modelle betrieben werden. Eine Bewertung der Belastung möglicher Risikobereiche kann jedoch auch ohne Berücksichtigung des bestehenden Kanalnetzes erfolgen. Nach Niemann et al. (2011) spielt das durch die Kanalisation abgeführte Wasser bei 50- bis 100jährigen Ereignissen eine untergeordnete Rolle. Die dominanten Abflussprozesse finden an der Oberfläche statt. Die hohe Flächenversieglung in Städten verstärkt das Problem durch die vermehrte Bildung von Oberflächenabfluss.
Maßgebend für die Identifikation von Gefahrenzonen ist somit primär die Topographie. Die Entwässerungsrichtung wird durch das natürliche Relief (Rücken, Täler etc.) bestimmt, während kleine natürliche und anthropogene Geländeelemente die Fließwege zusätzlich ablenken. Anthropogene Reliefelemente sind bspw. Bordsteine, Mauern oder Häuser, die für eine detaillierte Erfassung der Fließwege unbedingt berücksichtigt werden müssen. Neben der Fließrichtung sind Kenntnisse über den Verbleib des Wassers für die Abschätzung möglicher Risikopotentiale von großer Relevanz. Insbesondere im Ruhrgebiet existieren eine Vielzahl abflussloser Senken, die in der Regel durch Bergsenkungen entstanden sind. Diese Senken stellen besondere Gefahrenbereiche dar, da das Wasser hier nur von der Kanalisation abgeführt werden kann. Das Problem verstärkt sich durch eine oft reliefbedingte Häufung von Überstaueffekten, wodurch zusätzliches Wasser in die Senke gelangt. Überstaueffekte der Kanalisation können über den hier verfolgten Ansatz nicht vorhergesagt werden. Das aus der Kanalisation austretende Wasser unterliegt an der Oberfläche jedoch wieder genau den hier betrachteten Gesetzmäßigkeiten und wird über die Fließwege an der Oberfläche abgeführt.

3.3.1 Ermittlung der Fließwege

Ziel dieser Teiluntersuchung ist es, die potentiell durch Starkregen belasteten Bereiche im Bochumer Stadtgebiet zu identifizieren, um in einem weiteren Schritt Möglichkeiten für Adaptionsmaßnahmen zu skizzieren. Auf der Grundlage des digitalen Geländemodells DGM1 (Geobasisdaten * LandNRW, Bonn, 22412/210) mit der Auflösung von 1 m x 1 m wurden die Fließwege des freien Oberflächenabflusses und abflusslose Senken im Stadtgebiet identifiziert (siehe Abb. 3-13 und 3-15). Um eine maximal mögliche Genauigkeit der Fließwege zu gewährleisten, wurden alle bestehenden Gebäudestrukturen in das DGM integriert (Abb. 3-14). Die Gebäudestrukturen wurden aus den 3D-Datensätzen der Dachflächen extrahiert und für das gesamte Stadtgebiet in das DGM1 eingefügt. Das so erzeugte digitale Stadtgeländemodell bietet eine sehr detailtreue Grundlage zur Ermittlung der Fließwege (Abb. 3-16). In anderen Arbeiten werden für diesen Zweck in der Regel Geländemodelle mit geringerer Auflösung verwendet (Meon et al. 2009). Gebäudestrukturen werden oft gar nicht oder nur in besonderen Gefahrenzonen berücksichtigt (Niemann und Illgen 2011).

Abb. 3-13 Digitales Geländemodell mit der Rastergröße 1 m x 1 m (DGM1) für den Bereich des Bochumer Gleisdreiecks

Abb. 3-14 Digitales Stadtgeländemodell für den Bereich des Bochumer Gleisdreiecks zur Bestimmung der Fließwege

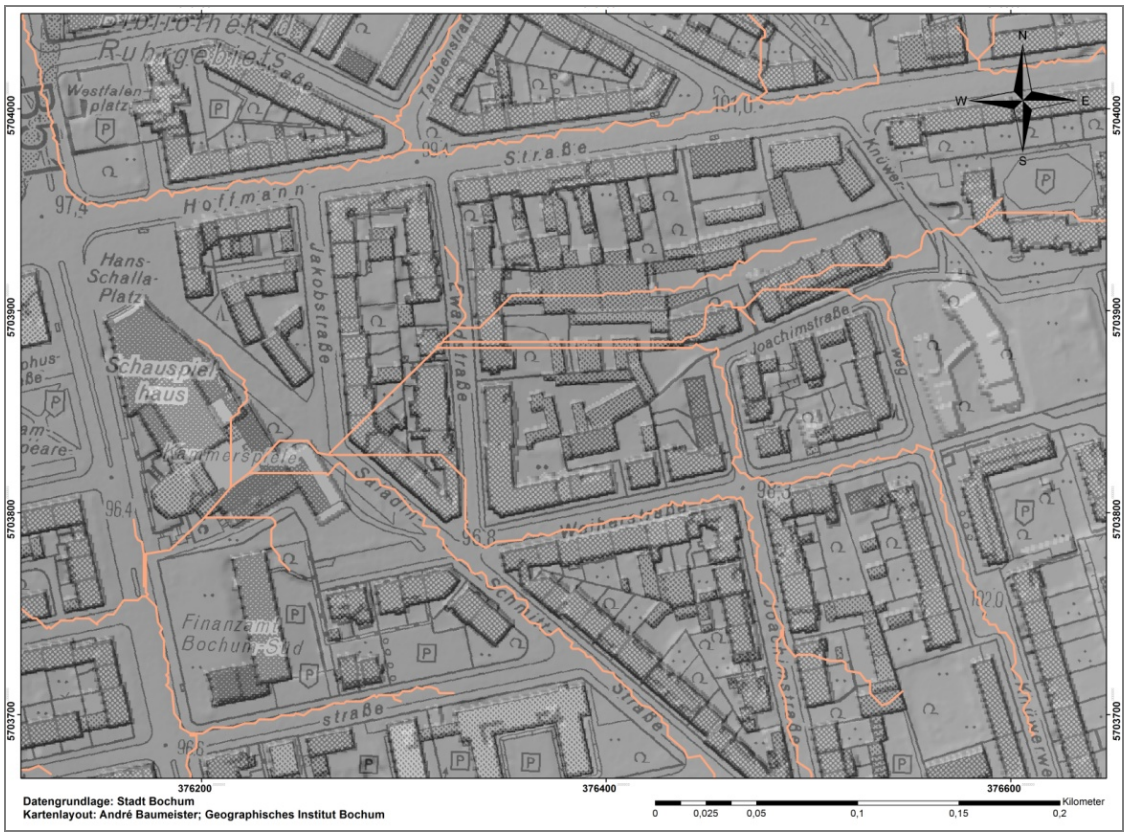


Abb. 3-15 Berechnete Fließwege (farbige Linie) auf der Grundlage des DGM1 im Bereich des Bochumer Schauspielhauses

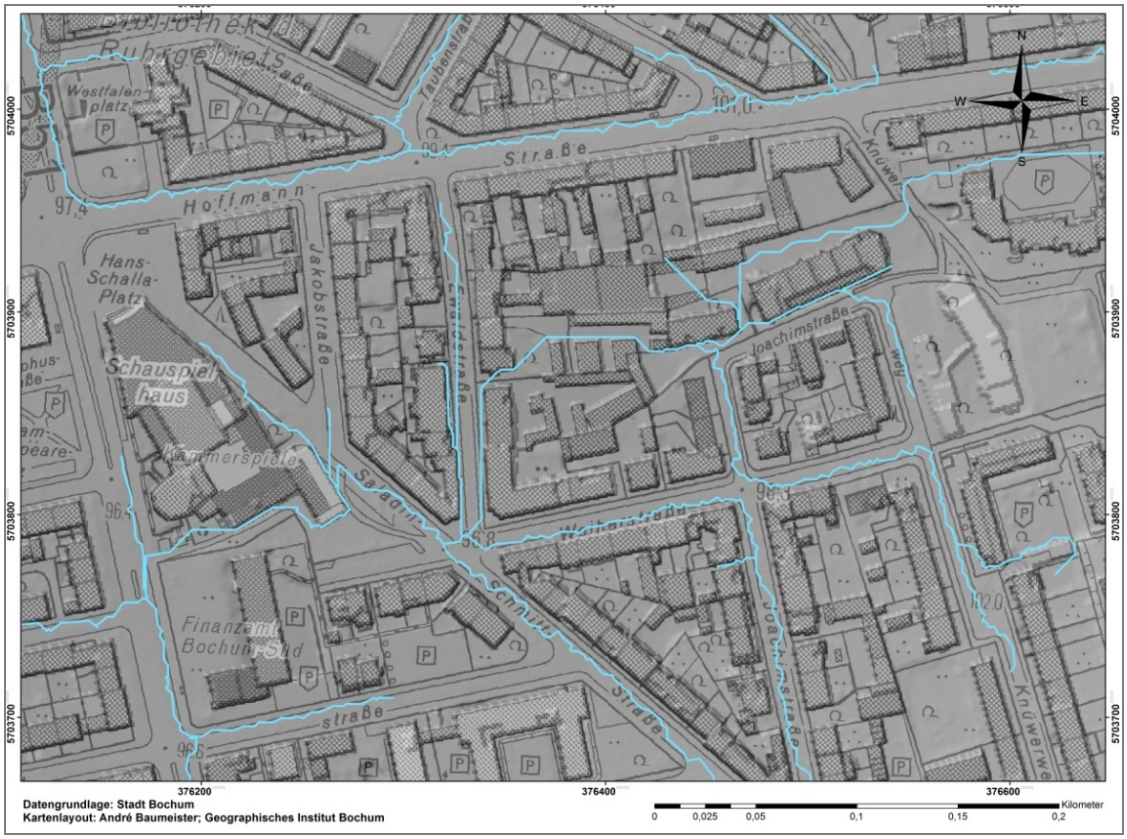


Abb. 3-16 Synthetische Fließwege (farbige Linie) aus korrigiertem DGM (digitales Stadtmodell) im Bereich des Bochumer Schauspielhauses

Fließwegberechnung - Flow Direction

Ermittelt wird die Fließrichtung des Wassers mit dem ArcGIS Tool *Flow Direction*. Dieses Tool funktioniert auf der Grundlage des sogenannten D8-Algorithmus und berechnet die Fließrichtung aus einer jeweiligen Zelle über den Abfluss in eine der acht unmittelbar benachbarten Zellen (Abb. 3-17). Dieser Algorithmus setzt die Annahme voraus, dass mindestens eine der benachbarten Zellen tiefer liegt als die Ausgangszelle. Liegen mehrere Zellen tiefer, fließt das Wasser in die Zelle mit dem niedrigsten z-Wert.

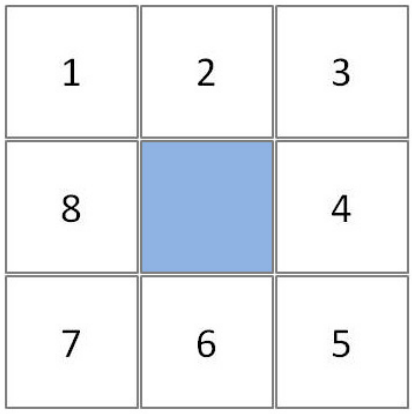


Abb. 3-17 Schematische Darstellung des D8-Algorithmus

Es existieren andere Algorithmen wie beispielsweise der D∞-Algorithmus, eine Bestimmung der Abflussmenge über das Flow Accumulation-Tool kann jedoch nur über den hier verwendeten Algorithmus erreicht werden.

Preprocessing - Füllung der Senken

Der oben beschriebene D8-Algorithmus setzt voraus, dass mindestens eine der acht benachbarten Zellen tiefer liegt als die Ausgangszelle. Ist dies nicht der Fall, so bezeichnet man diesen Bereich als abflusslose Senke (Abb. 3-18). Die Logik hinter dem Algorithmus bedingt, dass aus dieser Zelle kein Abfluss stattfinden und ein Fließweg somit nicht weitergeführt werden kann. In natürlichen Einzugsgebieten kommen solche Senken nur äußerst selten vor, oder es handelt sich um nur gering tiefe Mulden, welche die Abflussprozesse nicht beeinflussen. Oft handelt es sich auch um Interpolationsfehler in digitalen Geländemodellen, weshalb Senken in der gängigen Praxis während des Preprocessing aufgefüllt werden.

Die Füllung kleinräumiger Senken oder einzelner Zellen ist ein notwendiger Schritt um Fließwege berechnen zu können. Da größere Senken durchaus eine hydrologische Relevanz haben, wird oft ein z-Wert bestimmt der festlegt, bis zu welcher Tiefe eine Senke im Geländemodell gefüllt wird. Festgelegte z-Werte haben jedoch keine hydrologische Aussage, da sie keine Informationen über das Füllvolumen einer Senke zulassen. Ob eine abflusslose Senke gefüllt werden kann oder nicht, ist in der Realität davon abhängig welches Füllvolumen sie hat, und ob das in die Senke eingetragene Niederschlagsvolumen dieses Volumen übersteigt. Dies ist wiederum abhängig von der Niederschlagshöhe des betrachteten Ereignisses. Für diese Arbeit wurde ein neues Verfahren entwickelt, welches Senken unter Berücksichtigung ihres Volumens und der betrachteten Regenmenge füllt oder ggf. keine Veränderungen vornimmt. Durch eine gefüllte Senke kann sich ein Fließweg fortsetzen. Ein abflusslose Senke führt dazu, dass der Abfluss hier endet.

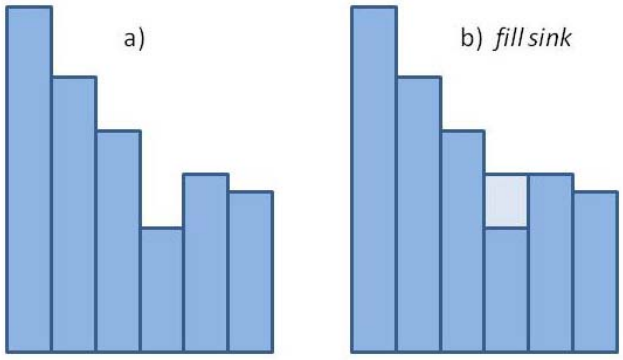


Abb. 3-18 Schematische Darstellung der fill-Funktion zur Füllung von Geländesenken

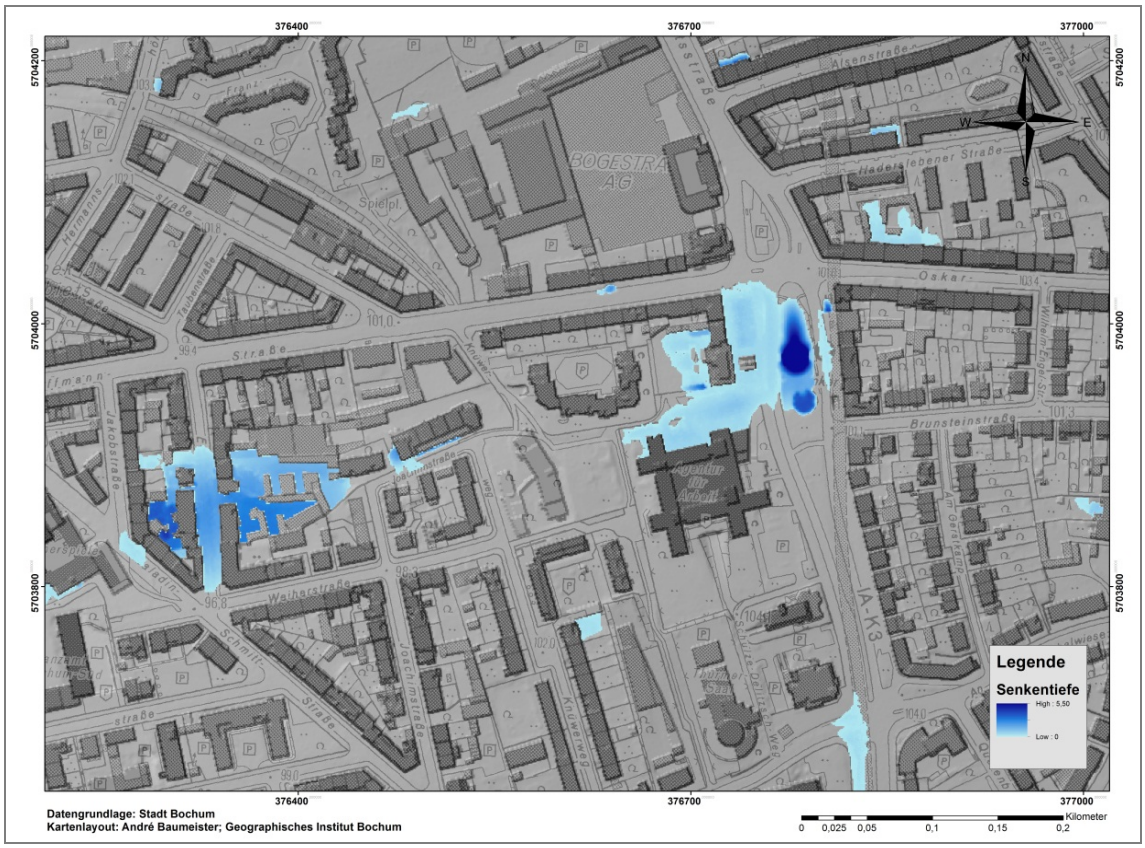


Abb. 3-19 Abflusslose Senken in der Nähe des Bochumer Schauspielhauses

Bestimmung der Fließwege - Flow Accumulation

Auf Grundlage der Fließrichtung einer jeden Zelle wird mit dem Flow Accumulation-Algorithmus die Summe an Zellen errechnet, welche in jede der betrachteten Zellen fließt. Je näher sich eine Zelle am oberen Rand eines Einzugsgebietes befindet, desto geringer ist die Anzahl an Zellen, welche in diese entwässern. Je weiter man sich im Einzugsgebiet entlang eines Fließweges stromabwärts bewegt, desto größer wird die Zahl an Zellen, welche in eine betrachtete Zelle entwässern. Die Berechnung der Flow Accumulation geschieht zunächst ohne eine Gewichtung, was bedeutet, dass jede Zelle den Wert 1 erhält. Der Grenzwert ab dem ein Fließweg tatsächlich als Fließgewässer ausgewiesen wird, kann nicht pauschal festgelegt werden. In natürlichen Einzugsgebieten legt man den Grenzwert fest, indem der Flow-Accumulation-Wert mit dem Auftreten natürlicher Fließgewässer verglichen wird. So erhält der Betrachter einen Anhaltspunkt darüber, wie viele Zellen, bzw. wie viel Fläche für die Entstehung eines Fließgewässers notwendig ist.

Für frei abfließendes Oberflächenwasser in städtischen Einzugsgebieten bestimmt die Regenmenge maßgeblich das Auftreten von freiem Oberflächenabfluss. Während der Niederschlag eines normalen Regenereignisses über die Kanalisation abgeführt wird, entstehen bei 50-jährigen Starkregen an gleicher Stelle stark wasserführende Fließwege. Um diese genauer quantifizieren und entsprechend ihres Risikopotentials bewerten zu können, muss die abflusswirksame Regenmenge bestimmt werden, die bei einem bestimmten Regenereignis in jeder Zelle anfällt.

Bevor der effektive Niederschlag über die Gewichtung einer jeden Zelle bestimmt werden kann, muss zunächst ein sogenannter Bemessungsregen festgelegt werden. In diesem Fall wurden alle Untersuchungen für ein Regenereignis mit einer Dauer von 20 Minuten und einer Niederschlagshöhe von 30 mm bestimmt. Nach den aktuellen Ergebnissen aus KOSTRA-DWD-2000 handelt es sich hierbei um ein Niederschlagsereignis mit einem fünfzigjährigen Wiederkehrintervall (DWD 2005).
Der abflusswirksame oder effektive Niederschlag einer jeden Zelle wurde unter Berücksichtigung des Abflussbeiwertes Ψ ermittelt. Dieser Wert bezeichnet das Verhältnis aus Gesamtniederschlagsmenge und dem direkt an der Oberfläche abfließendem Wasser, dem Direktabfluss (Dyck 1980). Bestimmt wird der Abflussbeiwert primär durch die Oberflächeneigenschaften. Weitere bestimmende Faktoren sind die Beschaffenheit des Untergrundes (Bodenart etc.) und die Neigung des Geländes. Beispiele für Abflussbeiwerte unterschiedlicher Oberflächen sind in Tabelle 3-1 aufgeführt.

Tab. 3-1 Beispiele für Abflussbeiwerte unterschiedlicher Oberflächen (Institut für Landschaftsarchitektur)

Oberfläche	Abflussbeiwert
Fliesen	1
Dachpappe	0,9
Asphalt	0,9
Kiesdach	0,7
Gründach, Schichtenaufbau < 10 cm	0,5
Böschung, lehmiger Sandboden	0,4
Böschung, Kies- und Sandboden	0,3
Verbundsteine mit Fugen	0,25
Wiesen und Gärten, steiles Gelände	0,2
Wiesen und Gärten, flaches Gelände	0,1

In hydrologischen Modellen werden die Abflussbeiwerte häufig als Mittelwert für ganze Einzugs- oder Teileinzugsgebiete bestimmt. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Abflussbeiwerte flächenspezifisch, also für jede Oberfläche unter zusätzlicher Berücksichtigung der oben genannten Faktoren (Boden, Hangneigung) bestimmt. Die versiegelten Flächen wurden mit Hilfe der Daten aus dem Bildflug der Firma AeroWest identifiziert. In diesem Datensatz liegen bereits verschiedene Abflussbeiwerte für unterschiedlich beschaffene versiegelte Flächen vor. Die Werte für die übrigen unversiegelten Flächen wurden über die Angaben im Flächennutzungsplan ermittelt. Über ein aufwendiges Programm-Skript wurden die Abflussbeiwerte der unversiegelten Flächen entsprechend ihrer Neigung und der Bodenbeschaffenheit verändert. Hierzu wurde die Bodenkarte (BK 50) und das DGM1 verwendet. Die Hauptbodenart des obersten Horizonts und die Geländeneigung wurden sinnvoll klassifiziert, so dass über die so erzeugten Abflussbeiwertklassen eine Anpassung der Werte realisiert wurde (Abb. 3-20).

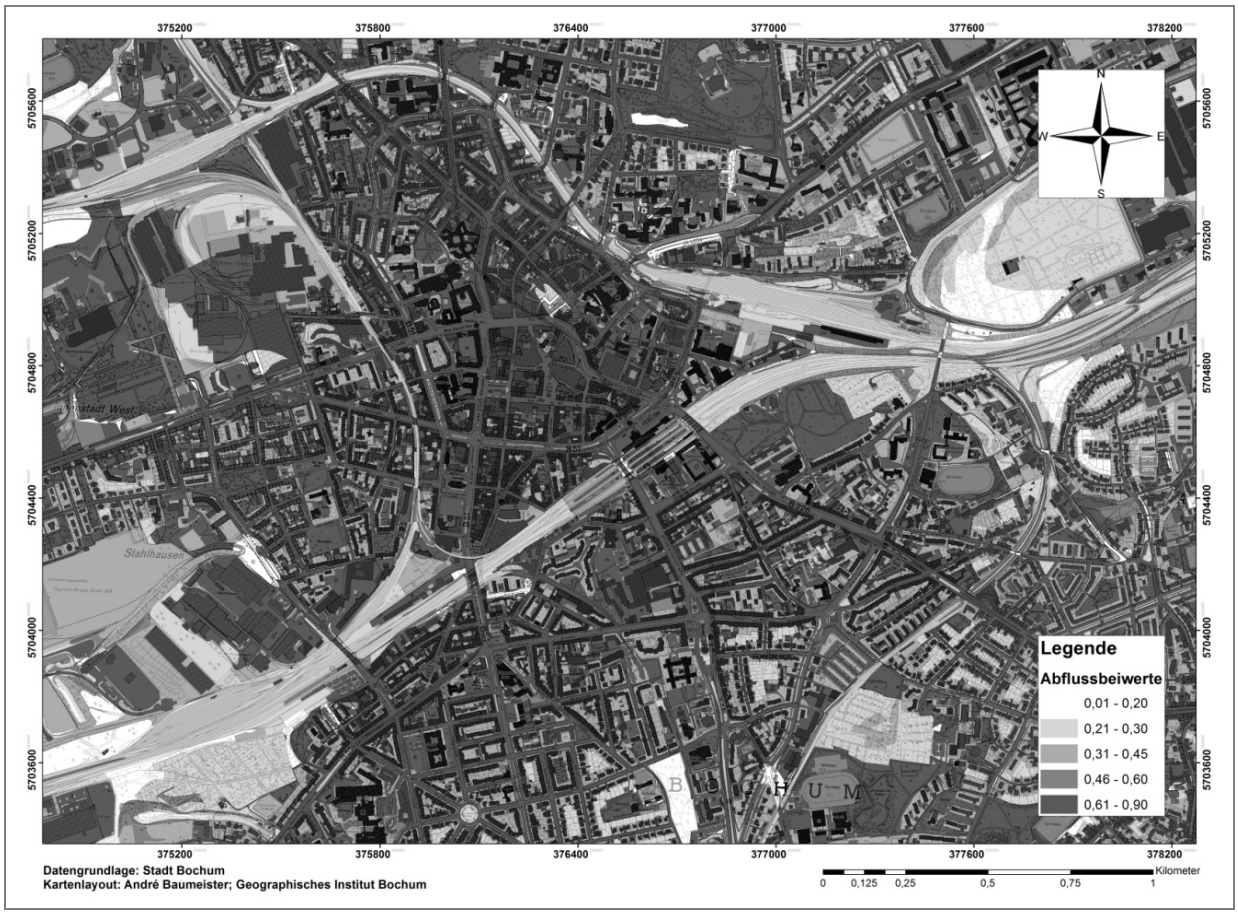


Abb. 3-20 Abflussbeiwerte im Bereich des Bochumer Gleisdreiecks

Eine Berechnung des oberflächenabflusswirksamen Niederschlags erfolgt über die Gewichtung der angenommenen Regenmenge *N* von 30 mm mit den Abflussbeiwerten Ψ aus der Abbildung 3-20. Zusätzlich wurde aus den Versieglungsdaten der AeroWest-Befliegung und den Informationen zur Flächennutzung Werte für den anfänglichen Benetzungsverlust abgeleitet, die ebenfalls vom Gesamtniederschlag abgezogen werden. Der Muldenverlust beschreibt den Verlust über kleinräumige Hohlräume und Mulden (umgangssprachlich Pfützen), der flächendeckend mit 1,8 mm berücksichtigt und ebenfalls von der Gesamtniederschlagsmenge abgezogen wird. Der Anteil des Niederschlags N_O, der in jeder Rasterzelle mit der Größe von 1 x 1 m an der Oberfläche abfließt errechnet sich somit über folgende Gleichung:

$$N_O = N - Muldenverlust - Interzeption \times \Psi$$

Damit bewegt sich die effektive Niederschlagsmenge von ursprünglich angenommenen 30 mm Niederschlag im Bereich des Bochumer Gleisdreiecks (Abb. 3-21) nur noch zwischen 0 mm und 27,8 mm.

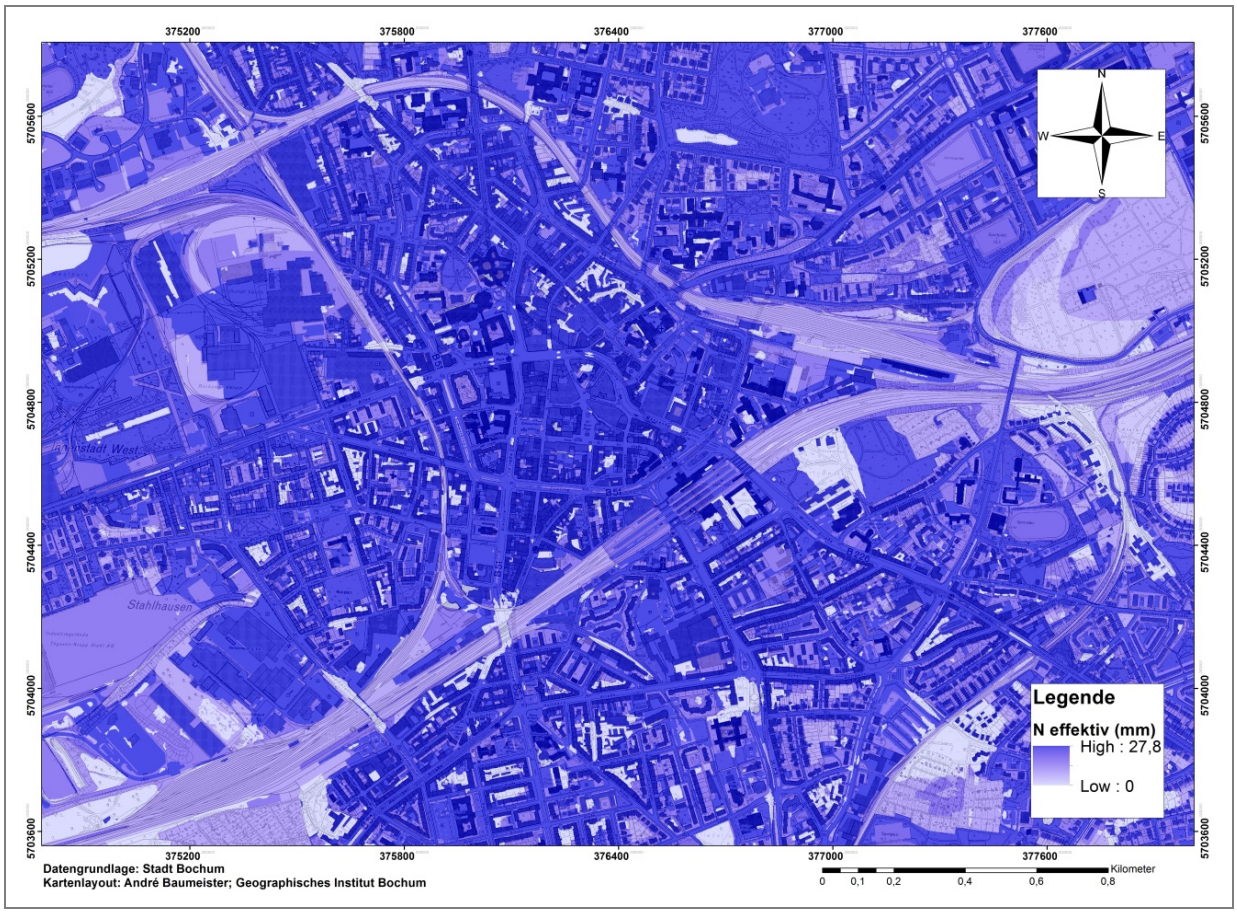


Abb. 3-21 Effektive Niederschläge im Bereich des Bochumer Gleisdreiecks für ein Starkregenereigniss von 30 mm

3.3.2 Belastungskarte der Folgen von Extremniederschlägen

Potentielle Belastungsbereiche finden sich dort, wo ein großes Oberflächenabfluss-Volumen auf Siedlungen, Gebäudekomplexe oder städtische Infrastruktur trifft. Abbildung 3-23 zeigt die vollständig versiegelte Flächen des Bochumer Stadtgebietes.

Die Verringerung des Wasserspeichers aufgrund der hohen Versiegelungsrate führt zu einer Vielzahl von Problemen (Abb. 3-22):

- geringe Verdunstung: Ausprägung von Wärmeinseln
- geringe Grundwasserneubildung:
  sinkende Grundwasserspiegel, Zunahme problematischer Niedrigwasserabflüsse in Fließgewässern
- großer Oberflächenabfluss: Überflutungen

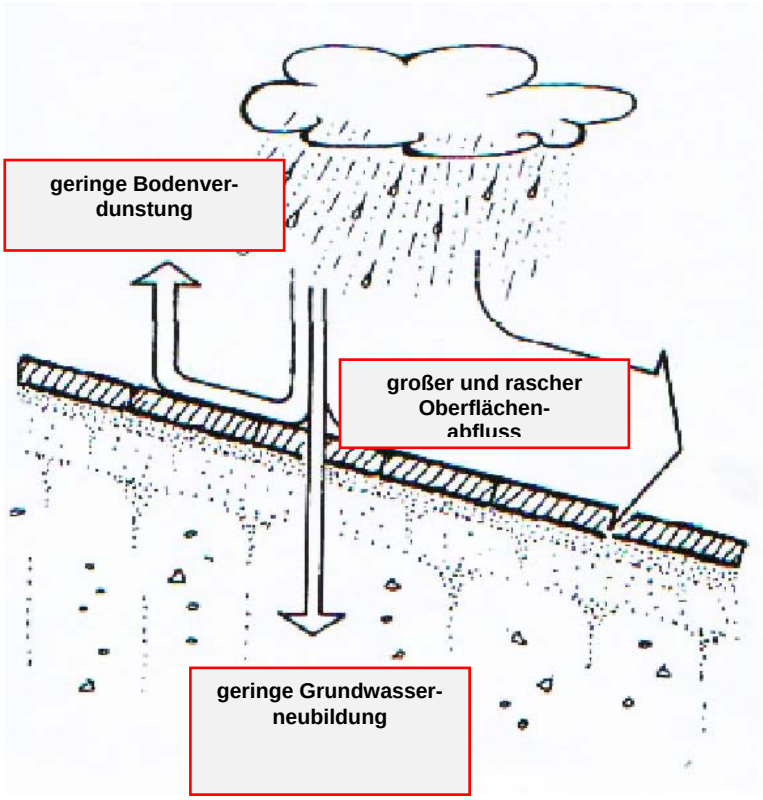


Abb. 3-22 Veränderung des Wasserhaushaltes im urbanen Raum

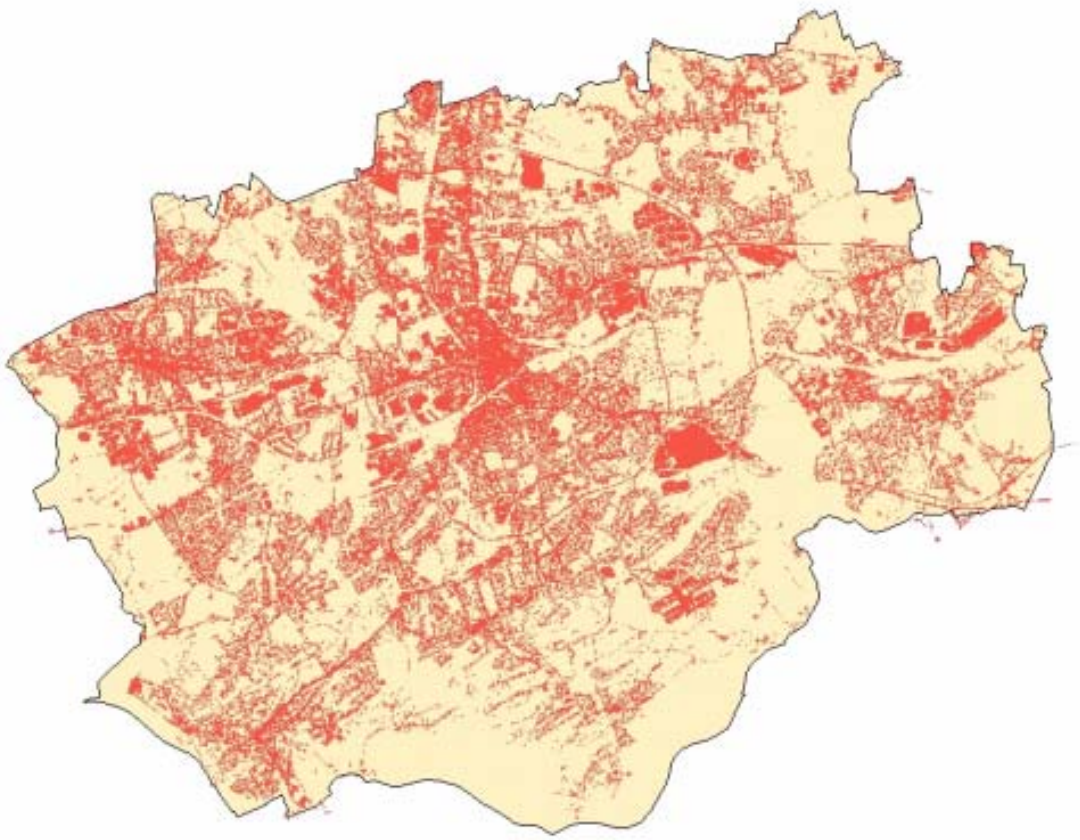


Abb. 3-23 Vollständig versiegelte Flächen des Bochumer Stadtgebietes

Zusätzlich wird das Problem im Bereich abflussloser Senken verstärkt. In solchen Senken kann das Wasser nur über die Kanalisation abgeführt werden. Insbesondere während intensiver Starkregenereignisse kann die überlastete Kanalisation dies nicht leisten. In einem natürlichen Relief kommen großräumige Senken und Mulden in der Regel nicht vor. Ausnahmen bilden in Deutschland Karst-Erscheinungen (Dolinen etc.). In den Städten des Ruhrgebiets wird das natürliche Relief intensiv durch Bergsenkungen geprägt, weshalb abflusslose Senken hier häufiger auftreten.

Das DGM wurde zunächst nach dem in Kap. 3.3.1 beschriebenen Verfahren gefüllt. Ein Differenzmodell zwischen dem gefüllten und dem unbehandelten DGM stellt die Senken mit ihren Tiefen dar. Die berechneten Fließwege wurden auf der Grundlage eines Starkregenereignisses mit 30 mm Niederschlag berechnet. In der Abbildung 3-24 sind die Senken mit ihren jeweiligen Tiefen und die Hauptfließachsen, nach ihrem Abflussvolumen in 5 Stufen klassifiziert, dargestellt. Als Maß für die Siedlungsintensität sind zusätzlich die versiegelten Flächen eingezeichnet.

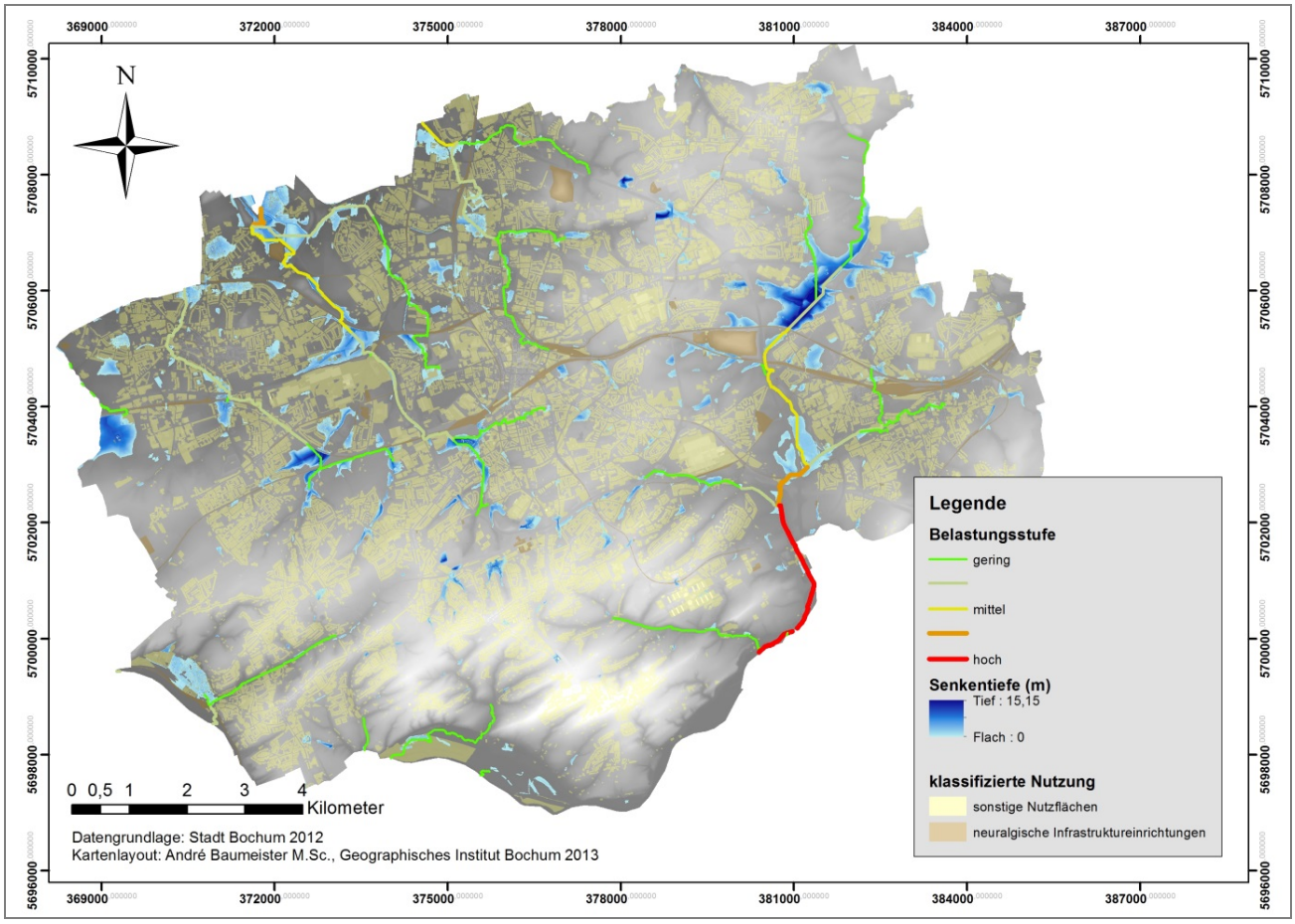


Abb. 3-24 Belastungsgebiete durch Starkregen im Bochumer Stadtgebiet

Die Hauptachse der Entwässerung im Ruhr-Einzugsgebiet befindet sich im Tal des Ölbachs und des Harpener Bachs. Drei Nebenachsen durchfließen die Rinnen des Langendreer Bachs, des Schattbachs und des Lottenbachs. Durchflossen werden zwei ausgeprägte Sen-

ken im Bereich der Harpener Teiche und des Ümminger Sees. Über den Ölbach wird das Niederschlagswasser unmittelbar der Ruhr zugeführt.
Durch die Beschreibung der Fließwege wird deutlich, dass der Oberflächenabfluss sich an natürlichen Gewässerläufen orientieren. Auch die Senken liegen im Bereich von stehenden Gewässern (Harpener Teiche, Ümminger See). Sowohl die Hauptentwässerungsachsen als auch die Senken liegen in einem Stadtgebiet mit geringer Bebauungsdichte. Mit zunehmendem Abflussvolumen erhöht sich zudem die Distanz zu Siedlungsbereichen und städtischen Infrastruktureinrichtungen, so dass das Ruhr-Einzugsgebiet der Stadt Bochum, trotz eines hohen Abflussvolumens, nicht als potentieller Belastungsbereich hervorgehoben werden muss.

Im Einzugsgebiet der Emscher zeigt sich eine andere Situation. Das entsprechende Stadtgebiet Bochums wird über drei Haupt-Fließwege in Richtung Emscher entwässert. Die westliche Achse verläuft vom nördlichen Rand Eppendorfs in Richtung Wattenscheid. Erst nördlich von Wattenscheid im Bereich der Friedrich-Ebert-Straße entwässert der Fließweg über den Wattenscheider Bach. Eine weitere Hauptfließachse verlässt das Stadtgebiet in unmittelbarer Nähe zum Hüller Bach in Bochum Hordel. Durch die baulichen Maßnahmen am Hüller Bach kann frei fließender Oberflächenabfluss nicht über den Bachlauf entwässern. Das Einzugsgebiet umfasst an dieser Stelle die Stadtteile Hamme, Goldhamme und Bochum-Hordel. Insbesondere der Bereich an der Stadtgrenze ist als potentielles Belastungsgebiet zu bewerten. Das hohe Abflussvolumen entwässert hier in eine ausgeprägte abflusslose Senke, welche die Siedlungen im Bereich der Günnigfelder Straße und Am Lakenbruch umfasst.
Die östliche der drei Hauptachsen verlässt das Bochumer Stadtgebiet am Dorneburger Bach. Dieser entwässert das Naturschutzgebiet Tippelsberg nördlich der A 43 und über ein zweites Teileinzugsgebiet einen großen Bereich der Bochumer Innenstadt über die Herner Straße. Insbesondere der nordöstliche Teil des Gleisdreiecks und die Herner Straße sind als Belastungsbereich zu kennzeichnen, da hier das Wasser unmittelbar dem Straßenverlauf nachfließt.
Großräumig betrachtet besteht im Einzugsgebiet der Emscher mit Sicherheit ein erhöhter Handlungsbedarf. Der Oberflächenabfluss durchfließt Siedlungsbereiche und wird wesentlich stärker durch städtische Strukturelemente wie Straßen und Häuserzeilen beeinflusst. Hierdurch erhöht sich der Kontakt zwischen Oberflächenabfluss und urbaner Infrastruktur, wodurch das Gefahrenpotential deutlich erhöht wird. Insbesondere der zuletzt genannte nordöstliche Bereich des Gleisdreiecks, aber auch die ausgeprägte Senke am Hüller Bach in Bochum Hordel sind als besondere Gefahrenzonen hervorzuheben.

Die in der Abbildung 3-24 klassifizierten Infrastruktureinrichtungen sind in der Tabelle 3-2 aufgelistet. Eine Überschneidung von in der Karte (Abb. 3-24) ausgewiesenen Fließwegen mit den Bereichen neuralgischer Infrastruktureinrichtungen führt zu den Belastungsgebieten unter dem Aspekt „Extremniederschläge“.

Tab. 3-2 Nutzungsklassifizierung für die in Abbildung 3-24 dargestellte Risikokarte

Bezeichnung	Beschreibung nach RFNP
sonstige Nutzflächen	gewerbliche Lagerflächen gewerbliche Gebäudeflächen industrielle Lagerflächen Wohngebäude Gemeindebedarfsflächen (Kindergärten, Jugendheime, Altenheime etc.
neuralgische Infrastruktureinrichtungen	industrielle Gebäude & Anlagen Gemeindebedarfsflächen (Krankenhäuser, Feuerwehr, Rettungsstationen etc.) Anlagen zur Trinkwassergewinnung und Abwasserbehandlung Bus- und Straßenbahndepots

Kleinräumig müssen darüber hinaus alle Senken als Belastungsgebiete Beachtung finden. Die dargestellten Senken liegen alle im Bereich eines Fließweges und sind somit potentielle Überflutungsbereiche. Die ausgewiesenen Belastungsbereiche waren Grundlage für die in der Gesamtstudie bearbeiteten Untersuchungsgebiete "Gleisdreieck" und "Wattenscheid". Berücksichtigt werden zusätzlich die in der Klimafunktionskarte ausgewiesenen städtischen Wärmeinseln. Nur so können gezielte Maßnahmen sowohl zu einer Verbesserung der klimatischen wie auch der hydrologischen Situation führen. Es muss darauf hingewiesen werden, dass Adaptionsmaßnahmen bezüglich einer durch Starkregen hervorgerufenen Belastung nicht zwingend vor Ort umgesetzt werden müssen. Zur Abschätzung der möglichen hydrologischen Entschärfungen durch ortsferne Maßnahmen ist jedoch eine genaue Kenntnis über die Fließwege unerlässlich.

4. Kommunale Gesamtstrategie zur Anpassung an den Klimawandel

4.1 Festsetzung der Handlungsfelder für die Stadt am Beispiel der Fallstudien

4.1.1 Aufgabenstellung und Lage der Untersuchungsgebiete

Für drei verschiedene Untersuchungsgebiete im Bochumer Stadtgebiet sollten beispielhaft die lokalklimatischen Auswirkungen verschiedener Anpassungsmaßnahmen durch die Anwendung mikroskaliger Modellierungen untersucht werden. Dazu wurde jeweils ein Ist-Zustand mit verschiedenen Anpassungsvarianten verglichen. Zur Auswahl der drei Fallstudien wurden die Belastungskarten unter dem Aspekt „Hitze“ und „Extremniederschläge herangezogen. Die einzelnen Untersuchungsgebiete wurden nach einem kombinativen Bewertungsverfahren ausgewählt. Ein primäres Ziel dieser Arbeit ist es, Maßnahmen zu skizzieren und zu bewerten, welche sowohl aus klimatologischer wie auch aus hydrologischer Sicht Entlastungen für Problemzonen schaffen können. Da eine Erhöhung des Wasserspeichers ein sinnvolles Ziel aller skizzierten Adaptionsmaßnahmen, sowohl aus klimatologischer als auch aus hydrologischer Sicht darstellt, sollten möglichst große gegenseitige Synergieeffekte der geplanten Maßnahmen angestrebt werden.

Es besteht ein wichtiger zentraler Unterschied zwischen den möglichen Entlastungsmaßnahmen beider Fachdisziplinen, Klima und Hydrologie, der eine gemeinsame Problemlösungsstrategie deutlich vereinfacht. Während für innerstädtische Wärmeinseln Adaptionsmaßnahmen in der Regel unmittelbar vor Ort durchgeführt werden müssen um eine Entschärfung des Problems zu schaffen, können Entlastungen für hydrologische Belastungsbereiche an unterschiedlichen Orten stattfinden. Entsiegelungen und Retentionsmaßnahmen im Bereich der Wärmeinsel der Bochumer Innenstadt schaffen eine hydrologische Entlastung für alle Bereiche die stromabwärts im selben Einzugsgebiet liegen. Anders gesagt, der hohe Versieglungsgrad in der Innenstadt trägt zu einer Erhöhung des Abflussvolumens bei, welches sich noch im Bereich des Hüller Bachs an der Stadtgrenze zu Herne negativ auswirkt.

Ein großer Vorteil der Kenntnis von Fließwegen liegt darin, dass die Auswirkungen von Anpassungsmaßnahmen auf Urbane Sturzfluten deutlich genauer geprüft werden können. Wie oben beschrieben können Entlastungen meist nicht in den hoch belasteten Stadtgebieten geschaffen werden. Retentionsmaßnahmen, Entsiegelungen oder Regenrückhaltebecken erfüllen ihren Zweck in der Regel am besten im Oberlauf eines Fließweges, dort wo der Oberflächenabfluss entsteht. In diesem Fall ist es dringend notwendig zu wissen woher das Wasser kommt und vor allem wohin es fließt, um Aussagen darüber treffen zu können, welche Reichweite Entlastungsmaßnahmen haben und in welche Richtung sie sich auswirken. Unter dem Aspekt der Hitzebelastung sind Bereiche, die in einer für die Innenstadt relevanten Frischluftschneise liegen, ebenso relevant, wie die Gebiete innerhalb der städtischen Wärmeinseln. Deshalb wurde eine Fallstudie in Bochum-Laer (Luftleitbahn) außerhalb der Hitzeinsel ausgewählt.

Die beiden anderen Fallstudien stellen in erster Linie ausgeprägte innerstädtische Wärmeinseln mit einem hohen Versieglungsgrad dar. Sowohl die unmittelbare Bochumer Innenstadt, als auch das Zentrum von Bochum Wattenscheid sind aus hydrologischer Sicht keine kritischen Belastungszonen. In beiden Fällen führt der hohe Versieglungsgrad zu hohen und schnellen Abflussspitzen in den tieferen Bereichen der Einzugsgebiete. Die skizzierten Adaptionsmaßnahmen sind somit bewusst so gewählt worden, dass die Wärmeinseln reduziert, aber auch das Direktabfluss-Volumen aus diesen hoch versiegelten Bereichen verringert wird.

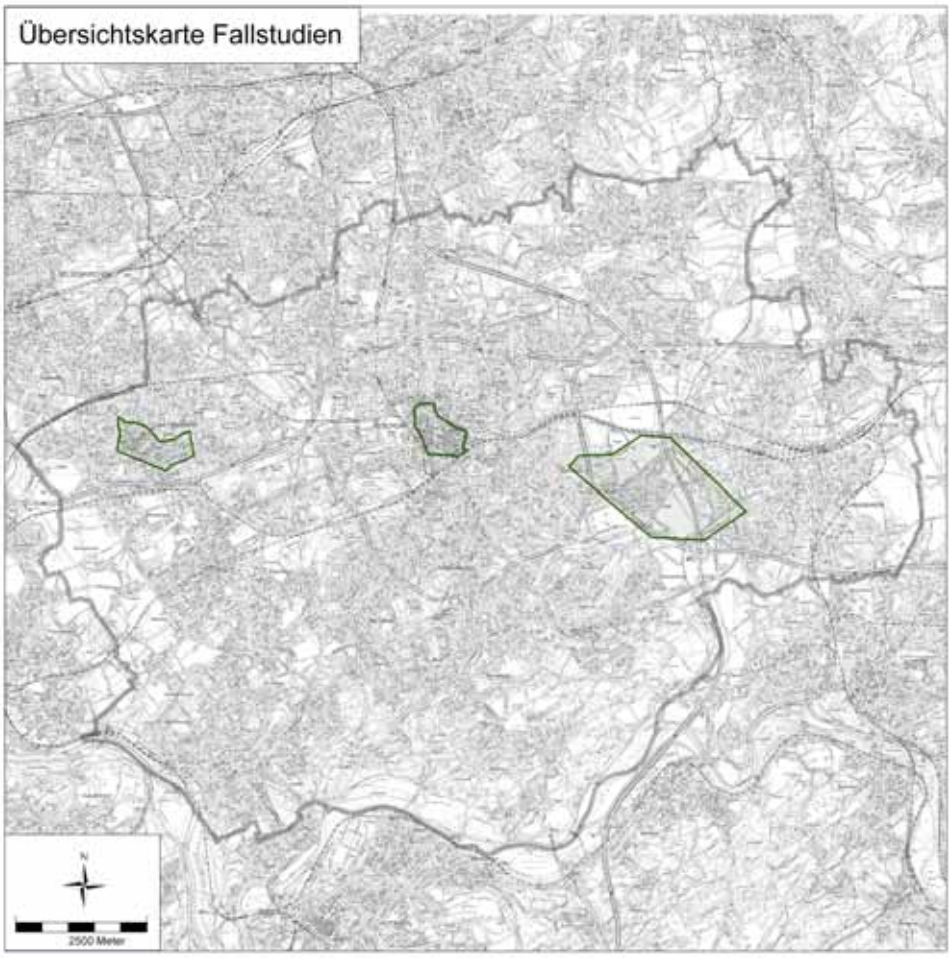


Abb. 4-1 Lage der Fallstudiengebiete Bochum-Laer, Bochum-Innenstadt und Wattenscheid

In der Fallstudie Bochum-Laer wird die Auswirkung eines Neubaugebietes auf das vorhandene Lokalklima und eine stadtrelevante Belüftungsbahn untersucht. Bei dieser Fallstudie kommen parallel Messungen und mikroskalige Modellierungen zum Einsatz.
Die Fallstudie Bochum-Innenstadt beschäftigt sich mit der Hitzevermeidung zur Erhöhung der Aufenthaltsqualität auf der einen Seite und mit der Reduzierung der Folgen von Extremniederschlägen auf der anderen Seite. Die Fallstudie wurde in 2 Modellgebiete unterteilt, das Untersuchungsgebiet „Innerstädtische Plätze“ umfasst den Dr.-Ruer-Platz und den Husemannplatz, das zweite Untersuchungsgebiet befasst sich mit dem Massenberg-Boulevard.
Die dritte Fallstudie befasst sich mit der Innenstadt von Bochum-Wattenscheid. Thema ist hier die Wirkung von Dachbegrünungen und Innenhofentsiegelungen auf die Niederschlagswasser-Reduktion.

4.1.2 Einführung in die mikroskalige Modellierung

Das Klima in Städten unterscheidet sich meist deutlich von den durchschnittlichen lokalen Witterungsbedingungen des Umlandes. Typische Merkmale des Stadtklimas sind beispielsweise eine nächtliche Wärmeinsel, ein stark modifizierter Strahlungshaushalt und veränderte Windströmungen. Da das Stadtklima in einem direkten Zusammenhang zur Gestaltung der Umwelt steht, kann durch Veränderungen der Stadtstruktur das lokale Klima sowohl zum Positiven als auch zum Negativen verändert werden. Die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Klimaelementen und der Stadt sind jedoch zu komplex, als dass man sie ohne weiteres abschätzen könnte. Sollen die Auswirkungen einer beabsichtigten Veränderung der Stadtstruktur vorhergesagt werden, so ist der Einsatz von numerischen Simulationsmodellen unumgänglich.

Das Modell ENVI-met
Um einen Vergleich zwischen Ist-Zustand und Planvariante(n) zu ermöglichen, ist der Einsatz eines mikroskaligen Klimamodells erforderlich. Hierzu wird das in der AG Klimaforschung der Ruhr-Universität Bochum entwickelte Modell **ENVI-met** (Bruse 1999) eingesetzt (ENVI-met Website: www.envi-met.com). ENVI-met ist ein dreidimensionales prognostisches numerisches Strömungs-Energiebilanzmodell. Die physikalischen Grundlagen basieren auf den Gesetzen der Strömungsmechanik, der Thermodynamik und der Atmosphärenphysik. Das Modell dient zur Simulation der Wind-, Temperatur- und Feuchteverteilung in städtischen Strukturen. Es erfasst urbane Strukturen als Gesamtsystem und beschreibt dynamische klimatologische Vorgänge. Mit diesem mikroskaligen Modell werden die Wechselwirkungen zwischen Oberflächen, Pflanzen und der Atmosphäre in einer städtischen Umgebung simuliert. Es werden Parameter wie Gebäudeoberflächen, Bodenversiegelungsgrad, Bodeneigenschaften, Vegetation und Sonneneinstrahlung einbezogen. Durch die Wechselwirkungen von Sonne und Schatten sowie die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Materialien (spezifische Wärme, Reflexionseigenschaften, ...) entwickeln sich im Laufe eines simulierten Tages unterschiedliche Oberflächentemperaturen, die ihrerseits in Abhängigkeit vom Windfeld ihre Wärme mehr oder minder stark an die Luft abgeben. Um Wechselwirkungen zwischen der Vegetation und der Atmosphäre simulieren zu können, wird das physiologische Verhalten der Pflanzen nachgebildet. Hierzu zählt das Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen zur Steuerung des Wasserdampfaustausches mit der Umwelt, die Aufnahme von Wasser über die Wurzeln oder die Änderung der Blatttemperatur im Laufe des Tages.

Die mögliche räumliche Auflösung des Modells liegt zwischen 0,5 bis 10 m je nach Größe der Gesamtfläche und zeitlich bei einer Genauigkeit von bis zu 10 sec.
Das Modell schließt die Simulation folgender Parameter ein:

- Strömungsfeld (auch Gebäudeumströmung)
- Austauschprozesse für Wärme und Feuchte
- Lufttemperatur- und Feuchteverteilung
- Turbulenz
- Austauschprozesse mit der Vegetation
- Bioklimatologie
- Luftpartikelverteilung

In der Abbildung 4-2 sind die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Komponenten eines Modellgebietes und der Atmosphäre, die im ENVI-met Modell berücksichtigt werden, dargestellt.

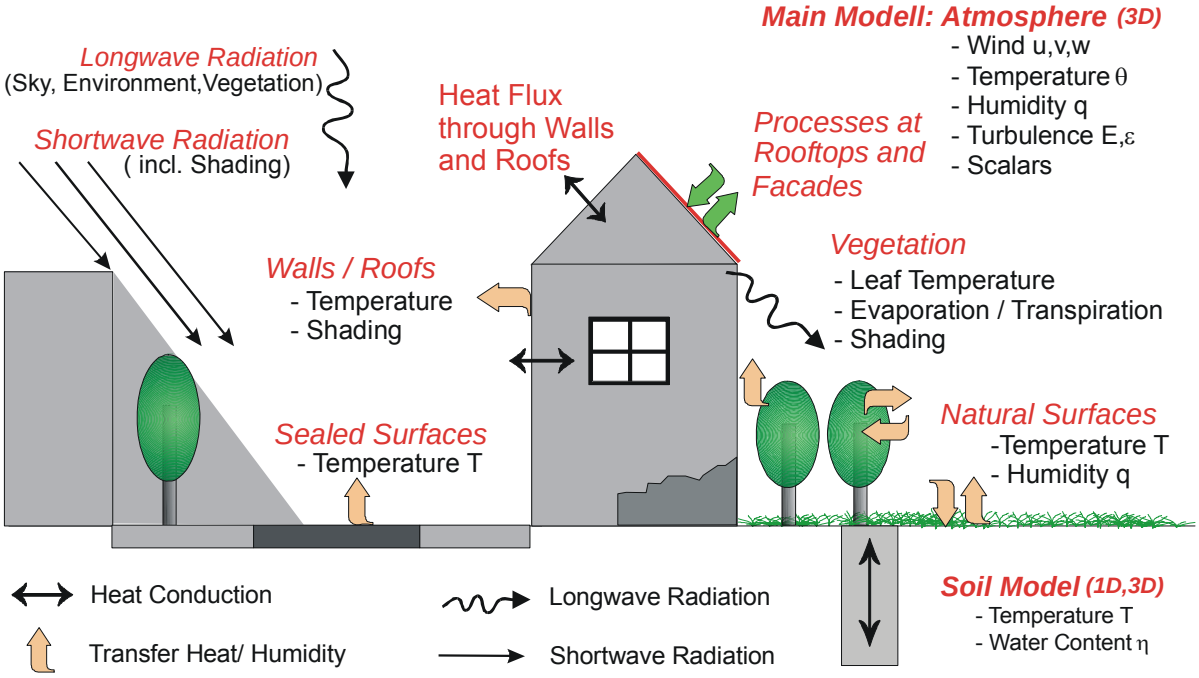


Abb. 4-2 Wechselwirkungen, die im ENVI-met Modell berücksichtigt werden (Bruse & Fleer 1998)

Mit Hilfe des Programms Leonardo (Teil des ENVI-met Modells), das zur Ergebnisvisualisierung der ENVI-met Modellläufe zur Verfügung steht, können Karten in verschiedenen Vertikal- und Horizontalschnitten sowie 3D-Darstellungen erstellt werden, die jeweils die gewünschten Parameter (Temperatur, Feuchte, Wind,...) anzeigen.
Durch die Verkleinerung auf den Modellmaßstab wird die tatsächliche Temperaturamplitude sowohl im Tagesgang wie auch in der räumlichen Verteilung der Lufttemperaturen durch das Modell verkleinert, ohne dass genaue Aussagen über die Reduzierung der Temperaturunterschiede getroffen werden können. Die Ergebnisse sind somit eher qualitativ als über die genauen Werte zu interpretieren. Damit gewinnen auch kleinere Temperaturunterschiede von unter 1 Kelvin an Bedeutung für das jeweilige Untersuchungsgebiet.
Die in folgenden Unterkapiteln dargestellten Untersuchungszeiten sind jeweils so gewählt, dass größtmögliche Unterschiede herausgearbeitet werden können. Deshalb sind die Bezugszeiten nicht in allen Unterkapiteln gleich.

PMV - Bioklimamodell

Der thermische Wirkungskomplex beschäftigt sich mit dem Wärmehaushalt des Menschen und den damit verbundenen Möglichkeiten der Wärmeabgabe des Körpers bei gegebenen meteorologischen Randbedingungen. Eine optimale Thermoregulation des Menschen ist nur innerhalb bestimmter, eng begrenzter Klimaparameter gewährleistet. Abweichungen von diesen Parametern wirken auf den Organismus als thermische Belastung, die sich als Wärmebelastung im Sommer oder als Kältestress im Winter äußern kann. Von den meteorologischen Größen sind vor allem Globalstrahlung, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit für die thermische Behaglichkeit von Bedeutung. Hohe Lufttemperaturen können die Wärmeabgabe über die Haut erschweren. Hohe Luftfeuchtigkeit kann ebenfalls die thermische Behaglichkeit beinträchtigen, wenn das Dampfdruckgefälle zwischen Haut und Atmosphäre zu gering ist. Niedrige Temperaturen und hohe Windgeschwindigkeiten verstärken hingegen die Wärmeabgabe des Körpers. Die direkte Sonneneinstrahlung erwärmt die Körperoberfläche und kann den Abkühlungseffekt von niedrigen Lufttemperaturen und Wind abschwächen. Die Wirkung der genannten meteorologischen Größen auf die thermische Behaglichkeit lässt sich integrativ und objektiv über verschiedene Maßzahlen bewerten, wobei eine Differenzierung nach dem Grad der Belastung möglich ist (Tab. 4-1).

Tab. 4-1 Beurteilungsmaßstäbe für thermische Behaglichkeit (kombiniert nach verschiedenen Verfassern; aus Kuttler 2004)

PMV	PET	pt	Thermisches Empfinden	Physiologische Belastungsstufe
–3,5	4°C	–39°C	sehr kalt	extreme Kältebelastung
–2,5	8°C	–26°C	kalt	starke Kältebelastung
–1,5	13°C	–13°C	kühl	mäßige Kältebelastung
–0,5	18°C	0°C	leicht kühl	schwache Kältebelastung
± 0	20°C	20°C	behaglich	keine Wärmebelastung
0,5	23°C	26°C	leicht warm	schwache Wärmebelastung
1,5	29°C	32°C	warm	mäßige Wärmebelastung
2,5	35°C	38°C	heiß	starke Wärmebelastung
3,5	41°C		sehr heiß	extreme Wärmebelastung

PMV: Das PMV Modell (= Predicted Mean Vote Model) (nach Untersuchungen von FANGER 1972, erweitert durch JENDRITZKY 1993) beruht auf der Energiebilanz des Menschen und berücksichtigt das persönliche Komfortempfinden von Durchschnittspersonen. Die Werte der PMV-Skala bewegen sich zwischen -4, was einem Empfinden von „sehr kalt“ entspricht, bis +4 („sehr warm“). Ein PMV-Wert von 0 entspricht einer neutralen, also komfortablen thermischen Situation (nicht zu kalt und nicht zu warm).

PET: In die Physiologische Äquivalente Temperatur fließen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit sowie die kurz- und langwellige Strahlung der Umgebung und natürlich physiologische Größen ein.

pt: Die gefühlte Temperatur umfasst sämtliche für den Wärmehaushalt des Menschen thermisch relevante Größen (Verhältnis von Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit und der Einfluss der Intensität des Sonnenscheins je nach Jahreszeit und Bewölkungsgrad).

Zur Vorhersage des Thermischen Komforts für den Menschen in einem Modellgebiet wird das PMV – Bioklimamodell benutzt. Es ist das bekannteste Bioklimamodell und beruht auf Untersuchungen von Fanger (1972), erweitert durch Jendritzky (1993). Das PMV Modell (=Predicted Mean Vote Model) beruht auf der Energiebilanz des Menschen und berücksichtigt das persönliche Komfortempfinden von Durchschnittspersonen.

Die Werte der PMV-Skala (Abb. 4-3) bewegen sich zwischen -4, was einem Empfinden von „sehr kalt“ entspricht, bis +4 („sehr warm“). Ein PMV-Wert von 0 entspricht einer neutralen, also komfortablen thermischen Situation (nicht zu kalt und nicht zu warm).

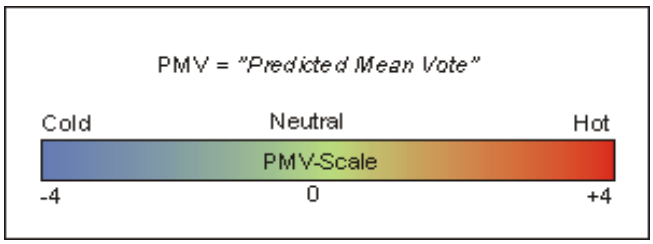


Abb. 4-3 PMV-Skala

ENVI-met benötigt zur Berechnung der PMV-Werte konkrete Eingangsparameter. Die PMV-Werte werden in den vorliegenden Modellsimulationen berechnet für einen sich mit 1 m/s durch das Modellgebiet bewegenden Menschen. Die menschliche Energiebilanz variiert in Abhängigkeit von der jeweiligen Bekleidung, deshalb wurde einheitlich eine leichte Sommerbekleidung vorausgesetzt.
Da sich die Unterschiede bei den bioklimatischen PMV-Werte in erster Linie aus den unterschiedlichen Einstrahlungswerten im Modellgebiet ergeben, zeigt die Verteilung der nächtlichen PMV-Werte bei fehlender Einstrahlung keine Variationen im jeweiligen Untersuchungsgebiet. Deshalb wird auf die Darstellung der Verteilung der PMV-Werte während der Nacht verzichtet.

4.1.3 Fallstudie Bochum-Laer – Städtische Belüftungsbahnen

4.1.3.1 Eingangsdaten

Das Untersuchungsgebiet für die Fallstudie Bochum-Laer zeigt eine ausgeprägte Senkenstruktur, die sich süd-östlich an das Wohngebiet Laer anschließt (Abb. 4-4). Die unversiegelten Grünflächen nördlich, östlich und südlich von Laer stellen ein innenstadtnahes Frischluftgebiet dar. Insbesondere Richtung Altenbochum ist eine Luftleitbahn ausgewiesen, die für die Bochumer Innenstadt relevant ist. Im Rahmen dieser Fallstudie soll das Kaltluftpotential dieses Gebietes und die Auswirkung eines geplanten Neubauprojektes auf das Lokalklima und die städtische Belüftung untersucht werden. Hierzu werden im Untersuchungsgebiet Messungen und mikroskalige Modellierungen kombiniert.

