



Landeshauptstadt  
Düsseldorf

## KAKDUS

Klimaanpassungskonzept  
für die Landeshauptstadt  
Düsseldorf



---

**Auftrag:** Klimaanpassungskonzept für die Landeshauptstadt Düsseldorf

---

**Standort:** Landeshauptstadt Düsseldorf  
Nordrhein-Westfalen  
Deutschland

---

**Auftraggeber:** Landeshauptstadt Düsseldorf  
Umweltamt; 19/3.3 Klimaschutz  
  
Brinckmannstraße 7  
40225 Düsseldorf

---

**Bearbeitung :** GEO-NET Umweltconsulting GmbH

Dr. Björn Büter

Dr. Dirk Pavlik

MUST Städtebau

Dr. Jan Benden

Dipl. Ing. Anika Trum

DR. PECHER AG

Dr. Holger Hoppe

Dr. Harald Paulsen

In Zusammenarbeit mit:

Deutscher Wetterdienst,  
Regionales Klimabüro Essen



---

**Förderung:** Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz,  
Bau und Reaktorsicherheit



---

**Förderkennzeichen:** 03K02012

---

**Datum:** 03/2017

---

## Vorwort



Der Klimawandel ist bereits in der Landeshauptstadt Düsseldorf spürbar. Es wird wärmer, Extremwetterlagen treten häufiger auf und Tropennächte beeinträchtigen den Schlaf der Bürgerinnen und Bürger. Die Stadt wird zunehmend verletzlicher gegenüber den Folgen des Klimawandels. Die Landeshauptstadt Düsseldorf nimmt diese Herausforderung sehr ernst und möchte die Stadt besser an die sich abzeichnenden Veränderungen anpassen. Das vorliegende Klimaanpassungskonzept ist ein erster Schritt, dem Klimawandel strukturiert und zielgerichtet zu begegnen. Wichtig in diesem Prozess ist das gemeinsame Handeln der Zivilgesellschaft und der Stadtverwaltung. Sowohl die Bürgerinnen und Bürger als auch die Stadt sind aufgerufen, einen Beitrag zur Anpassung zu leisten. Sei es z.B. dadurch, dass der Schutz sensibler Bevölkerungsgruppen wie Kinder und ältere Menschen in der Stadt erhöht oder die Selbsthilfekompetenz in der Bevölkerung gestärkt wird. Nur zusammen wird es gelingen eine Stadt zu erhalten, in der das Leben und Arbeiten auch bei zunehmenden klimatischen Extremen lebenswert bleibt.

A handwritten signature in black ink, reading "Thomas Geisel".

Oberbürgermeister Thomas Geisel



Die mittlere Lufttemperatur in Düsseldorf ist im Rahmen des Klimawandels bereits um rund 1 Grad Celsius pro Jahr im Vergleich zur Dekade 1970 - 1980 gestiegen. Zudem stieg die Anzahl der Sommertage an, das sind Tage, die Temperaturen über 25 °C und mehr im Maximum erreichen. Darüber hinaus gibt es mehr Tropennächte, in denen sich die Lufttemperatur in der Nacht nicht mehr unter 20 Grad Celsius abkühlt. Dieser Trend wird sich in der Zukunft fortsetzen, so die Prognosen des Deutschen Wetterdienstes für die Landeshauptstadt Düsseldorf. Unter diesen Vorzeichen ist die hohe Lebensqualität in der Stadt beeinträchtigt. Um diesen Prozess abzumildern, müssen wir uns auf die sich verändernden Klimabedingungen einstellen. Das Klimaanpassungskonzept für die Landeshauptstadt Düsseldorf bietet hierfür die Grundlage. Die näher beschriebenen „15 Schlüsselmaßnahmen“ unterstützen das Ziel, auch zukünftig gut in Düsseldorf leben und wohnen zu können. Helfen auch Sie der Stadt dabei, indem Sie zum Beispiel ein Gebäudedach begrünen oder in Hitzeperioden eine Baumscheibe vor Ihrer Tür bewässern.

A handwritten signature in black ink, reading "Helga Stulgies".

Umweltdezernentin Helga Stulgies

## Inhaltsverzeichnis – Schnellübersicht

<b>VORWORT</b>	<b>I</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS – SCHNELLÜBERSICHT</b>	<b>II</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS - DETAILÜBERSICHT</b>	<b>III</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>V</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>VII</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>VIII</b>
<b>1. KAKDUS – KLIMAAANPASSUNGSKONZEPT FÜR DIE LANDESHAUPTSTADT DÜSSELDORF</b>	<b>10</b>
<b>2. KLIMA UND KLIMAWANDEL IM RAUM DÜSSELDORF – WIE WAR'S, WIE WIRD'S?</b>	<b>20</b>
<b>3. ELA, MICHAELA UND CO - BISHERIGE ERFAHRUNGEN MIT EXTREMWETTEREREIGNISSEN IN DÜSSELDORF</b>	<b>27</b>
<b>4. BETROFFENHEITEN – WIE VERWUNDBAR IST DÜSSELDORF?</b>	<b>31</b>
<b>5. GESAMTSTRATEGIE – FAHRPLAN FÜR DEN DÜSSELDORFER ANPASSUNGSPROZESS</b>	<b>64</b>
<b>6. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT – DAS WICHTIGSTE IN ALLER KÜRZE</b>	<b>112</b>
<b>7. QUELLENVERZEICHNIS</b>	<b>117</b>
<b>8. ANHANG</b>	<b>121</b>

## Inhaltsverzeichnis - Detailübersicht

<b>VORWORT</b>	<b>I</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS – SCHNELLÜBERSICHT</b>	<b>II</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS - DETAILÜBERSICHT</b>	<b>III</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>V</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>VII</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>VIII</b>
<b>1. KAKDUS – KLIMAAANPASSUNGSKONZEPT FÜR DIE LANDESHAUPTSTADT DÜSSELDORF</b>	<b>10</b>
1.1 Hintergrund – Klimaanpassung global bis lokal	10
1.2 Bisherige Aktivitäten zur Klimaanpassung in Düsseldorf	11
1.3 Projektziele und -ablauf	13
1.4 Beteiligungsprozess	15
<b>2. KLIMA UND KLIMAWANDEL IM RAUM DÜSSELDORF – WIE WAR’S, WIE WIRD’S?</b>	<b>20</b>
<b>3. ELA, MICHAELA UND CO - BISHERIGE ERFAHRUNGEN MIT EXTREMWETTEREREIGNISSEN IN DÜSSELDORF</b>	<b>27</b>
<b>4. BETROFFENHEITEN – WIE VERWUNDBAR IST DÜSSELDORF?</b>	<b>31</b>
4.1 Was bedeutet Betroffenheit?	31
4.2 Funktional-institutionelle Betroffenheiten	32
4.2.1 Methodik	32
4.2.2 Ergebnisse	34
4.3 Räumliche Betroffenheiten	42
4.3.1 Schwerpunktthema Siedlungswasserwirtschaft	42
4.3.2 Schwerpunktthema Stadtklima(wandel)	47
<b>5. GESAMTSTRATEGIE – FAHRPLAN FÜR DEN DÜSSELDORFER ANPASSUNGSPROZESS</b>	<b>64</b>
5.1 Ziele der Klimaanpassung	64

---

<b>5.2 Maßnahmenentwicklung</b>	<b>67</b>
5.2.1 Massnahmenkataloge	67
5.2.2 Schlüsselmaßnahmen	86
<b>5.3 Controllingkonzept</b>	<b>103</b>
5.3.1 Baustein Monitoring Klimawandel	104
5.3.2 Baustein Schlüsselmaßnahmen-Evaluierung	105
<b>5.4 Strategie zur Kommunikation des Anpassungskonzeptes in die Stadtgesellschaft</b>	<b>106</b>
<b>6. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT – DAS WICHTIGSTE IN ALLER KÜRZE</b>	<b>112</b>
<b>7. QUELLENVERZEICHNIS</b>	<b>117</b>
<b>8. ANHANG</b>	<b>121</b>

## Abbildungsverzeichnis

ABB. 1: SCHEMATISCHER ABLAUF VON KAKDUS .....	13
ABB. 2: MAßNAHMENENTWICKLUNG IM KAKDUS-PROZESS .....	14
ABB. 3: AKTEURSBETEILIGUNG .....	15
ABB. 4: KAKDUS-PROJEKTGRUPPE .....	16
ABB. 5: AUFTAKTVERANSTALTUNG .....	17
ABB. 6: AKTEURSWORKSHOP - PLENUM .....	17
ABB. 7: AKTEURSWORKSHOP - ARBEITSGRUPPE .....	18
ABB. 8: EINDRÜCKE VON DER ABSCHLUSSVERANSTALTUNG .....	19
ABB. 9: ZEITREIHE DER JAHRESMITTELTEMPERATUR AN DER STATION FLUGHAFEN DÜSSELDORF 1970 - 2016 (DWD 2016C) .....	21
ABB. 10: DEKADISCHE LANGJÄHRIGE MITTLERE NIEDERSCHLAGSSUMMEN GEGLIEDERT NACH JAHRESZEITEN, STATION DÜSSELDORF-FLUGHAFEN (AUSWERTUNG GEO-NET) .....	22
ABB. 11: JÄHRLICHE SUMMEN DER KLIMATISCHEN WASSERBILANZ AN DER STATION FLUGHAFEN DÜSSELDORF FÜR DEN ZEITRAUM 1981-2015 (DWD 2016C).....	23
ABB. 12: ANZAHL DER TAGE MIT EINER NIEDERSCHLAGSHÖHE $\geq 10$ MM UND $\geq 25$ MM AN DER STATION FLUGHAFEN DÜSSELDORF 1970-2016 (DWD 2016C) .....	25
ABB. 13: HITZEHOC „MICHAELA“ .....	27
ABB. 14: STARKREGENEREIGNIS VOM 25.07.2013 .....	28
ABB. 15: ORKANTIEF „ELA“ .....	29
ABB. 16: BEGRIFF BETROFFENHEIT .....	31
ABB. 17: BEGRIFF VULNERABILITÄT .....	32
ABB. 18: HANDLUNGSFELDER.....	33
ABB. 19: BEISPIEL FÜR EINE WIRKUNGSKETTE ZUM HANDLUNGSFELD „BAUWESEN UND IMMOBILIEN“ .....	34
ABB. 20: TEMPERATURZUNAHME UND HITZE – AUSWERTUNG DER FUNKTIONALEN BETROFFENHEIT UND PRIORISIERUNG .....	36
ABB. 21: (HAUPT-)BETROFFENHEITEN TEMPERATURZUNAHME UND HITZE .....	37
ABB. 22: STARKNIEDERSCHLÄGE – AUSWERTUNG DER FUNKTIONALEN BETROFFENHEIT UND PRIORISIERUNG .....	38
ABB. 23: (HAUPT-)BETROFFENHEITEN STARKNIEDERSCHLÄGE .....	39
ABB. 24: NIEDERSCHLAGSVERSCHIEBUNG UND TROCKENHEIT – FUNKTIONALE BETROFFENHEIT UND PRIORISIERUNG .....	40
ABB. 25: (HAUPT-)BETROFFENHEITEN NIEDERSCHLAGSVERSCHIEBUNG UND TROCKENHEIT.....	41
ABB. 26: DGM DÜSSELDORF .....	44
ABB. 27: DOM DÜSSELDORF .....	45
ABB. 28: 2D-SIMULATION (BEISPIELHAFTE ABBILDUNG) .....	46
ABB. 29: DOWNSCALING GLOBALER KLIMAPROJEKTIONEN ÜBER DIE REGIONALE SKALA BIS HIN ZUR LOKALEN SKALA (DWD 2016D).....	49
ABB. 30: HÄUFIGKEITSVERTEILUNGEN VON TEMPERATUR, WINDGESCHWINDIGKEIT UND RELATIVER FEUCHTE .....	50
ABB. 31: BEGRENZUNGSRAUM FÜR DIE AUSGESUCHTEN WETTERSITUATIONEN .....	51
ABB. 32: VERTEILUNG DER 14-UHR SITUATIONEN IM ZUSTANDSRAUM .....	51
ABB. 33: SCHEMA ZUR BERECHNUNG DER METEOROLOGISCHEN VARIABLEN FÜR EINZELNE WETTERSITUATIONEN AUS DEN ERGEBNISSEN DER ACHT BASIS-SIMULATIONEN .....	52

ABB. 34: AUSWAHL VON ERGEBNISSEN AUS DEM MODELLENSEMBLE .....	53
ABB. 35: EINGANGSDATEN FÜR DIE MODELLRECHNUNG .....	53
ABB. 36: ANTHROPOGENER STRAHLUNGSANTRIEB DER VERSCHIEDENEN IPCC-KLIMASZENARIEN (CUBASCH ET AL. 2013), DIE SCHWARZE LINIE REPRÄSENTIERT MESSWERTE. ....	55
ABB. 37: LAGE DER AUS DEM MODELLGITTER AUSGEWÄHLTEN GITTERPUNKTE .....	57
ABB. 38: MITTLERE JÄHRLICHE ANZAHL AN TROPENNÄCHTEN IN DER REFERENZPERIODE UND DEN ZUKUNFTSPERIODEN FÜR DIE STADT DÜSSELDORF UND IHRE STADTBEZIRKE .....	59
ABB. 39: MITTLERE JÄHRLICHE ANZAHL AN TROPENNÄCHTEN IN DER REFERENZPERIODE UND DEREN ZUNAHME IN DEN ZUKUNFTSPERIODEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER FLÄCHENNUTZUNG .....	59
ABB. 40: MITTLERE JÄHRLICHE ANZAHL AN PET-ÜBERSCHREITUNGSTAGEN IN DER REFERENZPERIODE UND DEN ZUKUNFTSPERIODEN FÜR DIE STADT DÜSSELDORF UND IHRE STADTTEILE .....	60
ABB. 41: MITTLERE JÄHRLICHE ANZAHL AN PET-ÜBERSCHREITUNGSTAGEN IN DER REFERENZPERIODE UND DEREN ZUNAHME IN DEN ZUKUNFTSPERIODEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER FLÄCHENNUTZUNG .....	61
ABB. 42: PROZESS DER ZIELENTWICKLUNG .....	64
ABB. 43: ZENTRALE BAUSTEINE ZUM REGELMÄßIGEN CONTROLLING VON KAKDUS .....	103
ABB. 44: SCHEMA ZUR EVALUATION DER KAKDUS-SCHLÜSSELMAßNAHMEN .....	106
ABB. 45: POSTER ORKANTIEF "ELA" .....	121
ABB. 46: POSTER STARKREGEN .....	122
ABB. 47: POSTER HITZEHOCHE "MICHAELA" .....	123
ABB. 48: BELASTUNGSKARTE STARKREGEN .....	124
ABB. 49: BELASTUNGSKARTE HITZE, THERMISCHE SITUATION AM TAGE, IST .....	125
ABB. 50: BELASTUNGSKARTE HITZE, THERMISCHE SITUATION AM TAGE, ZUKUNFT .....	126
ABB. 51: BELASTUNGSKARTE HITZE, THERMISCHE SITUATION IN DER NACHT, IST .....	127
ABB. 52: BELASTUNGSKARTE HITZE, THERMISCHE SITUATION IN DER NACHT, ZUKUNFT .....	128



## Tabellenverzeichnis

TAB. 1: HISTORIE DER PG KLIMAAANPASSUNG DÜSSELDORF 11/2013 - 02/2016 .....	11
TAB. 2: ERWARTETE KLIMAÄNDERUNGEN FÜR DÜSSELDORF.....	26
TAB. 3: MITGLIEDER DES FÜR DIE DÜSSELDORFER MODELLRECHNUNGEN ZUSAMMENGESTELLTEN ENSEMBLES DER MODELLSIMULATIONEN DER EURO-CORDEX INITIATIVE (STAND: 08/2016).....	56
TAB. 4: BEWERTUNGSSTUFEN DER THERMISCHEN BELASTUNG UND ZUGEHÖRIGE Z-WERTE .....	58
TAB. 5: ZIELKATALOG .....	66
TAB. 6: SCHLÜSSELMAßNAHMEN .....	86
TAB. 7: VORSCHLAG EINES INDIKATORENSETS FÜR DAS KLIMAWANDEL-MONITORING .....	104
TAB. 8: VORSCHLAG EINES INDIKATORENSETS FÜR DIE ERFASSUNG DER FOLGEN DES KLIMAWANDELS.....	105
TAB. 9: INFORMATIONSMEDIEN.....	109
TAB. 10: INFORMATIONSV ERANSTALTUNGEN .....	110

## Abkürzungsverzeichnis

---

### A

ALKIS · Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem

---

### B

BMUB · *Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit*

---

### C

CORDEX · *Coordinated Regional Downscaling Experiment*

---

### D

DAS · *Deutsche Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels*

DGM · *Digitales Geländemodell*

DOM · *Digitales Oberflächenmodell*

DWD · *Deutscher Wetterdienst*

---

### E

ESGF · *Earth System Grid Federation*

EU · *Europäische Union*

---

### G

GCM · *Global Climate Model (Globales Klimamodell)*

---

### I

IPCC · *Intergovernmental Panel on Climate Change*

---

### K

KAKDUS · *Klimaanpassungskonzept für die Landeshauptstadt Düsseldorf*

KomPass · *Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung*

---

### P

PET · *Physiological Equivalent Temperature (Physiologisch Äquivalente Temperatur)*

PMV · *Predicted Mean Vote (Erwartete durchschnittliche Empfindung)*

---

**R**

RCM · *Regional Climate Model (Regionales Klimamodell)*

RCP · *Representative Concentration Pathways*

---

**S**

SUP · *Strategische Umweltprüfung*

---

**U**

UBA · *Umweltbundesamt*

UTCI · *Universal Thermal Climate Index (Universeller Thermischer Klimaindex)*

UVP · *Umweltverträglichkeitsprüfung*

# 1. KAKDUS – Klimaanpassungskonzept für die Landeshauptstadt Düsseldorf

## 1.1 HINTERGRUND – KLIMAAANPASSUNG GLOBAL BIS LOKAL

Spätestens durch die Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro und der dort verabschiedeten Klimarahmenkonvention (Vereinte Nationen 1992) ist der Klimawandel von der globalen bis hinunter zur regionalen Ebene als eine der größten Herausforderungen der Zukunft anerkannt. Die Veränderung des Weltklimas und die Auswirkungen eines weltweiten Klimawandels werden seitdem durch das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, „Weltklimarat“) in regelmäßigen Sachstandsberichten dokumentiert und öffentlichkeitswirksam diskutiert.

Angesichts der Aussagen des 5. Sachstandsberichtes (IPCC 2014), global wieder ansteigender CO<sub>2</sub>-Emissionen und zäher Verhandlungen der Weltgemeinschaft zu einem Post-Kyoto Abkommen, ist davon auszugehen, dass die Klimafolgenanpassung im Laufe der kommenden Jahrzehnte noch weiter an Bedeutung gewinnen wird. Daher hat die Europäische Union ihre Mitgliedsstaaten im Rahmen einer Klimafolgenanpassungsstrategie zu einem gemeinschaftlichen Vorgehen aufgefordert (EU-Kommission 2007, 2009, 2013). Zur Begleitung der Umsetzung der Strategie auf kommunaler Ebene wurde der „Covenant of Mayors for Climate and Energy“ als Netzwerk zum gegenseitigen Erfahrungsaustausch ins Leben gerufen (<http://www.covenantofmayors.eu>). Zu den gegenwärtig rd. 70 deutschen Mitgliedern gehört auch die Landeshauptstadt Düsseldorf.

Der Aufforderung der EU sind mittlerweile viele europäische Staaten gefolgt und haben nationale Anpassungsstrategien auf den Weg gebracht. Der deutsche Anpassungsprozess wird vom Umweltbundesamt bzw. vom dortigen „Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass)“ im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) gesteuert. Die Bundesrepublik gehört mit der 2008 verabschiedeten „Deutschen Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels (DAS)“ (Bundesregierung 2008) sowie dem „Aktionsplan Anpassung I + II“ (Bundesregierung 2011, UBA 2015) zu den Vorreitern des Kontinents. Die DAS und der Aktionsplan werden regelmäßig evaluiert und fortgeschrieben (UBA 2015a). Für die kommunale Ebene ist vor allem die Studie „Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel“ von besonderer Relevanz (UBA 2015b). Dort sind methodischen Standards gesetzt sowie in Abhängigkeit vom Naturraum klimasensible Handlungsfelder identifiziert, operationalisiert und hinsichtlich ihrer Vulnerabilität bewertet worden.

Der initiierte Anpassungsprozess hat darüber hinaus auch bereits in einigen normativen Regelungen (Gesetze, Verordnungen, Richtlinien) seinen Niederschlag gefunden. Für die nachhaltige, klimagerechte Stadtentwicklung ist im diesem Zusammenhang vor allem die Klimanovelle des Baugesetzbuches (BauGB) von 2011/2013 von Bedeutung. Seither sind Klimaschutz und Klimaanpassung als Grundsätze der Bauleitplanung verankert. Ergänzend dazu wird gemäß EU-Richtlinie das „Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung“ zeitnah zu ändern sein. Zukünftig wird dann in den Umweltberichten zu Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) - bzw. Strategischen Umweltprüfungen (SUP) -pflichtigen Vorhaben auch auf die zu erwartenden Folgen des Klimawandels auf die Projekte bzw. Pläne einzugehen sein.

## 1.2 BISHERIGE AKTIVITÄTEN ZUR KLIMAAANPASSUNG IN DÜSSELDORF

Auf allen skizzierten politischen Ebenen wird den Kommunen und den mit ihr verbundenen Stadtgesellschaften eine zentrale Rolle im Anpassungsprozess an die Folgen des Klimawandels zugeschrieben. Auch von Verbandsseite wird diese Rollenzuweisung unterstützt (Deutscher Städtetag 2012). Dies liegt vor allem darin begründet, dass sich der Klimawandel aufgrund inhomogener Vulnerabilitäten kleinräumig unterschiedlich auswirken wird und es daher den lokalen Verhältnissen angepasste Reaktionen bedarf. In der Deutschen Anpassungsstrategie heißt es hierzu: **“Da Anpassung in den meisten Fällen auf regionaler oder lokaler Ebene erfolgen muss, sind viele Entscheidungen auf kommunaler oder Kreisebene zu treffen“** (Bundesregierung 2008).

Vor diesem Hintergrund hat die Landeshauptstadt Düsseldorf im Jahr 2014 die verwaltungsinterne Projektgruppe Klimaanpassung ins Leben gerufen. In zwei Projektgruppensitzungen wurden auf der Basis eines Fragebogens erste Diskussionen über Betroffenheiten und Maßnahmen geführt. Der Abstimmungsprozess mündete in einem Beschluss des Ausschusses für Umweltschutz (AUS) über die Erstellung des nun vorliegenden „Klimaanpassungskonzeptes für die Landeshauptstadt Düsseldorf (KAKDUS)“.

Tab. 1: Historie der PG Klimaanpassung Düsseldorf 11/2013 - 02/2016

Datum	Thema	Inhalt
05.11.2013	VK-Beschluss zur Einrichtung einer PG Klimaanpassung	Vorschlag zur Erstellung eines Klimaanpassungskonzeptes unter Einrichtung einer ämterübergreifenden Projektgruppe (PG)
12/2013 – 02/2014	Einrichtung der PG Klimaanpassung	Anfrage an 9 Ämter sowie die Stadtwerke bzw. Netzgesellschaft Düsseldorf zur Entsendung von Mitgliedern in die PG Klimaanpassung
11.04.2014	1. Sitzung der PG Klimaanpassung	Einführung in die Klimaanpassung durch Umweltamt
12.06.2014	2. Sitzung der PG Klimaanpassung	Abfrage zur Klimaanpassung in den einzelnen Ämtern und Institutionen (Betroffenheit, bisherige sowie geplante Maßnahmen, Handlungsbedarf)
19.09.2014	3. Sitzung der PG Klimaanpassung	Abstimmung des Entwurfs der Beschlussvorlage für den AUS zur Erstellung eines Klimaanpassungskonzeptes
08.01.2015	VK-Beschluss zur Erstellung eines Klimaanpassungskonzeptes	Die VK stimmt der AUS-Vorlage zur Erstellung eines Klimaanpassungskonzeptes unter Mitwirkung einer ämterübergreifenden Projektgruppe zu.
15.01.2015	AUS-Beschluss zur Erstellung eines Klimaanpassungskonzeptes	Der AUS beauftragt die Verwaltung mit der Erstellung eines Klimaanpassungskonzeptes unter Mitwirkung einer ämterübergreifenden Projektgruppe und der Prüfung der Förderfähigkeit
01 – 02/2015	Prüfung der Förderfähigkeit	Für die Erstellung eines Klimaanpassungskonzeptes kann eine Förderung bis maximal 50% der Ausgaben im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative in Anspruch genommen werden.
26.03.2015	Abgabe des Förderantrags	Einreichung der Unterlagen für den Förderantrag an den Projektträger Jülich, Berlin
bis 07/2015	Ausarbeitung des ersten Entwurfs der Leistungsbeschreibung	Erstellung des Entwurfs der Leistungsbeschreibung auf Grundlage der Anforderungen der Förderrichtlinie
12.08.2015	4. Sitzung der PG Klimaanpassung	Abstimmung des Entwurfs der Leistungsbeschreibung
07.09.2015	Zuwendungsbescheid des Projektträgers Jülich	Eingang des Zuwendungsbescheids im Umweltamt
09.2015 – 25.09.2015	Bekanntmachung	Information über die beabsichtigte freihändige Vergabe über die Submission
01.10.2015	AUS-Informationsvorlage	Information zur Bewilligung der Förderung des Klimaanpassungskonzeptes
09/2015 – 02/2016	Vergabeverfahren	Abwicklung der freihändigen Vergabe

Über die Projektgruppe hinaus verfügte die Landeshauptstadt bereits vor Beginn der Konzepterstellung über einige relevante Planungs- und Entscheidungsgrundlagen im Zusammenhang mit der Klimaanpassung. Hierzu zählen insbesondere:

- Klimawandel in Nordrhein-Westfalen (Kropp et al. 2009)
- Klima und Klimawandel in Nordrhein-Westfalen (Genßler et al. 2010)
- Handbuch Stadtklima (Steinrücke et al. 2010)
- Klimaanalyse für die Landeshauptstadt Düsseldorf (Steinrücke und Eggenstein 2012a)
- Planungshinweiskarte für die Landeshauptstadt Düsseldorf (Steinrücke und Eggenstein 2012b)
- Entwicklung eines regionalen Risikomanagements für eine klimarobuste Wasserwirtschaft der Stadtentwässerungsbetriebe Düsseldorf (aus der Beek et al. 2014)
- Bericht zum Artenmonitoring (Schmitz et al. 2016)
- Ein ausgebautes Regenschreibernetz von aktiv 13 Stationen (10 Stationen > 20a, 1 Station > 40a)

Zudem wurden bereits vereinzelt Maßnahmen realisiert und Studien veranlasst, die mittel- oder unmittelbar der Klimaanpassung zugute kommen:

- Förderung Dachbegrünung/Wärmedämmung (seit 2012),
- stadtweites Grundwassermodell (RUBINFLUX) zur Abbildung zukünftiger Grundwasserneubildung (König und Zepp 2014),
- Verbesserung der Hochwasservorsorge,
- Entwicklung Hochwasserschutzkonzept,
- Schadens- und Risikoanalyse Trinkwasserversorgung,
- Betrieb von 2 Wetterstationen (seit 2008/2012),
- Phänologischer Garten (seit 2008),
- Artenmonitoring (seit 2008).

### 1.3 PROJEKTZIELE UND -ABLAUF

Die übergeordneten Projektziele von KAKDUS lauten:

- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Klimafolgen,
- Sicherung und Verbesserung der Lebensqualität durch frühzeitige Berücksichtigung klimatischer Veränderungen,
- langfristiger Erhalt der Standortattraktivität, der Wettbewerbsfähigkeit sowie guter Arbeitsbedingungen.

Die in den drei Zielkategorien bereits existierenden Informationen und Maßnahmen sollten in einem beteiligungsorientierten Prozess durch weitere Planungs- und Entscheidungsgrundlagen ergänzt und in einem Konzept zusammengefasst werden. Zur inhaltlichen Operationalisierung dieser Ziele wurde mithilfe u.a. von Fördermitteln aus der Kommunalrichtlinie der Klimaschutzinitiative ein Dienstleistungskonsortium aus den Bereichen Umweltmeteorologie, Siedlungswasserwirtschaft und Stadtplanung mit der Erstellung von KAKDUS beauftragt (Projektlaufzeit 03/2016 – 03/2017). Den Projektablauf mit seinen einzelnen Arbeitsschritten zeigt Abbildung 1. Die Kernelemente von KAKDUS bilden die Bestandsaufnahme zum beobachteten und projizierten Klimawandel sowie zu bisherigen Erfahrungen mit klimatischen Extremereignissen (Kap. 2 und 3), eine räumlich-funktionale Betroffenheitsanalyse (Kap. 4) sowie die eigentliche Gesamtstrategie mit Maßnahmenentwicklung und Aktionsplanung (Abb. 2 und Kap. 5).

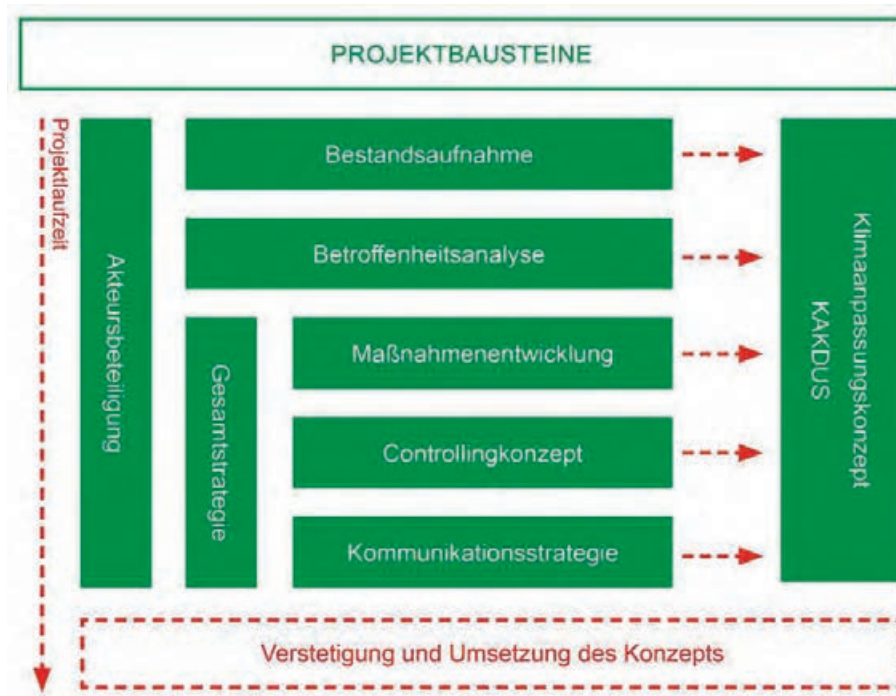


Abb. 1: Schematischer Ablauf von KAKDUS

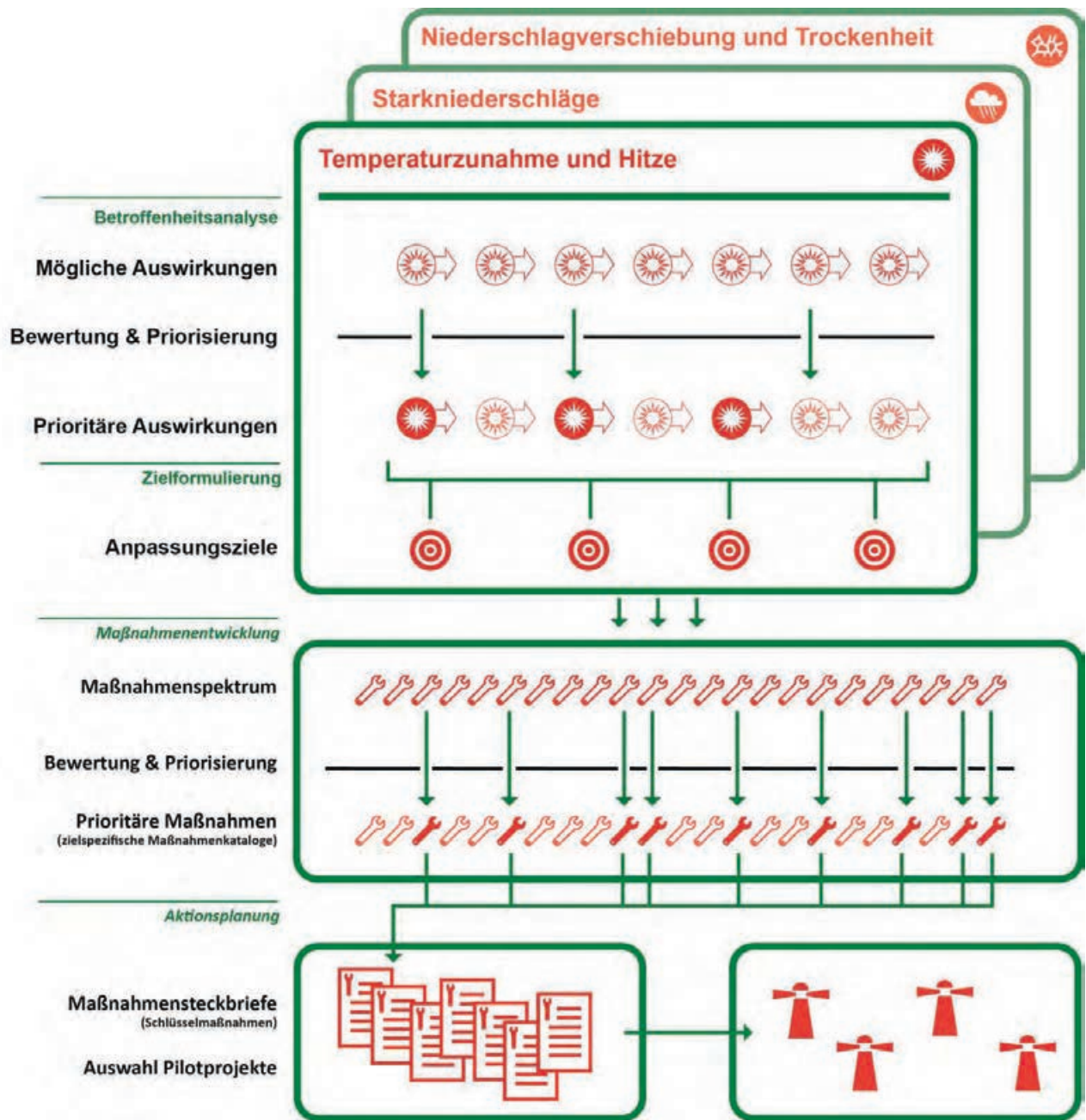


Abb. 2: Maßnahmenentwicklung im KAKDUS-Prozess



## 1.4 BETEILIGUNGSPROZESS

Um eine spätere erfolgreiche Umsetzung zu gewährleisten, wurde das Klimaanpassungskonzept in einem partizipativen Prozess mit wichtigen Akteuren und unter Beteiligung aller betroffenen Ämter erstellt (Abb. 3). Die Projektgruppe Klimaanpassung bildete hierbei das Kern-Gremium. Sie besteht aus MitarbeiterInnen der Fachämter und Eigenbetriebe. Etwa zur Hälfte der Projektlaufzeit fand ein Akteursworkshop mit einem erweiterten Akteurskreis (u. a. aus Verbänden, Wirtschaft und Politik) statt. Im Rahmen einer Auftakt- und einer Abschlussveranstaltung wurden die Politik und die Fachöffentlichkeit über das Projekt und die erarbeiteten Ergebnisse informiert.