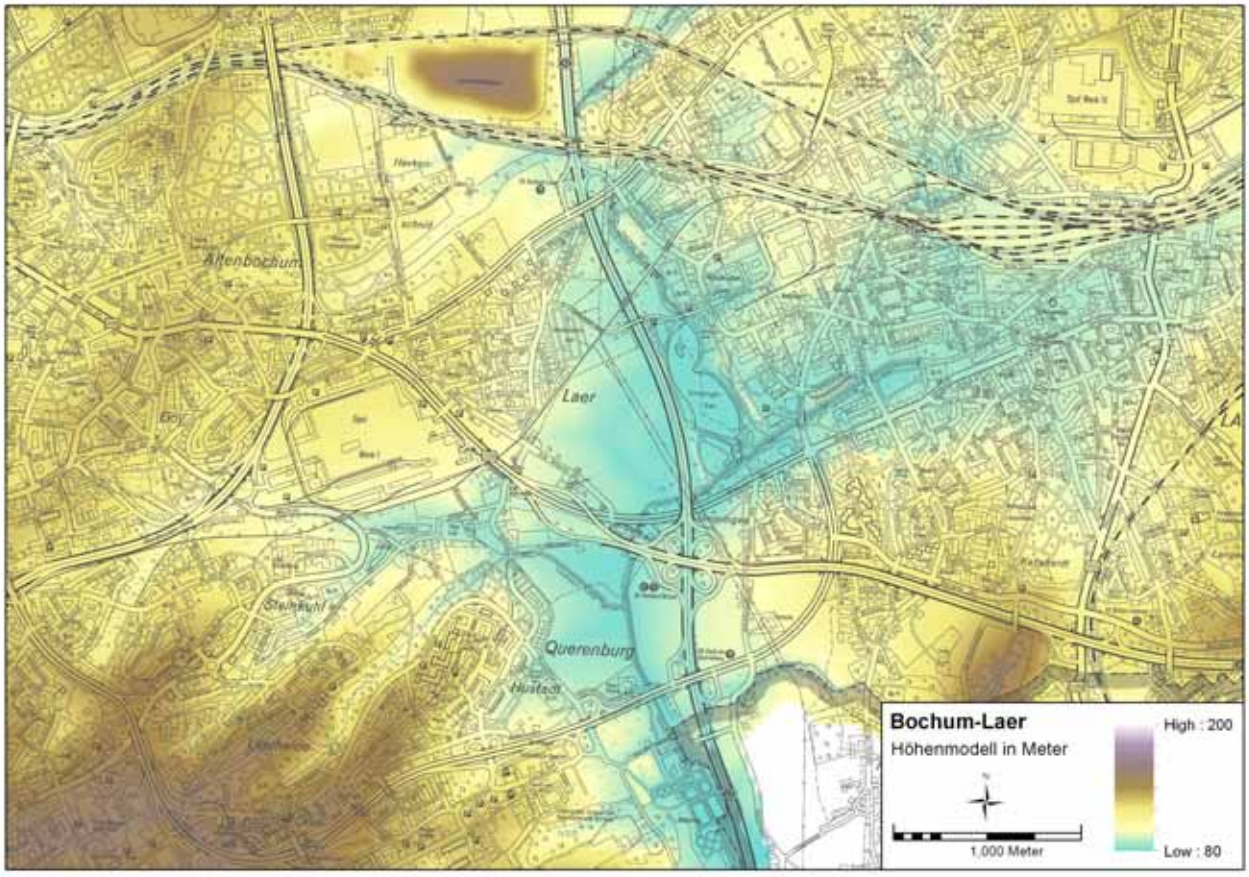


Abb. 4-4 Reliefstruktur in der Umgebung des Fallstudiengebietes Bochum-Laer (Geobasisdaten * LandNRW, Bonn, 22412/210)

Der für die mikroskaligen Modellierungen heranzuziehende Planvorschlag für das Gebiet Bochum Laer ist in der Abbildungen 4-5 dargestellt. Im Wesentlichen betrifft die Veränderung den südlichen Randbereich der Luftleitbahn Richtung Altenbochum. Der nördliche Bereich ist weiterhin stark durchgrünt. Eine Ausnahme stellt die Sportplatzanlage in Nordwesten des Modellgebietes dar.

Abb. 4-5 Planentwurf für die neue Bebauung im Modellgebiet Bochum-Laer

Die Informationen aus der DGK5 und dem Planentwurf können zu jeweils einer Eingabedatei für die mikroskaligen ENVI-Met-Modellierungen verarbeitet werden. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 4-6 für den Ist-Zustand und Abbildung 4-7 für den Planentwurf dargestellt. Neben der Lage, Form und Höhe der Gebäude ist auch die Vegetationsstruktur mit Informationen über Rasenflächen, Büsche und Bäume verschiedener Größen in den Eingabedateien vorhanden. Die unterschiedliche Höhe der Vegetation von Rasenflächen über Büsche bis hin zu Bäumen ist grob anhand der Grüntöne zu unterscheiden. Bäume werden in dunkelgrün, Büsche in einem mittleren Grün und Rasenflächen in Hellgrün wiedergegeben. Gut erkennbar ist die im Modellgebiet des Planenwurfs dazu gekommene Bebauung nördlich des Wohngebietes Laer.

Zusätzlich wurden die Bodenart bzw. die Bodenversiegelung im Modellgebiet erfasst und in die Eingabedatei übertragen. Diese sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht in den Abbildungen 4-6 und 4-7 dargestellt. Im Modellgebiet Bochum-Laer gibt es eine deutliche Zweiteilung, im Norden, Osten und Süden dominieren unversiegelte Flächen, in der Mitte die versiegelten Flächen des Opelwerks und des Wohngebietes Laer.

Insgesamt hat das Modellgebiet eine Ausdehnung von 1870 m in West-Ost-Richtung und 1780 m in Nord-Süd-Richtung. Alle folgenden Ergebnisabbildungen sind entsprechend der Eingabegebiete für die ENVI-Met Modellierungen nach Norden ausgerichtet.

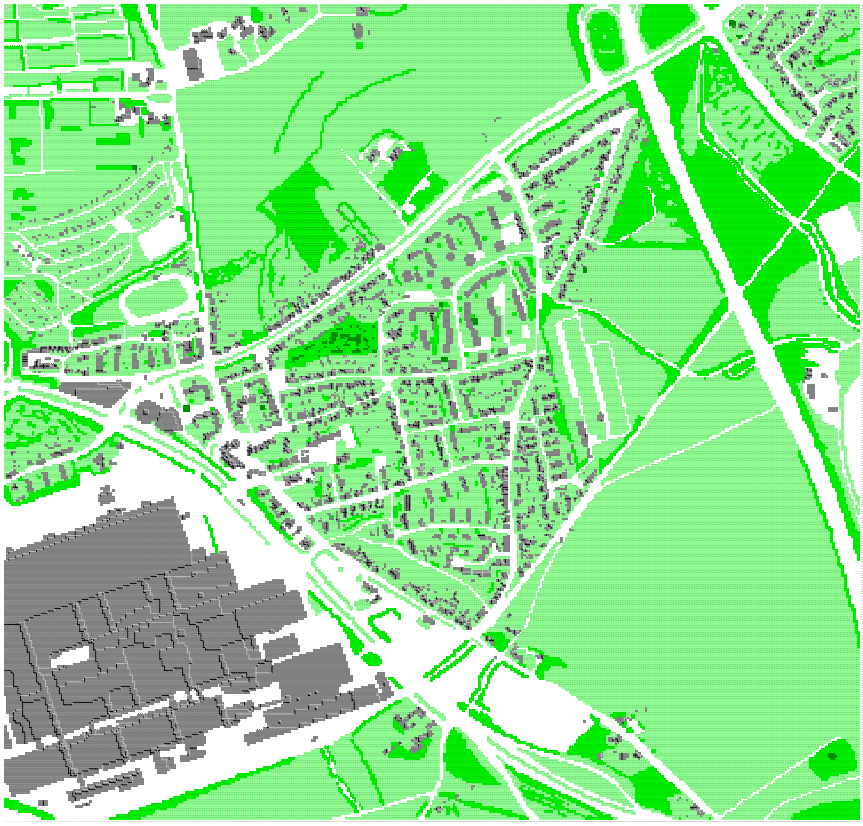


Abb. 4-6 Gebäude- und Vegetationsstruktur im Modellgebiet Bochum-Laer – Ist-Zustand als Eingabe für ENVI-Met

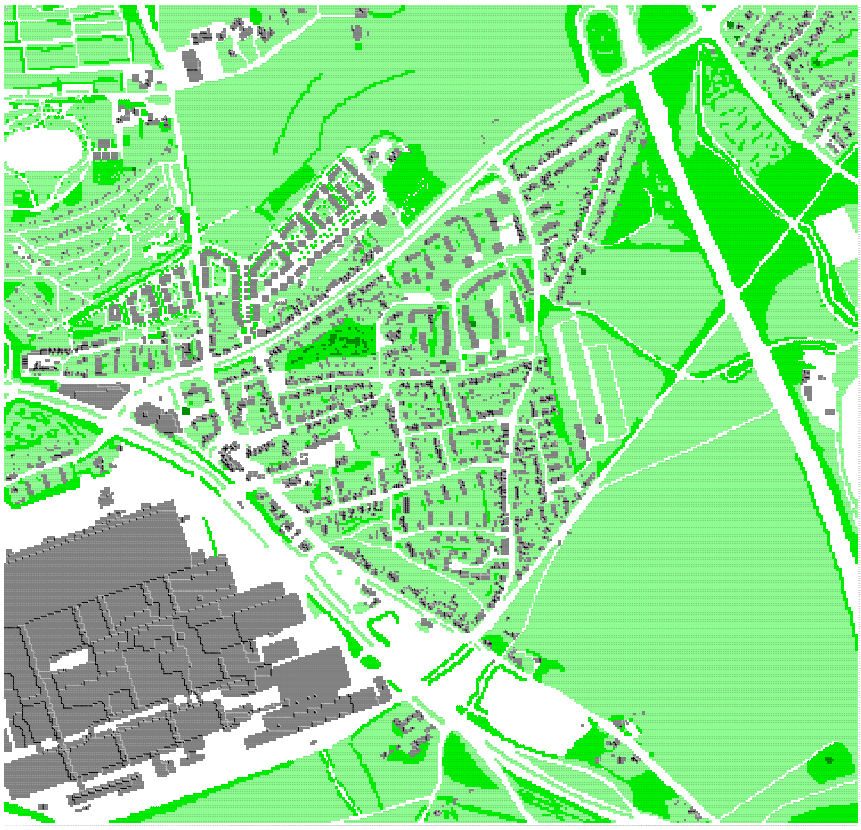


Abb. 4-7 Gebäude- und Vegetationsstruktur im Modellgebiet Bochum-Laer – Planentwurf als Eingabe für ENVI-Met

4.1.3.2 Beurteilung der Modell-Temperaturamplituden durch einen Vergleich mit Messungen

Zur Erfassung des Kaltluftpotentials und der Wirkung der Frischluftschneise Richtung Altenbochum wurden großflächig über das Gebiet der mikroskaligen Modellierung hinaus in einer sehr warmen Sommernacht Lufttemperaturmessungen durchgeführt. Mit dem Messwagen des Geographischen Institutes der RUB (siehe Abb. 3-1) wurden am 9. September 2012 zwischen 22:20 und 23:50 Uhr MEZ die Lufttemperaturen in 2 m Höhe auf einer durch das Untersuchungsgebiet führenden Messroute erfasst. Die Daten der Temperaturen wurden kontinuierlich im 5-Sekunden-Abstand während der langsamen Fahrt (ca. 20 km/h) erfasst und anschließend zeitkorrigiert, d.h. die zeitliche Temperaturänderung im Verlauf der Messfahrt wurde herausgerechnet und die Temperaturen können für einen Zeitpunkt (23 Uhr MEZ) verglichen werden.
Die Messfahrt diente vor allem der Erfassung der thermischen Situation des Untersuchungsgebietes in den Nachtstunden bei autochthonen Wetterlagen. Ziel der Messfahrt sollte es sein, die durch Bebauung, Flächennutzung und Relief verursachten kleinklimatischen Ausprägungen zu erfassen und darzustellen. Diese Phänomene bilden sich in klaren Nächten besonders deutlich heraus, weshalb die Messfahrt nachts durchgeführt wurde. Abbildung 4-8 zeigt das Ergebnis dieser Messungen als interpolierte Lufttemperaturverteilung in 2 m Höhe nachts um 23 Uhr MEZ.

Wie erwartet traten bei der Messfahrt wärmere Temperaturen innerhalb der Bebauung, insbesondere im Bereich des Opelwerkes auf und kühlere Temperaturen in Außenbereichen bzw. Bereichen mit großflächigem Vegetationsbestand und auf Freiflächen. So erreichte die Lufttemperatur nordöstlich des Opelwerkes nachts um 23 Uhr noch Werte von über 21 °C und auf durch Acker und Wiesen geprägten Flächen die geringsten Werte von 15 °C bis 18 °C. In der leichten Senkenlage östlich von Laer sammelte sich die Kaltluft und die Lufttemperaturen lagen zum Teil unter 15 °C. Die potentielle Frischluftschneise nördlich von Laer ist deutlich anhand der kühlen Lufttemperaturen zu erkennen. Der Übergang von den Freiflächen zur dichten Bebauung in Altenbochum zeichnet sich durch einen Temperaturanstieg auf kurzen Distanz aus, die Lufttemperaturen steigen hier um 5 bis 6 Kelvin an.

Die Lufttemperaturverteilung der mikroskaligen Modellierung (Abb. 4-9) sieht auf den ersten Blick sehr ähnlich aus. Das Modell ist in der Lage, die relativen Unterschiede aufgrund der Bebauung und Flächennutzung zu berechnen. Der wärmste Bereich ist wieder das Opelwerk und die Frischluftschneise nördlich Laer Richtung Altenbochum weist die tiefsten Temperaturen auf. Der Kaltluftsee in der Senke östlich von Laer ist in den Modellergebnissen nicht zu finden. Ursache ist, dass das Relief nicht in die Berechnung einbezogen werden kann, das Modellgebiet ist abgesehen von der Bebauung ein ebenes Gelände.
Der größte Kritikpunkt an den Modellierungen sind aber die absoluten Temperaturabweichungen. Hier kann das Modell die Temperaturspanne von rund 6-8 Kelvin nicht abbilden. Zwei verschiedene Ursachen sind hierfür verantwortlich. Zum einen zeichnete sich der Tagesgang des 9. September 2012 durch extrem heiße Temperaturen tagsüber und eine sehr starke Abkühlung in der Nacht aus. Das Modell rechnet mit einer mittleren sommerlichen Situation und nicht mit extremen Ausnahmefällen. Deshalb ist die Tagesgangamplitude im Modell deutlich flacher ausgeprägt.

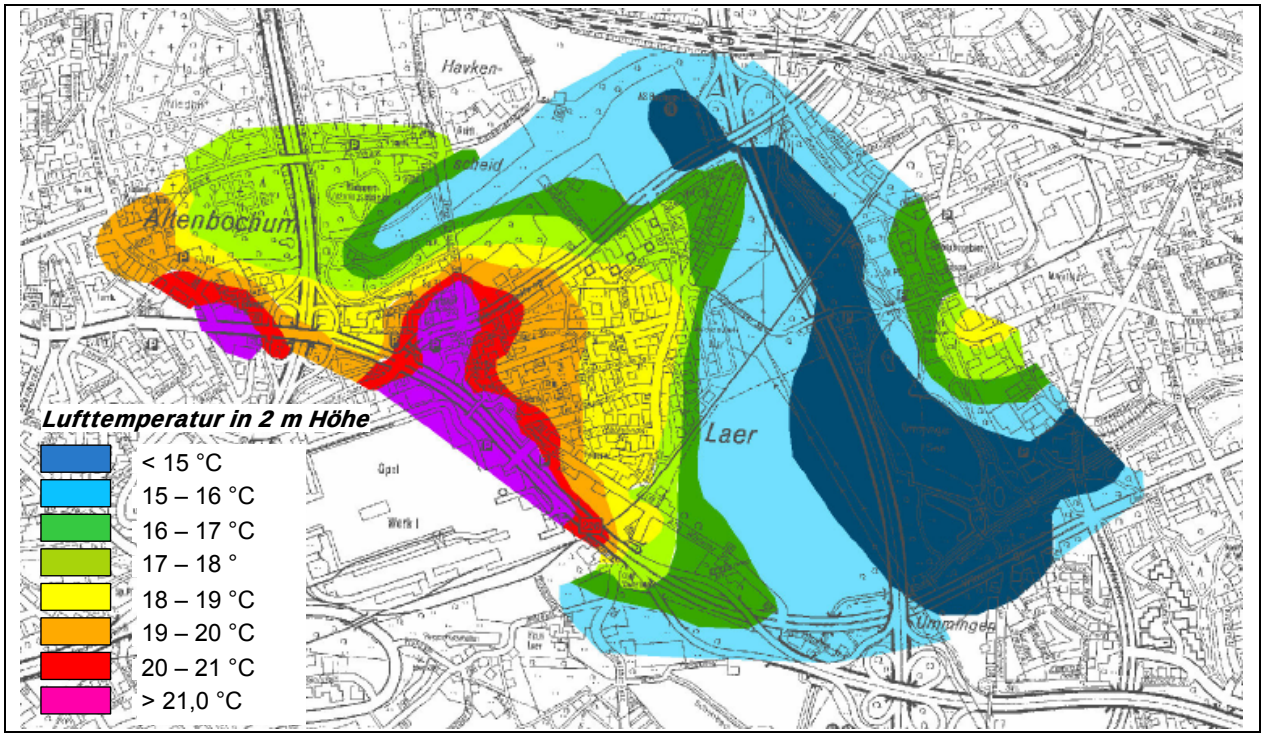


Abb. 4-8 Gebiet der Fallstudie Bochum-Laer mit gemessenen nächtlichen Lufttemperaturen in 2 m Höhe um 23:00 Uhr MEZ

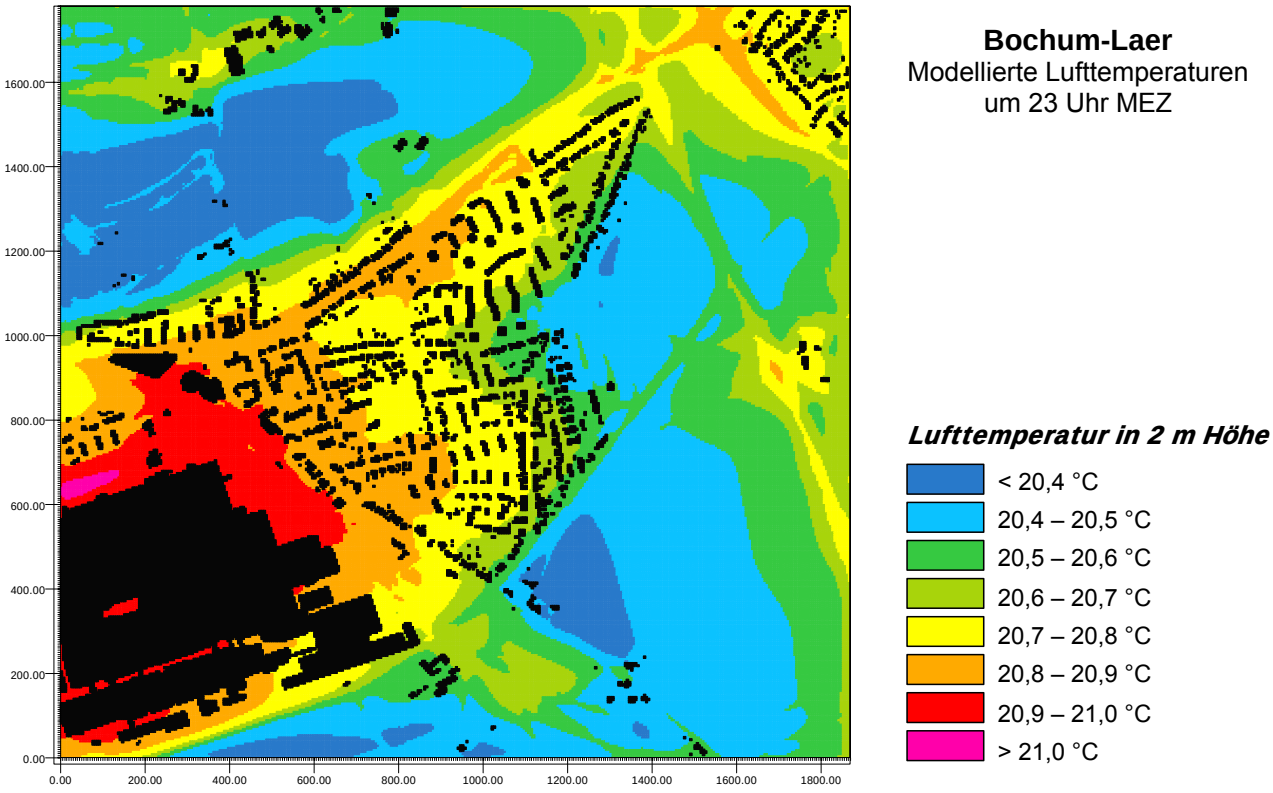


Abb. 4-9 Gebiet der Fallstudie Bochum-Laer mit modellierten nächtlichen Lufttemperaturen in 2 m Höhe um 23:00 Uhr MEZ

Zum Anderen verhindert das flache Relief im Modell, dass durch Kaltluftabfluss die Lufttemperaturen in Senken und Luftleitbahnen zusätzlich um 2 bis 3 Kelvin abgekühlt werden. Daher liegen die Unterschiede der Lufttemperaturen um 23 Uhr im Modell nur noch bei rund einem Kelvin. Das Lufttemperaturmaximum im Bereich des Opelwerkes wird von den Messungen wie auch von der Modellierung mit rund 21 °C relativ wie absolut gleich erfasst. Das Minimum liegt aufgrund der Beschränkungen im Modell aber in Wirklichkeit, durch Messungen nachgewiesen, um rund 5 Kelvin niedriger als vom Modell angegeben.

Bei der Beurteilung der Modellergebnisse in den folgenden Kapiteln der Fallstudien ist zu beachten, dass die relativen Verteilungen der kühlen und überwärmten Flächen im Modell sehr gut die wirkliche Situation wiedergeben, die absoluten Temperaturunterschiede während einer sommerlichen Hitzesituation aber deutlich höher ausfallen, als im Modell angegeben.

4.1.3.3 Auswirkung eines Neubaugebietes auf das Lokalklima und die städtische Belüftungssituation

Für die mikroskalige Modellierung der klimatischen Situation im Untersuchungsgebiet Bochum-Laer wurden beide Varianten (Ist-Zustand und Planentwurf, siehe Abb. 4-6 und 4-7) abgesehen von der Bebauungs- und Vegetationsstruktur mit den gleichen Modellparametern gerechnet. Die Rasterauflösung in den Eingabedateien für die Modellrechnungen liegt horizontal in Nord-Süd- und West-Ost-Richtung bei jeweils 5 m, die vertikale Auflösung beträgt im ersten Rasterfeld 2 m, danach nimmt sie pro vertikalem Rasterfeld um 20 % zu. Simuliert wurde jeweils ein sommerlicher Strahlungstag über 24 Stunden, um eine maximale Erwärmung im Modellgebiet zu erreichen. Neben der Gebäude-, Vegetations- und Oberflächenstruktur des Modellgebietes wurden die in der Tabelle 4-2 aufgelisteten meteorologischen Parameter für eine mikroskalige Modellierung des Ist-Zustandes sowie des Planentwurfs festgelegt. Diese Werte entsprechen den typischen Ausgangsbedingungen einer sommerlichen Strahlungswetterlage. Die Startwerte der meteorologischen Parameter wurden für beide Varianten gleich gewählt. Sommerliche Strahlungstage sind in der Regel Schwachwindwetterlagen. Deshalb wurde eine nächtliche Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über Grund von 1,3 m/s festgelegt. Als bodennahe Windrichtung wurde eine Anströmung aus Ostnordost vorgegeben.

Tab. 4-2 Meteorologische Ausgangswerte für die ENVI-Met – Simulationen im Modellgebiet Bochum Laer

	Ist-Zustand und Planentwurf
Lufttemperatur zum Startzeitpunkt 6:00 Uhr MEZ	18,8 °C
Windgeschwindigkeit (10 m Höhe) zum Startzeitpunkt 6:00 Uhr MEZ	1,3 m/s
Windrichtung (10 m Höhe) zum Startzeitpunkt 6:00 Uhr MEZ	70 Grad (aus Ostnordost)
Bodentemperatur in 10 cm Tiefe zum Startzeitpunkt 6:00 Uhr MEZ	18,8 °C

Stellvertretend für die Tagsituation zum Zeitpunkt der stärksten Erwärmung an einem sommerlichen Strahlungswettertag sind in den folgenden Abbildungen 4-10 bis 4-12 die Modellergebnisse der modellierten Lufttemperaturen für 14 Uhr im Untersuchungsgebiet Bochum-Laer für den Ist-Zustand und den Planentwurf dargestellt.

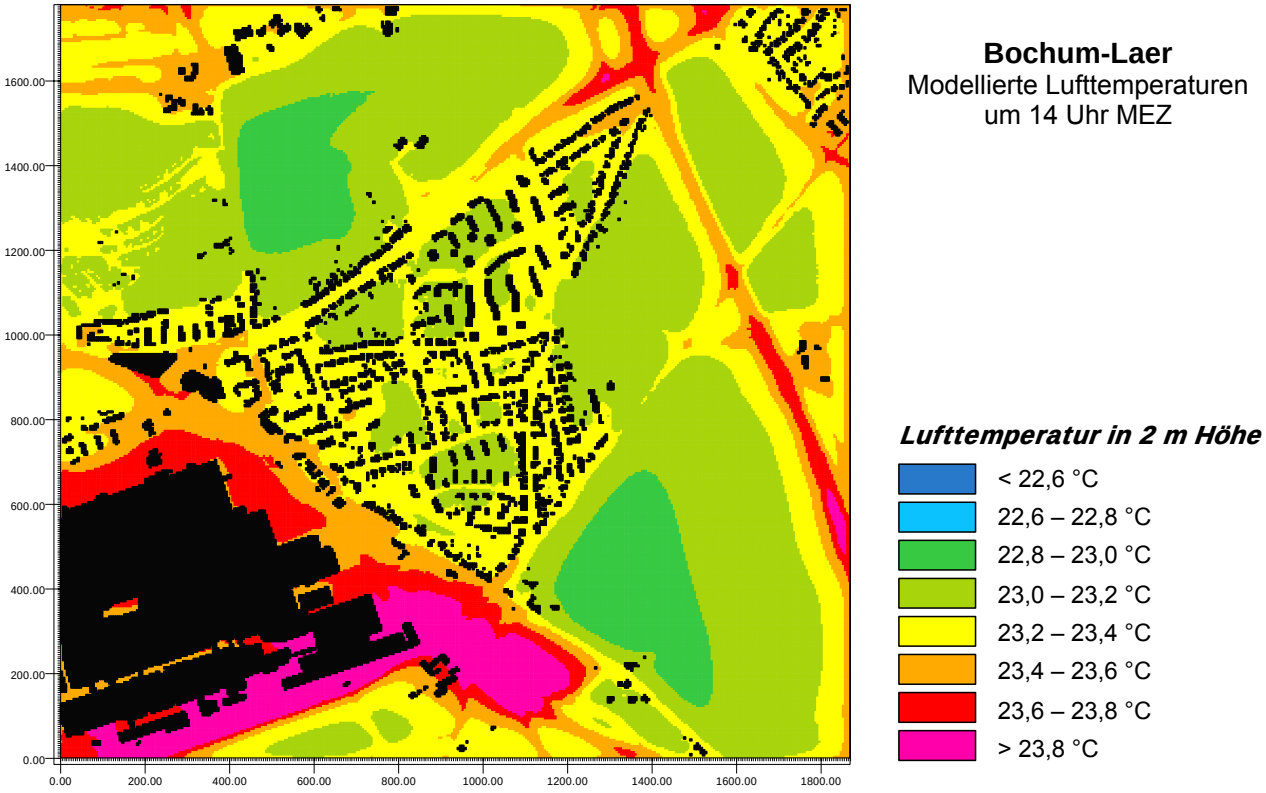


Abb. 4-10 Lufttemperaturverteilung in 2 m Höhe um 14 Uhr im Modellgebiet Bochum-Laer – Ist-Zustand (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)

Der Bereich um das Opelwerk und unbeschattete, versiegelten Verkehrsflächen weisen tagsüber die höchsten Lufttemperaturen auf. Innerhalb der durchgrünten Wohnbebauung sinken die Lufttemperaturen deutlich ab. Der Schattenwurf der Bebauung und die Vegetation verhindern eine übermäßige Aufheizung des versiegelten Gebietes während des Tages. Mit Lufttemperaturen zwischen 23,0 °C und 23,5 °C unterscheiden sich diese Bereiche tagsüber kaum von den unversiegelten Grünflächen östlich und nördlich von Laer.

In der folgenden Auswertung soll der Frage nachgegangen werden, welche Auswirkungen die Veränderungen der Bebauung, der Verkehrsflächen und der Vegetationsstruktur nördlich an das Wohngebiet Laer anschließend auf das Lokalklima haben werden. In den Abbildungen 4-11 und 4-12 werden die Modellergebnisse für die Variante „Planentwurf“ für die gleichen Klimaelemente und Uhrzeiten und mit der gleichen Farbskala sowie die Abweichungen zwischen den beiden Varianten dargestellt. Dazu wurden jeweils die Werte der Variante „Planentwurf“ minus die Werte der Variante „Ist-Zustand“ gerechnet. Positive Abweichungen bedeuten dementsprechend höhere Werte in der Planentwurf-Variante.

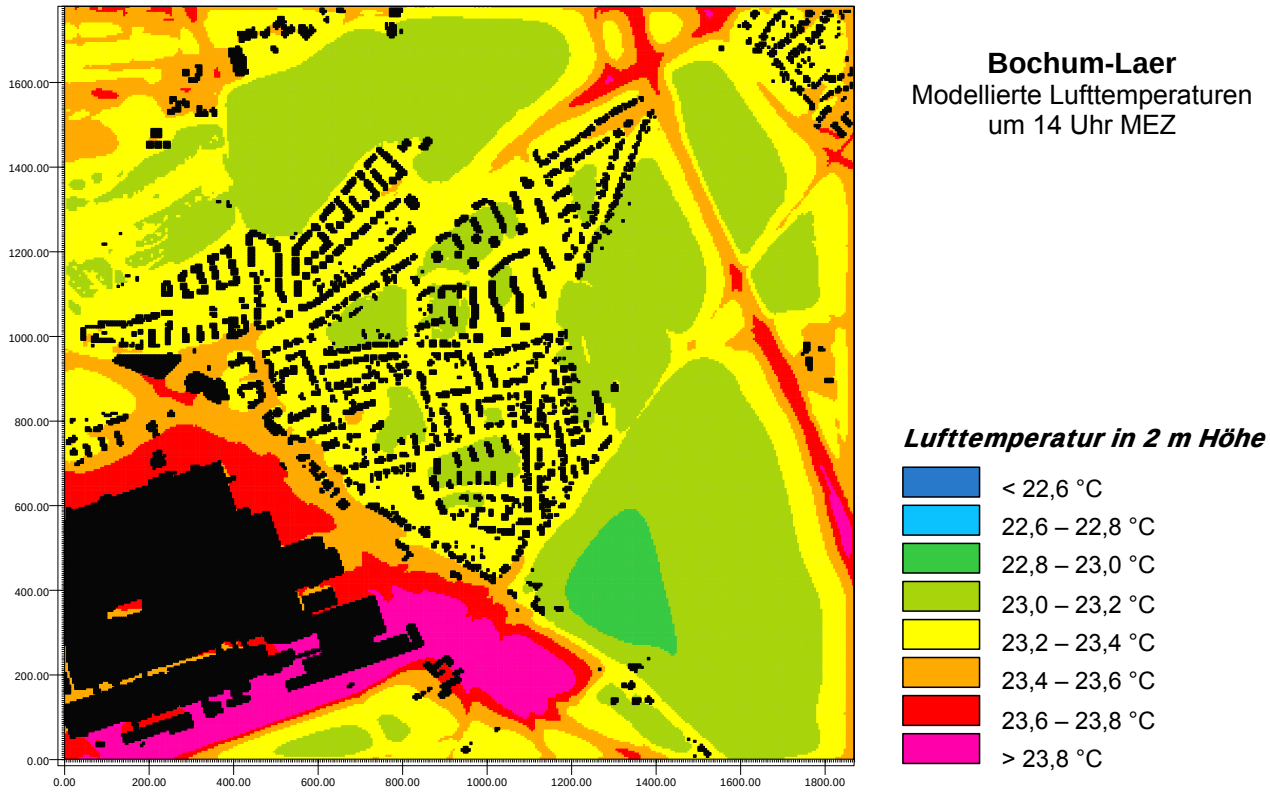


Abb. 4-11 Lufttemperaturverteilung in 2 m Höhe um 14 Uhr im Modellgebiet Bochum-Laer – Planentwurf (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)

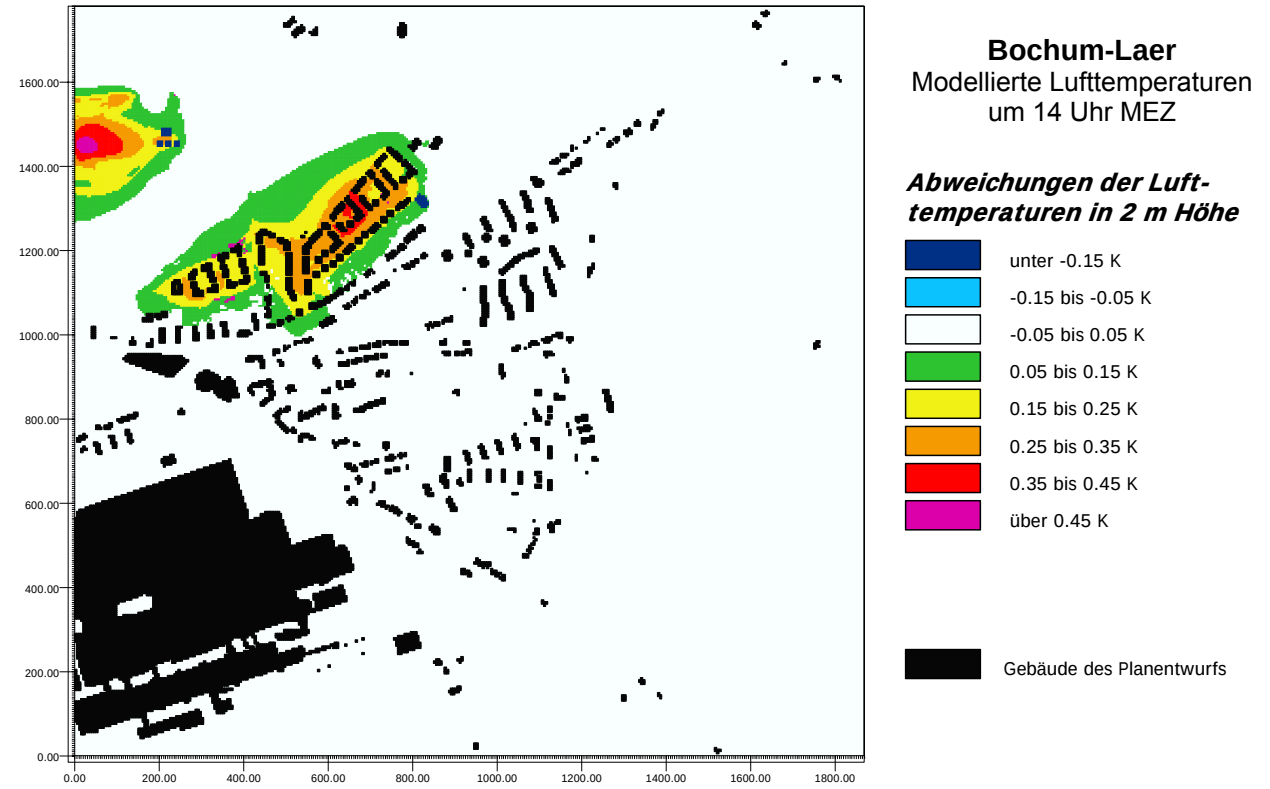


Abb. 4-12 Lufttemperaturabweichungen in 2 m Höhe um 14 Uhr zwischen den Varianten „Ist-Zustand“ und „Planentwurf“ im Modellgebiet Bochum-Laer

Die größten Abweichungen (Abb. 4-12) zum Ist-Zustand zeigen sich im Zentrum der neuen Bebauung. Hier sind die Lufttemperaturen in der Variante „Planentwurf“ um bis zu 0,5 K höher als im Ist-Zustand. Zusätzlich steigen die Lufttemperaturen deutlich im Bereich der neuen Sportanlagen in der Nordwestecke des Modellgebietes an. Ursache ist der Sportplatz, der nicht mit Vegetation sondern mit einem Kunstbelag ausgestattet ist. Die künstliche Oberfläche nimmt viel mehr Sonnenenergie auf als eine Rasenfläche und heizt dadurch die Luft stärker auf. Ein Teil der Frischluftschneise Richtung Altenbochum bleibt aber mit unveränderten Lufttemperaturen erhalten. Allerdings wird der Durchlass schmaler.

Die Funktion dieser Frischluftschneise als Kaltluftlieferant ist insbesondere in den Nachtstunden von großer Bedeutung. Stellvertretend für die Nachtsituation einer sommerlichen Strahlungswetterlage sind in den folgenden Abbildungen 4-13 bis 4-15 die Modellergebnisse für die Lufttemperaturen um 0 Uhr MEZ dargestellt. Insgesamt sind die Temperaturunterschiede im Modellgebiet sowohl im Ist-Zustand wie in der Planvariante geringer geworden. Die Umgebung des Opelwerkes gehört zu einem Bereich mit einer hohen Versiegelung und zeigt deshalb in der Nacht eine eingeschränkte Abkühlung der Luft. Die mangelnde Abkühlung resultiert aus der Aufheizung der versiegelten Flächen und der Baukörper im Verlauf des Tages sowie der eingeschränkten Abführung der warmen Luft durch die Windabschwächung innerhalb der Bebauung. Die Lufttemperaturen in 2 m Höhe liegen nachts um 0 Uhr hier noch bei fast 21 °C. Die Temperaturunterschiede zwischen „Ist“ und „Plan“ (Abb. 4-15) haben sich in der Nacht verstärkt. Der Durchlass für Kaltluft mit unveränderten Lufttemperaturen ist nochmal deutlich schmaler geworden, die Funktion der Frischluftschneise ist aber noch möglich.

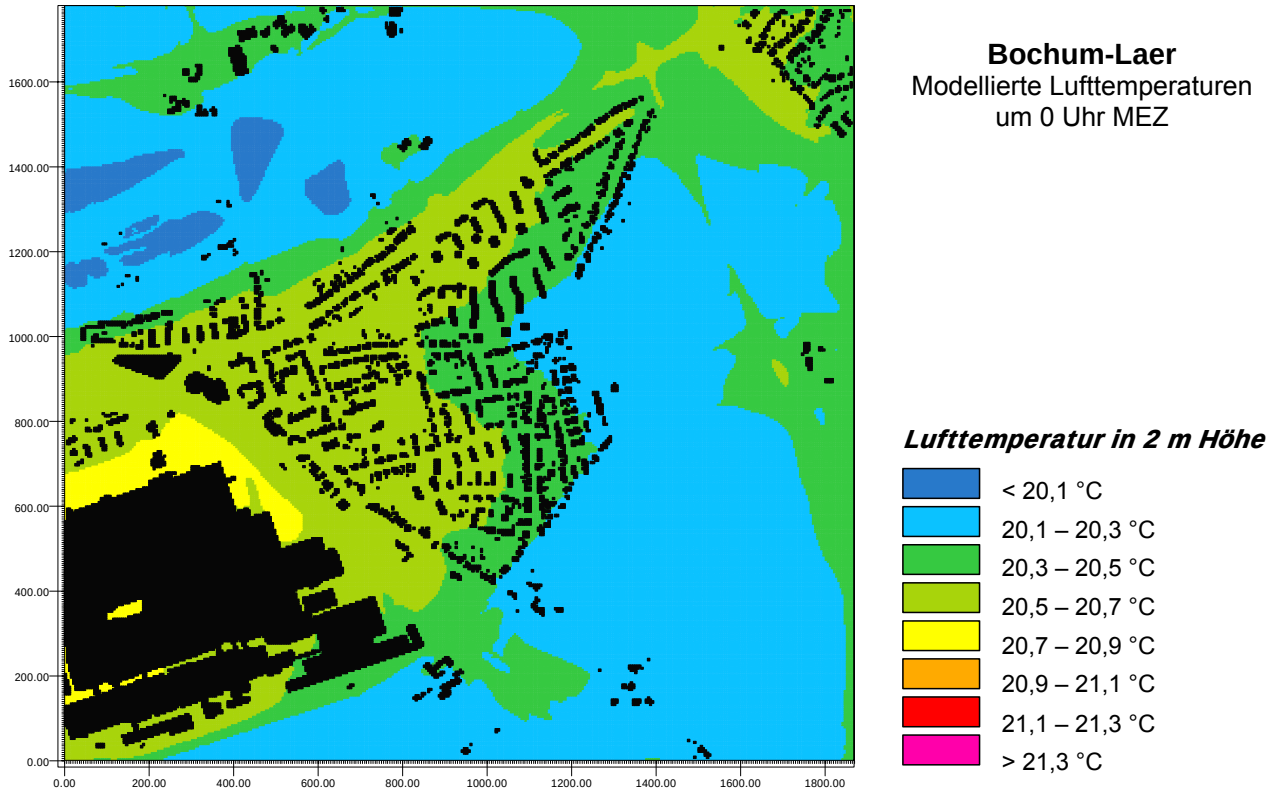


Abb. 4-13 Lufttemperaturverteilung in 2 m Höhe um 0 Uhr im Modellgebiet Bochum-Laer – Ist-Zustand (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)

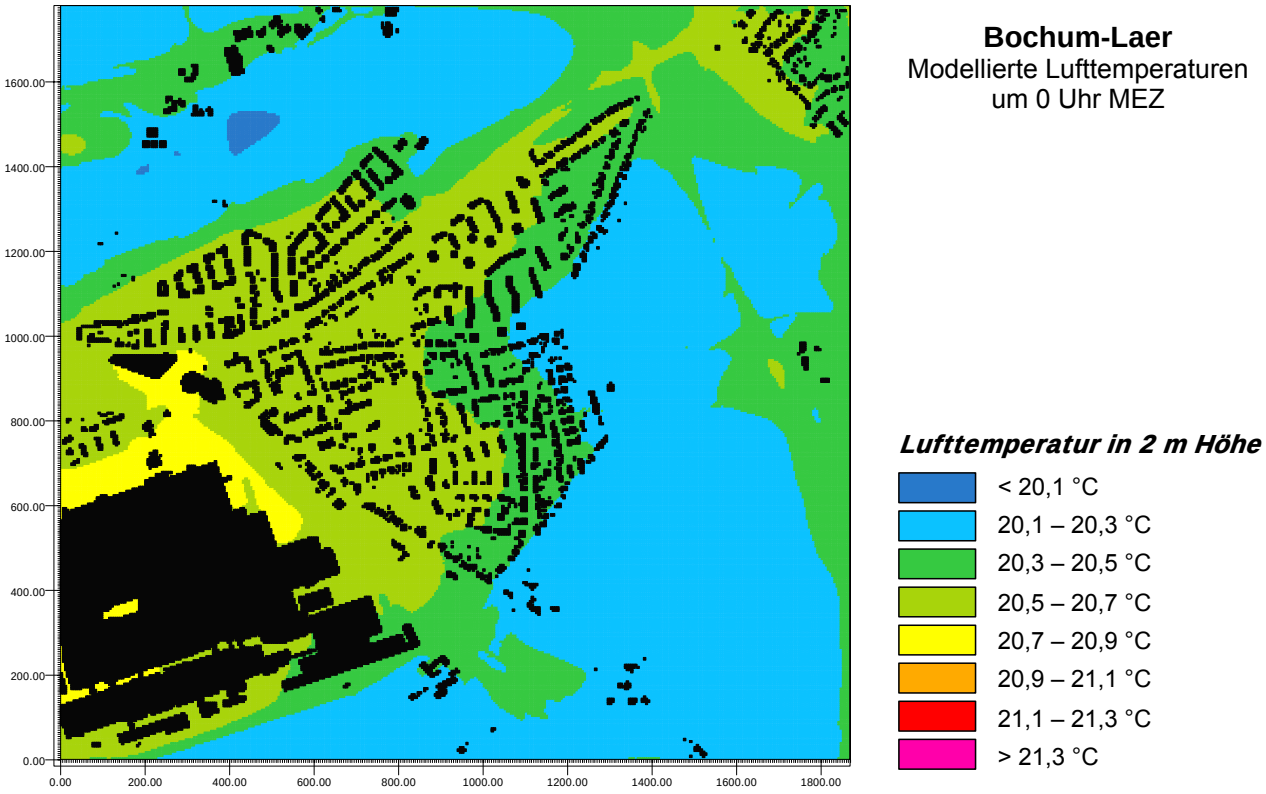


Abb. 4-14 Lufttemperaturverteilung in 2 m Höhe um 0 Uhr im Modellgebiet Bochum-Laer – Planentwurf (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)

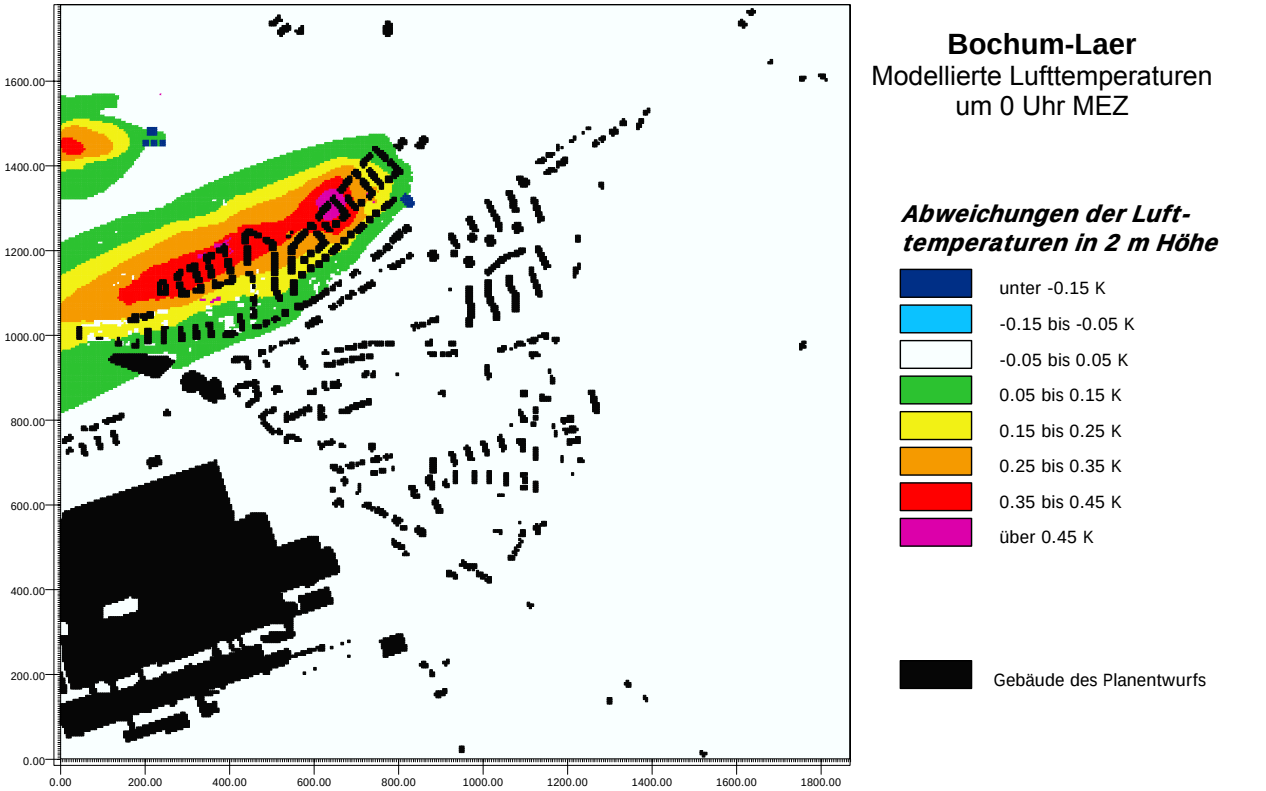


Abb. 4-15 Lufttemperaturabweichungen in 2 m Höhe um 0 Uhr zwischen den Varianten „Ist-Zustand“ und „Planentwurf“ im Modellgebiet Bochum-Laer

Die Bebauung im Mittelteil des Modellgebietes führt dazu, dass der Wind in seiner Richtung und Geschwindigkeit hier stark verändert wird. Die Verteilung der Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen in 10 m Höhe im Modellgebiet am Tage unterscheidet sich kaum von der Situation in der Nacht. Aufgrund der Bedeutung der Frischluftschneise für die nächtliche Abkühlung wird im Folgenden die Nachtsituation dargestellt (Abb. 4-16 bis 4-18).
Alle Freilandbereiche im Modellgebiet sind mit Windgeschwindigkeiten von 1,4 bis knapp über 2,0 m/s gut belüftet. Die windstillen Bereiche mit Windgeschwindigkeiten unter 1,0 m/s liegen innerhalb der Bebauung. Der übergeordnete Ausgangswind, der in 10 m Höhe mit einer Geschwindigkeit von 1,3 m/s aus Ostnordost auf das Modellgebiet trifft, wird innerhalb der Bebauung teilweise auf Windgeschwindigkeiten unter 0,6 m/s abgebremst. In diesen blau dargestellten Gebieten zeigen sich neben der Windabschwächung auch deutliche Umlenkungseffekte durch die Bebauungsstruktur. Zwischen den höheren Gebäuden der Bebauung herrscht praktisch Windstille. Dadurch kann hier die tagsüber aufgeheizte Luft nicht abtransportiert werden. Dies gilt insbesondere für die im Planentwurf neu dazugekommene Bebauung (Abb. 4-17). Die im Bereich der Frischluftschneise einströmende Luft wird durch die Gebäude auf kurzer Distanz von fast 2 m/s auf unter 0,6 m/s Windgeschwindigkeit abgebremst.

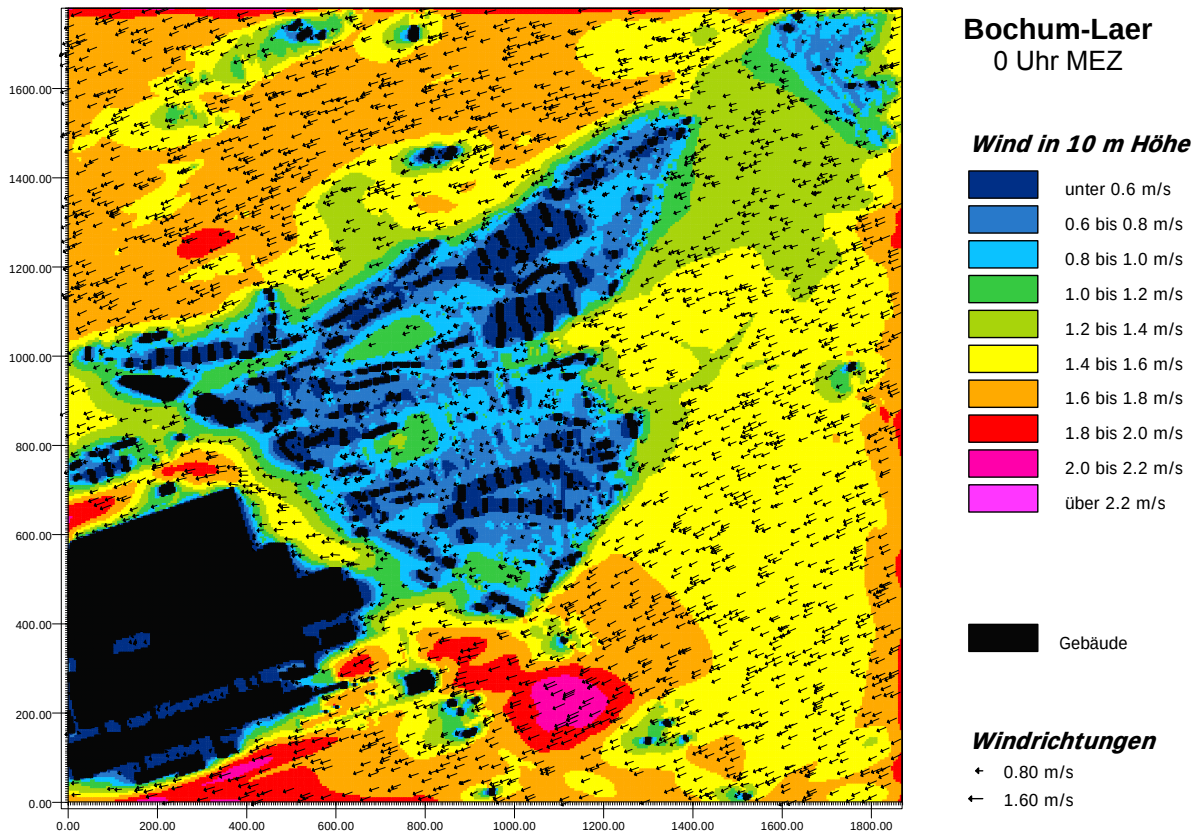


Abb. 4-16 Windverteilung in 10 m Höhe um 0 Uhr im Modellgebiet Bochum-Laer – Ist-Zustand (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)

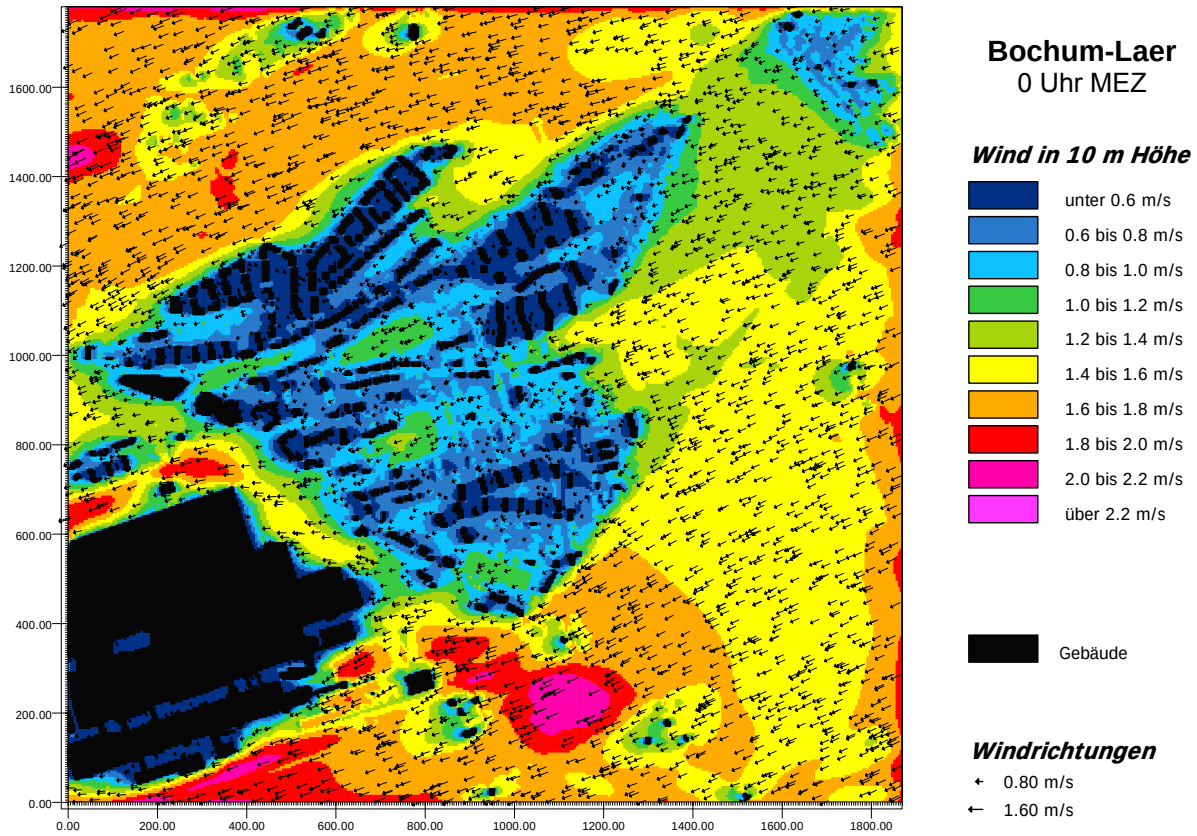


Abb. 4-17 Windverteilung in 10 m Höhe um 0 Uhr im Modellgebiet Bochum-Laer – Planentwurf (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)

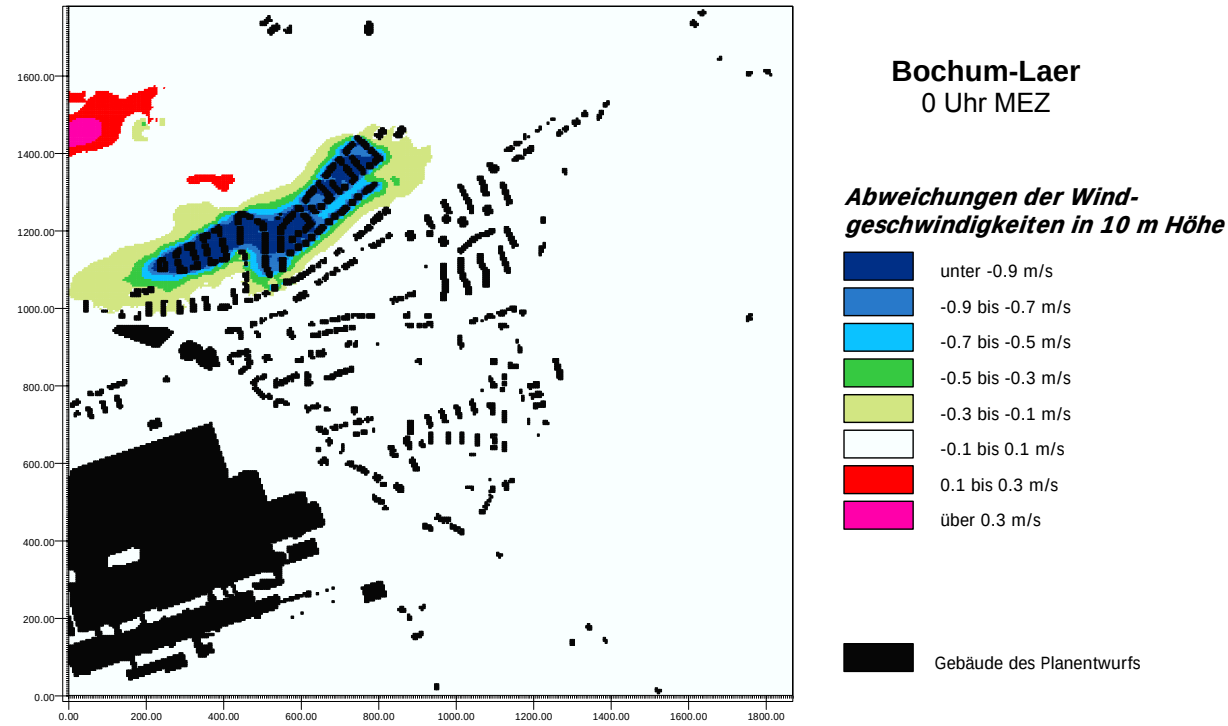


Abb. 4-18 Windgeschwindigkeitsabweichungen in 10 m Höhe um 0 Uhr zwischen den Varianten „Ist-Zustand“ und „Planentwurf“ im Modellgebiet Bochum-Laer

Die Windgeschwindigkeiten in der Variante „Planentwurf“ (Abb. 4-17 und 4-18) nehmen durch die dazugekommene Bebauung am nördlichen Rand der bebauten Fläche von Laer im Vergleich zum Ist-Zustand deutlich ab. Die neuen Gebäude führen zu einer Windabbremsung von 0,7 m/s bis über 1,0 m/s innerhalb und bis zu 0,7 m/s im Umfeld der Bebauung. Entsprechend der Anströmung aus Nordost setzt sich die Abbremsung des Windes bis zu 300 m weit Richtung Altenbochum fort.

Insgesamt wird in der Variante „Planentwurf“ die Funktion der Frischluftschneise an deren südlichen Rand eingeschränkt durch höhere Lufttemperaturen einerseits und geringere Windgeschwindigkeiten andererseits. Eine längs zur Anströmrichtung ausgerichtete neue Bebauung würde zu einer weniger starken Abbremsung des Windes und damit zu einer geringeren Funktionseinschränkung der Frischluftschneise führen. Wichtig ist auch eine gute Begrünung innerhalb der neuen Bebauung, um die Aufheizung zu minimieren und damit die positive Wirkung der Frischluft für die angrenzenden Innenstadtgebiete zu erhalten.

4.1.4 Fallstudie Bochumer Innenstadt – Hitzevermeidung, Aufenthaltsqualität und Reduktion von Extremniederschlägen

Stellvertretend für das Untersuchungsgebiet der Bochumer Innenstadt (Abb. 4-19) wurden drei verschiedene Fallstudien durchgeführt. Anpassungsmöglichkeiten auf innerstädtischen Plätzen wurden am Beispiel des Dr.-Ruer- und des Husemannplatzes modelliert, auf dem Massenberg-Boulevard wurde mit Wasser als Anpassungsmaßnahme an eine Hitzebelastung gerechnet und die Ermittlung von innerstädtischen Fließwegen ermöglicht eine Anpassung an Extremniederschläge.

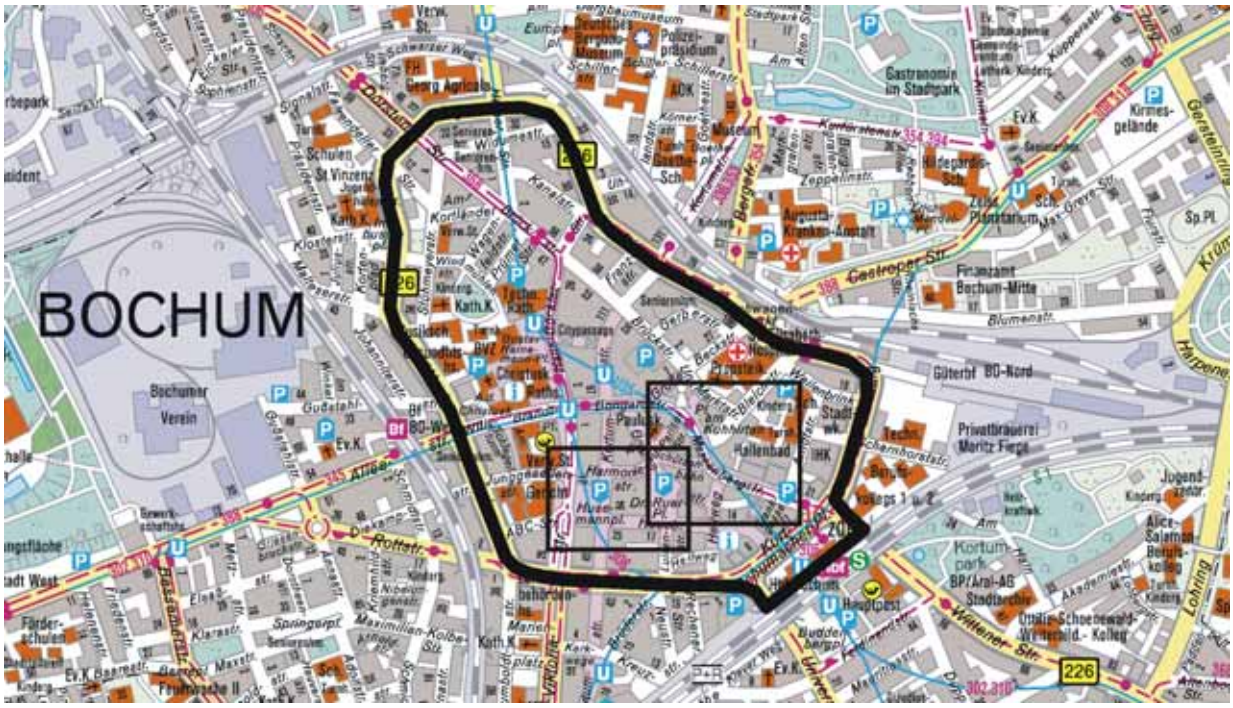


Abb. 4-19 Gebiet und Modellgebiete der Fallstudien in der Bochumer Innenstadt

4.1.4.1 Innerstädtische Plätze – Anpassung durch Begrünung und Fassadenfarben

Die hochversiegelte Innenstadt bietet nur wenig Möglichkeiten für Anpassungsmaßnahmen. Beispielhaft wurde für diese Fallstudie der Bereich des Husemannplatzes und des Dr.-Ruer-Platzes ausgesucht. Bei der Diskussion möglicher Anpassungsmaßnahmen auf einer Sitzung der Projektgruppe kamen gegen jede konkrete Maßnahme teils berechtigte Einwände.
Die freien Plätze Husemannplatz und Dr.-Ruer-Platz sind beide von einer Tiefgarage unterkellert und verursachen daher bei Baumpflanzungen zur Schattenproduktion große Statikprobleme. Hier wären nur Bäume in Kübeln möglich, um die Statik nicht zu gefährden. Klimaanpassungsmaßnahmen müssen in vorhandene Strukturen beziehungsweise Bebauung integriert werden. Möglich wären beispielsweise hellere Fassaden- und Dachfarben. Am Ende der Diskussion standen daher keine konkreten Ergebnisse, die eigentlich Ziel der Veranstaltung waren, sondern lediglich mögliche Vorschläge. Deshalb sollten verschiedene Maßnahmen mit Hilfe mikroklimatischer Modellierungen mittels des Programms ENVI-Met untersucht werden. So lassen sich ganz konkrete Effekte, die durch die einzelne Maßnahme eintreten würden, visualisieren und somit auch besser vermitteln.
Der Bereich des Modellgebietes „Innerstädtische Plätze“ (Abb. 4-20 bis 4-22) weist nur wenig Vegetation in Form von überwiegend kleinen Bäumen unter 7 m Höhe auf. Dieser Ist-Zustand wurde mit 3 Varianten mit verschiedenen Anpassungsmaßnahmen verglichen. Die Baumstruktur wurde verbessert und ausgebaut und die Reflexion der Hauswände und Dächer wurde erhöht, was einem helleren Anstrich entsprechen würde. Tabelle 4-3 stellt die Varianten und die meteorologischen Startwerte für die Modellierungen vor.

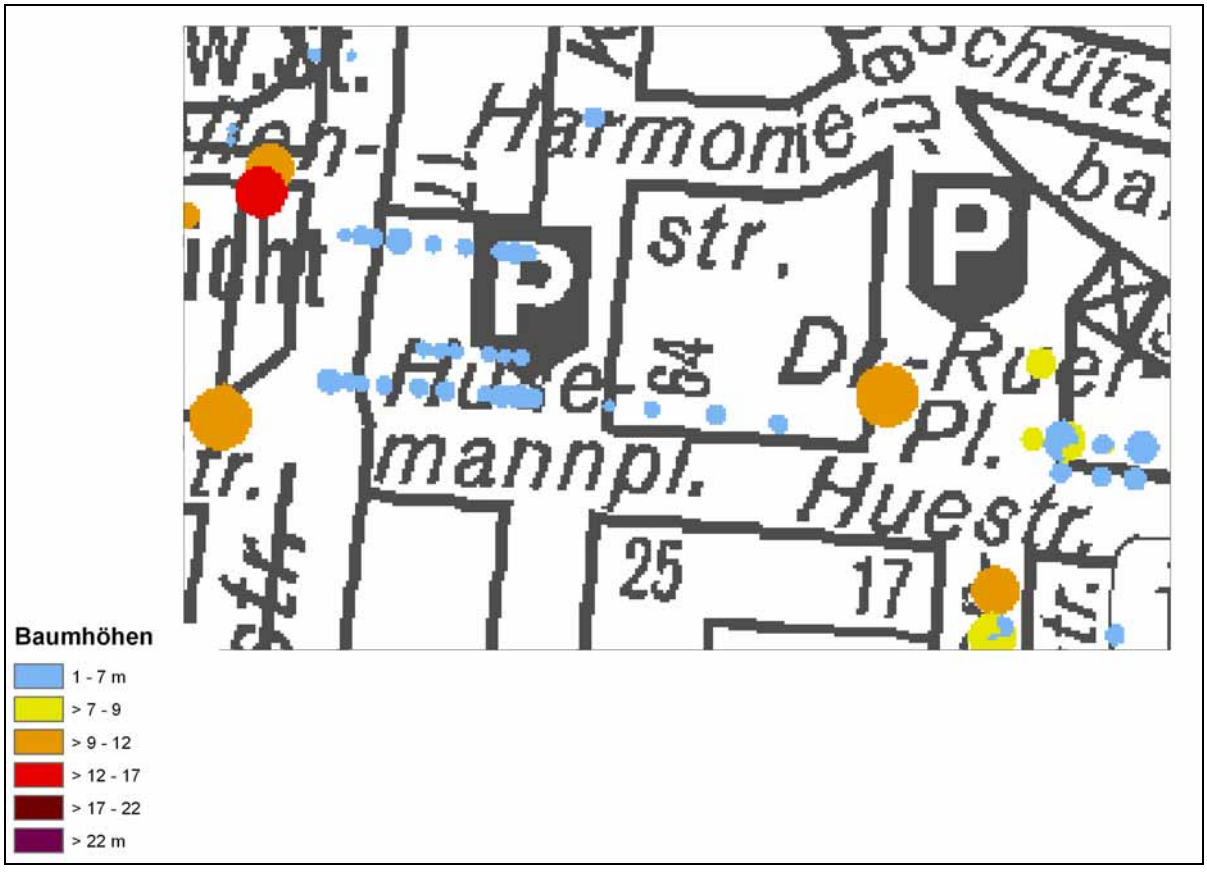


Abb. 4-20 Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“

Abb. 4-21 Husemannplatz, Blick nach Süd (linkes Bild), Blick nach West (rechtes Bild)

Abb. 4-22 Dr.-Ruer-Platz, Blick nach Nord

Tab. 4-3 Meteorologische Ausgangswerte und Varianten für die ENVI-Met – Simulationen im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“

Meteorologische Ausgangswerte zum Startzeitpunkt 6:00 Uhr MEZ	**Variante 1**	**Variante 2**	**Variante 3**
Lufttemperatur: 18,8 °C	Bäume des Ist-Zustandes auf dem Husemannplatz von 7 m auf 12 m erhöht (mitteldichte Krone, blattloser Stamm) Boden unter Bäumen entsiegelt Kleiner Wasserlauf auf dem Dr.-Ruer-Platz vor dem Sparkassengebäude	Wie Variante 1 Zusätzlich die Reflexion der Hauswände und Dächer von 20% auf 60% erhöht (hellere Farben)	Anzahl der Bäume (15 m hoch, sehr dichte Krone, blattloser Stamm) auf dem Husemannplatz erhöht (Abb. 4-24) Boden unter Bäumen entsiegelt Kleiner Wasserlauf auf dem Dr.-Ruer-Platz vor dem Sparkassengebäude Glascafe auf dem Husemannplatz entfernt Reflexion der Hauswände und Dächer von 20% auf 40% erhöht (hellere Farben)
Windgeschwindigkeit (10 m Höhe): 1,3 m/s			
Windrichtung (10 m Höhe): 70 Grad (aus Ostnordost)			
Bodentemperatur in 10 cm Tiefe: 18,8 °C			

Die Informationen aus der DGK5 und die vorgesehenen Varianten (Tab. 4-3) werden zu jeweils einer Eingabedatei für die ENVI-Met-Modellierungen verarbeitet. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 4-23 für den Ist-Zustand und Abbildung 4-24 für die Variante 3 dargestellt. Neben der Lage, Form und Höhe der Gebäude ist auch die Vegetationsstruktur mit Informationen über Rasenflächen, Büsche und Bäume verschiedener Größen in den Eingabedateien vorhanden. Hohe Bäume werden in dunkelgrün, Niedrige Bäume und Büsche in Hellgrün wiedergegeben. Der Boden im Modellgebiet ist fast ausschließlich versiegelt. Insgesamt hat das Modellgebiet eine Ausdehnung von 303 m in West-Ost-Richtung und 192 m in Nord-Süd-Richtung (Rasterauflösung 1 m). Alle folgenden Ergebnisabbildungen sind entsprechend der Eingabegebiete für die ENVI-Met Modellierungen nach Norden ausgerichtet.

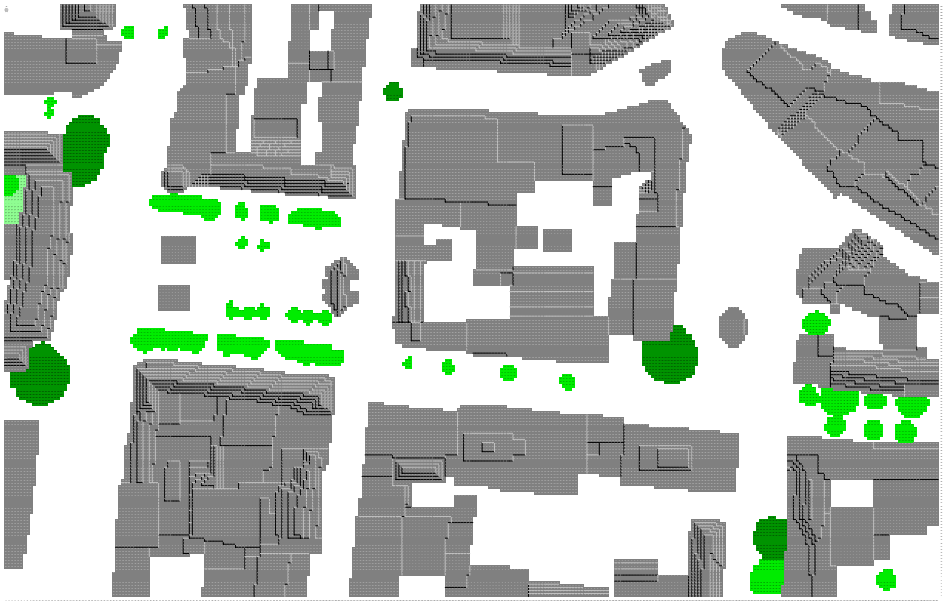


Abb. 4-23 Gebäude- und Vegetationsstruktur im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ – Ist-Zustand als Eingabe für ENVI-Met

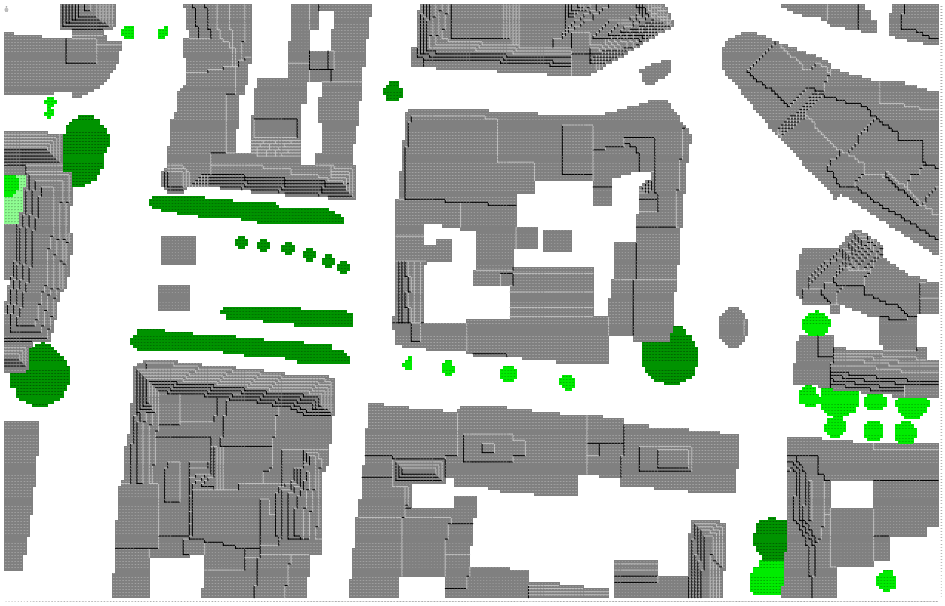


Abb. 4-24 Gebäude- und Vegetationsstruktur im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ – Variante 3 als Eingabe für ENVI-Met

Eine hohe Variation mit Werten zwischen 20 °C und 50 °C zeigen die Oberflächentemperaturen im Modellgebiet (Abb. 4-25). Alle unbeschatteten, versiegelten Flächen weisen Oberflächentemperaturen von über 30 °C auf. Im Schatten der Häuser und der wenigen Bäume sind die Oberflächentemperaturen um z. T. über 10 K abgesenkt. Die Werte liegen hier unter 27 °C und führen dazu, dass sich die Luft weniger stark erwärmen kann. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich bei der Beschattung um Gebäudeschatten oder um Baumschatten handelt.

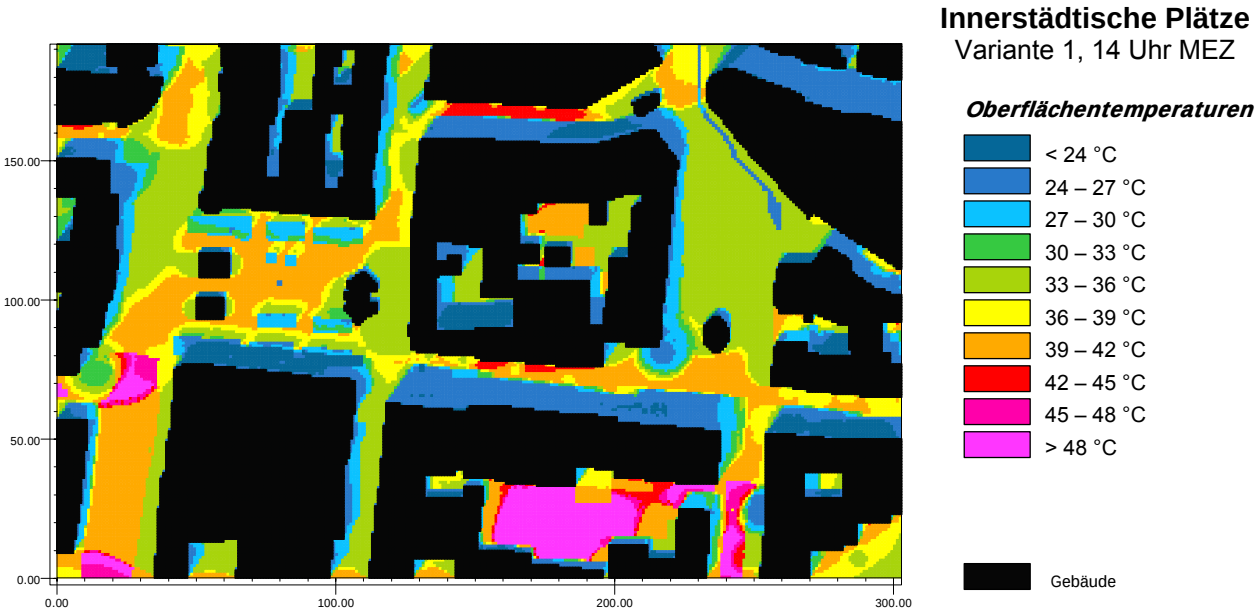


Abb. 4-25 Oberflächentemperaturen um 14 Uhr im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ der Variante 1 (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)

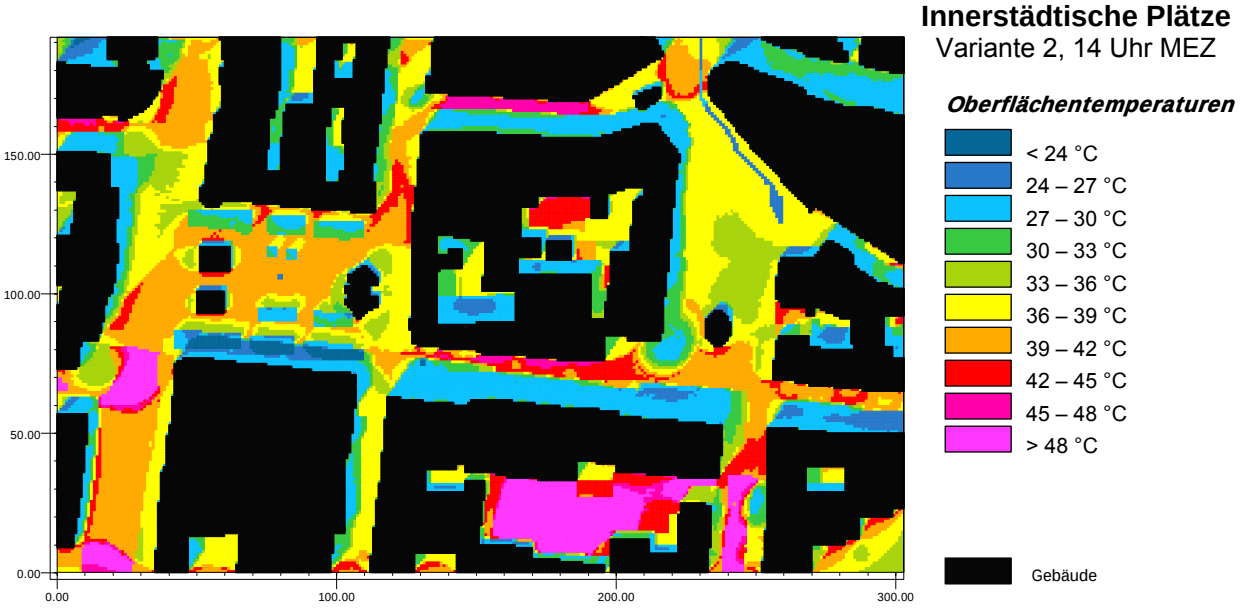


Abb. 4-26 Oberflächentemperaturen um 14 Uhr im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ der Variante 2 (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)

Deutlich ist in allen drei Varianten der Wasserlauf auf dem Dr.-Ruer-Platz vor dem Gebäude der Sparkasse zu erkennen. Die Oberflächentemperaturen des Wassers liegen rund 10 Kelvin unter denen des Platzes. Außerdem machen sich bei der Modellierung der Oberflächentemperaturen die helleren Fassaden der Varianten 2 und 3 bemerkbar. Die vermehrt von den Hauswänden reflektierte Sonneneinstrahlung führt zu einer Erhöhung der Oberflächentemperaturen um 3 K bis 6 K in der Umgebung der Gebäude.
Einen positiven Effekt auf die Oberflächentemperaturen haben die ausgeweiteten Baumreihen in der Variante 3. Die Oberflächen des Husemannplatzes sind dadurch überwiegend unter 30 °C warm.

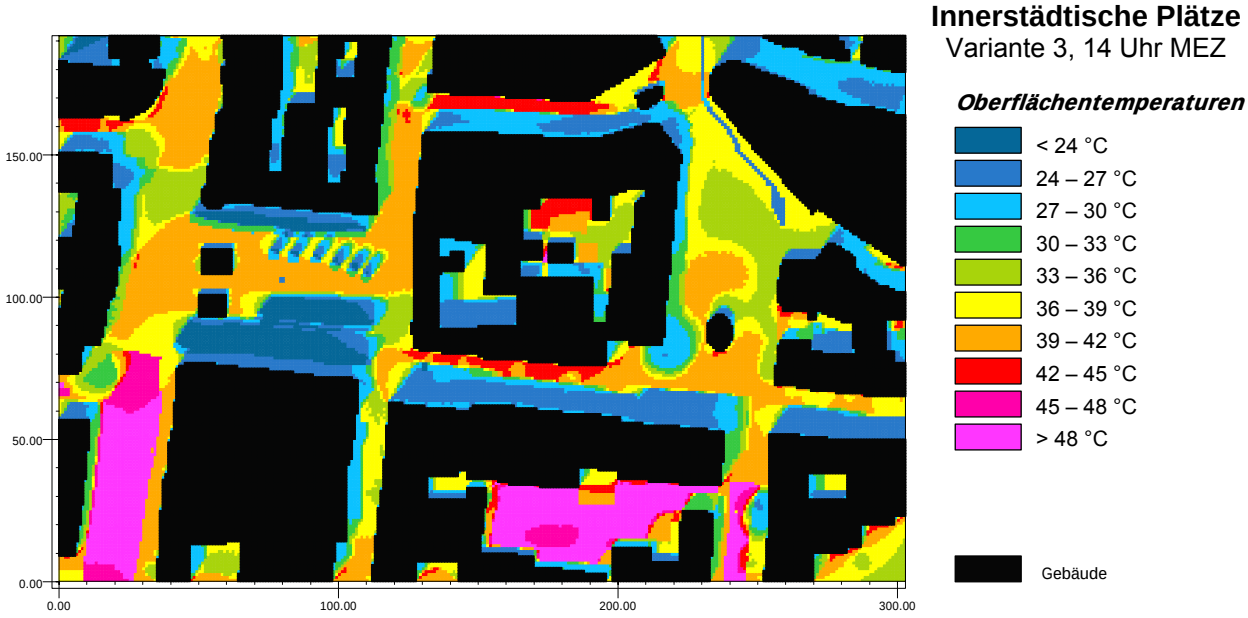


Abb. 4-27 Oberflächentemperaturen um 14 Uhr im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ der Variante 3 (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)

Unterschiedlich müssen die Auswirkungen der Anpassungsmaßnahmen auf die Lufttemperaturen in 2 m Höhe beurteilt werden. Die Erhöhung der Hauswand- und Dachreflexion, zum Beispiel durch die Verwendung hellerer Farben, führt dazu, dass sich die Gebäude weniger stark aufheizen und damit weniger Wärme an die Umgebungsluft abgeben können. Die erhöhten Oberflächentemperaturen (siehe Abb. 4-26) in der Gebäudeumgebung heben diesen positiven Effekt nicht überall auf. Dadurch sinken die Lufttemperaturen auf dem Husemannplatz in der Variante 2 (Abb. 4-28) um bis zu 0,3 K ab. Auf dem enger von Gebäuden umrahmten Dr.-Ruer-Platz und in den Straßen gleichen sich kühlere Gebäude und wärmere Oberflächen aus und es ist kein Unterschied in den Lufttemperaturen erkennbar.

Die dichtere Vegetation auf dem Husemannplatz mit 15 m hohen und dichten Bäumen in der Variante 3 (Abb. 4-29) verringert zwar die Oberflächentemperaturen durch Abschattungseffekte, die Lufttemperaturen sind im Westen des Platzes aber leicht erhöht. Durch die Vegetation auf engem Raum wird die Belüftung herabgesetzt und die warme Luft des innerstädtischen Platzes kann nicht mehr so gut abtransportiert werden. Hier gilt es, für die Anpas-

sungsmaßnahme der innerstädtischen Baumpflanzungen für jeden Fall einzeln die optimale Lösung in Abwägung von Abkühlungseffekt und Windabbremsung zu finden.

Abb. 4-28 Lufttemperaturabweichungen in 2 m Höhe um 14 Uhr zwischen den Varianten 1 und 2 im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“

Abb. 4-29 Lufttemperaturabweichungen in 2 m Höhe um 14 Uhr zwischen den Varianten 1 und 3 im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“

Das Zusammenspiel von fehlender Beschattung und hohen Lufttemperaturen führt im Bereich der innerstädtischen Plätze im Untersuchungsgebiet zu einer hohen bioklimatischen Belastung. In der Abbildung 4-30 sind die PMV-Werte im Untersuchungsgebiet für die Variante 1 dargestellt. Im gesamten unbeschatteten Bereich der Straßen und Plätze liegen die PMV-Werte über 2,75, dies wird vom Menschen als sehr heiß empfunden.

Unter den Bäumen des Husemannplatzes verbessert sich die bioklimatische Situation. Die PMV-Werte schwanken um 14 Uhr bei starker Sonneneinstrahlung überwiegend nur zwischen 2 und 2,5, was aber noch immer einer starken Wärmebelastung entspricht. Von der Bevölkerung wird diese Situation als „heiß“ empfunden, was an einem sommerlichen Strahlungstag zu erwarten ist.
PMV-Werte deutlich unter 2, die eine nur schwache Wärmebelastung bedeuten, treten nur im unmittelbaren Schatten von Gebäuden und Bäumen auf. Die Gebäudeschatten liegen der Uhrzeit entsprechend um 14 Uhr im Nordosten der Bebauung.

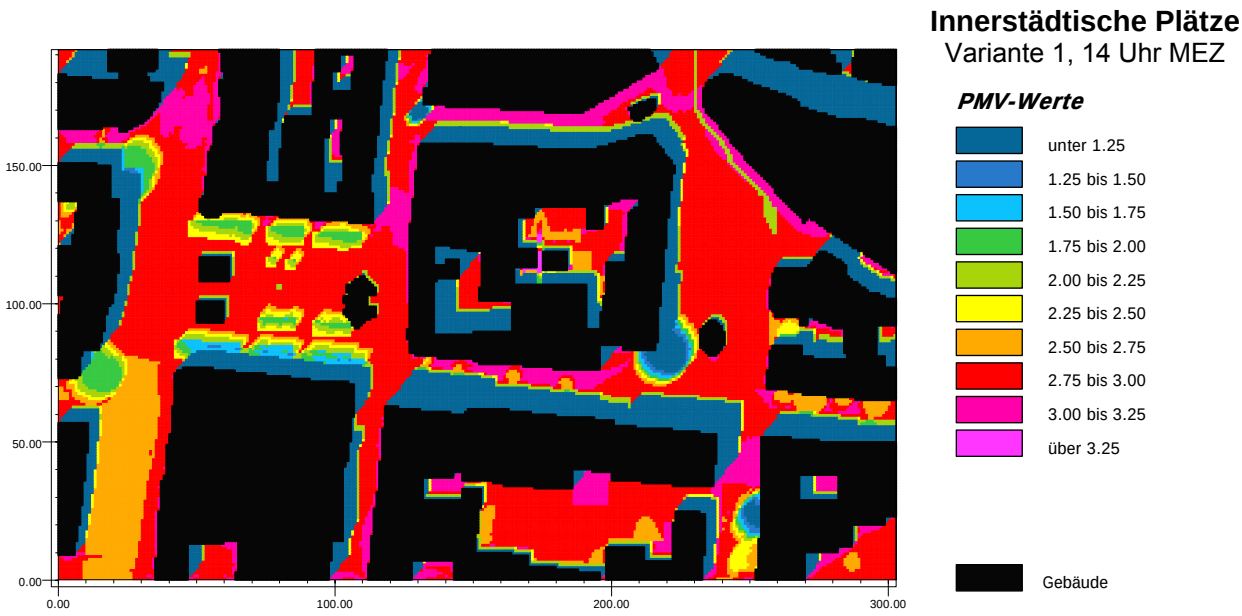


Abb. 4-30 PMV-Werte in 2 m Höhe um 14 Uhr im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“ der Variante 1 (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)

Im Vergleich zwischen den Varianten 1 und 2 (Abb. 4-31) zeigt sich, dass die erhöhte Einstrahlung durch Reflexion an den Hauswänden zu einer Verschlechterung der bioklimatischen Situation führt. In der unmittelbaren Umgebung der Gebäude steigt der PMV-Wert um bis zu 0,5 an. Für den Aufenthalt auf den jeweiligen Plätzen spielt diese zusätzliche Belastung aber keine Rolle, die PMV-Werte bleiben hier gleich.

Zur Verbesserung des Bioklimas können hier in erster Linie großflächige Beschattungen, beispielsweise durch Bäume oder kleinräumig auch durch Sonnensegel oder Ähnliches beitragen. Das Beispiel der ausgeweiteten Baumbepflanzung auf dem Husemannplatz in der Variante 3 (Abb. 4-32) zeigt, dass die PMV-Werte um mindestens 0,5 sinken und damit die bioklimatische Belastung von einer starken bis extremen Wärmebelastung auf nur noch eine mäßige Wärmebelastung verringert werden kann.

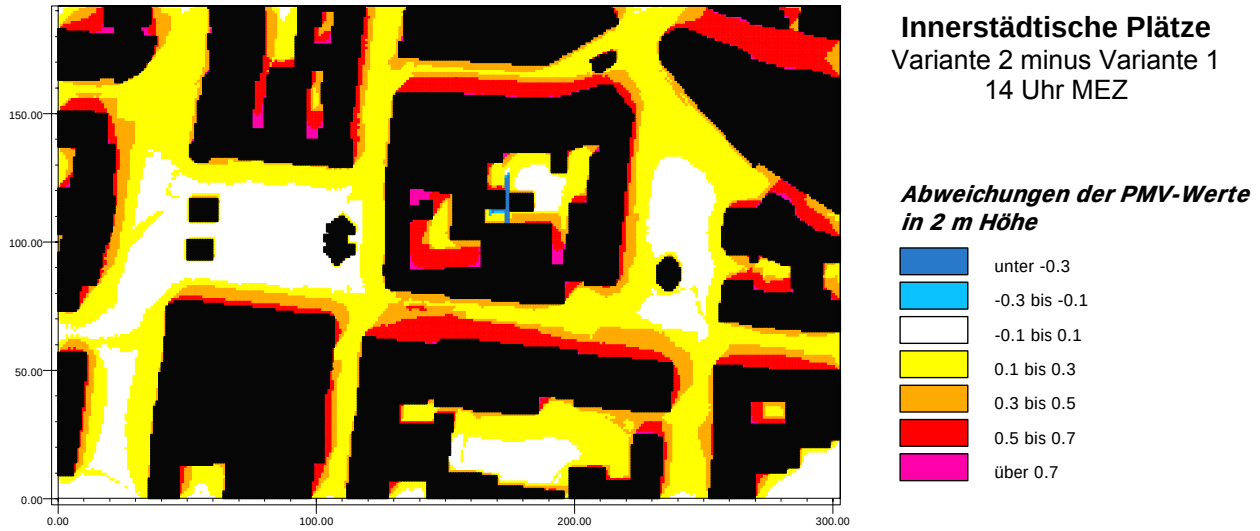


Abb. 4-31 Abweichungen der PMV-Werte in 2 m Höhe um 14 Uhr zwischen den Varianten 1 und 2 im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“

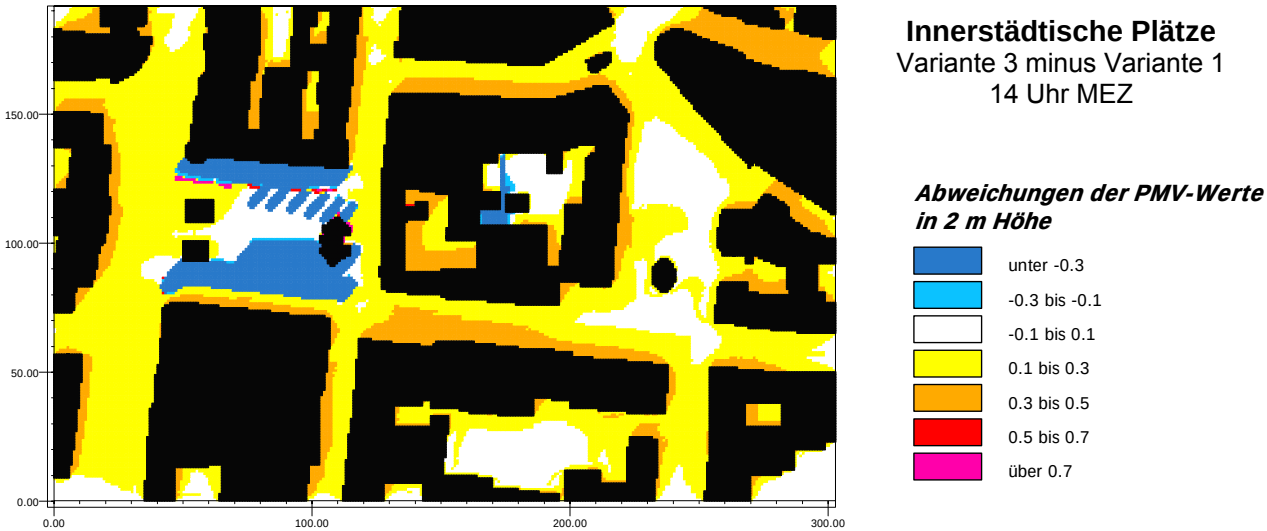


Abb. 4-32 Abweichungen der PMV-Werte in 2 m Höhe um 14 Uhr zwischen den Varianten 1 und 3 im Modellgebiet „Innerstädtische Plätze“

4.1.4.2 Wasser als Anpassungsmaßnahme – Beispiel Massenberg-Boulevard

Ober- und unterirdische Anforderungen (Weihnachtsmarktstände, Busspur und Tiefgarage) beschränken die Möglichkeiten zur Klimaanpassung im Bereich des Massenberg-Boulevards stark. Anhand dieser Fallstudie soll gezeigt werden, welche Auswirkungen Wasser im innerstädtischen Bereich auf das Lokalklima haben kann und ob es als Anpassungsmaßnahme an den Klimawandel geeignet ist.

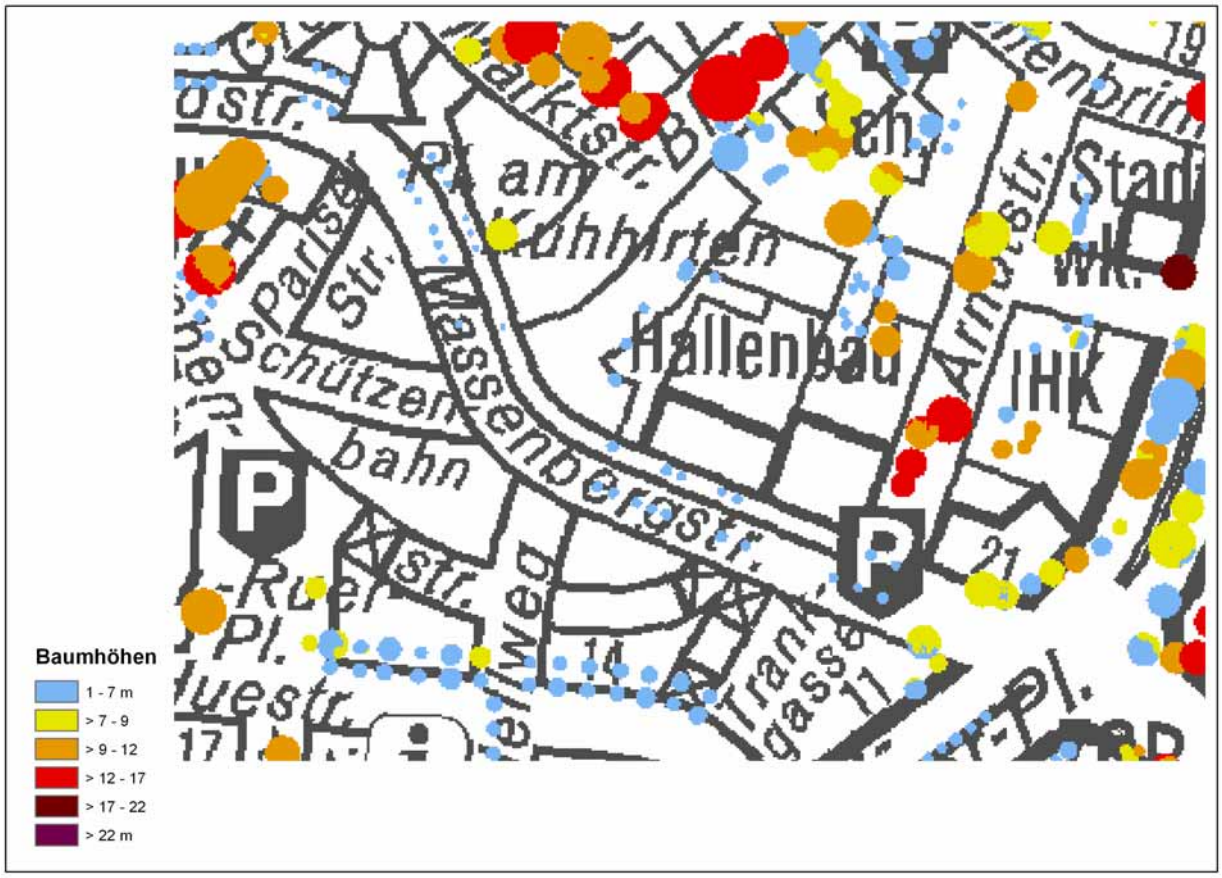


Abb. 4-33 Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“

Das Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“ (Abb. 4-33) weist entlang der Massenbergstraße nur wenig Vegetation in Form von überwiegend kleinen Bäumen unter 7 m Höhe auf. Die unbeschatteten versiegelten Oberflächen und Hausfassaden heizen sich tagsüber stark auf (Abb. 4-34). Ein positives Beispiel bietet der Platz am Kuhhirten. Hier zeigt sich in einer IR-Aufnahme der Oberflächentemperaturen (Abb. 4-35), dass die Wasseroberfläche um fast 10 K kühler ist als der umgebende Platz.

Für die Modellrechnungen wird auf beiden Seiten entlang der Massenbergstraße ein Wasserlauf eingebaut. Alle anderen Strukturen wie Gebäude, Flächenversiegelung und Vegetation sowie die meteorologischen Parameter (siehe Tab. 4-4) wurden für die Ist- und die Wasser-Variante gleich gehalten.

Abb. 4-34 Massenbergstraße (Foto und IR-Aufnahme)

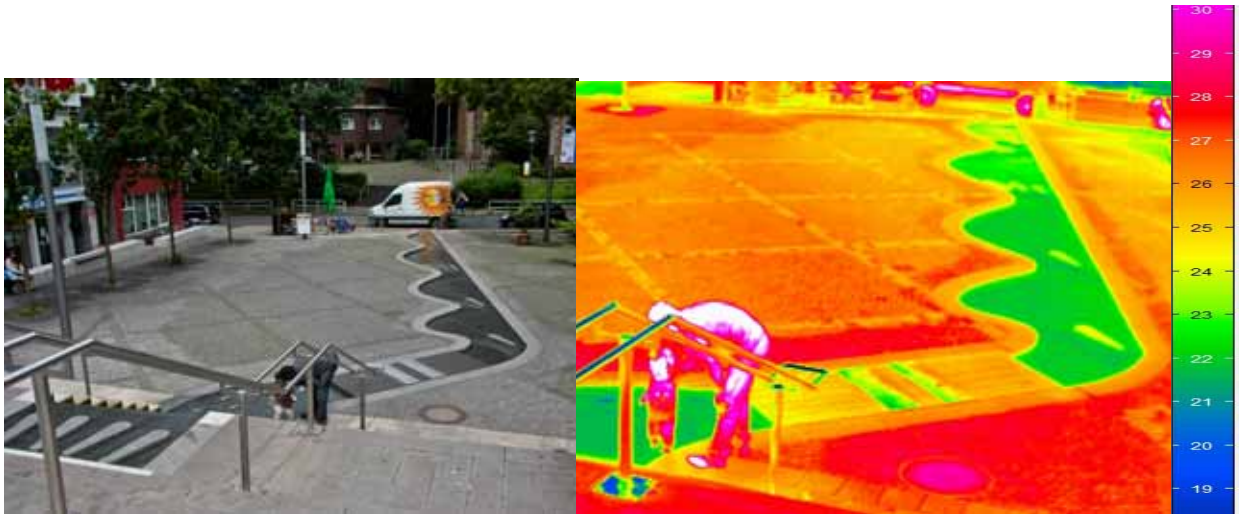


Abb. 4-35 Platz am Kuhhirten (Foto und IR-Aufnahme)

Tab. 4-4 Meteorologische Ausgangswerte für die ENVI-Met – Simulationen im Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“

Meteorologische Ausgangswerte zum Startzeitpunkt 6:00 Uhr MEZ
Lufttemperatur: 18,8 °C
Windgeschwindigkeit (10 m Höhe): 1,3 m/s
Windrichtung (10 m Höhe): 70 Grad (aus Ostnordost)
Bodentemperatur in 10 cm Tiefe: 18,8 °C

Die Informationen aus der DGK5 und die vorgesehenen Wasserläufe werden zu jeweils einer Eingabedatei für die ENVI-Met-Modellierungen verarbeitet. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 4-23 dargestellt. Neben der Lage, Form und Höhe der Gebäude ist auch die Vegetati-

onsstruktur mit Informationen über Rasenflächen, Büsche und Bäume verschiedener Größen in den Eingabedateien vorhanden. Hohe Bäume werden in dunkelgrün, Niedrige Bäume und Büsche in Hellgrün wiedergegeben. Der Boden im Modellgebiet ist fast ausschließlich versiegelt. Insgesamt hat das Modellgebiet eine Ausdehnung von 222 m in West-Ost-Richtung und 231 m in Nord-Süd-Richtung (Rasterauflösung 1 m). Alle folgenden Ergebnisabbildungen sind entsprechend der Eingabegebiete für die ENVI-Met Modellierungen nach Norden ausgerichtet.

Abb. 4-36 Gebäude- und Vegetationsstruktur im Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“ als Eingabe für ENVI-Met

In der Ergebnisdarstellung der Oberflächentemperaturen um 14 Uhr im Modellgebiet sind die beiden Wasserläufe rechts und links der Massenbergstraße gut zu erkennen (Abb. 4- 38). Ihre Oberflächentemperaturen liegen rund 20 K unter denen der Umgebung. Der asphaltierte Straßenbereich weist mit teilweise über 48 °C die höchsten Oberflächentemperaturen auf. Diese versiegelten Verkehrsflächen erhitzen sich tagsüber sehr stark. Die dadurch entstehende Hitzebelastung kann anhand der PMV-Werte gut nachvollzogen werden (Abb. 4-39).

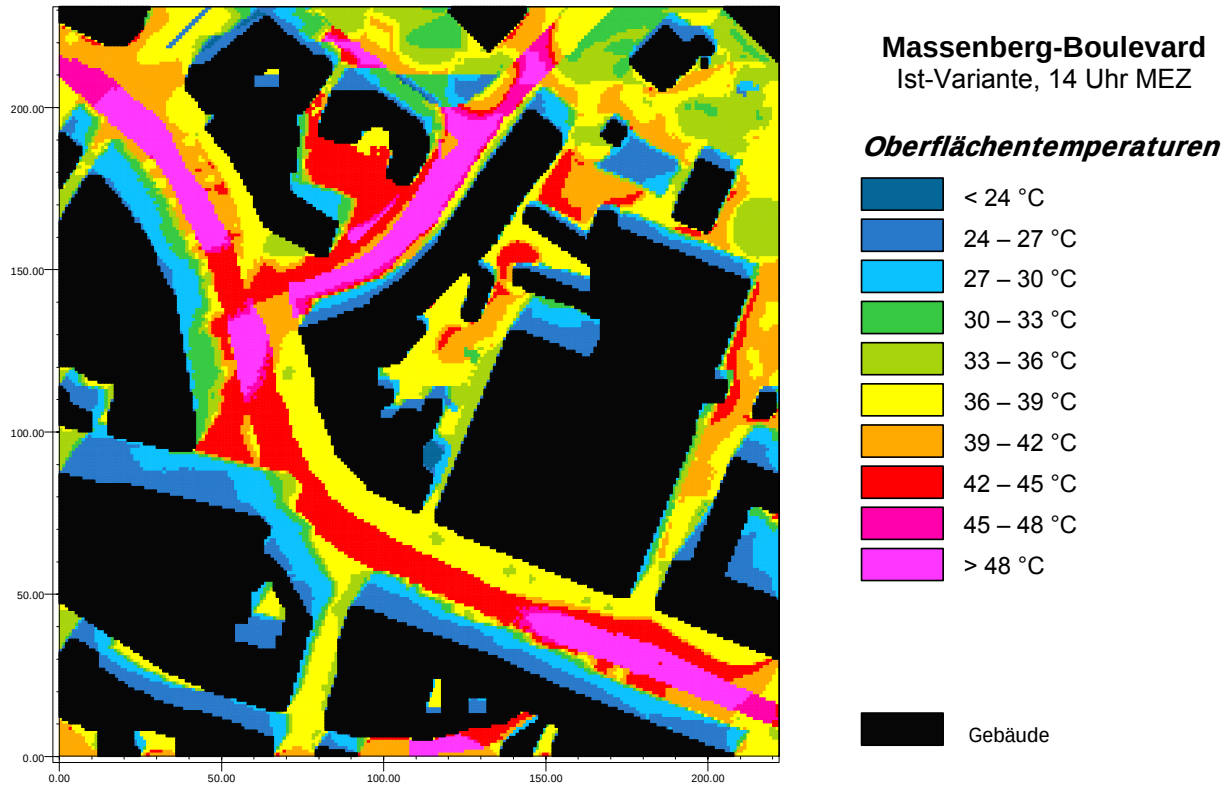


Abb. 4-37 Oberflächentemperaturen um 14 Uhr im Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“ der Ist-Variante (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)

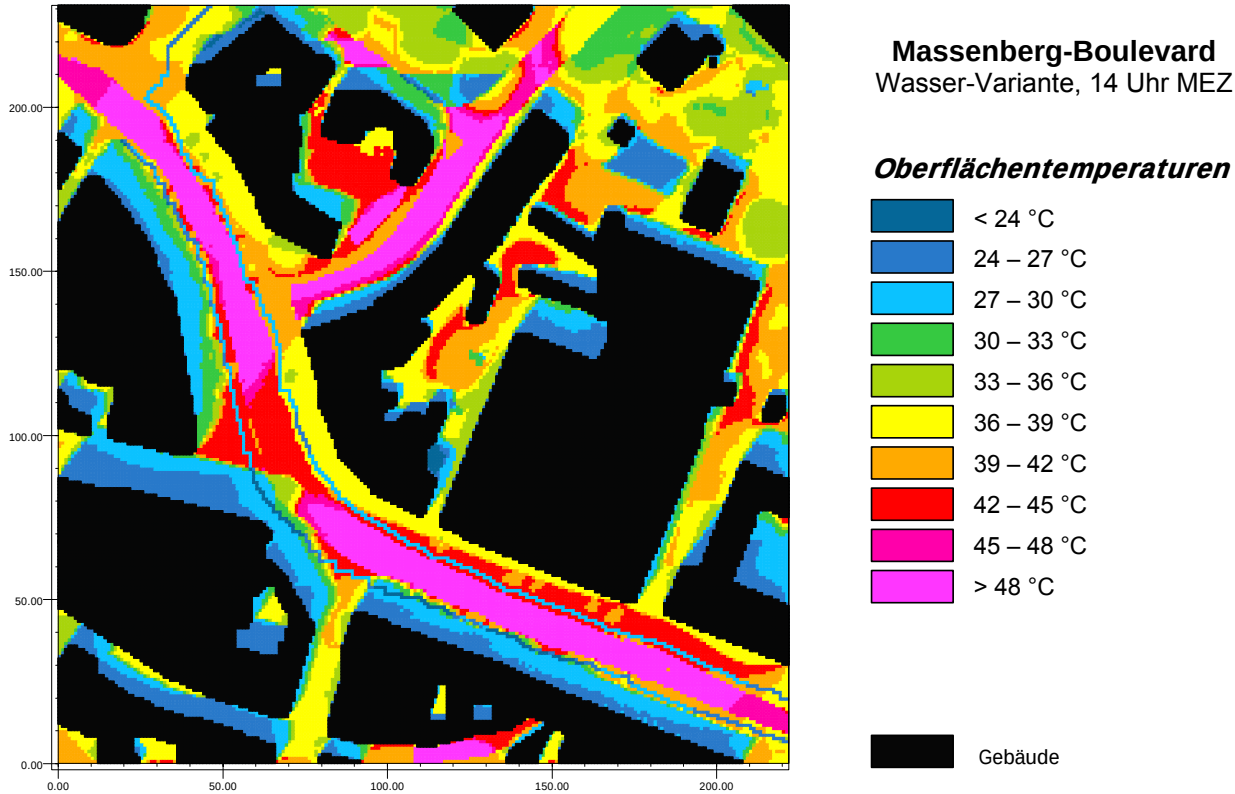


Abb. 4-38 Oberflächentemperaturen um 14 Uhr im Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“ der Wasser-Variante (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)

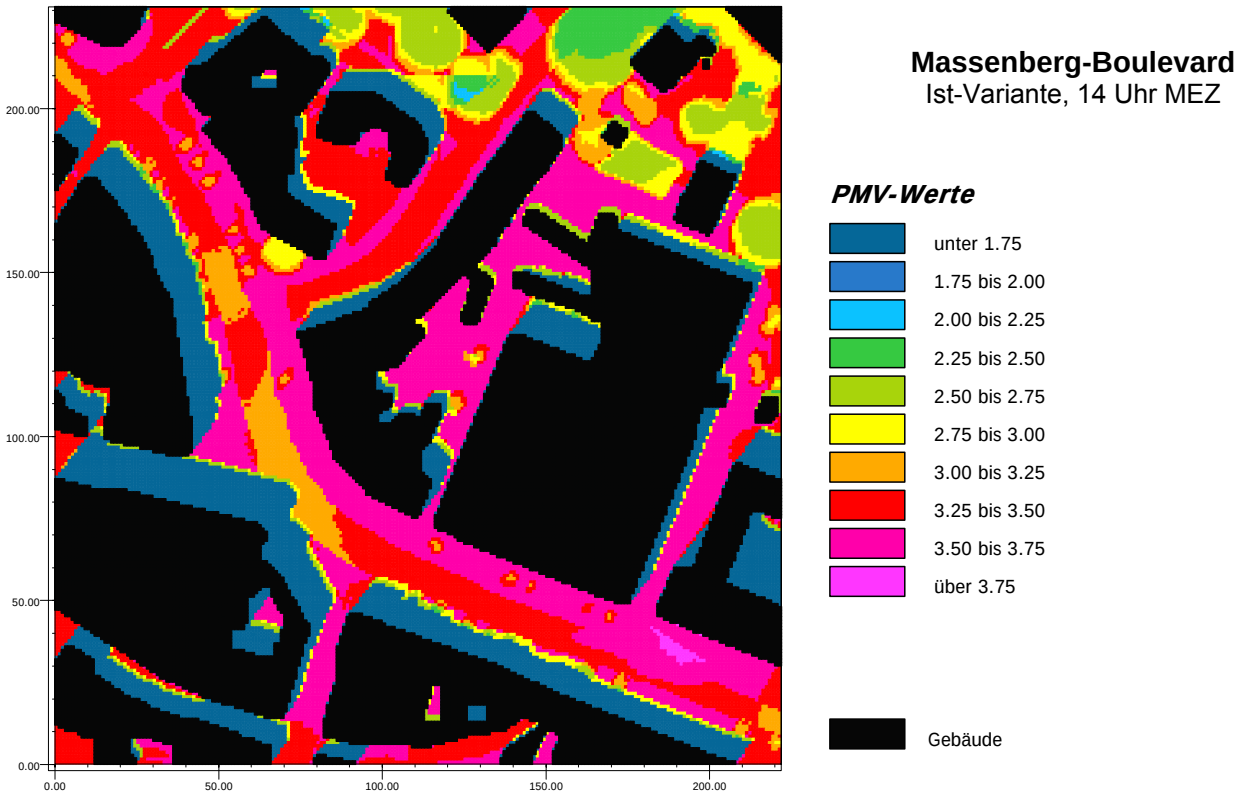


Abb. 4-39 PMV-Werte um 14 Uhr im Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“ der Ist-Variante (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)

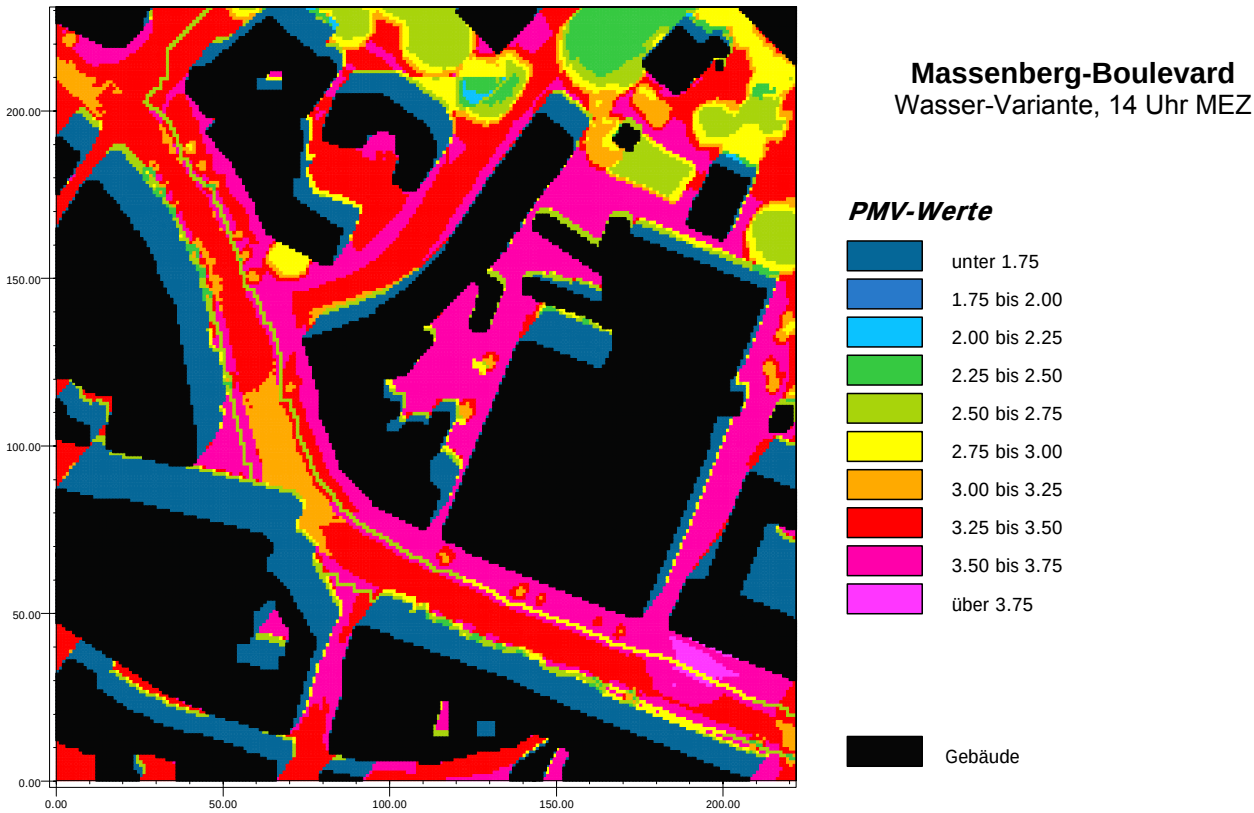


Abb. 4-40 PMV-Werte um 14 Uhr im Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“ der Wasser-Variante (Ergebnis der ENVI-Met – Simulation)

Außer im Schattenbereich der südlich angrenzenden Gebäude liegen im gesamten Straßenraum des Massenberg-Boulevards PMV-Werte von über 3,0 vor. Dies entspricht einer extremen Hitzebelastung und führt dazu, dass die Aufenthaltsqualität hier sehr schlecht ist. Menschen werden diesen Bereich, wenn möglich, vermeiden. Die beiden Wasserläufe der Wasser-Variante (Abb. 4-40) senken direkt an ihrem Standort die PMV-Werte um rund 1,0. Aber sie wirken auch in ihre Umgebung hinein. Entlang der Linien der Wasserläufe liegen die PMV-Werte um 0,2 bis 0,3 niedriger als in der Ist-Varianten.

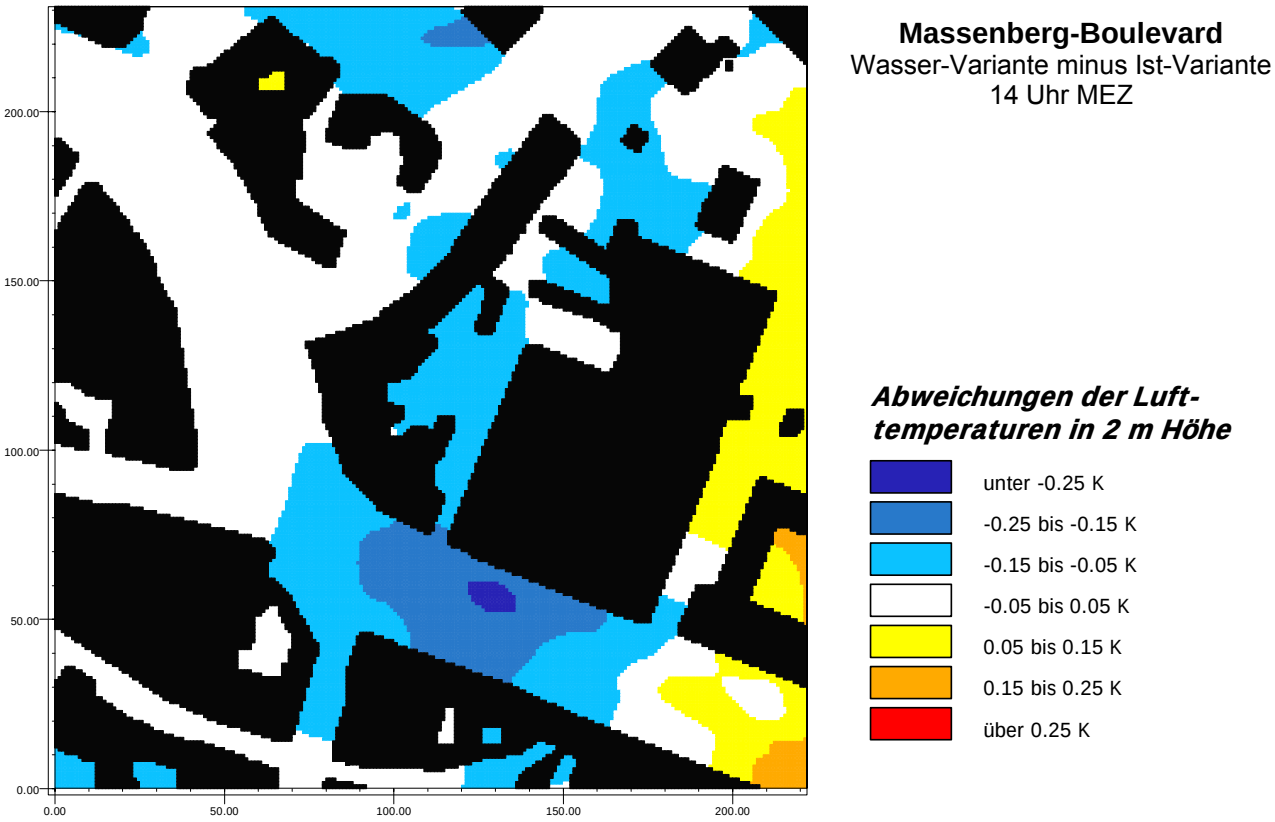


Abb. 4-41 Lufttemperaturabweichungen in 2 m Höhe um 14 Uhr zwischen der Ist- und der Wasser-Variante im Modellgebiet „Massenberg-Boulevard“

Um beurteilen zu können, ob die Wasserläufe auch Auswirkungen auf die Lufttemperaturen in 2 m Höhe haben, wurden für den Zeitpunkt 14 Uhr die Abweichungen der Temperaturen zwischen der Ist- und der Wasser-Varianten berechnet (Abb. 4-41). Neben der Vegetation verbrauchen auch offenen Wasserflächen einen Teil der Sonneneinstrahlung für Verdunstungsvorgänge, so dass sich die Luft weniger stark erwärmen kann. Zusätzlich ist Wasser tagsüber an einem Sommertag deutlich kühler als die Luft und kühlt somit die Umgebung. Die Oberflächentemperaturen der Wasserläufe entlang der Massenbergstraße (Abb. 4-38) liegen unter 30 °C und gehören damit zu den niedrigsten im gesamten Untersuchungsgebiet. Da sie sehr schmal sind, haben sie nur einen geringen Kühleffekt auf die Lufttemperaturen der Umgebung. Bemerkbar macht sich das nur im mittleren Abschnitt des Massenberg-Boulevards mit einer Lufttemperaturabsenkung von bis zu 0,3 K.

Die tagsüber aufgrund ihrer geringen Temperaturen kühlende Wirkung der Wasserflächen lässt im Laufe der Nacht nach, da sich Wasser nachts langsamer abkühlt als versiegelte oder unversiegelte Flächen.

4.1.4.3 Fließwege in der Stadt – Anpassungsmöglichkeiten bei Extremniederschlägen

Im Bereich des Bochumer "Gleisdreiecks" wurden für die Bochumer Innenstadt nach dem in Kapitel 3.3.1 beschriebenen Verfahren die Fließwege und die in diese abfließende Wassermenge berechnet. Grundlage für die Berechnung der Wassermenge ist ein Starkregen-Ereignis mit einer angenommenen Niederschlagshöhe von 30 mm, welches sich über einen Zeitraum von 20 Minuten erstreckt. In Abbildung 3-22 ist deutlich zu erkennen, dass die Bochumer Innenstadt innerhalb des Rings nicht zu den durch Starkregen hoch belasteten Bereichen gehört. Es existieren drei Haupt-Entwässerungsachsen, deren Einzugsgebiete in Abbildung 4-44 dargestellt sind. Das Einzugsgebiet Süd erstreckt sich über Ehrenfeld und entwässert in eine tiefe kanalisierte Senke zwischen der Hüttenstraße und den Schrebergärten nahe des Ehrenfelder Bahnhofs. Trotz einer bestehenden Entwässerung und einer nur wenig dichten Bebauungsstruktur ist dieser Bereich als Problemzone zu kennzeichnen. Das hohe Abflussvolumen kann sehr wahrscheinlich nur schwer über den bestehenden Abfluss vollständig abgeführt werden. Durch die ausgeprägte Senkenstruktur ist die Überschwemmungsgefahr der anstehenden Gebäude hoch. Das Einzugsgebiet Ost in Stahlhausen entwässert über die Essener Straße. Das Einzugsgebiet Nord umfasst den größten Anteil am Gleisdreieck und erstreckt sich über einen hoch versiegelten Bereich. Oberflächenabflüsse nehmen schnell zu und durchfließen stark bebaute Bereiche mit zahlreichen neuralgischen Einrichtungen. Der Haupt-Entwässerungsweg fließt über die Brückstraße, über den Nordring und folgt ab hier dem Verlauf der Herner Straße. Zufluss-Achsen kommen größtenteils aus der Innenstadt, aus den Wohngebieten um den Bochumer Stadtpark und aus dem Bereich zwischen Lohring und Wittener Straße. Aufgrund der Größe, dem hohen Versieglungsgrad und der Entwässerung in dicht bebauten Siedlungsbereichen besteht für das Einzugsgebiet Nord ein erhöhter Handlungsbedarf.

Zielführend in dieser Untersuchung ist die Entwicklung kombinativer Lösungsvorschläge, die sowohl auf klimatologischer wie auch auf hydrologischer Ebene Entlastungspotentiale schaffen. Das Entsiegelungspotential der direkten Bochumer Innenstadt ist gering und mit einem hohen Aufwand und Kosten verbunden, weshalb eine klimatische und hydrologische Verbesserung in erster Linie über freie Wasserflächen erreicht werden kann. Exemplarisch wurden in Kapitel 4.1.4.1 und 4.1.4.2 denkbare Maßnahmen und deren Verbesserungspotential in Hinblick auf die Reduzierung von innerstädtischen Wärmeinseln berechnet. Ein Fließweg über den Massenberg-Boulevard könnte unmittelbar an das Beispiel "Kuhhirte" anknüpfen und würde, neben der positiven Auswirkung auf das Stadtklima, das Stadtbild nachhaltig aufbessern.
Hierbei handelt es sich um eine Maßnahme, die nicht unmittelbar eine Entlastung für Starkregenereignisse bietet. Die eigentliche Anpassung auf hydrologischer Ebene wäre über die Schaffung von Retentionsbecken im Kortumpark und andere denkbare Überflutungsflächen oder Retentionsbecken möglich. Zwar würden freie Wasserflächen hier nur eine geringe Entlastung der innerstädtischen Wärmeinsel bewirken, die Retentionsbecken könnten jedoch eine große Wassermenge aus dem Teileinzugsgebiet oberhalb des Kortumparks aufnehmen. Um den Frischwasser-Verbrauch für einen Wasserweg auf dem Massenberg-Boulevard möglichst gering zu halten ist eine kontinuierliche Zufuhr des gespeicherten Regenwassers möglich. Einen hierfür geeigneten Bereich stellt der Kortumpark dar. Beim Kortumpark handelt es

sich um eine freie Grünfläche in unmittelbarer Nähe zur Innenstadt mit einem hohen Retentionspotential. Neben den Oberflächenabflüssen die unmittelbar durch den Park führen, können zusätzlich Oberflächenabflüsse der Wittener Straße in eine Retentionsmaßnahme integriert werden. Ein Wasserreservoir könnte dazu dienen, die Anpassungsmaßnahmen zusätzlich mit Wasser zu versorgen. Das Wasser könnte dann im Bereich des Kuhhirten in den hier bestehenden Kreislauf integriert werden.

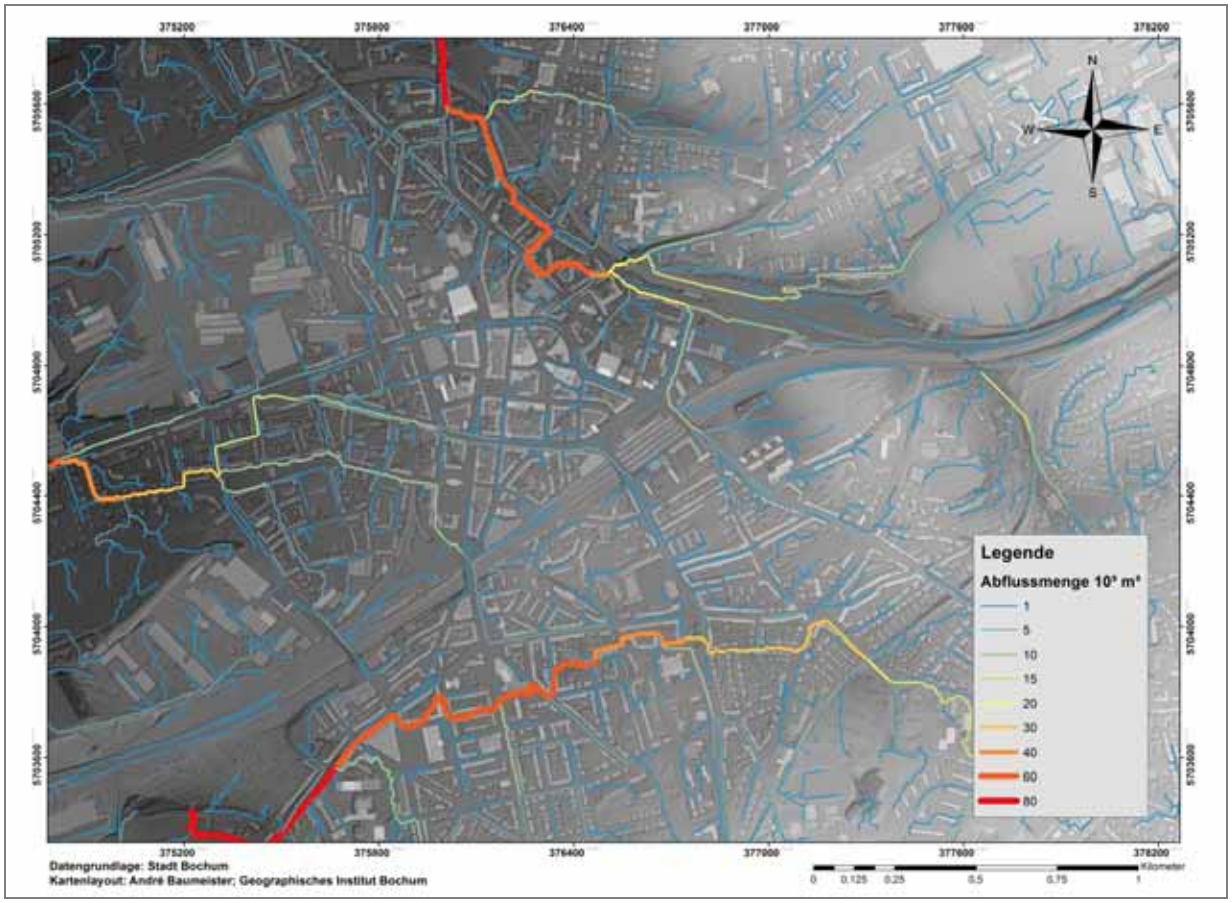


Abb. 4-42 Nach Abflussmenge klassifizierte Fließwege im Bereich des Bochumer "Gleißdreiecks"

Auf der Grundlage der Fließweg-Berechnung wurde am Geographischen Institut ein Verfahren entwickelt, welches die Auswirkung von geplanten Anpassungsmaßnahmen auf den Unterlauf von Urbanen Sturzfluten bewerten kann. Zielführend ist es hierbei, Erkenntnisse darüber zu erlangen, auf welche Fließwege sich eine gedachte Maßnahme auswirkt und wie weit eine solche Maßnahme spürbare Folgen hätte.
In Abbildung 4-42 sind die Fließwege im Bereich des Bochumer Gleisdreiecks inkl. ihrer summierten Abflussvolumina dargestellt. Das hier angewendete Verfahren betrachtet ein Starkregenereignis zunächst ohne eine Berücksichtigung der zeitlichen Dimensionen, weshalb die auf den Fließwegen dargestellten Wassermengen eine Summierung der gesamten Niederschlagshöhe des betrachteten 20-minütigen Ereignisses darstellen. Die Fließwege im Bereich der Herner und Hattinger Straße zeigen, dass während des betrachteten Starkregens mit einem Gesamtabfluss-Volumen von bis zu 80.000 m³ zu rechnen ist. Noch innerhalb des Gleisdreiecks fließen bis zu 60.000 m³ an der Oberfläche ab.

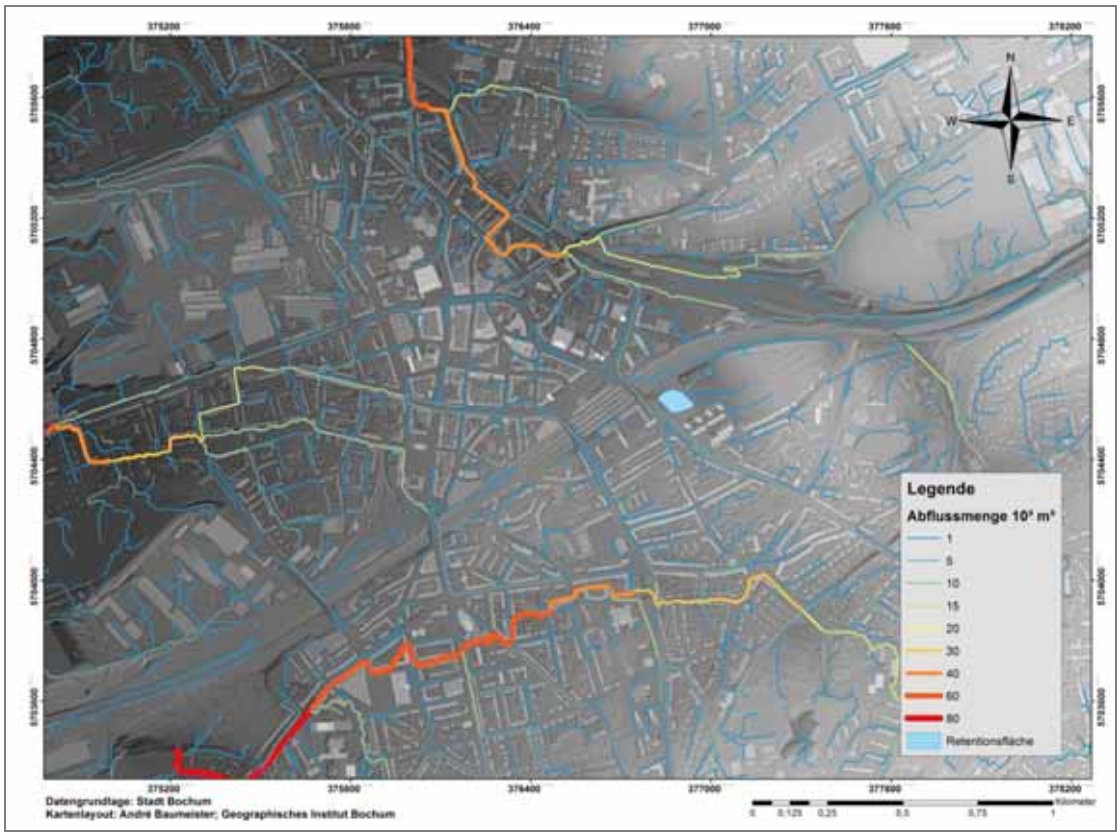


Abb. 4-43 Auswirkungen eines im Kortumpark installierten Retentionsbeckens auf die Abflüsse im nördlichen Teil des Kartenblattes

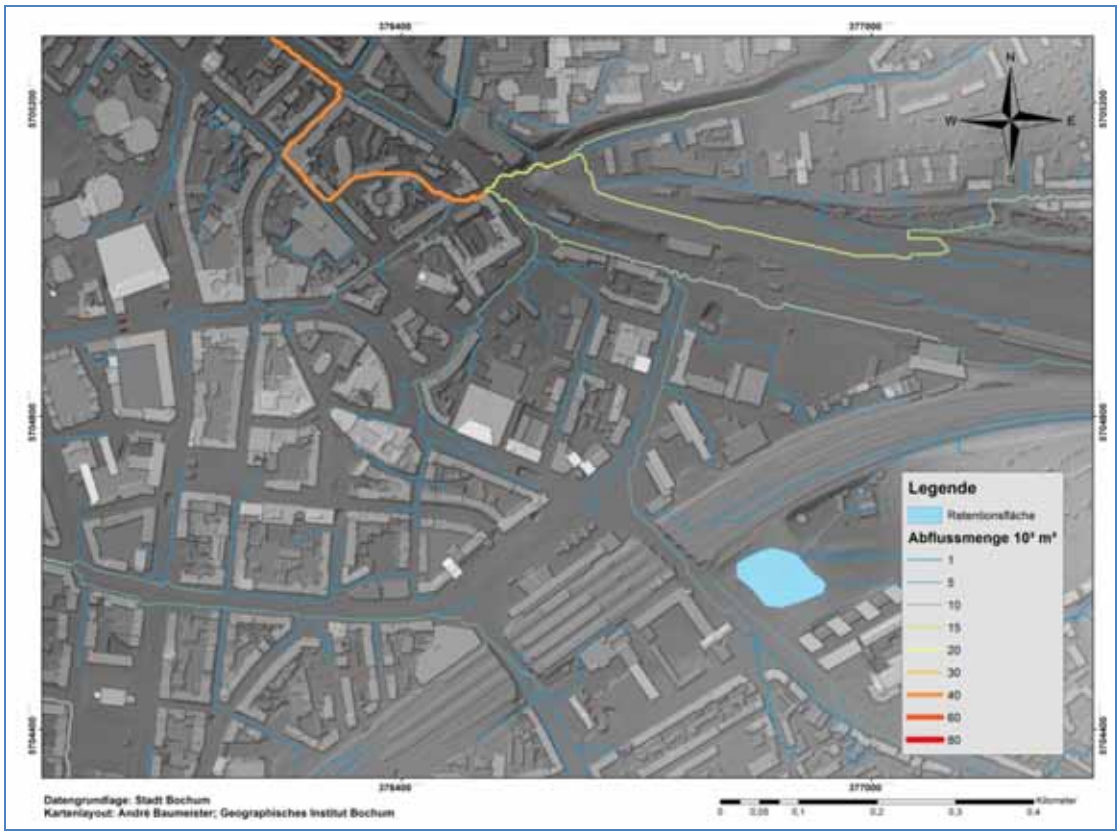


Abb. 4-44 Detailausschnitt des Untersuchungsgebietes in der Bochumer Innenstadt

In Abbildung 4-43 werden die Folgen eines im Kortumpark installierten Retentionsbeckens mit einem Fassungsvolumen von ca. 5800 m³ dargestellt. Die Fläche des Beckens beträgt ca. 5800 m², die Tiefe wurde bei 1 m festgesetzt. Diese 5800 m³ reduzieren das Abflussvolumen auf der Strecke bis zur Herner Straße, was deutlich in der Veränderung der Abfluss-Klassifikation zu erkennen ist. Die Vergrößerung der Retentionsflächen im Kortumpark oder der Bau weiterer Retentionsmaßnahmen entlang der Fließwege könnten die hydrologische Situation im Bereich des Rings und der Herner Straße weiter verbessern.
Bei Abbildung 4-44 handelt es sich um einen Ausschnitt des Untersuchungsgebietes. An den untergeordneten Fließwegen zeigt sich deutlich, dass die Fließrichtung vom Retentionsbecken ausgehend nicht automatisch über den Massenberg-Boulevard führt. Nach einer Überbrückung des Rings wäre eine kanalisierte Wasserführung entlang des natürlichen Gefälles durchaus umsetzbar.