Abb. 3: Akteursbeteiligung

Insbesondere die **Projektgruppe Klimaanpassung** war intensiv in die Ausarbeitung des Konzeptes eingebunden. Die Projektgruppe wurde 2014 in Vorbereitung auf das Klimaanpassungskonzept gegründet und im Laufe der Konzepterstellung um ausgewählte Akteure erweitert. Sie setzt sich aus rund 30 MitarbeiterInnen folgender Ämter bzw. Institutionen zusammen:

- Amt für Gebäudemanagement
- Amt für Statistik und Wahlen
- Amt für Verkehrsmanagement
- Dezernat für Umweltschutz und öffentliche Einrichtungen
- Düsseldorf Tourismus GmbH
- Feuerwehr, Rettungsdienste, Bevölkerungsschutz
- Garten-, Friedhofs- und Forstamt
- Gesundheitsamt
- Netzgesellschaft Düsseldorf mbH
- Neuss-Düsseldorfer Häfen GmbH
- Sportamt
- Stadtentwässerungsbetrieb
- Stadtplanungsamt
- Stadtwerke Düsseldorf AG
- Umweltamt

Insgesamt fünf Projektgruppensitzungen haben den gesamten Prozess der Konzeptentwicklung aktiv begleitet. Auch darüber hinaus stand das Gutachterkonsortium während der gesamten Projektlaufzeit in einem stetigen Austausch mit den Mitgliedern der Projektgruppe (Abb. 4), um die erarbeiteten Inhalte einer kontinuierlichen fachlichen Abstimmung zu unterziehen.

Dabei wurden in den einzelnen Sitzungen folgende Themen schwerpunktmäßig bearbeitet:

- 1. Sitzung am 29.04.2016: Bestandaufnahme
- 2. Sitzung am 07.07.2016: Betroffenheitsanalyse
- 3. Sitzung am 31.08.2016: Strategie- und Maßnahmenentwicklung
- 4. Sitzung am 30.11.2016: Ziel- und Maßnahmenkataloge, Priorisierung der Maßnahmen
- 5. Sitzung am 01.02.2017: Schlüsselmaßnahmen



Abb. 4: KAKDUS-Projektgruppe

Am 9. Mai 2016 fand im Bürgerhaus im Stadtteilzentrum Bilk die **Auftaktveranstaltung** zum Klimaanpassungskonzept statt, an der insgesamt 35 Personen aus der Fachöffentlichkeit, Politik und Düsseldorfer Stadtverwaltung teilnahmen (Abb. 5). Zum Einstieg in die Veranstaltung erläuterte das Umweltamt die Bedeutung von Klimaanpassung und die bisherigen Aktivitäten der Stadt. Im Anschluss stellte ein Referent des Deutschen Wetterdienstes bereits beobachtete und die zu erwartenden Klimaveränderungen in der Landeshauptstadt vor. Das Gutachtertteam präsentierte die Ziele und die vorgesehenen Arbeitsschritte zur Erstellung des Klimaanpassungskonzeptes. Zum Abschluss der Veranstaltung konnten Anregungen, Fragen und Wünsche zum weiteren Vorgehen geäußert werden.



Abb. 5: Auftaktveranstaltung

Am 5. Oktober 2016 kamen Akteure aus der Düsseldorfer Stadtverwaltung sowie aus Forschung, Wirtschaft, Politik und Verbänden zusammen, um sich im Rahmen eines ganztägigen **Akteursworkshops** über mögliche Maßnahmen zur Anpassung der Landeshauptstadt Düsseldorf an den Klimawandel auszutauschen (Abb. 6).



Abb. 6: Akteursworkshop - Plenum

Zur Einführung erläuterte das Gutachterteam den Anwesenden das Vorgehen bei der Erstellung des Anpassungskonzepts und den aktuellen Arbeitsstand. Ein Input-Vortrag zu erfolgreich umgesetzten Anpassungsprojekten und innovativen Ideen aus anderen Städten stimmte die TeilnehmerInnen auf die anschließenden Diskussionsrunden ein. In drei Arbeitsgruppen „Mensch“, „Umwelt“ und „Gebäude und Infrastrukturen“ besprachen sie angeregt, mit welchen Maßnahmen die Anpassungsziele erreicht werden können (Abb. 7).

Als Einstieg in die Diskussion dienten Ergebnisse einer im Jahr 2014 durchgeführten Erhebung innerhalb der Stadtverwaltung. Darin konnten die Fachämter ihre bereits laufenden oder konkret geplanten Maßnahmen angeben, die der Klimaanpassung zuträglich sind, und wo sie darüberhinausgehenden Handlungsbedarf sehen. Die genannten Maßnahmen wurden im Vorfeld den Anpassungszielen zugeordnet und um weitere aus gutachterlicher Sicht sinnvolle Maßnahmen-Vorschläge ergänzt. Die TeilnehmerInnen diskutierten diese Maßnahmen, stellten Rückfragen und entwickelten in einem lebhaften Austausch weitere Ideen.

Die Veranstaltung fand ihren Abschluss in einer Podiumsrunde, in der TeilnehmerInnen aus den jeweiligen Arbeitsgruppen die Möglichkeit gegeben wurde, dem Plenum ihre Eindrücke und wichtigsten Erkenntnisse aus den Diskussionen zu schildern.



*Abb. 7: Akteursworkshop - Arbeitsgruppe*

In der **Abschlussveranstaltung**, die am 15. Februar 2017 im Stadtmuseum stattfand, wurden die bis dato erarbeiteten Ergebnisse den rund 45 Anwesenden aus der Fachöffentlichkeit vorgestellt und die nächsten Schritte auf dem Weg hin zu einer klimaangepassten Stadt erläutert (Abb. 8).



Abb. 8: Eindrücke von der Abschlussveranstaltung

## 2. Klima und Klimawandel im Raum Düsseldorf – Wie war's, wie wird's?

Ausgangspunkt für das Klimaanpassungskonzept in Düsseldorf sind natürlich die aktuellen (stadt-)klimatischen Bedingungen sowie die zu erwarteten Veränderungen durch den Klimawandel. Im Rahmen von KAKDUS wurde durch den Deutschen Wetterdienst (DWD) ein ausführlicher Bericht über das aktuelle Klima und die bisherige sowie projizierte zukünftige Klimaentwicklung erarbeitet (DWD 2016c). Insofern werden die Aussagen zum Klima und zur Klimaentwicklung in Düsseldorf hier nur in zusammenfassender Form aufgeführt, wobei die getroffenen Aussagen überwiegend auf den Ergebnissen des vorliegenden Berichtes vom DWD basieren und dort auch detailliert nachgelesen werden können.

Im Rahmen von KAKDUS wurden die klimatischen Aspekte Temperaturzunahme und Hitze, Niederschlagsverschiebung und Trockenheit sowie Starkregenereignisse betrachtet. Von der Bearbeitung der Themenbereiche Sturm und (Fluss)Hochwasser wurde nach eingehender Überprüfung und Diskussion abgesehen. Hochwasser wird einerseits bereits durch verschiedene Regelungen hinreichend berücksichtigt und andererseits ist der klimawandelrelevante Anteil an der Änderung von Hochwasserereignissen nur sehr gering (siehe Genßler et al. 2010, MKULNV 2011, MULNV 2009). Beim Thema Sturm kann aktuell kein gesicherter Zusammenhang zwischen dem Klimawandel und der Änderung von Intensität und Häufigkeit von Sturmergebnissen nachgewiesen werden (vgl. Kunz und Kottmeier 2014). Aus diesen Gründen wurden die Analyse der Betroffenheit, sowie die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen gegenüber Extremereignissen, die durch Hochwasser oder Sturm ausgelöst werden, nicht bearbeitet.

Die für Düsseldorf erwarteten Klimaveränderungen werden am Ende dieses Kapitels noch einmal stichpunktartig aufgeführt (Tab. 2).

### **Temperaturzunahme und Hitze**

Die langjährige gemessene Mitteltemperatur beträgt für Düsseldorf 10,7 °C (DWD Station Flughafen Düsseldorf<sup>1</sup>, Bezugszeitraum 1981-2010), wobei die östlichen Bereiche des Stadtgebietes mit Werten zwischen 10,1 °C und 10,4 °C geringfügig niedrigere Temperaturen aufweisen als der westliche Teil des Stadtgebietes mit langjährigen Mitteltemperaturen von 10,7 °C bis 10,8 °C. Es ist mit 39 bis 40 Sommertagen ( $T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$ ) und 8 bis 9 heißen Tagen ( $T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$ ) im Jahr zu rechnen. Tropennächte ( $T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$ ) traten bisher in Düsseldorf im langjährigen Mittel mit nur 1 bis 2 mal pro Jahr eher selten auf, wobei es seit 1970 auch Jahre ohne registrierte Tropennacht gab. Besonders belastend sind in Großstädten langanhaltende Hitzeperioden (auch als Hitzewellen bezeichnet), die durch die Aufeinanderfolge mehrerer heißer Tage gekennzeichnet sind. Von 1970 bis 2016 wurden 11 Hitzeperioden an der Station Düsseldorf Flughafen registriert, wobei davon ausgegangen werden kann, dass diese Hitzeperioden im zentralen Stadtgebiet von Düsseldorf eine spürbar höhere Intensität hatten als an der am Stadtrand gelegenen Flughafen-Station.

---

<sup>1</sup> Die Wetterstation Flughafen Düsseldorf des DWD verfügt über den längsten Messzeitraum der im Raum Düsseldorf befindlichen Stationen und ist somit die Bezugsstation für Düsseldorf, da sie die erforderlichen langen Zeitreihen für klimatische Aussagen aufweist.

Die Zeitreihe der mittleren jährlichen Lufttemperatur der Station Flughafen Düsseldorf zeigt eine signifikante Zunahme seit den siebziger Jahren bis heute mit einem mittleren Anstieg von  $0,22 \text{ K}^2$  pro Dekade (Abb. 9). Zieht man die Temperaturmessungen der ehemaligen DWD-Station Düsseldorf-Südfriedhof in die Betrachtungen mit ein kann in den letzten 50 Jahren von einer mittleren Erwärmung von ca. 1 K in Düsseldorf ausgegangen werden. Mit der Zunahme der jährlichen Mitteltemperaturen ist auch eine Zunahme der thermischen Kenntage verbunden.

Der Einfluss des Klimawandels auf die zukünftige klimatische Entwicklung Düsseldorfs kann durch die Auswertung der Ergebnisse regionaler Klimamodelle ermittelt werden. In Nordrhein-Westfalen und somit auch in Düsseldorf ist ein weiterer Anstieg der Jahresmitteltemperaturen zu erwarten. Für die „nahe Zukunft“ (Zeitraum von 2021-2050) rechnet man mit einer Erwärmung von  $0,8 \text{ K}$  bis  $1,7 \text{ K}$ . In der „fernen Zukunft“ wird ein Anstieg der langjährigen Mitteltemperaturen von  $1,5 \text{ K}$  bis  $4,3 \text{ K}$  erwartet. Für die thermischen Kenntage werden, im Zusammenspiel mit der Jahresmitteltemperatur, ebenfalls Zunahmen projiziert. So könnte bei Annahme des Szenarios RCP 8.5 zum Ende des Jahrhunderts die mittlere jährliche Anzahl der heißen Tage pro Jahr in Düsseldorf auf über 40 ansteigen (für eine kurze Erläuterung der Klimaszenarien siehe Kapitel 4.3.2.2). Gelingt es global die Treibhausgasemissionen zukünftig auf die Annahmen des Szenarios 2.6 zu senken, würde zum Ende des Jahrhunderts die Anzahl der heißen Tage pro Jahr in der Größenordnung des Hitzesommers 2003 liegen (2003: 21 heiße Tage). Dies wäre dann der „Normalfall“ trotz des optimistischsten Klimaszenarios.

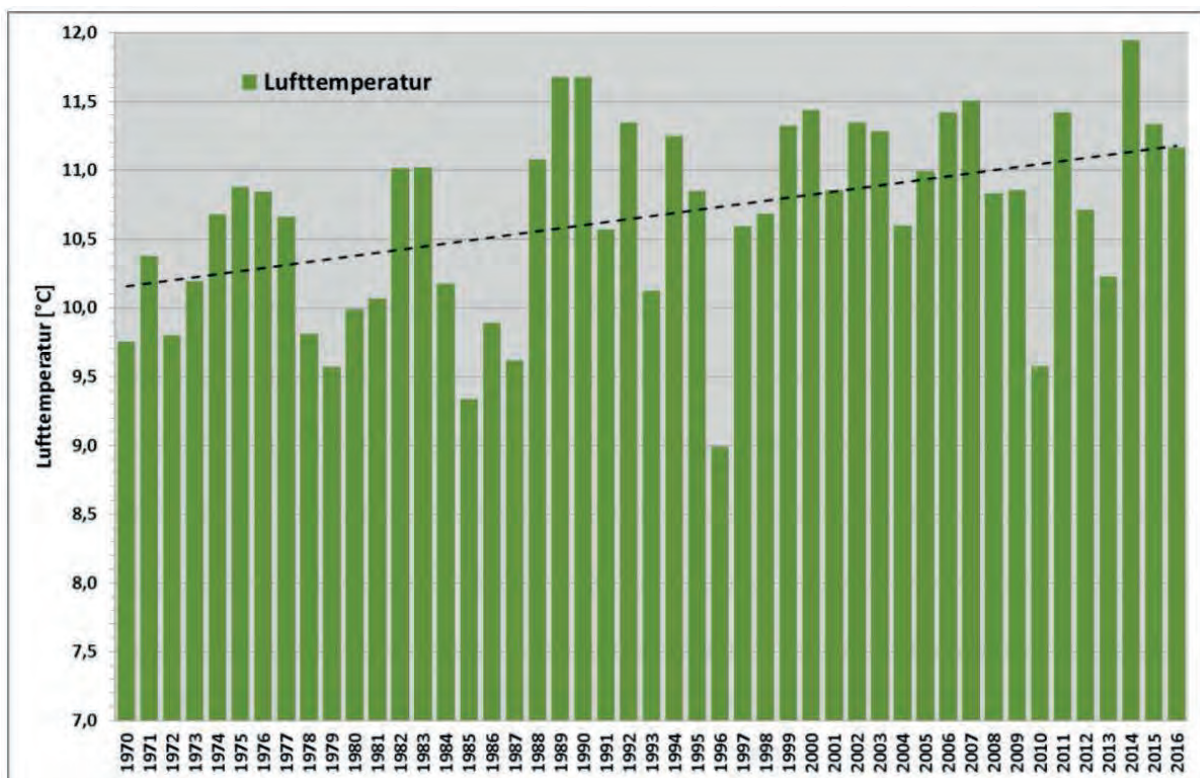


Abb. 9: Zeitreihe der Jahresmitteltemperatur an der Station Flughafen Düsseldorf 1970 - 2016 (DWD 2016c)

<sup>2</sup> In der Meteorologie werden Temperaturänderungen traditionell in Kelvin angegeben. Eine Änderung von 1 K entspricht einer Änderung von  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### Niederschlagsverschiebung und Trockenheit

Die langjährige mittlere Niederschlagssumme, gemessen an der DWD Station Flughafen Düsseldorf, beträgt 798 mm (Zeitraum 1981-2010). Im Stadtgebiet Düsseldorfs variieren die langjährigen mittleren Jahressummen des Niederschlags zwischen ca. 800 mm im Westen und 950 mm im Ostteil. Im Jahresgang werden die höchsten Niederschlagsmengen in den Sommermonaten verzeichnet. Ein zweites Niederschlagsmaximum tritt im Dezember auf.

Für ganz Nordrhein-Westfalen wurde ein Anstieg der jährlichen Niederschlagssummen im Zeitraum von 1881 bis 2015 beobachtet (LANUV 2016). Betrachtet man den Jahresverlauf, so zeigen sich in allen Jahreszeiten eher zunehmende Niederschlagssummen, wobei die stärksten Zunahmen in den Wintermonaten zu beobachten sind. Aufgrund der hohen zeitlichen und räumlichen Variabilität des Niederschlages sind diese Beobachtungen für Düsseldorf nicht deutlich erkennbar, so weist die langjährige Entwicklung der Jahresniederschläge keinen eindeutigen Trend auf. Auch eine eindeutige Niederschlagsverschiebung innerhalb der Jahreszeiten ist aus der Zeitreihe der Station Flughafen Düsseldorf bisher (noch) nicht ablesbar. Vergleicht man die mittleren dekadischen Niederschlagssummen der Jahreszeiten von 1971 bis 2010 so haben im Verhältnis zur ersten sehr trockenen Dekade von (1971-1980) die Niederschläge in allen Jahreszeiten zugenommen (Abb. 10). Im Verhältnis zur zweiten Dekade (1981-1990) zeigen sich jedoch deutliche Abnahmen der Niederschlagssummen im Frühjahr und Winter sowie eine offensichtliche Zunahme in den Sommermonaten.

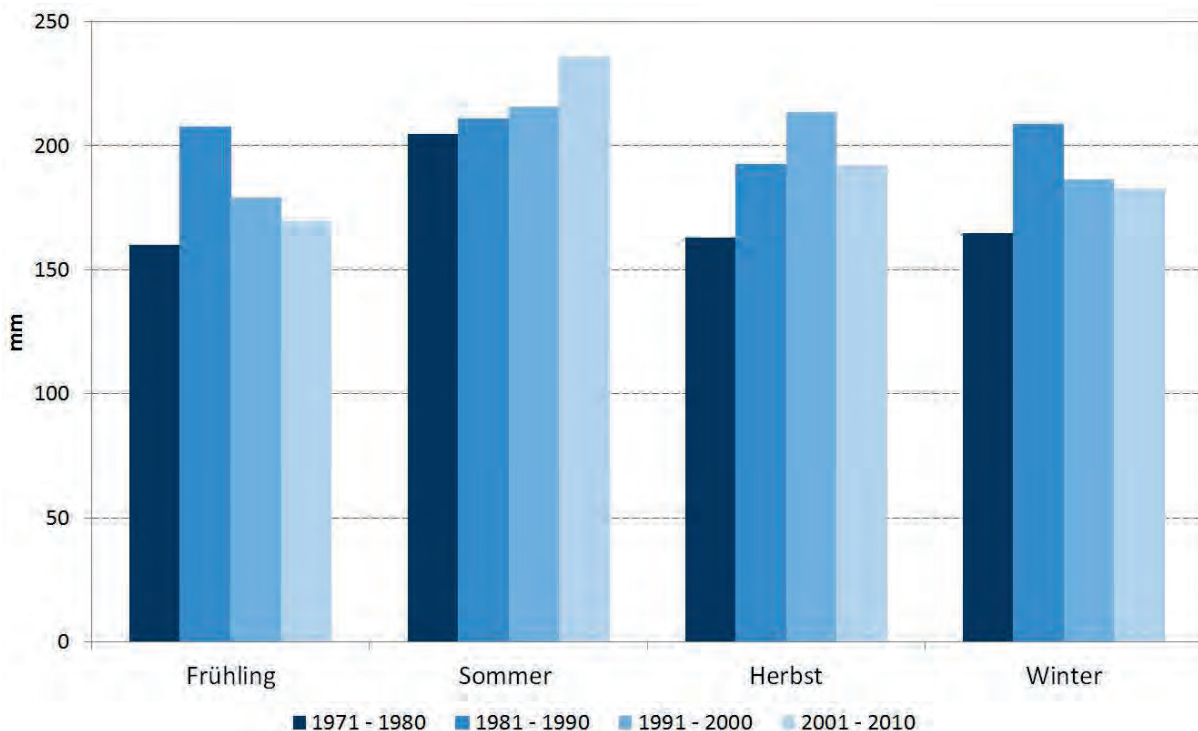


Abb. 10: Dekadische langjährige mittlere Niederschlagssummen gegliedert nach Jahreszeiten, Station Düsseldorf-Flughafen (Auswertung GEO-NET)

Begriffe wie Trockenheit oder Dürre sind nicht eindeutig definiert und die Bewertung dieser Ereignisse hängt oftmals von der fachlichen oder individuellen Sichtweise ab. Im allgemeinen Verständnis sind Trockenheit und Dürre durch einen Mangel an Wasser oder Feuchtigkeit gekennzeichnet, wie er in niederschlagsarmen und/oder warmen bis heißen Perioden auftreten kann.



Ein Indikator für Trockenheit ist beispielsweise die klimatische Wasserbilanz (Differenz von Niederschlag und potenzieller Verdunstung), die eine Gegenüberstellung des potenziellen (natürlichen) Wasserdargebots durch Niederschlag und Wasserverlust durch potenzielle Verdunstung erlaubt. An der Station Flughafen Düsseldorf zeigt sich ein deutlich negativer Trend der jährlichen klimatischen Wasserbilanz im Zeitraum von 1981 bis 2015 (Abb. 11). Das natürliche Wasserdargebot ist trotz zunehmender Niederschlagssummen aufgrund des Temperaturanstieges schon seit einigen Jahren rückläufig. Die zunehmende Erwärmung führt vermutlich auch zu einem häufigeren Auftreten von Trockenphasen. Ein Indiz dafür ist, dass die Anzahl von Tagen mit mindestens 0,1 mm und 1 mm Niederschlag eher rückläufig ist, zugunsten von Tagen mit Niederschlägen > 10 mm und von Tagen ohne nennenswerten Niederschlag (< 0,1 mm). Diese Entwicklung deutet darauf hin, dass die Anzahl der Niederschlagstage abnimmt bei gleichzeitiger Zunahme der Niederschlagsmenge pro Ereignis. Es regnet somit seltener, aber dafür heftiger. Die letztgenannten Entwicklungen sind allerdings statistisch nicht signifikant.

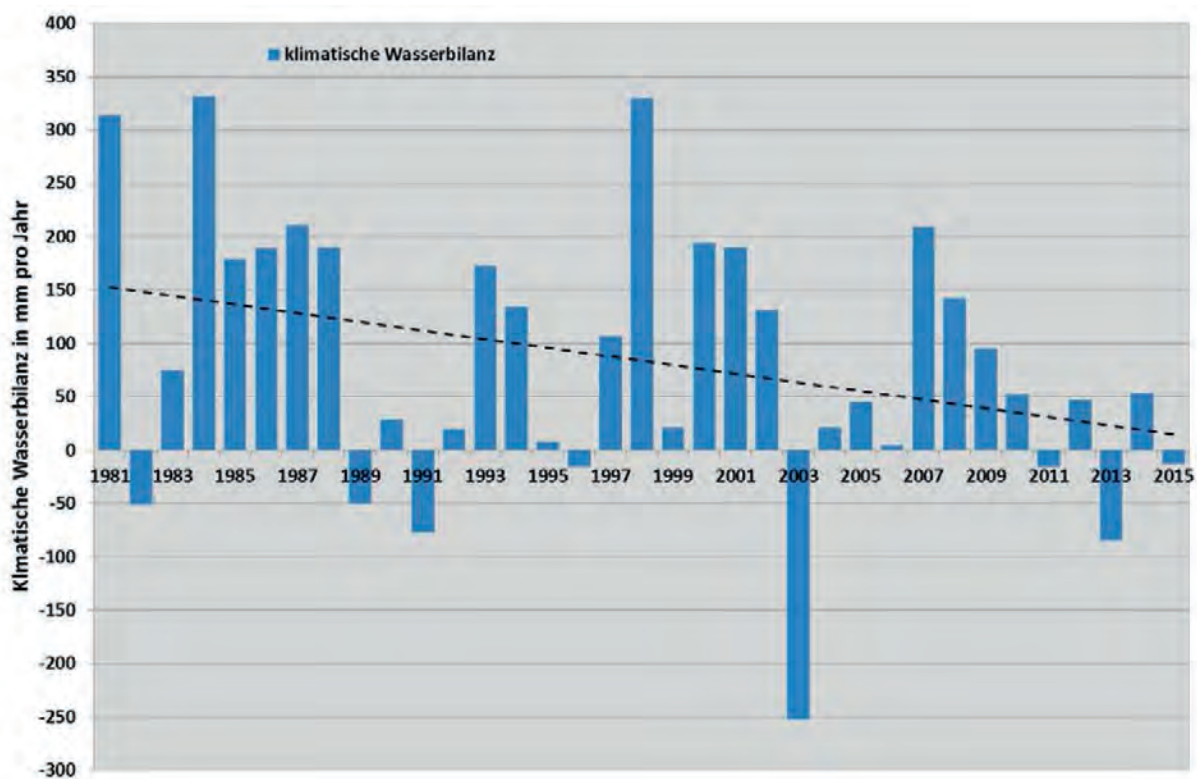


Abb. 11: Jährliche Summen der klimatischen Wasserbilanz an der Station Flughafen Düsseldorf für den Zeitraum 1981-2015 (DWD 2016c).

Die Klimaprojektionen der Szenarien RCP 4.5 und RCP 8.5 zeigen für die langjährigen jährlichen Niederschlagsänderungen in Düsseldorf kein einheitliches Bild. Die Ergebnisse reichen von einer geringfügigen Abnahme bis hin zu einer leichten Zunahme. Auch die jahreszeitlichen Auswertungen weisen eine hohe Variabilität auf. Für die ferne Zukunft (2071-2100) deutet sich bei beiden Szenarien aber die Tendenz zu einer Zunahme der Winterniederschläge an.

Für die klimatische Wasserbilanz liegen aktuell (noch) keine Ergebnisse der regionalen Klimamodelle vor. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die mit einiger Sicherheit zu erwartende weitere Erwärmung zu einer Intensivierung der potenziellen Verdunstung beiträgt, welche wiederum bei sich nur gering ändernden jährlichen Niederschlagssummen zu einem weiteren Rückgang der jährlichen klimatischen Was-

serbilanz führen wird. Besonders in den Frühjahrs- und Sommermonaten wird der Rückgang des potenziell verfügbaren Wasserdargebots spürbar sein. Eine Zunahme von Zeiträumen mit erhöhter Trockenheit, besonders in der Vegetationsperiode, erscheint somit relativ wahrscheinlich.

### **Starkregenereignisse**

Mehr noch als die mittleren Niederschlagssummen ist für Städte die Frage nach der Häufigkeit und der Intensität von Starkregenereignissen relevant. Verschiedene Ereignisse in Düsseldorf haben gezeigt, dass Starkregenereignisse ein erhebliches Schad- und Gefahrenpotenzial aufweisen.

Als Starkniederschläge werden Niederschläge bezeichnet, die eine hohe Intensität, d.h. eine im Verhältnis zu ihrer Dauer hohe Niederschlagshöhe, aufweisen. Starkniederschlagsereignisse können dabei sowohl Niederschläge kurzer Dauer als auch mehrere Stunden oder Tage anhaltende Niederschläge mit entsprechend großen Niederschlagshöhen sein (Rauthe et al. 2014). Neben der Dauer eines gegebenen Starkniederschlagsereignisses ist die Größe der betroffenen Fläche wesentlich. Der DWD warnt vor Starkregen in 2 Stufen wenn voraussichtlich folgende Schwellenwerte überschritten werden: Regenmengen  $\geq 10$  mm / 1 Std. oder  $\geq 20$  mm / 6 Std. (Markante Wetterwarnung) oder Regenmengen  $\geq 25$  mm / 1 Std. oder  $\geq 35$  mm / 6 Std. (Unwetterwarnung) (DWD 2016a). In der Klimaforschung wird meist die Tagesniederschlagssumme betrachtet. Hier werden Schwellenwerte definiert (z.B.  $N \geq 10$  mm/d oder  $\geq 25$  mm/d), bei deren Überschreitung man von Starkniederschlag spricht. Diese sind jedoch nicht einheitlich definiert und so existieren verschiedene Ansätze zur Festlegung der Schwellenwerte für Starkniederschlag. In diesem Bericht wird den Angaben in DWD (2016c) gefolgt, wo die Schwellenwerte von  $\geq 10$  mm/d und  $\geq 25$  mm/d für Starkniederschlag gelten.

Tagesniederschläge mit einer Niederschlagshöhe von  $\geq 10$  mm traten im Zeitraum von 1981-2010 im Durchschnitt an 21,1 Tagen pro Jahr in Düsseldorf auf. Am häufigsten wurden diese Ereignisse in den Sommermonaten, aufgrund ihrer vorwiegend konvektiven Entstehung, beobachtet. Von 1970 bis 2016 haben Niederschlagsereignisse von  $\geq 10$  mm zugenommen (Abb. 12), wobei dieser Trend jedoch statistisch nicht signifikant ist. Für die nahe Zukunft (2021-2050) wird eine Zunahme der Häufigkeit von Starkregenereignissen von bis zu 20 % projiziert. Für die ferne Zukunft (2071-2100) liegt diese Erhöhung sogar bei bis zu 50 %. Somit deuten die Klimasimulationen darauf hin, dass sich in Zukunft bei gleichbleibenden jährlichen Niederschlagsmengen die Intensität der Niederschlagsereignisse verändert. Während die Anzahl an Tagen ohne Niederschlag ( $< 0,1$  mm) und mit Starkniederschlägen ( $\geq 10$  mm) zunimmt, nimmt die Anzahl an Tagen mit nur geringen und mittleren Niederschlägen ( $\geq 0,1$  mm und  $\leq 1$  mm) ab.