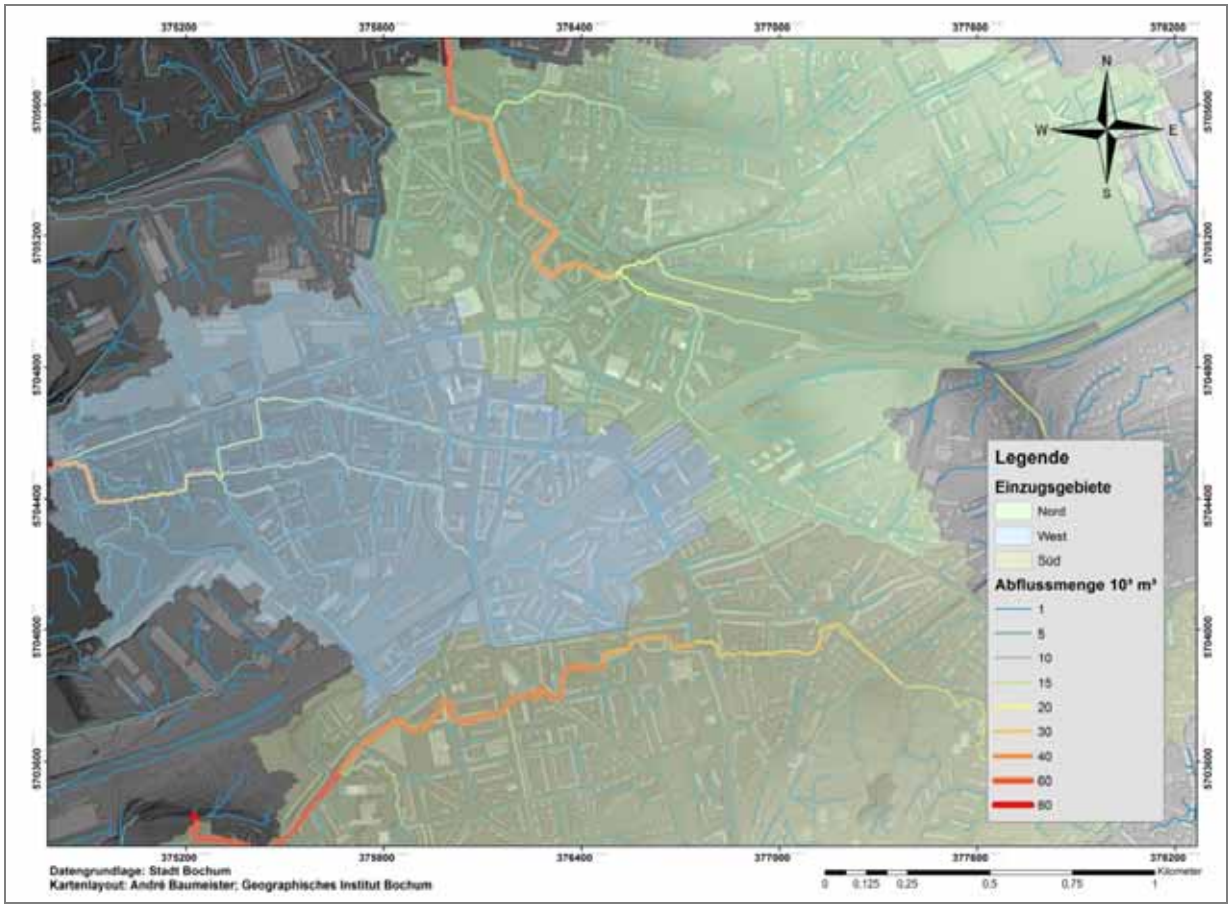


Abb. 4-45 Einzugsgebiete der Hauptentwässerungsachsen im Bereich des Bochumer Gleisdreiecks

4.1.5 Fallstudie Bochum Wattenscheid – Niederschlagswasser-Reduktion durch Dachbegrünung und Entsiegelung

Eine weitere Wärmeinsel im Bochumer Stadtgebiet stellt die Innenstadt des Stadtteils Wattenscheid dar (Abb. 4-46). Als mögliche Klimaadaptionsmaßnahme wurden für die Berechnungen in Kap.4.1.5 unterschiedliche Flächen entsiegelt. Zusätzlich wurden für das Modell zahlreiche Dächer begrünt. Die erhöhte Wasserspeicherkapazität dieser Maßnahmen führt über die Erhöhung der Verdunstungsleistung zu einer Minderung der Temperaturen. Zusätzlich verringert sich auf den entsiegelten bzw. begrünten Flächen der Abflussbeiwert, was zu einer Verringerung des Direktabflusses führt.

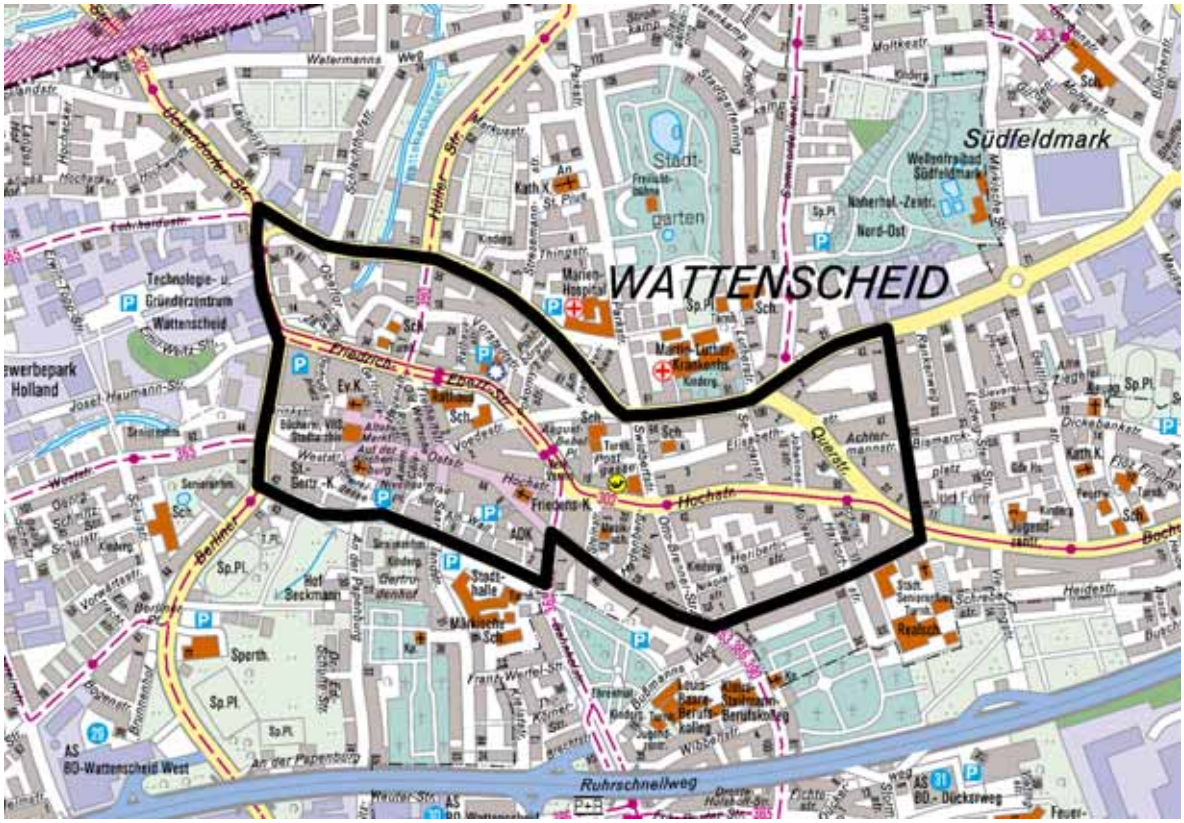


Abb. 4-46 Gebiet der Fallstudie Bochum-Wattenscheid

Nach dem in Kapitel 3.3.1 beschriebenen Verfahren wurde eine Fließweganalyse für das Wattenscheider Stadtgebiet durchgeführt. Die Berechnungen wurden einmal für die Ist-Situation (Abb. 4-47) und einmal unter der Annahme einer erhöhten Entsiegelung (Abb. 4-49) durchgeführt. Auf der Karte in Abbildung 4-48 sind die Flächen markiert, welche für die Untersuchung verändert wurden. Insgesamt handelt es sich hierbei um ca. 28.500 m² Dachfläche und ca. 19.200 m² versiegelte Bodenfläche. Die Abflussbeiwerte der Dachflächen lagen in der Regel bei 0,9 und wurden auf 0,5 reduziert. Dieser Abflussbeiwert entspricht einem Gründach mit einem Schichtaufbau ≤ 10 cm. Die versiegelten Bodenflächen haben ebenfalls Abflussbeiwerte zwischen 0,85 und 0,9. Im Rahmen der skizzierten Entsiegelungskampagne wurden hier die Abflussbeiwerte auf 0,3 reduziert. Durch fugenreiche Verbundsteine können stellenweise noch geringere Abflussbeiwerte erreicht werden, andere Materialien erzielen wiederum geringfügig höhere Werte. Ein Beiwert von 0,3 stellt somit einen guten Mittelwert dar.

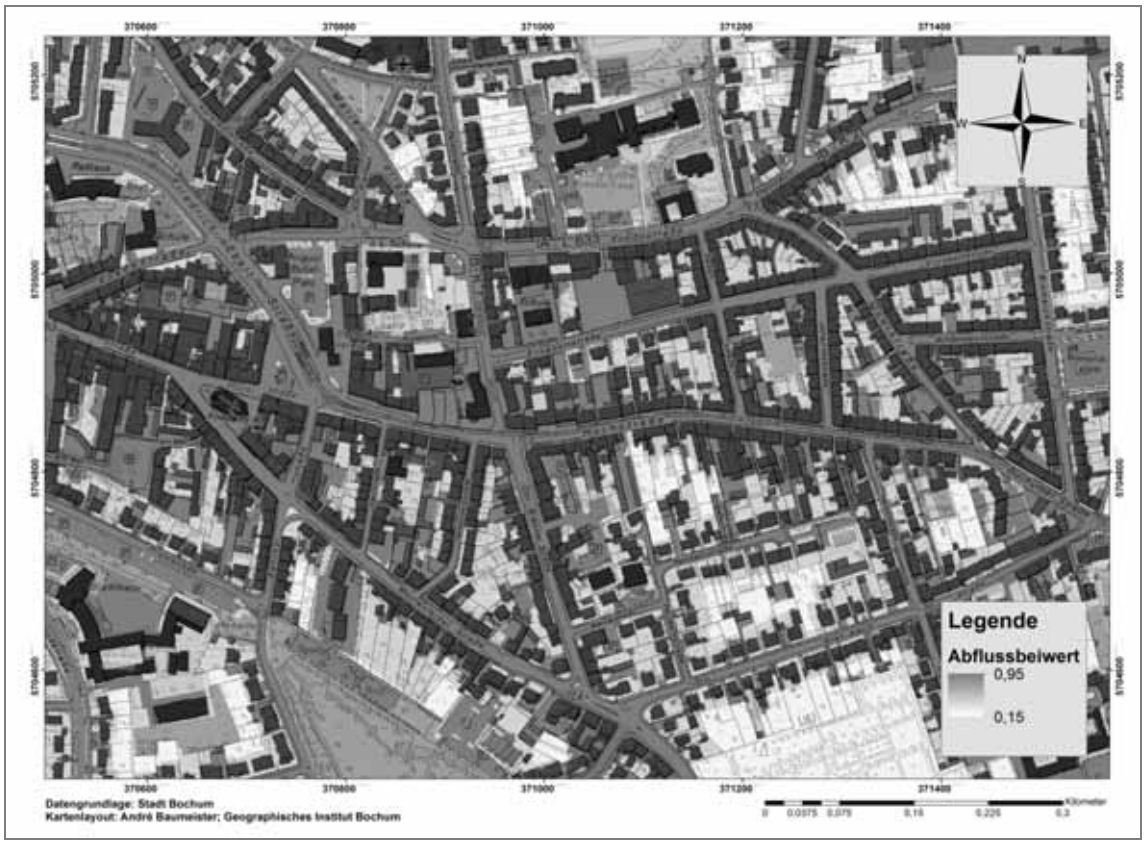


Abb. 4-47 Modellgebiet mit den Abflussbeiwerten im Bereich der Wattenscheider Innenstadt

Abb. 4-48 Modellgebiet mit den für die Untersuchung veränderten Flächen

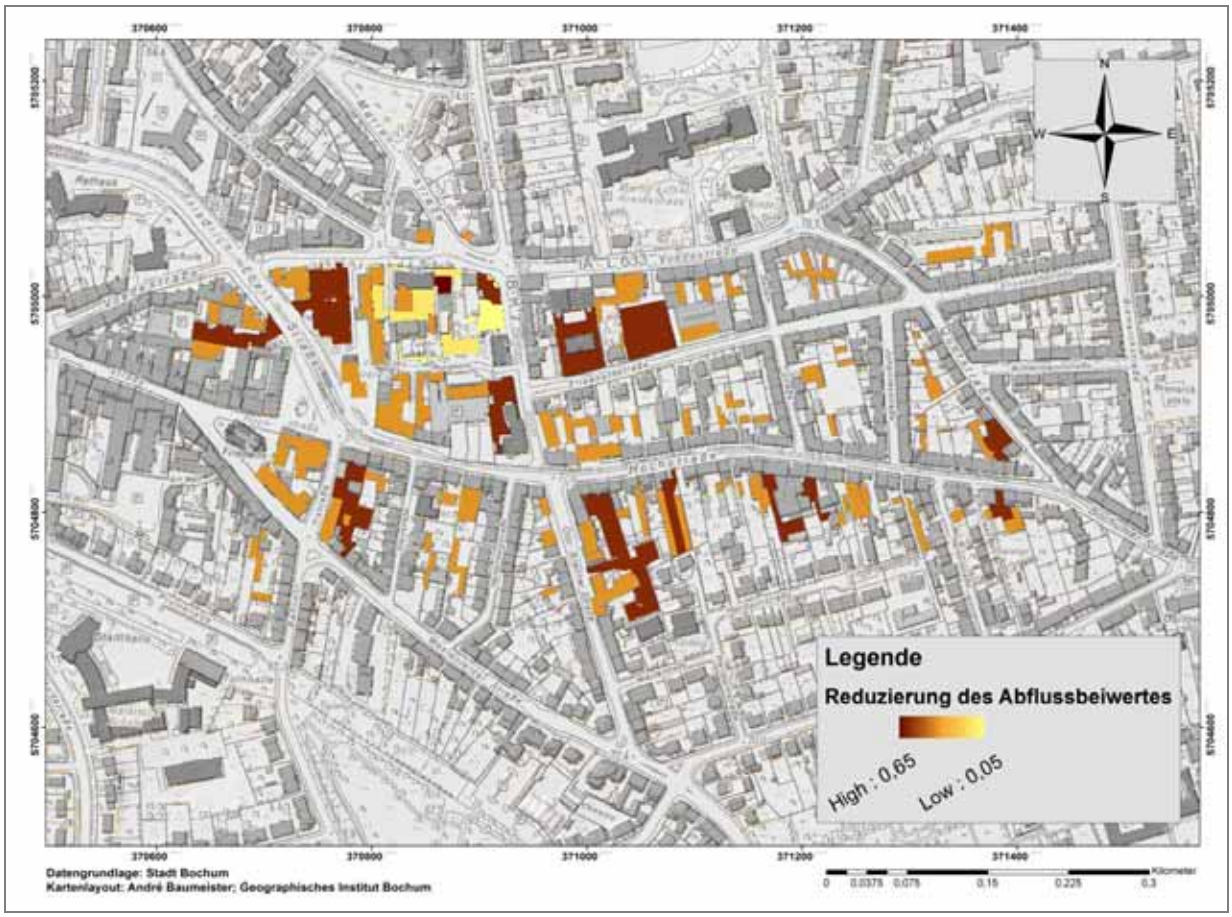


Abb. 4-49 Veränderung der Abflussbeiwerte durch die in Abb. 4-48 dargestellten Maßnahmen (Dachbegrünung und Entsiegelung)

Bei einem Starkregen-Ereignis von 30 mm kann die im Bereich der Wattenscheider Innenstadt anfallende Direktabflussmenge um insgesamt 400 m³ gemindert werden. Dieses Abflussvolumen verteilt sich auf die unterschiedlichen Fließwege (Abb. 4-50). Das betrachtete Untersuchungsgebiet ist deutlich kleiner als das der Bochumer Innenstadt, weshalb nicht so hohe Abflussvolumina erreicht werden. Aus Sicht der urbanen Hochwasservorsorge sind die zwei Untersuchungsgebiete durch ihre Topographie begünstigt. Insbesondere das Zentrum Wattenscheids liegt auf einer deutlichen Anhöhe, so dass die Oberflächenabflüsse radial aus der Innenstadt abfließen können. In Abbildung 4-50 ist deutlich zu erkennen, wie die Fließwege in Richtung Norden, Westen und Süden den Kartenausschnitt verlassen. In der Wattenscheider Innenstadt existieren keine nennenswerten Senken, die mögliche Risikobereiche darstellen könnten.

Die Reduzierung des Oberflächenabflusses um 400 m³ wirkt sich insbesondere auf die zwei Hauptentwässerungsachsen aus, welche das Untersuchungsgebiet in südlicher und nordwestlicher Richtung entwässern. Nach Süden fließt das Wasser über die Hochstraße und anschließend über die Otto-Brenner Straße. Eine Nebenachse entwässert über die Hardenberger Straße und kreuzt anschließend die Westenfelder Straße. Die nordwestliche Hauptachse fließt über die Voedestraße folgt dann der Marien-Straße und verlässt das Kartenblatt an der Pohlbörgerstraße.

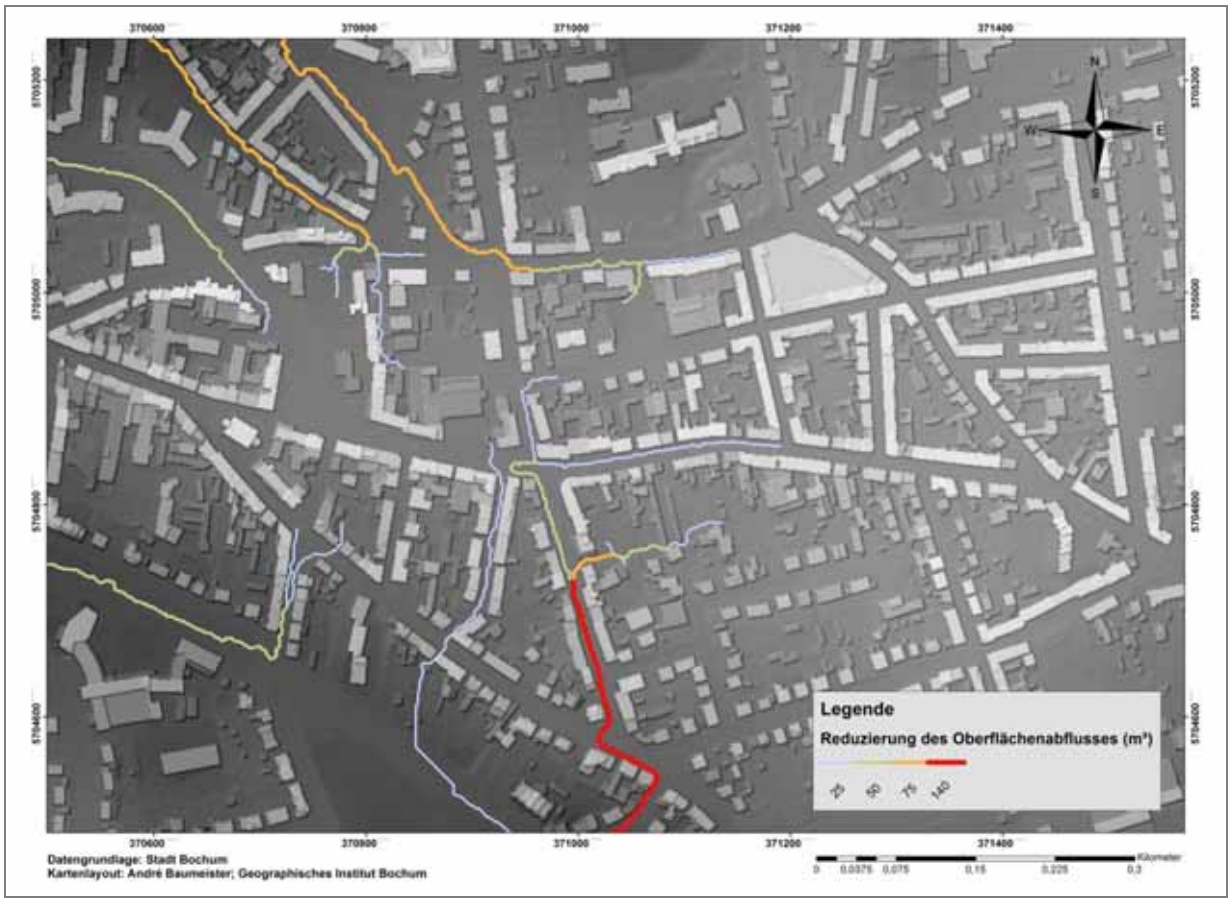


Abb. 4-50 Fließwege in Bochum Wattenscheid mit den durch die in Abb. 4-48 dargestellten Maßnahmen reduzierten Abflussmengen

Die Untersuchungen zeigen deutlich, dass Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen auf die Direktabflussmenge von seltenen Starkregenereignissen nur eine verhältnismäßig geringe Auswirkung haben. Es entstehen hohe Kosten, die zumindest in Bezug auf die Retentionswirkung bei intensiven Regenereignissen nur schwer gerechtfertigt werden können. Zudem lässt sich die Umsetzung von Begrünungsmaßnahmen nur begrenzt kontrollieren und kann zumindest bei privaten Gebäuden nicht vorausgesetzt werden. Als reine Anpassungsmaßnahme an Starkregen ist die Wirkung von Entsiegelungsprogrammen eher gering, während sich Retentionsmaßnahmen in Form von Überlaufbecken oder Überflutungsflächen als sehr effektiv erwiesen haben. Das Füllvolumen des in Kapitel 4.1.4.3 berechneten Retentionsbeckens von 5.800 m³ steht einem Rückhaltevolumen der Entsiegelungsmaßnahmen von 400 m³ in Bochum Wattenscheid gegenüber. Hier mussten fast 50.000 m² Fläche entsiegelt oder begrünt werden, während sich das Retentionsbecken im Kortumpark der Bochumer Innenstadt über eine Fläche von nur 5.800 m² erstreckt. Neben der hohen Effektivität von Retentionsbecken und dem geringen Flächenverbrauch, besteht ein weiterer Vorteil in der schnellen und einmaligen Umsetzung. Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen müssten sukzessive umgesetzt werden, so dass eine maximal mögliche Wirkung erst nach langer Zeit erreicht werden könnte.

Eine Bewertung der in dieser Arbeit skizzierten Maßnahmen wurde aus hydrologischer Sicht ausschließlich in Bezug auf ein 50-jähriges Starkregenereignis durchgeführt. Auch wenn nach den hier gewählten Maßstäben Retentionsbecken möglichen Entsiegelungs- oder Begrünungskampagnen vorzuziehen sind, sollten auch solche Adaptionsmaßnahmen weiterhin angestrebt werden. Die deutlichen Vorteile von Entsiegelungsmaßnahmen liegen in einer anderen Betrachtungsebene. Während konvektive Starkregen eher zu den selteneren Ereignissen gezählt werden müssen, entfalten entsiegelte und begrünte Flächen ihre Wirkung vor allem in ihrer alltäglichen Wirkung. Neben einer deutlichen Aufwertung des innerstädtischen Klimas wird die Lebensqualität durch eine Aufwertung des Stadtbildes deutlich verbessert. Aus hydrologischer Sicht zeigen sich die Vorteile des reduzierten Oberflächenabflusses insbesondere bei Niederschlagsereignissen mit geringeren Wiederkehrintervallen. Hier verringert sich das Verhältnis aus Gesamtniederschlag und Oberflächenabflussvolumen. Während die Speicherkapazität eines Gründaches bei einem 50-jährigens Niederschlagsereignis schnell erschöpft ist, kann die gleiche Fläche einen gewöhnlichen sommerlichen Starkregen nahezu vollkommen aufnehmen. Wird die Aufnahmekapazität überschritten, werden durch eine Erhöhung der Rauhigkeit die Abflussspitzen deutlich verringert. Auch wenn eine Anpassung an Urbane Sturzfluten nicht vollkommen durch die in Wattenscheid skizzierten Maßnahmen erreicht werden kann, ergeben sich durch Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen eine Vielzahl anderer wichtiger Vorteile. Insbesondere auf privater Ebene oder beim Neubau von Gebäuden oder Nutzflächen sollte die hydrologische Aufwertung der Flächen zunehmend berücksichtigt werden.

Eine umfassende Anpassung an die Folgen des Klimawandels kann hingegen nur erreicht werden, wenn auch Ereignisse mit seltenen Wiederkehrintervallen berücksichtigt werden. Um den Folgen von urbanen Sturzfluten vorzubeugen besteht eine zusätzliche Notwendigkeit für effektivere Maßnahmen, durch die ein stark erhöhtes Oberflächenabflussvolumen kontrolliert werden kann. Gezielt eingesetzte Retentionsbecken oder Überflutungsflächen bieten hier ein effektives Werkzeug um eine wirksame Entlastung zu schaffen. Eine multifunktionale Nutzung derartiger Flächen ist erstrebenswert, da diese Flächen auch über ihre Nutzung als Retentionsflächen hinaus effektiv genutzt werden könnten. Ein erstrebenswertes Ziel besteht zunächst darin, die hierfür geeigneten Flächen zu identifizieren und auf ihre Wirksamkeit zu prüfen. Mögliche Synergieeffekte für das Stadtklima, aber auch für die Aufwertung des Stadtbildes sollten hier unbedingt Berücksichtigung finden. Die Kenntnis über bestehende potentielle Fließwege des Oberflächenabflusses ermöglicht eine gezielte Ableitung des anfallenden Direktabflusses. Eine bewusste oberflächliche Ableitung entschärft zusätzlich die mögliche Belastung des Kanalnetzes und ermöglicht eine gezielte Ableitung des Wassers in weniger dicht besiedelte bzw. gefährdete Bereiche.

4.2 (Planerische) Instrumente zur Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen

Die Fallstudien in der Bochumer Innenstadt und in Bochum Wattenscheid befassen sich eingehend mit den klimatischen Bedingungen dort. Es werden Maßnahmen simuliert, wie sich das "Kleinklima" ändern könnte. Die simulierten Maßnahmen erstrecken sich auf Bäume, Fassaden und Dächer sowie Wasserflächen im Bestand. Diese Anpassungsmöglichkeiten haben wenig mit Neubauprojekten oder mit einer städtebaulichen Entwicklung zu tun. Der Aspekt "Bebauungspläne" hat in Bochum daher eine eher geringe Bedeutung für Klimaanpassung, da nur wenige größere städtebauliche Entwicklungen stattfinden. Trotzdem ist in diesen wenigen Fällen gerade auch die Anpassung an den Klimawandel zu beachten.

Andere wichtige Maßnahmen neben dem klassischen Bebauungsplanverfahren sind:

- - Klimagerechte Planung von Straßenräumen (Anzahl und Anordnung von Bäumen und sonstigem Grün, etc....)
- - Planung von öffentlichen Grün- und Freiflächen,
- - Kimawandelgerechte Entwässerungsplanung, Rückhalteflächen, Abkopplung etc.
- - Anpassungsmaßnahmen an privaten bestehenden Gebäuden (Fassadenbegrünung und -farbe, Innenhofentsiegelung, Dachbegrünung, Abkopplungsmaßnahmen)

Dies bedeutet für den Instrumentenkasten, stärker auch informelle Dinge zu beachten wie:

- Der Bereich "Beratung von Eigentümern" ist wichtig; Werbung.
- Die Berücksichtigung von Anpassungsmaßnahmen in Stadtumbauprogrammen, Stadterneuerungsstrategien, etc.
- Das Ablaufschema auch für Straßen- und Platzplanung, nicht nur für Bebauungspläne berücksichtigen

Und im Neubaubereich:

- Wettbewerbsauschreibungen
- Vertragliche Vereinbarungen mit Bauherren und Investoren (z. B. Städtebauliche Verträge).

Verschiedene Instrumentarien können zum Einsatz kommen:

Gebietsentwicklungsplanung
Flächennutzungsplanung
Bebauungsplanung
Wirtschaftspläne
Gebührensatzungen

Im Raumordnungsgesetz (ROG), das als Bundesrahmenrecht die Landesplanungsgesetze harmonisiert, ist mit der Verankerung der Leitvorstellung einer „nachhaltigen Raumentwicklung, die die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seinen ökologischen Funktionen in Einklang bringt und zu einer dauerhaften, großräumig ausgewogenen Ordnung führt“ (§ 1 Abs. 2 ROG) der Bezug zum Schutzgut Klima bereits hergestellt. Nachfolgende Abbildung 4-51 gibt eine Übersicht der planerischen Steuerungsinstrumente nach Planungsebenen. Auf jeder dieser Ebenen kann den Auswirkungen des Klimawandels planerisch entgegengewirkt und es können Belange des Klimas sinnvoll in Raum- und Stadtplanung eingebracht werden. Gemäß § 4 Abs. 1 ROG müssen die „raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen“ der unteren Planungsebenen die Ziele der Raumordnung beachten; das in § 1 Abs. 3 ROG definierte „Gegenstromprinzip“ ermöglicht aber auch eine umgekehrte Kommunikation der Planungsebenen.

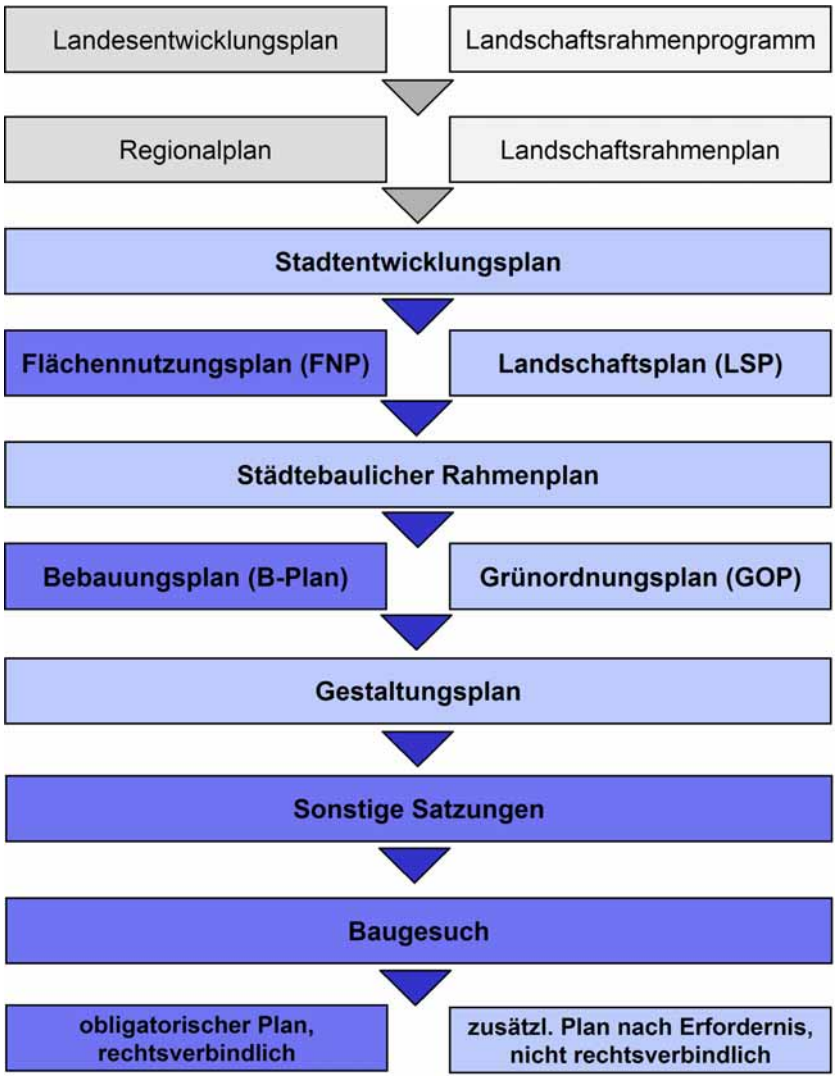


Abb. 4-51 Übersicht der planerischen Steuerungsinstrumente nach Planungsebenen, (MUNLV 2010, in Anlehnung an Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Stadtplanung und Stadterneuerung, in: VDI RL 3785, Blatt 1 2008)

4.2.1 Klimaanpassung im BauGB

Das Thema Klimaanpassung ist in den letzten Jahren verstärkt in das Blickfeld deutscher Städte gerückt. Grund dafür dürften vor allem die immer häufiger vorkommenden Extremwetterereignisse und die daraus resultierenden, teils gravierenden Folgen für die urbanen Räume sein. Dieser Umstand führte den Verantwortlichen aus Politik und Verwaltung vor Augen, dass Anpassungskonzepte an das sich ändernde Klima unabdingbar sind. Im Laufe meiner Recherchen stellte sich heraus, dass mittlerweile fast alle deutschen Städte, von der Kleinstadt bis zur Millionenmetropole, ihre Vulnerabilitäten in Bezug auf die Folgen des Klimawandels herausgearbeitet und entsprechende Anpassungskonzepte, meist mit konkreten Maßnahmenkatalogen, erarbeitet haben. Die große Herausforderung in diesem Zusammenhang für die kommenden Jahre wird es jedoch sein, diese Klimaanpassungskonzepte nicht nur parallel zum kommunalen Planungsalltag parat liegen zu haben, sondern sie in die kommunalen Planungsabläufe zu integrieren. Auf diesem Wege blieben es nicht bloß gut gemeinte Handlungsempfehlungen und hilfestellende Ratgeber, sondern feste, und vor allem für die beteiligten Akteure verbindliche Bestandteile der Kommunalplanung, wenn möglich und nötig in Gesetzesform.

Im BauGB finden sich bis dato bezogen auf das Thema Klimaanpassung nur einige wenige direkte Verweise. In der BauGB-Fassung vom 22.07.2011 wird neben dem Klimaschutz erstmals auch ausdrücklich die Klimaanpassung als bei der Aufstellung der Bauleitpläne zu berücksichtigender Belang mit aufgeführt. Darin heißt es unter anderem, dass Bauleitpläne dazu beitragen sollen "den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung, zu fördern" (§1 Abs. 5 S. 2, BauGB). An anderer Stelle wird angeführt:
"Den Erfordernissen des Klimaschutzes soll sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, Rechnung getragen werden." (§1a Abs. 5 S. 1, BauGB). Zu beachten ist in diesem Zusammenhang jedoch stets, dass es bei der Neuaufnahme beziehungsweise bei der Neuformulierung der Gesetzesstellen, die Bezug auf die Klimaanpassung und den Klimaschutz nehmen, nicht darum geht diesen Themen eine Sonderstellung einzuräumen. Sie fließen als zusätzliche Belange neben den anderen genannten lediglich mit in die Abwägung ein. Es ist weiterhin die Aufgabe der Gemeinde, die in der konkreten Planung betroffenen Interessen zu ermitteln und im Verhältnis zueinander zu bewerten und zu gewichten. Es ist also auch durchaus weiterhin möglich, dass die Kommune die Belange des Klimaschutzes und der Klimaanpassung mit einer entsprechenden Begründung zurückstellt.

Das Klima allgemein wird unter anderem als Belang in der Umweltprüfung aufgeführt. Darüber hinaus finden sich noch viele Formulierungen im BauGB, die auslegungs- und interpretationsbedürftig sind. Beispielsweise wird als wichtigstes Ziel der Bauleitpläne die Berücksichtigung der Anforderungen an "gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse" genannt (§1 Abs. 6 Nr. 1 BauGB), worunter sich neben vielen anderen Aspekten auch die Anpassung an das Klima als Voraussetzung für die genannten gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnisse fassen ließe. Paragraph 1, Absatz 7 BauGB nimmt Bezug auf die Berücksichtigung der verschiedenen Belange des Umweltschutzes. Unter a) wird das Klima erwähnt, in c) und d) ist von "umweltbezogenen Auswirkungen" auf den Menschen und seine Gesundheit beziehungsweise auf Kultur-

und sonstige Sachgüter die Rede. Diese Formulierungen lassen Interpretationen darüber zu, ob in diesem Zusammenhang auch die Folgen des Klimawandels und somit die daraus resultierende Notwendigkeit für Klimaanpassung gemeint sind.

4.2.2 Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten von Klimaanpassungsmaßnahmen in FN-Plänen und in B-Plänen

Das Thema Klimaanpassung ist im Städtebaurecht bis dato nicht sehr präsent und findet nur an wenigen Stellen Erwähnung. Im folgenden Kapitel soll daher auf die Möglichkeiten eingegangen werden, die die Bauleitplanung durch das BauGB in ihrer aktuellen Form bietet, um Festsetzungen hinsichtlich der Klimaanpassung zu treffen, wie sie den Folgen für die Städte durch teilweise relativ simple Maßnahmen entgegenwirken kann. Bei ohnehin geplanten städtebaulichen Entwicklungen ist dies eine sinnvolle Möglichkeit, das Thema Klimaanpassung mit Hilfe der vorhandenen Instrumente zu integrieren. Flächennutzungs- und Bebauungspläne bieten im Rahmen von Änderungen beziehungsweise der Ausweisung neuer Baugebiete die Möglichkeit, bestimmte Darstellungen (FNP) oder Festsetzungen (B-Pläne) zu enthalten. Hier gilt es allerdings bestimmte, einschränkende Rahmenbedingungen zu beachten. Klimaanpassungsmaßnahmen können im baulichen Bestand von Siedlungsbereichen und gerade in dicht bebauten Innenstädten nur deutlich eingeschränkt umgesetzt werden. Gründe hierfür sind vor allem Platzmangel und ein teils enormer Aufwand für notwendige Umbau- beziehungsweise Renovierungsmaßnahmen. Hinsichtlich der dadurch entstehenden Kosten sind beispielsweise Fördermaßnahmen als Anreiz nötig. Die Einfluss- und Steuerungsmöglichkeiten der Kommunen können nur im Falle großer Neubaugebiete voll ausgeschöpft werden. Eine weitere Einschränkung ist die bei der Aufstellung von Bauleitplänen zu berücksichtigende gerechte Abwägung privater und öffentlicher Belange gegen- und untereinander. Hierbei können die Umweltbelange natürlich keinen rechtlichen Vorrang haben, weshalb Klimabelange in Einzelfall bezogenen Abwägungsentscheidungen nicht immer vollständig berücksichtigt werden können. Zusätzlich spielen Zielkonflikte zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung eine Rolle, wodurch Anpassungsmaßnahmen in einigen Fällen nicht durchgeführt werden können (MUNLV 2011).

Die vorhandenen Instrumente sollten ausgenutzt werden, um Klimaanpassungsmaßnahmen in Planungsprozesse zu integrieren. Im Folgenden sind einige Beispiele aufgelistet, wie konkrete Maßnahmen in FNP und B-Pläne übernommen werden können.

1 Um **Frei- und Frischluftflächen** zu erhalten beziehungsweise neue Frei- und Frischluftflächen zu schaffen, können in den FNP großräumige Darstellungen von nicht baulichen Nutzungen mit unterschiedlichen Zweckbestimmungen wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze sowie Friedhöfe integriert werden (nach § 5 Abs. 2 Nr. 5 BauGB). Darüber hinaus können Wasserflächen (als Flächen, die nach § 5 Abs. 2 Nr. 7 BauGB aufgrund des Hochwasserschutzes und der Regelung des Wasserabflusses freizuhalten sind) sowie landwirtschaftliche Flächen und Waldflächen (nach § 5 Abs. 2 Nr. 9 BauGB) dargestellt werden. Im B-Plan kann die Erhaltung beziehungsweise Schaffung von Frei- und Frischluftflächen über die Festsetzung der Grundfläche

oder Grundflächenzahl (§ 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB), der überbaubaren und nicht überbaubaren Grundstücksfläche (§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB) sowie Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind (§ 9 Abs. 1 Nr. 10 BauGB) gesteuert werden. Ferner ist es möglich im B-Plan öffentliche und private Grünflächen wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze sowie Friedhöfe festzusetzen (§ 9 Abs. 1 Nr. 15 BauGB). Auch lassen sich Flächen für die Landwirtschaft und Waldflächen festsetzen (§ 9 Abs. 1 Nr. 18 BauGB).
Besonders vorteilhaft für das Lokalklima sind **Luftleitbahnen**. Deren Erhalt beziehungsweise Schaffung können durch die oben bereits erwähnten Darstellungen und Festsetzungen zu Frei- und Frischluftflächen im FNP und in den B-Plänen ermöglicht werden. Zudem können Frischluftschneisen als zeichnerische Darstellung in Flächennutzungspläne übernommen werden, was die spätere Begründung für die Freihaltung im B-Plan erleichtern kann. Förderlich kann in diesem Zusammenhang auch sein, in der Begründung zum FNP (§ 5 Abs. 5 BauGB) beziehungsweise B-Plan (§ 9 Abs. 8 BauGB) besonders auf die lokalklimatische Bedeutung der betreffenden Flächen für die Frischluftversorgung des Siedlungsraumes einzugehen.

2 Maßnahmen wie die **Begrünung von Straßenzügen, Dächern und Fassaden** können durch das Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzenbindungen für einzelne Flächen oder für ein B-Plangebiet beziehungsweise Teile davon in den B-Plan integriert werden (§ 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB). Auf diese Weise ist es beispielsweise möglich, Stellplätze und bauliche Anlagen zu begrünen und zu bepflanzen. Durch die vorgenannten Festsetzungen nach § 9 Abs. 1 Nr. 25 BauGB lassen sich auch die Bepflanzung urbaner Räume mit wärmeresistenten Pflanzenarten mit geringem Wasserbedarf sowie der vermehrte Einsatz bodenbedeckender Vegetation und die Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen in Bebauungspläne integrieren. Auch lassen sich auf diese Weise Hauswandverschattung und Wärmedämmung im B-Plan festsetzen.

3 Die Verwendung baulicher **Verschattungselemente** im öffentlichen Raum (z.B. Arkaden, Sonnensegel) lässt sich durch das Festsetzen von Verkehrsflächen besonderer Zweckbestimmung (§ 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB) erreichen.
Ganz konkrete Maßnahmen zur **Optimierung der Gebäudeausrichtung** können zum Beispiel die Ausrichtung von Gebäudeöffnungen zur Wind abgewandten Seite oder die Planung von Gebäudekomplexen mit wind- und wettergeschützten Innenhöfen sein. Im Bebauungsplan können zu diesen Zwecken die Bauweise, die überbaubaren und nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie die Stellung der baulichen Anlagen festgesetzt werden (§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB). Darüber hinaus besteht die Möglichkeit des Festsetzens der Gebäudestellung (§ 9 Abs. 1 Nr. 23b BauGB).

4 Eine Möglichkeit zur Klimaanpassung in dicht bebauten, urbanen Gebieten stellt der **Rückbau versiegelter Flächen** dar. Dies kann durch die Festsetzung einer nicht baulichen Nutzung erfolgen (vgl. 1. Frei- und Frischluftflächen). Hier gilt es zu beachten, dass die Umnutzung baulich genutzter Grundstücke in nicht baulich genutzte Grundstücke in der Regel mit Entschädigungsansprüchen nach dem Planungsschadensrecht verbunden ist. Hier ist jeweils eine Einzelfallbetrachtung notwendig. Mit Hilfe von § 179 BauGB kann jedoch die Entsiegelung dauerhaft nicht mehr genutzter Flächen durch ein

Entsiegelungsgebot durchgesetzt werden, sofern dies der Umsetzung des B-Plans dient. Rückbau- und Entsiegelungsmaßnahmen werden vor allem bei Stadtumbaumaßnahmen (§§ 171a – d BauGB) gefördert.

5 Die Verbesserung beziehungsweise Ermöglichung der **Versickerung** (z.B. durch Versickerungsgräben oder -mulden) sowie die Schaffung von **Niederschlagswasserzwischenspeichern und Notwasserwegen** (z.B. Regenrückhaltebecken, Sammelmulden) können durch eine Festsetzung von Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser (§9 Abs. 1 Nr. 14 BauGB), im B-Plan ermöglicht werden. Zudem kann im Falle der Schaffung von Niederschlagswasserzwischenspeichern und Notwasserwegen das Festsetzen von Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses (§9 Abs. 1 Nr. 16 BauGB) erfolgen.

Tabelle 4-5 fasst die Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten von Anpassungsmaßnahmen in FN-Plänen und B-Plänen zusammen. Bei all den in diesem Kapitel genannten Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten für Klimaanpassungsmaßnahmen ist zu beachten, dass immer ein dem Einzelfall entsprechend sinnvolles Maßnahmenbündel geschnürt und umgesetzt werden sollte. Die Anwendung einzelner Maßnahmen wäre in den meisten Fällen nicht ausreichend für eine Verbesserung der klimatischen Situation. Bereits an der Aufzählung der verschiedenen Klimaanpassungsmaßnahmen ist ersichtlich, dass es sich um die Zuständigkeiten verschiedenster Verwaltungsbereiche sowie Träger öffentlicher Belange handelt. Die Findung geeigneter Maßnahmenbündel für die Klimaanpassung ist somit ein interdisziplinärer und integrativer Prozess, denn die gute Kooperation der beteiligten Akteure ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor für eine gelungene Klimaanpassung. Entscheidend ist allem voran eine frühzeitige Beteiligung betroffener Verwaltungsakteure, besonders von Behörden und sonstigen Trägern öffentlicher Belange. Nur so kann eine zielführende, von Beginn an abgestimmte Kooperation garantiert werden (MUNLV 2011).

Tab. 4-5 Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel in Flächennutzungs- und Bauleitplänen

Erläuterungen / Hinweise		**FNP/ B-Plan**	**Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten nach BauGB**
Festlegen von Bebauungsgrenzen	• Festsetzen der überbaubaren Grundstücksflächen (B-Plan) bzw. Festsetzen/Darstellen der von der Bebauung freizuhaltenden Flächen (B-Plan und FNP)	FNP	• Darstellen von Bauflächen und Baugebieten sowie dem allgemeinen Maß der baulichen Nutzung nach § 5 (2) Nr. 1 BauGB, konkretisiert durch §§ 22 und 23 BauNVO
		B-Plan	• Festsetzen von Art und Maß der baulichen Nutzung nach § 9 (1) Nr. 1 BauGB • Festsetzen der Bauweise, der überbaubaren und der nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie der Stellung der baulichen Anlagen nach § 9 (1) Nr. 2 BauGB, konkretisiert durch §§ 22 und 23 BauNVO
Freiflächen erhalten, neue Freiflächen schaffen	• Einflussnahme durch BauNVO: Im Abschnitt „Maß der baulichen Nutzung“ sind Obergrenzen für den versiegelten Flächenanteil bebauter Grundstücke festgelegt • Nachrichtliche Übernahme der Flächen für den Natur- und Landschaftsschutz	FNP	• Darstellen von Grünflächen, (Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Badeplätze, Friedhöfe nach § 5 (2) Nr. 5 BauGB • Darstellen von Wasserflächen und Flächen, die im Interesse des Hochwasserschutzes und der Regelung des Wasserabflusses freizuhalten sind nach § 5 (2) Nr. 7 BauGB • Darstellen von Flächen als landwirtschaftliche Flächen und Waldflächen nach § 5 (2) Nr. 9 BauGB • Darstellen von Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft nach § 5 (2) Nr. 10 BauGB

	(BNatSchG) • Nachrichtliche Übernahme und Vermerk von Flächen für den Hochwasserschutz • Im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffs-/Ausgleichsregelung (B-Plan siehe rechte Spalte Nr. h)): Flächen zum Ausgleich im Sinne des § 1 a Abs. 3 im Geltungsbereich des FNP können den Flächen, auf denen Eingriffe in Natur und Landschaft zu erwarten sind, ganz oder teilweise zugeordnet werden (§ 5 (2 a) BauGB)	B-Plan	• Festsetzen von Mindestmaßen der Baugrundstücke und von Höchstmaßen für Wohnbaugrundstücke nach § 9(1) Nr.3 BauGB, konkretisiert durch BauNVO • Festsetzen, dass Stellplätze und Garagen außerhalb der überbaubaren Grundstücksflächen nur unter der Geländeoberfläche hergestellt (§ 9 (1) Nr. 4 BauGB i. V. m. § 12 (4) BauNVO) oder dass sie auf den nicht überbaubaren Grundstücksflächen nicht hergestellt werden dürfen (§ 23 (5) BauNVO) • Festsetzen der Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind, und ihrer Nutzung nach § 9 (1) Nr. 10 BauGB • Festsetzen von öffentlichen und privaten Grünflächen, wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze, Friedhöfe nach § 9 (1) Nr. 15 BauGB • Festsetzen von Wasserflächen nach § 9 (1) Nr. 16 BauGB • Festsetzen von Flächen für die Landwirtschaft und Waldflächen nach § 9 (1) Nr. 18 BauGB • Festsetzen der Flächen oder Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft nach § 9 (1) Nr. 20 BauGB • Festsetzen von Flächen oder Maßnahmen zum Ausgleich im Sinne des § 1a Abs. 3 auf den Grundstücken auf denen Eingriffe in Natur und Landschaft zu erwarten sind, oder an anderer Stelle sowohl im sonstigen Geltungsbereich des B-Plans als auch in einem anderen B-Plan
Parkanlagen schaffen, erhalten, umgestalten		FNP	• Darstellen von Grünflächen, wie Parkanlagen, nach § 5 (2) Nr. 5 BauGB
		B-Plan	• Festsetzen der öffentlichen und privaten Grünflächen, wie Parkanlagen, nach § 9 (1) Nr. 15 BauGB
Begrünung von Straßenzügen Dachbegrünung Fassadenbegrünung	• Festsetzungen zur Begrünung und Bepflanzung von Stellplätzen und baulicher Anlagen können auch durch Satzung als örtliche Bauvorschrift nach § 86 (1) Nr. 4 BauO NRW erlassen werden	B-Plan	• Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein B-Plangebiet oder Teile davon nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB
Erhalt, Schaffung von Frischluftflächen		FNP	• Darstellungsmöglichkeiten siehe H5
		B-Plan	• Festsetzen von öffentlichen und privaten Grünflächen, wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze, Friedhöfe nach § 9 (1) Nr. 15 BauGB • Weitere Festsetzungsmöglichkeiten siehe H5
Offene Wasserflächen schaffen	• Der Vorrang der Fachplanung bei Vorhaben von überörtlicher Bedeutung nach §38 BauGB sowie die materiellen und formellen Erfordernisse nach WHG und Landeswassergesetzen sowie Wasserstraßengesetz sind zu beachten	FNP	• Darstellen von Wasserflächen nach § 5 (2) Nr. 7 BauGB
		B-Plan	• Festsetzen von Wasserflächen nach § 9 (1) Nr. 16 BauGB • Festsetzen von Bindungen für Bepflanzungen und für die Erhaltung von Bäumen, Sträuchern uns sonstigen Bepflanzungen sowie von Gewässern nach § 9 (1) Nr. 25. b) BauGB
Gebäudeausrichtung optimieren		B-Plan	• Festsetzen der Bauweise, der überbaubaren und der nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie der Stellung der baulichen Anlagen nach § 9 (1) Nr. 2 BauGB • Festsetzen der Gebäudestellung nach § 9 (1) Nr. 23 b BauGB
Hauswandverschattung, Wärmedämmung		B-Plan	• Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzele Flächen oder für ein Bebauungsplangebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB
Erhalt, Schaffung von Luftleitbahnen	• Frischluftschneisen als zeichnerische Darstellung in den FNP übernehmen (im Ermessen der Gemeinde, keine rechtliche Begründung erforderlich im vorbereitenden BLP, er-	FNP	• Darstellung von Grünflächen, wie Parkanlagen, nach § 5 (2) Nr. 5 BauGB Weitere Darstellungsmöglichkeiten siehe H5
		B-Plan	• Festsetzen von Mindestmaßen der Baugrundstücke und von Höchstmaßen für Wohnbaugrundstücke nach § 9 (1) Nr. 3 BauGB

	leichtert Begründung für Freihaltung im B-Plan) • Im Erläuterungsbericht zum FNP (§ 5 (5) BauGB) bzw. in der Begründung zum B-Plan (§ 9 (8) BauGB) auf die lokalklimatische Bedeutung der betreffenden Flächen für die Frischluftversorgung des Siedlungsraumes besonders eingehen		• Festsetzen der Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind, und ihrer Nutzung nach § 9 (1) Nr. 10 BauGB • Festsetzen von öffentlichen und privaten Grünflächen, wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze, Friedhöfe nach § 9 (1) Nr. 15 BauGB • Festsetzen von Flächen für die Landwirtschaft und Waldflächen nach § 9 (1) Nr. 18 BauGB
Hänge von hangparalleler Riegelbebauung freihalten	• Die überbaubaren Grundstücksflächen sollten eng ausgewiesen werden, um die Überbauung ganzer Baugrundstücke zu vermeiden	B-Plan	• Festsetzen von Art und Maß der baulichen Nutzung nach § 9 (1) Nr. 1 BauGB, konkretisiert insbesondere durch §§ 16 (3), 17, 19 BauNVO • Festsetzen der Bauweise, der überbaubaren und der nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie der Stellung der baulichen Anlagen nach § 9 (1) Nr. 2 BauGB, konkretisiert durch BauNVO • Festsetzen von Mindestmaßen der Baugrundstücke und von Höchstmaßen für Wohnbaugrundstücke nach § 9 (1) Nr. 3 BauGB
Bauliche Verschattungselemente im öffentlichen Raum		B-Plan	• Festsetzen von Anpflanzungen und Pflanzbindungen für einzelne Flächen oder für ein Bebauungsplangebiet oder Teile davon sowie für Teile baulicher Anlagen nach § 9 (1) Nr. 25 BauGB
Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten			
Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Abdeckung unbewachsener Bodenflächen			
Beschattung relevanter Flächen			
Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oben Bodenschicht			
Rückbau versiegelter Flächen	• indirektes Entsiegelungsgebot durch Bodenschutzklausel in § 1 a BauGB • Rückbauverpflichtung in § 35 (5) BauGB • Stadtumbaumaßnahmen nach §§ 171 a – d BauGB		• Festsetzung einer nichtbaulichen Nutzung (siehe H5)
Flächennutzung an Hängen, abfluss- und erosionsmindernde Maßnahmen		FNP	• Darstellungsmöglichkeiten siehe H5
		B-Plan	• Festsetzungsmöglichkeiten siehe H5
Verbesserung bzw. Ermöglichung der Versickerung		B-Plan	• Festsetzen von Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser, nach § 9 (1) Nr. 14 BauGB
Schaffung von Niederschlagswasserzwischenspeichern und Notwasserwegen		B-Plan	• Festsetzen der Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser, nach § 9 (1) Nr. 14 BauGB • Festsetzen der Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses nach § 9 (1) Nr. 16 BauGB
Unterführungen mit beidseitigen Entwässerungs-/Versickerungsgräben	• Maßnahme ist schwierig umzusetzen, da die Unterführungen meist sehr tief liegen und kein Platz für entsprechende Gräben vorhanden ist	B-Plan	• Festsetzen der Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung, einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser, nach § 9 (1) Nr. 14 BauGB • Festsetzen der Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses nach § 9 (1) Nr. 16 BauGB

4.2.3 Wettbewerbe, Förderinstrumente, Beratung und Investorenverträge

Eine wichtige Rolle für die Berücksichtigung von Anpassungsmaßnahmen bei Bauprojekten spielen Wettbewerbe. Für größere Einzelbauvorhaben, aber auch für städtebauliche Projekte ab einer bestimmten Größe werden stets Wettbewerbe mit Architekten, Planern und ggf. Investoren durchgeführt. Im Rahmen der Wettbewerbsausschreibung kann der Auslober (entweder die Stadt oder ein privater Grundstückseigentümer) auf verschiedene fachliche Aspekte eingehen und entsprechende Vorgaben für die Wettbewerbsteilnehmer machen. Somit besteht hier die Möglichkeit, fachliche Anforderungen zu stellen, um das Projekt klimawandelverträglich zu gestalten. Von dieser Möglichkeit sollte künftig Gebrauch gemacht werden. Die konkreten Vorgaben für das jeweilige Projekt sollten individuell auf das Projekt zugeschnitten sein und sich an den Kriterien des Handlungs- und Controllingkonzeptes orientieren.
Es ist ferner zu beachten, dass bei der Auswahl der Wettbewerbssieger in der Regel städtische Fach- und Sachpreisrichter mitwirken und somit eine direkte Einflussnahme der Stadt auch bei privaten Grundstücksentwicklungen besteht.

Neben den vorstehend beschriebenen „harten“ rechtlichen Instrumenten bieten sich die „weichen“ Instrumente in Form von Förderungen und Beratung von Bauherren und Eigentümern an. Bezüglich der Förderung von privaten Maßnahmen muss jedoch eingeschränkt werden, dass in NRW derzeit keine Förderprogramme zur Verfügung stehen, die dezidiert die Realisierung von (investiven) Klimaanpassungsmaßnahmen vorsehen. Stattdessen ist es anzustreben, eine geschickte Verknüpfung von Stadterneuerungsmaßnahmen (Stadtumbau West, soziale Stadt, energetische Quartierserneuerung etc.) mit Anpassungsaspekten zu erreichen. Im Rahmen der jeweiligen Förderziele sind Aufwertungsmaßnahmen des öffentlichen Raums möglich, die zugleich auch Anpassungsfunktionen übernehmen. Auf diese Weise wird auch dem integrativen Ansatz des Klimaanpassungskonzeptes Genüge getan, indem sozialräumliche, baulich-räumliche und klimatologische Aspekte gleichermaßen berücksichtigt werden.

Eine weitere kommunale Einflussmöglichkeit liegt in der Beratung von (und bei größeren städtebaulichen Projekten auch Verhandlung mit) Bauherren und Investoren. Oftmals ist das Wissen über die Handlungsfelder im Bereich der Klimaanpassung - im Gegensatz zu Energie und Klimaschutz - kaum vorhanden. Durch eine fachlich fundierte, aber nicht bevormundende Beratung können oftmals größere Effekte erzielt werden als durch zwingende Vorgaben. In jedem Falle sind auf diesem Wege mit geringerem personellem Verwaltungsaufwand konkrete Erfolge zu erreichen. Dies zeigt die bisherige Erfahrung aus anderen fachlichen Bereichen der Beratung (z. B. architektonische Gestaltung, Energieeffizienz, erneuerbare Energien). Es ist anzustreben, eine Beratung für Anpassungsaspekte einzuführen.

Bei größeren Bauvorhaben und bei städtebaulichen Projekten wird in der Regel ohnehin ein städtebaulicher Vertrag mit dem Investor abgeschlossen. In diesen können auch solche Vorgaben zur Klimaanpassung aufgenommen werden, die sich z. B. im Bebauungsplan aus rechtlichen Gründen nicht festsetzen lassen (siehe unter 4.2.1). Generell ist der städtebauliche Vertrag deutlich flexibler und rechtssicherer zu nutzen für spezielle Regelungen zur Klimaanpassung, als der Bebauungsplan, der eine formelle, allgemeingültige Satzung darstellt, die von allen Seiten vor Gericht angefochten werden kann.

4.3 Ablaufschema zur Berücksichtigung von Klimaanpassungsfragen bei allen zukünftigen Planungsvorhaben

Die große Herausforderung in diesem Zusammenhang für die kommenden Jahre wird es sein, Klimaanpassungskonzepte nicht nur parallel zum kommunalen Planungsalltag parat liegen zu haben, sondern sie in die kommunalen Planungsabläufe zu integrieren. Auf diesem Wege blieben es nicht bloß gut gemeinte Handlungsempfehlungen und hilfestellende Ratgeber, sondern feste, und vor allem für die beteiligten Akteure verbindliche Bestandteile der Kommunalplanung, wenn möglich und nötig in Gesetzesform. Eine verwaltungsintern vorgeschriebene Berücksichtigung des Ablaufschemas zur Integration von Klimaanpassung in die Planungsprozesse der Stadt Bochum (Abb. 4-52) und der „Handlungskarte Klimaanpassung“ (Abb. 4-53) ist notwendig.

Wichtig ist vor allem, dass im Rahmen der informellen Ämterbeteiligung den jeweiligen Bearbeitern während des Erstellungsprozesses immer klar ist, um welche Art von klimatischem Belastungsraum nach dem Klimaanpassungskonzept es sich handelt und welche Möglichkeiten für Abhilfe versprechende Klimaanpassungsmaßnahmen sich bieten. Diese lassen sich direkt aus dem Klimaanpassungskonzept entnehmen.

Für den Einstieg in das Ablaufschema zur Integration der „Handlungskarte Klimaanpassung“ (siehe Kapitel 4.4) in die Planungsprozesse der Stadt Bochum (Abb. 4-52) gibt es zwei völlig unterschiedliche Ausgangsfragestellungen:

A Es ist eine Flächenentwicklung oder Nutzungsänderung einer Fläche (stadteigene Fläche oder Fläche eines Investors) vorgesehen.

B Es wird eine Optimierung der Lebensqualität in Bochum im Zusammenhang mit dem Klimawandel angestrebt.

Variante A:
Bevor es zu einer Entscheidung zugunsten einer konkreten Fläche kommt, muss bereits an dieser Stelle verwaltungsintern mit Hilfe der „Handlungskarte Klimaanpassung“ abgeglichen werden, ob die angestrebte Fläche ein Gefährdungspotential aufweist. Ist dies zutreffend, so muss geklärt werden, um welche Art von Belastungsgebiet es sich handelt, Hitzebelastung und/oder Belastung durch die Folgen von Extremniederschlägen. Ab diesem Zeitpunkt muss eine Belastung, wenn zutreffend, bei jedem weiteren Schritt im Planungsverfahren mit berücksichtigt werden.
Liegt die Fläche beispielsweise in einem Gebiet, das durch Überflutung bei Extremniederschlägen belastet sein kann, sollte das Tiefbauamt besonders frühzeitig und intensiv mit einbezogen werden, da die Entwässerung einer solchen Fläche von besonderer Wichtigkeit ist. Es muss unter anderem geklärt werden, welche Kanalkapazitäten vorhanden sind und ob eine Abkopplung von Regenwasser möglich ist. Auch das Umwelt- und Grünflächenamt müsste frühzeitig mit einbezogen werden. Sollte es sich um ein Bauvorhaben im Außenbereich beziehungsweise auf bislang unbebauter Fläche handeln, muss zu Beginn der Planungen abgeklärt werden, ob es sich um eine Frischluftschneise handelt, die beeinträchtigt werden könnte.

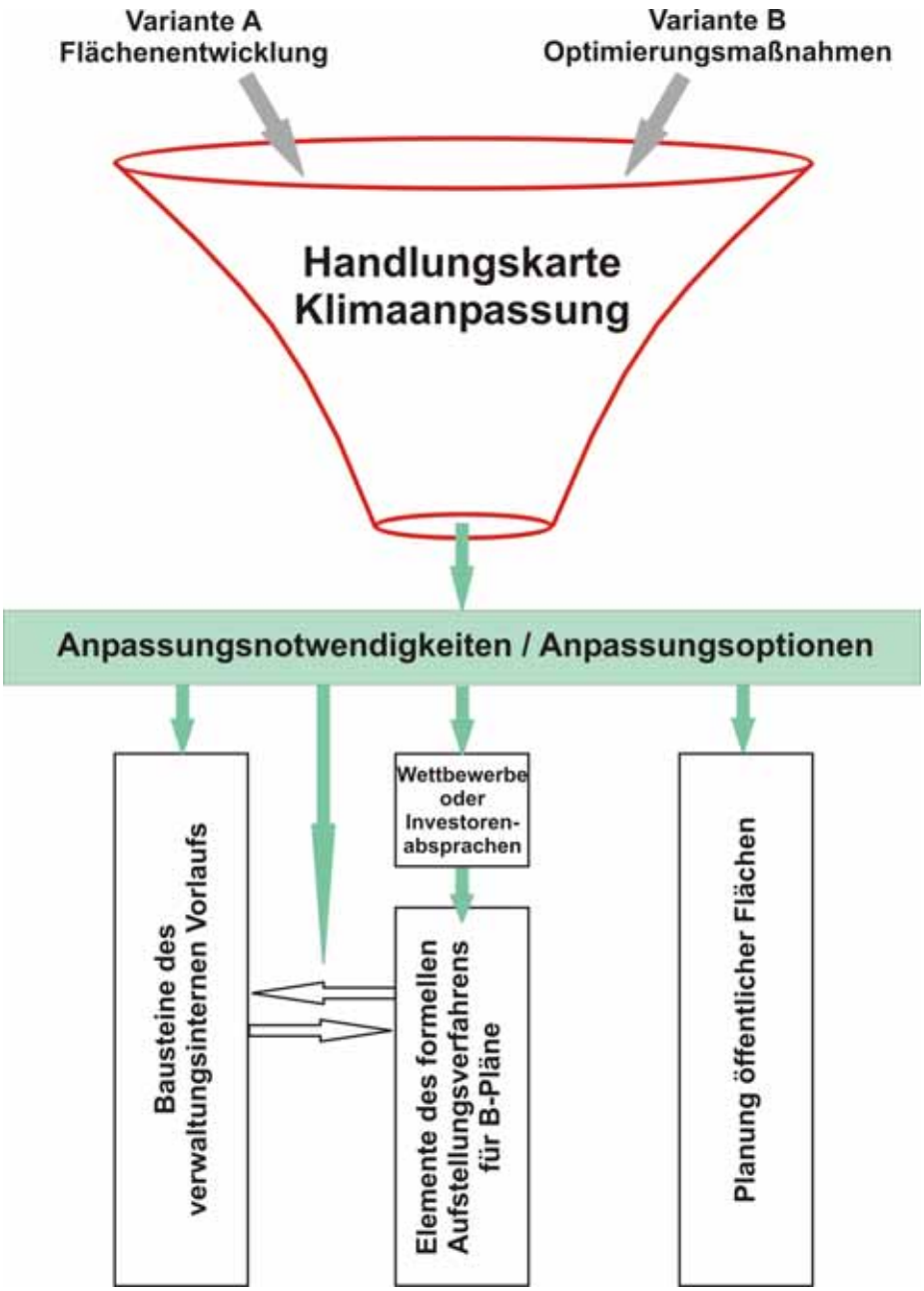


Abb. 4-52 Ablaufschema zur Integration der „Handlungskarte Klimaanpassung“ in die Planungsprozesse der Stadt Bochum

Variante B:
Ist im Rahmen von städtischen Zielvorgaben eine Optimierung der Lebensqualität in Bochum im Zusammenhang mit dem Klimawandel angestrebt, so können auf der Grundlage der „Handlungskarte Klimaanpassung“ Flächen im Bochumer Stadtgebiet ausgewählt werden, die eine aktuelle oder zukünftige klimatische Belastung aufweisen. Abhängig von den dargestellten Gefährdungspotentialen werden entsprechende Klimaanpassungsmaßnahmen vorgeschlagen.

Beispielsweise können für eine vorgesehene Regenwasserabkopplung Gebiete gefunden werden, in denen eine solche Maßnahme den größtmöglichen Effekt erzielt. Andere Gebiete bieten sich speziell für Fassaden- und Dachbegrünungsmaßnahmen an.

Handelt es sich um die Neuentwicklung einer Fläche (Variante A) und gehört die Fläche der Stadt, kann eine **Wettbewerbsausschreibung** durchgeführt werden. Dabei wird eine genaue Planungsaufgabe für ein Gebiet veröffentlicht. Bei einer solchen Auslobung hat die Stadt eine Steuerungsmöglichkeit und somit gute Möglichkeiten, Klimaanpassungsmaßnahmen in Form von Dach- und Fassadenbegrünungen oder von Bebauung freizuhaltender Flächen zu integrieren. Die Bewertung erfolgt durch eine Jury, die sich aus dem Amtsleiter des Stadtplanungs- und Bauordnungsamtes beziehungsweise dem Baudezernenten, externen Fachpreisrichtern (Städtebauer, Architekten) und Sachpreisrichtern (Mitglieder von politischen Gremien) zusammensetzt und notwendigerweise eine fachliche Kompetenz auch für Klimaanpassungsmaßnahmen besitzen sollte.