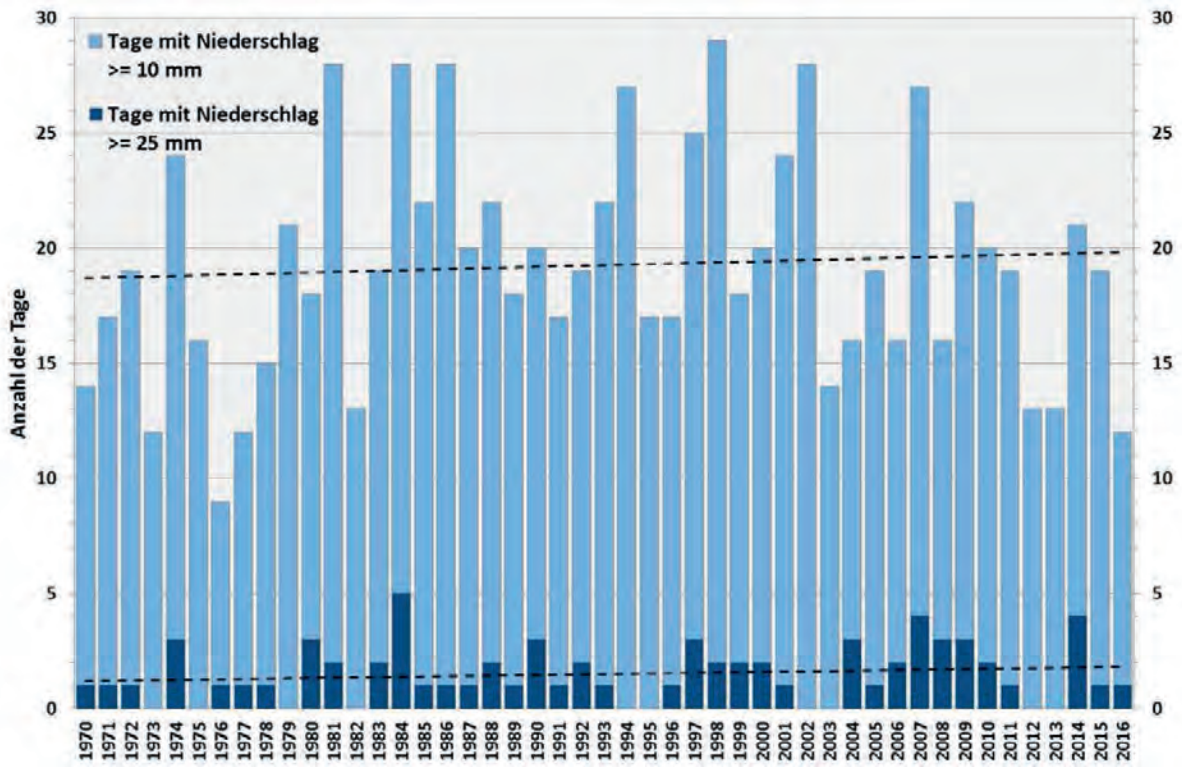

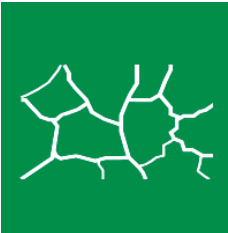



Abb. 12: Anzahl der Tage mit einer Niederschlagshöhe  $\geq 10$  mm und  $\geq 25$  mm an der Station Flughafen Düsseldorf 1970-2016 (DWD 2016c)

## Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich schlussfolgern, dass in Düsseldorf bereits messbare Klimaveränderungen stattgefunden haben, wobei die Erwärmung das deutlichste Änderungssignal besitzt. Die Ergebnisse der regionalen Klimaprojektionen deuten auf eine Verstärkung der heute schon wahrnehmbaren Klimaveränderungen hin, wobei die Intensität des projizierten Klimawandels vom betrachteten Szenario abhängt. In Tab. 2 sind die erwarteten Klimaänderungen für Düsseldorf noch einmal stichpunktartig zusammengefasst.

Tab. 2: Erwartete Klimaänderungen für Düsseldorf

	Erwartete Klimaveränderungen	Anhaltspunkte (Beispiele)
 <p>Temperaturzunahme und Hitze</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zunahme der Jahresmitteltemperaturen</li> <li>■ mehr Sommertage (<math>T_{max} \geq 25^\circ\text{C}</math>), heiße Tage (<math>T_{max} \geq 30^\circ\text{C}</math>) und Tropennächte (<math>T_{min} \geq 20^\circ\text{C}</math>)</li> <li>■ häufigere und länger andauernde Hitzeperioden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Anstieg der Jahresmitteltemperaturen um 1,5 K bis 4,3 K (2071-2100).</li> <li>■ Anstieg der heißen Tage pro Jahr von derzeit 8 auf mindestens 20 in der fernen Zukunft (2071-2100).</li> </ul>
 <p>Niederschlagsverschiebung und Trockenheit</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ trockenere Sommer, feuchtere Winter</li> <li>■ häufigere und längere Trockenperioden im Sommer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zunahme der Winterniederschläge um bis zu 20 % (2071-2100).</li> <li>■ Abnahme von Tagen mit geringen und mittleren Niederschlägen (<math>\geq 0,1\text{ mm}</math> und <math>\leq 1\text{ mm}</math>) zugunsten von wenigen Tagen mit Starkniederschlag (<math>\geq 10\text{mm/d}</math>) und Tagen ohne Niederschlag.</li> </ul>
 <p>Starkregen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zunahme des Anteils von Starkniederschlägen am Gesamtniederschlag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Zunahme der Tage mit Starkniederschlag (<math>\geq 10\text{mm/d}</math>) von derzeit 20 auf bis zu 30 Tage pro Jahr in der fernen Zukunft (2071 – 2100).</li> </ul>

### 3. Ela, Michaela und Co - Bisherige Erfahrungen mit Extremwetterereignissen in Düsseldorf

Die Sensibilisierung für das Thema Klimawandel im urbanen Raum sowie die Akzeptanz von Maßnahmen zur Klimaanpassung durch die Stadtgesellschaft stehen oft im Zusammenhang mit bisherigen Erfahrungen mit Extremwetterereignissen. Die Auswirkungen von Extremwetterereignissen wie Stürme, Starkniederschläge oder Hitzewellen sind unmittelbar erfahrbar und können ein erhebliches Schadenspotenzial bergen. Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurde recherchiert, welche Extremereignisse in jüngster Vergangenheit stattgefunden haben und welche Auswirkungen diese in der Stadt hatten. Drei dieser prägenden Extremwetterereignisse wurden ausgewählt und werden an dieser Stelle kurz vorgestellt. Zu jedem Ereignis wurde ein Poster erstellt, welche auf verschiedenen Veranstaltungen von KAKDUS öffentlich aushingen. Im Anhang (Kap. 8) sind die Poster noch einmal abgebildet.



#### Hitzehoch „Michaela“

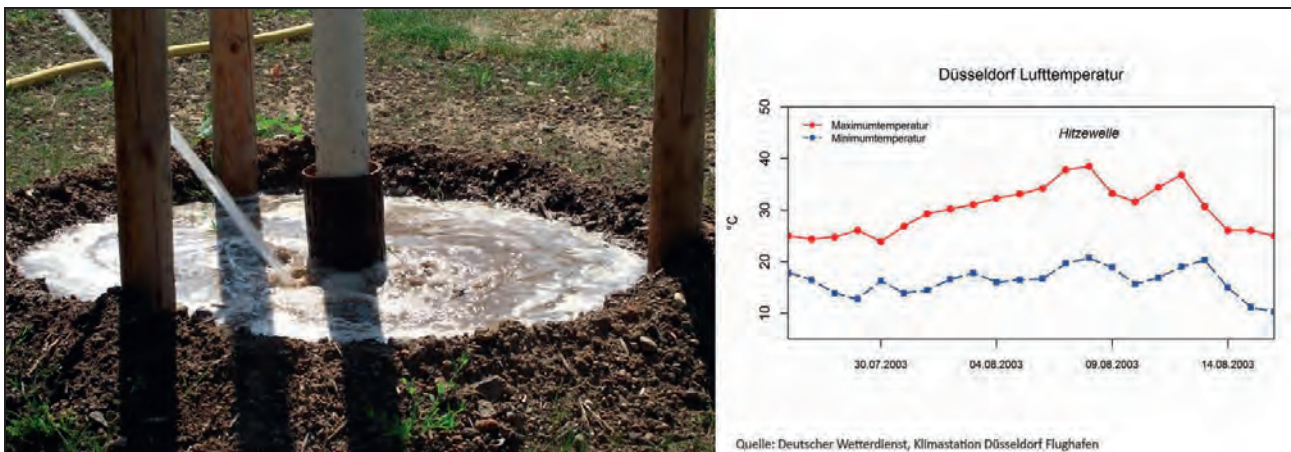


Abb. 13: Hitzehoch „Michaela“

Im Sommer 2003 war Mitteleuropa von einer mehr als 14-tägigen Hitzewelle betroffen. Die Höchsttemperatur betrug 38,5 °C in Düsseldorf am 8. August 2003 (Abb. 13). Dies war der höchste gemessene Wert seit 1969. Die enorme Erwärmung des Stadtgebietes wurde in den Nächten kaum verringert, so hatte die wärmste Nacht immer noch eine Mitteltemperatur von 24,7 °C.

Die Auswirkungen der Hitze und der langanhaltenden Trockenheit zeigten sich deutlich an den Fließgewässern in ganz Deutschland. Am Rhein wurde ein bisher nie gemessener Rekordtiefstand beobachtet, der Rheinpegel lag zeitweise bei nur noch ca. 74 cm. Dies hatte Folgen für die Binnenschifffahrt. Für Passagier-

schiffe wurde der Betrieb in diesem Zeitraum eingestellt und Transportschiffe konnten nur noch mit einem Drittel ihrer möglichen Last fahren.

Schätzungen zufolge lag die Zahl der in ganz Europa an den Folgen der Hitze verstorbenen Personen im mittleren bis oberen fünfstelligen Bereich (die Angaben schwanken hier je nach Quelle). In Deutschland starben ca. 7.000 Menschen mittel- und unmittelbar an den Folgen der Hitze, besonders betroffen waren ältere Menschen und z.B. durch Krankheit geschwächte Personen. In Düsseldorf stiegen die Beisetzungszahlen im Jahr 2003 sprunghaft an, bei bis dahin eher rückläufiger Tendenz.

Die zunehmende globale und auch regionale Erwärmung der jüngeren Vergangenheit (vgl. Kapitel 2) hat im Sommer 2015 zu einem vergleichbaren, wenn auch in ihrem Ausmaß nicht ganz so extremen Hitzeereignis geführt.

### Starkregenereignis im Juli 2013

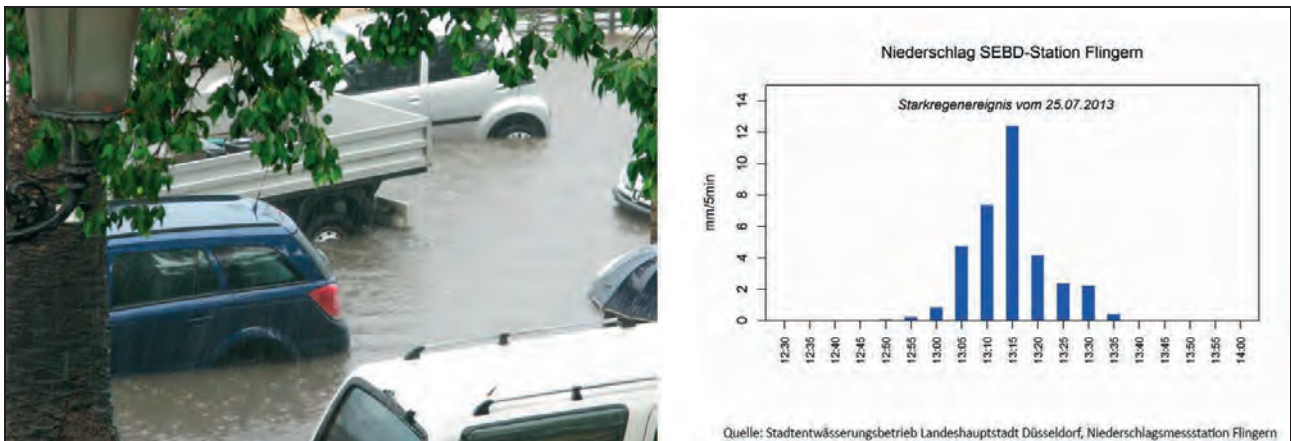


Abb. 14: Starkregenereignis vom 25.07.2013

Im Juli 2013 ereignete sich im Stadtgebiet von Düsseldorf ein Unwetter, begleitet von Starkregen und Gewitter. Es fielen dabei erhebliche Niederschlagsmengen. Im Stadtteil Flingern bspw. wurde innerhalb von 45 Minuten 50 % der langjährigen monatlichen Niederschlagssumme des Monats Juli registriert (Abb. 14).

Dieses Ereignis hatte erhebliche Folgen. Keller und Straßen standen unter Wasser, da die Kanalisation die plötzlich auftretenden Wassermengen nicht aufnehmen konnte. Es wurden im gesamten Stadtgebiet etwa 200 Einsätze der Berufsfeuerwehr und der Freiwilligen Feuerwehr registriert.

Besonders betroffen war der öffentliche Verkehr. So konnten am Flughafen Düsseldorf einige Maschinen aufgrund von Hagel und Platzregen zeitweise nicht starten. Der Verkehr der Rheinbahn war nur noch eingeschränkt möglich, da bspw. die Unterführung am Bilker S-Bahnhof für Straßenbahnen ca. 20 min nicht passierbar war. In der Sturmstraße am Dillenburger Weg blieb ein Auto gar in den Wassermassen stehen und die Durchfahrt des Werstener- und des Unitunnels an der A 46 war vorübergehend nicht möglich. Aufgrund der Unpassierbarkeit mehrerer Unterführungen hatten Fahrzeuge der Buslinien 723, 725, 732 und 735 bis zu 1,5 Stunden Verspätung.

Ein vergleichbares Ereignis war der Starkregen vom 20.05.2012. Hier waren die Schäden jedoch deutlich geringer.

### Orkantief „Ela“

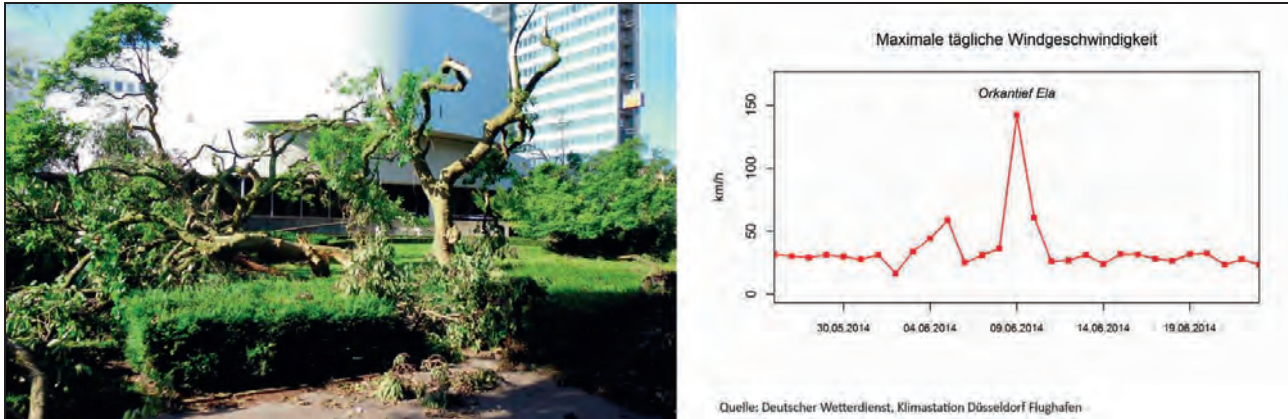


Abb. 15: Orkantief „Ela“

Vom 09.06.2014 bis 10.06.2014 wurde Nordrhein-Westfalen von einem der schwersten Unwetter der letzten Jahrzehnte heimgesucht. Das Orkantief „Ela“ bildete ein sogenanntes mesoskaliges, konvektives System, welches ein Komplex aus mehreren Gewitterzellen ist und sich auf einer größeren Skala organisiert als eine einzelne Gewitterzelle. Solch ein mesoskaliges, konvektives System hat oftmals eine Lebensdauer von mehreren Stunden.

Dieses Ereignis erzeugte extrem starke Sturmböen sowie Regen und Hagel. Es traten Spitzenböen von bis zu 140 km/h auf und der Wind wehte mit Stärken von 11 Bft<sup>3</sup> bis 12 Bft (Abb. 15). Gebietsweise fielen im Durchschnitt 40 mm Niederschlag in der Stunde, was in etwa der Hälfte der durchschnittlichen monatlichen Niederschlagsmenge im Juni in Düsseldorf entspricht.

„Ela“ verursachte im Stadtgebiet von Düsseldorf erhebliche Schäden. Drei Menschen kamen ums Leben und mehr als zehn wurden verletzt. Insgesamt wurden 22.500 Straßenbäume schwer beschädigt. Der Baumbestand des Rheinparks Golzheim war zu 60% betroffen und der Düsseldorfer Hofgarten wurde ebenfalls stark beschädigt. Weiterhin wurden 12 der 13 Friedhöfe durch das Sturmereignis in Mitleidenschaft gezogen, hier wurden ca. 2.000 Bäume beschädigt oder umgeworfen.

Stark betroffen waren ebenfalls städtische Gebäude und Anlagen sowie die Verkehrsinfrastruktur. Sieben U-Bahnlinien der Rheinbahn fielen sturmbedingt aus und neun Straßenbahnlinien waren beeinträchtigt, da die Oberleitungen beschädigt waren. Für die Rheinbahn entstand ein Schaden von ca. 1,3 Mio. Euro.

In vielen Stadtteilen Düsseldorfs wurden Häuser abgedeckt, Kamine zerstört und Fahrzeuge beschädigt. Es waren ca. 1.200 Feuerwehrleute im Einsatz. Zusätzlich waren 330 Soldaten, 50 Fahrzeuge sowie 3 Panzer

<sup>3</sup> Bft (Beaufort) – Einheit der der Windstärke

des Pionierregiments 100 für die Aufräumarbeiten abkommandiert. Der Gesamtschaden wurde für Düsseldorf auf ca. 64 Millionen Euro beziffert.

Für das Orkantief „Ela“ gibt es kaum vergleichbare Ereignisse, da es sich um einen sogenannten Sommersturm mit einer sehr geringen Auftrittshäufigkeit handelte. Die Belaubung hat wesentlich zu den erheblichen Schäden an den Stadtbäumen beigetragen. Ein ähnlich starkes Sturmereignis war der Orkan „Kyrill“ im Januar 2007, mit jedoch weitaus geringeren Schäden in Düsseldorf.



## 4. Betroffenheiten – Wie verwundbar ist Düsseldorf?

### 4.1 WAS BEDEUTET BETROFFENHEIT?

Um zielgerichtet Strategien und Maßnahmen zur kommunalen Anpassung an den Klimawandel entwickeln zu können, ist es zunächst notwendig, zu analysieren, wie eine Stadt von den zu erwartenden Klimaveränderungen („Klimasignalen“) „betroffen“ ist. Die Betroffenheit wird dabei von den zwei Komponenten der Exposition und der Sensitivität bestimmt (Abb. 16). Die Exposition gibt an, in wie weit eine Stadt oder ein kommunales Handlungsfeld bestimmten Änderungen von Klimaparametern (z. B. Niederschlag, Temperatur etc.) ausgesetzt ist. Sie bildet somit ein Maß für die lokale Ausprägung globaler Klimaveränderungen. Die Sensitivität beschreibt, wie stark eine Stadt oder ein kommunales Handlungsfeld durch Klimaänderungen beeinflussbar bzw. veränderbar ist. Die Veränderung kann sowohl positive als auch negative Auswirkungen mit sich bringen und sie kann eine direkte (z.B. Beschädigung von Gewerbeanlagen durch Überflutung) oder eine indirekte (z. B. Einkommensverluste für die Wirtschaft durch Verkehrseinschränkungen während bzw. nach einem Starkregenereignis) Folge von Klimaänderungen sein.

Im Rahmen der für Düsseldorf durchgeführten Analysen wurde zwischen der räumlichen und der funktionalen Betroffenheit differenziert. Dieser Unterscheidung liegen die folgenden Fragen zugrunde:

1. Wo befinden sich im Stadtgebiet besonders durch die Klimaveränderung beeinflusste Bereiche (räumliche Betroffenheit)?
2. Welche Systeme und Handlungen sind besonders von den Auswirkungen der Klimaveränderungen betroffen (funktionale Betroffenheit)?

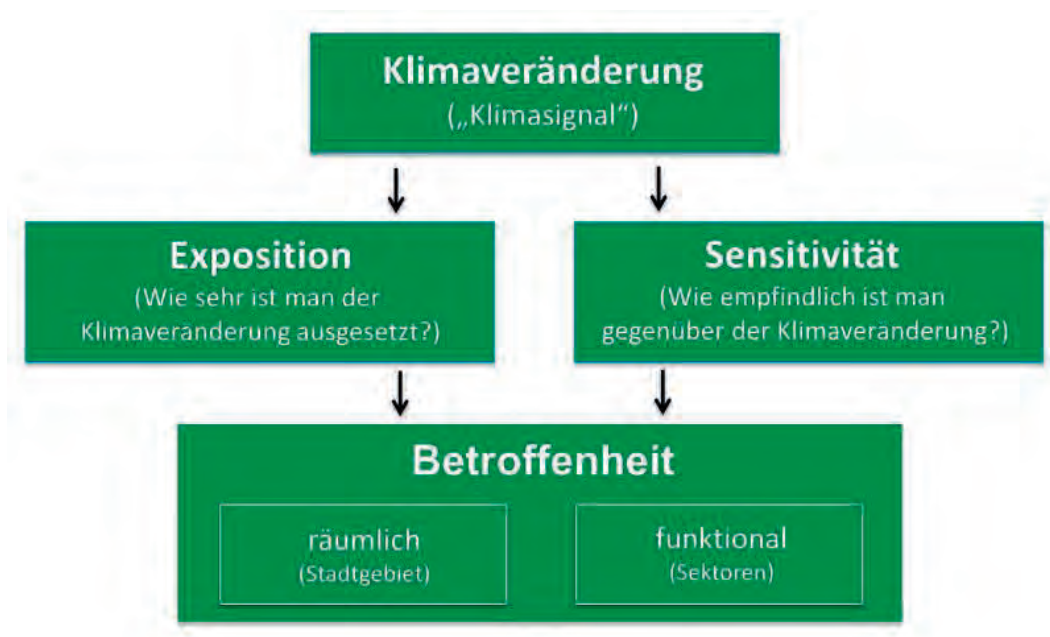


Abb. 16: Begriff Betroffenheit

Die Vulnerabilität bzw. Verwundbarkeit gegenüber unerwünschten Auswirkungen von Klimaänderungen ist stark von der jeweiligen lokalen Ausgangssituation abhängig und wird neben der Betroffenheit (Exposition

und Sensitivität) zusätzlich von der „Anpassungskapazität“ bestimmt (Abb. 17). Letztere beschreibt das gesamte Potenzial einer Kommune, sich auf den Klimawandel mit seinen Folgen einzustellen. Die Anpassungskapazität berücksichtigt u. a. welche Institutionen, Fähigkeiten und Ressourcen der Stadt zur Anpassung an die klimatischen Veränderungen zur Verfügung stehen und wie groß der Rückhalt für das Thema in Politik und Bevölkerung ist.

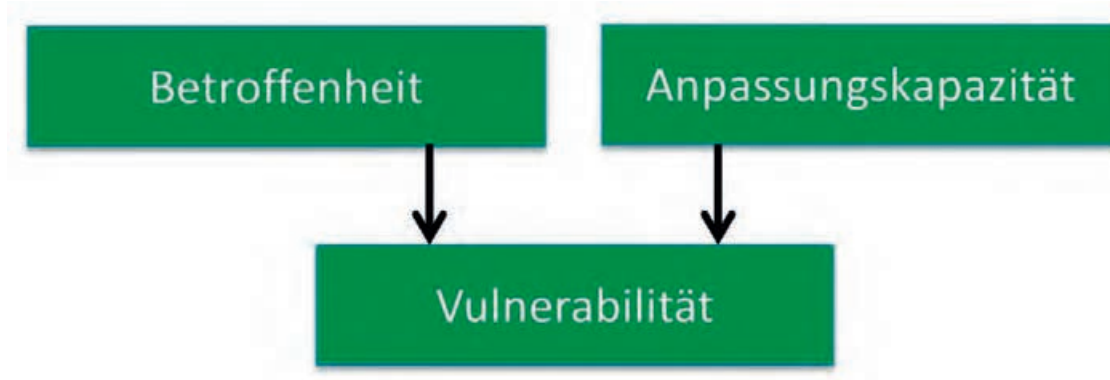


Abb. 17: Begriff Vulnerabilität

## 4.2 FUNKTIONAL-INSTITUTIONELLE BETROFFENHEITEN

### 4.2.1 METHODIK

Im Rahmen der funktionalen Betroffenheitsanalyse wurde untersucht, in welchen kommunalen Handlungsfeldern sich besondere Herausforderungen durch die zu erwartenden langfristigen Klimaveränderungen und die Zunahme von Extremwetterereignissen ergeben.

Als Grundlage hierfür sind in einem ersten Schritt die relevanten Handlungsfelder für die Landeshauptstadt Düsseldorf herausgearbeitet worden. Als Orientierung diente dabei die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) der Bundesregierung aus dem Jahr 2008, die Handlungsfelder und Querschnittsbereiche auf Bundesebene benennt (Bundesregierung 2008). Im Rahmen des Düsseldorfer Anpassungskonzepts wurden diese für den kommunalen Kontext modifiziert. Ergebnis sind elf Einzelfelder und drei Querschnittsfelder (siehe Abb. 18). Die sogenannten Einzelfelder werden direkt von den Auswirkungen der Klimaveränderungen beeinflusst (z. B. Gesundheit). In den drei Querschnittsfeldern ergibt sich indirekt ein übergeordneter Vorsorge- bzw. Handlungsbedarf (z. B. Stadt- und Landschaftsplanung).



Abb. 18: Handlungsfelder

Die funktionale Betroffenheit der identifizierten Handlungsfelder wurde zunächst mit Hilfe sogenannter „Wirkungsketten“ analysiert (Abb. 19). Dieses Analyseverfahren ist 2012 von dem bundesweiten „Netzwerk Vulnerabilität“ für den Fortschrittsbericht der Deutschen Anpassungsstrategie entwickelt worden (adelphi/PRC/EURAC 2015). Die Wirkungsketten stellen sehr detailliert den Zusammenhang zwischen klimatischen Veränderungen und den daraus resultierenden zentralen Folgewirkungen dar und verdeutlichen die große Bandbreite der Betroffenheit.

Für das vorliegende Klimaanpassungskonzept wurde die Methodik der Wirkungskettenanalyse leicht abgewandelt. Der entscheidende Unterschied zu der Vorgehensweise auf Bundesebene besteht darin, dass die Düsseldorfer Wirkungsketten die Handlungsfelder nicht gesondert betrachten, sondern nach den zuvor bestimmten drei Klimaveränderungen (Temperaturzunahme und Hitze; Starkniederschläge; Niederschlagsverschiebungen/Trockenheit) geordnet sind. Für jede dieser drei Klimaveränderungen wurden dann alle Handlungsfelder gemeinsam aufgeführt und analysiert. Dadurch konnte der Blick stärker auf die ressortübergreifende Betroffenheit und auf die Wechselwirkungen zwischen den Handlungsfeldern gelenkt werden.

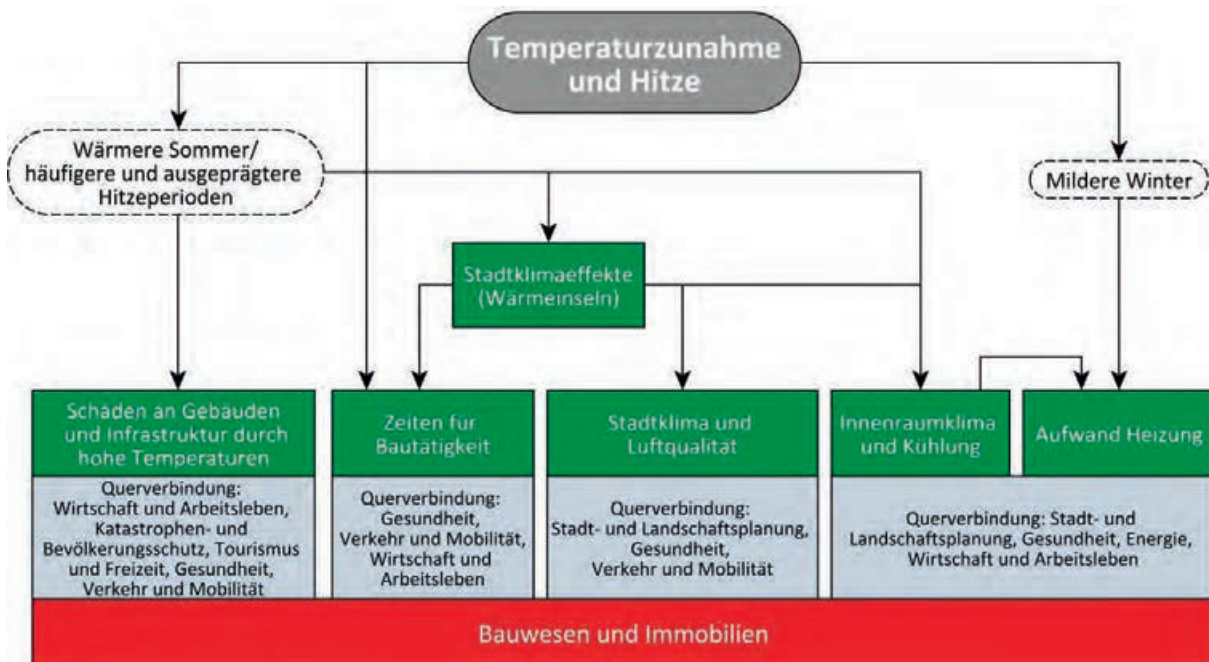


Abb. 19: Beispiel für eine Wirkungskette zum Handlungsfeld „Bauwesen und Immobilien“

In die Düsseldorfer Wirkungsketten sind auch die Ergebnisse aus einer verwaltungsinternen Befragung von 2014 eingeflossen. Diese Erhebung wurde in Vorbereitung auf die Beschlussvorlage für das Düsseldorfer Klimaanpassungskonzept durchgeführt (vgl. Kap. 1.2). Ziel war es, im Vorfeld der Konzepterstellung einen Überblick über die jeweilige Betroffenheit der Fachbereiche durch die Klimaveränderungen sowie über bestehende und geplante Aktivitäten zur Klimaanpassung abzufragen und eine erste Einschätzung für den zukünftigen Anpassungsbedarf zu erhalten.

#### 4.2.2 ERGEBNISSE

Die komplexen Ergebnisse der Wirkungsketten-Analyse wurden für die jeweiligen Klimaveränderungen in Tabellen übersichtlich zusammengefasst (Abb. 20. bis Abb. 25)

Innerhalb der Tabellen wurden die ermittelten Klimawirkungen nach den folgenden drei Wirkungsfeldern thematisch geordnet, auf die sich die jeweiligen klimatischen Veränderungen auswirken können:

- „Gebäude/Infrastrukturen“,
- „Umwelt“ und
- „Mensch“.

Die Tabellen zeigen anschaulich auf, welche Handlungsfelder von der jeweiligen Auswirkung betroffen sind und wo Querbezüge zwischen den einzelnen Sektoren bestehen. Es finden sich darüber hinaus Hinweise auf Bereiche bzw. Elemente (z.B. Objekte, Nutzungen oder Personenkreise) in der Stadt, die gegenüber der jeweiligen Klimawirkung besonders empfindlich sind. Außerdem werden mögliche kumulative Effekte dargestellt. Diese entstehen dann, wenn eine Auswirkung durch mehrere Klimaveränderungen hervorgerufen oder durch diese kumulative Wirkung sogar noch verstärkt werden kann (z. B. Schäden an Pflanzen, die sowohl durch Hitze als auch durch Trockenheit oder Starkregen entstehen können).

Unter Einbeziehung der KAKDUS-Projektgruppe wurde in der letzten Spalte der Tabellen die Priorität der Auswirkung und des daraus resultierenden Handlungsbedarfs bewertet. Ergebnis dieser Bewertung war eine Einschätzung der Beteiligten, ob ein hoher (bzw. kurzfristiger) Anpassungsbedarf an die jeweilige Auswirkung der Klimaveränderung besteht oder ob die Priorität zur Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen eher als mittel bzw. niedrig eingestuft wird.

Dazu wurden von gutachterlicher Seite Vorschläge unterbreitet, die alle vorliegenden Erkenntnisse aus der bisherigen Untersuchung und den stattgefundenen Projektgruppensitzungen sowie die Ergebnisse aus der durchgeführten Erhebung (siehe oben) berücksichtigen. Klimawirkungen mit einem hohen Querschnittscharakter (durch kumulative Effekte und viele Bezüge zu anderen Sektoren) wurden ebenfalls hoch gewertet. Die Mitglieder der Projektgruppe konnten im Rahmen des Beteiligungsprozesses zu den Bewertungen der Gutachter Stellung nehmen und aus ihrem fachlichen Kontext heraus für eine höhere oder niedrigere Gewichtung argumentieren. Die Priorisierung diente der Eingrenzung der wichtigsten aktuellen Handlungserfordernisse und wird vom Fördergeber (vgl. Merkblatt des BMUB zur Erstellung von Konzepten zur Klimaanpassung, BMUB 2014) eingefordert.

Die Auswertung zeigt, dass sämtliche Handlungsfelder von den Auswirkungen der Klimaveränderungen betroffen sind. Je nach betrachteter Klimaveränderung fällt die jeweilige Betroffenheit der Handlungsfelder mal höher und mal niedriger aus.

**Temperaturzunahme und Hitze // Funktionale Betroffenheit und Priorisierung**

Wirkungsanalyse

Wirkungsfeld	ID	Mögliche Wirkungen	Kumulative Effekte	Besonders sensitive Bereiche/Elemente	Betroffene Handlungsfelder	Betroffene Verwaltungseinheiten	Anpassungsbedarf
Gebäude und Infrastrukturen			NT SN		Einzel- / Querschnittsfelder		
	TH01	Steigender Energiebedarf für die Kühlung von Gebäuden, Anlagen und Fahrzeugen		OPNV, Einzelhandel, Industrie, öffentliche Gebäude, Krankenhäuser		23, SWD, 80, 52, 19, RB	•••
	TH02	Sinkender Heizbedarf		Gebäudebestand, OPNV		23, 80, Rheinbahn, 19	•
	TH03	Zunehmender Verschleiß von Gütern- und Sportflächen durch erhöhte Einstrahlung und intensivere Nutzung	+	Kunst- und Naturrasenflächen, Beläge, Ausstattung, techn. Anlagen		68, 52	•••
	TH04	Erhöhte Materialbeanspruchung/Beschädigung von Verkehrswegen durch Hitze und Temperaturschwankungen	+	Schwerverkehr (Haltestellen), Industriezufahrten, Brücken		66, 80, 52, Rheinbahn	•••
	TH05	Verkehrsunterbrechungen durch hitzebedingte Ausfälle von Leit- und Steuerungssystemen	+	Wechselverkehrszeichen, Lichtsignalanlagen, Stellwerke		66, 80, NeitzG, SWD, Rheinb	••
	TH06	Veränderungen bei der Energieversorgung (Netzaußen- und -rückbau) durch verändertes Verbrauchsverhalten	+	Energieerzeuger, Leitungssysteme		23, 80, NeitzG, SWD	••
	TH07	Hitzebedingte Schäden an Gütern (Lagerung und Transport) sowie an technischen Anlagen	+	Außenlager, landwirtschaftliche Ertragsflächen, Hafan		68, 80, ND-Hafen, 37	•••
	TH08	Aufheizen von Verkehrs- und Freiflächen durch erhöhte Einstrahlung		Unverschaltete/versiegelte Bereiche, Innenstadt, Straßen, GE-Gebiete		66, 68	•••
	TH09	Vermeinte Geruchsemissionen durch temperaturbedingte Faulprozesse im Kanal	+	Kanalsystem		67	•••
Umwelt	TH10	Zunehmende Aufwendungen (Verschattung, Rettungsdienste etc.) bei der Durchführung von Veranstaltungen	+	Freiluftveranstaltungen		52, 37	••
	TH11	Verstärkte Inanspruchnahme von Wald- und Erholungsflächen durch intensivere Freizeinnutzung <sup>1</sup>		Parkanlagen, Sportplätze, Erholungsgebiete, Wälder		68, 19, 52, AWISTA	••
	TH12	Erhöhte Wald- und Böschungsbrandgefahr	+	Nähe Verkehrswegen oder brennbaren explosiven Gefahrgütern		68, 66, 23, 80, 63, 37	••
	TH13	Aufwärmung und Beeinträchtigung des physikalisch-chemischen Zustands und der Güte von Gewässern	+	(Bade-)Gewässer, Fließgewässer, Trinkwasser <sup>2</sup>		67, 19, 53, SWD (Wasserverk)	•••
	TH14	Verschiebung des Artenspektrums/Ausbreitung invasiver Tier- und Pflanzenarten <sup>3</sup>	+	Geschützte Landschaftsbestandteile, Schutzgebiete, Gewässer		19, 53, 68, 67	•••
	TH15	Nutzungskonflikte durch steigenden Wasserbedarf (Trinkwasser, Kühlwasser, Brauchwasser)	+	Landwirtschaft, Privathaushalte, Industrie, Grünpflege, Sportflächen		68, 23, 80, 52, 19, SWD (WW), 67	••
	TH16	Zunehmender und früherer Schädlingsbefall nach milden Wintern <sup>4</sup>	+	Stadtbäume, landwirtschaftliche Produkte, Gartendekormaler		68, 19, 52	•••
	TH17	Schäden (z.B. Eiwelkgeminnung) an hitzegepresster Vegetation <sup>5</sup>	+	Jungbäume, Parkanlagen, Gartendekormaler, Sportanlagen		68, 19, 52	•••
	TH18	Zunehmende Beeinträchtigung/Verlust von Bodenfunktionen durch erhöhte Bodentemperatur <sup>6</sup>	+	Naturschutz-, land- und forstwirtschaftliche Flächen, Sportflächen		19, 68, 52	•••
	TH19	Steigender Ressourcenbedarf für Müllentsorgung, Grünschnitt, Kontrolle, Kanalspülung und Bewässerung	+	Öffentliche Verkehrs- und Grünflächen, Freizeitanlagen, Sportflächen		68, 19, 80, 52, AWISTA, 67	•••
Mensch	TH20	Zunehmende körperliche Belastung und Unfallrisiken durch Hitze und sinkende Konzentrationsfähigkeit <sup>7</sup>		Alte, Kinder, Kranke, Verkehrsteilnehmer, im Freien Tätige <sup>8</sup> , Sportler		53, 37, 04, 80, 68, 23, 67, RB	•••
	TH21	Gesteigertes Hautkrebsrisiko durch UV-Strahlung und verändertes Freizeitverhalten		Sportflächen, Parkanlagen, Plätze, Schulhöfe		53, 52, 68	••
	TH22	Zunahme allergischer Reaktionen (pflanzlich und tierisch)	+	Bevölkerung		53, 68, 37	••
	TH23	Ansiedlung neuer und Ausbreitung heimischer Krankheitsreger und -überträger	+	Einzelhandel, Ernährungsindustrie, Wasserwerke, Freibäder, Kanäle		53, 19, 39, 67, 37	•••
	TH24	Gesundheitliche Auswirkungen auf Grund von abnehmender Wasserqualität (wasserbürtige Erreger)	+	Trinkwasser, Badegewasser (Blaualgenbildung <sup>9</sup> )		53, 39, SWD, 37	••
	TH25	Steigende Lärmbelastung durch wachsende Anzahl von Kühl-, Lüftungs- und Klimaanlage		Bürostandorte, Wohngebiete		23, 80, 32, 19	•
	TH26	Konflikte mit Ruhezeiten durch Verlagerung von Aktivitäten (Freizeit, Bau, Grünpflege) in kühle Tageszeiten <sup>10</sup>		Wohngebiete, Krankenhäuser, Pflegeheime		32, 53, 68, 52, 23, 80, 19	••
	TH27	Sprunghafte und erhöhte Belastung des Gesundheits- und Bewusstseins bei Hitzewellen		Krankenhäuser, Alten- und Pflegeheime, Rettungsstellen, Ärzte		37, 53, 68, 37	•••

Abb. 20: Temperaturzunahme und Hitze – Auswertung der funktionalen Betroffenheit und Priorisierung

**Hinweise**

- 1 Die verstärkte Nutzung führt auch zu einem erhöhten Müllaufkommen.
- 2 Qualitätsbeeinträchtigungen des Rhein- und Grundwassers durch Temperaturveränderungen spielen für die Bewertung der Trinkwasserqualität eine wichtige Rolle (trotz Pufferung durch die Uferfiltration und Trinkwasseraufbereitung).
- 3 Das Artenmonitoring der Stadt Düsseldorf liefert erste Hinweise bereits stattfindender Veränderungen bei den Artenspektren.
- 4 Die Schädlinge, z. B. Eichenprozessionsspinner, werden zunehmend resistenter gegenüber Wirkstoffen.
- 5 In der Gartendenkmalpflege wird es zunehmend schwerer, denkmalgerechten und klimaresistenten Ersatz für geschädigte Altbaumbestände zu finden.
- 6 Qualitätsbeeinträchtigungen resultieren auch aus den temperaturbedingten Nutzungsveränderungen der Landwirtschaft (z. B. Bewässerung, Düngung).
- 7 Insbesondere die Zunahme akuter Herz-Kreislaufkrankungen und von Dehydrierungserscheinungen.
- 8 Durch eine erhöhte Aerosolbildung besteht bei Hitze auch bei Arbeiten im Kanal und in Sonderbauwerken der Wasserwirtschaft ein erhöhtes Gesundheitsrisiko.
- 9 Blaualgen (oder auch Cyanobakterien) treten vor allem in nährstoffreichen, langsam fließenden, stehenden oder rückgestauten Gewässern auf. Optimale Wachstumsbedingungen für Algen liegen bei hoher Lichtintensität, einem Überangebot von Phosphor und Stickstoff sowie anhaltend hohen Temperaturen vor.
- 10 Konflikte mit Ruhezeiten gemäß 18. BImSchVO (SportanlagenlärmSchutz-VO), 32. BImSchVO (MaschinenlärmSchutz-VO), TA Lärm und der Freizeitlärmrichtlinie.

**Legende**

**Kumulative Effekte**

- NT Niederschlagsverschiebung und Trockenheit
- SN Starkniederschläge

**Anpassungsbedarf**

- gering (langfristig)
- mittel (mittelfristig)
- hoch (kurzfristig)

Die allmähliche Temperaturzunahme beeinflusst vor allem die Komponenten des urbanen Ökosystems (Boden, Gewässer, Flora, Fauna) sowie deren Wechselwirkungen. Langfristig muss mit nachhaltigen Veränderungen gerechnet werden, die sich u. a. auf die Zusammensetzung und Verbreitung von Arten, Vegetationsperioden und den physikalisch-chemischen Gewässerzustand auswirken. Der Anstieg der Häufigkeit von Hitzetagen und Tropennächten führt zu einer Verstärkung der humanbioklimatischen Belastung der Bevölkerung durch Hitzestress. Das stellt insbesondere den Gesundheitssektor bei der Bewältigung von Hitzewellen vor erhöhte Anforderungen. Auch andere Fachbereiche, wie der Bausektor und die Stadtplanung, stehen vor der Herausforderung, der Überhitzung entgegenzuwirken bzw. strahlungs- und hitzebedingten Schäden vorzubeugen.

**Betroffenheit (gesamt) je Handlungsfeld**

	Bauwesen und Immobilien	••
	Verkehr und Mobilität	••
	Gesundheit	•••
	Natur- und Artenschutz	•••
	Land- und Forstwirtschaft	•••
	Wirtschaft und Hafen	••
	Boden	••
	Grün- und Freiflächen	•••
	Tourismus und Freizeit	••
	Energie	••
	Wasserwirtschaft	•••

**Querschnittsfelder**

	Stadtplanung/Stadtentwicklung
	Katastrophen-/Bevölkerungsschutz

**Hauptbetroffenheiten**



Abb. 21: (Haupt-)Betroffenheiten Temperaturzunahme und Hitze

**Starkniederschläge // Funktionale Betroffenheit und Priorisierung**

Wirkungsanalyse

Wirkungsfeld	ID	Mögliche Wirkungen	Kumulative Effekte	Besonders sensitive Bereiche/Elemente	Betroffene Handlungsfelder	Betroffene Verwaltungseinheiten	Anpassungsbedarf
Gebäude und Infrastrukturen	SN01	Überlastung des Kanalsystems (Überstaulation) bei Niederschlagsintensitäten jenseits der Bemessungsgrenzen	NT		Einzel-   Querschnittsfelder	67, 66, 37	•••
	SN02	Erhöhter Abfluss in Nebengewässern bei Starkregen	TH			67, 19, 37	••
	SN03	Überflutung und Beschädigung von privaten/öffentlichen Gebäuden und Objekten	+			23, 19, 80, 63, 52, 37, 40, 67	•••
	SN04	Überflutung und Ausfall von Verkehrswegen/Verkehrssystemen durch Überflutung oder Unterspülung	+			66, 67, 37, 19, Rheinbahn	•••
	SN05	Beschädigung und Ausfall von Verkehrsinfrastrukturen durch Überflutung von öffentlichen Grün- und Freiflächen	+			68, 52, 67, 19, 37	••
	SN06	Überflutung und Beschädigung und Nutzungsbeschränkungen von öffentlichen Grün- und Freiflächen	+			NeizGmbH, 67, 19, SWD, 37	•••
	SN07	Ausfall von Versorgungsanlagen und -netzen (Energie/Wasser/Telekommunikation)	+			23, 80, 67, ND-Häfen, 19, 37	•••
	SN08	Beschädigung und Ausfall von Industrie- und Gewerbeanlagen durch Überflutungsschäden	+			23, 19, 80, 67, 52, 37, 40, 68	•••
	SN09	Beschädigung von Gebäuden und Anlagen durch gewitterbedingte Sturmböen	+			67, 23, 53, 19, SWD (WW), 37	••
	SN10	Einschränkungen der Wasserversorgung	+			80, ND-Häfen, 37	•••
	SN11	Verlust und Beschädigung von Betriebsmitteln oder Wirtschaftsgütern durch Überflutung, Hagel oder Windwurf	+			80, 66, ND-Häfen, 37	••
	SN12	Unterbrechung von Lieferketten und Arbeitswegen durch Überflutungen oder gewitterbedingten Windwurf	+			52, 41, 80, 68, DMT, 37	•
	SN13	Beeinträchtigung oder Ausfall von Veranstaltungen bei Gewitterlagen	+			37, 53, 68, AWISTA, 19, 67	•••
Umwelt	SN14	Erhebter Ressourcenbedarf und Belastung der Stadtmwässerung <sup>6</sup> und der Stadtreinigung	+			19, 68, 37	•••
	SN15	Schädigung und Verlust von Bodenfunktionen durch Erosion und Schadstoffeintrag	+			19, 67, 52, Biber, 37, SWD (WW)	••
	SN16	Schädigung und Verlust von mikrobiologischer Belastung von (Bade-)Gewässern	+			SWD (WW), 19, 68, 67, 37	••
	SN17	Hydraulische oder mikrobiologische Belastung durch Schadstoffe	+			19, 68, 67	•
	SN18	Minderung der Grund- und Trinkwasserqualität durch Schadstoffe	+			68, 19, 52, 37	•••
	SN19	Beeinträchtigung von Flora und Fauna durch hydraulische Belastung, Schadstoffe oder Vernässung	+			53, 19, 39, SWD, 67, 37	•
	SN20	Beschädigung und Verlust von Stadtbäumen und Waldflächen durch Windlast bei gewitterbedingten Sturmböen	+			53, 37, 67	••
	SN21	Gesundheitsbelastung durch Aufnahme oder Kontakt mit verunreinigtem Wasser	+			37, 53, 67	•••
	SN22	Psychische Belastung nach Schadensereignis (insbesondere durch Vermögensverluste)	+			37, 53	•••
	SN23	Personenschäden z.B. durch eindringendes Wasser in Gebäude oder Einstau an Tiefpunkten	+			53, 37, 23, 66, 66, 52	•••
Mensch	SN22	Erhöhter Ressourcenbedarf und Belastung der Rettungsdienste und der Feuerwehr	+				•••
	SN23	Personenschäden durch Windwurf (insbesondere Totholz) bei gewitterbedingten Sturmböen	+				•••
	SN23	Personenschäden durch Windwurf (insbesondere Totholz) bei gewitterbedingten Sturmböen	+				•••

Abb. 22: Starkniederschläge – Auswertung der funktionalen Betroffenheit und Priorisierung



**Hinweise**

- 1 Die Betrachtung der Wirkfolgen von Starkniederschlägen umfasst (zumeist in den Sommermonaten auftretenden) konvektiven Starkregen und Hagelereignisse sowie die damit z. T. in Verbindung stehenden, gewitterbedingte Sturmböen (z. B. Sommersturm Ela in Düsseldorf 2014)
- 2 Bei kurzfristig erhöhten Fließgeschwindigkeiten steigt auch die Gefahr des Abdriftens von Tieren und Pflanzen.
- 3 Schadensersatzforderungen nach Starkregen nehmen zu.
- 4 Der Ausfall von Pumpen, Beleuchtung, Telekommunikation, etc. kann die Koordination und Durchführung von Rettungsmaßnahmen behindern.
- 5 Zunehmende Bedeutung von Ersatzversorgung und Notwasserverbänden durch Überflutung von Wasserwerksanlagen.
- 6 Erhöhter Aufwand für Straßenablaufreinigungen, Deichschau, Gewässerbegehungen und die Schadensbegutachtung durch die Stadtentwässerung.
- 7 Zusätzliche Belastung der Feuerwehr durch Mangel an Selbsthilfemaßnahmen und Selbstschutz der Bevölkerung.

**Legende**

**Kummulative Effekte**

- NT** Niederschlagsverschiebung und Trockenheit
- TH** Temperaturzunahme und Hitze

**Anpassungsbedarf**

- gering (langfristig)
- mittel (mittelfristig)
- hoch (kurzfristig)

Die erwartete Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlägen stellt in erster Linie durch die damit einhergehende steigende Überflutungsgefahr eine Herausforderung für die Landeshauptstadt Düsseldorf dar. Anders als bei flussgebundenen Hochwasserereignissen erhöht sich die Gefahr für überflutungsbedingte Sach- und Personenschäden durch Starkniederschläge im gesamten Stadtgebiet. Dadurch wachsen u. a. die Anforderungen an die baulichen und technischen Vorsorgemaßnahmen im Bausektor und bei den privaten Gebäudeeigentümern. Zu den neuralgischen Punkten zählen Versorgungsanlagen und -netze sowie Verkehrswege und die für den Verkehrsfluss in Düsseldorf so wichtigen Verkehrsleitsysteme. Beeinträchtigungen bei der Energieversorgung, den Kommunikationswegen und massive Verkehrsstörungen können die Folge sein. Für die Stadtentwässerung und Stadtreinigung geht eine Zunahme der Starkniederschläge u. a. mit einem erhöhten Kontroll-, Aufräum- und Reparaturaufwand einher. Insbesondere in den Sommermonaten können konvektive Starkniederschlagsereignisse gemeinsam mit gewitterbedingten Sturmböen auftreten, von denen zusätzliche Gefahren ausgehen.

**Betroffenheit (gesamt) je Handlungsfeld**

	Bauwesen und Immobilien	•••
	Verkehr und Mobilität	•••
	Gesundheit	••
	Natur- und Artenschutz	••
	Land- und Forstwirtschaft	••
	Wirtschaft und Hafen	•••
	Boden	••
	Grün- und Freiflächen	•
	Tourismus und Freizeit	•
	Energie	•••
	Wasserwirtschaft	•••

**Querschnittsfelder**

	Stadtplanung/Stadtentwicklung
	Katastrophen-/Bevölkerungsschutz

**Hauptbetroffenheiten**



Abb. 23: (Haupt-)Betroffenheiten Starkniederschläge

**Niederschlagsverschiebung und Trockenheit // Funktionale Betroffenheit und Priorisierung**

Wirkungsanalyse

Wirkungsfeld	ID	Mögliche Wirkungen	Kumulative Effekte		Besonders sensitive Bereiche/Elemente	Betroffene Handlungsfelder	Betroffene Verwaltungseinheiten	Anpassungsbedarf
			SN	TH				
Gebäude und Infrastrukturen	NT01	Schäden an Gebäuden, Anlagen und Infrastrukturen durch Veränderung der Böden und Grundwasserspiegel	+		Gebiete mit hohem Grundwasserstand, Unterkellerung, Tiefgaragen	Einzel-   Querschnittsfelder	23, 67, 80, 66, 63, 19	•••
	NT02	Zunahme innenraumhygienischer Probleme (Schimmel) durch langanhaltende Feuchtigkeit	+		Gemeinschaftseinrichtungen		23, 53, 19	••
	NT03	Ablagerungs-, Korrosions- <sup>1</sup> und Geruchsprobleme im Kanalsystem bei langen Trockenperioden		+	Kanalsystem		67	•••
	NT04	Eingeschränkte Schifffbarkeit der Binnengewässer bei Niedrig- und Hochwasser			Rhein, Hafen		19, 80, ND-Hafen	••
	NT05	Beeinträchtigung der Produktion auf Grund von Wasserknappheit oder Feuchtigkeit			Prozesse mit hohem Trink-/Kühlwasserbedarf		80	•
	NT06	Straßenschäden durch häufigere Wechsel zwischen Frost- und Tauwetterlagen		+	Straßen und Wege, versiegelte Parkplätze, Hofflächen, Autobahnen		66	•••
	NT07	Steigender Aufwand für den Winterdienst auf Grund der Zunahme von niederschlagsreicheren Wintern			öffentliche Verkehrswege		AWISTA, 86	••
	NT08	Eingeschränkte Wasserverfügbarkeit/Nutzungskonflikte (Trinkwasser, Kühl-, Spül- und Brauchwasser) <sup>3</sup>		+	Landwirtschaft, Industrie, Grünpflege, Sportplatzbewässerung, Kanäle		67, 19, 66, 80, 52, SWD	••
	NT09	Sinkende Trinkwasserqualität durch lange anhaltende Trockenheit/niedrige Pegel- und Grundwasserstände <sup>4</sup>		+	Trinkwasser, das aus Uferfiltrat gewonnen wird		67, 68, 53, 39, 19, SWD (WW)	•••
	NT10	Schäden und Verlust an/ von Grünflächen und Bäumen durch Trockenstress und oberflächennahe Vermässung		+	Parkanlagen, Straßenbäume, Baumschulen, Gärten/Grünanlagen		68, 52, 19	•••
Umwelt	NT11	Schadensbefall und Pilzkrankungen an Bäumen durch erhöhte Feuchtigkeit <sup>4</sup>		+	Gärtnerei, Baumschulen, Gärten/Grünanlagen, Stadtwald, Sportplätze		68, 19, 52	•••
	NT12	Verschiebung des Artenspektrums/Ausbreitung invasiver Arten		+	Schutzgebiete, geschützte Landschaftsanstufungen, Gewässer <sup>5</sup>		68, 53, 67, 19	•••
	NT13	Erhöhter Bewässerungs-, Kontroll- und Pflegebedarf für Grünflächen und Stadtbäume <sup>6</sup>		+	Jungbäume, Grünflächen, Gewässerränder		68, 19, 52	•••
	NT14	Brand- und Astwurfisiko auf Grund von Trockenheit		+	Parkanlagen, Bäume nahe Straßen, Schienen, Bebauung, Sportflächen		68, 23, 66, 52, Rheinbahn, 37	••
	NT15	Beeinträchtigung des Zustands und der Güte von (Bade-)Gewässern sowie der aquatischen Flora und Fauna		+	Bade- und sonstige Oberflächengewässer, gewässerbegleitendes Grün		19, 68, 53, 52, 67	•••
	NT16	Änderung von Bodenfunktionen durch veränderten Bodenwassergehalt und Erosion		+	Sensible Feuchtgebiete <sup>7</sup>		19, 68	•••
	NT17	Ansiedlung neuer und Ausbreitung heimischer Krankheitserreger und -überträger		+	Einzelhandel, Ernährungsindustrie, Wasserwerke, Kanäle <sup>8</sup>		53, 68, 67	•••
Mensch								

Abb. 24: Niederschlagsverschiebung und Trockenheit – Funktionale Betroffenheit und Priorisierung

**Hinweise**

- 1 Die Kosten für Sanierungsmaßnahmen infolge von Betonkorrosion erreichen bereits heute ein- bis zweistellige Millionenbeträge. Zudem kann die Standsicherheit gefährdet werden.
- 2 Auswirkungen auf Wasserdargebot und -bedarf insbesondere bei längeren Trockenperioden (Einfluss auf Rheinabflussregime, Grundwasserhaushalt, Mischungsverhältnis Uferfiltrat-Grundwasser, Wasserverbrauchsverhalten).
- 3 Drei Viertel des Düsseldorfer Trinkwassers wird aus Uferfiltrat gewonnen.
- 4 Holzersetzen Pilzkrankungen an Bäumen (z. B. Massaria an Platanen) nehmen zu.
- 5 Artenvorkommen dienen als Indikator für die Beurteilung des Gewässerzustandes. Eine Verschiebung von Artenspektren kann die Einstufung der Gewässer möglicherweise beeinflussen. Die Einwanderung und Etablierung von Neozoen und Neophyten führt zum Verfehlen der Ziele der EG-Wasserrahmenrichtlinie.
- 6 Jungbäume benötigen zum Anwachsen eine kontinuierliche Bewässerung.
- 7 z. B. Eller Forst, Überanger Mark
- 8 Auch durch begünstigte Insektenbrutplätze (z. B. Mücken), sowie Mäuse und Ratten im Kanalnetz, nehmen die Übertragungswege von Erregern zu.

**Legende**

**Kummulative Effekte**  
**TH** Temperaturzunahme und Hitze  
**SN** Starkniederschläge

**Anpassungsbedarf**  
 ● gering (langfristig)  
 ●● mittel (mittelfristig)  
 ●●● hoch (kurzfristig)

Die allmählichen Niederschlagsverschiebungen vom Sommer- ins Winterhalbjahr sowie die erwarteten zunehmenden und länger anhaltenden Trockenperioden gehen mit vielfältigen Auswirkungen einher. Der Aufwand für die Grünpflege, Land- und Frostwirtschaft steigt, da u. a. Pflanzen anfälliger für Schädlinge und Erkrankungen werden und der Bewässerungsbedarf zunimmt. Absinkende Grundwasserstände (auch wenn diese nur temporär sind) reduzieren die Kühlleistung von Böden. Durch den häufigeren Wechsel zwischen Tau- und Frostphasen nehmen Schäden an der Verkehrsinfrastruktur zu. Feuchtigkeitsbedingte Materialschäden stellen ebenso für Gebäude und Kanalsysteme ein zunehmendes Problem dar. So verursacht z. B. die Betonkorrosion an Gebäuden in Folge von Grundwasserschwankungen hohe Kosten, bis hin zur Gefährdung der Standsicherheit. Die häufigeren und längeren Trockenphasen führen in Verbindung mit dem allgemein deutlich zurückgegangenen Wasserverbrauch zu teuren durch Korrosion hervorgerufene Schäden im Kanalnetz und erzeugen dort einen zusätzlichen (kostenintensiven) Spül- und Instandsetzungsbedarf.

**Betroffenheit (gesamt) je Handlungsfeld**

	Bauwesen und Immobilien	●
	Verkehr und Mobilität	●
	Gesundheit	●●
	Natur- und Artenschutz	●●●
	Land- und Forstwirtschaft	●●●
	Wirtschaft und Hafen	●
	Boden	●●●
	Grün- und Freiflächen	●●●
	Tourismus und Freizeit	●
	Energie	●●
	Wasserwirtschaft	●●●

**Querschnittsfelder**

	Stadtplanung/Stadtentwicklung
	Katastrophen-/Bevölkerungsschutz

**Hauptbetroffenheiten**



Abb. 25: (Haupt-)Betroffenheiten Niederschlagsverschiebung und Trockenheit

## 4.3 RÄUMLICHE BETROFFENHEITEN

### 4.3.1 SCHWERPUNKTTHEMA SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT

#### 4.3.1.1 METHODIK UND PARAMETER

##### Allgemein

Eine räumlich präzise Vorhersage von konvektiven Starkregenereignissen ist aufgrund der Natur der Niederschlagsentwicklung in Gewitterzellen derzeit noch nicht möglich. Die konkrete räumliche Betroffenheit einzelner Stadtteile oder Ortslagen kann also, wenn überhaupt, nur mit einer kurzen Vorwarnzeit vorhergesagt werden. Prinzipiell muss damit also zunächst das gesamte Stadtgebiet als gleichermaßen gefährdet gelten. Die Analyse der Überflutungsgefahr fokussiert daher auf die räumliche Differenzierung der Auswirkungen eines eintretenden Starkregenereignisses und ihre Bewertung.

Die Ausbreitung der durch Starkregen verursachten Überflutungen im Stadtgebiet wurde anhand eines Oberflächenmodells, welches das Stadtgebiet Düsseldorfs repräsentiert, und eines modellhaften Niederschlags simuliert. In dem Simulationsansatz wurde dabei nur die Oberfläche mit einem Modellniederschlag beregnet, das Kanalnetz findet keine Berücksichtigung. Eine gekoppelte Simulation, bei der das Oberflächenmodell mit einem hydrodynamischen Kanalnetzmodell gekoppelt wird und in Wechselwirkung treten kann, kann die tatsächlichen Verhältnisse noch realitätsnäher abbilden. Stadtgebietsweit ist eine solche gekoppelte Simulation bisher jedoch technisch nicht möglich, da es kein zusammenhängendes hydrodynamisches Kanalnetzmodell für ganz Düsseldorf gibt. Zudem gibt es derzeit keine Softwarelösung, die in einem gekoppelten Berechnungsansatz die Verarbeitung einer so hohen Anzahl von Flächenelementen zur Abbildung der Oberfläche zulässt.

Vergleiche der Ergebnisse der stadtgebietsweiten Überflutungssimulation mit direkter Beregnung der Geländeoberfläche mit den Ergebnissen aus gekoppelten Simulationen zeigen, dass die Überflutungstiefen der stadtgebietsweiten Simulation generell höher als bei den gekoppelten Simulationen sind. Im Wesentlichen werden aber die gleichen Überflutungs-Schwerpunkte angezeigt. Bereiche, die in den gekoppelten Simulationen als Überflutungsschwerpunkte ausgewiesen werden, treten generell auch in der direkten Beregnung bei der stadtgebietsweiten Simulation hervor, da sich das Wasser bei gleicher Geländeoberfläche unabhängig von der Quelle in ähnlicher Weise verteilt.

##### Oberflächenabfluss-Simulation

Die Oberflächenabflüsse wurden in einer Simulation mit der Software DHI MIKE 21 simuliert. Das Modul Dynamic Flow Model von MIKE 21 kann Wasserstandsänderungen und Wassermassenabflüsse auf der Oberfläche in Abhängigkeit von einer Niederschlagsbelastung abbilden. MIKE 21 simuliert die hydrodynamischen Abflussverhältnisse auf der Oberfläche in zwei Dimensionen. Grundlage für die Berechnung sind die Kontinuitätsbedingung (Massenerhaltungsgesetz) und das Impulserhaltungsgesetz. Durch Integration dieser Gleichungen über die Höhe werden die Strömung und die jeweiligen Wasserstände auf der Geländeoberfläche ermittelt.

Die Raumdiskretisierung erfolgt über die Methode der Finiten Differenzen. Zur Lösung der kompletten zweidimensionalen Flachwassergleichung verwendet MIKE 21 die implizite Methode der alternativen Richtungen (ADI-Methode). Als Gitternetztyp wird ein Vierecksraster verwendet.

Die Zellen des Digitalen Oberflächenmodells (DOM), welche Gebäude repräsentieren, werden bei der Simulation nicht berechnet, da dies zu unrealistischen Abflüssen von den Gebäuden führen würde. Dadurch wird in der Wasserbilanz die Nichtberücksichtigung des Kanalnetzes bei der Abflusssimulation zu einem Teil wieder ausgeglichen.

Zur Abbildung der Geländerauigkeit wird zunächst ein flächendeckend konstanter Rauigkeitsbeiwert nach Strickler ( $k_{st}$ ) von  $32 \text{ (m}^{1/3}\text{)/s}$  angesetzt. Weiterhin werden bisher im Modell weder unterschiedliche Befestigungsgrade berücksichtigt noch Versickerungsansätze für verschiedene Oberflächen angenommen. Insgesamt stellt das Modell damit eine vereinfachte Abbildung der tatsächlichen Abflussverhältnisse an der Geländeoberfläche dar. Modellverfeinerungen sind zukünftig möglich (s. Kap. 5.2.2).

Der wichtigste Modellausgabeparameter ist der maximale Wasserstand, dieser Wert stellt den Wasserstand für jede Zelle dar, der sich während des insgesamt 120-minütigen Simulationszeitraums (60-minütiger Niederschlag, 60-minütige Nachlaufzeit) ausbildet. Daneben werden noch Fließrichtung und maximale Fließgeschwindigkeit ausgegeben.

### **Bewertung**

Zur Bewertung der in der Oberflächenabfluss-Simulation ermittelten maximalen Überflutungstiefen, die auf der Belastungskarte Starkregen dargestellt sind, wurde der Vorschlag aus dem DWA-Merkblatt M 119 aufgegriffen. Die maximalen Wasserstände werden demnach in vier Klassen ansteigender Überflutungstiefe eingeteilt, denen eine qualitative Bewertung des Überflutungsrisikos zugewiesen wird.

#### **4.3.1.2 EINGANGSDATEN**

##### **Daten Höhenmodell**

Die Geländeoberfläche des Stadtgebiets von Düsseldorf ( $217 \text{ km}^2$ ) wird in einem digitalen Geländemodell (DGM) dargestellt (Abb. 26). Das DGM wurde nach einer Überfliegung des Stadtgebietes, die im Frühjahr 2014 stattfand, durch automatische Stereobildauswertung gewonnen und durch das Vermessungsamt der Stadt Düsseldorf im April 2016 bereitgestellt. Die Übergabe der DGM-Daten erfolgte in Abstimmung mit dem Auftraggeber als gerasterter Datensatz mit einer gleichmäßigen Gitterweite von 5 m. Die Lagegenauigkeit der topographischen Höhen beträgt zumeist  $\pm 0,10 \text{ m}$ . Für das DGM ergibt sich insgesamt eine Zahl von ca. 8,7 Mio. Rasterzellen, für die in der Simulation Wasserstände ermittelt werden.