Will dagegen ein Grundstückseigentümer oder ein Investor eine bestimmte Fläche entwickeln, kann die Stadt im aufzustellenden Bebauungsplan ganz konkrete Vorgaben und Auflagen bezüglich der Klimaanpassungsmaßnahmen für das angestrebte Bauvorhaben zu machen. Die **Aushandlungsprozesse zwischen Stadt und Investor** finden in den meisten Fällen vor Beginn des offiziellen Aufstellungsverfahrens für einen Bebauungsplan statt. Allerdings ist oftmals ein relativ großzügiges Entgegenkommen seitens der Stadtverwaltung gegenüber interessierten Investoren nötig, um diese zu einer Einigung zu bewegen. Als Hauptargument seitens der Investoren gegen Klimaanpassungsmaßnahmen werden fast immer die zu hohen Kosten angeführt. Will die Stadt nun unbedingt zu einer Einigung mit dem Investor kommen, bleibt oftmals nichts anderes übrig als ihm entgegenzukommen, was bedeuten würde, auf die Festsetzung von Anpassungsmaßnahmen im Bebauungsplan zu verzichten. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass die Stadt bei Wohnungsbauprojekten tendenziell durchsetzungsfähiger gegenüber Investoren ist als bei Industrie- und Gewerbeansiedlungen.
Festsetzungen wie vorgeschriebene Dach- oder Fassadenbegrünung oder eine kleinere Grundflächenzahl zwecks Freihaltung von Versiegelung können im Bebauungsplan erfolgen. Darüber hinaus gibt es aber noch viele weitere mögliche Klimaanpassungsmaßnahmen, die relativ einfach integriert werden könnten. Zum Beispiel kann in einem B-Plan eine helle Fassadenfarbe festgelegt werden, die die Albedo erhöhen und verhindern würde, dass sich die Gebäude im Sommer zu stark aufheizen. Sollte keine Festsetzung im B-Plan erfolgen, so kann die Stadt versuchen, dem Investor diesen Vorschlag zu unterbreiten, indem sie ihn über die klimatischen Vorzüge einer helleren Fassadenfarbe in Kenntnis setzt.

Schon parallel zu den Wettbewerbsauschreibungen oder Investorenabsprachen finden die ersten Treffen des **verwaltungsinternen Vorlaufs** statt. Die verschiedenen Bausteinen der informellen Abstimmungen sowie das **formelle Aufstellungsverfahren für Bebauungspläne** und die **Planung öffentlicher Flächen** werden hinsichtlich der Integrationsmöglichkeiten für Klimaanpassung im Folgenden kurz beschrieben.

4.3.1 Bausteine des verwaltungsinternen Vorlaufs

Sobald durch die Entscheidung des Ratsausschusses klar ist, welche Fläche entwickelt und beplant werden soll - unabhängig davon ob es sich um eine stadteigene Fläche oder eine Fläche handelt, die von einem Investor an die Stadt herangetragen wurde - laufen im verwaltungsinternen Vorlauf weitere Arbeitsschritte ab, die zur Vorbereitung der Erstellung des Bebauungsplanes dienen. Die verwaltungsinternen Vorläufe finden fallabhängig immer in einer anderen Reihenfolge statt und lassen sich nicht allgemeingültig in ein festes Schema fassen.
Die Möglichkeiten für integrierbare Klimaanpassungsmaßnahmen reichen von großflächigen, allgemeinen bis hin zu sehr kleinteiligen und konkreten Maßnahmen. Der Ablauf beginnt mit dem Abgleich übergeordneter klimatischer Restriktionen im Regionalen Flächennutzungsplan (von Bebauung freizuhaltendes Gebiet, Frischluftschneisen etc.) sowie den Aussagen der strategischen Umweltplanung und setzt sich mit den Informationen aus der „Handlungskarte Klimaanpassung“ bezüglich des konkreten Planungsgebietes hinsichtlich der Art der klimatischen Belastung der angestrebten Fläche fort. Hier besteht die Möglichkeit für die beteiligten Ämter neben sonstigen Anmerkungen ganz konkrete Eingaben im Hinblick auf notwendige Klimaanpassungsmaßnahmen zu machen.

Der verwaltungsinterne Vorlauf enthält verschiedene wichtige Bausteine, die im Folgenden näher vorgestellt werden sollen.

Die strategische Umweltplanung
Die im Rahmen der strategischen Umweltplanung verfolgten Umweltziele liefern einen wichtigen Beitrag zur Klimaanpassung. Besonders die Umweltqualitätsziele, die sich auf die Begrenzung der Neuversiegelung, die Mindestanteile unversiegelter Flächen, die Erhaltung der unbebauten Flächen und die Regenwasserabkopplung beziehen, sind hinsichtlich der Klimaanpassung sinnvoll. Durch die konkret vorgegebenen Werte gibt es klar formulierte Ziele, die bis zu einem bestimmten Zeitpunkt erreicht sein sollen. Mit dem Instrument der strategischen Umweltplanung bieten sich im Zusammenhang mit der Erstellung des städtebaulichen Konzeptes große Möglichkeiten für die Integration von Maßnahmen, die der Anpassung an das Klima dienen. Voraussetzung dafür ist, dass Inhalte der strategischen Umweltplanung in der Abwägung der privaten und öffentlichen Belange im Bebauungsplanverfahren Berücksichtigung finden.

Der Arbeitskreis B-Pläne
Ein zentraler Baustein ist der Arbeitskreis B-Pläne. Er findet tendenziell sehr früh im verwaltungsinternen Vorlauf statt. In dem Arbeitskreis geht es um die Vorstellung aller neu aufkommenden Planungen mit Beteiligung der Ämter, die bei jedem Bebauungsplan in städtebaulichen Fragen im Kern betroffen sind.
Da zu diesem Zeitpunkt bereits klar ist, für welche Fläche ein Bebauungsplan aufgestellt werden soll, muss spätestens hier unter Beteiligung der wichtigsten Verwaltungsakteure im Planungsprozess vom federführenden Stadtplanungs- und Bauordnungsamt darauf hingewiesen werden, wenn die Fläche in einem klimatischen Belastungsgebiet liegt. Bei den ersten getroffenen Abstimmungen und Absprachen im Arbeitskreis B-Pläne muss die Art der klimatischen Belastung Berücksichtigung finden. Im Arbeitskreis B-Pläne kann zu einem frühen Zeitpunkt

im Planungsverfahren sowie in sachlich kompetenter Runde mit Hilfe des Klimaanpassungskonzeptes über in Frage kommende, zu integrierende Klimaanpassungsmaßnahmen beraten werden. In der „Handlungskarte Klimaanpassung“ zusammen mit dem Maßnahmenkatalog sind die konkret für die einzelnen Belastungsgebiete in Frage kommenden Klimaanpassungsmaßnahmen für die vorliegende Art der Belastung (Hitze oder Extremniederschläge) aufgelistet.

Das städtebauliche Konzept

Das städtebauliche Konzept zeigt die Entwurfsidee, die im Anschluss von den Fachplanungen umgesetzt werden muss. Eingezeichnet werden im Konzept Standort, Ausmaß und Ausrichtung der geplanten Gebäude, der geplante Straßen- und Wegeverlauf sowie Grün- und Freiflächen. Hier lassen sich auf einfache Art und Weise bereits Klimaanpassungsmaßmaßnahmen integrieren, beispielsweise über die Gebäudestellung. Es ist im Normalfall noch nicht so detailliert, dass es beispielsweise bereits feste Standorte für Bäume gibt.

Im Laufe der Erstellung des städtebaulichen Konzeptes wäre es sinnvoll, mikroklimatische Modellierungen mit Hilfe des am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum entwickelten Programms ENVI-met einzusetzen, um beabsichtigte Klimaanpassungsmaßnahmen für alle Beteiligten visualisierbar und greifbar zu machen. Es könnte so anschaulich aufgezeigt werden, von welchem Besserungseffekt durch die einzelne Maßnahme beziehungsweise das Zusammenwirken von mehreren Maßnahmen auszugehen wäre. Auf diese Weise könnte die Integration der Klimaanpassung argumentativ unterstützt werden und eventuell das Bewusstsein einzelner, fachlich nicht mit dem Thema vertrauter oder ihm kritisch gegenüberstehender Akteure für die Sinnhaftigkeit und Notwendigkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen erhöht werden.

Die Planungsworkshops

Ein weiterer Baustein, der im verwaltungsinternen Vorlauf gewählt werden kann, sind die Planungsworkshops oder Planungswerkstätten. Sie finden vor allem bei Planungen für kleinere und mittelgroße Flächen statt, die in den letzten Jahren hauptsächlich aufkamen, und haben die Erstellung eines städtebaulichen Konzeptes zum Ziel.

Während der Workshops wird über vorhandene Barrieren und in Frage kommende Lösungen diskutiert. Da die Planungsworkshops die Erstellung eines städtebaulichen Konzeptes zum Ziel haben, bieten sich hier die gleichen umfangreichen Möglichkeiten für die Integration von Klimaanpassung an.

Die informellen verwaltungsinternen Abstimmungen

Diese bilateralen verwaltungsinternen Absprachen sind als ein wichtiges informelles Instrument zu sehen. Dadurch, dass der offizielle, meist schriftliche, Dienstweg vermieden wird, lassen sich viel Verwaltungsaufwand und vor allem Zeit sparen. Bezogen auf Klimaanpassungsmaßnahmen besteht in diesem Zusammenhang möglicherweise die Gelegenheit, durch informelle Gespräche weitergehende Ausführungen zu liefern und Verständnis für die jeweilige Sichtweise des Fachamtes zu generieren, wodurch es möglicherweise eher zu Kompromissen kommt als über den formellen Dienstweg.

4.3.2 Elemente des formellen Aufstellungsverfahrens für B-Pläne

Faktisch sind die Möglichkeiten für die Integration von Klimaanpassung im formellen Verfahren begrenzt. Das viel größere Potenzial diesbezüglich bietet der informelle verwaltungsinterne Vorlauf. Bei ohnehin geplanten städtebaulichen Entwicklungen ist es eine sinnvolle Möglichkeit, das Thema Klimaanpassung mit Hilfe der vorhandenen Instrumente zu integrieren. Flächennutzungs- und Bebauungspläne bieten im Rahmen von Änderungen beziehungsweise der Ausweisung neuer Baugebiete die Möglichkeit, Klimaanpassungsmaßnahmen als bestimmte Darstellungen (FNP) oder Festsetzungen (B-Pläne) zu enthalten (Beispiele siehe Kap. 2).
Nach erfolgter Umweltprüfung und der darauf folgenden Anfertigung eines abgestimmten Planentwurfes mit Begründung und Umweltbericht erfolgt der Auslegungsbeschluss durch den Rat. Diese Stelle ist vorentscheidend in Bezug auf die im Bebauungsplan festsetzbaren Klimaanpassungsmaßnahmen, denn der Planentwurf stellt zum größten Teil bereits den zum Abschluss des Aufstellungsverfahrens als Satzung beschlossenen Bebauungsplan dar, sofern sich im Zuge der folgenden zweiten Öffentlichkeits- und Behördenbeteiligung keine gravierenden Änderungen mehr ergeben, die eine nochmalige Auslegung des überarbeiteten Planent wurfs zur Folge hätten. Im Anschluss wird die Abwägung durch das Stadtplanungs- und Bauordnungsamt darüber durchgeführt, welche der Eingaben bei der Erstellung des Bebauungsplanes Berücksichtigung finden sollen.

Aufstellungsbeschluss B-Plan
Bereits der formell vom Rat benötigte Aufstellungsbeschluss für einen B-Plan, der am Anfang des formellen Verfahrens steht, kann zu ganz unterschiedlichen Zeitpunkten gefasst werden und wird nicht etwa erst erlassen, wenn der verwaltungsinterne Vorlauf abgeschlossen ist.
Eine Stelle im Aufstellungsverfahren, an der Chancen und Möglichkeiten für die Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen bestehen, ist zweifelsohne die Umweltprüfung mit der anschließenden Erstellung des Umweltberichtes, der unter anderem auf klimatisch negative Auswirkungen der geplanten Bebauung hinweisen kann.

Frühzeitige Öffentlichkeitsbeteiligung als Schritt des formellen Aufstellungsverfahrens
Die frühzeitige Öffentlichkeitsbeteiligung als Schritt des formellen Aufstellungsverfahrens für einen Bebauungsplan wird in der Praxis häufig auf Basis eines städtebaulichen Konzeptes durchgeführt. Dies hat den Vorteil, dass für die Öffentlichkeit bereits ein anschauliches Konzept zur Verfügung steht, in dem die Planungen für jedermann verständlich visualisiert sind.
Ziel von Öffentlichkeitsarbeit muss es sein, die Bürgerinnen und Bürger ebenso wie weitere Prozessbeteiligte über die Problemlagen sowie über mögliche Lösungswege und Strategien zu informieren und zu sensibilisieren. Dies muss zielgruppenspezifisch erfolgen, um einen möglichst hohen Wirkungsgrad entfalten zu können. Aufbauend auf der gezielten Informationsvermittlung sollen die einzelnen Akteursgruppen aktiv in die entsprechenden Planungs- und späteren Umsetzungsprozesse einbezogen werden, dazu eigene Ideen entwickeln und auch umsetzen können (Akteursbeteiligung).
Die Vernetzung der Akteure untereinander ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor für ihre Partizipation. Durch die Transparenz zwischen allen Mitwirkenden können Innovationen angeregt und gegenseitiges Verständnis bei Umsetzungsproblemen geweckt werden. Neben der klassi-

schen zielgruppenorientierten Ansprache der Akteure ist es wichtig, dass die Stadtverwaltung als Kernakteur und Vermittler auch innerhalb ihrer eigenen Strukturen vernetzt ist. Die verschiedenen Bereiche und Ämter müssen in stärkerem Maße miteinander im Austausch stehen und kommunizieren.
Neben der Nutzung von Informationsmaterialien und -medien in der Öffentlichkeitsarbeit spielen zielgruppenspezifische und öffentlichkeitswirksame Aktionen eine große Rolle. Öffentlichkeitsarbeit steht nicht für sich alleine, sondern sollte immer auch vor dem Hintergrund der Motivation zur Partizipation gestaltet werden. So kann sie genutzt werden, um ausgewählte Partizipationsbestrebungen anzukündigen, zu dokumentieren und zum Mitmachen anzuregen.

Öffentlichkeits- und Behördenbeteiligung
Hier können erneut Eingaben und Stellungnahmen gemacht werden, die sich auf den abgestimmten Planentwurf beziehen. Es bietet sich dementsprechend auch die Möglichkeit, Bezug auf die Klimaanpassung zu nehmen. Zu den Trägern öffentlicher Belange zählen beispielsweise auch Umweltverbände, die aus ihrer fachlichen Perspektive Eingaben und Anregungen hinsichtlich der nötigen Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen machen können. Zudem kann beispielsweise das Umwelt- und Grünflächenamt mit dem ebenfalls nötigen fachlichen Hintergrundwissen Forderungen in Bezug auf Klimaanpassungsmaßnahmen stellen.

Baugenehmigungsverfahren
Das Baugenehmigungsverfahren schließt sich an das Ende des formellen Aufstellungsverfahrens für B-Pläne an. Hier geht es um konkrete Bauanträge für das einzelne Gebäude, das sich nach dem als Satzung beschlossenen Bebauungsplan zu richten hat. Sofern der Bebauungsplan es erlaubt beziehungsweise es nicht schon vorschreibt, bieten sich hier große Möglichkeiten für Klimaanpassung an den Gebäuden selbst. Als Anpassungslösungen für das Problemfeld der Hitzebelastung können beispielsweise Maßnahmen wie Hauswandverschattungen durch angebaute Verschattungselemente oder durch Vegetation realisiert werden. Auch die sinnvolle Wahl der Baumaterialien sowie der Fassadenfarbe ist sowohl für das einzelne Gebäude als auch hinsichtlich des Wärmeinseleffektes möglich. Im Problemfeld Extremniederschläge gibt es in der Bauvorsorge für ein einzelnes Gebäude technische Möglichkeiten, das Schadenspotenzial kurzfristig oder nachhaltig zu verringern. Um das Gebäude vor einem Wassereintritt aufgrund von Überflutungen zu schützen, bedarf es beispielsweise dichter Kellerfenster oder höher gelegener Eingänge. Schutz vor rückstauendem Wasser aus der Kanalisation bieten Rückstauklappen, die in Bochum Pflicht sind. Weiterhin ist eine Regenwasserbewirtschaftung des Grundstücks möglich.

Die Integration der genannten Klimaanpassungsmaßnahmen in das einzelne Gebäude ist allerdings freiwillig, wenn die Maßnahmen nicht ausdrücklich im Bebauungsplan vorgeschrieben sind. Letztendlich muss der Bauwillige in Absprache mit dem Architekten selbst entscheiden, ob und welche Klimaanpassungsmaßnahmen am und im Gebäude durchgeführt werden sollen.

4.3.3 Planung öffentlicher Flächen

Dieses Kapitel soll die Planung des öffentlichen Raumes näher beleuchten. Dazu zählen Grünflächen, Straßen, Plätze und Wege. Die konkrete Planung dieser Flächen unterliegt den zuständigen Fachplanungen, ist also Aufgabe der Stadt und bedarf daher keiner detaillierten Festsetzungen wie die im Bebauungsplan geregelte Bebauung privater Flächen. Sie erfolgt auf dem kurzen Wege mittels verwaltungsinterner Abstimmungen. Für die Grünflächen ist das Umwelt- und Grünflächenamt, für die Verkehrsflächen mit konkreter Ausbauplanung der Straßen mit der Festlegung der Maße, Neigungen, Pflasterung (Straßen, Wege, Plätze) das Tiefbauamt zuständig.

Bei der planungsrechtlichen Sicherung geht es darum, ob das geplante Vorhaben von "unwesentlicher Bedeutung“ ist oder den Straßenraum wesentlich verändern wird. Im ersten Fall finden die Maßnahmen im vorhandenen (Straßen-)Raum statt. In diesem Fall erfolgt keine umwelttechnische Untersuchung mehr, da diese zum Zeitpunkt des Straßenbaus bereits durchgeführt wurde. Sollte es sich herausstellen, dass mehrere Varianten nötig sind, wird der Vorentwurf mit den anderen Ämtern, den Trägern öffentlicher Belange (Leitungsträger, Stadtwerke etc.) sowie allen im Straßenraum von der Maßnahme Betroffenen feinabgestimmt. Die Abstimmungen finden im Bereich der Maßnahmen mit "unwesentlicher Bedeutung" immer nur informell und in einem formlosen Verfahren statt. Bei der Planung von Maßnahmen mit "unwesentlicher Bedeutung'" erfolgt keine Bürgerbeteiligung. Insgesamt sind bezüglich der Einbringung von Klimaanpassungsmaßnahmen wenig Möglichkeiten vorhanden. Einfache Klimaanpassungsmaßnahmen wie die Verwendung einer hellen Asphaltfarbe zur Erhöhung der Albedo lassen sich aber auch bei solchen Maßnahmen durchführen. Die Möglichkeit der Regenwasserabkopplung sollte grundsätzlich geprüft werden.

Bei der zweiten Möglichkeit geht das Verfahren in die Bauleitplanung oder bei größeren Projekten auf Kreis-, Landes- und Bundesstraßen optional in ein Planfeststellungsverfahren. Hierbei werden die Umweltbelange berücksichtigt, da eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchgeführt werden muss. Hier erfolgen Variantenuntersuchungen, Gegenüberstellungen und Abwägungen, um die Auswirkungen auf die Umwelt zu klären. In der Bauleitplanung erfolgen in der Entwurfsplanung Abstimmungen mit den Trägern öffentlicher Belange (unter anderem Umweltbehörden und Versorgungsträger). Zudem erfolgen Abstimmungen bezüglich der Entwässerung und das Umwelt- und Grünflächenamt wird an der Straßenplanung bezüglich der Durchgrünung (z. B. Straßenbäume) beteiligt. Die Möglichkeiten für die Integration von Klimaanpassung sind im Zuge der formellen Verfahren begrenzt. Sie können im Rahmen der Verfahrensschritte der Umweltprüfung sowie den Öffentlichkeits- und Behördenbeteiligungen Berücksichtigung finden.

Die weitaus größeren Möglichkeiten für die Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen wie z. B. straßenbegleitende Baumpflanzungen, begrünte Mittelstreifen, die Verwendung von Rasengittersteinen oder Begrünung der Bereiche zwischen den Schienen bestehen im Rahmen eines Bauleitplan- beziehungsweise Planfeststellungsverfahrens.

4.3.4 Hemmnisse und Lösungsansätze

Als Ergebnis aller Akteursgespräche muss festgestellt werden, dass das Thema Klimaanpassung wenig bis gar nicht präsent ist. Oft wird Klimaanpassung nur in Zusammenhang mit den Aspekten Energieeffizienz und Klimaschutz aufgefasst und somit präventiv und nicht reaktiv in Hinblick auf den Klimawandel verstanden.
Alle Akteure signalisierten weitergehendes Interesse und insbesondere auch den Willen zur Kooperation mit der Wissenschaft sowie der bauplanenden und -genehmigenden Verwaltung. Besonders deutlich wurde die Absicht, Klimaanpassung und diesbezügliche Maßnahmen im Praxisalltag zu erproben und zu integrieren. Dies gilt insbesondere für alle Planungs- und Entwicklungsmaßnahmen. Jedoch schränkt die Notwendigkeit zur Finanzierbarkeit die Möglichkeiten der Umsetzung ein, da eine Verwert- und Vermarktbarkeit in allen Fällen oberste Priorität genießt. Daher sind flexible und kreative Lösungen, an deren Entwicklung und Umsetzung sich alle Akteure beteiligen sollten, von besonderer Bedeutung.

Hemmnisse

- Informationsdefizit zum Thema „Klimaanpassung“
- Fehlendes Problembewusstsein, gesamtgesellschaftlich ebenso wie z. T. in Planung und Verwaltung
- Ökonomische Zwänge - fehlende zusätzliche Investitionsmittel
- Fehlende Vorgaben im Planungsprozess
- Mangel an Kreativität bei Planern und Investoren
- Fehlende Flexibilität im Planungs- und Genehmigungsprozess bei Verwaltung und Behörden
- Platzprobleme im Bestand für die nachträgliche Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen

Mögliche Lösungsansätze

- Kostenneutraler Einbezug von Maßnahmen zur Klimaanpassung bei Bauplanung und –umsetzung
- Kommunizieren der Wertsteigerung von klimagerechter Bebauung
- Konkrete Vorgaben durch Planer und Verwaltung
- Offener, flexibler Diskurs zwischen Investoren und Verwaltung / Genehmigungsbehörden
- Schaffung von Anschauungsobjekten und „Leuchtturmprojekten“
- Beratung und Information
- Einbeziehung von mikroskaligen Modellierungen zur Visualisierung und Optimierung von Anpassungsmaßnahmen

4.4. Die „Handlungskarte Klimaanpassung“

In der „Handlungskarte Klimaanpassung“ sind alle Flächen ausgewiesen, die momentan oder auf das Zukunftsszenario 2051-60 bezogen ein Gefährdungspotential im Hinblick auf den Klimawandel aufweisen. Neben der Berücksichtigung anderer Belange sollte diese Karte in alle Planungsprozesse der Stadt Bochum integriert werden. Sie enthält neben der Darstellung des Gefährdungspotentials auch schon einen ersten Überblick über notwendige Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. In Kombination mit dem ausführlichen Maßnahmenkatalog zur Anpassung an den Klimawandel (Kapitel 5) bildet sie ein gewichtiges Instrument, um die Stadt Bochum nachhaltig vor den Folgen des Klimawandels zu schützen.

Im Fall eines Neubauprojektes muss, bevor es zu einer Entscheidung zugunsten einer konkreten Fläche kommt, verwaltungsintern mit Hilfe der „Handlungskarte Klimaanpassung“ abgeglichen werden, ob die angestrebte Fläche ein Gefährdungspotential aufweist. Ist dies zutreffend, so muss geklärt werden, um welche Art von Belastungsgebiet es sich handelt, Hitzebelastung und/oder Belastung durch die Folgen von Extremniederschlägen. Ab diesem Zeitpunkt muss eine Belastung, wenn zutreffend, bei jedem weiteren Schritt im Planungsverfahren mit berücksichtigt werden.
Sind Maßnahmen, zum Beispiel zur Stadtsanierung, im Bestand vorgesehen oder ist im Rahmen von städtischen Zielvorgaben eine Optimierung der Lebensqualität in Bochum im Zusammenhang mit dem Klimawandel angestrebt, so können auf der Grundlage der „Handlungskarte Klimaanpassung“ Flächen im Bochumer Stadtgebiet ausgewählt werden, die eine aktuelle oder zukünftige klimatische Belastung aufweisen. Abhängig von den dargestellten Gefährdungspotentialen werden entsprechende Einschränkungen und Klimaanpassungsmaßnahmen vorgeschlagen.

Auch wenn die ausgewählte Fläche nicht in einem im Klimaanpassungskonzept ausgemachten klimatischen Belastungsgebiet liegt, ist es für den weiteren Planungsprozess mit Blick auf die Zukunft wünschenswert, dass mögliche Änderungen des Klimas und potenziell damit verbundene, notwendige Anpassungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Eine weitreichende Kommunikation der „Handlungskarte Klimaanpassung“ in die Öffentlichkeit hinein erleichtert die Anwendung des Maßnahmenkatalogs im Bereich privater Grundstücksflächen.

Bei der Betrachtung der verschiedenen Klimaanpassungsmaßnahmen wird ersichtlich, dass es sich um die Zuständigkeiten verschiedenster Verwaltungsbereiche sowie Träger öffentlicher Belange handelt. Die Findung geeigneter Maßnahmenbündel für die Klimaanpassung ist somit ein interdisziplinärer und integrativer Prozess, denn die gute Kooperation der beteiligten Akteure ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor für eine gelungene Klimaanpassung. Entscheidend ist allem voran eine frühzeitige Beteiligung betroffener Verwaltungsakteure, besonders von Behörden und sonstigen Trägern öffentlicher Belange.

4.4.1 Gefährdungspotentiale

Um Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel gezielt ein- und möglichst effektiv umzusetzen, sollten die Gebiete und Bereiche identifiziert werden, die eine besondere Sensitivität gegenüber den Folgen des Klimawandels aufweisen. Das sind Gebiete, in denen aufgrund der sozialen, ökonomischen und naturräumlichen Rahmenbedingungen vor Ort besondere Probleme durch die klimatischen Änderungen zu erwarten sind. Neben Belastungsgebieten unter den Aspekten Hitze und Extremniederschläge werden in der „Handlungskarte Klimaanpassung“ auch die Belastungsgebiete der Industrieflächen und die Restriktionsflächen der Frischluftschneisen und Luftleitbahnen ausgewiesen. Die in der Karte dargestellten Zonen werden im Folgenden beschrieben.

Zone 1 Gebiete mit einer Hitzebelastung im Ist-Zustand

Aufgrund der durchgehenden Bebauung und hohen Versiegelung von Oberflächen gibt es im Bochumer Stadtgebiet Bereiche, die sich im Sommer besonders stark aufheizen. Dies ergibt sich dadurch, dass der bebaute Raum Wärme weitaus stärker speichert als dies für Flächen im unbebauten Umland gilt, durch mangelnde Durchlüftung im innerstädtischen Raum sowie durch verringerte Abkühlung durch geringere Wasserverdunstungsraten in hoch versiegelten Gebieten. Diese thermische Belastung resultiert neben hohen Strahlungstemperaturen am Tage sowohl aus der städtischen Wärmeinsel als auch aus der mangelnden Durchlüftung, wodurch ein Abtransport der warmen Luft aus der Stadt bzw. die Advektion kühlerer Luft aus dem Umland erschwert wird. Große Temperaturunterschiede von bis zu 10 Kelvin in warmen Sommernächten zwischen Innenstadt und Stadtrand sowie dem Umland sind die Folge. Dies führt in der Innenstadt vor allem dann zu einer belastenden Situation, wenn die Temperaturen nachts nicht mehr deutlich genug absinken.
Die benötigten Ausgangsdaten zur Abgrenzung und Abstufung von Gebieten mit einer Belastung durch Hitze sind:

a) Bereiche der Städtischen Wärmeinsel:	Hitzebelastung
b) Einwohnerdichte in Bochum:	Anfälligkeit
c) Anteil der Einwohner über 65 Jahre:	Anfälligkeit

Da es um die Abgrenzung von Gebieten aus dem Problemfeld Hitzebelastung mit Bezug zum Menschen geht, wurde die Bevölkerungsdichte und der Anteil von älteren Menschen zur Abgrenzung von 3 verschiedenen Typen der Gebiete mit Hitzebelastung herangezogen. Je größer die Einwohnerdichte ist, desto mehr Menschen sind einer möglichen Hitzebelastung ausgesetzt. Bei einem Aufenthalt in den Innenstädten tagsüber kann einer Hitzebelastung durch Standortwechsel und Vermeidung von besonnten Standorten entgegengewirkt werden. Anders sieht dies bei der Wohnbevölkerung aus, die insbesondere nachts einer Hitzebelastung durch mangelnde Abkühlung im Bereich der städtischen Wärmeinsel nicht ausweichen kann. Innenstadtbereiche, die überwiegend als Dienstleistungszentrum genutzt werden und einen nur durchschnittlich hohen Anteil an Wohnbevölkerung haben, sind Problemgebiete mit einer etwas niedrigeren Anfälligkeitsstufe. Ältere Menschen zeigen eine schlechtere Anpassung an extreme Hitze mit gesundheitlichen Folgen, die von Abgeschlagenheit bis hin zu Hitzschlag und Herzversagen reichen können. Gebiete mit einem hohen Anteil älterer Menschen können daher als anfälliger gegenüber Hitzestress charakterisiert werden.

Daraus ergeben sich die folgenden drei Typen in der „Handlungskarte Klimaanpassung“:

Typ A Durchschnittliche Bevölkerungsdichte im Bereich der Hitzeinsel

Typ B Hohe Bevölkerungsdichte im Bereich der Hitzeinsel

Typ C Sehr hohe Bevölkerungsdichte und / oder überdurchschnittlich hoher Anteil an Personen ab 65 Jahre im Bereich der Hitzeinsel

Zone 2 Gebiete, die im Zukunftsszenario 2051-60 durch eine Ausweitung der Hitzebelastung betroffen sein werden

Die weiter zunehmende Klimaerwärmung wird in Zukunft häufiger zu längeren und stärker ausgeprägten Hitzeperioden auch in Bochum führen. Solche Gebiete, die bereits heute als belastend eingestuft sind, werden zukünftig noch stärker betroffen sein und sich in die Umgebung ausdehnen. Neben der Bochumer Innenstadt gilt dies auch für die zentralen Lagen von Wattenscheid und Langendreer.
Für das Zukunftsszenario wurde der Ausgangswert der Lufttemperatur in den mittel dicht bebauten Stadtvierteln um 2 Kelvin und in den dicht bebauten Stadtgebieten um 4 Kelvin erhöht. Auf dieser Grundlage wird mit gleich bleibenden Gewichtungen und Grenzwerten eine Klimatopkarte der Zukunftsprojektion 2051-2060 berechnet. Die Flächen der Belastungsgebiete im Zukunftsszenario resultieren nur aus der Neuberechnung der Klimatopflächen. Demographische Prognosen, die zu einer Veränderung der Anfälligkeitsstufen führen könnten, liegen nicht vor und sind deshalb nicht berücksichtigt.

Die zukünftigen zusätzlichen Hitzebelastungsgebiete sind in der „Handlungskarte Klimaanpassung“ auf 2 Typen reduziert:

Typ A Durchschnittliche Bevölkerungsdichte im Bereich der neuen Hitzeinsel

Typ C Hohe bis sehr hohe Bevölkerungsdichte und / oder überdurchschnittlich hoher Anteil an Personen ab 65 Jahre im Bereich der neuen Hitzeinsel

Zone 3 Belastungsgebiete der Industrie- und Gewerbeflächen

Die insgesamt hohe Flächenversiegelung bewirkt in diesen Bereichen eine starke Aufheizung tagsüber und eine deutliche Überwärmung nachts. Der nächtliche Überwärmungseffekt kann hier eine der Innenstadt analoge Ausprägung erreichen. Aufgrund der Gebäudeanordnungen und der hohen Rauhigkeit in den Industriegebieten wird das Windfeld stark verändert. Dies äußert sich durch Düseneffekte im Bereich der Werkhallen, die jedoch keine immissionsverbessernden Effekte haben müssen. Besonders problematisch sind unmittelbar an das Zentrum angrenzenden Industriekomplexe, die einerseits für die benachbarte Wohnbebauung erhebliche stadtklimatologische Nachteile mit sich bringen und andererseits im Zusammenwachsen mit dichter Wohnbebauung den Wärmeinseleffekt ausdehnen.

Die dicht bebauten Industriegebiete sind aus bioklimatischer wie auch lufthygienischer Sicht als ausgeprägte Lasträume zu bezeichnen. Sie werden in der Klimatopkarte als gesonderte Klimatope behandelt. In die Handlungskarte Klimaanpassung wurden alle ausgedehnten und / oder innenstadtrelevanten Industriegebiete aus der Klimatopkarte übernommen, da sie ein Gefährdungspotential für die Ausdehnung der Hitzebelastung aufweisen.

Zone 4 Gebiete, die durch hohen Oberflächenabfluss bei Starkregen gefährdet sind

Potentielle Belastungsbereiche finden sich dort, wo ein großes Oberflächenabflussvolumen auf Siedlungen, Gebäudekomplexe oder städtische Infrastruktur trifft. Kleinräumig müssen darüber hinaus Senken als Belastungsgebiete Beachtung finden. In solchen Senken kann das Wasser nur über die Kanalisation abgeführt werden. Insbesondere während intensiver Starkregenereignisse kann die überlastete Kanalisation dies nicht leisten. Die dominanten Abflussprozesse finden bei Extremniederschlägen an der Oberfläche statt. Die hohe Flächenversieglung in Städten verstärkt das Problem durch die vermehrte Bildung von Oberflächenabfluss. Maßgebend für die Identifikation von Gefahrenzonen sind somit primär die Fließwege. Die Entwässerungsrichtung wird durch das natürliche Relief (Rücken, Täler etc.) bestimmt, während kleine natürliche und anthropogene Geländeelemente (Bordsteine, Mauern oder Häuser) die Fließwege zusätzlich ablenken.
Für die Ausweisung der Belastungsgebiete in der „Handlungskarte Klimaanpassung“ werden die Hauptfließwege mit einem Buffer von 50 m umgeben und mit der versiegelten Fläche des Bochumer Stadtgebietes verschnitten. Als Resultat sind alle Flächen dargestellt, in denen Infrastruktur von einer Überflutung als Folge von Extremniederschlägen betroffen wäre.

Unversiegelte Gebiete mit hohem Oberflächenabfluss und im Bereich von abflusslosen Senken werden in der „Handlungskarte Klimaanpassung“ gesondert ausgewiesen. Hier besteht momentan noch keine Gefährdung von Infrastruktur. Bei einer geplanten Nutzungsänderung / Bebauung ist aber mit einer Belastung durch Überflutungen zu rechnen.

Zone 5 Gebiete der Frischluftschneisen und Luftleitbahnen

Eine gute Belüftungssituation in der Stadt trägt wesentlich zur Qualität ihres Mikroklimas bei. Durch einen guten Luftaustausch können überwärmte Luftmassen aus dem Stadtgebiet abgeführt und durch kühlere aus dem Umland ersetzt werden. Weiterhin können mit Schadstoffen angereicherte Luftmassen durch Frischluft ersetzt und die vertikale Durchmischung der Luft erhöht werden. Aufgrund ihrer Lage, der geringen Oberflächenrauhigkeit bzw. des geringen Strömungswiderstandes und der Ausrichtung können einzelne Flächen im Stadtgebiet zu einer wirkungsvollen Stadtbelüftung beitragen. Die von Westen und Osten Richtung Innenstadt verlaufenden Bahntrassen stellen potentielle Luftleitbahnen dar. Eine Gefährdung der Wirksamkeit dieser Luftleitbahnen stellt die zunehmende dichte Bebauung entlang der Trasse dar.

Die in der Klimaanalyse (Stadt Bochum 2008) ausgewiesenen relevanten Frischluftschneisen und Luftleitbahnen sind in der „Handlungskarte Klimaanpassung“ enthalten. Diese Flächen sind im Bezug auf das Hitzegefährdungspotential von sehr hoher Relevanz und als zu schützender Raum anzusehen.

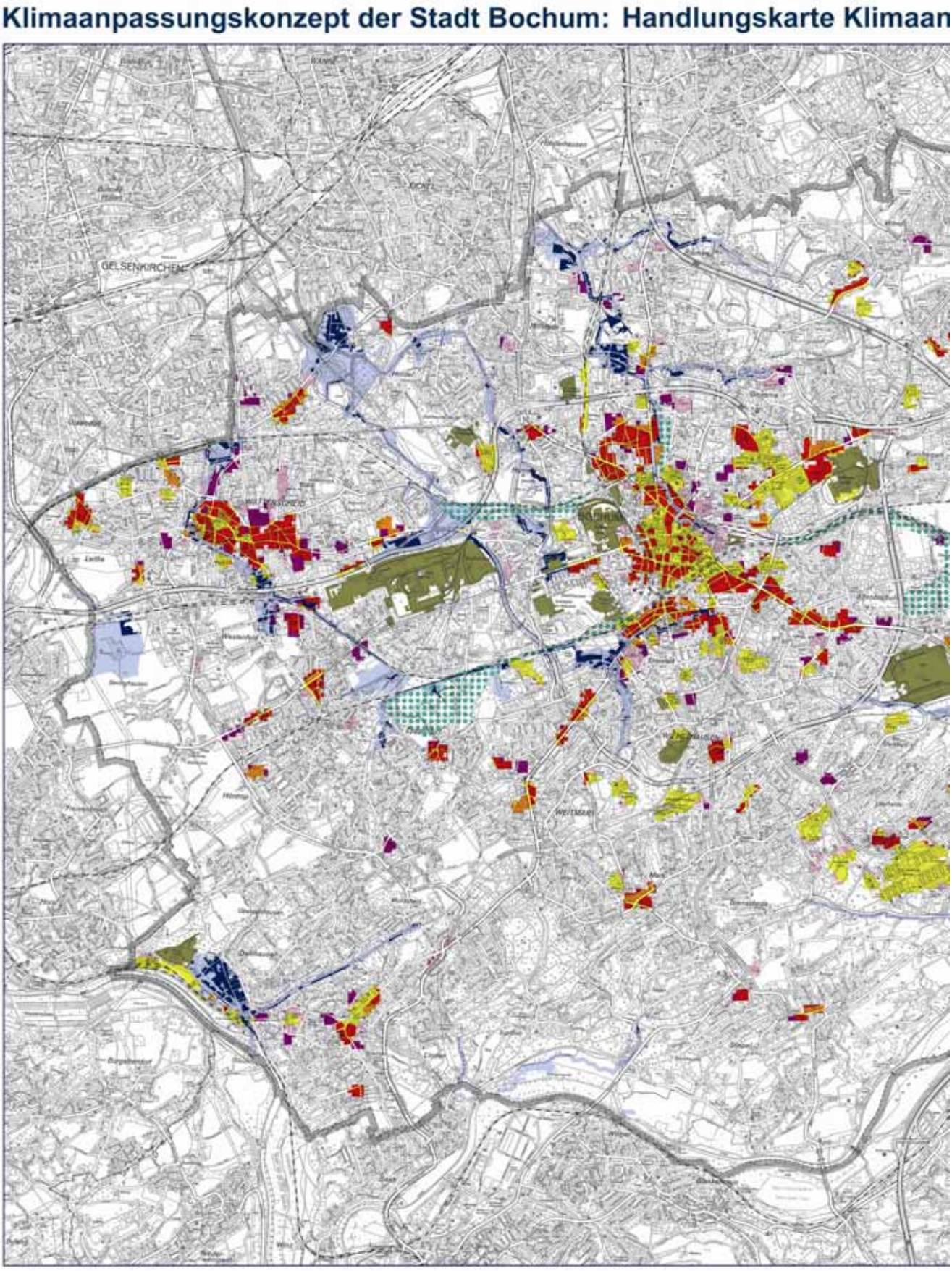
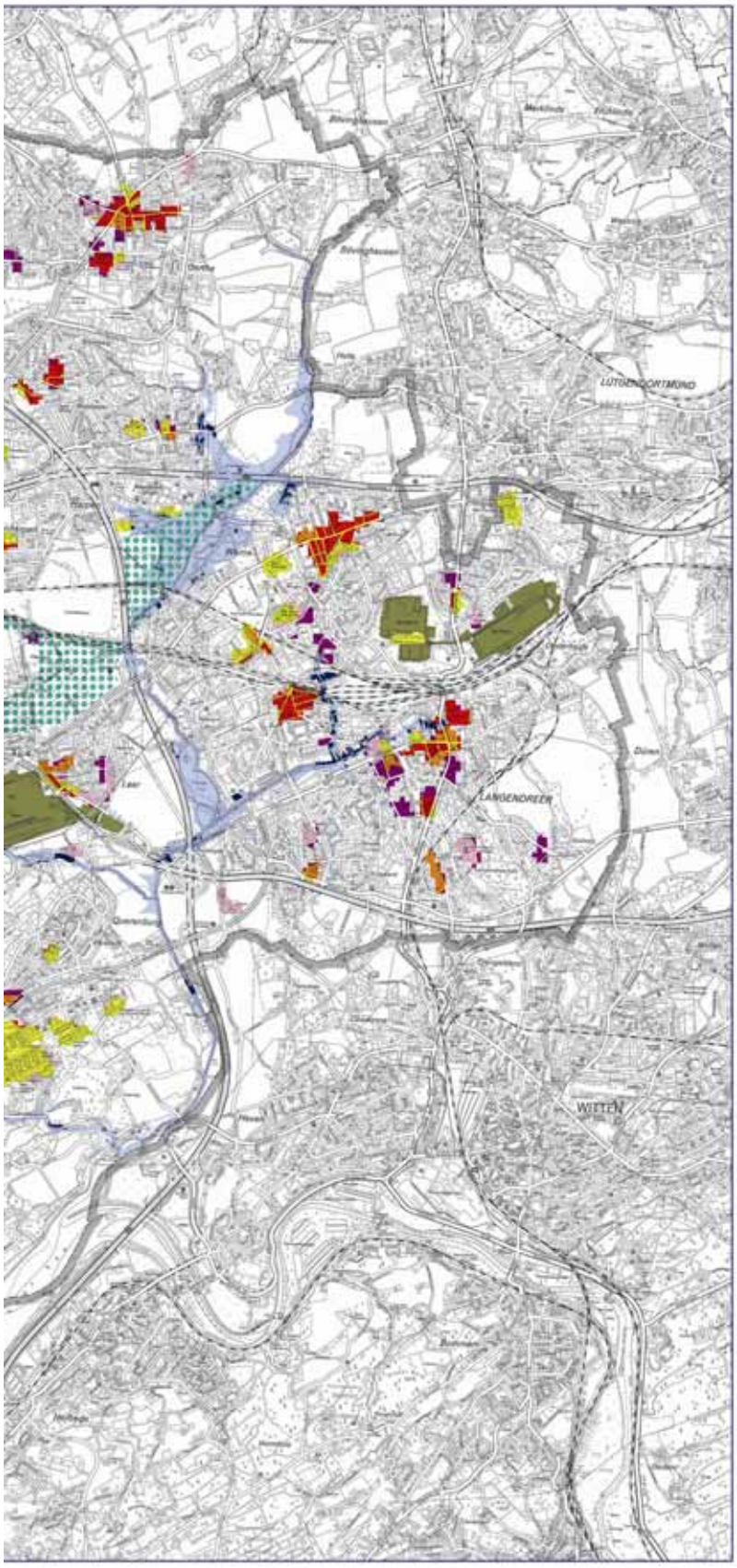


Abb. 4-53 Die „Handlungskarte Klimaanpassung“ der Stadt Bochum

anpassung



Gefährdungspotentiale

Zone 1 Gebiete mit einer Hitzebelastung im Ist-Zustand

Typ A — Durchschnittliche Bevölkerungsdichte im Bereich der Hitzeinsel

Typ B — Hohe Bevölkerungsdichte im Bereich der Hitzeinsel

Typ C — Sehr hohe Bevölkerungsdichte und / oder überdurchschnittlich hoher Anteil an Personen ab 65 Jahre im Bereich der Hitzeinsel

Zone 2 Gebiete, die im Zukunftsszenario 2051-60 durch eine Ausweitung der Hitzebelastung betroffen sein werden

Typ A — Durchschnittliche Bevölkerungsdichte im Bereich der neuen Hitzeinsel

Typ C — Hohe bis sehr hohe Bevölkerungsdichte und / oder überdurchschnittlich hoher Anteil an Personen ab 65 Jahre im Bereich der neuen Hitzeinsel

Zone 3 Belastungsgebiete der Industrieflächen

Die insgesamt hohe Flächenversiegelung bewirkt in diesen Bereichen eine starke Aufheizung tagsüber und eine deutliche Überwärmung nachts. Der nächtliche Überwärmungseffekt kann hier eine der Innenstadt analoge Ausprägung erreichen.

Zone 4 Gebiete, die durch hohen Oberflächenabfluss bei Starkregen gefährdet sind

Potentielle Belastungsbereiche finden sich dort, wo ein großes Oberflächenabflussvolumen auf Siedlungen, Gebäudekomplexe oder städtische Infrastruktur trifft.

Unversiegelte Gebiete mit hohem Oberflächenabfluss bei Starkregenereignissen und im Bereich von abflusslosen Senken

Zone 5 Gebiete der Frischluftschneisen und Luftleitbahnen

Auf Grund ihrer Lage, der geringen Oberflächenrauhigkeit bzw. des geringen Strömungswiderstandes und der Ausrichtung können einzelne Flächen im Stadtgebiet zu einer wirkungsvollen Stadtbelüftung beitragen.

Stand: 2013

N

2000 Meter

RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM RUB K.RUB Klima Consulting

4.4.2 Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel

Die „Handlungskarte Klimaanpassung“ stellt in einem ersten Überblick geeignete Klimaanpassungsmaßnahmen vor, die auf die jeweils typischen Gefährdungspotentiale der in der Karte dargestellten 5 verschiedenen Zonen abgestimmt sind. In Kombination mit dem ausführlichen Maßnahmenkatalog zur Anpassung an den Klimawandel (Kapitel 5) werden den an einem Prozess beteiligten Planern und Akteuren konkrete Vorschläge zur Klimaanpassung an die Hand gegeben, um die Stadt Bochum nachhaltig vor den Folgen des Klimawandels zu schützen.

Entsprechend des ausgewiesenen Gefährdungspotentials können geeignete Maßnahmen aus dem Handlungskatalog ausgewählt werden. Dieser stellt für jedes Problemfeld bzw. jeden thematischen Verwundbarkeitsbereich (Hitzebelastung, Extremniederschläge) die erarbeiteten Informationen tabellarisch zusammen. Dabei werden die Anpassungsmaßnahmen auf unterschiedlichen Maßstabsebenen dargestellt.

Maßnahmen zur Anpassung der Stadtstruktur an den Klimawandel sind in der Regel nur langfristig umsetzbar. Größtenteils fallen sie in den Bereich der Freiraumplanung. Aufgrund der sehr langsamen Geschwindigkeit eines nachhaltigen Stadtumbaus besteht hier ein hoher Handlungsdruck für die Stadtplanung. Im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft sind Maßnahmen zur Verminderung des Oberflächenabflusses durch Flächenentsiegelung und Verbesserung der Rückhalte- und Versickerungsmöglichkeiten kurzfristig umsetzbar.
Kurzfristig umzusetzende **Maßnahmen zur Anpassung der städtischen Infrastruktur** an den Klimawandel sind Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen im Straßenraum. Ebenfalls kurzfristig umsetzbar ist die Schaffung von kleineren offenen Wasserflächen im Stadtbereich. Maßnahmen gegen eine Fehlfunktion des Kanalisationssystems und zur Minderung von Schadenspotentialen bei Überflutungen verlangen meist einen höheren technischen und finanziellen Aufwand und sind nur mittel- oder langfristig umsetzbar.
Zu den **Anpassungsmaßnahmen auf Gebäudeebene** gehören kurzfristig umzusetzende Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung im städtischen Raum wie Dach- und Fassadenbegrünungen. Veränderungen im Gebäudedesign, wie die Gebäudeausrichtung, Hauswandverschattung, Wärmedämmung und der Einsatz von geeigneten Baumaterialien können als mittelfristige Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zusammengefasst werden.

Bei allen Klimaanpassungsmaßnahmen ist zu beachten, dass immer ein dem Einzelfall entsprechend sinnvolles Maßnahmenbündel geschnürt und umgesetzt werden sollte. Die Anwendung einzelner Maßnahmen wäre in den meisten Fällen nicht ausreichend für eine Verbesserung der klimatischen Situation.
Die in der „Handlungskarte Klimaanpassung“ ausgewiesenen Klimaanpassungsmaßnahmen werden im Folgenden erläutert.

Zone 1 Gebiete mit einer Hitzebelastung im Ist-Zustand
Der **Typ A** in der Zone 1 wird durch eine nur durchschnittliche Bevölkerungsdichte im Bereich der Hitzeinsel gekennzeichnet. Die generelle Anfälligkeit gegenüber einer Hitzebelastung ergibt sich aus der typischen, hoch versiegelten Bebauungsstruktur der Stadt- und Innenstadt-

bereiche kombiniert mit einer mittleren Bevölkerungsdichte. Innenstadtbereiche, die überwiegend als Dienstleistungszentrum genutzt werden und einen nur durchschnittlich hohen Anteil an Wohnbevölkerung haben sind Problemgebiet mit anderer Anfälligkeit als reine Wohngebiete. Bei einem Aufenthalt in den Innenstädten tagsüber kann einer Hitzebelastung durch Standortwechsel und Vermeidung von besonnten Standorten entgegengewirkt werden.
Sinnvolle Maßnahmen haben zum Ziel, die Aufenthaltsqualität zu steigern durch Verringerung der Hitzeentwicklung am Tag. Hierzu können Maßnahmen auf Gebäudeebene und Maßnahmen zur Anpassung der städtischen Infrastruktur herangezogen werden wie:

- Beschattung durch Vegetation und Bauelemente
- Kühleffekte der Verdunstung nutzen (offene Wasserflächen, Begrünung)

Typ B umfasst die Bereiche der Hitzeinsel mit einer hohen Bevölkerungsdichte. Hier müssen Maßnahmen zur Klimaanpassung wie bei Typ A einerseits die Aufenthaltsqualität steigern durch Verringerung der Hitzeentwicklung am Tag, andererseits aber auch Maßnahmen ergriffen werden, die die nächtliche Überwärmung verringern. Diese werden bei Typ C näher beschrieben.

Im Bereich von **Typ C** ist eine sehr hohe Bevölkerungsdichte und /oder ein überdurchschnittlich hoher Anteil an Personen ab 65 Jahre im Bereich der Hitzeinsel vorhanden. Die hohe Anfälligkeit der Bevölkerung gegenüber einer bioklimatischen Belastung gibt diesen Gebieten die höchste Priorität für Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. Tagsüber müssen Ausgleichsräume für die Bevölkerung geschaffen werden, z.B. Parks in Nahbereich. Unbedingt muss hier aber die nächtliche Überwärmung verringert werden. Einerseits kann hierzu die Verringerung der Hitzeentwicklung am Tag durch Vegetation und Verschattung erreicht werden. Andererseits sind Maßnahmen zur Anpassung der gesamten Stadtstruktur notwendig, damit die Zufuhr kühlerer Luft aus der Umgebung verbessert wird. Frischluftschneisen und Luftleitbahnen (siehe auch Zone 5) spielen für diese Gefährdungsgebiete eine wichtige Rolle.

Eine Erhöhung des Grünanteils im hoch verdichteten Bereich der Zone 1 ist nur unter der Berücksichtigung der Belüftung, die durch die Maßnahme nicht eingeschränkt werden darf, anzustreben. Für Baumpflanzungen bieten sich besonders die größeren Hauptverkehrsstraßen sowie größere Plätze und Stellplatzanlagen an. Hierbei steigern insbesondere großkronige Laubbäume durch ihren Schattenwurf die Aufenthaltsqualität. Aufgrund des geringen bis fehlenden Platzangebotes für die Neuanlage von Grünflächen können ergänzend Fassaden- und Dachbegrünungen zur Verbesserung des Mikroklimas durchgeführt werden. Zur Begrenzung von Neuversiegelung und zum Erhalt von Freiflächen sind beispielsweise Festsetzungen im Bebauungsplan zur Gestaltung von Stellplätzen heranzuziehen. In schon bebauten Gebieten ist eine Entsiegelung nur vertretbar, wenn die Funktion des Gebäudes bzw. des Verkehrsweges darunter nicht leidet und keine Grundwassergefährdungen vorliegen. Bodenversiegelungen können durch den Einsatz von durchlässigen Oberflächenbefestigungen vermieden bzw. reduziert werden und zwar vor allem dann, wenn die Nutzungsform der Flächen nicht unbedingt hochresistente Beläge wie Beton oder Asphalt voraussetzt.
Die Zone 1 umfasst Gebiete mit einer hohen Flächenkonkurrenz. Dadurch sind in diesen Bereichen enge Grenzen für Maßnahmen zur klimatischen Optimierung gesetzt. Deshalb können hier bioklimatische Extreme nur abgemildert werden. Es ist im Hinblick auf die gesamtstädti-

sche Entwicklung darauf zu achten, dass sich die Flächen dieses Lastraums nicht weiter im Stadtgebiet ausdehnen.

Zone 2 Gebiete, die im Zukunftsszenario 2051-60 durch eine Ausweitung der Hitzebelastung betroffen sein werden

Durch eine Ausweitung der Hitzeinsel im Zuge des Klimawandels kommen im Zukunftsszenario 20512-60 insbesondere im Bereich der Bochumer Innenstadt, in Wattenscheid und in Langendreer einige Gebiete dazu, die von einer Hitzebelastung betroffen sein werden. Die Typen der Gefährdung entsprechen denen der Zone 1, wobei die Typen B und C zusammengefasst wurden.
Die Anpassungsmaßnahmen der Zone 1 sollten auch im Bereich der Zone 2 zur Anwendung kommen, auch wenn die Hitzebelastung momentan noch geringer einzustufen ist. Anpassungsmaßnahmen für Veränderungen, die sich erst in der Zukunft ergeben, müssen bereits heute beginnen. Durch geeignete Maßnahmen kann der Ausweitung der Hitzeinsel in der Zukunft entgegengewirkt werden.

Zone 3 Belastungsgebiete der Industrieflächen

Die im Folgenden beschriebenen Anpassungsmaßnahmen sind nicht nur für die in der „Handlungskarte Klimaanpassung“ ausgewiesenen Flächen der Zone 3 relevant, sondern sollten auch bei der Neuplanung von Industrie- und Gewerbegebieten einbezogen werden. Durch die Wahl eines geeigneten Areals zur Sicherung einer hinreichenden Be- und Entlüftung kann die Ausbildung großflächiger Wärmeinseln vermieden werden. Dazu kann auch ein bepflanzter Freiraum als Puffer zu angrenzenden Flächen dienen. Im Gewerbeumfeld sollte wie auch im Innenstadtbereich durch Anpassungsmaßnahmen eine akzeptable Aufenthaltsqualität erreicht werden.

Maßnahmen, die zu einer Verbesserung der Situation in den Lasträumen der Gewerbe- und Industrieflächen führen, bestehen in erster Linie in der Entsiegelung und dem Erhalt sowie der Erweiterung von Grün- und Brachflächen. Die Erfordernisse gewerblich-industrieller Nutzungen bestimmen maßgeblich die Gestaltung der Gebiete und schränken somit den Rahmen für klimaverbessernde Maßnahmen ein. Es entstehen Zielkonflikte zwischen einer anzustrebenden Verbesserung der Grünstruktur und Verringerung des Versiegelungsgrades einerseits und einer notwendigen Vollversiegelung betrieblicher Funktionsbereiche zum Schutz des Grundwassers andererseits. Lösungsmöglichkeiten sind in diesem Fall in einer ausreichenden Gliederung von hochversiegelten Bauflächen und betrieblichen Funktionsbereichen wie Lager- und Freiflächen, durch breite Pflanzstreifen und Grünzüge zu suchen. Darüber hinaus bieten sich oft Stellplatzanlagen, Randsituationen und das Umfeld von Verwaltungsgebäuden für Begrünungen an. Weitere sinnvolle Maßnahmen sind die Begrünung von Fassaden und Dächern.

Bei Neuplanungen von Gewerbe- und Industriegebieten ist darauf zu achten, in den jeweiligen Planungsstufen die Belange von Klimaanpassung zu berücksichtigen. Zu nennen sind die Rahmenplanung, die Flächennutzungsplanung, die Bebauungsplanung, die Vorhaben- und Erschließungsplanung sowie das Baugenehmigungsverfahren. Klimawirksame Maßnahmen

lassen sich insbesondere in der Bauleitplanung für neue und zu erweiternde Standorte umsetzen. So ist im Rahmen der Eingriffsregelung darauf zu achten, soweit möglich die Kompensationsmaßnahmen auf dem Gelände selbst durchzuführen, um für eine Verbesserung der klimatischen und lufthygienischen Bedingungen vor Ort zu sorgen. Mit Hilfe geeigneter Festsetzungen ist im Bebauungsplan eine Begrenzung der Flächeninanspruchnahme sowie eine ausreichende Grünausstattung zu sichern. Weiterhin ist durch eine geeignete Baukörperanordnung und die Beschränkung bestimmter Bauhöhen eine optimale Durchlüftung zu gewährleisten.

Zone 4 Gebiete, die durch hohen Oberflächenabfluss bei Starkregen gefährdet sind

In den ausgewiesenen Belastungsbereichen, in denen ein hoher Oberflächenabfluss zur Gefährdung von Infrastruktur führen kann, sind neben technischen Maßnahmen des Objektschutzes Maßnahmen erforderlich, die die Abflussmenge reduzieren und Abflussspitzen durch verzögerten Abfluss verringern. Dazu gehören in erster Linie:

- Entsiegelung und Begrünung der hoch versiegelten Bereiche zur Reduzierung des Oberflächenabflusses und Verbesserung des Stadtklimas
- Retentionsmaßnahmen in Form von Überlaufbecken oder Überflutungsflächen mit Entlastungspotential für extreme Regenereignisse

Um die Effektivität von möglichen Maßnahmen zu prüfen, aber auch Möglichkeiten für eine bewusste Ableitung des Niederschlags an der Oberfläche zu erkennen, müssen Fließwege des Oberflächenabflusses bei Starkregen identifiziert werden. Entsieglungs- und Begrünungsprogramme sollten so geplant werden, dass neben einer Reduzierung der Direktabflüsse eine Verbesserung des Stadtklimas erreicht werden kann. Eine Aufwertung des Stadtbildes sollte bei einer Umsetzung mit berücksichtigt werden. Multifunktionale Überflutungsflächen sollten einhergehen mit stärker begrünten und entsiegelten Innenstädten. Ein bewusstes Wasserwegenetz steigert die Wohnqualität und bietet gleichzeitig Möglichkeiten für eine gezielte Ableitung des Direktabflusses.

Untersuchungen zeigen deutlich, dass Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen auf die Direktabflussmenge von seltenen Starkregenereignissen nur eine verhältnismäßig geringe Auswirkung haben. Es entstehen hohe Kosten, die zumindest in Bezug auf die Retentionswirkung bei intensiven Regenereignissen nur schwer gerechtfertigt werden können. Als reine Anpassungsmaßnahme an Starkregen ist die Wirkung von Entsiegelungsprogrammen eher gering, während sich Retentionsmaßnahmen in Form von Überlaufbecken oder Überflutungsflächen als sehr effektiv erwiesen haben. Neben der hohen Effektivität von Retentionsbecken und dem geringen Flächenverbrauch, besteht ein weiterer Vorteil in der schnellen und einmaligen Umsetzung. Entsieglungs- und Begrünungsmaßnahmen müssten sukzessive umgesetzt werden, so dass eine maximal mögliche Wirkung erst nach langer Zeit erreicht werden könnte. Entsiegelte und begrünte Flächen entfalten ihre Wirkung vor allem in ihrer alltäglichen Wirkung. Neben einer deutlichen Aufwertung des innerstädtischen Klimas wird die Lebensqualität deutlich verbessert. Aus hydrologischer Sicht zeigen sich die Vorteile des reduzierten Oberflächenabflusses insbesondere bei mittleren Niederschlagsereignissen. Hier verringert sich das Verhältnis aus Gesamtniederschlag und Oberflächenabflussvolumen. Während die Speicherkapazität eines Gründaches bei einem 50-jährigens Niederschlagsereignis schnell erschöpft

ist, kann die gleiche Fläche einen gewöhnlichen sommerlichen Starkregen nahezu vollkommen aufnehmen. Wird die Aufnahmekapazität überschritten, werden trotzdem die Abflussspitzen deutlich verringert.

Unversiegelte Flächen im Bereich der Hauptabflusswege und innerhalb von abflusslosen Senken weisen momentan nur ein geringes Schadenspotential auf, da das Niederschlagswasser im Falle eines Starkregens auf der Fläche versickern kann. Im Hinblick auf mögliche Schäden sollte aber eine Bebauung oder Flächenversiegelung in diesen Bereichen auch in Zukunft vermieden werden. Unvermeidbare Bebauung sollte mit technischen Maßnahmen zum Schutz vor Überflutungen versehen werden.

Zone 5 Gebiete der Frischluftschneisen und Luftleitbahnen

Die in der „Handlungskarte Klimaanpassung“ ausgewiesenen Frischluftschneisen und Luftleitbahnen sind aufgrund ihrer Bedeutung für die klimatische Situation im Bereich der Bochumer Innenstadt unbedingt zu erhalten. Sie können zu einer wirkungsvollen Stadtbelüftung beitragen. Zur Unterstützung der Funktion von Frischluftschneisen und Luftleitbahnen sollten hier die folgenden Maßnahmen eingehalten werden:

- Keine weitere Bautätigkeit
- Von Emittenten freihalten
- Randliche Bebauung sollte keine Riegelwirkung erzeugen
- Keine hohe und dichte Vegetation (Sträucher und Bäume) als Strömungshindernis im Bereich von Frischluftschneisen und Luftleitbahnen

Zur Unterstützung der Belüftungsfunktion wird die Anlage zusätzlicher rauhigkeitsarmer Grünzonen im Umfeld der Luftleitbahn empfohlen.

Die vorhandenen Instrumente sollten ausgenutzt werden, um Klimaanpassungsmaßnahmen in Planungsprozesse zu integrieren. Flächennutzungs- und Bebauungspläne bieten im Rahmen von Änderungen beziehungsweise der Ausweisung neuer Baugebiete die Möglichkeit, bestimmte Darstellungen (FNP) oder Festsetzungen (B-Pläne) zu enthalten (siehe Kap. 4.2.2).

5. Maßnahmenkatalog zur Anpassung an den Klimawandel

Zur Erstellung eines systembezogenen Handlungskatalogs werden für jedes Problemfeld bzw. jeden thematischen Verwundbarkeitsbereich (Hitzebelastung, Extremniederschläge) die vorhandenen bzw. im Rahmen der Gefährdungs- und Risikoanalyse erarbeiteten Informationen tabellarisch zusammengestellt. Dazu werden die Rahmenbedingungen, Belastungen / Sensitivitäten, möglichen Fehl- bzw. Nichtfunktionen und Schadenspotenziale eines Systems mit ihren zugehörigen Indikatoren in die ersten ein bis zwei Spalten einer Tabelle eingetragen. Passend zu diesen Einflussfaktoren werden in einer dritten Spalte systemspezifische Anpassungslösungen aufgelistet, die einzeln oder als Maßnahmenbündel geeignet sind, die tatsächliche Vulnerabilität des Systems auf der jeweiligen Interventionsebene zu minimieren. Darauf aufbauend können diese Maßnahmen oder Maßnahmenbündel systematisch analysiert und mit den Ergebnissen zu anderen Problemfeldern abgeglichen werden, z. B. welche Bedingungen, Abstimmungen und Ressourcen für eine Umsetzung erforderlich sind oder welche Interaktionen mit Anpassungsmaßnahmen in anderen Problembereichen (z. B. Extremniederschläge mit Hitze) oder Verantwortungsbereichen bei der Planung und Umsetzung zu beachten sind.

Die folgenden Kapitel enthalten die Handlungskataloge für die Problemfelder „Hitzebelastung“, „Extremniederschläge“ auf unterschiedlichen Maßstabsebenen. Kapitel 5.1 stellt Maßnahmen zur Anpassung der Stadtstruktur an den Klimawandel zusammen, Kapitel 5.2 tut dies für Maßnahmen zur Anpassung der städtischen Infrastruktur und Kapitel 5.3 listet alle Anpassungsmaßnahmen auf Gebäudeebene auf. Alle Maßnahmen werden in Form von Steckbriefen mit einer ausführlichen Beschreibung, ihren Anwendungsbereichen sowie eventuell auftretende Synergien und Zielkonflikte vorgestellt.

Während es in den heißen Klimazonen der Erde schon immer einen klimaangepassten Städtebau (z. B. enge Gassen mit Verschattung der Hauswände, helle Oberflächen) gegeben hat, ist in unseren Regionen ein Umdenken erforderlich, um eine Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu erreichen. Es muss eine Umgestaltung der Stadt- und Gebäudearchitektur stattfinden, um eine Verminderung der zukünftigen zusätzlichen Hitzebelastung im Sommer zu erreichen. Primär geht es dabei darum, den direkten sommerlichen Hitzeeintrag zu reduzieren. Eine sekundäre Strategie ist die Sicherung einer guten Durchlüftung mit ihrer kühlenden Wirkung.

Die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen M1, M2, M3 und M4 stehen übergeordnet über den weiteren Lösungsvorschlägen für die Problemfelder im Bezug zum Klimawandel. Sie resultieren aus den Rahmenbedingungen des Systems, auf der einen Seite aus der aktuellen Planungspraxis in den Kommunen und auf der anderen Seite aus den baulich-technischen und den klimatischen Eigenschaften unter Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels in einem Plangebiet. Auf die integrierte Zusammenarbeit verschiedener Planungsbereiche (M1) geht das Kapitel 4.4 „Ablaufschema zur Berücksichtigung von Klimaanpassungsfragen bei allen zukünftigen Planungsvorhaben“ näher ein. Einige Anpassungslösungen der Handlungskataloge wie zum Beispiel Dachbegrünungen oder die Begrünung von Straßenzügen machen

keinen Sinn, wenn nicht zuvor die baulich-technischen Voraussetzungen wie Dachstatik oder der Verlauf von Leitungstrassen und Kanälen im Straßenbereich abgeklärt werden (M2). Ein effizienter Einsatz von Anpassungslösungen ist nur dann möglich, wenn man in der Lage ist, Bereiche zu identifizieren, in denen ein Handlungsbedarf besteht, und abzuschätzen, mit welcher Strategie und mit welchem Einsatz ein möglichst hoher Kosten-Nutzen-Quotient erreicht wird. Sollen Auswirkungen einer beabsichtigten Veränderung der Stadtstruktur vorausgesagt werden, ist der Einsatz eines numerischen Simulationsmodells eine sinnvolle Lösung (M3). Übergeordneter Aspekt für fast alle Anpassungslösungen ist auch die Schaffung eines (politischen) Bewusstseins für die Umsetzungsbereitschaft von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel (M4). Diese Anpassungslösungen stellen grundsätzliche Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen dar und sollten deshalb am Anfang aller Überlegungen stehen.

Einige Lösungsvorschläge tauchen an mehreren, verschiedenen Stellen des Maßnahmenkatalogs auf, da sie als Anpassungslösungen für unterschiedliche Einzelprobleme geeignet sind.

M1 Integrierte Zusammenarbeit verschiedener Planungsbereiche

Bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen ist die Zusammenarbeit verschiedener Bereiche innerhalb der Kommune ein entscheidender und das Ergebnis beeinflussender Faktor. In vielen Kommunen finden einzelne planerische Verfahren (z. B. Bauleitplanung, wasserwirtschaftliche Planung) überwiegend getrennt oder zeitlich nachgeschaltet statt. Dementsprechend schwer ist es, unterschiedliche Belange in die jeweils anderen planerischen Verfahren einzubringen. Insbesondere die Belange derjenigen kommunalen Ressorts, die lediglich als Träger öffentlicher Belange in Planungsverfahren eingebunden sind (z. B. Gesundheitsressort), finden im Rahmen der Umsetzung nur selten Berücksichtigung.
Durch eine integrierte Zusammenarbeit der verschiedenen Planungsbereiche zu einem möglichst frühen Zeitpunkt der Maßnahmenplanung besteht die Möglichkeit, die verschiedenen Belange frühzeitig zu bündeln, besser untereinander abzuwägen und möglichst in Einklang zu bringen. Eine integrierte Zusammenarbeit kann ergänzend zur schriftlichen Abfrage von Stellungnahmen im Rahmen regelmäßiger Ressortbesprechungen oder projektbezogener ressortübergreifender Arbeitsgruppen erfolgen (siehe Kap. 4.4). Mögliche Zielkonflikte von Maßnahmen können durch eine integrierte Planung mit Beteiligung verschiedener Ressorts entschärft werden, Synergien aufgedeckt und genutzt werden.
Durch die integrierte Zusammenarbeit verschiedener Planungsbereiche kann der Besprechungsaufwand in den Kommunen zwar anwachsen, letztlich wird die Planungsarbeit durch frühzeitige Absprachen aber erleichtert und qualitativ verbessert.

M2 Überprüfung der technischen Machbarkeit

Für fast alle Anpassungslösungen ist eine Überprüfung der jeweiligen technischen Machbarkeit erforderlich. Die Maßnahme M2 steht daher übergeordnet über den weiteren Handlungsvorschlägen. Sie resultiert aus den Rahmenbedingungen des Systems, insbesondere aus den baulich-technischen Eigenschaften in einem Plangebiet.
So machen einige Anpassungslösungen wie z. B. Dachbegrünungen oder die Begrünung von Straßenzügen keinen Sinn, wenn nicht zuvor die baulich-technischen Voraussetzungen wie Dachstatik oder der Verlauf von Leitungstrassen und Kanälen im Straßenbereich abgeklärt werden. Baumpflanzungen im Stadtbereich sind abhängig von der Beschaffenheit des Untergeschosses, beispielsweise vorhandener Tiefgaragen (Abb. 5-1). Ein anderes Beispiel sind Extensivdächer zur Dachbegrünung, die dank ihres geringen Gewichts im Unterschied zu intensiv bepflanzten Dachgärten auf fast allen Gebäuden auch nachträglich noch aufsetzbar sind. Für die Berechnung findet DIN 1055 Anwendung.
Sollen Anpassungsmaßnahmen für ganze Stadtviertel entwickelt werden, ist die Durchführung einer technischen Machbarkeitsstudie sinnvoll, die z. B. klärt, welche Dächer sich zur Begrünung eignen. Das bedeutet gleichzeitig aber auch einen gewissen Aufwand im Vorfeld der Planungen.