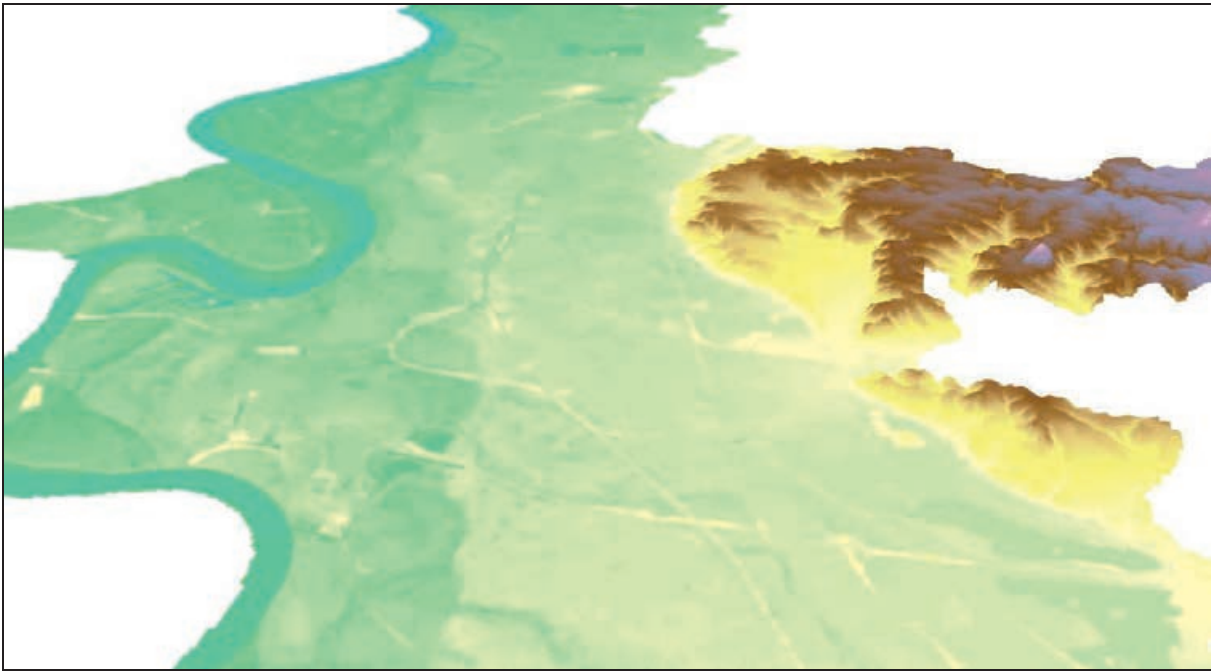


Abb. 26: DGM Düsseldorf

### Gebäudedaten (ALKIS)

Neben der Geländeform haben für das Abflussverhalten von Niederschlagswasser im Stadtgebiet die Gebäude entscheidenden Einfluss. Das zur Simulation verwendete Modell wird daher zu einem digitalen Oberflächenmodell (DOM) weiterentwickelt, das aus dem DGM und den Gebäuden der Stadt zusammengesetzt ist (Abb. 27).

Die Gebäude der Stadt Düsseldorf wurden als aktuelle Ausspielung aus dem ALKIS-Datenbestand als DXF-Datensätze durch das Vermessungs- und Katasteramt der Stadt Düsseldorf bereitgestellt. Der Datenstand ist März 2016. Die DXF-Daten wurden mit ArcGIS in das Shape-Format überführt und für die Erstellung des DOM in ein gleichmäßiges Gitter mit einer Gitterweite von 5 m umgewandelt und zu dem DGM hinzuge-rechnet.



Abb. 27: DOM Düsseldorf

### Niederschlagsdaten

Als Modellregen diente ein 60-minütiges Niederschlagsereignis mit der Wiederkehrzeit von 50 Jahren und der Niederschlagshöhe von 43,3 mm gemäß KOSTRA-DWD 2000 (Spalte 8, Zeile 52). Die Niederschlagsbelastung wurde als Blockregen, also als gleichmäßig über 60 Minuten verteilter Niederschlag in das Projekt importiert. Nach dem 60-minütigen Niederschlag wurde eine 60-minütige Nachlaufzeit eingestellt. Da im Modell keine Versickerung berücksichtigt wird, ist die Länge der Nachlaufzeit durchaus bedeutsam für die räumliche Lage und Höhe der maximalen Wasserstände am Ende des Simulationszeitraums. Der angesetzte Niederschlag entsprach damit dem Starkregenindex von 6 nach Schmitt (Schmitt 2016). Als Vergleich kann auch der mittlere Niederschlag des Monats Juli herangezogen werden. Im Monat Juli fallen an der Station Flughafen Düsseldorf im langjährigen Mittel (1981-2010) 75,0 mm Niederschlag im gesamten Monat (Angaben des DWD).

#### 4.3.1.3 ERGEBNISSE

### Oberflächenabfluss-Simulation

Die Überflutungstiefen wurden anhand einer 2D-Simulation mit einem Niederschlagsereignis mit einer Wiederkehrzeit von 50 Jahren ermittelt. Die sich einstellenden maximalen Wasserstände liegen im Stadtgebiet zwischen 0,002 m und 7,232 m. Die mittlere, maximale Überflutungstiefe über das gesamte Stadtgebiet liegt bei 0,022 m.



Abb. 28: 2D-Simulation (beispielhafte Abbildung)

Im Ergebnis zeigen die in der Simulation ermittelten Wasserstände eine relativ gleichmäßige Verteilung der von Überflutung betroffenen Gebiete im Düsseldorfer Stadtgebiet. Dies entspricht aufgrund der flachen Morphologie im Stadtgebiet der Erwartung. Deutlich erhöhte Wasserstände von 30 cm und mehr konzentrieren sich in den östlichen, höhergelegenen Bereichen des Stadtgebietes (Gerresheim, Ludenberg, Hubbelrath), in natürlichen Rinnen sowie auch am südwestlichen Rand des Stadtteils Unterbach. In den höher verdichteten Teilen des inneren Stadtgebietes treten erhöhte Wasserstände schwerpunktmäßig an Unterführungen und Durchfahrten im Bereich von Bahn- oder Straßendämmen auf. Einen weiteren Schwerpunkt höher überfluteter Bereiche bilden verlandete Altarme des Rheins in weiten Bereichen des östlichen Rheinuferes.

Die Darstellung von diskreten Wasserständen aus der Simulation ist nur eine Möglichkeit, auf erhöhte Wasserstände hinzuweisen. Anstelle von diskreten Angaben des Wasserstands können die Ergebnisse der oberflächlichen Abflusssimulation auch qualitativ angegeben werden. In DWA-M 119 (Tabelle 4, S. 28) wird ein Vorschlag zur Festlegung von Gefahrenklassen gemacht, der für die Belastungskarte Starkregen aufgegriffen wird (Abb. 28). Die Wasserstände stellen dabei einen Anhaltswert der Überflutungsgefahr dar, bilden aufgrund der erforderlichen Vereinfachungen aber noch keine Planungsgrundlage für konkrete Maßnahmen der Überflutungsvorsorge.



## Ausblick

Ziel dieser Simulation ist vorrangig die stadtgebietsweite Ermittlung von Überflutungsschwerpunkten und die Festlegung von Prioritäten für detailliertere Analysen. Für Detailplanungen reicht die räumliche Auflösung von fünf Metern nicht aus, außerdem sollten ergänzend gekoppelte Simulationen eingesetzt werden, bzw. zumindest ein vereinfachter Ansatz der Auswirkungen des Kanalnetzes erfolgen (Gatke et al., 2015 und Koch et al., 2016).

Aussagekräftig wird eine Belastungskarte erst, wenn sie mit weiteren räumlichen Daten verschnitten wird. Die Auswirkungen der relativen Starkregengefährdung sind erst vor dem Hintergrund der Flächen- oder Gebäudenutzungen sinnvoll auszuwerten. Eine erste Verschnidung könnte mit dem Thema Flächennutzung stattfinden, so dass etwa unbebauten Flächen generell eine geringere Gefährdung zugewiesen wird.

Generell ist eine Fortschreibung einer Starkregen-Belastungskarte sinnvoll, da sich sowohl die Geländeoberfläche, als auch der Gebäudebestand laufend verändern. Neben den Aktualisierungen des Oberflächenmodells können auch bei den bei der Simulation verwendeten Parametern Veränderungen vorgenommen werden, die durchaus zu realitätsnäheren Ergebnissen führen können. Denkbar wären hier insbesondere (räumlich differenzierte) Parameter für:

- spezifische Oberflächen-Rauigkeiten,
- Verlustansätze Versickerung,
- Verlustansätze Verdunstung.

Daneben können spezifische Modellparameter (z.B. Nachlaufzeiten nach Niederschlagsende) modifiziert werden. Zudem sind auch andere Niederschlagsverteilungen als der in dieser Studie verwendete Blockregen möglich (anderer Modellregen, Naturregen, „synthetische Regenschreiber“ aus Radardaten). Auch lassen sich Niederschlagsdaten mehrerer im Simulationsgebiet verteilter Regenschreiber in der Simulation abbilden.

Die Starkregen-Belastungskarte dient dazu, eine plausible Abschätzung über die räumliche Betroffenheit von Überflutungen bei Starkregen im Stadtgebiet machen zu können (Abb. 48 im Anhang).

### 4.3.2 SCHWERPUNKTTHEMA STADTKLIMA(WANDEL)

#### 4.3.2.1 METHODIK

Die räumlich hochaufgelöste Analyse des Düsseldorfer Stadtklimawandels erfolgt auf Basis des Methodenpakets ENVELOPE. Das Paket koppelt das mesoskalige Stadtklimamodell FITNAH-3D mit den aktuellsten Ergebnissen regionaler Klimamodell-Ensemble Rechnungen und erlaubt auf diese Weise die numerische Simulation stadtklimatisch relevanter Parameter. Diese können mithilfe eines Geographischen Informationssystems visualisiert und geostatistisch ausgewertet werden.

Entsprechend des Projektansatzes beziehen sich die Modellanalysen auf den thermischen Wirkungskomplex und stellen räumlich differenzierte Informationen zur zukünftigen Entwicklung der Auftrittshäufigkeit ausgewählter klimatologischer Kennwerte bereit. Aus dem Vergleich mit den Daten für die Referenzperiode 1971-2000, kann das zu erwartende Ausmaß des Stadtklimawandels in Düsseldorf räumlich hochaufgelöst

analysiert werden. Die Modellrechnungen liefern Ergebnisse in einer einheitlichen horizontalen Auflösung für die Gesamtstadt.

Obwohl die Ergebnisse Regionaler Klimamodelle auf einem, verglichen mit dem globalen Maßstab, sehr feinen Rechengitter vorliegen, werden für die Abschätzung von Klimafolgen in der Regel noch detailliertere Aussagen benötigt. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund notwendig, dass regionale Klimamodelle mit einer sehr guten räumlichen Auflösung von gegenwärtig bis zu 12,5 km dennoch nicht in der Lage sind, die relevanten lokalen Handlungsfelder wie fein strukturierte Wälder, unterschiedliche landwirtschaftliche Kulturen oder Städte räumlich aufzulösen und in den Klimaprojektionen ausreichend zu berücksichtigen.

Diese Aufgabe können an den entsprechenden Raum angepasste mesoskalige Simulationsmodelle übernehmen. Sie sind aufgrund ihrer höheren räumlichen Auflösung in der Lage, die Vielfalt und Heterogenität der naturräumlichen Gliederung einer Landschaft auf die Verteilung der meteorologischen Größen zu erfassen.

Abb. 29 zeigt schematisch den verfolgten Downscaling-Ansatz ausgehend von der globalen Klimaprojektion bis hin zum Stadtklimamodell.

Mesoskalige dreidimensionale Simulationen werden dabei nicht parallel zu einem regionalen Klimamodell ausgeführt, vielmehr erfolgt die Übertragung der regionalen Ergebnisse auf die lokale Ebene durch ein statistisch-dynamisches Verfahren. Dabei werden die größerskaligen Ergebnisse statistisch ausgewertet und mit den Ergebnissen einer Vielzahl mesoskaliger Simulationen verknüpft. Es werden keine lokalen Klimaszenarienrechnungen für die nächsten Dekaden durchgeführt, sondern die Ergebnisse der regionalen Klimamodelle „intelligent“ auf kleinere Raumeinheiten interpoliert, wobei eine Berücksichtigung der lokalen Besonderheiten einer Landschaft mit unterschiedlicher Landnutzung und Relief erfolgt.

Ausgehend von einer definierten Fragestellung, werden die Ergebnisse der regionalen Klimaszenarienrechnungen problemspezifisch ausgewertet, so dass sie als übergeordnete Eingangsdaten für das mesoskalige Modell verwendet werden können. Beispielhaft soll das Vorgehen anhand der Fragestellungen „Wie ändert sich die Wärmebelastung in Städten in der Zukunft (Hitzestress)?“ bzw. „Wie viele Tage mit Hitzestress sind in der Zukunft zu erwarten?“ beschrieben werden.

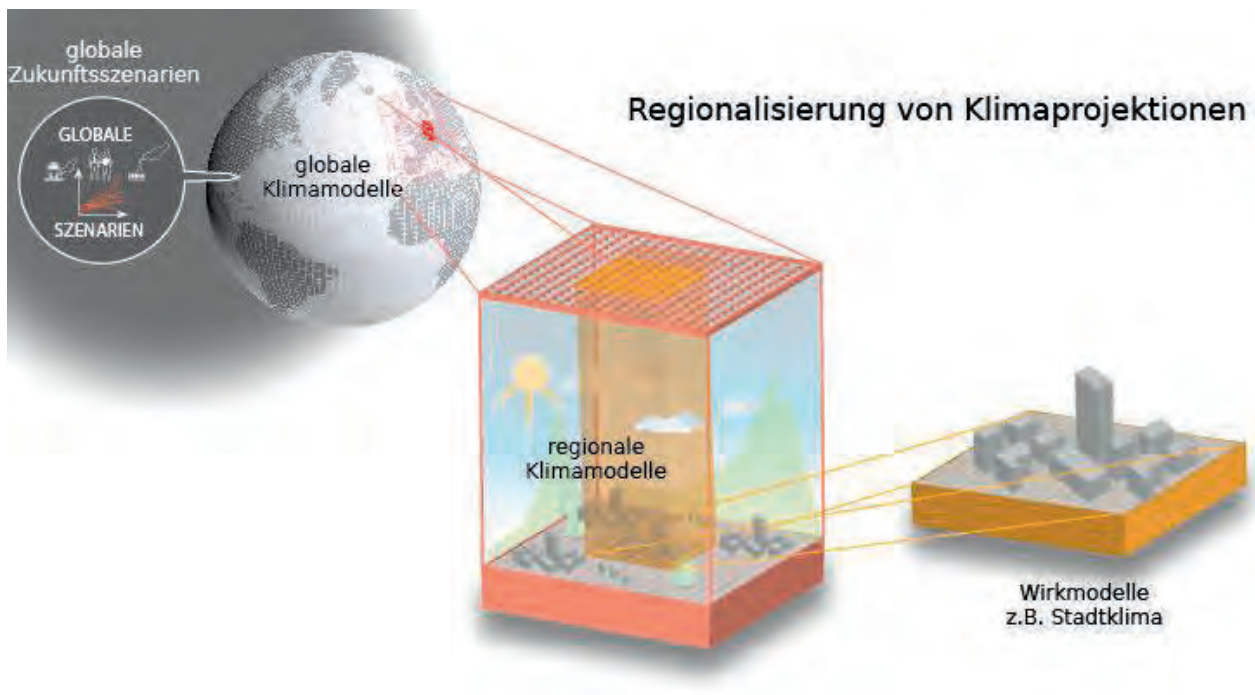


Abb. 29: Downscaling globaler Klimaprojektionen über die regionale Skala bis hin zur lokalen Skala (DWD 2016d)

Die Wärmebelastung für den Menschen kann anhand eines Wärmehaushaltsmodells abgeschätzt werden, bei dem der Wärmeaustausch einer Norm-Person mit seiner Umgebung berechnet wird („Klima-Michel“). Als Kriterium werden dabei Indikatoren wie die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET<sup>4</sup>), die erwartete durchschnittliche Empfindung (PMV<sup>5</sup>) oder der Universelle thermische Klimaindex (UTCI<sup>6</sup>) berechnet, die jeweils eine Maßzahl für die Komfortbedingungen des Menschen widerspiegeln.

Bei der Berechnung der Indikatoren müssen als wichtigste meteorologische Eingangsgrößen die Lufttemperatur, die Windgeschwindigkeit, der Dampfdruck und die Strahlungstemperatur am Aufenthaltsort bekannt sein. Diese meteorologischen Parameter unterscheiden sich innerhalb städtischer Strukturen in weiten Grenzen. In Abhängigkeit von den stadtspezifischen Faktoren (z.B. Bebauungshöhe, Versiegelung, Durchgrünungsgrad) und der Charakterisierung der großräumigen Wettersituation (z.B. Wind, Luftmasseneigenschaften), können mit Hilfe eines mesoskaligen Modells diese Verteilungen innerhalb eines urbanen Raumes detailliert berechnet werden. Während die stadtspezifischen Eingangsgrößen bekannt sind oder für die Zukunft vorgegeben werden müssen, können Wetterlageninformationen aus den Ergebnissen der regionalen Klimamodelle abgeleitet werden.

Zur Beantwortung der Ausgangsfragen kann die Auswertung der regionalen Klimaszenarienrechnungen problemspezifisch eingengt werden. Die regionalen Klimamodelle liefern aufgrund interner Variabilität für verschiedene Rechenläufe bei gleichem Emissionsszenario (z.B. RCP 8.5) durchaus unterschiedliche Resultate. Um sich von den Zufälligkeiten einer bestimmten Realisierung eines regionalen Klimaszenarios zu lösen,

<sup>4</sup> PET = Physiological Equivalent Temperature

<sup>5</sup> PMV = Predicted Mean Vote

<sup>6</sup> UTCI = Universal Thermal Climate Index

ist es empfehlenswert, die Ergebnisse dieser Rechnungen statistisch zu analysieren und daraus die notwendigen Eingangsgrößen für das mesoskalige Modell zu generieren. Die aus den Zeitreihen berechneten Häufigkeitsverteilungen für Wind, Temperatur und relativer Feuchte liefern neben der Aufteilung in entsprechende Werteabschnitte auch die Eckpunkte innerhalb derer sich die regionalen Ergebnisse für alle Tage der nächsten 100 Jahre bewegen (niedrigster Wert, höchster Wert; Abb. 30).

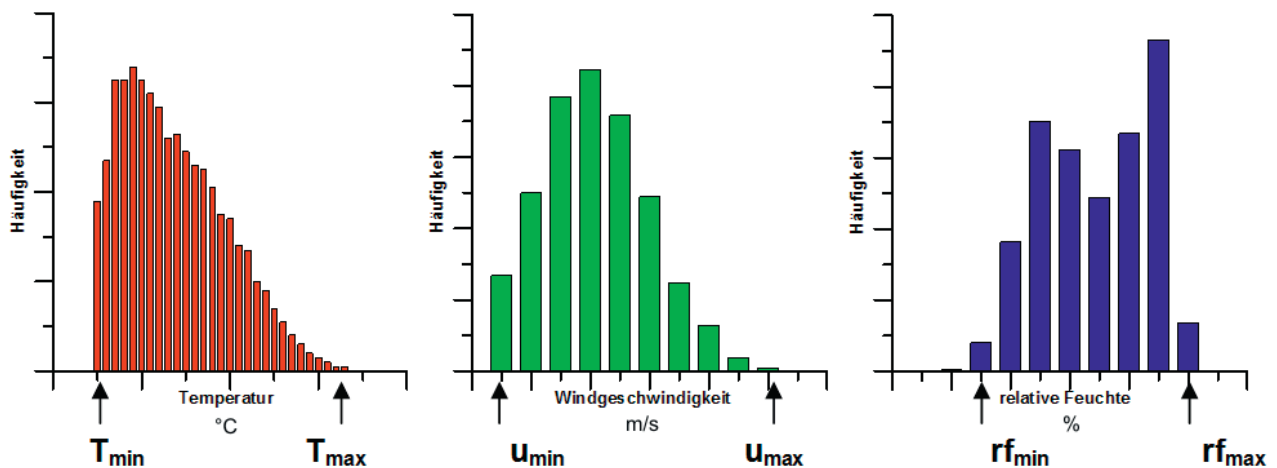


Abb. 30: Häufigkeitsverteilungen von Temperatur, Windgeschwindigkeit und relativer Feuchte

Werden diese Auswertungen für die meteorologischen Parameter durchgeführt, spannen die daraus abgeleiteten Extremwerte (Minimum und Maximum) einen Raum auf, in dem alle berechneten regionalen meteorologischen Situationen liegen und von dessen Seitenflächen eingehüllt werden<sup>7</sup> (Abb. 31) - in dem Raum befinden sich nun z.B. alle 14 Uhr-Situationen, die sich in der Zukunft im Sommer abspielen (Abb. 32). In Anlehnung an ein vom Deutschen Wetterdienst vorgestelltes Verfahren, werden für größerskalige meteorologische Situationen für jeden der acht durch den Würfel definierten Eckpunkte die Verteilungen der lokalen Wind-, Temperatur- und Feuchteverhältnisse mit dem mesoskaligen Modell berechnet (Früh et al. 2011). Dabei bilden die mit dem mesoskaligen Modell berechneten Temperaturen in 2 m über Grund für verschiedene regionale Szenarien die Grundlage für die weitere Bearbeitung ( $u_{min}$ ,  $T_{min}$ ,  $rf_{min}$  bzw.  $u_{max}$ ,  $T_{max}$ ,  $rf_{max}$ ).

<sup>7</sup> Engl.: „envelope“ = Einhüllende

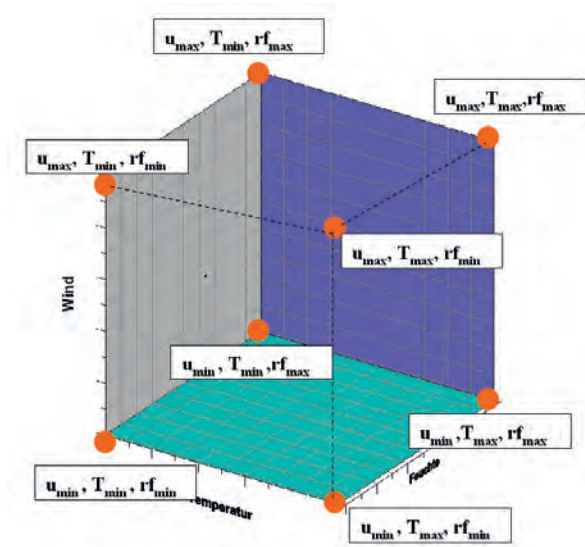


Abb. 31: Begrenzungsraum für die ausgesuchten Wettersituationen

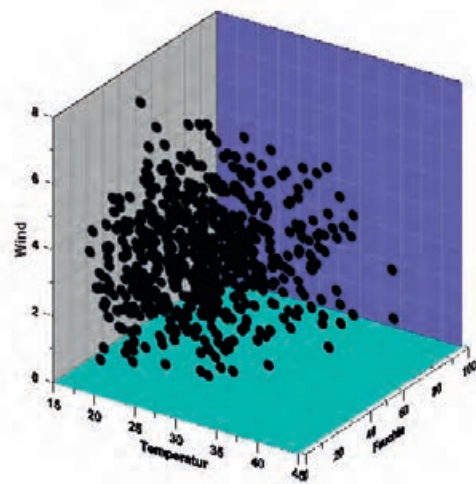


Abb. 32: Verteilung der 14-Uhr-Situationen im Zustandsraum

Basierend auf den Häufigkeitsverteilungen der Parameter des Regionalmodells, werden eine große Anzahl von meteorologischen Situationen (Wetterlagen) festgelegt, die in ihrer statistischen Gesamtheit die Einzelverteilungen wiedergeben. Diese Vorgehensweise befreit von den individuellen Ergebnissen eines Szenarienlaufs des jeweiligen regionalen Modells, die für eine andere Realisierung durchaus abweichen können

Die Bestimmung der Verteilungen von Wind, Temperatur und relativer Feuchte für ein Stadtgebiet und eine bestimmte meteorologische Situation der regionalen Klimarechnung erfolgt nunmehr nicht durch eine eigene mesoskalige Rechnung für diese Wetterlage, sondern aus der anteilmäßigen Wichtung der Resultate der mesoskaligen Simulationen für die acht Eckpunkte des Würfels, der die Gesamtheit aller Wetterlagen des ausgesuchten Zeitabschnittes umspannt (z.B. ein Sommer, eine Dekade, ein Jahrhundert; Abb. 33). Dabei wird jeweils eine lineare Änderung vorausgesetzt, was für einzelne, ausgewählte Situationen eine hinreichend genaue Näherung darstellt.

Für jeden Tag eines ausgesuchten Zeitfensters kann die räumliche Verteilung von beispielsweise Wind, Temperatur und relativer Feuchte in einem Stadtgebiet berechnet und daraus der PET-Wert als Kriterium für die Wärmebelastung des Menschen abgeleitet werden. Anhand der Einzelergebnisse kann schließlich auch die Gesamtzahl der Tage mit Wärmebelastung pro Jahr bestimmt werden.

Wie alle Modelle sind Regionale Klimamodelle nur Abbilder der Wirklichkeit und somit nicht „perfekt“. Die Ergebnisse von Klimamodellen beinhalten einen gewissen Anteil an Modellunsicherheit, der aus der Struktur des Modells, den verwendeten Techniken und Ansätzen sowie der Parametrisierung bestimmter Prozesse resultiert. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, nicht nur die Simulationsergebnisse eines Modells, sondern mehrerer Modelle zu verwenden - ein sogenanntes Modellensemble. Diesem Ansatz folgend wurde für die Modellierung der zukünftigen thermischen Belastung der Stadt Düsseldorf auf ein Ensemble bestehend aus 8 Regionalen Klimamodellen zurückgegriffen (vgl. Kapitel 4.3.2.2).

Für die Auswertung der Ergebnisse eines Modellensembles stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. So ist es möglich die Ergebnisse zu aggregieren und einen Ensemble-Mittelwert auszuwerten oder aus den

Ensemblewerten statistische Werte wie bspw. Quantile abzuleiten. Auch komplexe statistische Ansätze wie bspw. das Bayes-Verfahren werden bei der Auswertung von Modellensembles verwendet (vgl. Fischer et al. 2012). Weiterhin stellt sich die Frage, ob alle Ensemble-Mitglieder gleichberechtigt betrachtet oder eventuell nach ihrer Güte (die zu definieren wäre) gewichtet werden sollen. Jede Methode hat Vor- und Nachteile, die an dieser Stelle nicht tiefergehend diskutiert werden können.

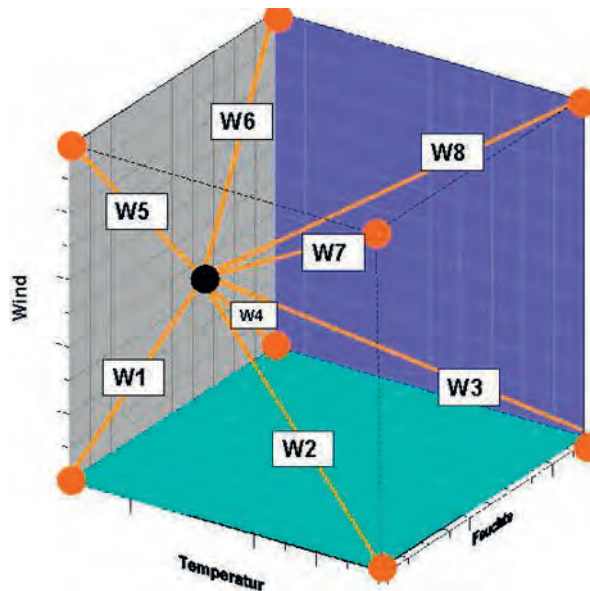


Abb. 33: Schema zur Berechnung der meteorologischen Variablen für einzelne Wettersituationen aus den Ergebnissen der acht Basis-Simulationen

Für diesen Bericht wurden die Mitglieder des Regionalmodell-Ensembles gleichberechtigt angesehen und die Unterschiede in den Ergebnissen als Modellvariabilität betrachtet. Bei der Auswertung wurde jeweils der Wert betrachtet, den mindestens fünf der acht Modelle erreichen oder überschreiten (Abb. 34). Diese Vorgehensweise schließt einerseits kein Modell von vornherein aus, andererseits werden die Ergebnisse nicht von stark abweichenden Werten eines Einzelmodells verzerrt wie es bspw. bei der Bildung des arithmetischen Mittels möglich wäre.

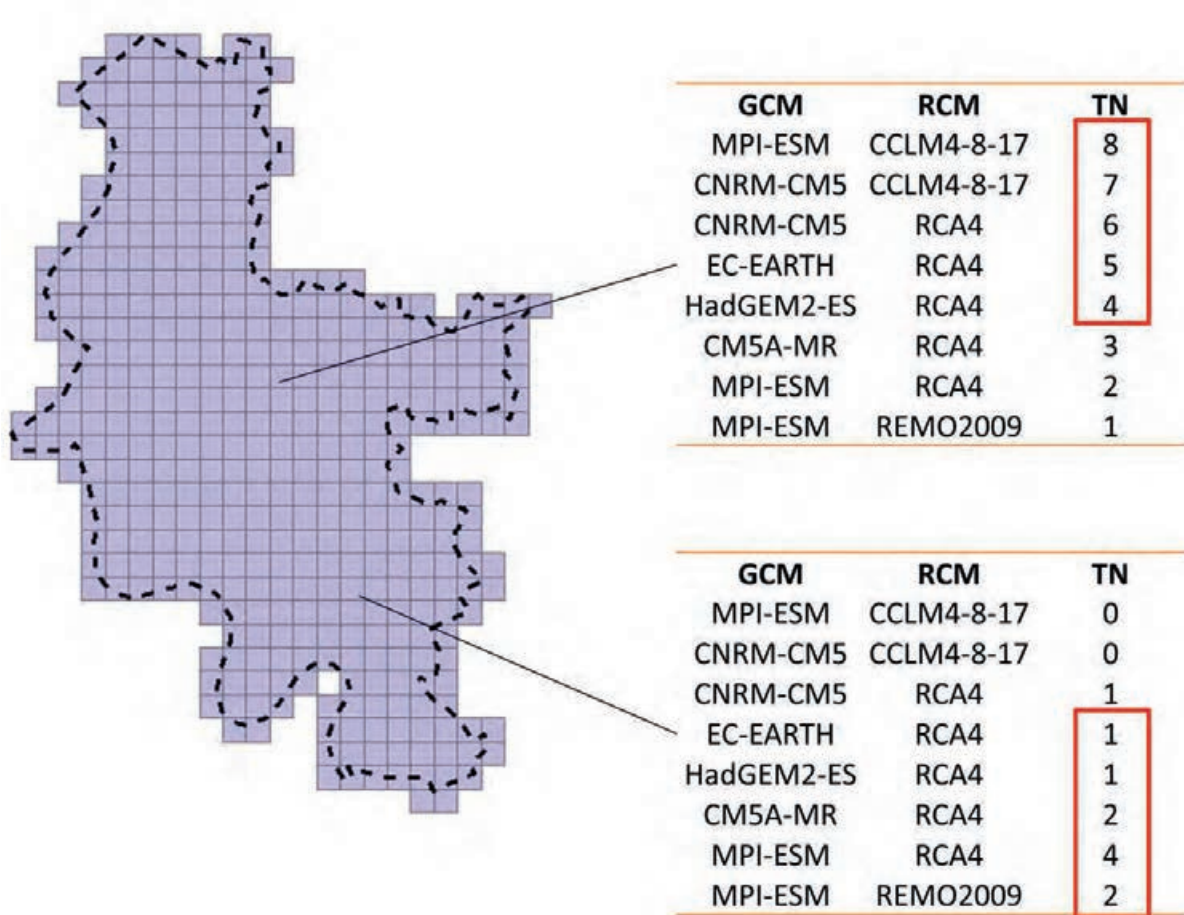


Abb. 34: Auswahl von Ergebnissen aus dem Modellensemble

4.3.2.2 EINGANGSDATEN

Die für die Modellierung der acht Eckpunkte der ENVELOPE-Box mit dem mesoskaligen Klimamodell FIT-NAH-3D notwendigen Eingangsdaten müssen zum einen die Landschaft charakterisieren, für welche die Studie durchgeführt werden soll, und zum anderen auch die größerskaligen meteorologischen Rahmenbedingungen wie Wetterlage oder Klimaszenario definieren (Abb. 35).

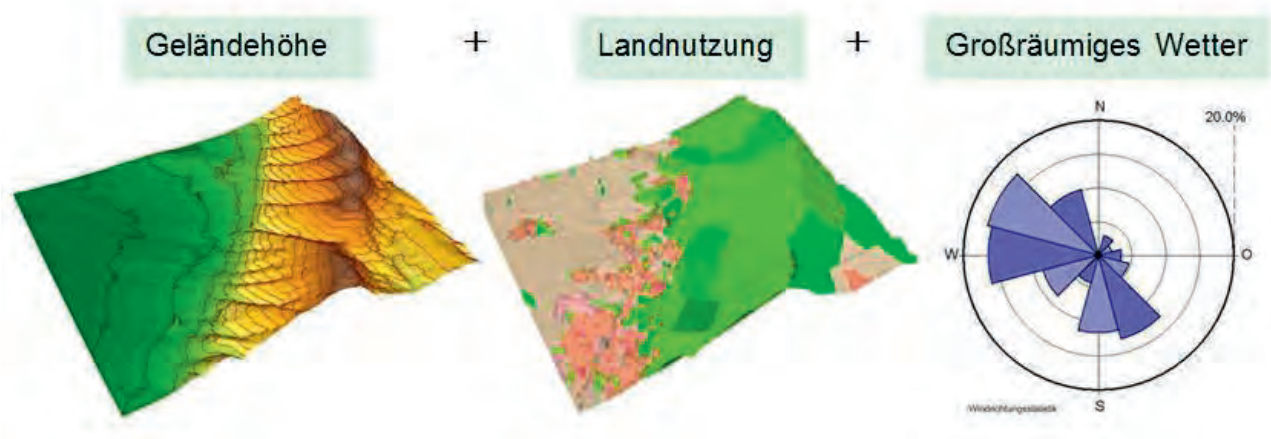


Abb. 35: Eingangsdaten für die Modellrechnung

## Geodaten

Als Geodaten werden Geländeinformationen (z.B. Geländehöhe, Neigung, Orientierung) sowie Informationen über die Nutzungsstruktur (z.B. Verteilung der Landnutzung, Digitales Landschaftsmodell) benötigt. Alle Eingangsdaten sind jeweils als repräsentativer Wert für eine Rasterzelle bereit zu stellen. Die Geodaten wurden im April 2016 durch das Vermessungs- und Katasteramt (DGM) und das Stadtplanungsamt (Realnutzungskartierung, Stand: 2015) übermittelt und durch die Stadt Düsseldorf zur Verfügung gestellt.

## Klimadaten

Für Europa stehen aktuell drei verschiedene Klimaszenarien zur Verfügung: RCP 2.6, RCP 4.5 und RCP 8.5. Die Zahl in der Bezeichnung der Szenarien benennt den mittleren Strahlungsantrieb in  $\text{W m}^{-2}$ , der in ihrem projizierten Verlauf zum Ende des 21. Jahrhunderts erreicht wird<sup>8</sup> (Moss et al. 2010), (Abb. 36):

- Das Szenario RCP 2.6 beschreibt einen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis zum Jahr 2040 auf ca.  $3 \text{ W m}^{-2}$ . Zum Ende des Jahrhunderts sinkt dieser langsam, aber stetig auf  $2,6 \text{ W m}^{-2}$  ab. Die globale Mitteltemperatur würde in diesem Szenario das  $2 \text{ °C}$ -Ziel nicht überschreiten.
- RCP 4.5 zeigt einen steilen Anstieg des anthropogenen Strahlungsantriebes bis etwa zur Mitte des 21. Jahrhunderts, der danach nur noch geringfügig bis etwa 2075 steigt und in der Folge stagniert.
- Das Szenario RCP 8.5 weist hingegen den stärksten Anstieg des Strahlungsantriebes auf, der sich bis zum Ende des Jahrhunderts nicht abschwächt und einen Anstieg der globalen Mitteltemperatur um  $4,8 \text{ °C}$  gegenüber dem Zeitraum 1985-2005 bewirken würde<sup>9</sup>.

Nach den Ergebnissen des Global Carbon Projektes befinden wir uns, gemessen an den globalen  $\text{CO}_2$ -Emissionen, aktuell auf dem „Pfad“ des RCP 8.5-Szenarios (Peters et al. 2013). Auch ein abrupter weltweiter Rückgang des  $\text{CO}_2$ -Ausstoßes würde, aufgrund der Trägheit des Klimasystems, in Kürze keine signifikante Änderung herbeiführen.

---

<sup>8</sup> RCP = Representative Concentration Pathways

<sup>9</sup> Nach Berechnungen des Deutschen Klimarechenzentrums (DKRZ) mit dem Modell MPI-ESM LR (<https://www.dkrz.de/Klimaforschung/konsortial/ipcc-ar5/ergebnisse/Mitteltemperatur>)



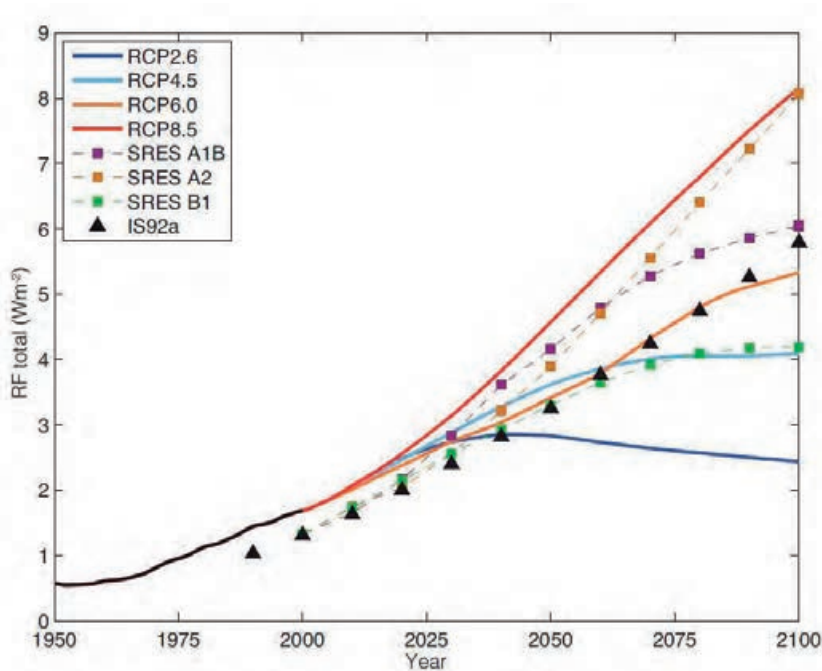


Abb. 36: Anthropogener Strahlungsantrieb der verschiedenen IPCC-Klimaszenarien (Cubasch et al. 2013), die schwarze Linie repräsentiert Messwerte.

Um die zukünftige Entwicklung des Stadtklimas mit dem Methodenpaket ENVELOPE analysieren zu können, werden Daten benötigt, die in hinreichender räumlicher Auflösung Aussagen über die möglichen Eigenschaften des Klimas der nächsten Jahrzehnte zulassen. Dies ist durch die Verwendung von Regionalen Klimamodellen möglich, die dazu verwendet werden, globale Klimaszenarien auf die regionale Skala zu projizieren (Downscaling). Prinzipiell kommen dynamisch numerische oder empirisch statistische Downscaling-Verfahren zur Anwendung (Christensen et al. 2007). Beim dynamisch numerischen Downscaling wird in das grobmaschige Gitter des Globalmodells (GCM<sup>10</sup>) ein wesentlich höher aufgelöstes Gitter des Regionalmodells (RCM<sup>11</sup>) eingebettet und die Atmosphärenphysik unter Verwendung räumlich höher aufgelöster Eingangsvariablen wie Orographie, Boden und Vegetation neu berechnet (vgl. Pavlik et al. 2012). Die Ausgabedaten des Globalmodells dienen dabei als meteorologischer Antrieb an den Rändern des regionalen Gitters. Beim empirisch-statistischen Downscaling werden statistische Beziehungen zwischen großräumigen Mustern der globalen Zirkulation und meteorologischen Eigenschaften von Stationsdaten abgeleitet und auf die Ergebnisse der Zukunftsszenarien des jeweils verwendeten GCMs angewendet (vgl. Benestad et al. 2008).

Für die Analyse der zukünftigen thermischen Belastung der Stadt Düsseldorf wurden die Daten eines Ensembles regionaler Klimamodelle von EURO-CORDEX verwendet. EURO-CORDEX erstellt Ensembles von Klimasimulationen basierend auf einer Vielzahl von Downscaling-Modellen angetrieben von verschiedenen globalen Klimamodellen für Europa. EURO-CORDEX ist der europäische Zweig der CORDEX-Initiative, welche regionale Projektionen des Klimawandels für alle terrestrischen Gebiete der Erde im Rahmen des Zeitplanes des fünften IPCC Assessment Reports (AR5) und darüber hinaus erstellt. Die Hauptziele der CORDEX-

<sup>10</sup> Global Climate Model (Globales Klimamodell)

<sup>11</sup> Regional Climate Model (Regionales Klimamodell)

Initiative sind die Bereitstellung eines koordinierten Rahmenwerks zur Modellevaluierung, eines Klimaprojektionsrahmens und einer Schnittstelle für die Nutzer von Klimasimulationen zur Impaktforschung, für Studien der Klimaanpassung und des Klimaschutzes (Giorgi et al., 2009).

Die EURO-CORDEX Daten sind für die wissenschaftliche und kommerzielle Nutzung frei verfügbar und werden im Internet über mehrere Knoten der Earth System Grid Federation (ESGF) bereitgestellt. Verwendet wurden tägliche Daten mit einer räumlichen Auflösung von ca. 12,5 km (0,11 °). Tab. 3 listet die zum Zeitpunkt der Durchführung der ENVELOPE-Methode (08/2016) verfügbaren Modellrechnungen von EURO-CORDEX auf, welche die Grundlage für das zusammengestellte Ensemble bilden. EURO-CORDEX ist ein fortlaufendes Projekt. Die Datenbanken mit den verfügbaren Modellergebnissen werden permanent aktualisiert. Somit sind in der Zeit bis zur Erstellung dieses Berichtes weitere Modellläufe für Europa hinzugekommen, die jedoch im Rahmen von KAKDUS nicht mehr berücksichtigt werden konnten.

*Tab. 3: Mitglieder des für die Düsseldorfer Modellrechnungen zusammengestellten Ensembles der Modellsimulationen der EURO-CORDEX Initiative (Stand: 08/2016).*

<b>GCM</b>	<b>RCM</b>
MPI-ESM	CCLM4-8-17
CNRM-CM5	CCLM4-8-17
CNRM-CM5	RCA4
EC-EARTH	RCA4
HadGEM2-ES	RCA4
CM5A-MR	RCA4
MPI-ESM	RCA4
MPI-ESM	REMO2009

Die Auswahl der entsprechenden Daten aus dem Gitter der Modellsimulationen, welches Europa flächendeckend überspannt, erfolgte durch die Ermittlung des dem Stadtzentrum von Düsseldorf am nächsten gelegenen Gitterpunktes (Abb. 37). Bei der Extraktion von punktbezogenen Klimamodelldaten aus einem räumlichen Gitter wird die Einbeziehung der umliegenden acht Gitterpunkte empfohlen, wobei die Daten der insgesamt neun Gitterpunkte räumlich gemittelt werden, um eine repräsentative Zeitreihe zu erhalten (DWD 2016b). Nach dieser Vorgehensweise wurden die Daten für jedes der insgesamt 8 Ensemble-Mitglieder zusammengestellt und zur Verwendung für das Methodenpaket ENVELOPE aufbereitet.

Durch die Verwendung von 8 Modellketten bestehend aus der Kombination von Globalmodell und Regionalmodell sowie der Auswahl eines Emissionsszenarios (RCP 8.5) ergeben sich für die Referenzperiode und die beiden Zukunftsperioden jeweils 8 Werte pro betrachteter Variable und Zeitschritt.



Abb. 37: Lage der aus dem Modellgitter ausgewählten Gitterpunkte

Mit den Ergebnissen der ENVELOPE-Rechnungen können räumliche Aussagen über die absoluten Werte der Kenngrößen getroffen werden (siehe Kap. 4.3.2.3). Zur Ableitung von Planungshinweisen wurden hingegen relative Unterschiede im Stadtgebiet dargestellt, um verschieden belastete Bereiche in Abhängigkeit vom regionalen Wertenniveau hervorzuheben (Kap. 4.3.2.3). Dafür wurden die Kenngrößen über eine z-Transformation standardisiert. Nach dieser Standardisierung besitzen die betrachteten Werte einen Erwartungswert von 0 und eine Standardabweichung von 1, sodass verschiedene Parameter miteinander sowie mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen vergleichbar sind<sup>12</sup>. Der z-Transformation liegen alle Werte aus der Referenzperiode sowie den Zukunftsperioden zugrunde, um deren Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Die Einteilung der Belastung erfolgte in Abhängigkeit vom jeweiligen z-Wert in fünf Stufen und reicht von sehr günstig bis sehr ungünstig (Tab. 4: Bewertungsstufen der thermischen Belastung und zugehörige z-Werte). Die Stufung der z-Werte richtet sich dabei nach der Standardabweichung. Somit bedeutet bspw. ein z-Wert im Bereich  $> 1$  und  $\leq 2$ , dass es sich um einen Wert handelt, der den Mittelwert um mehr als eine Standardabweichung überschreitet, jedoch unter dem Betrag der zweifachen Standardabweichung verbleibt. Negative z-Werte bilden in diesem Zusammenhang sehr günstige bis günstige Belastungssituationen ab und positive z-Werte gelten für Bereiche, die weniger günstige bis sehr ungünstige Belastungen aufzeigen.

---

<sup>12</sup> Bei der z-Transformation wird von jedem Ausgangswert der Variablen das arithmetische Gebietsmittel abgezogen und durch die Standardabweichung aller Werte geteilt. Daraus ergeben sich Bewertungskategorien, deren Abgrenzung durch den Mittelwert (= 0) und positive sowie negative Standardabweichungen festgelegt sind.

Die für die z-Transformation benötigten statistischen Parameter der Ausgangsdaten, wie Mittelwert und Standardabweichung, basieren auf der jeweils betrachteten Flächenkulisse im Stadtgebiet Düsseldorfs, d.h. für die Tropennächte auf Siedlungsflächen und Flächen mit Mischnutzung bzw. für die PET-Überschreitungstage auf Siedlungs- und Gewerbeflächen sowie ebenfalls Flächen mit gemischter Nutzung.

Tab. 4: *Bewertungsstufen der thermischen Belastung und zugehörige z-Werte*

Belastungsstufe	z-Wert
sehr günstig	$\leq -1$
günstig	$> -1$ und $\leq 0$
weniger günstig	$> 0$ und $\leq 1$
ungünstig	$> 1$ und $\leq 2$
sehr ungünstig	$> 2$

#### 4.3.2.3 ERGEBNISSE

##### Betrachtete Parameter

Für die Stadt Düsseldorf und das umliegende Untersuchungsgebiet wurden bioklimatisch relevante Kenngrößen verschiedener Zeiträume für jeden einzelnen Punkt eines 25 m-Rasters berechnet, um den Einfluss des Klimawandels auf den thermischen Wirkkomplex zu erfassen. Dabei wurde für die Nacht die Anzahl an Tropennächten ( $T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$ ) und für den Tag die Anzahl an PET-Überschreitungstagen ( $\text{PET} > 36 \text{ °C}^{13}$ ) betrachtet. Die Ergebnisse beschreiben jeweils den Mittelwert über einen Zeitraum von 30 Jahren, bezogen auf die Referenzperiode (1971-2000) sowie die beiden Zukunftsperioden (2041-2070 und 2071-2100).

##### Räumliche und strukturspezifische Entwicklung der thermischen Belastung in Düsseldorf

Für die Siedlungsflächen innerhalb des Stadtgebietes von Düsseldorf stellten Tropennächte in der Vergangenheit eher eine Ausnahme dar (in der Referenzperiode im Mittel 0,9 Tropennächte pro Jahr), in Zukunft ist mit 5,8 bzw. 13,3 Tropennächten pro Jahr für den Zeitraum von 2041-2070 bzw. 2071-2100 ein regelmäßiges Auftreten projiziert. Dieser relativ starke Anstieg zeigt deutliche Unterschiede innerhalb des Stadtgebiets mit einer Tendenz zu höheren Werten im Kernbereich (Abb. 49 und Abb. 50 im Anhang). So sind Stadtbezirke mit einem relevanten Anteil von Stadtteilen, die im Randbereich von Düsseldorf liegen wesentlich geringer thermisch belastet als die zentrumsnahen Bezirke (Abb. 38).

Die Varianz liegt in den verschiedenen Flächennutzungen und den damit verbundenen Auswirkungen begründet. So weist die *Zentrumsbebauung* aufgrund ihrer hohen Bebauungsdichte, des hohen Gebäudevolumens und hohen Anteils versiegelter Flächen höhere Werte auf als z.B. *Einzel- und Reihenhausbebauung*, die durch eine aufgelockerte Bauweise und einen gewissen Grünanteil gekennzeichnet ist. Abb. 39 verdeutlicht darüber hinaus, dass auf den Flächen, die bereits in der Referenzperiode höhere (absolute) Werte aufweisen, zusätzlich höhere Zunahmen in Relation zu anderen Flächen zu erwarten sind. Verglichen mit den Siedlungsflächen sind Grün- und insb. unversiegelte Freiflächen durch deutlich geringere Werte gekennzeichnet, was deren Bedeutung für das Stadtklima unterstreicht, während Wasserflächen, aufgrund

<sup>13</sup> Tage mit einer starken Wärmebelastung (VDI 2004)

ihres individuellen Wärmehaushalts, in Bezug auf die nächtliche Belastung nur eine geringe bis keine ausgleichende Wirkung aufweisen.

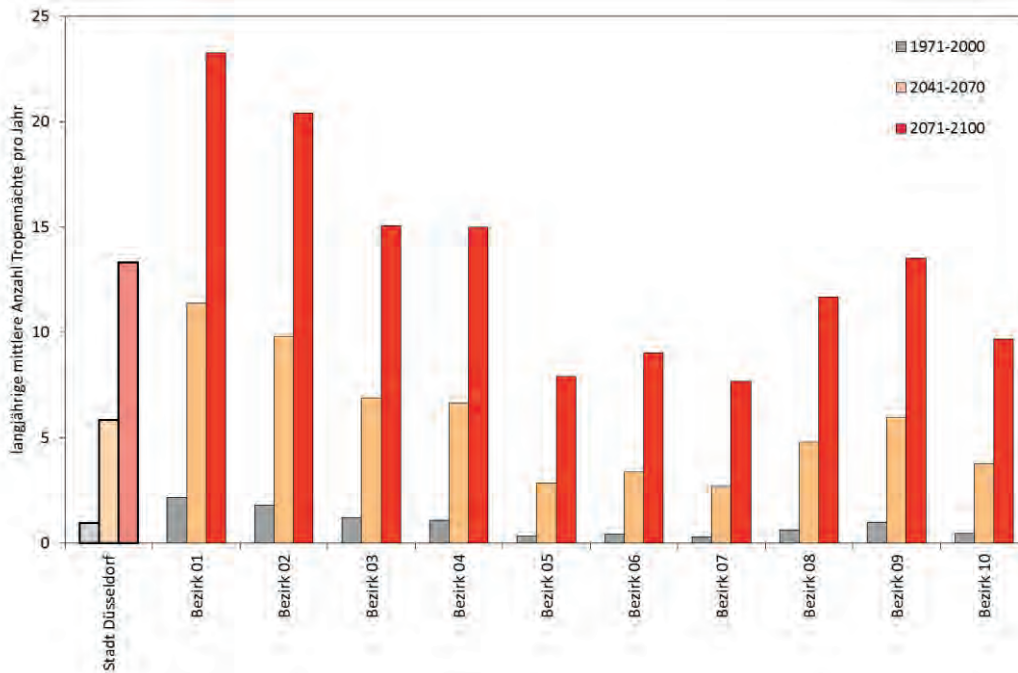


Abb. 38: Mittlere jährliche Anzahl an Tropennächten in der Referenzperiode und den Zukunftsperioden für die Stadt Düsseldorf und ihre Stadtbezirke

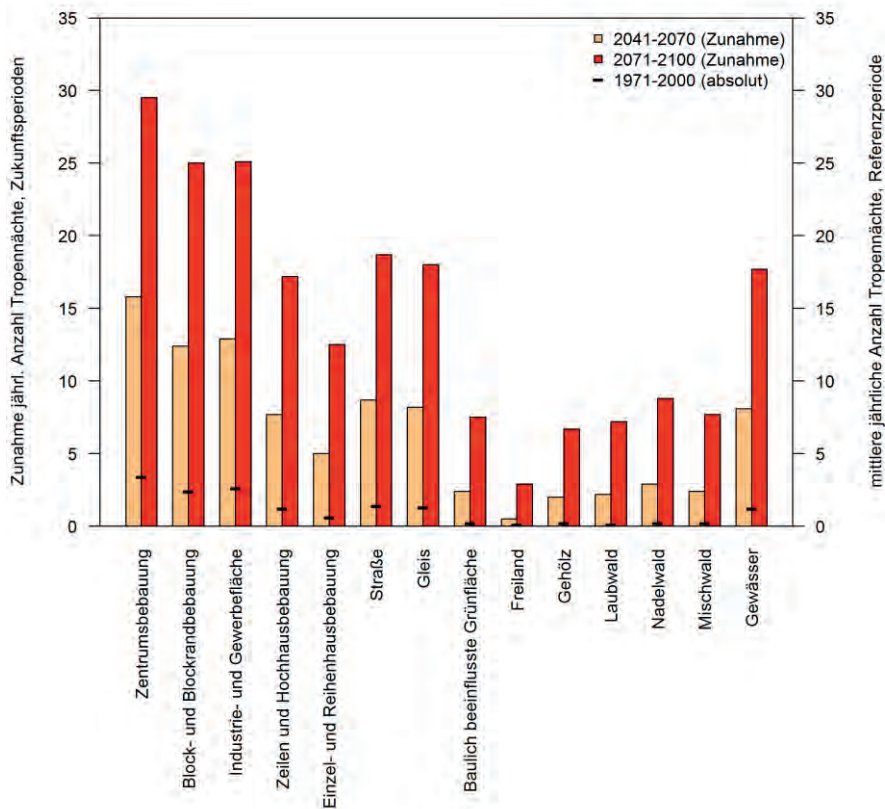


Abb. 39: Mittlere jährliche Anzahl an Tropennächten in der Referenzperiode und deren Zunahme in den Zukunftsperioden in Abhängigkeit von der Flächennutzung

Für die Tagsituation wird die Anzahl an PET-Überschreitungstagen betrachtet. Auch für diese sind in Bezug auf Siedlungs- und Gewerbeflächen in der Gesamtstadt ein starker Anstieg von 6,4 Tagen in der Referenzperiode auf 13,0 bzw. 19,1 Tage in den Zukunftsperioden und deutliche räumliche Unterschiede zu verzeichnen (Abb. 40). Neben den zentrumsnahen Stadtbezirken 01, 02 und 03 treten die durch Gewerbe und einen höheren Versiegelungsanteil geprägten Stadtbezirke 09, 04 und 05 mit überdurchschnittlichen Werten deutlich hervor (19,2 bis 27,3 Überschreitungstage in 2071-2100). Dies spiegelt sich auch in den Ergebnissen der PET-Überschreitungstage in Abhängigkeit der Nutzungsflächen wider: (versiegelte) Freiflächen weisen die höchsten, Grünflächen deutlich geringere Werte sowie jeweils Zunahmen auf (Abb. 41). Dies ist insb. auf den Schattenwurf von Bäumen und damit reduzierter Einstrahlung zurückzuführen – ein Effekt der auch durch dichte, vielgeschossige Bebauung erreicht werden kann (geringe Werte der Zentrumsbebauung). Verkehrsflächen treten besonders hervor. Aufgrund der zugrunde liegenden horizontalen Auflösung von 25 m können diese jedoch nicht fein genug aufgelöst erfasst werden, um eine Bewertung der bioklimatischen Situation innerhalb dieser Flächen vorzunehmen.

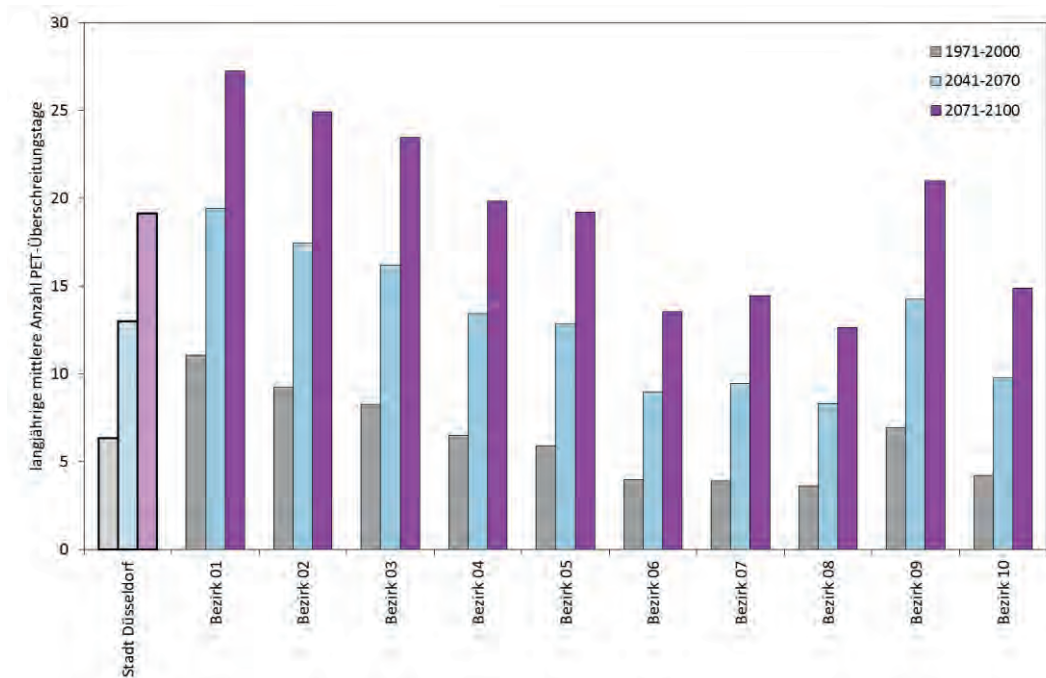


Abb. 40: Mittlere jährliche Anzahl an PET-Überschreitungstagen in der Referenzperiode und den Zukunftsperioden für die Stadt Düsseldorf und ihre Stadtteile

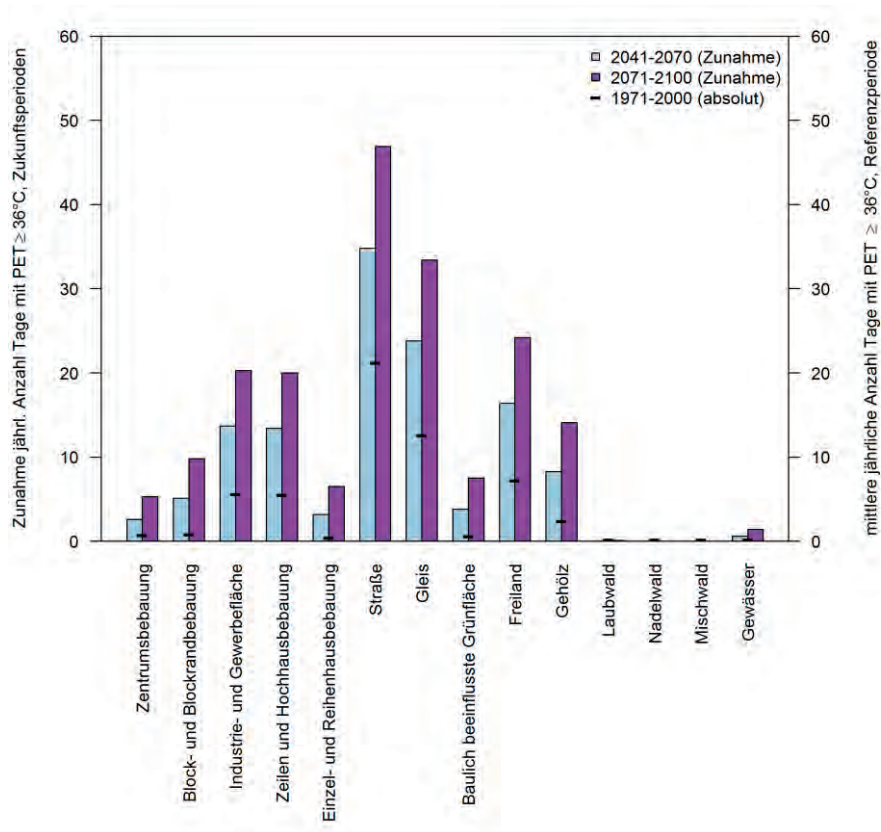


Abb. 41: Mittlere jährliche Anzahl an PET-Überschreitungstagen in der Referenzperiode und deren Zunahme in den Zukunftsperioden in Abhängigkeit von der Flächennutzung

Die nächtliche thermische Belastung der Siedlungsflächen innerhalb des Stadtgebiets von Düsseldorf wurde anhand der relativen Unterschiede zwischen den einzelnen Flächen festgelegt, um besonders belastete Gebiete hervorzuheben.

Der Flächenanteil der in der Referenzperiode in der Nacht thermisch belasteten Flächen mit Wohnbebauung beträgt bei Zusammenfassung der Kategorien „ungünstig“ und „sehr ungünstig“ 20 %. Dabei findet sich eine Konzentration dieser Flächen in der verdichteten Innenstadt. Die äußeren Stadtbereiche Düsseldorfs sind vornehmlich durch die Belastungskategorien „sehr günstig“ bis „weniger günstig“ charakterisiert (Abb. 51 und Abb. 52 im Anhang). In der ersten Zukunftsperiode (2041-2070), unter den Annahmen des Emissionsszenarios RCP 8.5, umfassen die thermisch stark belasteten Flächen der Kategorien „ungünstig“ und „sehr ungünstig“ mit 97 % fast alle Wohnbereiche Düsseldorfs. Über das Ausmaß der Belastung, also die Quantität, kann mittels dieser Methodik keine Aussage getroffen werden. Die aufgezeigten Ergebnisse verdeutlichen aber, dass auf den in der Referenzperiode bereits belasteten Flächen im Zeitverlauf auch die Intensität der Belastung steigt – die thermische Belastung weitet sich also sowohl räumlich im Stadtgebiet als auch von ihrer Intensität her aus.

Für die Belastung am Tage werden neben Siedlungs- auch Gewerbeflächen betrachtet, um die Aufenthaltsqualität der Beschäftigten zu berücksichtigen. Im Gegensatz zu den Tropennächten ergibt sich kein eindeutiges räumliches Muster. Dies liegt daran, dass typischerweise stark belastete Gewerbeflächen genauso wie (versiegelte) Freiflächen verteilt über das Stadtgebiet auftreten. In der Referenzperiode bereits belastete Flächen der Kategorien „ungünstig“ und „sehr ungünstig“ umfassen mit 21 % einen vergleichbar großen Anteil wie bei den Tropennächten, wohingegen die Ausweitung belasteter Flächen in Zukunft geringer aus-

fällt und in der Periode von 2041-2070 etwas mehr als die Hälfte (53 %) der Siedlungs- und Gewerbeflächen als „ungünstig“ und „sehr ungünstig“ eingeordnet werden.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die Darstellung der relativen Belastung unabhängig von der Zunahme der Intensität der Belastung verläuft. Dies wird am Beispiel der PET-Überschreitungstage deutlich. Die Wärmebelastung am Tage nimmt in Zukunft zwar zu, doch entspricht die Zunahme stärker der räumlichen Verteilung der heute bereits belasteten Gebiete als dies bei den Tropennächten der Fall ist, sodass sich das Muster der im mittleren Vergleich zum gesamten Stadtgebiet stärker belasteten Gebiete nur geringfügig ändert. Außerdem muss bedacht werden, dass beide Kenngrößen erst nach Überschreitung eines Schwellenwertes relevant werden: In Tropennächten werden 20 °C Lufttemperatur nicht unterschritten, an einem PET-Überschreitungstag wird eine PET von 36 °C oder höher erreicht<sup>14</sup>. Eine zunehmende Belastung ist beiden Kenngrößen gemein, ob damit letztlich ein Überschreiten des Schwellenwertes verbunden ist, hängt jedoch auch vom Ausgangswert in der Referenzperiode ab.