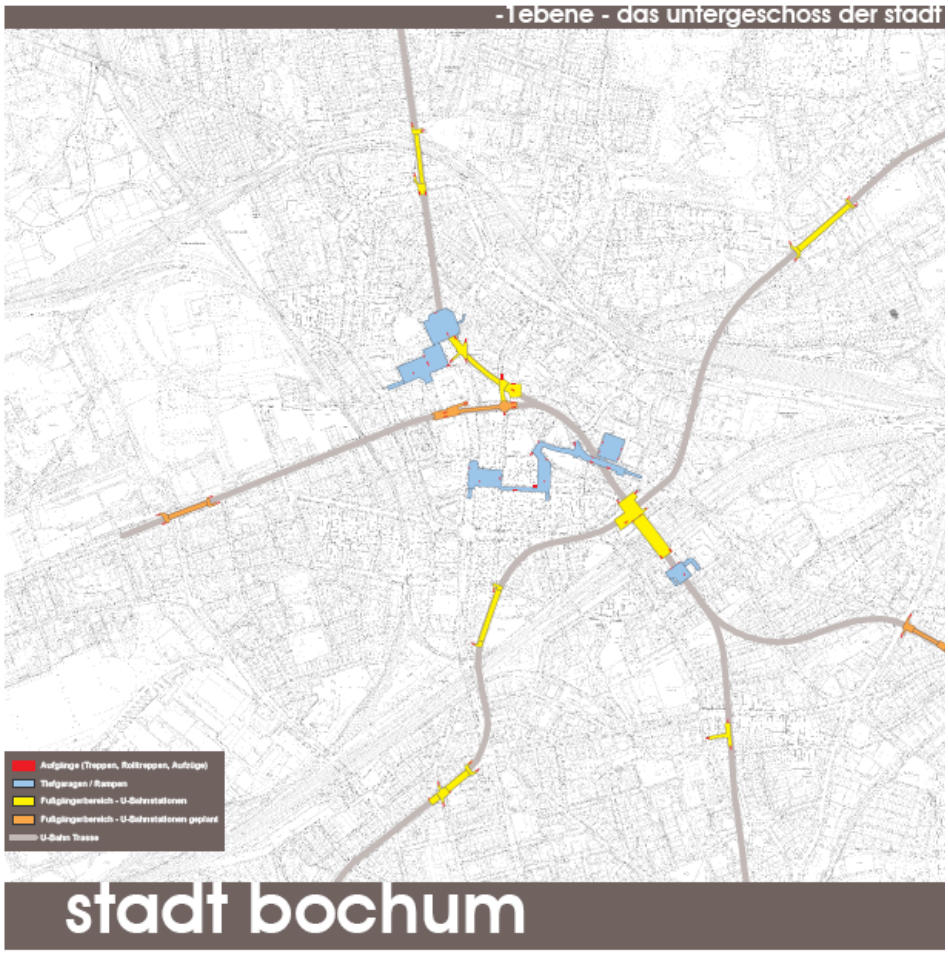


Abb. 5-1 Untergeschossplan der Bochumer Innenstadt

M3 Einbeziehung von Modellierungen in die Planung

Die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Klimaelementen wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit oder Wind und einer Stadt sind so komplex, dass man die Folgen von baulichen oder anderen Veränderungen in einem Stadtviertel nicht ohne weiteres abschätzen kann. Sollen Auswirkungen einer beabsichtigten Veränderung der Stadtstruktur vorausgesagt werden, ist der Einsatz eines numerischen Simulationsmodells eine sinnvolle Lösung. Ein solches Simulationsmodell berücksichtigt die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen urbanen Klimafaktoren wie Bebauung und Vegetation und der Atmosphäre. Auf diesem Weg ist eine sowohl eine Planung zur Vermeidung von Belastungsräumen als auch die Optimierung bereits vorhandener Strukturen möglich (Bruse 2003).
Während rein qualitative Aussagen zu geplanten Maßnahmen meist von Experten getroffen werden können, ist die Quantifizierung einer Veränderung beispielsweise der Lufttemperatur durch eine Parkanlage nur mittels numerischer Simulation möglich. Eine ökologisch sinnvolle und ökonomisch effiziente Begrünung von städtischen Gebieten ist folglich nur möglich, wenn man in der Lage ist, Bereiche zu identifizieren, in denen ein Handlungsbedarf besteht, und abzuschätzen, mit welcher Strategie und mit welchem Einsatz ein möglichst hoher Kosten-Nutzen-Quotient erreicht wird. Das in der Arbeitsgruppe Klimaforschung der Ruhr-Universität Bochum entwickelte Computermodell ENVI-met (www.ENVI-met.com) kann eingesetzt werden, um das Mikroklima und die Luftqualität in städtischen Strukturen, in vorhandenen genauso wie in geplanten, zu berechnen. Dieses Modell ist frei verfügbar und stellt damit ein effizientes und sinnvolles Werkzeug zur Optimierung von Anpassungsmaßnahmen. Es existieren eine Reihe weiterer mikroskaliger Modelle, wie beispielsweise das MUKLIMO_3 des DWD, die hier zum Einsatz kommen können.

Mikroskalige Modelle dienen zur Simulation der Wind-, Temperatur- und Feuchteverteilung in städtischen Strukturen. Sie erfassen urbane Strukturen als Gesamtsystem und beschreiben dynamische klimatologische Vorgänge. Es werden Parameter wie Gebäudeoberflächen, Bodenversiegelungsgrad, Bodeneigenschaften, Vegetation und Sonneneinstrahlung einbezogen. Durch die Wechselwirkungen von Sonne und Schatten sowie die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Materialien (spezifische Wärme, Reflexionseigenschaften) entwickeln sich im Laufe eines simulierten Tages unterschiedliche Oberflächentemperaturen, die ihrerseits in Abhängigkeit vom Windfeld ihre Wärme mehr oder minder stark an die Luft abgeben. Um Wechselwirkungen zwischen der Vegetation und der Atmosphäre zu simulieren, kann das physiologische Verhalten der Pflanzen nachgebildet werden.

Das folgende Beispiel einer mikroskaligen Simulation mit dem Modell ENVI-met (www.envi-met.com) zeigt die Auswirkungen einer gestalterischen Veränderung durch die Anlage von Grünflächen in einem Wohnblock. Abbildung 5-2 gibt einen Überblick über das Modellgebiet mit Wohnblocks, Rasen, Hecken und Bäumen. Für diese Modellvariante wurden die Temperaturunterschiede zu einer vollversiegelten Variante ohne Vegetation berechnet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5-3 dargestellt. Es zeigt sich, dass im Bereich der Grünanlage die Lufttemperaturen in 2 m Höhe um 0,3 bis 0,5 K niedriger sind. Die höchste Abkühlung ist nördlich des Gebäudekomplexes zu erkennen. Hier wirkt sich ein kleiner Bachlauf in der Variante mit der Grünanlage kühlend auf die Umgebung aus.

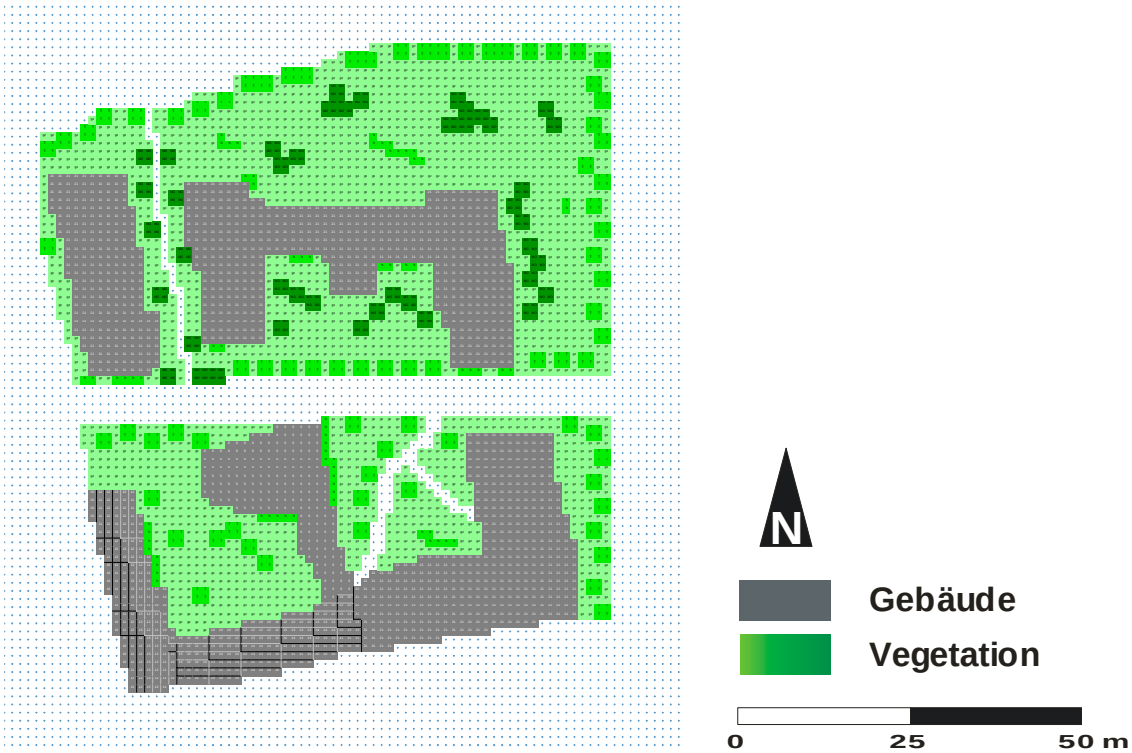


Abb. 5-2 ENVI-met - Modellgebiet mit Grünanlage

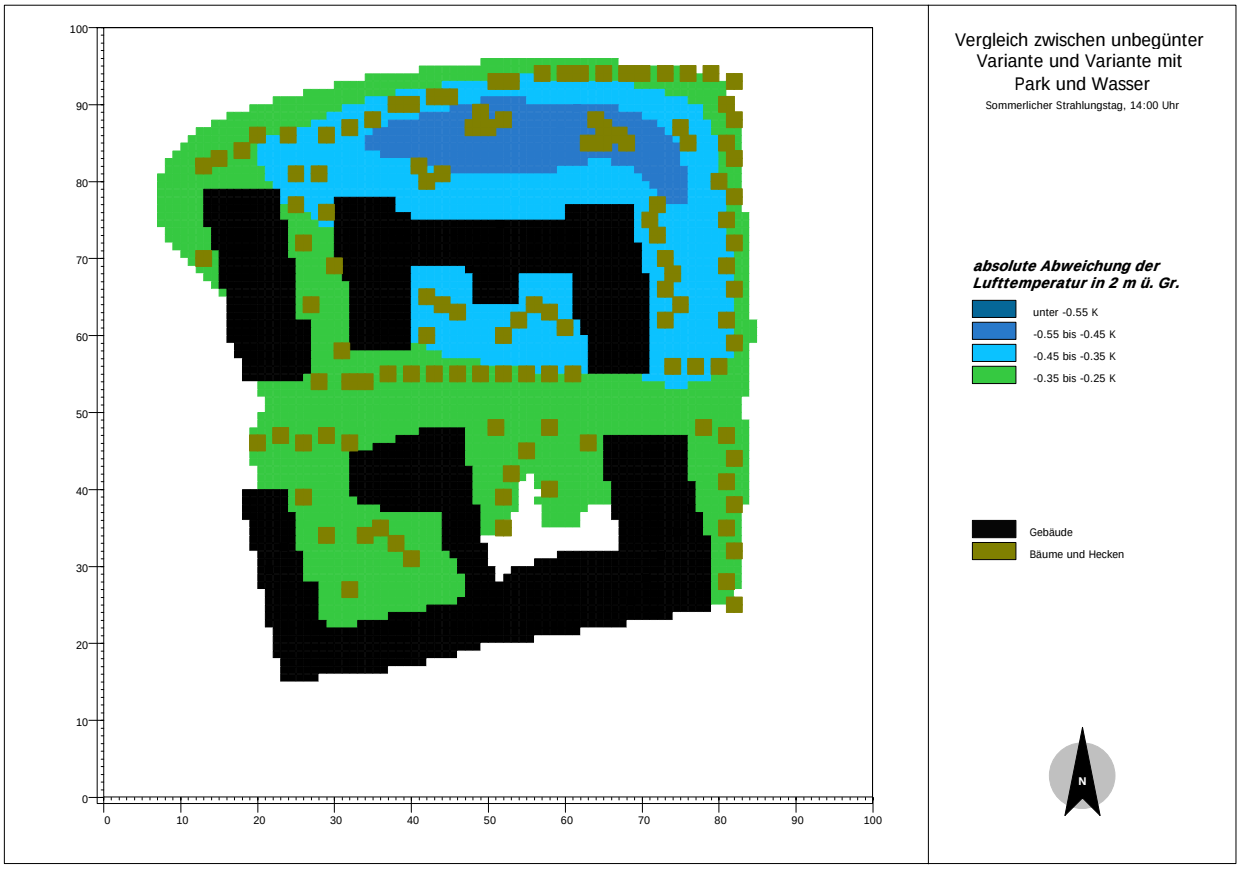


Abb. 5-3 Temperaturabweichungen zwischen einer vollversiegelten Variante ohne Vegetation und dem Modellgebiet mit Grünanlage (s. Abb. 5-2)

M4 Öffentlichkeits- und Akteursbeteiligung

Der Klimawandel betrifft uns alle. Neben den öffentlichen Institutionen sind auch die Bürgerinnen und Bürger aufgerufen, sich in Zukunft verstärkt mit den Fragen des Klimawandels und den Möglichkeiten zur Anpassung im eigenen Umfeld zu engagieren. Bürgerinnen und Bürger treffen Entscheidungen in ihrem privaten Umfeld und können somit einen wichtigen Beitrag zur Klimaanpassung leisten. Das eigene Haus, der eigene Garten und angrenzende Bereiche bieten dazu ein großes Betätigungsfeld. Nicht zuletzt auch gewerbliche und industrielle Investoren können durch ihre raumbestimmenden Entscheidungen einen wichtigen Beitrag zum Gelingen des Anpassungsprozesses beisteuern.

Daher ist die Information und aktive Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern sowie von privaten Einrichtungen an den Planungen und Umsetzungen für eine klimaanagepasste Stadt besonders wichtig. Ziele dieser Maßnahmen sind neben der Informationsvermittlung vor allem der aktive Einbezug der Beteiligten in Planung und Umsetzung.

Abb. 5-4 Bürgerworkshop in Bochum-Wattenscheid

5.1 Maßnahmen zur Anpassung der Stadtstruktur

Langfristig umzusetzende Maßnahmen fallen in den Bereich der Freiraumplanung. Aufgrund der sehr langsamen Geschwindigkeit eines nachhaltigen Stadtumbaus besteht hier ein hoher Handlungsdruck für die Stadtplanung. Anpassungsmaßnahmen für Veränderungen, die sich erst in der Zukunft ergeben, müssen bereits heute beginnen. Im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft sind Maßnahmen zur Verminderung des Oberflächenabflusses durch Flächenentsiegelung und Verbesserung der Rückhalte- und Versickerungsmöglichkeiten kurzfristig umsetzbar.

5.1.1 Vermeidung von Hitzebelastung

M5 Festlegen von Bebauungsgrenzen

Um auch bei schwachen Strömungen eine ausreichende Stadtbelüftung zu gewährleisten, ist eine geringe Flächenausdehnung und Bebauungsdichte der Siedlungskörper erforderlich. So kann durch das Heranführen von Frisch- und Kaltluft aus der Umgebung die Hitzebelastung in den Innenstädten deutlich abgemildert und die lufthygienische Situation dort verbessert werden.

Abb. 5-5 Siedlungsrand in Bochum (Foto Gabrian, RVR)

Im Umland einer Stadt sollten daher ausreichend Freiflächen für den Luftaustausch mit der Innenstadt zur Verfügung stehen. Insbesondere wenn nur wenige Freiflächen als Pufferraum zwischen dicht nebeneinander liegenden Städten vorhanden sind oder durch weitere Baumaßnahmen mit einer Einschränkung der Frischluftzufuhr zu rechnen ist, sollten im Stadtrandbereich Bebauungsgrenzen festgesetzt werden. Damit kann der Erhalt klimatisch wertvoller Freiräume gesichert und einer Zersiedelung des Stadtgebietes entgegengewirkt werden (siehe Abb. 5-5).
Innerstädtische Grünzüge sollten – wo immer möglich – vernetzt werden. Zur Sicherung der Stadtbelüftung über innerstädtische Grünzüge und Frischluftschneisen müssen auch diese Räume durch Festsetzung von Bebauungsgrenzen freigehalten werden.

Durch das Festsetzen von Bebauungsgrenzen werden somit folgende Ziele verfolgt:

- Schutz des Außenraumes vor weitergehender Bebauung (Abb. 5-6)
- Schutz innerstädtischer Regenerationsflächen vor zusätzlicher Bebauung (Abb. 5-6)

Zwischen dem Freihalten von innerstädtischen Flächen und den Zielen einer klimaschonenden Stadtentwicklung ergeben sich häufig Zielkonflikte. Eine Bebauung von Freiflächen führt zu kompakten Siedlungsstrukturen, die flächen-, verkehrs- und energiesparend sind. Andererseits wird durch die Verdichtung der Bebauung der Wärmeinseleffekt verstärkt. Daher sollte mindestens als Kompromiss versucht werden, Bebauungsgrenzen anzustreben und nur in besonderen Ausnahmefällen Überschreitungen dieser zuzulassen. Eine sorgfältige Gestaltung der verbleibenden innerstädtischen Freiflächen kann den negativen Effekten der Verdichtung entgegenwirken.

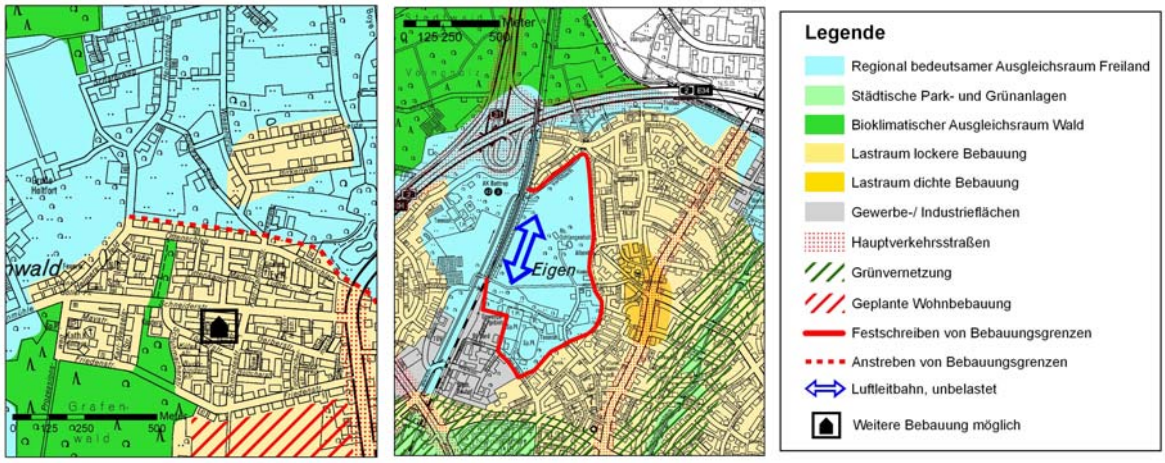


Abb. 5-6 Vermeidung des Zusammenwachsens zweier Siedlungsgebiete (links) und Schutz der Kaltluftproduktionsfläche vor weiterer Bebauung (rechts) (RVR 2006)

M6 Erhalt und Schaffung von Frischluftflächen

Als frischluftproduzierende Gebiete gelten vegetationsgeprägte Freiflächen wie Wälder und Parkanlagen sowie städtische Siedlungen mit einem hohen Grünflächenanteil und einem geringen Versiegelungsgrad.
Die Entstehung von Kalt- und Frischluft über einer natürlichen Oberfläche wird durch die thermischen Stoffeigenschaften des Oberflächensubstrates bestimmt. So speichern Böden mit hoher Dichte die Wärme besser und sind daher schlechtere Kaltluftproduzenten als solche mit geringer Dichte und damit geringerer Wärmespeicherfähigkeit (VDI 2003). Feld- und Wiesenflächen kühlen stärker aus und produzieren damit mehr Kaltluft als Waldgebiete.

Zusätzlich ist die Wirksamkeit von Frischluftflächen stark von deren Größe abhängig. Durch den Erhalt und die Schaffung zusätzlicher frischluftproduzierender Flächen und deren Vernetzung (Abb. 5-7) kann eine Verstärkung ihrer Wirksamkeit erzielt werden. Die Anbindung der Innenstadt an Frischluftflächen trägt zur Unterbrechung oder Abschwächung von Wärmeinseln bei und schafft stadtklimatisch relevante Regenerationsräume. Diese Anbindung über Luftleitbahnen (siehe Maßnahme M7) sollte möglichst ohne Anreicherung mit Schadstoffen erfolgen.

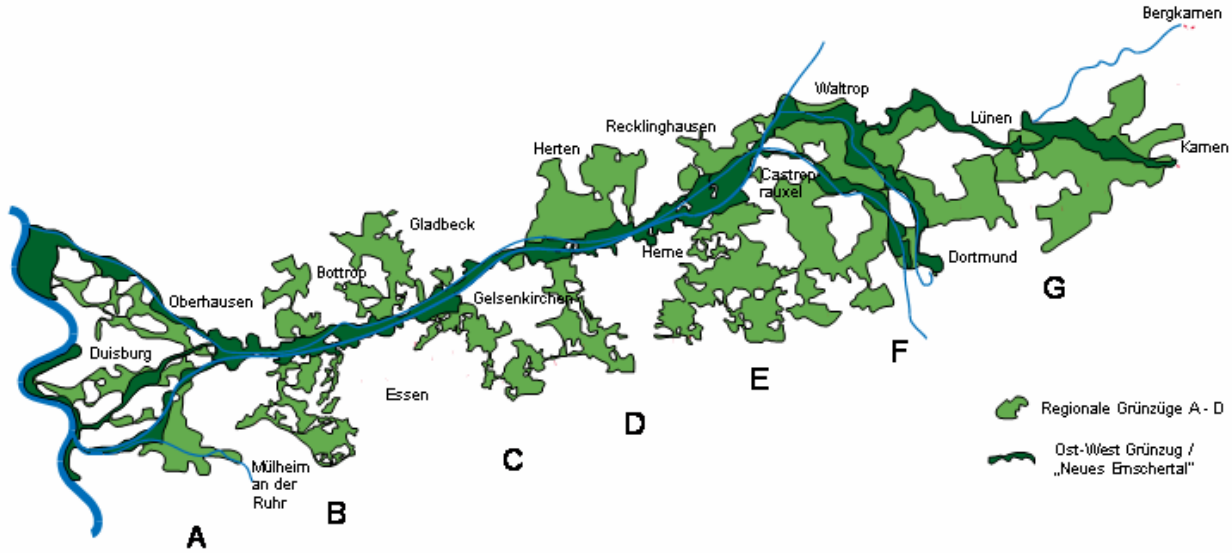


Abb. 5-7 Emscher Landschaftspark mit den sieben regionalen Grünzügen des Ruhrgebietes (Quelle: RVR)

Flächen, die aufgrund des industriellen und demographischen Wandels frei werden, sollten im Rahmen der Stadtplanung auf ihre Relevanz für ein funktionierendes Stadtbelüftungssystem hin geprüft und gegebenenfalls nicht wieder zur Bebauung freigegeben werden.
Das Leitbild der kompakten Stadt mit kurzen Wegen, das als dominierendes Siedlungsstrukturkonzept unter den städtebaulichen Leitbildern gilt, kollidiert jedoch stark mit den Maßnahmen zur Schaffung und zum Erhalt von Freiflächen, so dass hier ein Abwägungsprozess stattfinden muss (siehe Kapitel 4.4).

M7 Erhalt und Schaffung von Luftleitbahnen

Frischluftschneisen und Luftleitbahnen verbinden Kaltluftentstehungsgebiete oder Frischluftflächen mit der Innenstadt und sind somit ein wichtiger Bestandteil des städtischen Luftaustausches. Insbesondere bei austauscharmen Wetterlagen sind sie klimarelevant, da über sie geringer belastete Luftmassen in die belasteten Räume der Stadt transportiert werden (VDI 2003).

Stadtklimatisch relevante Luftleitbahnen lassen sich in drei Kategorien einteilen (Weber & Kuttler 2003):

- **Ventilationsbahnen** gewährleisten einen Luftmassentransport unabhängig von der thermischen oder lufthygienischen Ausprägung (Abb. 5-8).
- **Kaltluftbahnen** transportieren kühle, aber hinsichtlich der lufthygienischen Situation nicht näher spezifizierte Luftmassen.
- **Frischluftbahnen** leiten lufthygienisch unbelastete, thermisch aber nicht näher differenzierte Luftmassen (Abb. 5-9).

Abb. 5-8 Luftleitbahn „Straße“ in der Innenstadt von Duisburg (Foto: Gabrian, RVR R)

Das Relief innerhalb und außerhalb eines Stadtkörpers kann im Fall von Tälern zu Kanalisierungseffekten führen. Hierdurch kann frische, kühle Umlandluft weit in den Stadtkörper hineingeführt werden. In Strahlungsnächten kann auch bei entgegengesetzter Strömung in der freien Atmosphäre bodennahe Kaltluft hangabwärts fließen und in die Bebauung vordringen.

In heißen Sommernächten kann dies zu einer lokalen Abkühlung im Bereich der städtischen Bebauung führen. Zu ungünstigen immissionsklimatischen Verhältnissen führen Inversionswetterlagen mit geringer Luftbewegung, die insbesondere in Tallagen bei vorhandenen Emittenten das Immissionsklima nachhaltig verschlechtern.

Abb. 5-9 Luftleitbahn „Bahntrasse“ (Foto: Gabrian, RVR)

Die Wirkung von Luftabflüssen auf die Bebauung ist generell auf die unmittelbare Nachbarschaft begrenzt, solange die Schichtdicke der Kalt-/Frischluft die Höhe der städtischen Bebauung nicht um ein Mehrfaches übertrifft. Häufig erschweren bereits bestehende Stadtstrukturen die Belüftung über Luftleitbahnen, so dass primär zumindest die Ausweisung von Platz sparenden Belüftungszonen erreicht werden sollte. Nach Mayer et al. (1994) sollten effiziente Ventilationsbahnen folgende Mindesteigenschaften aufweisen: eine aerodynamische Rauhigkeit (Unebenheit der Oberfläche) von $z_0 \leq 0{,}5$ m bei einem Längen-/Breitenverhältnis von 20:1 (Länge ≥ 1000 m, Breite ≥ 50m).
Ein weiterer, den Austausch hemmender Faktor ist in der Wirkung von hoher und dichter Vegetation (Sträucher und Bäume) als Strömungshindernis im Bereich von Luftleitbahnen zu sehen. Hier führt die Vegetation zur Reduzierung der bodennahen Windgeschwindigkeit („Windfänger“), so dass der Austausch erschwert sein kann. Besonders nachteilig wirkt sich dieser Effekt auf strahlungsnächtliche, häufig nur schwach ausgebildete Kaltluftabflüsse aus.

M8 Hänge und Luftschneisen von hangparalleler Riegelbebauung freihalten

Große Freiflächen mit Kaltluftproduktion und Tallagen mit Fließrichtung Innenstadt gelten als besonders sensible Flächen zur Stadtbelüftung, die auch bei Schwachwind zu einer Stadtbelüftung durch Kaltlufttransport beitragen. Damit Frischluft auch bei schwachen Windströmungen von außen in die Stadt gelangen kann, darf die Bebauung am Stadtrand keine abriegelnden Bebauungsgürtel bilden (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008). Die Hänge entlang von Kaltluftbahnen sollten von hangparalleler Riegelbebauung freigehalten werden. Ein Beispiel hierfür gibt die Fallstudie Bochum-Laer (Kapitel 4.1.3).

Negative Auswirkungen des Reliefs sind zu erwarten, wenn die Talsohle und die Talhänge urbane Flächennutzungen aufweisen. Die Bebauung kann die bodennahe Ventilation verringern. Im ungünstigsten Fall bildet eine quer zur Talachse oder längs zur Hangausrichtung orientierte Bebauung einen Strömungsriegel (siehe Abb. 5-10), der bei schwachen Bodenwinden eine Ventilation der leeseitigen Bebauung beeinträchtigen kann. Hangbebauungen sollten, wo nicht auf sie verzichtet werden kann, mit großen Abständen und mit niedrigen Höhen erfolgen. Die positive Wirkung von Lüftungsschneisen entsteht nur bei zusammenhängenden Freiflächen (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008).

Bei Berücksichtigung dieser Aspekte ist es möglich, einen Zielkonflikt zwischen den positiven Auswirkungen von Südhangbebauungen aus energetischen Gesichtspunkten für den Klimaschutz und den Anforderungen der Stadtbelüftung zu vermeiden.

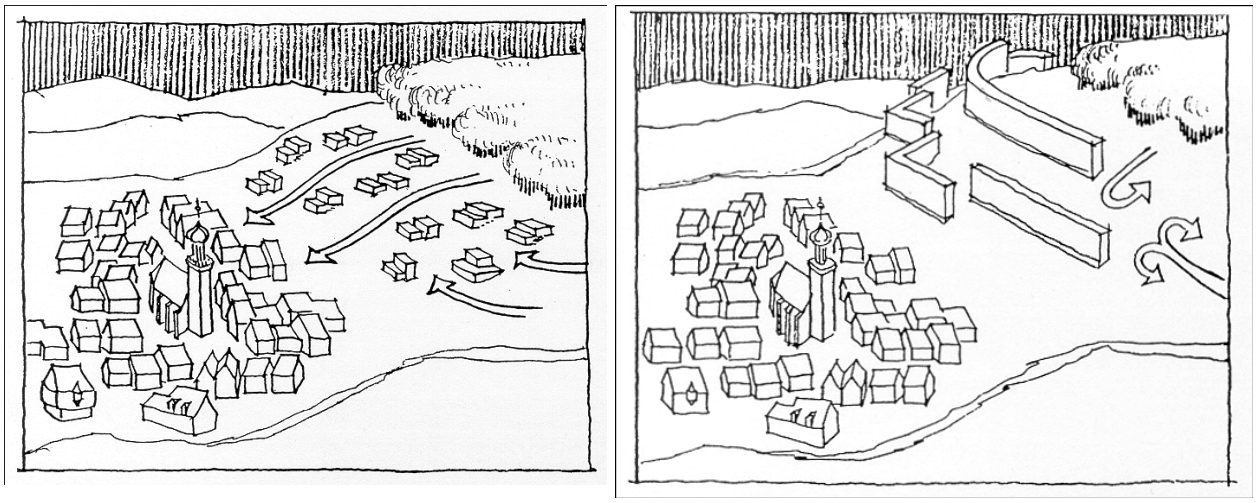


Abb. 5-10 Durchlässige Hangbebauung (links) und hangparallele Zeilenbebauung mit Riegelwirkung (rechts) (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008)

5.1.2 Anpassung an Extremniederschläge

M9 Flächennutzung an Hängen, abfluss- und erosionsmindernde Maßnahmen

Bei der Neugründung von Siedlungsgebieten oder bei der Flächennutzungsplanung in Gebieten in Hanglage sollten Untersuchungen bezüglich der Gefährdung durch Sturzfluten und Hangabflüsse unternommen werden. Dazu gehören die Untersuchung der Bodenbeschaffenheit und der möglichen Flächennutzung (maximaler Versiegelungsgrad), die Dimensionierung der Entwässerungssysteme und die Anordnung anderer Rückhaltesysteme in oberer Hanglage. Besteht die Gefahr von Sturzfluten oder stärkeren Hangabflüssen, sollte von Bebauung oder von sensibler Nutzung abgesehen werden.
Bei bestehender Bebauung sind abfluss- und erosionsmindernde Maßnahmen vorzunehmen. Bei landwirtschaftlicher Nutzung im oberen Hanggebiet beeinflusst beispielsweise die Art der Bearbeitung der Nutzflächen (Äcker, Weiden) das Erosionspotenzial und die resultierende Abflussmenge Richtung Talsohle erheblich. Fahrspuren landwirtschaftlicher Fahrzeuge, die in Falllinie eines Hanges liegen, bilden wie in Abbildung 5-11, links, eine lineare Erosion, die bei Starkniederschlägen Niederschlagswasser und Sediment (Schlamm und Geröll) in großen Mengen in tiefer gelegene Gebiete führt.

Abb. 5-11 Lineare Erosion, Intervallbegrünung in Fahrbahnfurche (Mosimann 2007)

Ist eine Bearbeitung bzw. Befahrung der Felder entlang der Höhenlinien eines Hanges nicht möglich, können eine Reduktion des Bodenabtrags und eine Minderung der Abflussmengen beispielsweise durch Intervallbegrünungen in den Fahrspuren erreicht werden (Abb. 5-11, rechts). Ähnliche Erosionspotenziale liegen bei Bepflanzungen in Richtung Hanggefälle vor, wo Rinnen zwischen den Pflanzreihen den direkten Wasserabfluss Richtung Talsohle stark erleichtern können. Wirksamer Schutz kann hier durch eine Bepflanzung parallel zur Hanglage erreicht werden (Abb. 5-12).

Abb. 5-12 Bepflanzung parallel zur Hanglage (Mosimann 2007)

5.2 Maßnahmen zur Anpassung der städtischen Infrastruktur

Kurzfristig umzusetzende Maßnahmen zur Anpassung der städtischen Infrastruktur an den Klimawandel sind Begrünungs- und Entsiegelungsmaßnahmen im Straßenraum. Ebenfalls kurzfristig umsetzbar ist die Schaffung von kleineren offenen Wasserflächen im Stadtbereich. Maßnahmen gegen eine Fehlfunktion des Kanalisationssystems und zur Minderung von Schadenspotenzialen bei Überflutungen verlangen meist einen höheren technischen und finanziellen Aufwand und sind nur mittel- oder langfristig umsetzbar.

5.2.1 Vermeidung von Hitzebelastung

M10 Parkanlagen schaffen, erhalten und umgestalten

Urbane Grünflächen haben eine hohe Bedeutung für das Lokalklima, da von Ihnen eine kühlende Wirkung ausgeht. Tagsüber führt eine Freifläche, die idealerweise aus Wiese mit Sträuchern und lockerem Baumbestand besteht (Abb. 5-13), durch Schattenwurf und Energieverbrauch aufgrund von Evapotranspiration zu einem thermisch ausgleichenden Bereich für die bebaute Umgebung. Nachts können Freiflächen durch Kaltluftbildung und Luftaustausch kühlend auf die Umgebung wirken.

Abb. 5-13 Park in Duisburg (Foto: Gabrian, RVR)

Untersuchungen haben gezeigt, dass Kühlungseffekte ab einer Parkgröße von 2,5 ha zu messen sind und die Reichweite der kühlenden Wirkung eines innerstädtischen Parks etwa dem Durchmesser des Parks entspricht (Upmanis et al. 1998). Eine klimatische Fernwirkung ergibt sich erst bei ausgedehnten Parkanlagen ab 50 ha (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2008). Bei einer engen Vernetzung tragen auch kleinere Grünflächen zur Abmilderung der Wärmeinsel bei.

M11 Freiflächen erhalten und schaffen, Flächen entsiegeln

Neben der Bedeutung von Grünflächen als Gliederungselement in den städtischen Siedlungsräumen ist ihre Funktion als innerstädtische Ausgleichsfläche besonders hervorzuheben. Die klimatische Reichweite innerstädtischer Freiflächen variiert dabei in Abhängigkeit von der Flächengröße, ihrer Ausgestaltung sowie ihrer Anbindung an die Bebauung. Bei einer ausreichenden Flächengröße ist eine klimaregulierende Funktion der Grünflächen gewährleistet.
Eine besondere Funktion kommt den Grüngürteln als Trennungselement zwischen Wohngebieten und emittierenden Industrie- und Gewerbegebieten oder stark befahrenen Straßen zu. Hier erfüllen sie einerseits eine Abstandsfunktion, andererseits bewirken sie eine Verdünnung und Filterung von Luftschadstoffen. Darüber hinaus fördern Grünzüge durch die Entstehung kleinräumiger Luftaustauschprozesse eine Unterbrechung von Wärmeinseln. Bei einer engen Vernetzung und einer stadträumlich sinnvollen Anordnung tragen daher auch kleinere Grünflächen zur Abmilderung des Wärmeinseleffekts bei.
Kleine, isoliert liegende Grünflächen, wie z. B. begrünte Innenhöfe (Abb. 5-14), zeigen zwar keine über die Fläche hinausreichende Wirkung, nehmen aber als „Klimaoasen“ gerade in den dicht bebauten Innenstädten wichtige Aufgaben als lokale Freizeit- und Erholungsräume wahr.

Das größte Hindernis bei der Schaffung von innerstädtischen Grünflächen ist der Platzmangel. Um mehr Vegetationsflächen zu schaffen, sollten daher auch unkonventionelle Möglichkeiten wie das Begrünen von Straßenbahngleisen genutzt werden. Die ökologischen Effekte von Rasen oder Vegetationsmatten im Gleisbett erreichen bei Weitem nicht die von Bäumen und Sträuchern, führen jedoch zu einem zeitverzögerten Niederschlagsabfluss, erhöhter Verdunstung und Abkühlung.

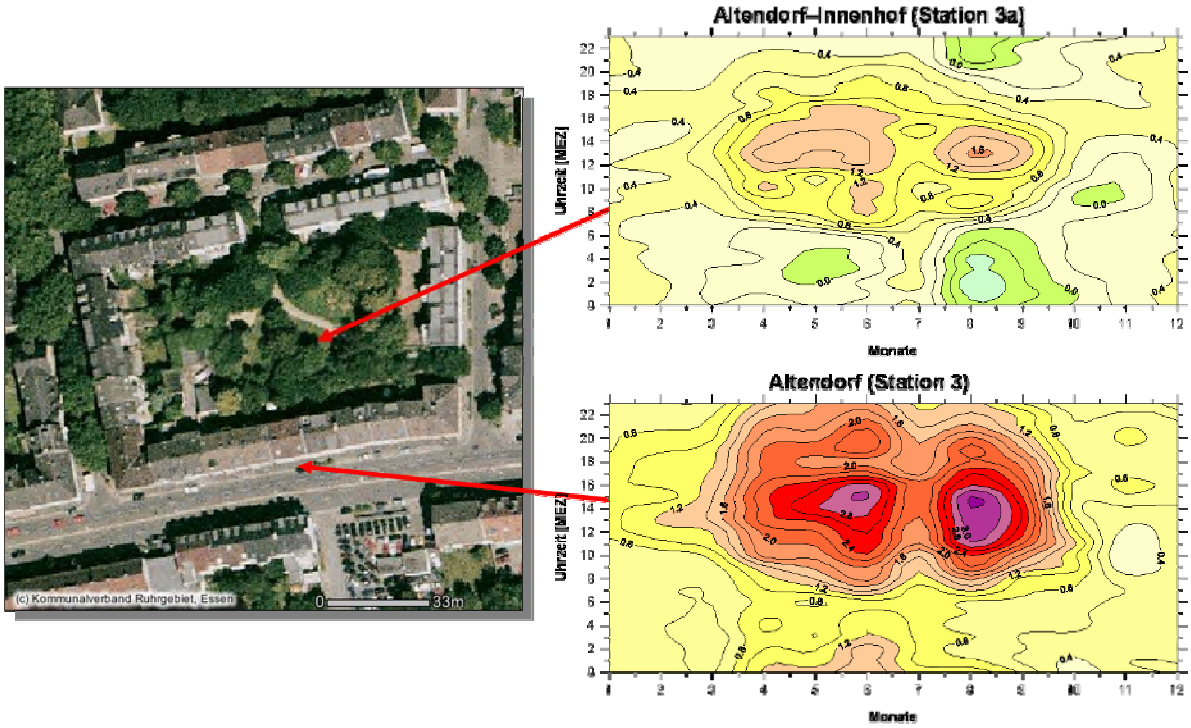


Abb. 5-14 Innenhofbegrünung an der Altendorfer Straße in Essen: Temperaturdifferenzen zum Außenbereich

M12 Begrünung von Straßenzügen

Im innerstädtischen Bereich kann eine Aufheizung durch Begrünung von Straßenzügen mit Bäumen und Sträuchern vermindert werden. Der Schattenwurf der Vegetation sowie Verdunstung und Transpiration der Pflanzen reduzieren die Aufheizung der versiegelten Stadtbereiche. Im Bereich von Luftleitbahnen (M7) sollten Anpflanzungen aber keine Hindernisse für Kalt- und Frischluftströmungen bilden.
Bei der Auswahl von geeigneten Straßenbäumen ist zu beachten, dass ein geschlossenes Baumkronendach in einer Straßenschlucht durch verminderten Luftaustausch zu einer Anreicherung von Luftschadstoffen im unteren Straßenraum führen kann. Es gibt auf der anderen Seite aber auch Straßenabschnitte mit einer sehr guten Durchlüftungssituation, bei denen Baumreihen aus lufthygienischer Sicht unbedenklich sind. Im Einzelfall kann dies durch eine Modellsimulation überprüft werden. Abbildung 5-15 zeigt schematisch die Ergebnisse einer solchen Simulation mit einer Anreicherung von Luftschadstoffen unter dem geschlossenen Kronendach in einer Straßenschlucht. Lufthygienische Bedenken gegen eine Begrünung mit Bäumen gelten natürlich nur dort, wo sich unterhalb der Baumkrone signifikante Emissionsquellen befinden. Wenig befahrene Straßenabschnitte, Plätze und Fußgängerzonen können durch eine Begrünung mit Straßenbäumen lokalklimatisch verbessert werden.

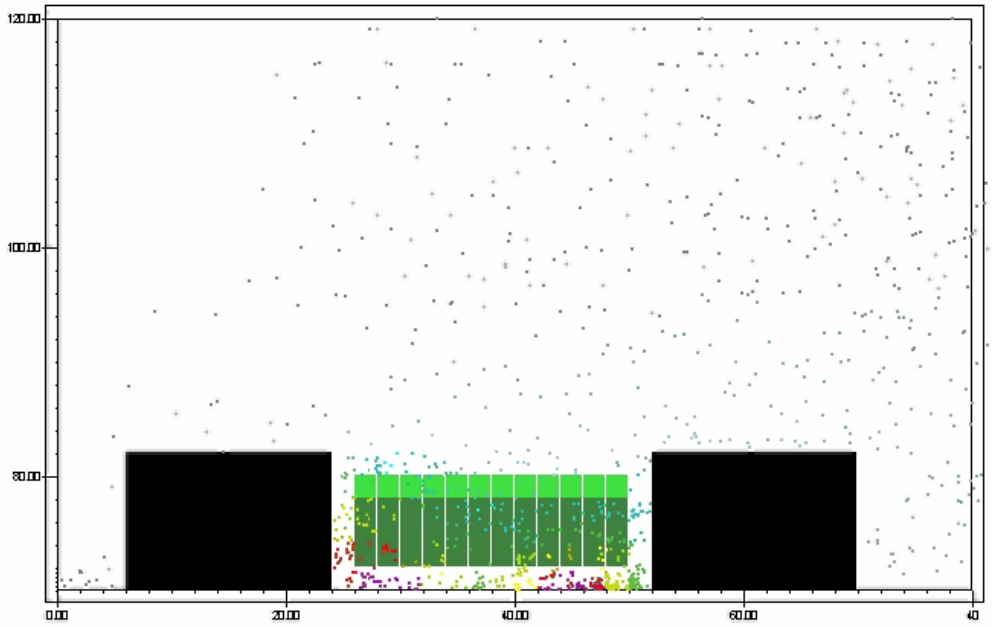


Abb. 5-15 ENVI-met – Simulation zur Verteilung des Gas-/Partikelkonzentration (bunte Punkte) in einer Straßenschlucht (schwarz: Gebäude) mit geschlossenem Baumkronendach (grün)

M13 Bepflanzung urbaner Räume mit geeigneten Pflanzenarten

Bei der Auswahl von geeigneten Baumsorten für die Begrünung im innerstädtischen Raum, dies gilt für eine Begrünung von Straßenzügen ebenso wie bei Parkbäumen, sind neben Faktoren wie Standortansprüchen und Verkehrssicherheit zwei Dinge zu beachten. Zum einen emittieren verschiedene Baumarten unterschiedlich große Mengen an flüchtigen organischen Stoffen, die zur Bildung von Ozon beitragen. Diese Bäume können so zu einer Erhöhung der Ozonbelastung beitragen und sind nicht zur Straßenbegrünung geeignet. Eine Auswahl an Pflanzenarten, die wenig biogene Kohlenwasserstoffe emittieren, findet sich bei Benjamin und Winer (1998). Zum anderen müssen sich Stadtbäume auf veränderte, durch den Klimawandel verursachte Bedingungen einstellen. Insbesondere die zunehmende Sommerhitze in den Städten und damit verbundene sommerliche Trockenperioden erfordern eine gezielte Auswahl von geeigneten Stadtbäumen für die Zukunft. Wärmeresistente Pflanzenarten mit geringem Wasserbedarf sind zukünftig besser für innerstädtische Grünanlagen geeignet. Um eine ausreichende Vielfalt mit Pflanzenarten, die eine sehr hohe Trockenstresstoleranz haben, zu erreichen, ist es notwendig, neben heimischen Arten auch Arten aus Herkunftsgebieten mit verstärkten Sommertrockenzeiten zur Bepflanzung heranzuziehen. Durch eine erhöhte Artenvielfalt im städtischen Raum kann möglichen Risiken durch neue, wärmeliebende Schädlinge vorgebeugt werden.
In einer vom Bund deutscher Baumschulen (BdB) in Auftrag gegebenen Studie wurden am Lehrstuhl für Forstbotanik der TU Dresden (Roloff & Gillner 2007) 250 Gehölzarten auf ihre Eignung als Stadtbäume bei einem prognostizierten Klimawandel bewertet. Dafür wurde eine neue Klima-Arten-Matrix (KLAM) entwickelt, die Trockenstress-Toleranz und Winterhärte in jeweils 4 Abstufungen (sehr geeignet, geeignet, problematisch, sehr eingeschränkt geeignet) als entscheidende Kriterien heranzieht. Neben schon bisher im innerstädtischen Bereich verwendeten Gehölzen wurden auch nichtheimische Baumarten aus Herkunftsgebieten mit ähnlichen Wintertemperaturen und verstärkten Sommertrockenzeiten in die Bewertung aufgenommen. In der Tabelle 5-1 sind Bäume, die bezüglich der Trockentoleranz und der Winterhärte sehr geeignet bis geeignet sind, mit Angaben, falls vorhanden, hinsichtlich des Ozonbildungspotenzials aufgelistet. Geeignete Stadtbäume sollten möglichst wenig biogene Kohlenwasserstoffe emittieren und damit ein geringes Ozonbildungspotenzial aufweisen.

Abb. 5-16 Allee in Bochum (Foto: Bruse)

Die Klima-Arten-Matrix für Stadtbaumarten soll eine Entscheidungshilfe bei der Verwendung von Bäumen in der Stadt liefern. Eine weitere Straßenbaumliste mit fachlichen Empfehlungen wird vom Arbeitskreis Stadtbäume der Grünflächenamtsleiterkonferenz (GALK 2006) herausgegeben und aktualisiert. Es werden verschiedene Baumarten auf ihre innerstädtische Eignung für den Extremstandort Strasse in verschiedenen Regionen in Deutschland getestet. Das Ziel des GALK-Arbeitskreises ist es, die Artenvielfalt in den Städten zu erhöhen und damit möglichen Risiken durch neue, wärmeliebende Schädlinge vorzubeugen (Abicht 2009).

Tab. 5-1 Klima-Arten-Matrix (KLAM) – Einstufung wichtiger Baumarten (**fett**: heimische Arten) nach ihrer Eignung für eine Verwendung im Stadtbereich (nach Roloff et al. 2008, Benjamin & Winer 1998 und Stewart & Hewitt 2002)
Erläuterung: ++ = sehr geeignet, + = geeignet, -- = ungeeignet, / = keine Untersuchungsergebnisse

In der Kategorie Trockentoleranz **sehr geeignet**		Winterhärte	Geringes Ozon-bildungspotenzial
Acer campestre	**Feld-Ahorn**	**++**	**++**
Acer negundo	Eschen-Ahorn	++	++
Acer opalus	**Schneeballblättriger Ahorn**	**+**	**/**
Acer rubrum	Rot-Ahorn	+	/
Acer x zoeschense	Zoeschener Ahorn	++	/
Alnus incana	**Grau-Erle**	**++**	**/**
Carya tomentosa	Spottnuss	+	++
Catalpa speciosa	Prächtiger Trompetenbaum	+	/
Cedrus brevifolia	Zypern-Zeder	+	/
Cedrus libani	Libanon-Zeder	+	/
Celtis caucasica	Kaukasischer Zürgelbaum	+	/
Celtis occidentalis	Amerikanischer Zürgelbaum	+	/
Cladrastis sinensis	Chinesisches Gelbholz	++	/
Cupressus arizonica	Arizona-Zypresse	+	++
Diospyros lotus	Lotuspflaume	+	/
Fraxinus angustifolia	Schmalblättrige Esche	+	/
Fraxinus pallisiae	Behaarte Esche	++	/
Fraxinus quadrangulata	Blau-Esche	+	/
Ginkgo biloba	Ginkgo, Fächerbaum	+	++
Gleditsia japonica	Japanische Gleditschie	+	/
Gleditsia triacanthos	Amerikanische Gleditschie	+	/
Juniperus communis	**Gewöhnlicher Wacholder**	**++**	**++**
Juniperus scopulorum	Westliche Rotzeder	++	/
Juniperus virginiana	Rotzeder	++	/
Maackia amurensis	Asiatisches Gelbholz	+	/
Ostrya carpinifolia	Gemeine Hopfenbuche	++	/
Ostrya virginiana	Virginische Hopfenbuche	+	/
Phellodendron sachalinense	Sachalin-Korkbaum	++	/
Pinus bungeana	Bunges Kiefer	+	/
Pinus heldreichii	Panzer-Kiefer	++	/
Pinus nigra	Schwarz-Kiefer	++	+
Pinus ponderosa	Gelb-Kiefer	+	+
Pinus rigida	Pech-Kiefer	+	/
Pinus sylvestris	**Wald-Kiefer**	**++**	**+**
Platanus x hispanica	Ahornblättrige Platane	+	--
Populus alba	**Silber-Pappel**	**+**	**--**
Prunus avium	**Vogel-Kirsche**	**++**	**++**
Quercus bicolor	Zweifarbige Eiche	++	/
Quercus cerris	**Zerr-Eiche**	**+**	**+**
Quercus coccinea	Scharlach-Eiche	+	--
Quercus frainetto	Ungarische Eiche	+	/
Quercus macranthera	Persische Eiche	+	/
Quercus macrocarpa	Klettenfrüchtige Eiche	++	/
Quercus montana	Kastanien-Eiche	+	/
Quercus muehlenbergii	Gelb-Eiche	+	/
Quercus pubescens	**Flaum-Eiche**	**+**	**/**
Robinia pseudoacacia	Gemeine Robinie	++	++
Robinia viscosa	Klebrige Robinie	++	/

Fortsetzung Tab. 5-1

In der Kategorie Trockentoleranz **sehr geeignet**		Winterhärte	Geringes Ozon-bildungspotenzial
Sophora japonica	Japanischer Schnurbaum	+	+
Sorbus aria	**Echte Mehlbeere**	**++**	**+**
Sorbus badensis	**Badische Eberesche**	**++**	**+**
Sorbus domestica	**Speierling**	**+**	**+**
Sorbus latifolia	**Breitblättrige Mehlbeere**	**+**	**+**
Sorbus torminalis	**Elsbeere**	**+**	**+**
Sorbus x thuringiaca	**Thüringer Mehlbeere**	**++**	**+**
Thuja orientalis	Morgenländischer Lebensbaum	+	/
Tilia mandshurica	Mandschurische Linde	++	+
Tilia tomentosa	Silber-Linde	+	+
Ulmus pumila	Sibirische Ulme	++	++
In der Kategorie Trockentoleranz **geeignet**		Winterhärte	Geringes Ozon-bildungspotenzial
Acer buergerianum	Dreispitziger Ahorn	++	/
Acer platanoides	**Spitz-Ahorn**	**++**	**++**
Aesculus x carnea	Rotblühende Kastanie	++	/
Alnus cordata	Herzblättrige Erle	+	/
Alnus x spaethii	Spaeths Erle	++	/
Betula pendula	**Sand-Birke**	**++**	**++**
Carpinus betulus	**Gewöhnliche Hainbuche**	**++**	**++**
Carya ovata	Schuppenrinden-Hickory	+	++
Castanea sativa	Essbare Kastanie	+	+
Celtis bungeana	Bungens Zürgelbaum	+	/
Corylus colurna	Baum-Hasel	+	/
Cupressocyparis leylandii	Leylandzypresse	+	++
Diospyros virginiana	Persimone	+	/
Eucommia ulmoides	Guttaperchabaum	+	/
Fraxinus excelsior	**Gemeine Esche**	**+**	**++**
Fraxinus pennsylvanica	Grün-Esche, Rot-Esche	++	++
Gymnocladus dioicus	Amerikanischer Geweihbaum	+	/
Malus tschonoskii	Woll-Apfel	++	++
Nyssa sylvatica	Wald-Tupelobaum	+	/
Phellodendron amurense	Amur-Korkbaum	+	/
Picea omorika	Serbische Fichte	++	+
Pinus peuce	Rumelische Kiefer	+	/
Platanus occidentalis	Amerikanische Platane	+	--
Populus tremula	**Zitter-Pappel**	**++**	**--**
Populus x berolinensis	Berliner Pappel	++	--
Pyrus communis	**Kultur-Birne**	**+**	**++**
Pyrus pyraster	**Wild-Birne**	**+**	**++**
Quercus imbricaria	Schindel-Eiche	+	/
Quercus palustris	Sumpf-Eiche	+	/
Quercus robur ssp. Sessiliflora	**Trauben-Eiche**	**+**	**--**
Quercus rubra	Rot-Eiche	+	+
Sorbus intermedia	**Schwedische Mehlbeere**	**++**	**+**
Tilia cordata	**Winter-Linde**	**++**	**++**
Tilia x euchlora	Krim-Linde	++	+
Ulmus parvifolia	Japanische Ulme	+	++
Zelkova serrata	Japanische Zelkove	+	++

M14 Vermehrte Bewässerung urbaner Vegetation

Durch den Klimawandel verursachte geänderte klimatische Bedingungen mit zunehmender Sommerhitze in den Städten und damit verbundenen sommerlichen Trockenperioden haben erhebliche Auswirkungen auf die urbane Vegetation. Eine Möglichkeit zur Anpassung an diese neuen Bedingungen ist die künstliche Bewässerung derjenigen begrünten Flächen, auf denen während Trockenperioden zu wenig Grundwasser oder Bodenfeuchtigkeit zur Verfügung steht.

Diese Lösung verursacht allerdings Konflikte mit der Sicherung der allgemeinen Wasserversorgung während längerer Trockenperioden im Sommer. Eine Alternative zur künstlichen Bewässerung von Flächenbegrünung auf sommertrockenen Standorten im urbanen Raum ist daher ggf. der Ersatz von einheimischen Arten durch Bepflanzung mit trockenresistente Arten. Regenwasserspeicher können als Lieferanten des notwendigen Wassers dienen und weisen damit Synergien mit der Abmilderung der Folgen von Extremniederschlägen auf.

Abb. 5-17 Künstliche Bewässerung von Parkanlagen

M15 Vermehrter Einsatz von bodenbedeckender Vegetation; Vermeidung oder künstliche Abdeckung unbewachsener Bodenflächen

Zunehmende Sommerhitze in den Städten kann zur Austrocknung nichtversiegelter Flächen führen. Diese erfüllen aber eine wichtige Funktion für die Niederschlagsversickerung im urbanen Raum. Stark ausgetrocknete Böden führen beim nächsten Niederschlagsereignis dazu, dass ein größerer Teil des Wassers nicht versickern kann und deshalb oberflächlich abfließt. Dies hat negative Auswirkungen auf die Bodenerosion und die Grundwasserneubildung und erhöht das Überschwemmungsrisiko beim nächsten Starkregen.

Die Bepflanzung solcher Flächen mit bodenbedeckender Vegetation verringert die Austrocknung des Bodens und verbessert damit das Versickerungsvermögen. Wo eine Bepflanzung nicht möglich oder sinnvoll ist, können unbewachsene Bodenflächen mit (künstlichen) Materialien wie z. B. Mulch abgedeckt werden, um die Verdunstung aus dem Boden zu verringern.

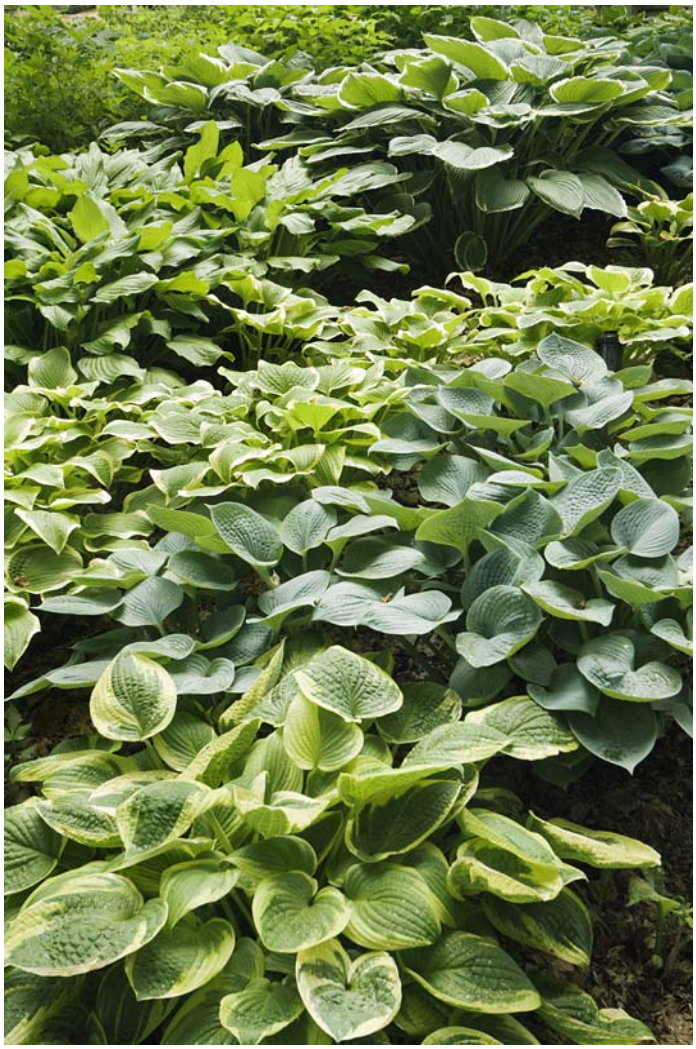


Abb. 5-18 Bepflanzung mit bodenbedeckender Vegetation

M16 Beschattung relevanter Flächen

In Kapitel 2 wurden mögliche Auswirkungen länger dauernder Hitzephasen auf die Trinkwasserverteilungsnetze beschrieben: Die Netze erwärmen sich, was eine Vermehrung von hygienisch relevanten Bakterien (beispielsweise Enterobacter, Citrobacter, Klebsiella u. a.) zur Folge haben kann. Besonders anfällig hierfür sind schwach durchflossene Netzabschnitte unter asphaltierten oder gepflasterten Straßen und Plätzen sowie unter Flächen ohne ausreichende Beschattung, die die Wärme gut aufnehmen, über längere Zeit speichern und auf diese Weise den Boden aufheizen. Eine direkte Bestrahlung durch die Sonne forciert diesen Effekt des Aufheizens.
Eine Möglichkeit, das Aufheizen von Versorgungsleitungen zu verringern, ist die Beschattung relevanter Flächen durch Vegetation oder durch bauliche Maßnahmen. Wählt man eine Beschattung durch Bäume, hat dies gleichzeitig positive Effekte auf das Stadtklima (H7) und die Lufthygiene. Es können hierbei aber auch Konflikte zwischen dem Wurzelwerk der Bäume und existierenden Leitungstrassen, Verteilungsnetzen und Kanälen entstehen (siehe Kapitel 4.3), weshalb dann ggf. auf bauliche Verschattungsmaßnahmen zurückgegriffen werden muss. Eine bauliche Verschattung beispielsweise durch Vordächer oder Arkaden ist insbesondere sinnvoll, wenn Synergien zur Anpassungslösung H18 entstehen, also durch Verschattungselemente die Aufenthaltsqualität im stark besonnten Innenstadtbereich erhöht werden kann.

Abb. 5-19 Beschattung eines Platzes durch Bäume

M17 Offene Wasserflächen schaffen

Die Verdunstung von Wasser verbraucht Wärmeenergie aus der Luft und trägt so zur Abkühlung der aufgeheizten Innenstadtluft bei. Über eine Steigerung des Anteils von Wasser- und Grünflächen in Städten kann damit ein Abkühlungseffekt erzielt und gleichzeitig in der meist relativ trockenen Stadtatmosphäre die Luftfeuchtigkeit erhöht werden. Dabei wiegt in der Regel die positive Wirkung des Abkühlungseffektes durch die Verdunstung die Nachteile einer eventuell häufiger auftretenden Schwüle im urbanen Gebiet auf.
Bewegtes Wasser wie innerstädtische Springbrunnen (Abb. 5-20) oder Wasserzerstäuber tragen insgesamt in größerem Maß zur Verdunstungskühlung bei als stehende Wasserflächen.

Abb. 5-20 Innerstädtische Wasserspiele (Foto: Gabrian, RVR)

Offene Wasserflächen haben zudem eine ausgleichende Wirkung auf die Lufttemperaturen in der Umgebung. Wasser erwärmt sich im Vergleich zur Luft verhältnismäßig langsam, dadurch sind Wasserflächen im Sommer relativ kühl und im Winter relativ warm. In der Regel sind Brunnen in der Winterzeit abgestellt.

M18 Neubau: Verkehrsflächen mit geringerer Wärmeleit- und -speicherfähigkeit

Die potentiell durch zu hohe Temperatur im Trinkwasserverteilungsnetz entstehende Gefährdung der Wasserqualität ergibt sich aus der Wärmeaufnahme von hoch versiegelten Flächen. Wie viel Wärme in welcher Zeit bei zunehmenden Temperaturen von einem Baukörper aufgenommen wird, hängt dabei von der Art des Stoffes ab. Asphaltierte oder gepflasterte Verkehrsflächen erwärmen sich deutlich stärker als natürliche Oberflächen. Da Straßen und Verkehrswege in dicht bebauten Innenstädten rund 10 % der Fläche ausmachen können, können sie erheblich zum Erwärmungseffekt beitragen.
Zur Verringerung von Bodenerwärmungen ist daher auch hier der gezielte Einsatz von Materialen mit geringerer Wärmeleit- und -speicherfähigkeit sinnvoll. Helle Beläge auf Verkehrsflächen reflektieren im Gegensatz zu dunklem Asphalt einen größeren Anteil der eingestrahlten Sonnenenergie sofort wieder (Albedo) und können damit das Aufheizen von Leitungssystemen erheblich verringern. Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die Oberfläche von hellem Beton um bis zu 13 K weniger erwärmt als dunkler Asphaltbelag (Forschungsinstitut der Österreichischen Zementindustrie 2009).

Abb. 5-21 Foto: Forschungsinstitut der Österreichischen Zementindustrie (2009)

M19 Aufruf zu wassersparendem Verhalten in Trocken- und Hitzeperioden

In südlichen Ländern, in denen bereits heute längere Trockenperioden auftreten und Wasserknappheit vorherrscht, ist es längst üblich, dass – beispielsweise in Hotels – auf das Problem der Wasserknappheit hingewiesen und ein sparsamer Umgang mit Wasser gefordert wird.

In Nordrhein-Westfalen wird auch zukünftig die Versorgungssicherheit bei zunehmenden Hitzeperioden und höherem Spitzenverbrauch nach derzeitiger Bewertung nicht gefährdet sein. Trotzdem kann es auch hier in längeren Trockenphasen zu zeitweiligen regionalen Engpässen kommen. In solchen Phasen sollten nicht nur die Bevölkerung, sondern auch Industrie, Energieerzeugung oder die Landwirtschaft zu einem sparsamen Umgang mit Wasser aufgerufen werden, etwa indem verstärkt Brauchwasser verwendet wird. Verhaltensempfehlungen und Tipps zum sparsamen Umgang mit Wasser können auch über z. B. Informationsblätter verbreitet werden.

Der sparsame Umgang mit Wasser kann auf der anderen Seite dazu führen, dass eine ausreichende Durchspülung der Kanalnetze nicht mehr gewährleistet ist und damit Konflikte mit Handlungslösung H31 auslösen. Daher müssen jeweils lokal spezifisch Lösungen gefunden werden.

M20 Maßnahmen auf Seiten der Kanalnetzbetreiber

Besonders während länger andauernden Hitzeperioden kann es zu einer Erhöhung der Wassertemperaturen in Trinkwasserverteilungsnetzen kommen. Im Temperaturbereich zwischen 15 und 25 °C können schon geringere Temperaturerhöhungen von 1 °C - 3 °C zu einer wesentlichen Vermehrung hygienisch relevanter Bakterien führen. Eine solche Erwärmung betrifft im Wesentlichen Netzendstränge mit wenig Durchfluss bzw. Netzteile mit zu geringen Abnahmen (z. B. aufgrund des wirtschaftlichen oder des demographischen Wandels), in denen ein ausreichender Durchfluss nicht gewährleistet ist. Zurzeit laufen verschiedene Forschungsvorhaben, um diese Effekte besser quantifizieren zu können.
Um eine Wiederverkeimung zu verhindern, sind unter Umständen – besonders in dicht besiedelten Gebieten mit Trinkwasserversorgung aus Oberflächengewässern – betriebliche und bauliche Anpassungsmaßnahmen erforderlich.

Bereits heute stellen Wasserwerke und Netzbetreiber mit verschiedenen betrieblichen Maßnahmen ein sauberes Trinkwasser von der Aufbereitung bis zum Kunden sicher, z. B. durch die Entkeimung des Trinkwassers und eine sorgfältige Desinfektion aller neuen, reparierten oder ersetzten Netzteile. Weitere Möglichkeiten bestehen in einer weitgehenden Reduzierung der Nährstoffe im Trinkwasser in der Wasseraufbereitung, im regelmäßigen Spülen und Desinfizieren von Strängen und indem ausreichender Durchfluss sichergestellt wird, z. B. durch regelmäßiges Ablassen von Wasser aus Endsträngen seitens der Netzbetreiber.

Um einer Erwärmung des Trinkwassers in Verteilnetzen aufgrund stark erhöhter Luft- und Bodentemperaturen entgegenzuwirken, kann eine übermäßige Erwärmung der leitungsumgebenden Böden auch durch bauliche Maßnahmen verringert werden. Beim Bau bzw. bei der Sanierung von Verkehrsflächen sowie bei der Verfüllung von Leitungsgräben sollten möglichst Materialien mit geringer Wärmeleit- bzw. -speicherfähigkeit eingesetzt werden (siehe H23). Besser ist es jedoch, auf eine Versiegelung der Flächen zu verzichten. Gleichzeitig ist bei Umbaumaßnahmen darauf zu achten, dass die zurzeit gültige Mindesttiefe (Überdeckung) für Leitungssysteme von 0,80 m nicht unterschritten wird. Sonneneinstrahlung und Hitze können so die unterliegenden Bodenschichten und Rohrleitungen weniger stark aufheizen. Um die Leitungsüberdeckung zu vergrößern, könnte bei Neubauprojekten auch die Einbautiefe erhöht werden. Diese Lösung zöge aber höhere Investitions- und Unterhaltungskosten nach sich, da alle Stichanschlüsse wie Schieber, Hydranten und Hausanschlüsse entsprechend verlängert bzw. tiefer ausgeführt werden müssten und Reparaturen am Verteilnetz einen höheren Aufwand erfordern würden. Auch die Isolierung der Verteil- und Hausanschlüsse als Reaktion auf steigende Temperaturen wäre mit höheren Kosten verbunden.

5.2.2 Anpassung an Extremniederschläge

M21 Nutzung von Überschussmengen aus der örtlichen Grundwasserbewirtschaftung

Der zu erwartende Anstieg der Niederschläge in den Wintermonaten kann in vielen Teilen Nordwestdeutschlands zu einer erhöhten Grundwasserneubildung und damit zu steigenden oberflächennahen Grundwasserspiegeln führen. Hieraus ergäbe sich im Bedarfsfall, z. B. in längeren Hitzephasen im Sommer mit erhöhtem Wasserverbrauch (u. a. zur Bewässerung im öffentlichen Raum und auf Privatgrundstücken) ein größeres zu bewirtschaftendes Dargebot, das – je nach Verfügbarkeit und Grundwasserqualität – für folgende Verwendungen eingesetzt werden kann:

- zur städtebaulichen Gestaltung (künstliche Wasserläufe, Brunnen, Fontänen),
- zur Bewässerung weitläufiger städtischer Grünanlagen,
- zur Speisung von neuen Wasserflächen (Kühlungspunkten) z. B. in Parks.

Weitere – wenn auch beschränkte – Anwendungsmöglichkeiten in Verbindung mit einer umfassenden urbanen Regenwasserbewirtschaftung könnten die Speisung vertikaler Kühlungsflächen an Gebäuden oder eine Nutzung zur Straßenreinigung, für Kanalspülungen oder in Autowaschanlagen sein.