Weiterhin ist zu beachten, dass das betrachtete Emissionsszenario RCP 8.5 den stärksten Anstieg des Strahlungsantriebes der für Europa verfügbaren Klimaszenarien aufweist. Dieses Szenario wird auch als „weiter wie bisher“-Szenario bezeichnet mit den Annahmen, dass global betrachtet Energie weiterhin vornehmlich aus fossilen Energieträgern gewonnen wird, die Weltbevölkerung bis zum Ende des Jahrhunderts auf ca. 12 Mrd. steigt und der CO<sub>2</sub>-Ausstoß sich verdreifacht. Somit wird für die Stadt Düsseldorf bei dieser Betrachtung der „schlimmste“ Fall der klimatischen und auch klimapolitischen Entwicklungen angenommen. Die Ausführungen in Kap. 4.3.2.2 deuten darauf hin, dass diese Entwicklung unter heutigen Gesichtspunkten durchaus nicht abwegig ist.

Die Zunahmen der bioklimatischen Kenntage sorgt in Zukunft durch ihr regelmäßiges Auftreten für veränderte Lebensbedingungen, die Anpassung erfordern. Auch gibt es einzelne Bereiche in der Stadt, die bereits heute (und noch mehr in Zukunft) deutlich stärker betroffen sind. Für die Ableitung von Betroffenheiten und Maßnahmen sind genau diese relativen Änderungen der Kenngrößen und die im Vergleich zum übrigen Stadtgebiet auftretenden besonders belasteten Gebiete relevanter als die absoluten Werte der Kenngrößen.

Besonderes Augenmerk sollte auf der nächtlichen Belastung liegen. Gerade im Kernbereich Düsseldorfs wird ein vermehrtes Auftreten von Tropennächten projiziert, die einen erholsamen Schlaf erschweren und damit insbesondere für sensible Bevölkerungsgruppen eine gesundheitliche Belastung darstellen können – zumal die Anpassungskapazität des Menschen auf diese Form der Belastung geringer einzustufen ist als z.B. an Hitzestress am Tage<sup>15</sup>. Anpassungsmaßnahmen sollten zum einen auf die (sich in Zukunft ausdehnenden) besonders belasteten Bereiche zielen. Zum anderen darf nicht vergessen werden, dass nachts ein großer Teil des Stadtgebietes als Aufenthaltsbereich des Menschen mit seinem Bedürfnis nach erholsamen Schlaf angesehen werden muss.

---

<sup>14</sup> PET-Werte ab 29 °C kennzeichnen immerhin eine mäßige Wärmebelastung (VDI 2004).

<sup>15</sup> Für beide Kenngrößen gilt aber auch, dass eine gewisse Anpassung des Menschen daran, was als angenehme bzw. belastende Bedingungen gelten, im Zeitverlauf bis Ende des Jahrhunderts zu erwarten ist.



Demgegenüber sind die Aufenthaltsbereiche des Menschen am Tage klarer definiert – Arbeitsstelle bzw. Kindergarten/Schule, der Weg dahin sowie zu Einkäufen, Arztbesuchen, der Aufenthalt auf Spielplätze/Sportflächen, etc. – so dass Anpassungsmaßnahmen gezielter verortet werden können. Die Ergebnisse zeigen, dass bereits heute ein gewichtiger Teil des Stadtgebiets von einer starken Wärmebelastung betroffen ist und somit Bedarf an geeigneten Maßnahmen besteht.

## 5. Gesamtstrategie – Fahrplan für den Düsseldorfer Anpassungsprozess

Nachdem im Rahmen der Betroffenheitsanalyse die räumlichen und funktionalen Schwerpunkte der Klimawandelauswirkungen identifiziert werden konnten, gilt es im folgenden Schritt einen gesamtstrategischen Handlungsrahmen zum zukünftigen Umgang mit den identifizierten Klimaveränderungen zu entwickeln, der in einer integrierten Betrachtung ein Leitbild sowie die zukünftige Zielrichtung definiert und darauf aufbauend die nötigen Maßnahmen für die Anpassung der Landeshauptstadt Düsseldorf aufzeigt.

### 5.1 ZIELE DER KLIMAAANPASSUNG

Das Klimaanpassungskonzept der Landeshauptstadt Düsseldorf verfolgt das übergeordnete Ziel, die Anfälligkeit der Stadt gegenüber den Auswirkungen der erwarteten Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen zu mindern. Um geeignete Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel ableiten zu können, wurde dieses übergeordnete Ziel in Abstimmung mit der fachübergreifenden Projektgruppe in differenzierten Teilzielen weiter konkretisiert (vgl. Abb. 42). Letztere wurden zunächst in drei Zielkatalogen für die folgenden drei zuvor betrachteten Wirkungsfelder Gebäude und Infrastrukturen (**GI**), Umwelt (**U**), und Mensch (**M**) zusammengetragen. Die Ziele leiten sich aus den im Rahmen der Betroffenheitsanalyse als prioritär eingestuften Handlungserfordernissen ab. Ergänzt werden die drei Kataloge durch eine Zusammenstellung übergreifender strategischer Ziele (**S**), die - über die Wirkungsfelder hinaus - notwendige Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Umsetzung der Klimaanpassung in Düsseldorf formulieren.

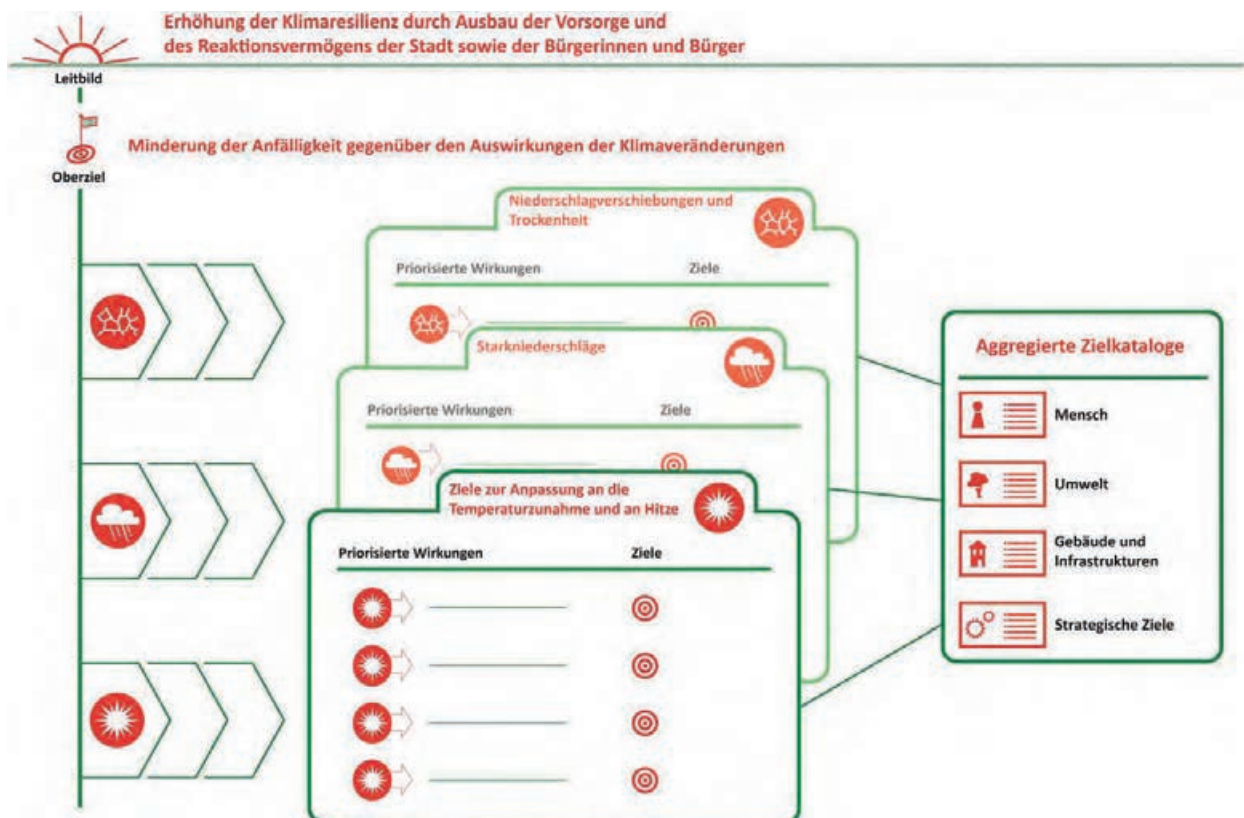


Abb. 42: Prozess der Zielentwicklung

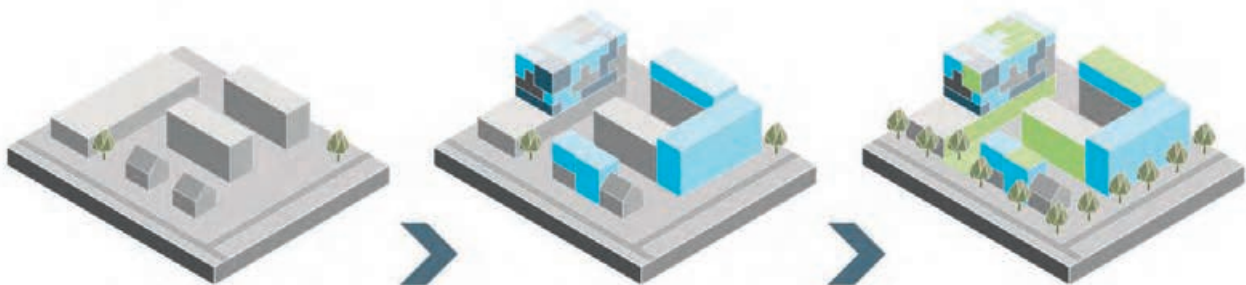
### EXKURS – Leitbild „Doppelte Innenentwicklung“

Die Einwohnerzahl der Landeshauptstadt Düsseldorf wächst seit 15 Jahren nahezu kontinuierlich und auch zukünftig wird vorerst ein weiteres Wachstum erwartet. Daraus resultiert ein hoher Bebauungsdruck, dem vor allem durch Maßnahmen zur Innenentwicklung begegnet werden soll, da die weitere bauliche Inanspruchnahme des Außenbereichs mit einer Vielzahl ungewollter Effekte einhergeht (Verlust von ökologischen Funktionen, Zunahme des Verkehrsaufkommens, Bedarf für neue Infrastrukturen etc.). Seit vielen Jahren gilt daher der planerische Grundsatz „Innenentwicklung vor Außenentwicklung“. Es stellt sich die Frage, wie sich die daraus resultierende zunehmende bauliche Dichte mit den Anforderungen der Klimaanpassung vereinbaren lässt, zu denen sie scheinbar im Widerspruch steht.

Insbesondere in dicht bebauten Gebieten der Stadt kommt dem Grün eine sehr wichtige Bedeutung zu, das es zu schützen gilt. Städtische Grünflächen dienen als Frischluftschneise, zur Luftreinhaltung und Temperaturregulierung, sie dämpfen Hitzeextreme und sie reduzieren die Folgen von Starkregenereignissen. Als Lebensräume für Flora und Fauna unterstützen sie die biologische Artenvielfalt.

Um die Stadt einerseits zu verdichten und gleichzeitig für ausreichendes Grün zu sorgen, zielt die Strategie der „doppelten Innenentwicklung“ darauf ab, die bauliche Nutzung von bestehenden Innenentwicklungspotenzialen mit ökologischen Zielen zu vereinbaren. Dieser Ansatz ist sowohl ökologisch erforderlich als auch ökonomisch sinnvoll, da auf diese Weise die Qualitäten eines attraktiven Wohnstandorts langfristig gesichert und der Lebenskomfort gesteigert werden können. Die Strategie der doppelten Innenentwicklung sieht zum einen vor, dass der Siedlungsbestand flächensparend nachverdichtet wird, indem Baulücken oder Brachflächen bebaut, vorhandene Gebäude umgestaltet und beispielsweise um weitere Stockwerke ergänzt werden. Gleichzeitig strebt sie eine Erhöhung des Grünvolumens durch die konsequente Begrünung von Dächern, Fassaden und Innenhöfen an. Die vorhandenen Grünflächen sollen aufgewertet werden, indem ihre ökologische Qualität und ihr Nutzungsspektrum erhöht werden. Daneben wird, im Sinne der Klimaanpassung, eine bessere Vernetzung der Grünflächen angestrebt. Der hohe Stellenwert des innerstädtischen Grüns soll nicht zuletzt dadurch zum Ausdruck kommen, dass die Grünflächen, sofern möglich, nicht in ihren Ausmaßen beschnitten werden und ggf. sogar deren Ausweitung im Rahmen der Planung ermöglicht wird.

Das Klimaanpassungskonzept der Landeshauptstadt Düsseldorf und die darin verankerten Maßnahmen können das Leitbild der doppelten Innenentwicklung zielführend unterstützen.



Tab. 5 zeigt den durch die KAKDUS-Projektgruppe aggregierten und verabschiedeten Zielkatalog.

Tab. 5: Zielkatalog

<b>Zielkatalog KAKDUS</b>	
<b>GI1</b>	Energieeffizienter Erhalt oder Verbesserung des Klimakomforts in Gebäuden und Fahrzeugen des ÖPNV
<b>GI2</b>	Vermeidung bzw. Reduzierung der Aufheizung exponierter Stadträume
<b>GI3</b>	Minderung des Überflutungsrisikos bei außergewöhnlichen Starkregenereignissen
<b>GI4</b>	Erhöhung des Schutzes von Gebäuden, Anlagen und Gütern vor Schäden durch Extremwetterereignisse
<b>GI5</b>	Schutz von Verkehrsinfrastrukturen vor wetterbedingten Schäden und Sicherung des Verkehrsablaufes während und nach Extremwetterereignissen
<b>GI6</b>	Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der Ver- und Entsorgungsinfrastruktur bei extremen Wetterbedingungen
<b>M1</b>	Erhalt und Verbesserung des thermischen Komforts sowie Schutz der Bevölkerung vor extremen humanmeteorologischen Belastungen (Hitzestress)
<b>M2</b>	Vermeidung von Personenschäden bei extremen Unwetterereignissen
<b>M3</b>	Vermeidung bzw. Eindämmung der temperatur- und feuchtigkeitsbedingten Ansiedlung und Ausbreitung von Krankheitserregern
<b>U1</b>	Erhöhung der Resistenz sowie Schutz von Bäumen und anderen Anpflanzungen gegenüber Extremwettern und klimabedingten Krankheiten
<b>U2</b>	Eindämmung der Einschleppung und Verbreitung invasiver Tier- und Pflanzenarten
<b>U3</b>	Erhalt der Bodenfunktionen und der Bodendiversität bei sich ändernden Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen
<b>U4</b>	Sicherung einer hohen (Trink-)Wasserqualität und -quantität sowie eines guten Gewässerzustandes unter veränderten Klimabedingungen
<b>S1</b>	Stärkung und Weiterführung der ämter- und städteübergreifenden Zusammenarbeit zur Klimaanpassung
<b>S2</b>	Verstärkte Sensibilisierung von Politik, Unternehmen und Öffentlichkeit für Klimaanpassungsthemen
<b>S3</b>	Etablierung eines umfassenden Klimawandelmonitorings

## 5.2 MAßNAHMENENTWICKLUNG

### 5.2.1 MASSNAHMENKATALOGE

Im nächsten Schritt wurden den einzelnen Zielen des Zielkataloges jeweils Maßnahmen zugeordnet. Die Zusammenstellung umfasst einerseits die bereits im Rahmen der Ämterbefragung genannten Maßnahmen als auch die Ergebnisse des KAKDUS-Akteursworkshops (Kap. 1.4).

Der Maßnahmenkatalog enthält eine stichpunktartige, nicht abschließende Übersicht über eine Vielzahl von Maßnahmen, die für die Erreichung der Ziele in Betracht kommen. In den jeweils zielspezifischen Katalogen sind bereits bestehende Aktivitäten und Instrumente der Landeshauptstadt aufgelistet, ebenso wie Maßnahmen, die sich derzeit bereits in Planung befinden. Dadurch wird es möglich, Anknüpfungspunkte für weitere Maßnahmen zu identifizieren, Synergiepotenziale und Abstimmungsbedarf zwischen Maßnahmen zu erkennen sowie Möglichkeiten für neue Allianzen auszumachen. Bedingt durch die Größe der Stadt und durch die Vielfalt der betroffenen und bereits tätig gewordenen Fachämter ist dieser Gesamtüberblick über die bereits stattfindenden Aktivitäten äußerst wichtig. Außerdem lässt sich durch die Zusammenstellung laufender und geplanter Maßnahmen leicht erkennen, wo noch weiterführender Handlungsbedarf besteht.

Bei den zukünftigen Maßnahmenoptionen werden dementsprechend sowohl ergänzende Maßnahmen aufgeführt, die von Seiten der Gutachter bzw. der am Prozess Beteiligten zusätzlich für sinnvoll erachtet werden, sowie die Intensivierung, Weiterführung, Aktualisierung und Neuausrichtung von bestehenden Maßnahmen.

Die hier aufgeführte Gesamtübersicht der Maßnahmen bietet darüber hinaus eine Anregung für die Fachämter und einzelnen Mitarbeiter, wo Aspekte der Klimaanpassung zukünftig ebenfalls sinnvoll aufgegriffen werden können.

Aus der Vielzahl der möglichen Maßnahmen galt es im nächsten Schritt, solche Maßnahmen zu identifizieren, die für die Umsetzung der Anpassungsstrategie eine besondere Schlüsselwirkung entfalten können und deshalb mit besonders viel Engagement zeitnah weiterverfolgt werden sollten (siehe Kap. 5.2.2 „Schlüsselmaßnahmen“).

## Ziel G11: Energieeffizienter Erhalt oder Verbesserung des Klimakomforts in Gebäuden und Fahrzeugen des ÖPNV

**Zielbeschreibung:** Künftig werden heiße Tage und sogenannte tropische Nächte voraussichtlich deutlich zunehmen. Hitze beeinträchtigt das Wohlbefinden und den Schlaf und kann zu gesundheitlichen Belastungen führen. Sie verringert außerdem die Leistungsfähigkeit. Daher werden Maßnahmen, die den Aufenthaltskomfort in Gebäuden und Fahrzeugen auch bei hohen Temperaturen gewährleisten, noch stärker an Bedeutung gewinnen. In erster Linie sind hierbei Maßnahmen gefragt, die im Sinne des Klimaschutzes keinen hohen Energieverbrauch erzeugen. Es müssen also Alternativen zu dem Einsatz klassischer Klima- und Kühlsysteme gefunden werden, die sich in den vergangenen Jahren in Düsseldorf bereits etabliert haben.

### Maßnahmen zur Zielerreichung

#### *bereits laufende Maßnahmen*

- Fortlaufende Anpassung der Standards im Bauen hinsichtlich des sommerlichen Wärme- und Hitzeschutzes an neue gesetzliche Vorgaben
- Hinweise im Umweltbericht zur klimaangepassten Gebäudeplanung und technischer Ausstattung (z. B. Einplanung von Verschattungselementen, Verwendung heller Baumaterialien)
- Förderprogramm "Dach-, Fassaden- und Innenhofbegrünung" (DAFIB)
- Kombinierte Förderung der Dachbegrünung mit Wärmedämmung im Programm „Klimafreundliches Wohnen“
- Hitzeschutzberatung vor Ort der Verbraucherzentrale
- Dämmung von städtischen Umkleidegebäuden an Sportanlagen
- Gründachpotenzialkataster
- Belastungsanalysen Hitze (KAKDUS)

#### *derzeit geplante Maßnahmen*

- Ausweitung der Dachbegrünung [Projekt aus Entwurf STEK 2025+] und der Baumpflanzungen
- Richtlinie/Kriterienkatalog für die Dachbegrünung (Mindesthöhen u.a.)
- Neue ÖPNV Fahrzeuge sind klimatisiert (jedoch bestehen hier Zielkonflikte)

#### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Bessere finanzielle Ausstattung und kontinuierliche Fortführung des Förderprogramms "Dach-, Fassaden- und Innenhofbegrünung (DAFIB)
- Höhere Gewichtung von Kriterien einer energieeffizienten Hitzevorsorge bei Baugenehmigungsverfahren und Hochbauwettbewerben
- Verbesserte Abstimmung vorhandener Kenntnisse und Beratungsangebote zur Hitzevorsorge (Verbraucherzentrale, Serviceagentur Altbausanierung, Haus & Grund etc.)
- Schaffung einer zentralen Anlaufstelle für Fragen der Hitzevorsorge (möglichst in Verbindung mit weiteren Klimaschutz und Klimaanpassungsaspekten, z. B. Starkregen)
- Öffentlichkeitskampagne zur baulichen und verhaltensbezogenen Hitzevorsorge (z. B. Lüften, Dämmen, Kühlen, Begrünen etc.)
- Einführung einer Zertifizierung "Klimaangepasstes Gebäude" bzw. Integration der Hitzevorsorge (und anderer Aspekte der Klimaanpassung) in die Zertifizierungssysteme zum nachhaltigen und energieeffizienten Bauen (z. B. über Wettbewerb).
- Einsatz energieeffizienter Systeme zur Kühlung von Fahrzeugen des ÖPNV
- Konzept für die Nachtauskühlung für öffentliche Gebäude
- Ausweitung der Verschattungs- und Sonnenschutzmaßnahmen im öffentlichen Gebäudebestand

## Ziel G12: Vermeidung bzw. Reduzierung der Aufheizung exponierter Stadträume

**Zielbeschreibung:** Durch die Aufheizung von Verkehrs-, Grün- und Freizeitflächen wird die innerstädtische Überwärmung verstärkt und die Aufenthaltsqualität auf diesen Flächen beeinträchtigt. Durch die intensivere Einstrahlung können Materialschäden (z. B. an Sportplatzbelägen und Straßen) entstehen. Begünstigt wird die Aufheizung durch einen hohen Versiegelungsgrad, dunkle Oberflächenmaterialien, wenig bzw. verdunstungsarme Vegetation und einen hohen Anteil unverschatteter Bereiche. Im Kontext der angestrebten Innenentwicklung in Düsseldorf gilt es Maßnahmen zu erarbeiten, die einer Erwärmung entgegenwirken.

### Maßnahmen zur Zielerreichung

#### *bereits laufende Maßnahmen*

- Einbau von Rasengleisen im Straßenbahnnetz
- Helligkeitszuschlag im Straßenbau
- Beregnungsanlagen auf Kunstrasenflächen zur Kühlung des Belags
- Beratung zur Entsiegelung von Schul- und Innenhöfen
- Gründachpotenzialkataster
- Konzept „1000 Bäume“
- Förderprogramm "Dach-, Fassaden- und Innenhofbegrünung" (DAFIB)
- Musterkatalog für umweltrelevante Festsetzungen im Bebauungsplan, u. a. mit Hinweisen zur Durchgrünung, Verschattung und Durchlüftung
- Belastungsanalysen Hitze (KAKDUS)
- Dach- und Fassadenbegrünung an öffentlichen Gebäuden

#### *derzeit geplante Maßnahmen*

- Beschattung von sportlichen Nebenflächen durch Sonnenschutzanlagen
- Ausbau der Bewässerungseinrichtungen für Sport- und Grünflächen
- Überarbeitung und Ergänzung des „Musterkataloges für umweltrelevante Festsetzungen im Bebauungsplan“ (zukünftig „Arbeitshilfe“) um weitere klimaanpassungsrelevante Aspekte

#### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Obligatorische Prüfung der Planungshinweis- und Belastungskarten bei Planungen und Vorhaben in stadtklimatischen Konfliktbereichen zur Sicherung von Frischluft- und Kaltluftleitbahnen (evtl. durch Ratsbeschluss)
- Verstärkte Berücksichtigung der Verschattungs- und Kühlungsleistung in der Planung
- (Weitere) Untersuchungen zur Hitzeresistenz und Bewässerung von öffentl. Grünflächen (u. a. Rasengleisen)
- Ausweitung der Sonnenschutzmaßnahmen auf öffentlichen Plätzen, Parkplätzen und an ÖPNV-Haltestellen
- Formulierung anpassungsgerechter Vorprüfkriterien zur planerischen Hitzevorsorge bei städtebaulichen Wettbewerben
- Erhalt und (Wieder-)Herstellung von Böden mit Kühlwirkung
- Finanzierung und Umsetzung des Konzeptes „1000 Bäume“ zur Erhöhung der Verschattung und Verdunstung
- Benebelung/Zerstäubung von Wasser in Bereichen mit hohem Personenaufkommen (evtl. unter Beteiligung von Einzelhandel und Gastronomie)
- Erarbeitung von klimaangepassten Bewässerungs- und Grünpflegekonzepten für öffentliche Grünflächen und Stadtbäume
- Anpassung der Material- und Baustoffwahl bei der Freiraumgestaltung (Grün- und Sportflächen) an extreme Klimabedingungen

### Ziel GI3: Minderung des Überflutungsrisikos bei außergewöhnlichen Starkregenereignissen

**Zielbeschreibung:** Die zeitnahe Bewältigung von Starkregen kann das Kanalnetz nur bis zu einer gewissen Bemessungsgrenze gewährleisten. Künftig wird es voraussichtlich zu einer deutlichen Zunahme der Intensitäten und der Häufigkeiten von Starkregen kommen, bei denen die Bemessungsgrenzen überschritten werden. Ein hoher Versiegelungsgrad erhöht die Wassermenge, die abgeführt werden muss. Umso wichtiger werden zusätzliche (temporäre) Rückhaltungsmöglichkeiten und Flächen, auf denen das Wasser schadlos zurückgehalten und von denen es anschließend gedrosselt ablaufen kann.

#### Maßnahmen zur Zielerreichung

##### *bereits laufende Maßnahmen*

- Förderung der Regenrückhaltung
- Getrennte Gebührenveranlagung als Anreiz zur Minimierung der befestigten Flächen auf Grundstücken
- Begünstigung von Gründächern in der Gebührenveranlagung zur Niederschlagswassergebühr
- Analyse der Kanalnetzauslastungen und Anpassungen der Bemessungsgrößen
- Gründachpotenzialkataster
- Förderprogramm "Dach-, Fassaden- und Innenhofbegrünung" (DAFIB)
- Belastungskarte Starkregen (KAKDUS)

##### *derzeit geplante Maßnahmen*

- Weiterentwicklung und Konkretisierung der Starkregengefahrenkarte
- Erarbeitung eines Infoflyers zur dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, z. B. zur Gartenbewässerung

##### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Verbesserung der Grundlagendaten (z. B. digitale Höhen) zur Weiterentwicklung der Überflutungsgefahrenkarten
- Ergänzung der zukünftigen Arbeitshilfe für Festsetzungen im Bebauungsplan um Aspekte der Starkregenvorsorge (z. B. multifunktionale Flächennutzung) bei der Stadt- und Freiraumgestaltung
- Formulierung anpassungsgerechter Vorprüfkriterien zur planerischen Starkregenvorsorge bei städtebaulichen Wettbewerben
- Verstärkte Berücksichtigung der Starkregenvorsorge im Zuge des Straßenbaus
- Verstärkter Rückhalt von gesammeltem Niederschlag (z. B. auf multifunktionellen Retentionsflächen)
- Maßnahmen zur Minimierung der Versiegelung und der Abflusswirksamkeit von Flächen



## Ziel GI4: Erhöhung des Schutzes von Gebäuden, Anlagen und Gütern vor Schäden durch Extremwetterereignisse

**Zielbeschreibung:** Extremwetterereignisse führen zu immer größeren Schäden in und an Gebäuden, Anlagen und Gütern. Diese Schäden können enorme Ausmaße annehmen und sogar Existenzen gefährden. Durch die erwartete Zunahme solcher Extremwetterereignisse ist die Ausweitung von Objektschutzmaßnahmen ein vordringliches Ziel. Die Eigentümer müssen für die steigenden Risiken sensibilisiert und zu entsprechenden Handlungsmöglichkeiten zum Objektschutz beraten werden.

### Maßnahmen zur Zielerreichung

#### *bereits laufende Maßnahmen*

- Windgutachten bei höheren Bauvorhaben im Rahmen der Bauleitplanung
- Hinweise auf geeignete Sicherung der Gebäudebereiche unterhalb der Rückstauenebene
- Gründachpotenzialkataster
- Förderprogramm Dach- und Fassadenbegrünung (DAFIB)
- Gebührenmindernde Berücksichtigung von begrünten Dächern
- Onlinestellung eines Films zur Starkregenvorsorge
- Neuorganisation der Meldekettens im Gartenamt als Konsequenz aus Ela, um in Zukunft schneller reagieren zu können und Zuständigkeiten zu klären

#### *derzeit geplante Maßnahmen*

- Erstellung Versand eines Infoflyers zur Starkregenvorsorge (Objektschutz) mit der Gebührenabrechnung
- Weiterentwicklung und Konkretisierung der Starkregengefahrenkarte

#### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Verbesserung der Grundlagendaten zur Weiterentwicklung der Überflutungsgefahrenkarten (z. B. digitale Höhen)
- Stellungnahmen der Grundstücksentwässerung zur Starkregenvorsorge im Rahmen von Bauanträgen
- Risikoanalyse zu überflutungssensiblen Bereichen in der Stadt (Unterführungen, Souterrainwohnungen, Tiefgaragen, Krankenhäuser etc.)
- Hinweise zur Überflutungsgefahr und zum Objektschutz bei Baugenehmigungsverfahren und bei Hochbauwettbewerben
- Ausweisung von überflutungsgefährdeten Flächen in Bebauungsplänen (i.V.m. zukünftiger Arbeitshilfe umweltrelevanter Festsetzungen)
- Aktualisierung der Grundwassermodellierung auf Basis der aktuellen Klimaszenarien
- Schaffung einer zentralen Anlaufstelle für Fragen der Starkregenvorsorge (möglichst in Verbindung mit weiteren Klimaschutz- und Klimaanpassungsaspekten, z. B. Hitze)
- Öffentlichkeitsarbeit (z. B. Broschüre etc.) zur baulichen und verhaltensbezogenen Starkregenvorsorge und zum Rückstauschutz
- Förderung der Eigenvorsorge von Bauherren und Grundstücksnutzer vor Überflutungsschäden
- Risikoanalyse zum Schadstoffaustritt bei Überflutungen (z. B. Heizöltanks) und ggf. Verbesserung entsprechender Schutzmaßnahmen
- Risikoanalyse von Unternehmen (Gewerbe, Industrie, Hafen, Logistik, Tourismus) und Bereitstellung von Informationen zu Anpassungsbedarf und -möglichkeiten
- Sensibilisierung von Unternehmen für Schutzmaßnahmen auf exponierten Gewerbe- und Lagerflächen zur Vermeidung von Schäden durch Hitze, Starkniederschläge oder Sturm

## Ziel G15: Schutz von Verkehrsinfrastrukturen vor wetterbedingten Schäden und Sicherung des Verkehrsablaufes während und nach Extremwetterereignissen

**Zielbeschreibung:** Die erwarteten klimatischen Veränderungen können die Verkehrsinfrastruktur schädigen und deren Lebensdauer verkürzen. Beispielsweise führt der schnellere Wechsel von Frost- und Tauperioden bereits heute vermehrt zu Straßenschäden. Auch durch extreme Hitze treten Schäden wie Materialverformungen am Asphalt, aber auch an Schienen, etc. auf. Die technischen Leitsysteme sind ebenfalls gefährdet durch Starkregen, hohe Temperaturen oder durch unwetterbedingte Stromausfälle und Spannungsschwankungen. Solche Schäden an der Verkehrsinfrastruktur oder z. B. die Überflutung von Straßen und Unterführungen können erhebliche Störungen des Verkehrsflusses und die Behinderung des Katastrophenschutzes und der Rettungsdienste herbeiführen.