M22 Geeignete Bepflanzung urbaner Flächen zur Verbesserung der Durchlässigkeit der oberen Bodenschicht (Durchwurzelung)

Wesentlichen Einfluss auf die Siedlungswasserwirtschaft gewinnt die hitzebedingte Austrocknung der oberen Bodenzone dadurch, dass die ersten Niederschläge nach einer Trockenperiode nicht in den ausgetrockneten Boden eindringen können, sondern oberflächig abfließen. Die Folgen können eine höhere Bodenerosion, eine verringerte Grundwassererneuerungsrate und insbesondere deutlich erhöhte Niederschlagsabflüsse in die Siedlungsentwässerungssysteme, in die nächsten Oberflächengewässer und – je nach Leistungsfähigkeit der Entwässerungssysteme – auch in tiefer liegende Siedlungsgebiete und Infrastrukturanlagen sein.

Eine verbesserte Versickerung wird erreicht, indem urbane Flächen mit Vegetation bepflanzt werden, deren Wurzelwerk den Untergrund auflockert. Durch eine gleichmäßige Durchwurzelung der oberen Bodenschichten wird die Durchlässigkeit von Böden verbessert.

Die Pflanzenauswahl orientiert sich an den Anforderungen einer extensiven Pflege und benötigt überwiegend trockenheitsverträgliche, aber überstautolerante Arten. Der Wirkungsgrad von Stauden auf die Bodendurchlässigkeit liegt im Schnitt etwa um ein Drittel höher als der von Rasen. Ursache hierfür ist die bei Stauden intensivere Durchwurzelung des Bodens. Bedingt durch ein vergleichsweise geringes Angebot an wasserspeichernden Poren in der Oberbodenauflage werden die Pflanzen gezwungen, auch tiefer liegende Bodenschichten intensiver zu erschließen. Die Wurzelaktivität begünstigt die Kapillarität und Porosität im Untergrund, was sich positiv auf die Versickerungsleistung auswirkt. Im Fall von Rasen befindet sich mehr als 95 % der Wurzelmasse in Oberbodenschichten bis 20 cm Dicke. Bei Stauden können dagegen artabhängig innerhalb von fünf Jahren bereits bis zu 75 % der Wurzeln 40 cm tief in den Boden einwachsen (Eppel-Hotz 2008).

Abb. 5-22 Staudenbepflanzung (Bildnachweis: @istock.com/fotolinchen)

M23 Verbesserung bzw. Ermöglichung der Versickerung

In Flächen mit hohem Versiegelungsgrad können die anfallenden Niederschlagswassermengen nicht ohne weiteres in den Boden eindringen und versickern. Eine verbesserte Versickerung wird durch Entsiegelung von bebauten Flächen erreicht (E1), ebenso durch ausreichende Vegetation, deren Wurzelwerk den Untergrund auflockert. Um das Entwässerungssystem oder Vorfluter zu entlasten, sind technische Versickerungs- bzw. Verrieselungsanlagen hilfreich. Hierbei kann es sich um unbelastetes aber auch belastetes Niederschlagswasser handeln. Verrieselung ist die Einbringung belasteter, zu behandelnder Wässer (in diesem Zusammenhang meistens vorbehandeltes Schmutzwasser) in den Untergrund auf eine Art und Weise, dass dabei eine den Schutz des Grundwassers entsprechende Reinigung im Verlauf der Rieselstrecke (Sickerstrecke) erfolgt. Nach DWA-Arbeitsblatt 138 (ATV-A 138 2005) werden folgende Versickerungs- bzw. Verrieselungsanlagen unterschieden:

Flächen-Versickerung

Bei der Flächenversickerung wird das Niederschlagswasser nicht gefasst, sondern ohne technische Einrichtungen großflächig versickert. Das auf der Fläche selbst anfallende und von benachbarten Flächen zugeleitete Niederschlagswasser wird ohne Zwischenspeicherung flächenhaft in den Untergrund abgeleitet. (Abb. 4-35).

Vorteile:

- keine punktuelle Bodenbelastung aufgrund flächiger Versickerung
- bei Versickerung über bewachsenen Mutterboden gute Reinigungsleistung
- in Eigenarbeit zu erstellen
- hohe Lebensdauer
- geringe Kosten

Nachteile:

- Großer Flächenbedarf
- Keine Zwischenspeicherung möglich

Mulden- bzw. Beckenversickerung

Bei großen Flächen, wie z. B. bei Wohnsiedlungen oder Gewerbegebieten, empfiehlt sich die Beckenversickerung. Dabei wird der Niederschlag über eine Vielzahl von Regenwasserleitungen einer zentralen Versickerungsanlage zugeführt. Die Becken und Teiche können naturnah gestaltet werden. Bepflanzte Teichbiotope passen sich sehr gut in die Landschaft ein und tragen zur Verbesserung des Mikroklimas bei.

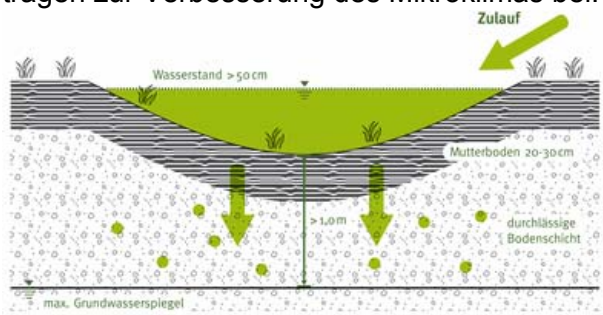


Abb. 5-23 Mulden- bzw. Beckenversickerung (Kompatscher 2008)

Vorteile:

- Versickerungszone biologisch aktiv
- Gute Retentionswirkung
- Biotope als gestalterisches Element
- Gute Wartungsmöglichkeiten
- Verbesserung des Mikroklimas

Nachteile:

- Einfriedung erforderlich
- Selbstverdichtung der Sickerschicht bei unsachgemäßer Wartung
- Gute Untergrundverhältnisse erforderlich

Rigolenversickerung, Rohrversickerung

Rigolen sind mit grobem Kies oder Schotter, mit Lavagranulat oder mit Hohlkörpern aus Kunststoff gefüllte Gräben. Das in diese Rigolen eingeleitete Regenwasser wird dort zwischengespeichert und langsam an den Boden abgegeben. Eventuell kann in diesen Gräben zusätzlich ein gelochtes Rohr (Sickerrohr) verlegt werden, um die Speicherkapazität noch zu erhöhen bzw. um in der Rigole eine gleichmäßige Verteilung des Regenwassers zu gewährleisten. In diesem Falle spricht man von Rigolen-Rohrversickerung. Diese Systeme werden eingesetzt, wenn die Flächen zum Bau einer Mulde nicht ausreichen oder der Boden nicht ausreichend durchlässig ist. Außerdem eignen sich Rigolen beispielsweise als Überlauf von Gründächern oder von Regenwassernutzungsanlagen.

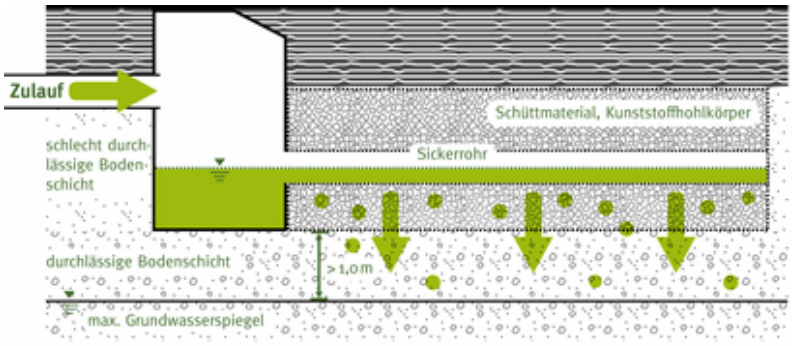


Abb. 5-24 Rigolenversickerung, Rohrversickerung (Kompatscher 2008)

Vorteile:

- Durchdringung schlechter Sickerschichten
- Leichte Verbindung zu tieferen, aufnahmefähigeren Schichten
- Geringer Flächenbedarf
- Gutes Retentionsvermögen
- Kaum Einschränkung der Nutzbarkeit der Oberfläche

Nachteile:

- Geringe Reinigungsleistung
- Keine Wartungsmöglichkeiten
- Schwebstofffreies Wasser erforderlich

Mulden-Rigolen-Versickerung

Bei diesem System wird an der Oberfläche der Rigole eine begrünte Mulde ausgebildet; somit wird durch die Muldenversickerung eine sehr gute Reinigungsleistung erzielt und durch die darunter liegende Rigole der Speichereffekt vergrößert. Diese Systemkombination eignet sich vor allem bei gering durchlässigen Böden.

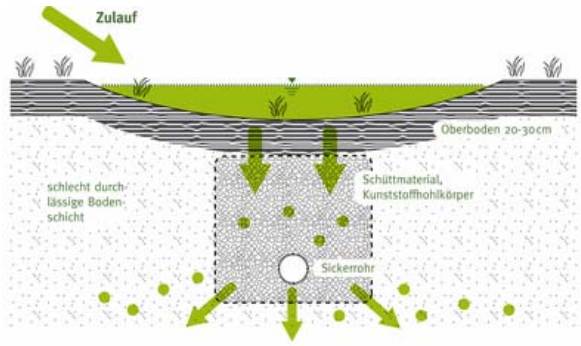


Abb. 5-25 Mulden-Rigolenversickerung (Kompatscher 2008)

Schachtversickerung

Die Schachtversickerung stellt eine Variante zur Rigolenversickerung dar, wobei in diesem Falle das Regenwasser punktförmig mittels Versickerungsschacht in den Untergrund gelangt. Diese Versickerungsanlage ist besonders für innerstädtische Gebiete mit geringem Flächenangebot geeignet, da ein minimaler Flächenbedarf (weniger als 1% der angeschlossenen Fläche) notwendig ist. Wie bei der Rigolen-/Rohrversickerung dürfen nur gering verunreinigte Regenwässer eingeleitet werden.

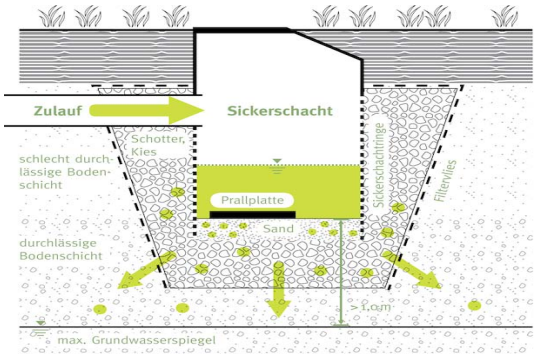


Abb. 5-26 Schachtversickerung (Kompatscher 2008)

Vorteile:

- Äußerst geringer Flächenbedarf
- Gutes Retentionsvermögen
- Kaum eingeschränkte Nutzbarkeit der Oberfläche

Nachteile:

- Geringe Leistungsfähigkeit
- Kaum eine Reinigungsleistung
- Geringe Wartungsmöglichkeiten
- Schwebstofffreies Wasser erforderlich

M24 Schaffung von Niederschlagswasserzwischenspeichern und Notwasserwegen

Wenn Entwässerungssysteme bei Starkniederschlägen versagen und überlaufen, müssen die dann oberirdisch abfließende Wassermengen gezielt in die natürlichen Vorfluter geleitet oder Retentionsanlagen und –flächen zugeführt werden, damit Schäden an Infrastruktur und Gebäuden verhindert werden können. Besondere Bedeutung kommt hierbei der Ausweisung bzw. Anlage von Notwasserwegen im öffentlichen Raum und auch auf Privatgrundstücken zu, über die ggfs. auch große Wassermengen ohne Gefahr für die Bewohner von Siedlungsgebieten abgeführt werden können.
Wassermengen aus Niederschlägen können in Retentionsbecken mit oder ohne Filteranlagen zurückgehalten und verzögert an das Entwässerungssystem abgegeben werden, sobald das dort eingestaute Mischwasser abgelaufen ist.

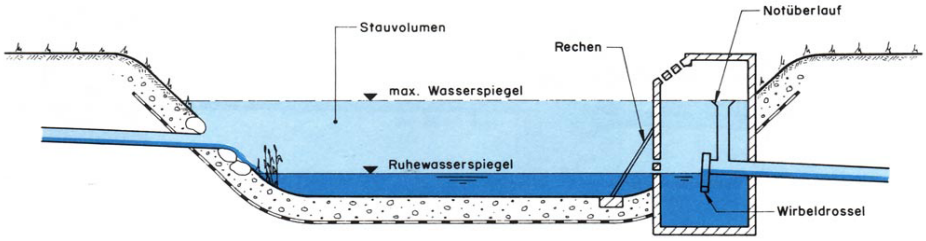


Abb. 5-27 Retentionsbecken (Kanton Solothurn 1997)

Im Speichervolumen des gegenüber dem Untergrund abgedichteten Retentionsbeckens wird kurzfristig Wasser zurückgehalten und verzögert abgeleitet (Abb. 4-40). Durch die belebte Bodenschicht finden eine biologische Reinigung und ein Rückhalt von partikulären sowie gelösten Stoffen statt. Eine zusätzliche Filterung ist beim Filterretentionsbecken gegeben (Abb. 5-28).

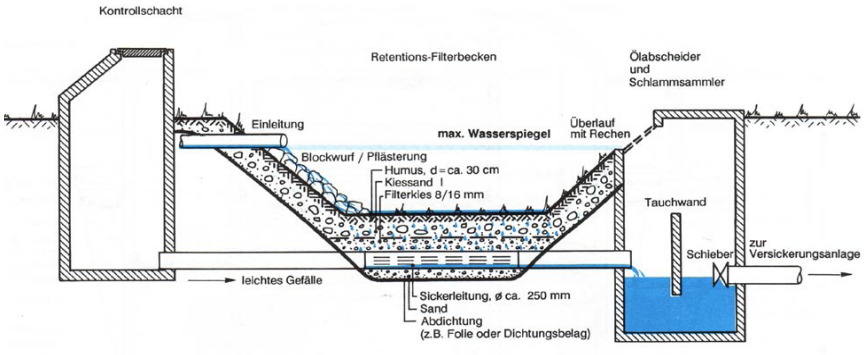


Abb. 5-28 Filterretentionsbecken (Kanton Solothurn 1997)

Verunreinigungen werden herausgefiltert, so dass die Wasserqualität verbessert werden kann. Kontrollschächte ermöglichen zusätzlich Interventionen bei Störfällen. Zudem sind auch diverse Varianten möglich, beispielsweise:

- Nutzung eines Beckens als Teichanlage oder Biotop
- Nachschaltung von Versickerungs- oder Brunnenanlagen und Wasserspielen
- Nachschaltung von Pflanzbeeten oder anderen Reinigungsanlagen

Vor allem in den verdichteten Innenstadtbereichen, die gleichzeitig das höchste Schadenspotenzial gegenüber Extremwettern verzeichnen, stehen kaum Flächen für die Abkopplung oder zur Retention von Niederschlagswasser zur Verfügung. Lösungen dafür sind die Schaffung von Flächen oder Orten, wo Niederschlagswasser zeitweise gespeichert werden kann, um es dann zu nutzen oder es verzögert abzugeben.

Wasserplätze

Wasserplätze bilden ein Netzwerk von öffentlichen Plätzen, die das Niederschlagswasser temporär zurückhalten können, bevor es einem Entwässerungssystem oder Oberflächengewässer zugeführt wird. Diese Flächen können Aufenthalts- oder Erholungsflächen (Sportplätze, Parkanlagen, Parkplätze etc.) sein, sind den Großteil des Jahres trocken und übernehmen nur bei Starkniederschlägen kurzzeitig die Funktion einer Retentionsfläche. Eine Kombination zwischen Retentionsfläche und Erholungsraum ist möglich. Der gängigste Typ des Wasserplatzes sieht eine vertiefte Stelle der Platzfläche vor (Abb. 5-29), in der das anfallende Regenwasser aufgefangen und zeitverzögert an das Grundwasser oder Entwässerungssystem abgegeben wird.

Abb. 5-29 Überfluteter Park

Wasserrückhalt im Straßenraum

Bei Straßen und Wegen, die keine Hauptverbindungsfunktion erfüllen, können die Fahrbahn oder die Parkstreifen als Notwasserwege und temporäre Wasserspeicher dienen. Dies ist beispielsweise durch Anordnung erhöhter Bordsteine möglich, die die Wassermengen führen, kurzzeitiges Speichervolumen schaffen und ein seitliches Abfließen verhindern. Tiefer liegende Parkplätze und Grünanlagen neben oder am Ende solcher Notwasserwege können bei entsprechender Ausstattung mit Entwässerungseinrichtungen und Hinweisen für die Bevölkerung zusätzlichen Retentionsraum bieten.

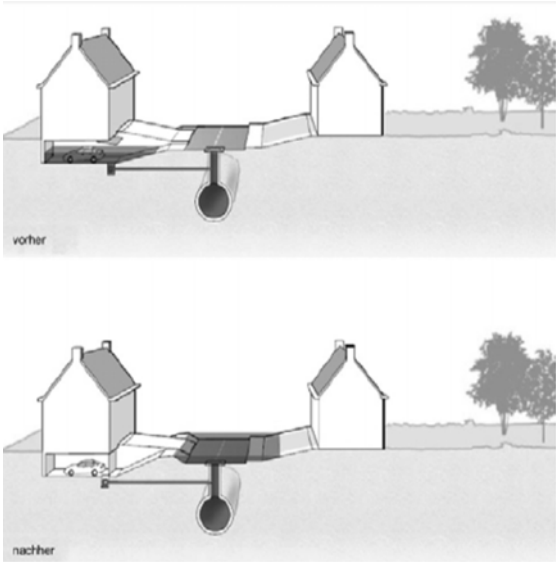


Abb. 5-30 Wasserrückhalt im Straßenraum

M25 Verhinderung von Engstellen und Abflusshindernissen

Engstellen und Abflusshindernisse bei Oberflächengewässern und in der Kanalisation können zur Folge haben, dass die Anlagen bei Starkniederschlägen überlastet werden und das anfallende Wasser nicht ableiten können. Bei hohem und schnellem Oberflächenabfluss wird oft Treibgut mitgerissen, das beispielsweise an tiefliegenden Brücken oder Leitungen hängen bleibt und so den Durch- bzw. Abfluss verhindert oder erschwert. Bei der Dimensionierung von Brücken und beim Verlegen von Leitungen ist daher darauf zu achten, dass eine ausreichende Höhe erreicht wird.

Bei verrohrten Gewässern kann es durch Verstopfungen durch Treibgut bzw. durch Ablagerungen von Sand und Geröll ebenfalls zu Querschnittsverengungen und damit zu einem verringertem Durchfluss kommen. Besonders betroffen davon sind Gewässer, die keine oder defekte Rechen oder eine senkrecht verlaufende Vergitterung haben. Es ist daher der Bestand und Zustand von Schutzeinrichtungen bei verrohrten Gewässern regelmäßig zu prüfen und bei Bedarf eine schräge Anordnung der Gitter an den Einläufen einzurichten.

M26 Unterführungen mit beidseitigen Entwässerungs-/ Versickerungsgräben

Wasser sammelt sich nach Stark- und Extremniederschlägen häufig in tiefer liegenden Punkten des Stadtgebiets, wie z. B. Unterführungen oder Tunneln, weil die dortige Entwässerung die eindringenden Wassermassen nicht bewältigen kann (Abb. 5-31). Eine Gefährdung geht von solchen überfluteten Engstellen aus, wenn diese aufgrund der Wassermassen oder liegen gebliebener Fahrzeuge zeitweise nicht mehr für Einsatz- oder Rettungskräfte zu passieren sind.

Abb. 5-31 Überflutete Unterführung ohne ausreichenden Abfluss (Aktivnews 2009)

Überflutungsgefahr besteht vor allem dort, wo ein tief liegender Bereich ausschließlich über die städtische Kanalisation entwässert wird. Bei Stark- und Extremniederschlägen und örtlich überlaufendem Kanalsystem erfolgt die Ableitung nur verzögert oder gar nicht, so dass eine Unterführung oder ein Tunnel ohne leistungsfähige oberflächige Entwässerung schnell überflutet werden kann. Hilfreich können hier offene Retentions- oder Entwässerungsgräben sein, die ein- oder beidseitig von der Fahrbahnfläche angelegt und nicht an die Kanalisation angeschlossen sind. Eine weitere Möglichkeit sind ausreichend groß dimensionierte unterirdische Zwischenspeicher.

Von entscheidender Bedeutung ist es, im Umkreis von Unterführungen oder Tunneln bei einer voll integrierten Stadt- und Entwässerungsplanung durch bauliche Maßnahmen dafür zu sorgen, dass oberflächig ablaufendes Niederschlagswasser möglichst nicht in Unterführungen oder Tunnel laufen kann.

5.3 Anpassungsmaßnahmen auf Gebäudeebene

Kurzfristig umzusetzende Maßnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung im städtischen Raum auf Gebäudeebene sind Dach- und Fassadenbegrünungen. Veränderungen im Gebäudedesign, wie die Gebäudeausrichtung, Hauswandverschattung, Wärmedämmung und der Einsatz von geeigneten Baumaterialien können als mittelfristige Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zusammengefasst werden.

5.3.1 Vermeidung von Hitzebelastung

M27 Dachbegrünung

Begrünte Dächer stellen die kleinsten Grünflächen im Stadtgebiet dar. Sie haben positive Auswirkungen auf das thermische, lufthygienische und energetische Potential eines Gebäudes. Erst in einem größeren Verbund können sich auch Auswirkungen auf das Mikroklima eines Stadtviertels ergeben. Die thermischen Effekte von Dachbegrünungen liegen hauptsächlich in der Abmilderung von Temperaturextremen im Jahresverlauf. Das Blattwerk, das Luftpolster und die Verdunstung in der Vegetationsschicht vermindern das Aufheizen der Dachfläche im Sommer (Abb. 5-32) und den Wärmeverlust des Hauses im Winter. Dies führt zu einer ausgeglicheneren Klimatisierung der darunter liegenden Räume.

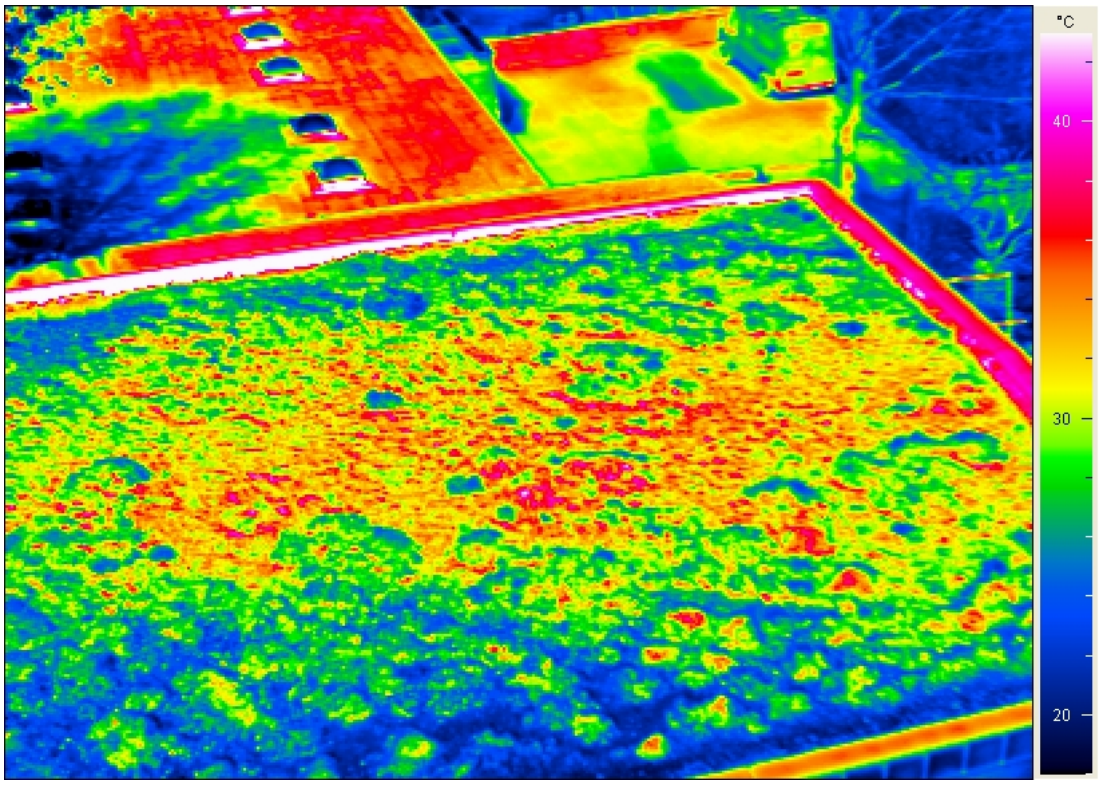


Abb. 5-32 Oberflächentemperaturen eines begrünten (vorne) und unbegrünten Dachs im Frühjahr (Foto: Mersmann)

Ein weiterer positiver Effekt von Dachbegrünungen ist die Auswirkung auf den Wasserhaushalt. 70% bis 100% der Niederschläge werden in der Vegetationsschicht aufgefangen und durch Verdunstung wieder an die Stadtluft abgegeben. Dies reduziert den Feuchtemangel und trägt zur Abkühlung der Luft in versiegelten Stadtteilen bei. Starkniederschläge werden zeitverzögert an die Kanalisation abgegeben und entlasten damit das Stadtentwässerungsnetz (Wirtschaftministerium Baden-Württemberg 2008).

Zur Förderung von Gründächern stehen den Kommunen unterschiedliche Instrumente zur Verfügung. Förderprogramme für die finanzielle Bezuschussung von Dachbegrünungsmaßnahmen bieten Anreize für die Begrünung von Dächern privater Häuser im Bestand ebenso wie bei Neubauvorhaben. Neben finanziell geförderten Dachbegrünungen können bei Neubauvorhaben im Rahmen der Bauleitplanung Dachbegrünungen in Bebauungsplänen festgeschrieben werden oder im Rahmen der Eingriffs- und Ausgleichsregelung als Maßnahme zur Eingriffsminderung angerechnet werden (Holzmüller 2009). Eine weitere Möglichkeit zur Förderung von begrünten Dächern bietet die Abwassergebührenordnung, indem über verminderte Gebühren Anreize für Dachbegrünungen geschaffen werden.

Abb. 5-33 Begrünung eines Einkaufsmarktes und eines Schrägdachs (Foto: Gabrian, RVR)

Nicht nur Flachdächer (Abb. 5-32), sondern auch geneigte Dächer (Abb. 5-33) eignen sich zur Begrünung. Extensive Dachbegrünungen sind dank ihres geringen Gewichts im Unterschied zu intensiv bepflanzten Dachgärten auf fast allen Gebäuden auch nachträglich noch aufsetzbar.

M28 Fassadenbegrünung

Die Begrünung von Hausfassaden wirkt sich ähnlich wie die Dachbegrünung positiv auf das thermische, lufthygienische und energetische Potential eines Gebäudes. Fassadenbegrünungen verbessern in erster Linie die mikroklimatischen Verhältnisse am Gebäude selbst, ohne eine Fernwirkung zu erzielen. Die thermischen Effekte von Fassadenbegrünungen bestehen in der Abmilderung von Temperaturextremen im Jahresverlauf. Das Blattwerk, das Luftpolster und die Verdunstung in der Vegetationsschicht vermindern das Aufheizen der Hauswand bei intensiver Sonneneinstrahlung (siehe Abb. 5-34) und den Wärmeverlust des Hauses im Winter. Um die Wärme der winterlichen Sonneneinstrahlung nutzen zu können, kann eine Fassade mit laubabwerfenden Pflanzen (z. B. wilder Wein) begrünt werden.

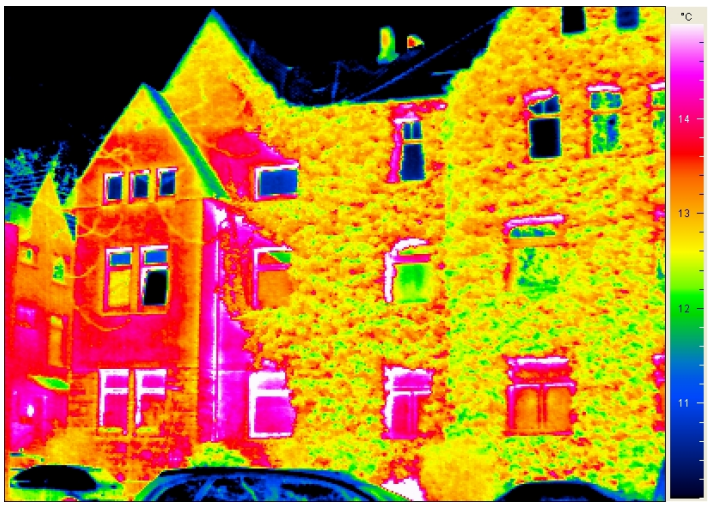


Abb. 5-34 Oberflächentemperaturen einer begrünten (rechts) und unbegrünten Hauswand (Foto: Mersmann)

Durch den Schutz des Blattwerks verringert sich auch die Feuchtebelastung des Mauerwerks. Schäden durch die Begrünung sind bei intaktem Mauerwerk ohne Risse nicht zu erwarten, dies sollte jedoch im Einzelfall geprüft werden. Neben diesen klimatischen Effekten können Fassadenbegrünungen auch positiv auf die lufthygienische Situation im Innenstadtbereich wirken, da sie Luftverunreinigungen – vor allem Feinstaub - herausfiltern. Insbesondere in engen Straßenschluchten ohne Platz für andere Begrünungsmaßnahmen stellen Fassadenbegrünungen eine wirkungsvolle Alternative dar.

Abb. 5-35 Hauswandbegrünung (Foto: Snowdon, RVR)

M29 Gebäudeausrichtung optimieren

Während es in den heißen Klimazonen der Erde schon immer einen klimaangepassten Städtebau (z. B. enge Gassen mit Verschattung der Hauswände, helle Oberflächen) gegeben hat, ist hier in unseren Regionen ein Umdenken erforderlich. Um die künftige zusätzliche Hitzebelastung im Sommer zu verringern, sollte die Stadt- und Gebäudearchitektur angepasst werden, ohne dabei die Vorteile der Sonnennutzung - insbesondere im Winter - aus den Augen zu lassen.

Primär geht es darum, durch eine intelligente Gebäudeausrichtung den direkten Hitzeeintrag zu reduzieren. Eine sekundäre Strategie ist es, eine guten Durchlüftung mit ihrer kühlenden Wirkung zu erreichen. Bei der Gebäudeplanung kann ein sommerlicher Hitzeschutz durch eine geeignete Gebäudeausrichtung erreicht werden. Die räumliche Anordnung von Gebäuden sollte dazu unter Berücksichtigung der Sonnen- und Windexposition erfolgen. Dabei ist auch auf die Jahreszeiten Rücksicht zu nehmen, so dass es sinnvoll ist, bei der Gebäudeausrichtung beispielsweise Schlafräume so einzuplanen, dass der sommerliche Hitzeeintrag minimiert wird. Sommerräume brauchen Schatten und Wind, Winterräume brauchen Sonne.

Somit ist M29 eine Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel, die sich lediglich bei Planungen von Neubaugebieten und nicht im Bestand anwenden lässt.

M30 Hauswandverschattung, Wärmedämmung

Durch zunehmenden Hitzestress im Sommer kommt der Kühlung von Gebäuden in Zukunft eine steigende Bedeutung zu. Die Nutzung konventioneller Klimaanlagen ließe den Energieverbrauch im Sommer stark ansteigen und hätte damit negative Auswirkungen auf den Klimaschutz. Der Einsatz regenerativer Energien für Klimaanlagen und vor allem die Passivkühlung – beispielsweise über Erdwärmetauscher – können solche Zielkonflikte verhindern.

Bei der Gebäudeplanung kann ein sommerlicher Hitzeschutz neben der Gebäudeausrichtung (siehe H13) auch durch eine Hauswandverschattung mittels Vegetation, durch angebaute Verschattungselemente und mittels Wärmedämmung erreicht werden. Dabei haben viele Maßnahmen beim Hausbau, die eigentlich der Energieeinsparung und damit dem Klimaschutz dienen, auch positive Effekte auf die Klimaanpassung. Eine gute Wärmedämmung gegen Energieverluste im Winter wirkt beispielsweise auch als Hitzeschutz gegen eine übermäßige Aufheizung der Wohnungswände im Sommer. Passivhäuser mit einem hohen Potential an Energieeinsparung sind im Sommer aufgrund des serienmäßigen Lüftungssystems angenehm kühl.
Verschattungen beispielsweise durch eine im Süden des Gebäudes angebrachte Pergola, führen im Sommer bei hoch stehender Sonne um die Mittagszeit zur Verschattung, in den Morgen- und Abendstunden und im Winter erreicht die tief stehende Sonne das Haus.

Die Maßnahme M30 lässt sich auch nachträglich zur Optimierung von Gebäuden einsetzen und damit auch im Bestand anwenden.

M31 Geeignete Baumaterialien verwenden

Durch Wärmezufuhr bzw. -abfuhr wird die Temperatur eines Körpers verändert. Wieviel Wärme pro Zeiteinheit unter Temperaturzunahme aufgenommen wird, hängt von der Art des Stoffes ab. Städtische Baumaterialien erwärmen sich deutlich stärker als natürliche Oberflächen. Insbesondere Stahl und Glas haben einen großen Wärmeumsatz, d. h. sie erwärmen sich tagsüber stark und geben nachts viel Energie an die Umgebungsluft ab. Das Gegenteil ist bei natürlichen Baumaterialien wie z. B. Holz der Fall. Um die Wärmebelastungen zu verringern, ist daher der gezielte Einsatz von Baumaterialen nach ihren thermischen Eigenschaften sinnvoll.

Abhängig von der Oberfläche des Materials wird ein Teil der eingestrahlten Sonnenenergie sofort wieder reflektiert (Albedo) und steht damit nicht zur Erwärmung zu Verfügung. Helle Baumaterialien erhöhen diesen Effekt, reflektieren also mehr kurzwellige Sonneneinstrahlung. Dadurch heizen sich hell gestrichene Häuser (siehe Abb. 5-36) oder Straßen mit hellem Asphaltbelag weniger stark auf. Großflächig in der Stadtplanung angewandt, kann somit der Wärmeinseleffekt verringert werden.

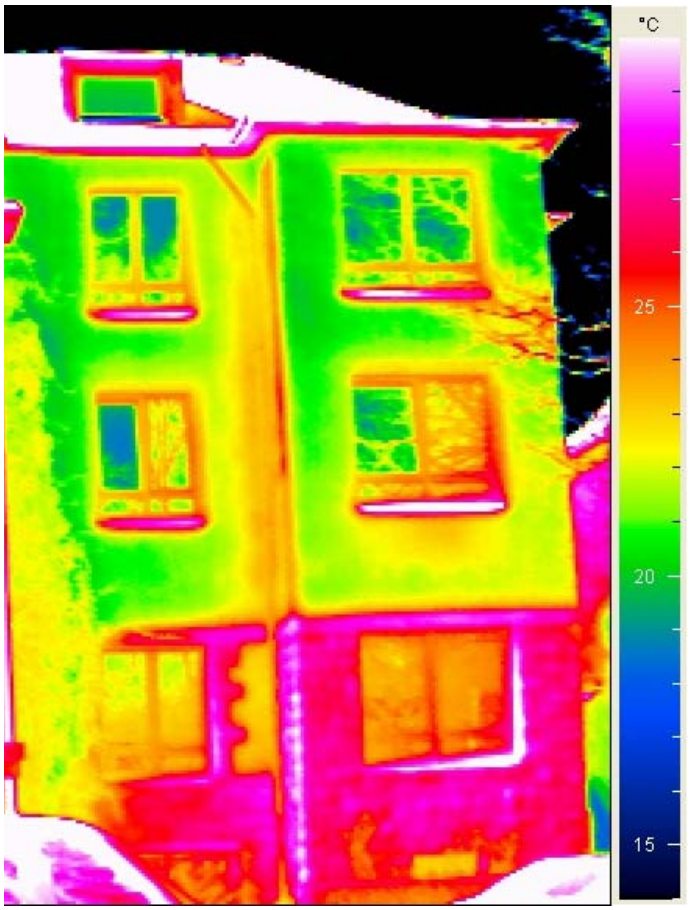


Abb. 5-36 Oberflächentemperaturen einer Hauswand, oben mit hellem Anstrich (Foto: Mersmann)

M32 Verschattungselemente einbauen

Neben den Anforderungen der Wohnbevölkerung an den Schutz vor Auswirkungen des Klimawandels ist auch der Aspekt der Beeinträchtigung der Aufenthaltsqualität und der Produktivität der arbeitenden Bevölkerung im innerstädtischen Bereich zu berücksichtigen. Eine einfache Möglichkeit, die Hitzebelastungen aufgrund direkter Sonneneinstrahlung am Tage zu verringern, ist der Einbau von Verschattungselementen.

Dabei reichen die Methoden der Verschattung von sonnenstandsgesteuerten Außenrollos - beispielsweise an Bürogebäuden - über Sonnensegel als Schattenspender auf besonnten innerstädtischen Plätzen bis hin zu Arkaden, die die Aufenthaltsqualität in stark besonnten (aber auch bei Regen) Einkaufsstrassen erhöhen.

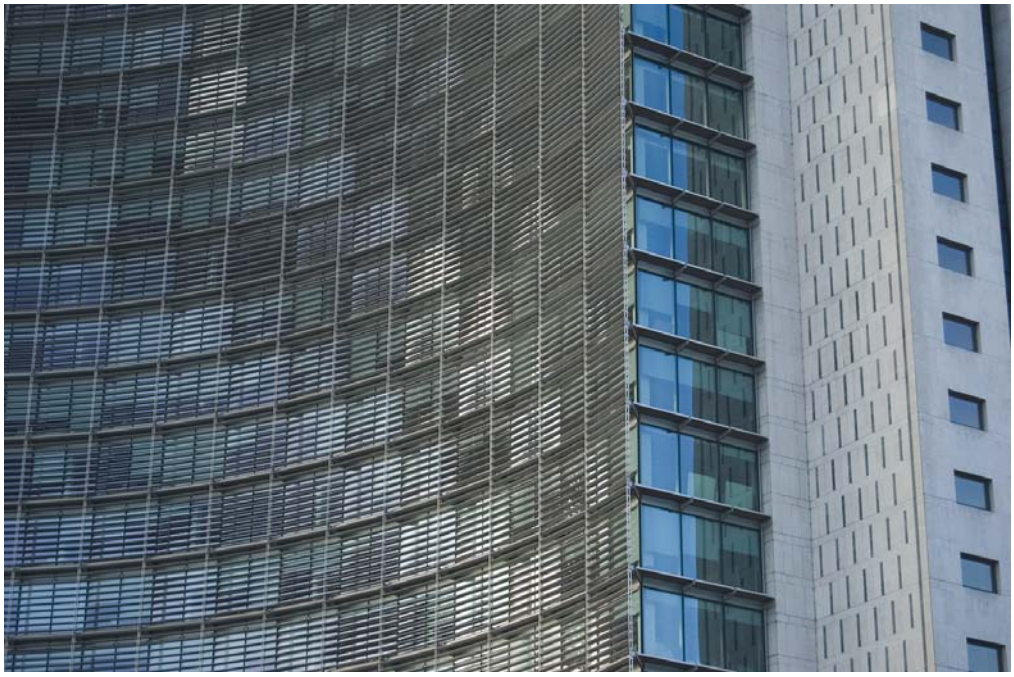


Abb. 5-37 Gebäude mit Außenrollos (Bildnachweis: @istock.com/Burton0215)

5.3.2 Anpassung an Extremniederschläge

M33 Wasserrückhalt in Gebäuden

Das Gebäude wirkt hier als Wasserspeicher bzw. Wassernutzer. Mögliche Maßnahmen sind die Nutzung von Grün- und Wasserdächern. Gründächer können als Flach- und Schrägdach ausgebildet sein. Dank ihres geringen Gewichts sind Extensivdächer im Unterschied zu intensiv bepflanzten Dachgärten auf fast allen Gebäuden auch nachträglich noch aufsetzbar. Für die Berechnung findet DIN 1055 Anwendung. Neben dem Rückhalt von Niederschlägen sind ökologische Effekte wie Staubbindung und eine Reduzierung der sommerlichen Aufheizung zu verzeichnen. Abflusswasser von begrünten Dachflächen ist durch die vorgelagerte Filterung als unbedenklich eingestuft und kann deshalb problemlos versickert oder zur weiteren Nutzung in Zisternen gespeichert werden (ATV-A 138). Eine Nutzung als Brauchwasser ist möglich, kann aber abhängig vom Dachsubstrat eine Färbung aufweisen.

Während die Wasseraufnahmekapazität von Gründächern bei Starkniederschlägen begrenzt ist, können größere Mengen durch Wasserdächer aufgenommen werden. Neben gestalterischen Vorteilen trägt es durch einen Kühleffekt zu einer Verbesserung des Lokalklimas bei. Aufgrund statischer Probleme ist eine Umrüstung bei Altbauten problematisch, während bei einer Neuplanung dieser Aspekt einkalkulierbar ist.

Neben der Retention auf Dachflächen ist auch ein Rückhalt innerhalb von Gebäuden möglich. Wasserkeller, wie z. B. Tiefgaragen, Keller oder Räume unterhalb von gewerblichen und industriellen Betrieben können bei Extremniederschlägen große Mengen an Wasser aufnehmen. Das gesammelte Wasser kann als Brauchwasser (Kühlwasser, Bewässerung) genutzt werden, durch wasserdurchlässigen Bodenbelag verzögert versickern oder nachträglich einem Entwässerungssystem oder einem Oberflächengewässer zugeführt werden.

Im Kanalsystem werden durch Staukanale (Abb. 5-38) zusätzliche Speichervolumen geschaffen, an dessen Ende ein gedrosselter Abfluss erfolgt. Dadurch wird die maximale Abflussmenge reduziert. Diese Lösung kann angewendet werden, wo oberflächliche Retentionsmöglichkeiten nicht gegeben sind (z. B. in dicht überbauten Gebieten).

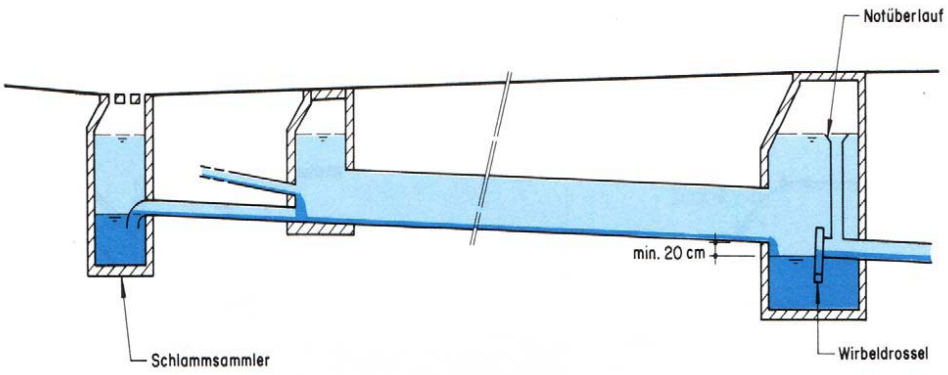


Abb. 5-38 Staukanal (Kanton Solothurn 1997)

M34 Rückbau versiegelter Flächen

Bodenversiegelung bzw. Flächenversiegelung ist die auf anthropogene Einflüsse zurückzuführende Bedeckung natürlicher Böden durch Abdichtung mit undurchlässigen Substanzen (z. B. Teer, Beton oder Gebäuden) oder durch extreme Verdichtung (z. B. durch Befahren). Der Grad der Versiegelung nimmt durch fortschreitende Siedlungstätigkeit bzw. Nachversiegelung in bestehenden Siedlungen zu (z. B. Umbau von Freiflächen in Parkplätze). Die Flächenversiegelung greift in den natürlichen Wasserkreislauf entscheidend ein: Zum einen nimmt die Infiltration des Niederschlagswassers bei zunehmendem Versiegelungsgrad ab, zum anderen erhöht sich der Anteil des oberirdischen Abflusses bzw. verringert sich die Neubildung des Grundwassers. Ziel der Siedlungsplanung soll sein, dass sowohl beim Gebäude- als auch beim Verkehrswegebau eine flächensparende Bauweise gewählt wird. In schon bebauten Gebieten ist eine vollständige Entsiegelung nur vertretbar, wenn die Funktion des Gebäudes bzw. des Verkehrsweges darunter nicht leidet.
Bodenversiegelungen können durch den Einsatz von durchlässigen Oberflächenbefestigungen vermieden bzw. reduziert werden und zwar vor allem dann, wenn die Nutzungsform der Flächen nicht unbedingt hochresistente Beläge wie Beton oder Asphalt voraussetzt. Geeignete durchlässige Materialien zur Befestigung von Oberflächen sind mittlerweile für viele Anwendungsbereiche verfügbar. Zu beachten ist allerdings, dass auch der Unterbau und der Untergrund eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweisen müssen. Für Hofflächen, Terrassen, Gartenwege, Radwege, Gehwege, Zufahrtswege und Parkflächen sind wasserdurchlässige Befestigungen besonders angebracht. Geeignete Beläge sind:

- Schotterrasen
- Rasengittersteine (siehe Abb. 5-39)
- Kunststoffrasengitter
- Rasenfugenpflaster
- Betonpflastersteine
- Kies-/Splittabdeckung
- Splittfugenplaster
- Porenpflaster u.ä.

Abb. 5-39 Rasengittersteine (LFU Bayern 2010)

Bei Dränasphaltdecken oder Dränbetondecken handelt es sich um hohlraumreiche Decken, die versickerungsfähig sind und zudem auch lärmmindernd wirken. Diese Befestigungen eignen sich besonders für Strassen und Wege, Markt- und Parkplätze, Rad- und Gehwege, Hof- und Lagerflächen. Ein Teil des Wassers fließt auf diese Weise nicht oberirdisch ab und kann entweder direkt versickern oder wird in angeschlossene Versickeranlagen geleitet.

M35 Sicherstellung des ordnungsgemäßen Betriebs der Sonderbauwerke

Sonderbauwerke wie Pump- oder Hebewerke müssen ihre Aufgaben auch in kritischen Situationen erfüllen können. Daher sollten hier Maßnahmen getroffen werden, die die Energieversorgung sowie die Funktionsfähigkeit der technischen Anlagen zu sichern. Gemäß § 113 LWG sind Abwasseranlagen in Überschwemmungsgebieten per Gesetz hochwassersicher zu errichten und zu betreiben.

Hebe- und Pumpwerke sind immer an Geländetiefpunkten angelegt und müssen daher durch Maßnahmen der Bauvorsorge (hoch gelegene Eingänge, ausreichende Abdichtungen u. Ä.) geschützt sein, um den Eintritt von oberflächig anfallendem Wasser zu verhindern oder zu verringern. Um die Sicherheit der technischen Anlagen eines Pumpwerks zu erhöhen, sollten ein Hochwasserwarnsystem sowie Materialien zum mobilen Hochwasserschutz vorhanden sein, z. B. Sandsäcke oder Dammbalken für den Eingangsbereich.

Die Funktionsweise eines Pumpwerks hängt direkt von der Verfügbarkeit elektrischer Energie ab. Daher ist es empfehlenswert, dass alle wichtigen Hebe- und Pumpwerke über zweiseitige, unabhängige Stromeinspeisung verfügen, um im Notfall nicht von einer Energiequelle abhängig zu sein. Bei der Auswahl der Standorte von Objekten mit sensibler Nutzung wie z. B. Anlagen der Energieversorgung und Energieverteilung ist außerdem darauf zu achten, dass diese möglichst nicht unter Auswirkungen von Extremereignissen leiden (z. B. Ausfall der Stromversorgung durch Überflutungen aufgrund von Hochwasserereignissen). Standorte in tiefer gelegenen Gebieten bzw. Kessellagen ohne Abfluss sind daher zu vermeiden oder es sind umfassende Maßnahmen der Bauvorsorge zu treffen.

M36 Maßnahmen des Objektschutzes

Befindet sich eine Siedlung in einem durch Sturzfluten oder Überflutungen gefährdeten Bereich, so liegt in der Bauvorsorge die Möglichkeit, das Schadenspotenzial kurzfristig und nachhaltig zu verringern. Abbildung 4-46 gibt einen Überblick über die Möglichkeiten der Bauvorsorge für ein einzelnes Haus.

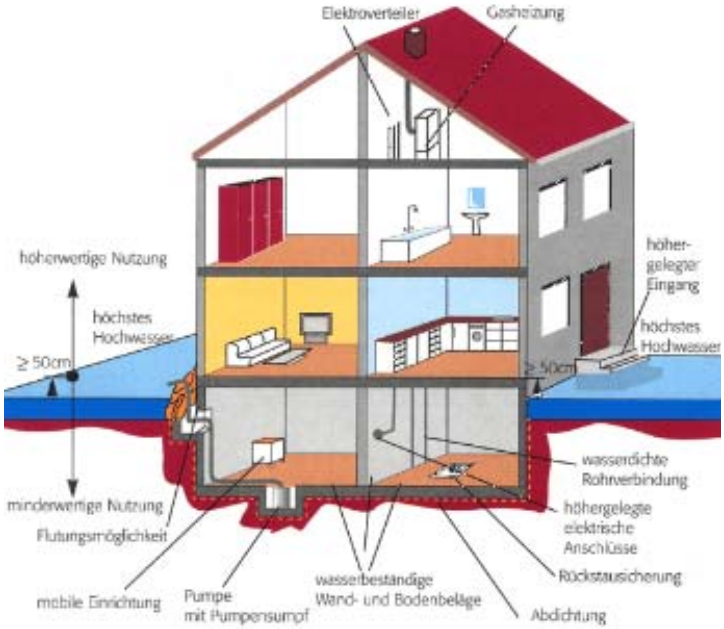


Abb. 5-40 Strategie der Bauvorsorge (BMVBW 2003)

Neben dem Schutz gegen Wassereintritt durch oberflächliche Wassermengen (Bauwerkabdichtungen, dichte Kellerfenster und -türen, höher gelegene Eingänge u. a.) ist ein ausreichender Schutz gegen Wassereintritt durch die Kanalisation notwendig. Bei fehlenden oder nicht ausreichenden Rückstausicherungen oder Hebeanlagen kann sich Wasser aus der Kanalisation durch Sanitäranlagen und Hausanschlüsse zurückstauen und Kellerräume überschwemmen. Deshalb fordern kommunale Entwässerungssatzungen fast überall Rückstauklappen und andere geeignete Schutzmaßnahmen.
Ist ein Wassereintritt nicht zu verhindern, so kann eine hochwasserangepasste Gebäudenutzung das Schadenspotenzial reduzieren. Kostenintensive Kellerausbauten, tief gelegene elektrische Anschlüsse und andere sensible Versorgungseinrichtungen im Keller (z. B. Datenleitungen, EDV-Anlagen) sind in überflutungsgefährdeten Gebieten zu vermeiden. Zum Schutz der Bausubstanz und zur Minimierung der Aufräum- und Wiederherstellungskosten sollten Kellerräume mit wasserbeständigen Baumaterialien (Naturstein, Kunststoff, beschichtete Metalle u. Ä.) und mobiler Inneneinrichtung ausgestattet werden.

Bauvorsorge funktioniert nur, wenn die Bevölkerung ausreichend über die Möglichkeiten informiert ist (siehe E5). Viele Kommunen haben deshalb bereits seit Jahren Leitfäden zum privaten Objektschutz (insbesondere zum Einbau und Unterhalt von Rückstauklappen) in ihren Einrichtungen ausgelegt bzw. auf ihren Websites veröffentlicht.

6. Konzept für die langfristige, nachhaltige Einbeziehung der Bürger und weiterer lokaler Akteure in die Klimaanpassung der Stadt Bochum

Überblick und Ziele

„Die Potenziale für den kommunalen Klimaschutz können nur dann ausgeschöpft werden, wenn es den kommunalen Entscheidungsträgern gelingt, Bürger und andere lokale Akteure von gemeinsamen Zielen zu überzeugen und sie für diese zu begeistern“ (DIFU, 2011).
Neben dem Klimaschutz ist die Anpassung an den Klimawandel zu einer weiteren großen Herausforderung für kommunale und regionale Entscheidungsträger geworden. Ebenso wie beim Klimaschutz hängt der Umsetzungserfolg bei Anpassungsstrategien in starkem Maße von der Art der Informationsvermittlung und der Fähigkeit zur Einbindung wichtiger Prozessbeteiligter und der Bürgerschaft ab. Daher kommt einer langfristig angelegten Öffentlichkeitsarbeit ebenso wie dem konsequenten Einsatz von geeigneten Beteiligungsformen eine besondere Bedeutung zu.

Ziel von **Öffentlichkeitsarbeit** muss es sein, die Bürgerinnen und Bürger ebenso wie weitere Prozessbeteiligte über die Problemlagen sowie über mögliche Lösungswege und Strategien zu informieren und zu sensibilisieren. Dies muss zielgruppenspezifisch erfolgen, um einen möglichst hohen Wirkungsgrad entfalten zu können. Aufbauend auf der gezielten Informationsvermittlung sollen die einzelnen Akteursgruppen aktiv in die entsprechenden Planungs- und späteren Umsetzungsprozesse einbezogen werden, dazu eigene Ideen entwickeln und auch umsetzen können („**Akteursbeteiligung**“).

Der hier vorgelegte Kurzleitfaden zur Öffentlichkeitsarbeit und Akteursbeteiligung schließt an die im Rahmen des Projektes „Klimaanpassungskonzept Bochum“ bereits begonnenen Aktivitäten auf diesen Gebieten an. Ergebnisse aus den Akteursgesprächen und Workshops fließen ebenso ein wie Erfahrungen, die im Rahmen des Projektes durchgeführten Informationsveranstaltungen gewonnen wurden.
In den folgenden Kapiteln werden zunächst Erfahrungen und Ergebnisse der Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit aus dem Projektverlauf im Jahr 2012 vorgestellt. Daran anschließend werden konzeptionelle Grundlagen für eine weitergehende Öffentlichkeitsarbeit und Akteurseinbindung skizziert. Im zweiten Teil wird Bezug genommen auf die Situation in Bochum und Handlungsempfehlungen zur Umsetzung entsprechender Maßnahmen entwickelt.

6.1 Vorarbeiten aus dem Klimaanpassungskonzept Bochum (2012)

Das Projekt „Klimaanpassungskonzept Bochum“ wurde als Grundlage und Auftakt für die Entwicklung und langfristige Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen in Bochum konzipiert. In diesem Zusammenhang wurden im Jahr 2012 nicht nur inhaltliche Ergebnisse erar-

beitet, sondern bereits auch erste Schritte auf dem Wege der Akteursinformation und -beteiligung gegangen.

Konkret wurde im Rahmen des Projektes neben der Auftaktveranstaltung jeweils ein Bürgerinformationsworkshop in Bochum-Mitte und in Bochum-Wattenscheid durchgeführt. Erste Gespräche mit einer Auswahl raumbedeutsamer Akteure vor allem aus dem Bereich der Wohnungswirtschaft konnten geführt werden. Ein Projektflyer sowie eine umfassendere Broschüre mit Ergebnissen aus dem Projekt wurden erstellt und zielgruppenspezifisch verbreitet. Alle Veranstaltungen und Gespräche wurden im Rahmen von Kurzberichten dokumentiert.

Abb. 6-1 Ablaufplan der Öffentlichkeitsarbeit und Akteursbeteiligung

Hauptziel der Bürger- und Akteurseinbindung im Rahmen des Förderprojektes „Klimaanpassungskonzept“ bestand in der umfassenden Information der wichtigsten Akteursgruppen. In diesem Rahmen wurden Gespräche geführt, verschiedene Veranstaltungen initiiert und erste, ausführliche Diskussionen angestoßen. Als Ergebnis dieser Prozesse sollte Ende 2012 erreicht werden:

- Informierte, engagierte und möglichst investitionsbereite Akteure aus Wohnungswesen, Wirtschaft und Planung
- Weitgehend mit den relevanten Akteuren abgestimmte, potentielle Umsetzungsmaßnahmen (Feedback, Diskussion) für die besonders klimasensiblen Gebiete
- Informierte und interessierte Bürger

Nicht alle der oben genannten Ziele konnten im Rahmen des kurzen Förderprojektes erreicht werden. Daher ist es von großer Bedeutung, weitere, langfristige Maßnahmen zur intensiven

Einbindung und Begleitung der Akteure zu ergreifen. Dies soll nach Beendigung des Förderprojektes durch die Umsetzung einer langfristig angelegten Strategie umgesetzt werden.

Abb. 6-2 Handlungsrahmen der Öffentlichkeitsarbeit und Akteursbeteiligung

6.1.1 Akteursgespräche: Ablauf und Ergebnisse

Im Juli / August 2012 wurden verschiedene Einzelgespräche mit Akteuren aus dem Bochumer Untersuchungsraum geführt. Die angesprochenen Akteure sind den Branchen Planung und Entwicklung, der Wohnungswirtschaft sowie dem Handwerk zuzuordnen. Die Auswahl der Akteure erfolgte nach Branchenzugehörigkeit, erkennbarer Interessenbekundung durch z.B. den Besuch der Auftaktveranstaltung, Präsenz im Untersuchungsgebiet sowie vor allem nach ihrer Bedeutung für die Fragestellung.

Grundlage für die Akteursgespräche bildete als roter Faden ein qualitativer Fragebogen (s. Anhang). Es wurden 5 persönliche Vor-Ort Gesprächen geführt.

Ziele dieser Gespräche waren insbesondere:

- Information der Akteure über den aktuellen Entwicklungsstand sowie über erste Ergebnisse des Klimaanpassungskonzeptes
- Abfrage laufender sowie geplanter Aktivitäten und Investitionen der Akteure mit Bezug zu Klima und Klimaanpassung
- Vorstellung und Diskussion möglicher Nutzungs-, Planungs- und Investitionsszenarien im Referenzgebiet
- Hemmnisse und Erfolgsfaktoren bezüglich der Umsetzung von Maßnahmen zur Klimaanpassung

- Erzeugung von Feedback zu möglichen Planungs- und Investitionsoptionen in den Referenzgebieten

Die persönlichen Gespräche bei den Akteuren vor Ort dauerten ca. 90 Min.

Tab. 6-1 Liste der Akteursgespräche

Akteur	Termin	Gesprächsform
Entwicklung und Planung		
Entwicklungsgesellschaft Ruhr mbH (EGR)	01.08.2012	Vor-Ort Termin
mfi AG (Ruhrpark)	13.07.2012	Vor-Ort-Termin
Wohnungswirtschaft		
VBW GmbH	22.08.2012	Vor-Ort Termin
RAG Montan Immobilien GmbH	02.08.2012	Vor-Ort Termin
Sonstige (Handwerk)		
Kreishandwerkerschaft Ruhr in Bochum	02.08.2012	Vor-Ort Termin

Zusammenfassung der Ergebnisse

Als Ergebnis aller Akteursgespräche muss festgestellt werden, dass das Thema Klimaanpassung wenig bis gar nicht präsent ist. Oft wird Klimaanpassung nur in Zusammenhang mit den Aspekten Energieeffizienz und Klimaschutz aufgefasst und somit präventiv und nicht reaktiv in Hinblick auf den Klimawandel verstanden. Durch die Akteursgespräche jedoch konnte das Interesse in allen Fällen erheblich gesteigert und so die Bedeutung des Themas hervorgehoben werden.

Alle Akteure signalisierten weitergehendes Interesse und insbesondere auch den Willen zur Kooperation mit der Wissenschaft sowie der bauplanenden und -genehmigenden Verwaltung. Besonders deutlich wurde die Absicht, Klimaanpassung und diesbezügliche Maßnahmen im Praxisalltag zu erproben und zu integrieren. Dies gilt insbesondere für alle Planungs- und Entwicklungsmaßnahmen. Jedoch schränkt die Notwendigkeit zur Finanzierbarkeit die Möglichkeiten der Umsetzung ein, da eine Verwert- und Vermarktbarkeit in allen Fällen oberste Priorität genießt. Daher sind flexible und kreative Lösungen, an deren Entwicklung und Umsetzung sich alle Akteure beteiligen sollten, von besonderer Bedeutung.

Hemmnisse

- Informationsdefizit zum Thema „Klimaanpassung“
- Fehlendes Problembewusstsein, gesamtgesellschaftlich ebenso wie z.T. in Planung und Verwaltung
- Ökonomische Zwänge - fehlende zusätzliche Investitionsmittel
- Fehlende Vorgaben im Planungsprozess
- Mangel an Kreativität bei Planern und Investoren

- Fehlende Flexibilität im Planungs- und Genehmigungsprozess bei Verwaltung und Behörden

Mögliche Erfolgsfaktoren

- Kostenneutraler Einbezug von Maßnahmen zur Klimaanpassung bei Bauplanung und -umsetzung
- Konkrete Vorgaben durch Planer und Verwaltung
- Offener, flexibler Diskurs zwischen Investoren und Verwaltung / Genehmigungsbehörden
- Schaffung von Anschauungsobjekten und „Leuchtturmprojekten“
- Beratung und Information

6.1.2 Bürgerinformationsworkshops

Am 26. und 27.06.2012 fanden im Rahmen des Projektes „Klimaanpassungskonzept Bochum“ in Bochum-Mitte (BVZ), bzw. in Bochum-Wattenscheid (Rathaus) so genannte Bürgerworkshops statt. Ziel der beiden Veranstaltungen war es, auf das Problemfeld aufmerksam zu machen, das Projektkonzept vorzustellen und vor allem den Bürgerinnen und Bürgern die Gelegenheit zu geben, zum Thema Stellung zu beziehen.

Abb. 6-3 Workshops in Bochum-Wattenscheid und Bochum-Mitte

Ziele und Vorgehen

Mit den Bürgerworkshops war das Ziel verbunden, die Menschen vor Ort für das Thema „Klimawandel und Klimaanpassung“ zu sensibilisieren und so vor allem Verständnis und Akzeptanz für spätere Umsetzungsmaßnahmen zu fördern. Daher wurden die beiden Workshops in jeweils vom Klimawandel besonders betroffenen Gebieten mit besonderem Handlungsbedarf durchgeführt.

Die Bürgerinnen und Bürger sollten durch die Veranstaltungen in die Lage versetzt werden, wichtige Maßnahmen im Bereich der Wohnumfeldverbesserung und weitere, aus ihrer Sicht relevante Aspekte benennen zu können. Dies schließt ausdrücklich auch Themenfelder mit ein, die auf den ersten Blick keinen Bezug zum Klimawandel haben, wie z.B. soziale Proble-

matiken. Es war für die Workshops von besonderer Bedeutung, die Bürgerinnen und Bürger beim Prozess der Klimaanpassung mitzunehmen und sie dort abzuholen, wo ihnen „der Schuh drückt“, um so Verständnis und Akzeptanz für Maßnahmen zum Klimawandel zu erhöhen.
Ebenfalls von Bedeutung ist es, mit den Bürgerworkshops den Beginn eines längerfristigen Prozesses aufzuzeigen, der sich nicht nur in einer Veranstaltung erschöpft, sondern der die Bürgerinnen und Bürger in den kommenden Jahren mit verschiedenen Aktionen begleitet. Die Veranstaltungen sollten somit deutlich signalisieren, dass die Bürgerinnen und Bürger im Mittelpunkt der konzeptionellen und praktischen Arbeiten stehen und ihre Anliegen und Wünsche ernst genommen werden.

Ablauf der Veranstaltungen
Die Bürgerworkshops sollten vor allem Bezug zu lokalen Gegebenheiten und Problemlagen nehmen, so dass beide Veranstaltungen inhaltlich individuell, auf den Bezugsraum hin gestaltet wurden. Die Veranstaltungen hatten jeweils eine Dauer von ca. 2,5 h. In Bochum-Innenstadt war dies am 26.06. von 18:00 Uhr – 20:30 Uhr, in Wattenscheid am 27.06. von 17:30 Uhr bis 20:00 Uhr. Ein wichtiges Element der Veranstaltungen war die moderierte Diskussion, bei der die Beiträge aus der Bürgerschaft gesammelt werden konnten.

Der inhaltliche Rahmen der Veranstaltung wurde wie folgt gestaltet (zur Verdeutlichung des Veranstaltungsablaufes siehe auch die Vortragsfolien im Anhang):

A) Einführung – allgemeine Problemlage

1. Vorstellung der Projektgruppe (Stadt, Externe)
2. Kurze Einführung zur Problemlage (mit Hilfe anschaulicher Bilder und Pläne, möglichst lokaler Bezug)
3. Kurze Vorstellung des zurzeit in Bearbeitung befindlichen Konzeptes

B) Bürgereinbezug - Teil I

4. Offene Frage- und Diskussionsrunde zum Thema allgemein sowie zu den Bedingungen und Auswirkungen des Klimawandels vor Ort

C) Darlegung der Situation vor Ort

5. Darstellung der konkreten Situation vor Ort: Belastungen, Ausgangssituation, Handlungsbedarf

Kurze Pause (ca. 10min)

D) Bürgereinbezug – Teil II

6. Einbezug der Bürgerinnen und Bürger durch moderierte Diskussion – Diskussion je nach Anzahl der Teilnehmerinnen und Teilnehmer auch in kleineren Gruppen möglich.
   Themenschwerpunkt:
   Lokalen Bedingungen im Bezugsraum – Wohnumfeld, Belastungen, Verbesserungsvorschläge

7. Einordnung der Diskussionsbeiträge in den thematischen Gesamtzusammenhang (entweder alle gemeinsam oder durch einen Vertreter jeder Diskussionsgruppe)

E) Darstellung konkreter Maßnahmen und Umsetzungsmöglichkeiten

8. Maßnahmenvorschläge zur Klimaanpassung anhand lokaler Beispiele (anschaulich bebildert), hier können konkrete Rückfragen aus dem Publikum direkt gestellt werden
9. Umsetzungsoptionen: Fördermöglichkeiten, handelnde Akteure

F) Bürgereinbezug – Teil III

10. Abschließende Diskussion
11. Weiteres Vorgehen unter Einbezug der aktuell erhobenen Ergebnisse und Diskussionsbeiträge
12. Kommende Termine, weitere Partizipationsmöglichkeiten

Ergebnisse

Bochum-Innenstadt

Die Veranstaltung in der Bochumer Innenstadt war mit ca. 25 Besuchern gut frequentiert. Nach den Vortragsblöcken entwickelten sich jeweils angeregte Diskussionen, von denen insbesondere die moderierte Hauptdiskussion wertvolle Erkenntnisse für den weiteren Einbezug der Bürgerinnen und Bürger, aber auch für die weitere Entwicklung des Anpassungskonzeptes als solches ergab. Viele wichtige Handlungsfelder wurden dabei angesprochen.

Abb. 6-4 Workshop in Bochum-Mitte

Im Einzelnen wurden während der Diskussionen folgende Aspekte herausgestellt:

1. **Baulich-planerische Maßnahmen im Neubau**
   - Weniger Verlust von Bäumen und bestehenden Grünflächen
   - Einbezug von entsprechenden baulichen Vorgaben wie z.B. Dachbegrünungen durch die Genehmigungsbehörden, v.a. bei Bebauungsplänen

2. **Bauliche Maßnahmen im Bestand**
   - Verhinderung von zu starken Hangabflüssen und dem entsprechend Minderung von Hochwasserereignissen
   - Weniger Versiegelung, mehr Begrünungen - auch Dachbegrünungen
   - Mehr Kopfsteinpflaster
   - Weniger Nachverdichtung in der Innenstadt
3. **Mobilität**
   - Weniger Luftbelastung in der Innenstadt
   - Forderung nach „Autofreier Stadt“
   - Ausbau und Verbesserung des schlechten Fahrradwegenetz
4. **Einführung von regulierenden Maßnahmen**
   - Einführung einer Klimasteuer
   - Einbezug von Wohnungsbaugesellschaften und weiteren „Großeigentümern“
5. **Beratung und Information**
   - Intensive Beratung der Bürgerinnen und Bürger durch neutrale, öffentliche Stellen bei der Stadt Bochum
   - Erstellung zielgerichteter Informationsmaterialien
   - Beratung durch die Handwerkskammern

Abb. 6-5 Diskussionsaspekte des Workshops in Bochum-Mitte

Insgesamt wurde die Forderung nach einer proaktiven, regulatorischen Handhabe durch öffentliche Stellen, insbesondere durch die Genehmigungsbehörden gefordert. Darüber hinaus wurde aber auch konstatiert, dass jeder einzelne Verantwortung im Rahmen seiner Möglichkeiten als Eigentümer oder auch als Mieter tragen muss.

Wattenscheid

Die Veranstaltung im Wattenscheider Rathaus am 27.06. war mit ca. 10 Besuchern weniger gut besucht als das Bochumer Pendant. Dennoch wurde über die Themen intensiv diskutiert, wobei der Wissenstand der Besucher bereits sehr hoch war. Dies beflügelte eine detailreiche Auseinandersetzung mit dem Thema.

Abb. 6-6 Workshop in Bochum-Wattenscheid

Im Einzelnen wurden während der Diskussionen folgende Aspekte herausgestellt:

1. **Baulich-planerische Maßnahmen im Neubau**
   - Einbezug von entsprechenden baulichen Vorgaben wie z.B. Dachbegrünungen durch die Genehmigungsbehörden, v.a. bei Bebauungsplänen
   - Weniger Versiegelung
2. **Bauliche Maßnahmen im Bestand**
   - Problem der Altlasten und Altlastenverdachtsflächen in Wattenscheid in Hinblick auf Folienabdichtungen im Untergrund; Unterbindung der Grundwasserneubildung
   - Weniger Versiegelung, mehr Begrünungen - auch Dachbegrünungen
   - Mehr innerstädtische Bäume
3. **Mobilität**
   - Ausbau und Verbesserung des schlechten Fahrradwegenetz
4. **Politik und Verwaltung**
   - Stärkerer Einbezug und höheres Engagement bei Lokalpolitikern erforderlich
   - Schaffung von mehr „Aufenthaltsqualität“ in der Wattenscheider Innenstadt

Auch in Wattenscheid wurde deutlich, dass ein hoher Anspruch an Verwaltung und Politik im Rahmen der Umsetzung von Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen, insbesondere bei Planung und Umsetzung von Neubauvorhaben, besteht

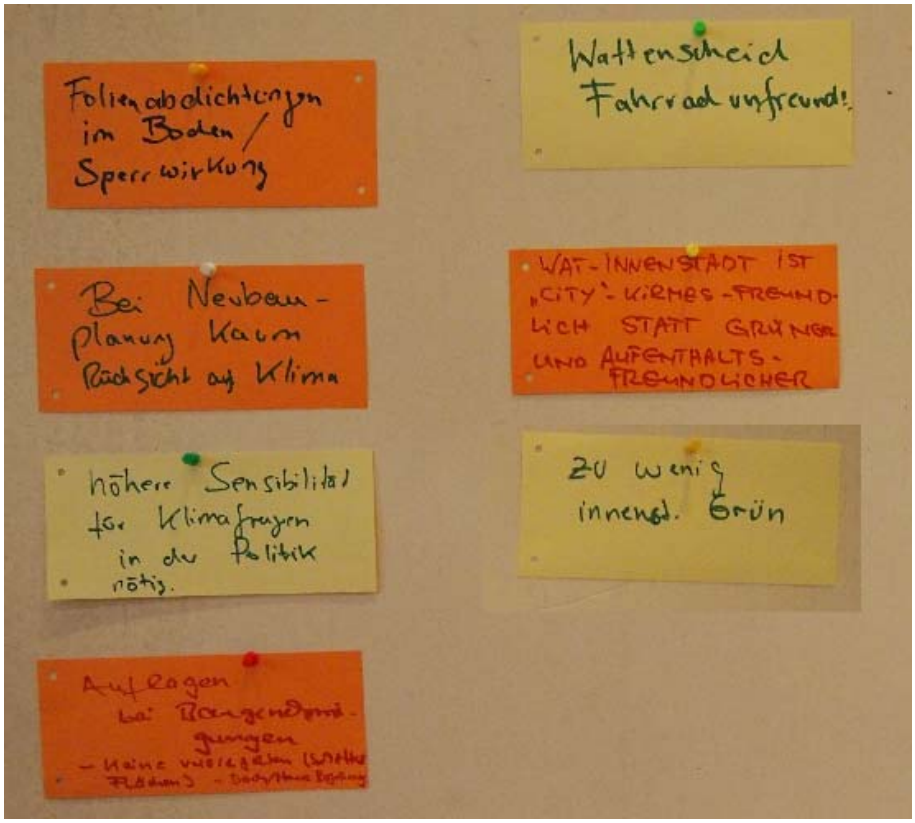


Abb. 6-7 Diskussionsaspekte des Workshops in Bochum-Wattenscheid

Fazit und Ausblick

Die rege Beteiligung an den Diskussionen während der beiden Veranstaltungen lässt darauf schließen, dass das Thema „Klimawandel“ und auch „Klimaanpassung“ bereits verstärkt Gehör in der Bevölkerung findet. Dies ist sicher auch der medialen Präsenz des Themas geschuldet. Das hohe inhaltliche Niveau vieler Wortbeiträge unterstreicht dies, lässt aber auch die ganz überwiegende Teilnahme von ohnehin themeninteressierten Bürgerinnen und Bürger vermuten. Die oben genannten Diskussionsbeiträge fügen sich inhaltlich nahtlos in die Entwicklung des Klimaanpassungskonzeptes ein. Bei der Aufstellung der entsprechenden Handlungskataloge werden diese Aspekte verstärkt Berücksichtigung finden. Der jeweilige Bürgerbezug sollte an verschiedenen Stellen des Konzeptes auch ausdrücklich erwähnt werden.

Die Bürgerinformationsworkshops sollten den Anfang einer Reihe weiterer öffentlicher Veranstaltungen und Diskussionsrunden bilden, um das Thema breiter in der Bevölkerung verankern zu können. Der jetzt angestoßene Prozess muss in Zukunft kontinuierlich weitergeführt werden, da hiervon nicht zuletzt auch die Glaubwürdigkeit von Verwaltung und Politik abhängt.

Die kommenden Akteursgespräche werden weiteren Aufschluss über die themenbezogene Handlungsbereitschaft wichtiger Organisationen in Bochum geben. Zusammen mit den hier vorgelegten Ergebnissen der Bürgerworkshops ergibt sich so ein gutes Meinungsbild für das Gebiet der Stadt Bochum. Entscheidend für den praktischen Erfolg bei der Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen ist letztlich zu großen Teilen die Bereitschaft der handelnden Akteure sowie der Bürgerschaft.

6.2 Idealtypisches Vorgehen: Partizipation und Öffentlichkeitsarbeit

6.2.1 Status Quo Analyse

Um die zukünftige umfassende Akteursbeteiligung erfolgreich zu gestalten, ist es in erster Linie sinnvoll, die bereits im Jahr 2012 durchgeführten Arbeiten und vorhandenen Ergebnisse auf Schwächen und Stärken hin zu überprüfen. Die Grundlage für zukünftige Handlungsvorschläge zum Thema Partizipation und Öffentlichkeitsarbeit bildet daher eine Status Quo-, bzw. Ist-Analyse. Folgende fragen sollten dabei in erster Linie geklärt werden:

- Welche Akteursgruppen konnten nur schlecht oder nicht eingebunden werden und welche Gründe können dafür eine Rolle gespielt haben?
- Wie wurden einzelne Maßnahmen und Aktionen (Pressegespräche, Broschüren, Flyer, Workshops, Auftakt- und Abschlussveranstaltung) angenommen? Konnte damit das gewünschte Ergebnis erzielt werden?

Anhand der folgenden **Checkliste** kann eine Ist-Analyse durchgeführt werden:

C H E C K L I S T E – Status Quo Analyse

- ✓ Auflistung der Akteure, die bereits eingebunden wurden
- ✓ Zielgruppenspezifische Gruppierung und Analyse der vorangegangenen Akteurseinbindung
- ✓ Stichwort Verstetigung: Sind feste Foren / Arbeitskreise u. Ä. aufgrund der bereits durchgeführten Partizipationsmaßnahmen entstanden?
- ✓ Inwiefern existieren beschlussfähige Gremien?
- ✓ Welche Methoden (Art der Veranstaltungen – siehe Methodenkatalog) zur Einbindung von Akteuren wurden bereits angewandt?
  → Durchführung einer Stärken-Schwächen-Analyse
- ✓ Welche regelmäßig stattfindenden öffentlichen Feste / Events / Veranstaltungen wurden zur Kommunikation und Information bereits genutzt?

Die Status Quo Analyse sollte möglichst den Ausgangspunkt für die weitere Öffentlichkeits- und Partizipationsarbeit bilden.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Reihenfolge der möglichen folgenden Schritte.

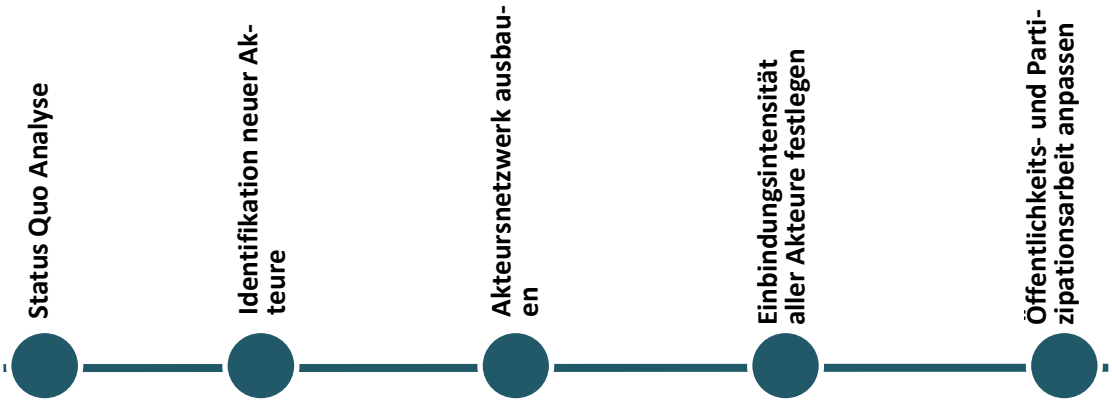


Abb. 6-8 Hauptarbeitsschritte zu weiteren Öffentlichkeitsarbeit und Akteurseinbindung

Identifikation neuer Akteure vor Ort

Auf Basis der bereits im Jahr 2012 erfolgten Arbeiten zur Akteurseinbindung und Öffentlichkeitsarbeit können weitere lokale Partner identifiziert und eingebunden werden: der Einbezug privater Haushalte oder von Bürgerinitiativen dient der Aktivierung und Sensibilisierung der Bevölkerung für das Thema Klimaschutz und Klimaanpassung. Möglicherweise können somit auch Menschen erreicht werden, die in anderen ihnen innewohnenden Funktionen den Partizipationsprozess motivieren können. Darüber hinaus sollten die kommunalen Unternehmen angesprochen und eingebunden werden, da sich durch ihre Kenntnisse zur örtlichen Infrastruktur gute Voraussetzungen für die Umsetzung der Klimaanpassungsmaßnahmen bieten. Demgegenüber sollte bei der Einbindung der Wirtschaft (u.a. Handel, Handwerk, Landwirtschaft) auf die Verbindung von ökologischen und ökonomischen Nutzen eingegangen werden (DIFU 2011, S. 131).

Auf Basis der bereits im Jahr 2012 erfolgten Arbeiten zur Akteurseinbindung und Öffentlichkeitsarbeit können somit weitere lokale Partner identifiziert und eingebunden werden: Wohnungswirtschaft, private Haushalte, Initiativen und Vereine oder Unternehmen der gewerblich-industriellen Wirtschaft.

Zur Identifikation neuer Partner vor Ort können die geplante Präsentationsveranstaltung im Jahr 2013, die fortlaufenden Maßnahmen im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit (z.B. Presseinformationen) und vor allem auch bestehende kommunalen Arbeitskreise und Gremien (z.B. wohnungswirtschaftliche und planungsbezogene AGs) genutzt werden.

Dem schrittweisen Ausbau der Kooperationen mit den örtlichen Akteuren ist eine **zielgruppenorientierte Ansprache** voranzustellen. In der Praxis hat sich gezeigt, dass durch den unterschiedlichen Beratungsbedarf das Zusammenfassen von Akteuren zu Gruppen sinnvoll und zielführender ist (DIFU 2011, S. 167).

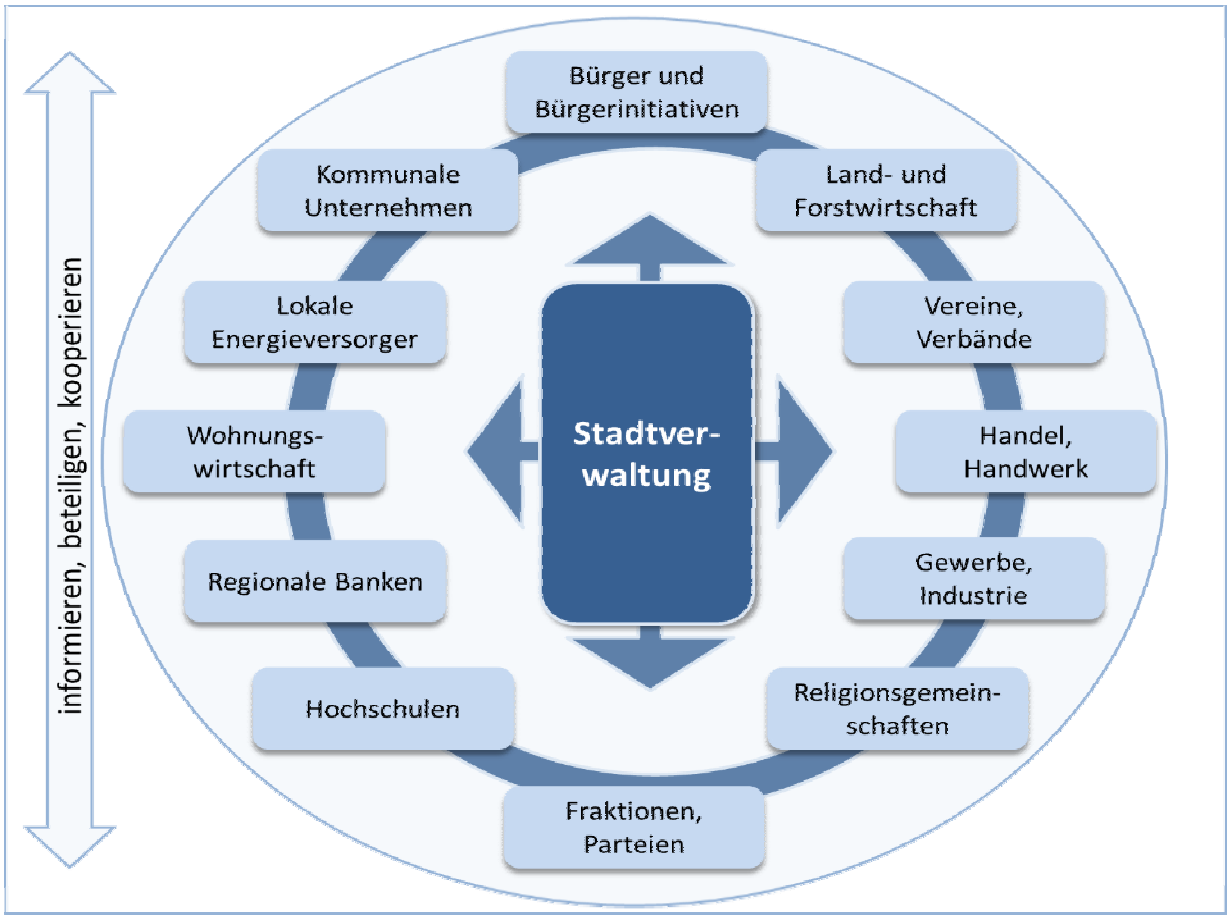


Abb. 6-9 Zielgruppenübersicht (DIFU 2011, S. 132, modifiziert)

Der Fokus der Partizipationsaktivitäten im Bereich der Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel liegt auf den vier großen Akteursgruppen:

- Planungs- und Entwicklungsgesellschaften
- Wohngebäudebereich / Wohnungsunternehmen,
- Private Haushalte / Bürgerschaft sowie
- Industrie und Gewerbe.

Die **Vernetzung der Akteure** untereinander ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor für ihre Partizipation. Durch die Transparenz zwischen allen Mitwirkenden können Innovationen angeregt und gegenseitiges Verständnis bei Umsetzungsproblemen geweckt werden.

Neben der klassischen zielgruppenorientierten Ansprache der Akteure ist es wichtig, dass die **Stadtverwaltung als Kernakteur und Vermittler auch innerhalb ihrer eigenen Strukturen vernetzt** ist. Die verschiedenen Bereiche und Ämter müssen untereinander in stärkerem Maße miteinander im Austausch stehen und kommunizieren (Abb. 6-10).

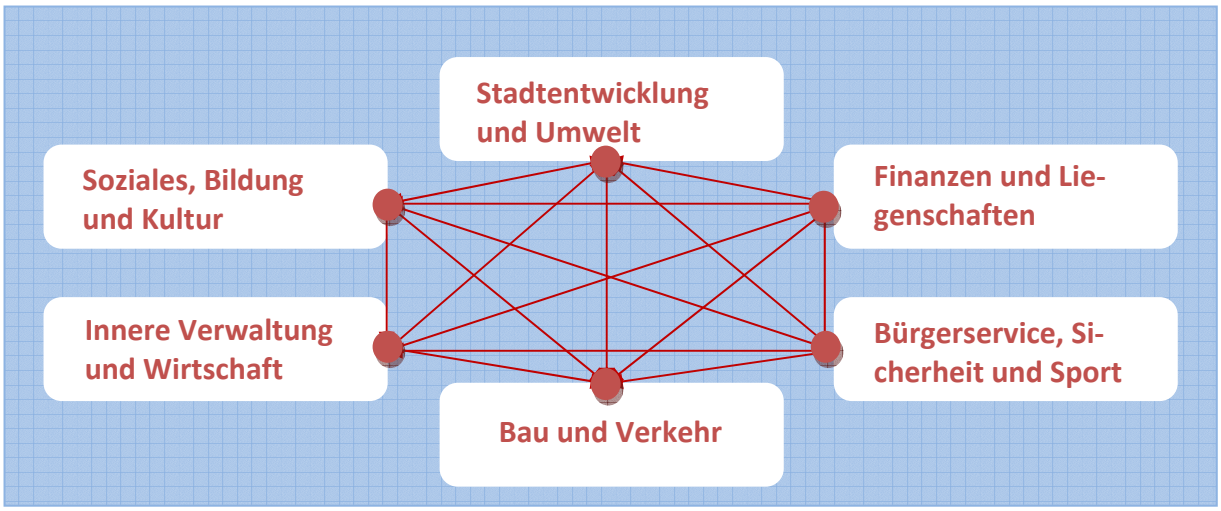


Abb. 6-10 Vernetzung der Ämter und Bereiche innerhalb der Stadtverwaltung

6.2.2 Öffentlichkeitsarbeit und Partizipationsprozesse

Einbindungsintensität

Bezogen auf die Akteursgruppen existiert eine unterschiedliche Einbindungsintensität (Abb. 6-11). Von der Information und Motivation über die Beteiligung bis hin zur Kooperation mit unterschiedlichen Akteuren kann die Öffentlichkeitsarbeit und Akteursbeteiligung reichen (Handbuch Partizipation 2012, S. 156, DIFU 2011, S. 133). Je nachdem, welche Einbindungsintensität angestrebt wird, können verschiedene Methoden für den Beteiligungsprozess herangezogen werden.

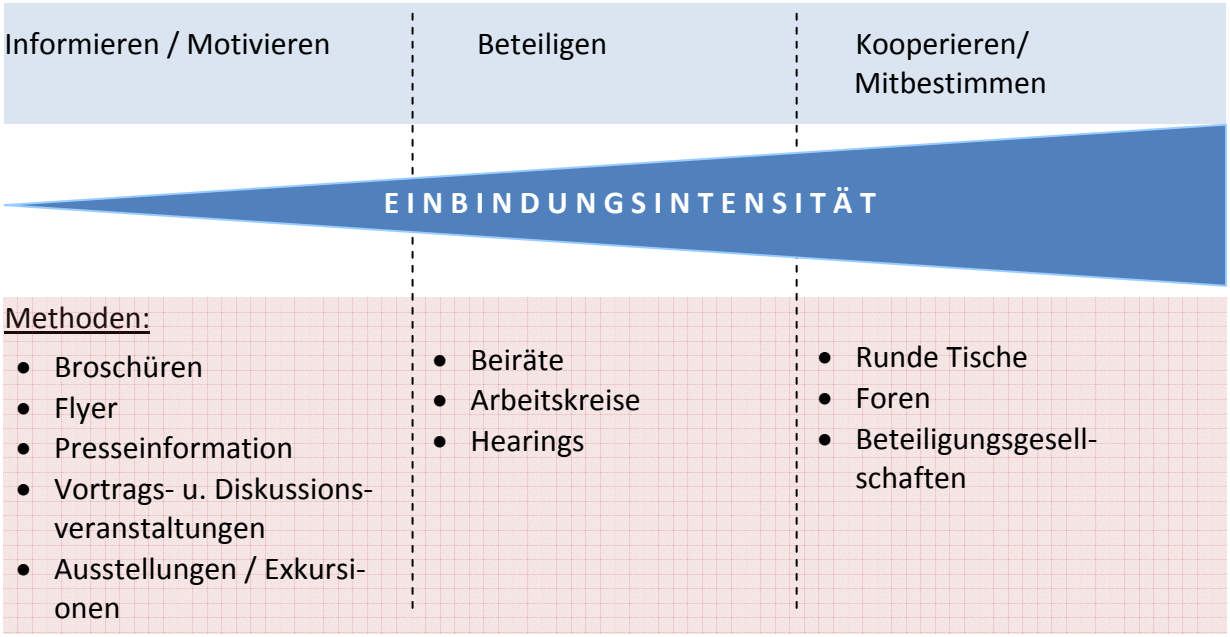


Abb. 6-11 Einbindungsintensität im Partizipationsprozess (mod. durch Klementz, in Anlehnung an DIFU 2011, S. 133; Handbuch Partizipation 2012)

6.2.3 Methoden der Öffentlichkeitsarbeit und bei Partizipationsprozessen

In den letzten Jahren hat die Vielfalt an erprobten Methoden der Öffentlichkeitsarbeit und für Beteiligungsverfahren deutlich zugenommen. Hinsichtlich des Themas Klimaanpassung sollte möglichst ein Methodenmix aus verschiedenen Instrumenten zum Einsatz kommen.

Öffentlichkeitsarbeit
Ziel der Öffentlichkeitsarbeit ist es, dass Bewusstsein für die Notwendigkeit zu Klimaanpassungsmaßnahmen zu erhöhen. Grundsätzlich können drei Ziele kommunikativer Aktionen und Instrumente im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit unterschieden werden (DIFU 2011, S. 151):

a) **Information = Wissensvermittlung** → Informationsmaterialien und -medien
b) **Persuasion = Überzeugen** → zielgruppenspezifische und öffentlichkeitswirksame Aktionen
c) **Partizipation = Beteiligen** → Bildungs- und Diskussionsveranstaltungen

Tab. 6-2 Methoden der Öffentlichkeitsarbeit (Quelle: K. Klementz, Grundlage: DIFU 2011)

Intervall / Ziel	alle 1-2 Monate	halbjährlich	jährlich oder seltener
Wissens-vermittlung	- Lokalrundfunk/ Presse: Berichte zu lfd. Anpassungsmaßnahmen - Pressemitteilungen - Internetseite einrichten mit Infos	- Flyer: 1 pro Anpassungsmaßnahme - Broschüren zur Kommunikation neuer rechtlicher Festsetzungen	- Ausstellungen: stadtteilbezogene Ausstellungen zu Anpassungsmaßnahmen
Überzeugen		- Zusammenstellen zielgruppenspezifischer Mappen	- Motto / Logo - Aktionstage, ggf. eingebettet in öffentliche Festtage
Beteiligen	- Lokalrundfunk/ Presse: Bekanntgabe von Veranstaltungen (Kap. 2.3.2) - Internetseite einrichten (s. a. Onlinedialog)	- Bürgerversammlungen und Diskussionsrunde - Vor-Ort-Begehungen/ Exkursionen	- Kalender mit Daten zu Veranstaltungen - Ratgeber mit Behördenhinweisen und Ansprechpartnern

Aufgrund der knappen finanziellen und personellen Kapazitäten ist es sinnvoll, kommunikative Aktionen (Flyer, Broschüren, Rundfunkinterviews, Pressemitteilungen usw.) im Zusammenhang mit konkreten Ereignissen zu planen. So ist es vorteilhaft, bei Start oder Abschluss von Klimaanpassungsmaßnahmen derartige Aktionen durchzuführen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Aktion anschaulich kommuniziert und/ oder dargestellt und ein Ansprechpartner für Rückfragen genannt wird (DIFU 2011).

Neben der Nutzung von Informationsmaterialien und -medien in der Öffentlichkeitsarbeit spielen zielgruppenspezifische und öffentlichkeitswirksame Aktionen eine große Rolle. Hierbei gilt der Grundsatz „Weniger ist mehr“: Die sorgfältige Vorbereitung und Durchführung einzelner Aktionen ist bedeutender als die Häufung von Aktionen. Für längerfristige öffentliche Kampagnen vor Ort ist es sinnvoll ein spezielles Motto oder Logo zu entwickeln, um von dessen Wiedererkennungswert zu profitieren (DIFU 2011, S. 157).

Öffentlichkeitsarbeit steht nicht für sich alleine, sondern sollte immer auch vor dem Hintergrund der Motivation zur Partizipation gestaltet werden. So kann sie genutzt werden, um ausgewählte Partizipationsbestrebungen anzukündigen, zu dokumentieren und zum Mitmachen anzuregen. So ist ein weiterer wesentlicher Bestandteil von Öffentlichkeitsarbeit die Durchführung von Bildungs- und Diskussionsveranstaltungen (DIFU 2011, S. 160). Im Folgenden werden praktische Handlungsoptionen für die Stadt Bochum dargelegt, um Öffentlichkeitsarbeit und Bürgerbeteiligung in den kommenden Jahren weiter vorantreiben zu können. Einige der Handlungsempfehlungen fußen auf den Ausführungen aus dem Praxishandbuch der Berliner Senatsverwaltung.

6.3 Praktische Handlungsempfehlungen für die Stadt Bochum

6.3.1 Informieren und Überzeugen

Erweiterung und Überarbeitung von webbasierten Informationen

Eine thematisch gut gestaltete Website dient als zentrale Informations- und Kommunikationsplattform: auf Grundlage der zurzeit bestehenden Informationsseite zum Thema „Klimaanpassungskonzept Bochum“ (www.bochum.de/klimaanpassung) sollte eine umfassendere Website mit Hinweisen auf praktische Maßnahmen zur Klimaanpassung in Bochum eingerichtet werden.

Diese Website sollte neben Veranstaltungshinweisen, verschiedenen thematisch aufbereiteten Informationen und Links vor allem auch ein Einstiegs-Beratungsangebot beinhalten. Als Teil einer solchen Online-Beratung sollten auch Hinweise zu Ansprechpartnern innerhalb und außerhalb der Verwaltung genannt werden.

Instrument:

- **Website mit Online-Beratungsangebot**

Veröffentlichungen

Veröffentlichungen wie Broschüren und Flyer sollten parallel zum Informationsangebot der Website angeboten werden. Passend ist vor allem die Erarbeitung von Veröffentlichungen im Rahmen von bestehenden Reihen, die seitens der Stadt Bochum herausgegeben werden.

Parallel sollten Artikel zum Thema „Klimaanpassung“ auch in einschlägigen kommunalen Fachzeitschriften veröffentlicht werden. Geeignet erscheinen auch die Publikationskanäle der Kommunalen Gemeinschaftsstelle (KGSt) sowie der kommunalen Spitzenverbände wie dem Deutschen Städtetag.

Digitale Versionen aller Veröffentlichungen sollten auf der Website abrufbar sein.

Instrumente:

- **Publikationen und Faltblätter in einheitlichem Corporate Design**
- **Veröffentlichungen in kommunalen Fachzeitschriften und -magazinen**

Veranstaltungen / Events

Auch nach Ablauf des Förderprojektes sollten Veranstaltungen, Expertenvorträge und Diskussionsrunden in Kooperation mit Medienpartnern und verschiedenen Akteursgruppen durchgeführt werden. Sie stellen eine gute Möglichkeit der konkreten Zielgruppenansprache dar. Für die Darstellung besonderer Vorhaben und Konzepte bietet sich auch die Bürgerversammlung als Instrument zur Informationsweitergabe, aber auch zur Diskussion an. Des Weiteren können auch Ortsbegehungen, z.B. in stark urbanen, von Hitzeproblematik betroffenen Gebieten helfen, das Thema anhand von guten Praxisbeispielen zu illustrieren.

Bürgerversammlung

BÜRGERVERSAMMLUNG				
ZIEL: Informationen zu lokalen und regionalen Themen, Angebot eines Diskussionsforums				
Beschreibung: Eine Bürgerversammlung ist eine Veranstaltung, zu der alle Betroffenen eines Vorhabens eingeladen und zu bestimmten Themen informiert werden können. Sie bietet zudem eine Diskussionsplattform für die Anliegen und Probleme der anwesenden Bürgerinnen und Bürger. Im Rahmen einer Bürgerversammlung werden auch Diskussionsergebnisse abgestimmt und festgehalten.				
Aufwand:	Vorbereitungszeit:	Durchführungszeit:	Kosten:	Hinweis:
	mehrere Wochen (Einladungen versenden, Öffentlichkeitsarbeit, inhaltliche Planung, ggf. Referentinnen und Referenten)	max. 3 Stunden Anzahl Teilnehmende: 5-25 aus verschiedenen Zielgruppen	ca. 500 €	Professionelle Moderation notwendig
Chancen: Klassische Methode der Bürger-/Akteursbeteiligung				
Anwendungsbereich: BÜRGERBETEILIGUNG			**Einbindungsintensität: Informieren / Beteiligen**	

Die Bürgerversammlung hat das Ziel, Informationen an BürgerInnen zu vermitteln und bietet ihnen ein Diskussionsforum. Die Bürgerversammlung kann an den Anfang eines Planungsprozesses gestellt werden, so dass die Reaktion der BürgerInnen aufgenommen und in die Planungen einfließen kann. Um die Transparenz dieser Prozesse und die Motivation für die BürgerInnen langfristig aufrecht zu erhalten, sollte mindestens einmal im Jahr eine Bürgerversammlung durchgeführt werden. Diese klassische Methode der Bürgerbeteiligung bietet den Vorteil, den direkten Austausch mit den zukünftig potentiell von Planungs- und Investitionsmaßnahmen betroffenen Bürgern zu motivieren.

Exkursionen / Ortsbegehungen

Unterstützend zur Bürgerversammlung können **zielgruppenspezifische Exkursionen oder Ortsbegehungen** angeboten werden. Die Termine für Ortsbegehungen mit den BürgerInnen können bereits auf der Bürgerversammlung verkündet werden, um das Engagement und Interesse der BürgerInnen zu fördern.

ORTSBEGEHUNGEN / EXKURSIONEN				
ZIEL: Veranschaulichen von Planungsprozessen, lokalen Bezug herstellen				
Beschreibung: Ortsbegehungen unterstützen Planungsprozesse visuell durch geführte Informationsrundgänge zu Bestand oder Planungen dabei, eine Bestandsaufnahme zu erstellen. Die Teilnehmenden tauschen sich hierbei mit Fachleuten aus, informieren sich oder erläutern ihre Ideen.				
Aufwand:	Vorbereitungszeit:	Durchführungszeit:	Kosten:	Hinweis:
	1 Monat: Infos einholen, Route planen, Ansprechpartner für Zwischenetappen	1 – 3 Stunden Anzahl Teilnehmende: max. 30	max. 100 €	Ortsbegehung sollte professionell geführt werden
Chancen:	Wenn die Ortsbegehungen mit spielerischen Aufgaben kombiniert werden, können oft neue Sichtweisen und Erkenntnisse über den Ort gewonnen werden.			
Anwendungsbereich: **PROZESSBETEILIGUNG**			**Einbindungsintensität:** **Informieren / Beteiligen**	

Instrumente:

- **Thematische Veranstaltungen mit Fachvorträgen**
- **Einbezug des Themas in andere planerisch relevante Veranstaltungskonzepte**
- **Bürgerversammlungen**
- **Ortsbegehungen**

6.3.2 Beraten

Neben der reinen Informationsvermittlung zum Thema „Klimaanpassung“ kommt der Beratungskomponente eine große Bedeutung zu. Der hohe Beratungsbedarf resultiert aus der planerisch-technischen Komplexität des Themas, aus den hohen Anforderungen und dem entsprechenden Investitionen sowie aus der Notwendigkeit zur gezielten Vernetzung von Akteuren.
Im Kapitel „Informieren und Überzeugen“ wurde bereits Bezug zur Online-Beratung genommen. Dieses wird im Folgenden unter anderem wieder aufgegriffen.

Bündelung der Aufgaben auf dem Gebiet der Klimaanpassung
Da das Thema Klimaanpassung in verschiedenen Fachbereichen (Umwelt, Bau und Planung, etc.) eine Rolle spielt, sollte ein Ansprechpartner bei der Stadt Bochum berufen werden, der in seinem Aufgabenportfolio für eine entsprechende Themenbündelung zuständig ist. Ein solcher Mitarbeiter sollte die Erstellung von Publikationen und Website, die Durchführung von Veranstaltungen, aber auch die Beratungsaufgaben für die Stadt koordinieren. Zudem sollte so eine Beratungsfunktion auch innerhalb der Stadtverwaltung geschaffen werden, durch die alle in Planungsvorhaben involvierte Mitarbeiter / Fachbereiche im Rahmen einer Arbeitsgruppe beratend und koordinierend unterstützt werden können.

Instrumente:

- **Aufgabenbündelung durch koordinierende Fachstelle**

Online-Beratung
Als Teil der thematischen Website sollte ein Online-Beratungsbereich eingerichtet werden. In diesem Bereich sollten Hilfestellungen zur Planung und Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen sowie Links und Hinweise zu geeigneten Planungs- und Ingenieurbüros aus der Region gegeben werden. Besonders angesprochen werden sollten hiermit die Bürgerinnen und Bürger, die auf ihren eigenen Grundstücken einen wesentlichen Beitrag zur Klimaanpassung leisten können. Des Weiteren sollten aber auch wohnungswirtschaftlich orientierte Akteure mit grundlegenden Beratungs- und Informationsangeboten versorgt werden.

Einen wichtigen Teil dieses Beratungsangebotes machen Verweise zu unabhängigen Experten innerhalb und außerhalb der städtischen Verwaltung aus. Eine Referenzliste mit Darstellung von Projekten sollte integriert werden. Dieses Online-Angebot sollte vom oben genannten Ansprechpartner aus der Verwaltung betreut werden.

Instrumente:

- **Erstellung und Aktualisierung einer Online-Beratung**

Kommunales Beratungsteam
Die Stadt Bochum sollte ihre Fachexpertise im Rahmen eines Experten-Beratungsteams bündeln. In den verschiedenen Fachämtern (Umwelt- und Grünflächenamt, Planungs- und Bauordnungsamt, Hochbauamt, etc.) findet sich eine hohe fachliche Kompetenz, die aufgrund

einer strengen Amts- und Abteilungsfokussierung jedoch nicht immer gebündelt und zielgerichtet nach außen wirken kann.
Daher kommt der Bündelung der Kompetenz an einer Stelle eine besondere Bedeutung zu. Der oben aufgeführte Koordinator für Fragen zur Klimaanpassung wäre die geeignete Instanz, um ein kommunales Beratungsteam aufzubauen und dauerhaft zu betreuen. Anfragen von außen, aber auch aus der Verwaltung heraus können so zentral gesammelt und an die jeweiligen Experten zur Beantwortung weitergeleitet werden. Das Beratungsteam muss nicht physisch an einem Ort zusammenarbeiten, sondern soll weiterhin aus den verschiedenen Fachämtern heraus, aber koordiniert agieren.

Instrumente:

- **Schaffung eines kommunales Beratungsteams**

Beratungs-Hotline
Im Rahmen des Beratungsportfolios sollte die Einrichtung einer Hotline für Bürgeranfragen eingerichtet werden. Die Beratungshotline fällt in die Aufgabenkompetenz des Beratungsteams, bzw. des zentralen Ansprechpartners.

Instrumente:

- **Schaffung einer Beratungshotline**

6.3.3 Beteiligen und Kooperieren

Je nachdem, welche Ziele für den Beteiligungsprozess definiert werden und welche Einbindungsintensität angestrebt wird, können für die Initiierung von Maßnahmen zur Klimaanpassung verschiedene Methoden - je nach Zielgruppe - zum Einsatz kommen. Auch die Gruppengröße hat Einfluss auf die Wahl der Methoden. So eignen sich für kleine Gruppen andere Beteiligungsmethoden als für größere Gruppen.

Idealerweise laufen Öffentlichkeitsarbeit und Partizipationsmaßnahmen Hand in Hand. Dabei werden verschiedene Methoden miteinander kombiniert, um unterschiedliche Akteure auf unterschiedlichen Kommunikationskanälen zu erreichen. Die Partizipationsarbeit wird von der Öffentlichkeitsarbeit begleitet. So kann sie durch Presseinformationen angekündigt und anhand der Erstellung von Informationsmaterialien (Flyer, Broschüren o. ä.) dokumentiert werden. Wichtig ist es für ein mittel- bzw. langfristiges Handlungskonzept vor allem, dass die Maßnahmen kontinuierlich gedacht und geplant werden. Auch immer zum gleichen Zeitpunkt (z.B. im Herbst) wiederkehrende Veranstaltungen schaffen Kontinuität.
Die Begleitung sämtlicher Prozesse sollte im Zeitalter der modernen Informations- und Kommunikationsmedien immer auch über eine Website erfolgen. Eine funktionierende und gepflegte Website kann nicht nur als Informations- sondern auch als Partizipationsforum genutzt werden.

Die im Folgenden angeregten Beteiligungsformen sind insbesondere geeignet zur Einbindung der Wohnungswirtschaft, der Planer, Architekten sowie der Bürgerschaft.

A) Beteiligen
Ab dieser Stufe der Beteiligungsintensität stehen konkret das Mitwirken und die aktive Teilhabe im Mittelpunkt. Ein grundlegendes Instrument ist das Durchführen eines Ideenworkshops, bei dem die verschiedenen Zielgruppen zusammengeführt werden. Diese Methode eignet sich für die Beteiligung von Akteuren im Bereich Klimaschutz und Klimaanpassung, da aus unterschiedlicher Perspektive Lösungsansätze z.B. hinsichtlich der Durchführung von Maßnahmen, planerischer und baulicher Natur, inspiriert werden können.

B) Kooperieren
Die höchste Einbindungsintensität wird durch das Kooperieren mit den Akteuren verwirklicht. Hierbei ist es wichtig, frühzeitig Erwartungen und Einstellungen der potentiellen Kooperationspartner gegenüber den Klimaanpassungsmaßnahmen zu identifizieren, um die genauen Beiträge und Aktivitäten der einzelnen Beteiligten festlegen zu können. Bestehende Kooperation sollte auf Grundlage ihrer ursprünglichen Zielvorstellungen und der Wirtschaftlichkeit der Zusammenarbeit geprüft werden. In einigen konfliktreichen Fällen kann ein Mediator oder Moderator den Prozess begleiten. Den Rahmen für ein solches Vorgehen bietet die Methode des *Runden Tisches*, auf welche weiter unten detaillierter eingegangen wird. Demgegenüber baut die *Planungswerkstatt* auf die Ergebnisse des Ideenworkshops auf und hat zum Ziel, diese zu konkretisieren und weiterzuentwickeln. Die Durchführung von Einzelgesprächen mit den Akteuren bietet eine gute Grundlage, um Interessen zu sondieren und Zielgruppen zu bilden. Auch das Einberufen einer *Zukunftswerkstatt* eignet sich als Auftakt im Bereich Klimaschutz und Klimaanpassung, um wichtige Impulse für geeignete Aktionen hervorzubringen.

Vorstellung geeigneter Beteiligungs- und Kooperationsinstrumente:

FOKUSGRUPPEN				
ZIEL: Weitere Blickwinkel zu einem Problem/einer Fragestellung zu erhalten				
Beschreibung: Die Fokusgruppe ist eine zielgerichtete Gruppendiskussion. Verschiedene Gruppen werden hierbei mit Teilnehmenden mit jeweils ähnlichen Vorstellungen / Interessen zusammengestellt. Diese diskutieren moderiert über ein vorgegebenes Thema.				
Aufwand:	Vorbereitungszeit:	Durchführungszeit:	Kosten:	Hinweis:
	2 – 3 Wochen: Einladungen, Organisation d. Moderation, Definieren der Fragestellungen	je Fokusgruppe bis zu 3 Stunden Teilnehmende: 6-15	ca. 7.000 – 12.000 € (bei 2 Fokusgruppen und 2 – 3 Wochen Vorbereitung)	Moderation notwendig
Chancen:	Dieses Vorgehen ist besonders gut geeignet, um Gender-und Diversityaspekte zu erkennen und zu berücksichtigen.			
Anwendungsbereich: PROZESSBETEILIGUNG		**Einbindungsintensität: Beteiligen**		

PLANNING FOR REAL

ZIEL: niederschwellige Mobilisierung der Menschen vor Ort, Ermittlung von Defiziten und Potenzialen sowie Erarbeiten von Handlungsschwerpunkten

Beschreibung: Es wird ein Städtebaumodell des Istzustands eines Gebietes erstellt, das dann vielerorts ausgestellt wird, um sich mit den Menschen vor Ort über die Wohnverhältnisse auszutauschen. Gedanken werden direkt am Modell visualisiert oder beschrieben. Es folgt eine Veranstaltung zu Stärken und Schwächen, in der Prioritäten gesetzt und Arbeitsgruppen zu Umsetzung gebildet werden. Die Ergebnisse fließen in einen Aktionsplan ein.

Aufwand:	Vorbereitungszeit:	Durchführungszeit:	Kosten:	Hinweis:
	2 – 3 Monate, Material bereitstellen, Vorbereitung des Modellbaus und der Veranstaltung, Erstellen des Zeitplans, Öffentlichkeitsarbeit	mindestens 2 Wochen Anzahl Teilnehmende: beliebig	7.000 bis 12.000 € sehr arbeitsintensives Verfahren: eine Fachkraft sowie HelferInnen	Fachliche Begleitung sinnvoll

Chancen: Die Methode ermöglicht es den Beteiligten, an der Gestaltung ihres Lebensumfeldes teilzuhaben. Durch den Austausch auf der Straße können neue Interessierte gewonnen werden.

Anwendungsbereich:	**Einbindungsintensität:**
PROZESSBETEILIGUNG	**Mitbestimmung**

PLANUNGSWORKSHOP / PLANUNGSWERKSTATT

ZIEL: Verortung von Nutzungen, Diskussion und Weiterentwicklung von Ideen

Beschreibung: Der eintägige Workshop basiert auf bereits generierten Nutzungsideen, z.B. auf den Ergebnissen einer Ideenwerkstatt. Diese vorab entwickelten Ideen stehen im Laufe einer Planungswerkstatt zur Diskussion, werden dort weiterentwickelt und räumlich im Planungsgebiet verortet.

Aufwand:	Vorbereitungszeit:	Durchführungszeit:	Kosten:	Hinweis:
	2–3 Monate Räumlichkeiten, Öffentlichkeitsarbeit, inhaltliche Planung	1 Tag pro Workshop Anzahl Teilnehmende: beliebig	5.000 – 10.000 €	Professionelle Moderation notwendig,

Chancen: Voraussetzung für die Planungswerkstatt ist eine Fragestellung, die diskutiert und gelöst werden soll.
Die Arbeitsergebnisse können dann als Grundlage in weitere Entscheidungsprozesse einfließen.

Anwendungsbereich:	**Einbindungsintensität:**
PROZESSBETEILIGUNG	**Mitbestimmung**

ZUKUNFTSKONFERENZ / ZUKUNFTSWERKSTATT

ZIEL: Visionen entwickeln, strategische Planung, Konsensfindung zwischen unterschiedlichen Beteiligungsgruppen sowie Entwicklung von Zukunftsperspektiven

Beschreibung: Während einer dreitägigen Veranstaltung diskutieren unterschiedliche Gruppen über eine gemeinsame Zielfindung eines ergebnisoffenen Prozesses. Die Zukunftskonferenz ist problemorientiert und zielt auf ein konsensuales Ergebnis. Charakteristisch sind die Phasen:

- Reflexion der Vergangenheit
- Analyse der gegenwärtigen Realität
- Entwicklung von Zukunftsbildern
- Herausarbeiten von gemeinsamen Zielen
- Erarbeitung konkreter Maßnahmen

Aufwand:	Vorbereitungszeit:	Durchführungszeit:	Kosten:	Hinweis:
	½ - ¾ Jahr - vorbereitender Planungsworkshop, Strukturierung der Veranstaltung, Auswahl der Teilnehmenden	3 Tage Anzahl Teilnehmende: 30-80 aus verschiedenen Zielgruppen	7.500 – 15.000 €: inklusive 2 – 3 Vorbreitungstreffen und 2 Moderationskräften plus 1 Assistenz	Professionelle Moderation notwendig, die Teilnehmenden sollten ausgewählte Vertreterinnen und Vertreter aller Anspruchsgruppen sein

Chancen: Anwendung finden Zukunftskonferenzen, wenn eine heterogene Gruppe – bzw. unterschiedliche Zielgruppen - einen Konsens über eine wünschenswerte Zukunft erarbeiten soll

Anwendungsbereich:	**Einbindungsintensität:**
PROZESSBETEILIGUNG	**Mitbestimmung**

ONLINEDIALOG

ZIEL: neue Ideen generieren, Ideen sammeln

Beschreibung:
Ein Onlinedialog ist eine online organisierte sowie moderierte Bürgerbefragung und -diskussion, die für den Durchführungszeitraum als dauerhafte und barrierefreie Diskussionsplattform fungiert. Sie kann dazu dienen, ein Feedback der Beteiligten zu erhalten, Priorisierungen zu erstellen oder Konflikte zu entschärfen.

Aufwand:	Vorbereitungszeit:	Durchführungszeit:	Kosten:	Hinweis:
	ca. ½ Jahr: Implementierung einer Internetseite, thematische Zielsetzung	beliebig, ausgerichtet an Zielsetzung	30.000 – 100.000 €	Onlinemoderation ist sinnvoll für Aktualität u. ergebnisorientierte Diskussion

Chancen: Die Beteiligung an einem Onlinedialog erfolgt anonym. Es ist jedoch zu empfehlen, diese Methode nur in Kombination mit weiteren Methoden anzuwenden, da mit einer Onlinebeteiligung allein kein Ortsbezug hergestellt werden kann.

Anwendungsbereich:	**Einbindungsintensität:**
PROZESSBETEILIGUNG	**Informieren / Beteiligen / Mitbestimmen**

RUNDER TISCH

ZIEL: Konsensfindung zwischen widerstreitenden Interessenansprüchen

Beschreibung: Hierbei diskutieren Vertreterinnen und Vertreter unterschiedlicher Interessengruppen gleichberechtigt ein kontrovers diskutiertes Sachproblem und versuchen, es gemeinsam zu lösen. Im Idealfall ist das generierte Ergebnis von großer Verbindlichkeit, da alle Betroffenen aktiv beteiligt waren.

Aufwand:	Vorbereitungszeit:	Durchführungszeit:	Kosten:	Hinweis:
	1 – 2 Monate Einzelgespräche mit den beteiligten Gruppen, intensive Auseinadersetzung mit dem Konflikt	bis ein Konsens gefunden wird bzw. die Gespräche durch einen Schlichterspruch beendet werden Anzahl Teilnehmende: beliebig (ca. 15 – 200 Teilnehmende)	500 – 5.000 €, Bsp.: Fachkraft für Vorbereitung und Umsetzung für 2 Monate à 30 h: 3.000 € Brutto + Moderation 5 Tage à 3 h: 1.000€ > 4.000 €	Eine neutrale Moderation bzw. Mediation sowie eine Protokollierung des Verfahrens ist notwendig.

Chancen: Runde Tische werden vor allem dann eingesetzt, wenn sich unterschiedliche Interessenvertreterinnen und -vertreter unversöhnlich gegenüberstehen und eine Schlichtung unabdingbar ist.

Anwendungsbereich:	**Einbindungsintensität:**
PROZESSBETEILIGUNG	**Mitbestimmung**

6.3.4 Weitere Maßnahmen

Akquisition von Fördergeldern
Akquirierung von Fördergeldern aus Bundes-, Landes- und EU-Mitteln für die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen zum Klimawandel und Hilfestellung bei der Beantragung von Fördergeldern für die örtlichen Unternehmen und Privatpersonen.

Einrichtung eines Klimaschutzbeirates inkl. Klimaanpassung
Neben dem fachlich orientierten Team um den Klimaschutzmanager ist die Einrichtung eines Klimaschutzbeirates aus politischen Vertretern sowie Vertretern wichtiger Akteursgruppen wie z.B. der Wohnungswirtschaft von Bedeutung. Im Klimaschutzbeirat sollten übergreifende Fragestellungen diskutiert und Kooperationsvereinbarungen zwischen Verwaltung, Politik, Wirtschaft und Bürgerschaft getroffen werden. Das Thema Anpassung an den Klimawandel sollte in diesen Rahmen integriert werden.

Die folgende Übersicht liefert einen groben Fahrplan wie konkret für die Entwicklung der Öffentlichkeits- und Partizipationsarbeit vorgegangen werden kann.

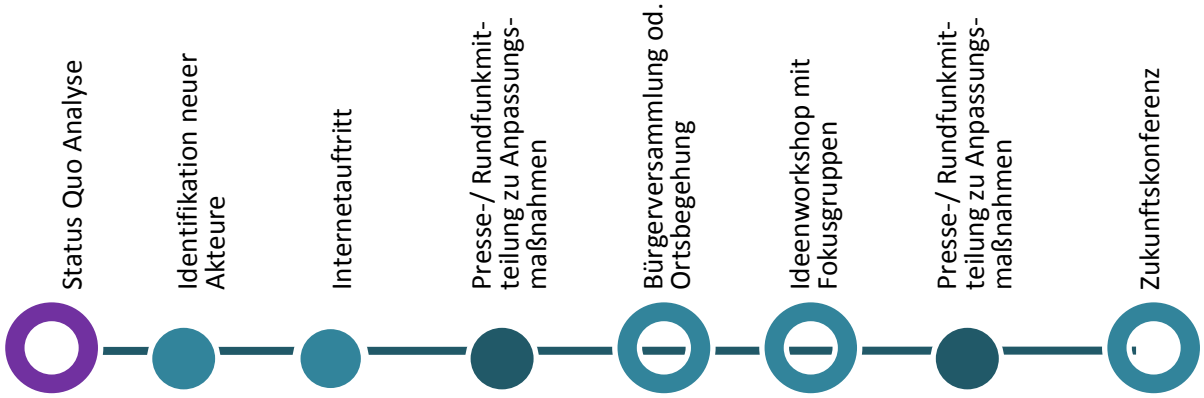


Abb. 6-12 Umsetzung von Maßnahmen zur Öffentlichkeitsarbeit und Partizipation

7. Evaluation der Maßnahmen und Controllingkonzept

Für eine in die Zukunft gerichtete Kommunalplanung ist es unabdingbar, bereits zum jetzigen Zeitpunkt Klimaanpassung in aktuelle Planungen zu integrieren, um die Auswirkungen des Klimawandels so erträglich wie möglich zu gestalten. Um das Ablaufschema zur Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen und die „Handlungskarte Klimaanpassung“ langfristig und aktuell in die Planungsprozesse der Stadt Bochum einzubeziehen, bedarf es eines mehrstufigen Controllingkonzeptes. Es enthält Aufgaben aus drei verschiedenen Themenfelder, die auf drei unterschiedlichen Zeitachsen eine Rolle spielen. Die für die Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen Verantwortlichen aus den entsprechenden Fachabteilungen haben die Aufgabe, die Grundlageninformationen aktuell zu halten, eine Checkliste für Planungsvorhaben abzuarbeiten und die städtischen Ziele sowie erfolgte Anpassungsmaßnahmen zu evaluieren. Dabei sind einige Aufgaben permanent zu berücksichtigen und die Aktualisierungen im Zeitraum von 2-5 Jahren bzw. 5-10 Jahren durchzuführen. Das Controllingkonzept für die Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen in Planungsprozesse der Stadt Bochum ist als Übersicht in der Abbildung 3 dargestellt.

7.1 Aktualisierung der Grundlageninformationen

7.1.1 Überwachung der Entwicklung der städtischen Wärmeinsel (permanent)

Da die Hitzebelastung eine zentrale Rolle für die Ausweisung von Gefährdungspotentialen im Zusammenhang mit dem Klimawandel spielt, ist eine permanente Überprüfung der Entwicklung der städtischen Wärmeinsel notwendig. Die Daten der Bochumer Innenstadt-Klimastation und der Freiland-Klimastation (betrieben von Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum) stellen dazu eine ausreichende Datengrundlage zur Verfügung.
Auf der einen Seite kann die mögliche Zunahme von Hitzetagen im Innenstadtbereich verfolgt werden. Die Anzahl der Heißen Tage mit Temperaturmaxima von mindestens 30 °C ist in den vergangenen 100 Jahren von rund 4 Tagen im Jahr auf aktuell im Mittel 10 Tage im Jahr angestiegen. Das macht einen Zuwachs von 150 % aus. Hier kommt nach den Klimaprojektionen in den nächsten 50 Jahren nochmal ein Anstieg von über 200 % dazu. Damit kann es im Zukunftsszenario 2051-2060 statt aktuell 10 Heiße Tage bis zu 31 Heiße Tage im Jahr geben.
Auch die Intensität der städtischen Hitzeinsel muss permanent überwacht werden. Die Temperaturdifferenz zwischen Freiland und Innenstadt in sommerlichen Strahlungsnächten mit einer Belastung durch nächtliche Hitze liegt aktuell bei 6 bis 7 Kelvin. Durch eine Analyse der Temperaturdifferenzen zwischen den beiden Bochumer Klimastationen, in der Innenstadt und im Freiland, kann die Entwicklung der Hitzeinselintensität überwacht werden.

7.1.2 Aktualisierung der Zukunftsprojektionen (alle 2-5 Jahre)

Die im Klimaanpassungskonzept Bochum verwendeten Klimaprojektionen beruhen auf den Ergebnissen des IPCC-Berichtes (Intergovernmental Panel on Climate Change) aus dem Jahr 2007. Ein aktueller Bericht steht kurz vor der Veröffentlichung (wahrscheinlich 2014). Wenn die darauf beruhenden regionalen Klimaprojektionsberechnungen veröffentlicht sind, ist eine Aktualisierung der Zukunftsszenarien für Bochum notwendig. Da die Prognosen der zukünftigen Klimaentwicklung mit vielen Unsicherheiten verbunden sind, sollte die Berücksichtigung des Klimawandels bei Planungsfragen immer auf den neuesten verfügbaren Ergebnissen fußen.

7.1.3 Aktualisierung der Klimatopkarte und Fließwegekarte (alle 5-10 Jahre)

Die GIS-basierte Berechnung der Klimatopkarte für Bochum, im Ist-Zustand ebenso wie im Zukunftsszenario 2051-60, erleichtert die zukünftige Aktualisierung dieses Kartenmaterials. Bestimmend für die Einteilung des Stadtgebietes in Klimatope ist die dominierende Nutzungsart sowie die thermale Situation an dem jeweiligen Ort. Entsprechend muss die Karte des Zukunftsszenarios aktualisiert werden, sobald die Ergebnisse der neuen Klimazukunftsprojektionen vorliegen. Beide Karten brauchen eine Aktualisierung, sobald sich die Flächennutzungen im Bochumer Stadtgebiet in dem Maße geändert haben, dass diese Änderungen klimawirksam werden. In der Regel ist dies alle 10 Jahre der Fall.
Nutzungsänderungen, insbesondere veränderte Flächenversiegelungen wirken sich bedeutend auf die Karte der Fließwege im Bochumer Stadtgebiet aus. Deshalb muss auch diese Karte spätestens nach 10 Jahren aktualisiert werden.

7.2 Checkliste für Planungsvorhaben

7.2.1 Überprüfung von Bauvorhaben auf notwendige Anpassungsmaßnahmen

Für alle zukünftigen Planungsprozesse in der Stadt Bochum sollte das im Kapitel 1 beschriebene Ablaufschema im Zusammenhang mit der „Handlungskarte Klimaanpassung“ verbindlich sein.
In einem ersten Schritt ist eine Überprüfung der Lage der betroffenen Fläche im Stadtgebiet notwendig. Mit Hilfe der „Handlungskarte Klimaanpassung“ muss abgeglichen werden, ob die angestrebte Fläche ein Gefährdungspotential aufweist. Ist dies zutreffend, so muss geklärt werden, um welche Art von Belastungsgebiet es sich handelt, Hitzebelastung und/oder Belastung durch die Folgen von Extremniederschlägen. Ab diesem Zeitpunkt muss eine Belastung, wenn zutreffend, bei jedem weiteren Schritt im Planungsverfahren mit berücksichtigt werden.

Für das Planungsvorhaben muss im Folgenden eine Zusammenstellung notwendiger und sinnvoller Anpassungsmaßnahmen entsprechend der Lage (Belastungsgebiet „Hitze“ und/oder Belastungsgebiet „Extremniederschlag“ oder außerhalb eines Belastungsgebietes)

gemacht werden. Hierzu sind die Informationen aus der „Handlungskarte Klimaanpassung“ und der Maßnahmenkatalog heranzuziehen. Liegt ein Bebauungsplan vor, sollte dieser ämterübergreifend überprüft werden auf die Integration von entsprechenden Klimaanpassungsmaßnahmen.

Begleitend zum Planungsprozess ist eine Diskussion der notwendigen Maßnahmen mit beteiligten Akteuren, der Öffentlichkeit sowie der Politik vorzusehen. Auch die verschiedenen Bereiche und Ämter müssen in stärkerem Maße miteinander im Austausch stehen und kommunizieren.

7.2.2 Aktualisierung des Maßnahmenkatalogs zur Anpassung an den Klimawandel

In einem Zeitabstand von 2-5 Jahren muss der Maßnahmenkatalog überarbeitet und aktualisiert werden. Erkenntnisse aus der Evaluierung von umgesetzten Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel aus Bochum genauso wie aus anderen Städten sollen in den Maßnahmenkatalog einfließen. Die Klimaanpassung in der Stadtplanung steckt noch in den Anfängen, gesicherte Evaluierungsergebnisse liegen daher erst in einigen Jahren vor.
Neue Erkenntnisse für die Möglichkeiten zur Klimaanpassung sowie eventuelle technische Neuentwicklungen müssen neu in den Maßnahmenkatalog aufgenommen werden. Dabei sind die neuen Maßnahmen entsprechend ihrer Maßstabsebene (Stadtstruktur, städtische Infrastruktur, Gebäudeebene) und ihrer Synergien und Zielkonflikte zu beurteilen.

7.2.3 Aktualisierung der Belastungsgebiete in der „Handlungskarte Klimaanpassung“

Aus der im Rhythmus von 5-10 Jahren stattfindenden Aktualisierung der Klimatopkarten des Ist-Zustandes und des Zukunftsszenarios und der Karte der Fließwege verbunden mit aktuellen regionalen Klimaprojektionen ergibt sich die Notwendigkeit, die „Handlungskarte Klimaanpassung“ zu überarbeiten. Dabei sollten neben klimatischen Prognosen und Nutzungsänderungen im Stadtgebiet auch Prognosen zur demographischen Entwicklung in Bochum einbezogen werden. Auf dieser Grundlage müssen die Abgrenzungen für die Belastungsgebiete bezüglich Hitze und bezüglich einer Überflutung im Falle von Extremniederschlägen neu berechnet werden. Dies sollte mindestens alle 10 Jahre erfolgen, um eine aktuelle Grundlage für das Handlungskonzept zur Klimaanpassung zu haben.

7.3 Evaluierung der Ziele / Anpassungsmaßnahmen

7.3.1 Evaluation von Maßnahmen durch mikroskalige Modellierungen

Die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Klimaelementen wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit oder Wind und einer Stadt sind so komplex, dass man die Folgen von baulichen oder anderen Veränderungen in einem Stadtviertel nicht ohne weiteres abschätzen

kann. Sollen Auswirkungen einer beabsichtigten Veränderung der Stadtstruktur vorausgesagt werden, ist der Einsatz eines numerischen Simulationsmodells eine sinnvolle Lösung. Ein solches Simulationsmodell berücksichtigt die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen urbanen Klimafaktoren wie Bebauung und Vegetation und der Atmosphäre. Auf diesem Weg ist sowohl eine Planung zur Vermeidung von Belastungsräumen als auch die Optimierung bereits vorhandener Strukturen möglich.

Während rein qualitative Aussagen zu geplanten Maßnahmen meist von Experten getroffen werden können, ist die Quantifizierung einer Veränderung, beispielsweise der Lufttemperatur durch eine Parkanlage, nur mittels numerischer Simulation möglich. Eine ökologisch sinnvolle und ökonomisch effiziente Begrünung von städtischen Gebieten ist folglich nur möglich, wenn man in der Lage ist, Bereiche zu identifizieren, in denen ein Handlungsbedarf besteht, und abzuschätzen, mit welcher Strategie und mit welchem Einsatz ein möglichst hoher Kosten-Nutzen-Quotient erreicht wird. Um einen Vergleich zwischen Ist-Zustand und verschiedenen Planvarianten zu ermöglichen, ist der Einsatz eines mikroskaligen Klimamodells erforderlich. Bei größeren Planungsprozessen im Stadtgebiet sollte zur Evaluierung von möglichen Klimaanpassungsmaßnahmen immer eine mikroskalige Modellierung zum Einsatz kommen. Damit kann einerseits die beste Planvariante ermittelt werden. Ebenso wichtig ist aber auch die Möglichkeit, positive Auswirkungen von Anpassungsmaßnahmen anschaulich in die Öffentlichkeit und in die Akteursgruppen zu kommunizieren.

7.3.2 Überprüfung / Aktualisierung von städtischen Zielen

Im Rahmen der strategischen Umweltplanung der Stadt Bochum sind Umweltziele für die Kommunalplanung festgelegt. Viele der im Rahmen der strategischen Umweltplanung verfolgten Umweltziele leisten einen wichtigen Beitrag zur Klimaanpassung. Besonders die Umweltqualitätsziele, die sich auf die Begrenzung der Neuversiegelung, die Mindestanteile unversiegelter Flächen, die Erhaltung der unbebauten Flächen, den Erhalt von Park- und Grünanlagen und die Regenwasserabkopplung beziehen, sind hinsichtlich der Klimaanpassung relevant. Durch die konkret vorgegebenen Werte gibt es klar formulierte Ziele, die bis zu einem bestimmten Zeitpunkt erreicht sein sollen. Mit dem Instrument der strategischen Umweltplanung bieten sich im Zusammenhang mit der Erstellung des städtebaulichen Konzeptes große Möglichkeiten für die Integration von Maßnahmen, die der Anpassung an das Klima dienen. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass Inhalte der strategischen Umweltplanung in der Abwägung der privaten und öffentlichen Belange im Bebauungsplanverfahren gegenüber Belangen, die einer Verbesserung des Stadtklimas nicht zuträglich wären, Berücksichtigung finden.

In regelmäßigen Abständen von einigen Jahren sind die Ziele der strategischen Umweltplanung zu überprüfen und gegebenenfalls zu ergänzen.

7.3.3 Evaluation von Maßnahmen durch Messungen

Eine langfristig angelegte Evaluation von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel besteht in der Möglichkeit, bei größeren Projekten Messungen jeweils vor und nach Umsetzung der Anpassungsmaßnahmen durchzuführen. Beispielsweise großflächige Begrünungsmaßnahmen bieten sich an, um den Effekt auf die Reduzierung von sommerlicher Hitze zu messen.
Die Messungen können mittels mobiler Messeinrichtungen während ausgewählter Hitzeperioden oder langfristig mittels stationärer Messungen durchgeführt werden. Um einen Vergleich vorher/nachher zu ermöglichen, sind solche Messungen schon im Vorfeld, vor Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen zu veranlassen.

Intervall / Aufgabe	permanent	2 – 5 Jahre	5 – 10 Jahre
Aktualisierung der Grundlageninformationen	Überwachung der Entwicklung der **städtischen Wärmeinsel** (Messergebnisse der Bochumer Klimastationen)	Aktualisierung der klimatischen **Zukunftsprojektionen** nach Stand der Forschung	Aktualisierung der **Klimatopkarte** und der **Fließwegekarte** (Berücksichtigung der Änderungen der Realnutzungen und der Klimaprojektionen)
Checkliste für Planungsvorhaben	Überprüfung der Lage im Stadtgebiet Zusammenstellung notwendiger/sinnvoller Anpassungsmaßnahmen entsprechend der Lage (Belastungsgebiet „Hitze“ / „Extremniederschlag“ / außerhalb eines Belastungsgebietes) Ämterübergreifende Überprüfung der Bebauungspläne (sind entsprechende Maßnahmen vorgesehen?) Diskussion der notwendigen Maßnahmen mit Akteuren / Öffentlichkeit / Politik	Überarbeitung und Aktualisierung des **Maßnahmenkatalogs** zur Anpassung an den Klimawandel (neue Erkenntnisse einarbeiten)	Aktualisierung der **„Handlungskarte Klimaanpassung“** für „Hitze“ und „Extremniederschläge“ (Einbeziehung der klimatischen, demographischen und Nutzungsveränderungen)
Evaluierung der Ziele / Anpassungsmaßnahmen	**Mikroskalige Modellierung** der klimatischen Auswirkungen von Planentwürfen	Überprüfung / Aktualisierung von städtischen **Zielen** Überprüfung der klimatischen Auswirkungen von umgesetzten Bauvorhaben und Anpassungsmaßnahmen durch **Messungen** vorher/nachher	

Abb. 7-1 Controllingkonzept für die Integration von Klimaanpassungsmaßnahmen in Planungsprozesse der Stadt Bochum

Literaturverzeichnis

Abicht, Kerstin (2009): Fit für den Klimawandel: Artenvielfalt in der Stadt. Garten + Landschaft 7/2009, S. 13-15.

Aktivnews (2009): Fotograf: Hartmut Weber, Einsatzdokumentation, Kurzes aber schweres Gewitter sorgt für Verkehrskollaps in Klessheim (SL/S). Entnommen: http://aktivnews.de/z_einsatzbilder_2009/displayimage.php?album=521&pos=17.

ATV-A 138 (2005): Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V..

Bartels, Hella; Dietzer, Bernd; Malitz, Gabriele; Albrecht, Franz M.; Guttenberger, Josef (2005): KOSTRA-DWD-2000. Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951-2000). Fortschreibungsbericht. Hg. v. Deutscher Wetterdienst. Hydrometeorologie. Offenbach am Main.

Benjamin, M.T. & A.M. Winer (1998): Estimating the ozone-forming potential of urban trees and shrubs. Atmospheric Environment, Volume 32, Issue 1, S. 53-68.

BMVBW (2003): Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Hochwasserschutzfibel – Planen und Bauen von Gebäuden in hochwassergefährdeten Gebieten. 4. aktualisierte Auflage, Bonn, S.41.

Bruse, M. (2003): Stadtgrün und Stadtklima. LÖBF-Mitteilungen 1/03.

Duyf, Christian (2008): Die Flut von Dortmund. In: Der Westen, 28.07.2008.

DWD Deutscher Wetterdienst (Hg.) (2005): KOSTRA-DWD-2000. Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951 - 2000). Grundlagenbericht. Abteilung Hydrometeorologie. Offenbach am Main.

Dyck, S. (Hg.) (1980): Angewandte Hydrologie. 2. Aufl. 2 Bände. Berlin: Ernst (2).

Eppel-Hotz, Angelika (2008): Versickerungsaktive Pflanzflächen – Regenwasserbewirtschaftung mit Boden und Vegetation. In: Garten + Landschaft 9/08.

Forschungsinstitut der Österreichischen Zementindustrie (2009): Betonstraßen als Schutzschild gegen Hitze. Presseinformation 3.Juli 2009. www.zement.at.

GALK (Gartenamtsleiterkonferenz des Deutschen Städtetages) (2006): Straßenbaumliste 2006 – Beurteilung von Baumarten für die Verwendung im städtischen Straßenraum.

IPCC (2007): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor und H.L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch ProClim-, österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Bern/Wien/Berlin.

Kanton Solothurn (1997): Andres, Haldimann, Knauer, Stegemann, Strähl, Würsten: Neuer Umgang mit Regenwasser: Retention und Versickerung von Regenabwasser im Liegenschaftsbereich, Kanton Solothurn, Amt für Umwelt, Bericht Nr. 38, Solothurn.

Kompatscher, Peter (2008): Leitfaden zum naturnahen Umgang mit Regenwasser, Landesagentur für Umwelt, Amt für Gewässerschutz, Bozen (Hrsg.), Bozen.

LANUV - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2008): Ergebnisse der regionalen Klimamodelle CLM, REMO10, STAR II und WETREG zur Abschätzung des Klimawandels für Nordrhein-Westfalen. Unveröffentlicht, Recklinghausen.

Meon, Günter; Stein, K.; Förster, K.; Riedel, G. (2009): Untersuchung starkregengefährdeter Gebiete. Abschlussbericht. Hg. v. Bezirksregierung Detmold. Leichtweiß-Institut für Wasserbau. Braunschweig.

Mosimann, Thomas (2007): Wirkung von Erosionsschutzmaßnahmen. – Institut für Physische Geographie und Landschaftsökologie, Leibnitz Universität Hannover, S. 11, Hannover.

MUNLV - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2009): Anpassung an den Klimawandel – Eine Strategie für Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.

MUNLV - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2010): Handbuch Stadtklima - Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel (Langfassung), Essen.

Niemann, A.; Illgen, M. (2011): Urbane Überflutungsvorsorge. Was die Siedlungsentwässerung vom gewässerseitigen Hochwasserschutz lernen kann. In: Abwasser und Abfall e.V DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft (Hg.). DWA Regenwassertage. Frankfurt am Main, 10./11. Mai 2011. DWA. 10 Bände. Hennef.

Rahmstorf, Stefan; Schellnhuber, Hans Joachim; Rahmstorf-Schellnhuber (2007): Der Klimawandel. Diagnose, Prognose, Therapie. 6. Aufl., Orig.-Ausg. München: Beck (C.-H.-Beck-Wissen, 2366). Online verfügbar unter http://www.gbv.de/dms/faz-rez/S13200706171109587.pdf.

Roloff, A. & S. Gillner (2007): Gehölzartenwahl im urbanen Raum unter dem Aspekt des Klimawandels. In: BdB (Hrsg.) Forschungsstudien: Klimawandel und Gehölze. Bonn.

Roloff, A.; S. Bonn; S. Gillner (2008): Klimawandel und Baumartenwahl in der Stadt – als Straßenbäume geeignete Arten. Allg. Forstztschr. / Der Wald 63: S. 398-399.

RVR (Regionalverband Ruhr) (2006): Klimaanalyse Stadt Bottrop. Essen.

Stadt Bochum (Hrsg.) (2008): Klimaanalyse der Stadt Bochum

Upmanis, H.; I. Eliasson; S. Lindqvist (1998): The Influence of Green Areas on Nocturnal Temperatures in a High Latitude City (Goteborg, Sweden). Int. J. of Clim., 18, S.681-700.

VDI RL 3785, Blatt 1 (2008): Umweltmeteorologie – Methodik und Ergebnisdarstellung von Untersuchungen zum planungsrelevanten Stadtklima. Düsseldorf.

VDI RL 3787, Blatt 5 (2003): Umweltmeteorologie - Lokale Kaltluft. Düsseldorf.

Wirtschaftministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2008): Städtebauliche Klimafibel Online.

Wong, Tony H. F. (2007): Water Sensitive Urban Design - the Journey Thus Far. In: BEDP Environment Design Guide (11).