### Maßnahmen zur Zielerreichung

#### *bereits laufende Maßnahmen*

- Ausstattung der Verkehrs- und Tunnelleitzentrale/Rechnerräume mit Klimaaggregaten
- Ausruf Krisenstab (ehemals SAE) bei Extremwetterereignissen
- Auslösen von Sperrungsstrategien bei Extremwettern (Eingabe von RDS-TMC-Meldungen bei Störungen)
- Einbau hitzebeständiger, verformungsarmer Beläge im Straßenbau (Haltestellen und Industriegebietszufahrten mit Schwerverkehrsbelastung)
- Überflutungssichere Verortung von Ampeln, Beleuchtungsanlagen etc.
- Technische Überbrückung von Spannungsschwankungen und Spannungsausfällen bei Ampelanlagen aufgrund von Unwetterereignissen

#### *derzeit geplante Maßnahmen*

- Erweiterte Ausstattung der Steuergeräte mit Spannungspuffern und USV (für 45 Minuten) an Großknoten und mit Straßen-/Stadtbahnbetrieb
- Verstärkte Berücksichtigung der Überflutungsgefahr bei der Standortwahl elektrischer Anlagen
- Ämterübergreifende Koordinierung der Wiederherstellungen von Infrastrukturen im Nachgang zum Krisenstab (am Beispiel Orkanschäden)
- Standardisiertes Berichtswesen gegenüber Amtsleitung und Krisenstab über aktuelles Schadensbild

#### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Untersuchung kritischer Rettungs- und Verbindungswege (Unterführungen, Priorisierung).
- Verstärkungsbesetzung der Verkehrs- und Tunnelleitzentrale für verbesserte Information bei Unwettern
- Verbesserung der Unwetterwarnsysteme (Apps etc.) und verstärkte Kooperation mit Anbietern von Navigationsdienstleistungen
- Ermittlung von neuralgischen Punkten im Verkehrsnetz bei der Ableitung von Starkregen (z. B. Senken, verstopfte Straßenabläufe)
- Gezielte Kontroll- und Reinigungsstrategien für wichtige Straßenabläufe bei Unwetterwarnungen
- Abgestimmte Notfallpläne für die Aufräum- und Reparaturarbeiten nach Extremwetterereignissen (Stadtreinigung, Stadtentwässerung, Grünpflege)

## Ziel G16: Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der Ver- und Entsorgungsinfrastruktur bei extremen Wetterbedingungen

**Zielbeschreibung:** Die ständige Versorgung mit Energie und sauberem Trinkwasser sowie die Telekommunikation sind nahezu unverzichtbare Bestandteile unseres modernen Lebens geworden. Das gilt in gleichem Maße für die Entsorgungsinfrastruktur. Bei extremen Wetterbedingungen kann es zu Einschränkungen oder sogar zu einem temporären Ausfall der Ver- und Entsorgungssysteme kommen, z. B. durch Schäden an Leitungen, Kanälen und technischen Anlagen. Da funktionierende Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen (insb. Stromversorgung) auch für die Bewältigung von extremen Wetterereignissen von großer Wichtigkeit sind, nimmt der Schutz dieser Infrastrukturen eine besonders hohe Priorität ein.

### Maßnahmen zur Zielerreichung

#### *bereits laufende Maßnahmen*

- Anpassung von Daten zur Kanalbemessung
- Vorhaltung mobiler Desinfektionseinrichtungen für Wasser und Vorhaltung von Ersatzversorgungen bzw. Notwasserverbänden
- Sicherstellung der technischen Anlagen (Hebebrunnen) bei Niedrigwasserereignissen
- Spülung von Kanälen in Trockenzeiten zur Vermeidung von Korrosionsschäden und Ablagerungen

#### *derzeit geplante Maßnahmen*

- Schadenspotenzial- und Risikoanalyse der Trinkwasserversorgung und Erarbeitung mittelfristiger Anpassungsstrategien (v.a. bzgl. des Betriebes der Wassernetze und -anlagen)
- Regelmäßige Funktionsüberprüfung und ggf. Wiederherstellung der Notwasserversorgung

#### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Risikoanalyse zu sensiblen Einrichtungen der Stromversorgung und sonstiger kritischer Infrastrukturen (z. B. Höhe(nlage)/Gestaltung der Umspannwerke und zu deren Gefährdung bei Überflutungen)
- Vollständige Bestandserfassung und Abstimmung eines Konzeptes für den zielgerichteten Einsatz von Notstromaggregaten (inkl. Schnittstellenanalyse)
- Verstärkte Spülung von Kanälen in Trockenzeiten zur Vermeidung von Korrosionsschäden und Ablagerungen

### **Ziel M1: Erhalt und Verbesserung des thermischen Komforts sowie Schutz der Bevölkerung vor extremen humanmeteorologischen Belastungen (Hitzestress)**

**Zielbeschreibung:** In Düsseldorf erreicht die thermische Situation für die Bevölkerung während bestimmter hochsommerlicher Wetterlagen bereits heute schon ein gesundheitlich belastendes Niveau. Unter dem Einfluss des zukünftigen Klimawandels werden die Belastungen sowohl am Tage als auch in der Nacht zunehmend deutlich intensiver ausfallen und häufiger auftreten. Ziel ist daher sowohl der Erhalt und die Verbesserung gesunder Wohn- und Arbeitsverhältnisse im Düsseldorfer Stadtgebiet als auch die Minderung der Folgen von Hitzewellen.

#### **Maßnahmen zur Zielerreichung**

##### *bereits laufende / derzeit geplante Maßnahmen*

- Verschiebung der Einsatzzeiten der städtischen Beschäftigten in Hitzeperioden (früherer Arbeitsbeginn)
- Beratung von Pflegeeinrichtungen z. B. zu Fragen des Raumklimas oder zur Umsetzung von Trinkplänen
- Beratung von Kindertageseinrichtungen und Schulen durch den Kinder- und Jugendärztlicher Dienst u. a. zum UV-Schutz und zu Hitze
- Kooperation und Netzwerkbildung: Thematisierung der Klimafolgen in z. B. Katastrophenschutz, Pflegekonferenz
- Trinkbrunnen der Stadtwerke Düsseldorf
- Ozon-Telefon
- Projekt „Nette Toilette“
- Rettungsdienstbedarfsplanung
- Hitzeschutzberatung durch die Stadt und durch die Verbraucherzentrale

##### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Erweiterung der Stadtklimaanalyse durch das stadtklimatische Prozessgeschehen (Kalt- und Frischlufthaushalt)
- Räumlich differenzierte Betroffenheitsanalyse der Bevölkerung und von sensiblen sozialen Infrastrukturen unter Berücksichtigung von Mehrfachbelastungen (z.B. Hitze, Pollen, Ozon)
- Fachgutachterliche Bewertung der klimaökologischen Auswirkungen von städtebaulichen Vorhaben in stadtklimatisch sensiblen Bereichen
- Räumlich differenzierte Berücksichtigung der thermischen Belastungssituation im Rahmen der gesamtstädtischen integrierten Quartiersentwicklung (Zukunft.Quartier.Düsseldorf)
- Aufbau eines Monitoringsystems zu durch das Klima beeinflussten Krankheiten
- Ausweitung der Flexibilisierung von Arbeits- und Pausenzeiten im öffentlichen Außen- und Innendienst während Hitzeperioden und deren Kommunikation nach außen sowie intensivere Auseinandersetzung des Arbeitsschutzausschusses mit den Umweltbelastungen der Beschäftigten und Intensivierung der Informationen zum Arbeitsschutz bei Hitze
- Weiterentwicklung des Ozon-Telefons zu einer Telefonberatung zu allen klimabeeinflussten Gesundheitsthemen, sowohl für die Öffentlichkeit als auch als verwaltungsinternes Beratungsangebot
- Einrichtung eines räumlich differenzierenden Echtzeit-/Frühwarnsystems zur Hitzevorsorge
- Einheitlicher Umgang mit Hitzewarnungen und Schutzmaßnahmen in der Kinder- und Jugendbetreuung (Schule, Sport & Freizeit)
- Ausbau des Trinkbrunnen- und öffentlichen Toilettennetzes in stark frequentierten Bereichen mit ungünstigen klimatischen Bedingungen und Aufnahme der Standorte in einschlägige Online-Angebote (openStreetMap, ggf. „Düsseldorfer Klima-App“)
- Fortbildung im Gesundheitswesen zum Thema Hitzestress

- Initiierung von Nachbarschaftshilfemodellen, z. B. von Trinkpatenschaften für alleinlebende ältere Menschen
- Stetige Informationskampagnen für gefährdete Bevölkerungsgruppen und für soziale und kulturelle Einrichtungen über gesundheitliche Auswirkungen von Hitze und über Gegenmaßnahmen
- Einrichtung von „Cooling Centres“ in während Hitzeperioden für die Öffentlichkeit zugänglichen Gebäude, die ohnehin gekühlt werden (mit Trinkwasserbereitstellung und Sitzgelegenheiten)
- Anpassung von Öffnungszeiten an Sport- und Freizeitanlagen in Hitzeperioden (inkl. Beleuchtung)

## Ziel M2: Vermeidung von Personenschäden bei extremen Unwetterereignissen

**Zielbeschreibung:** Bereits in der Vergangenheit ist es in Düsseldorf während Wetterextremereignissen wie z.B. (Gewitter-)Stürmen oder Starkregen- und Hochwasserereignissen zu einzelnen Personenschäden gekommen. Unter dem Einfluss des Klimawandels ist eine Erhöhung der Intensität und der Auftrittshäufigkeit dieser Einzelereignisse wahrscheinlich. Es ist notwendig, die gesundheitlichen Auswirkungen für die Stadtbevölkerung während und nach Unwetterereignissen zu minimieren.

### Maßnahmen zur Zielerreichung

#### *bereits laufende / derzeit geplante Maßnahmen*

- Verbesserung der interkommunalen Zusammenarbeit bei Katastrophenfällen
- Nachbereitung von Katastrophenfällen (z. B. Ela)
- Brandschutzbedarfsplanung
- Einsatzpläne „Katastrophenschutz für Kritische Infrastruktur“, „Hochwasser“ und „Unwetter“
- Notfallmanagementplan für Starkregenereignisse (Identifizierung primär freizuräumender Routen im Stadtgebiet)
- Kooperation und Netzwerkbildung: Thematisierung der Klimawandelfolgen in z.B. Katastrophenschutz, Pflegekonferenz
- Vorbereitung von (Groß-)Veranstaltungen auf extreme Wetterereignisse

#### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Mobilisierung und Organisation von Freiwilligenhilfe und "Hilfe zur Selbsthilfe" (z. B. in Form von Checklisten) bei Wetterkatastrophen – Netzwerk „Düsseldorf hilft sich selbst“
- Erhöhte Ressourcenausstattung (Personal und Technik) zur Bewältigung zunehmender Extremereignisse
- Verbesserung der Alarmdienste für Sturm- und Starkregenereignisse
- Gezielte Warnhinweise an überflutungssensiblen Tiefpunkten (Tiefgaragen, Unterführungen)
- Prüfung und ggf. Ergänzung von Arbeitsschutzmaßnahmen auf Anpassungsbedarf hinsichtlich Starkregen/Sturm
- Förderung der Eigenvorsorge und Verbesserung der „Katastrophenkompetenz“ durch Sensibilisierung der Bevölkerung (z.B. durch Schulungen, „Blaulichttag“, Stadthomepage etc.) zu den Risiken und zum Verhalten bei extremen Wetterereignissen
- Einrichtung eines Echtzeit-/Frühwarnsystems mit Hinweisen zum richtigen Verhalten bei Extremwetterereignissen (website, ggf. „Düsseldorfer Klima-App“)
- Schutz- und Warnsysteme an sensiblen sozialen Einrichtungen (Kindergärten, Altenheime, Sportplätze, Freizeitanlagen)
- Verstärkte Vorbereitung von (Groß-)Veranstaltungen auf Wetterereignisse (Unterbrechungs- und Abbruchsszenarien)

### Ziel M3: Vermeidung bzw. Eindämmung der temperatur- und feuchtigkeitsbedingten Ansiedlung und Ausbreitung von Krankheitserregern

**Zielbeschreibung:** Der Klimawandel begünstigt sowohl die Ausbreitung neuer, potentiell mit gesundheitlichen Belastungen verbundener Arten als auch die Erhöhung bereits heute bestehender Risiken der Innenraumhygiene und der Lebensmittelsicherheit. Im Fokus des Zieles steht daher der Schutz der menschlichen Gesundheit vor klimasensitiven Krankheitserregern.

#### Maßnahmen zur Zielerreichung

##### *bereits laufende / derzeit geplante Maßnahmen*

- Infektionsschutz: Anpassung an veränderte klimasensitive Erregerspektren und Gesundheitsrisiken
- Überwachung der Gemeinschaftseinrichtungen aufgrund der Zunahme innenraumhygienischer Probleme (Schimmelpilze, VOC)
- Beratung und Informationsveranstaltungen zum Thema Schimmelpilz
- Neophyten-Erfassung (u. a. Herkunftsstaaten)
- Legionellen-Überwachung von Trinkwasser-Installationen
- Ämterübergreifende Projektgruppe zum Umgang mit dem Eichenprozessionsspinner

##### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Bedarfsabhängige Ausweitung des Monitorings auf klimasensitive Krankheitserreger bzw. -überträger (Vektoren) (z. B. Ambrosia, Tigermücke, Zecken, Mücken), ggf. unter aktiver Beteiligung der Bevölkerung
- Intensivierung der Information der Bevölkerung zum Schutz vor klimasensitiven Krankheitserregern und -überträgern sowie sonstigen klimabeeinflussten Gesundheitsrisiken, wie Legionellen aus der Abluft Kühlaggregaten etc.
- Betroffenheitsanalyse zur Legionellen-Problematik bei Kühlsystemen
- Implementierung des Hygienethemas in die schulische Ausbildung
- Monitoring zu „tropischen Krankheiten“
- Nutzen der vorhandenen Strukturen der ämterübergreifenden Projektgruppe zum Umgang mit dem Eichenprozessionsspinner auch für andere klimasensitive Krankheitserreger bzw. -überträger

## Ziel U1: Erhöhung der Resistenz sowie Schutz von Bäumen und anderen Anpflanzungen gegenüber Extremwettern und klimabedingten Krankheiten

**Zielbeschreibung:** Bäume und Pflanzen haben in Städten wichtige Funktionen, die sich positiv auf das Stadtklima und auf die Lebensqualität auswirken. So sorgt das Stadtgrün bspw. für eine Verminderung der thermischen Belastung durch Schattenwurf und Verdunstungskühlung. Grünflächen, Stadtwälder und Parkanlagen sind wichtige Ausgleichsflächen für die Lufthygiene und für die Erholung. Durch den Klimawandel hervorgerufene Änderungen wie Hitzewellen, langanhaltende Trockenperioden, Gewitterstürme sowie das Auftreten damit im Zusammenhang stehender Erkrankungen, sind Pflanzen in der Stadt zunehmend Belastungen ausgesetzt, gegenüber denen ihre natürliche Widerstands- und Anpassungsfähigkeit zukünftig nicht mehr ausreichen könnte. Der Schutz des Stadtgrüns und die Erhöhung der Resistenz gegenüber Extremwettern sowie vor klimabedingten Krankheiten und Schädlingen ist somit ein wichtiges Anpassungsziel.

### Maßnahmen zur Zielerreichung

#### *bereits laufende Maßnahmen*

- Pflanzenbeobachtung im Rahmen des Phänologischen Gartens
- Verschiedene Monitoringprogramme, u. a. das Artenmonitoring
- Nachhaltige Pflege des Waldes: Verjüngung, ausgeglichenes Altersklassenverhältnis u.a.
- Auswahl und vereinzelt Tests klimafesterer Sorten gegen Astbruchgefahr und gegen Pilzkrankungen
- Pflege und Kontrolle von Stadtgrün und Baumbestand
- Minimierung der Versiegelung im Umfeld von Anpflanzungen (u. a. in Grünanlagen)
- Planung extensiver Grünanlagen
- Schattierung und Einsatz von Luftumwälzern in Gewächshäusern
- Winterschutz durch Frostvlies in der Baumschule

#### *derzeit geplante Maßnahmen*

- Ausrichtung der Stadtgärtnerei auf die Anzucht klimafester Park- und Straßenbäume unter Berücksichtigung der Anforderungen der Gartendenkmalpflege
- Verbesserung des Maschinenparks (z. B. Hubsteiger etc.) für Sofortmaßnahmen durch das Gartenamt
- Neuaufstellung der Forsteinrichtung unter der Berücksichtigung von Klimawandelaspekten
- Erarbeitung einer lokalspezifischen Liste klimafester und schädlingsresistenter Baumarten- und -sorten durch die AG Zukunftsbäume
- Umstellung der Gießverfahren in Gewächshäusern durch Anstaubewässerung

#### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Ergänzung der Baumliste um niedrigwachsende trockenresistente Pflanzen
- Stärkere und frühzeitigere Integration der klimaangepassten Grünplanung in die Stadtplanung (Standortqualitäten, klimaresistente Arten)
- Verbesserung der Standorte von Straßenbäumen
- Langfristiger Erhalt der Baumbestände durch Erhöhung der Personal- und Ressourcenausstattung für Kontroll-, Pflege- und Bewässerungsmaßnahmen
- Entwicklung eines Kommunikationskonzeptes zur Sensibilisierung von Akteuren und Bürgern für das Thema „Grün im Klimawandel“ (Funktion, Bedeutung, Schutz, Möglichkeiten der Bürgerhilfe)
- Vorinstallierte Bewässerungssysteme bei Anpflanzungen mit hohem Bewässerungsbedarf
- Entwicklung eines Kriterienkataloges für geeignete Baumstandorte



- Gezielte Mischung von Pflanzenarten zur Erhöhung der Biodiversität und zur Vermeidung von Monokulturen
- Einsatz klimaresistenter Saatgutmischungen bei Rasenpflanzungen
- Gutachterliche Erarbeitung einer Standortprognose für den Düsseldorfer Stadtwald für eine nachhaltige und klimaangepasste Bewirtschaftung
- Bürger-Information zur Erhöhung der Resistenz von Anpflanzungen in Privatgärten gegenüber Extremwettern und klimabedingten Krankheiten

## **Ziel U2: Eindämmung der Einschleppung und Verbreitung invasiver Tier- und Pflanzenarten.**

**Zielbeschreibung:** Der Klimawandel bewirkt die Veränderung von Lebensbedingungen für Flora und Fauna. Zunehmend breiten sich fremde Tier- und Pflanzenarten aus, die entweder einwandern oder durch die erhöhte Durchgängigkeit aufgrund von Handel und Verkehr sowie die hohe Mobilität der Gesellschaft eingeschleppt werden. Diese finden oftmals gute Lebensbedingungen vor und einige sind in der Lage sich invasiv auszubreiten, wodurch einheimische Tiere und Pflanzen verdrängt werden. Ziel ist es dieser Entwicklung entgegenzuwirken und die einheimische Artenvielfalt und Biodiversität zu erhalten.

### **Maßnahmen zur Zielerreichung**

#### *bereits laufende Maßnahmen*

- Verschiedene Monitoringprogramme, u. a. das Artenmonitoring

#### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Etablierung eines Monitoringsystems über die Ausbreitung von invasiven Tier- und Pflanzenarten (Ergänzung der diesbezüglichen EU-Vorgaben um lokal relevante Arten), ggf. unter Einbeziehung der Bevölkerung (Meldung)
- Bedarfsabhängige Erarbeitung von Konzepten zum Umgang mit nichtheimischen Tier- und Pflanzenarten
- Fachübergreifender Austausch zwischen Wissenschaft und Verwaltung zum Thema invasive Arten
- Extensive Beweidung von Grünflächen zur Beseitigung invasiver Arten bzw. zur Eindämmung der Ausbreitung invasiver Arten
- Bedarfsabhängige Informationskampagnen für die Bevölkerung zu den Risiken und zu den Verbreitungswegen invasiver Arten (Flora/Fauna)
- Erhalt der natürlichen gewässerbezogenen Temperatur zur Vermeidung der Einwanderung neuer Arten

### **Ziel U3: Erhalt der Bodenfunktionen und der Bodendiversität bei sich ändernden Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen.**

**Zielbeschreibung:** Böden haben vielfältige Funktionen, wie die Regelungs- und Speicherfunktion, die Lebensgrundlage- und Lebensraumfunktion, eine Nutzungsfunktion sowie eine Archivfunktion der Zeit- und Naturgeschichte. Aufgrund der engen Verknüpfung mit den Komponenten des Landschaftssystems unterliegen Böden auch klimatischen Änderungen. Der Erhalt der Bodenfunktionen zielt auf die Zusammenhänge im Ökosystem ab, welches natürliche und anthropogene Funktionen beinhaltet, die auch bei sich ändernden klimatischen Bedingungen erhaltenswert sind. Während ein Temperaturanstieg Veränderungen von Bodenfunktionen in einem mittel- bis langfristigen Zeitrahmen verursacht, können Starkregenereignisse in extrem kurzer Zeit irreversible Veränderungen wie Bodenabtrag durch Erosion oder den übermäßigen Eintrag von Schadstoffen in Böden auslösen. Diese negativen Einflüsse gilt es zu vermeiden bzw. zu minimieren.

#### **Maßnahmen zur Zielerreichung**

##### *bereits laufende Maßnahmen*

- Zusammenführung und Auswertung von Fachdaten und Erstellung von Fachkarten im Bereich Boden, u. a. die Bodenfunktionskarte („Karte der schutzwürdigen Böden“)
- Weiterentwicklung des städtischen Grundwassermodells mit einer höheren Dynamisierung von hydrologischen Eingangsgrößen (täglich) zur dynamischeren Abbildung zukünftiger Grundwasserneubildung und weiterer hydrologischer Größen
- Gezielte Entfernung von erosionsfördernden Bewuchs an Uferböschungen zur Vermeidung von Bodenerosion bei Starkregen/Sturm

##### *derzeit geplante Maßnahmen*

- Ermittlung und Bewertung der Bodenkühlleistung
- Plausibilitätsprüfung des stadtweiten Grundwassermodells und Abgleich mit dem n-GROWA-Modell des Forschungszentrums Jülich (Bodenwasserhaushalt)
- Projektion des Wasserhaushaltes basierend auf einem Klimamodell-Ensemble (bisher nur auf der Basis von WETTREG). Berücksichtigung von verschiedenen Szenarien zukünftiger Rheinpegelextrema und Ermittlung zukünftig möglicher Grundwasserstände.
- Intensivierung der Auswertung der Daten aus der Grundwasserüberwachung

##### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Stärkere Berücksichtigung des Bodenschutzes in der Bauleitplanung (u. a. der Bodenfunktionskarte)
- Erarbeitung von Bodenschutzklauseln in Verträge für die Verpachtung städtischer Flächen (z. B. Landwirtschaft, Mietgärten) im Sinne der Vorbildfunktion der Stadt
- Verringerung / Vermeidung von Bodenverdichtung und -versiegelung bei Baumaßnahmen
- Erhalt schutzwürdiger Böden (Feuchtgebiete, Böden mit C-Senkenfunktion, Böden mit hoher Kühlleistung)
- Informations- und Aufklärungskampagne zum Thema „Boden“
- Risikoanalyse zum Schadstoffaustritt bei Überflutungen (z. B. Heizöltanks) und ggf. Verbesserung entsprechender Schutzmaßnahmen
- Behandlung und Rückhaltung belasteter Abflüsse von versiegelten Flächen
- Intensivierung der Kompostberatung (Bodenschutz unter Berücksichtigung von Klimaveränderungen)
- Naturnahe Umgestaltung von Fließgewässern zur Vermeidung von Erosion bei Starkregen

### **Ziel U4: Sicherung einer hohen (Trink-)Wasserqualität und -quantität sowie eines guten Gewässerzustandes unter veränderten Klimabedingungen.**

**Zielbeschreibung:** Düsseldorf liegt in einer wasserreichen Region. Wasser ist leicht zugänglich und in großen Mengen verfügbar. Trinkwasser wird im Stadtgebiet entlang des Rheins als Uferfiltrat, einem Gemisch aus infiltriertem Rheinwasser und landseitig zuströmendem Grundwasser, gewonnen. Der Erhalt der ortsnahen Gewinnung qualitativ hochwertigen Trinkwassers ist eng mit dem Zustand des Rheins und seiner Nebengewässer sowie dem chemischen Zustand des Grundwassers verknüpft. Ziel ist, die Gewässer als natürliche Lebensgrundlage mit ihren vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten für zukünftige Generationen zu erhalten, so dass die qualitativ hochwertige Trinkwasserversorgung aus ortsnahen Quellen auch zukünftig unter sich ändernden klimatischen Bedingungen sichergestellt werden kann.

#### **Maßnahmen zur Zielerreichung**

##### *bereits laufende Maßnahmen*

- Regelmäßiges flächendeckendes Grundwassermonitoring
- Überwachung der Trinkwasserqualität vom Wasserwerk bis zum Wasserhahn
- Jährliches Monitoring des Makrozoobenthos in Düsseldorfer Fließgewässern
- Naturnahe Umgestaltung von Gewässern (gewässertypischer Ausbau)
- Einplanung zusätzlicher Speicherkapazitäten zur Gewässerentlastung beim Neubau von Kanalisationsanlagen /im Mischsystem), Rückhaltung des gesammelten Niederschlagswassers, wo es nach EU-WRRL und anerkannten Nachweisen notwendig ist.
- Sanierung von Grundwasserverunreinigungen im Stadtgebiet
- Öffentlichkeitsarbeit zum sinnvollen wassersparenden Verbrauchsverhalten zur Vermeidung von Stagnationszonen im TW-Verteilungsnetz (Qualitätsbeeinträchtigungen vor allem während langanhaltenden Hitzeperioden)

##### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Risikoanalyse zum Schadstoffaustritt bei Überflutungen (z. B. Heizöltanks) und ggf. Verbesserung entsprechender Schutzmaßnahmen
- Erhalt und naturnahe Umgestaltung von Bach-Auen im Stadtgebiet
- Behandlung und Rückhaltung belasteter Abflüsse von versiegelten Flächen
- Konsequente Erfassung und Bewertung der Auswirkungen von Anlagen zur gezielten Versickerung von Niederschlagswasser auf die Grundwasserstände und -beschaffenheit
- Anpassung der Anforderungen an die Sanierung von Grundwasserverunreinigungen im Stadtgebiet
- Maßnahmen zur Wiederherstellung und Erhalt des guten chemischen Zustandes und damit der vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten des Grundwassers
- Umweltbildung und Informationskampagnen zum dem Thema „Wasser und Gewässer“
- Genauere Ermittlung des Wasserhaushalts der Fließgewässer

## Ziel S1: Stärkung und Weiterführung der ämter- und städteübergreifenden Zusammenarbeit zur Klimaanpassung

**Zielbeschreibung:** Klimaveränderungen und ihre Auswirkungen betreffen alle kommunalen Handlungsfelder. Maßnahmen zur Anpassung sind oftmals nur integriert und im Zusammenwirken aller Akteure erfolgversprechend umzusetzen. Dies erfordert in der Stadtverwaltung eine ämterübergreifende Zusammenarbeit. Durch die Stärkung und die Weiterführung dieser Zusammenarbeit kann eine nachhaltige Planung und Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen zur Erhaltung der Lebensqualität in der Stadt gesichert werden. Mit der Projektgruppe Klimaanpassung wurde in der Düsseldorfer Verwaltung bereits eine gute Basis für den ämterübergreifenden Austausch geschaffen. Die bestehenden Kooperationsstrukturen auf dem Gebiet der Klimafolgenanpassung gilt es im Hinblick auf eine erfolgreiche Umsetzung und ein Monitoring des Klimaanpassungskonzeptes zu stärken, auszuweiten und zu verstetigen.

### Maßnahmen zur Zielerreichung

#### *bereits laufende Maßnahmen*

- Ämterübergreifende Projektgruppe Klimaanpassung 2014

#### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Fortführung der Projektgruppe Klimaanpassung zum Monitoring der Konzeptumsetzung und als übergreifende Austausch- und Informationsplattform (ein bis zwei Treffen im Jahr)
- Beantragung von Fördermitteln für den Einsatz eines/einer Klimaanpassungsmanagers/-managerin zur Begleitung der Konzeptumsetzung
- Weiterentwicklung einer handlungsfeldbezogenen Kommunikationsstruktur mit Bezug zu konkreten Projekten
- Intensivierung des dezernatsübergreifenden Erfahrungsaustausches zu unterschiedlichen Klimafragen
- Abstimmung der Klimaanpassungsziele und -maßnahmen im interkommunalen Arbeitskreis mit den Nachbarkommunen (Neuss, Mettmann, etc.)
- Einrichtung einer Koordinationsstelle Klimaanpassung (analog zur Koordinationsstelle Klimaschutz)
- Regelmäßiger Abgleich der beiden Düsseldorfer Konzepte zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung, insbesondere hinsichtlich Synergien und Konflikten auf Maßnahmenebene
- Intensivierung des Austausches mit dem Klimabündnis
- Nutzung der Städtefreundschaften und Städtepartnerschaften zum Erfahrungsaustausch in der Klimaanpassung
- Mitarbeit in Städtenetzwerken

## Ziel S2: Verstärkte Sensibilisierung von Politik, Unternehmen und Öffentlichkeit für Klimaanpassungsthemen

**Zielbeschreibung:** Der Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels und den daraus resultierenden Erfordernissen bedarf in vielen Bereichen des stadtgesellschaftlichen Zusammenlebens der Veränderung von Denk- und Verhaltensmustern. Dies lässt sich durch Information, Aufklärung und Bildung erreichen. Ziel ist es den BürgerInnen, der lokalen Wirtschaft und den politischen EntscheidungsträgerInnen die Kernpunkte der Klimaanpassung verständlich zu vermitteln, um eine Sensibilisierung und ein Bewusstsein für den Klimawandel sowie die damit im Zusammenhang stehenden Folgen und Prozesse zu erreichen. Dabei sollten auch immer die Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie jede/r Einzelne einen Beitrag zur Erhöhung der Resilienz der Landeshauptstadt leisten kann.

### Maßnahmen zur Zielerreichung

#### *bereits laufende Maßnahmen*

- KAKDUS website/Newsletter
- Hitzeberatung/Schimmelberatung Verbraucherzentrale
- Beratung zum Rückstauschutz bzw. zur Starkregenvorsorge durch die Stadtentwässerung
- Bauberatung (SAGA/Haus+Grund)

#### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Fortführung und ggf. Ausbau der KAKDUS-website
- Implementierung der Klimafolgenanpassung in Kitas und das schulische Bildungssystem (z.B. Umweltbildungskonzept des Umweltamts) und außerschulische Angebote (z. B. Volkshochschule)
- Durchführung einer Kooperationsbörse Klimawandel
- Verstärkte Vernetzung oder Bündelung vorhandener Beratungsangebote (Schaffung einer zentralen Anlaufstelle/AnsprechpartnerInnen benennen)
- Ideenwettbewerb zur Klimafolgenanpassung (z.B. „Anpassungspioniere“, evtl. Nutzung des jährlichen Umweltpreises)
- Erstellung von Handlungsleitfäden/Flyer zu Klimarisiken und Anpassungsmaßnahmen
- Informationsveranstaltungen zur Klimaanpassung in Düsseldorf
- Bürgerinformationsbroschüre zum Anpassungskonzept
- Einrichtung einer Kleinen Kommission Klima in den politischen Gremien
- Bedarfsabhängige Informationskampagnen für die Bevölkerung zu den Risiken und zu den Verbreitungswegen invasiver Arten (Flora/Fauna)
- Intensivierung der Information der Bevölkerung zum Schutz vor klimasensitiven Krankheitserregern und -überträgern sowie sonstigen klimabeeinflussten Gesundheitsrisiken, wie Legionellen aus der Abluft Kühlgregaten etc.

### Ziel S3: Etablierung eines umfassenden Klimawandelmonitorings

**Zielbeschreibung:** Um den Folgen des Klimawandels zu begegnen und erfolgreich Anpassungsmaßnahmen entwickeln und nachhaltig umsetzen zu können bedarf es einer ausreichenden Daten- und Wissensbasis. Durch die Etablierung eines umfassenden, klimawandelorientierten Monitoringprogramms wird es möglich, die Ausprägungen sowie die Auswirkungen des Klimawandels im Stadtgebiet und näherem Umland genau zu erfassen und zu dokumentieren. Das Monitoring sollte so aufgestellt sein, dass sich die Wirkungen von Klimaanpassungsmaßnahmen quantifizieren oder zumindest qualitativ beurteilen lassen. Nur so ist ein effektives Controlling gewährleistet. Weiterhin dient eine kontinuierliche Erfassung von Daten und geeigneten Indizes, dazu auf veränderte Rahmenbedingungen, wie z.B. die Temperaturentwicklung in bestimmten Stadtteilen, rechtzeitig zu reagieren.

#### Maßnahmen zur Zielerreichung

##### *bereits laufende Maßnahmen*

- phänologisches Monitoring (Phänologischer Garten)
- Stadtklimastationen (betreut durch MeteoMedia)
- Artenmonitoring

##### *zukünftige Maßnahmenoptionen*

- Teilnahme an Forschungsprojekten (z. B. zum Stadtklimawandel)
- Etablierung eines Monitorings zur thermischen Belastung auf Basis der vier bestehenden Wetterstationen
- Nutzung der vorhandenen Strukturen der ämterübergreifenden Projektgruppe zum Umgang mit dem Eichenprozessionsspinner auch für andere klimasensitive Krankheitserreger bzw. -überträger bzw. invasive Arten
- Fortführung der bestehenden Monitoringprogramme, u. a. des Artenmonitorings
- Etablierung eines Monitoringsystems über die Ausbreitung von invasiven Tier- und Pflanzenarten (Ergänzung der diesbezüglichen EU-Vorgaben um lokal relevante Arten)
- Bedarfsabhängige Ausweitung des Monitorings auf klimasensitive Krankheitserreger bzw. -überträger (Vektoren) (z. B. Ambrosia, Tigermücke, Zecken, Mücken)
- Aktive Einbeziehung der Bevölkerung in das Monitoring (Einrichtung eines Meldesystems oder ähnliches)

### 5.2.2 SCHLÜSSELMAßNAHMEN

Schlüsselmaßnahmen sind diejenigen prioritären Maßnahmen oder Cluster aus mehreren prioritären Maßnahmen, die für die Umsetzung des Anpassungskonzeptes als besonders zielführend angesehen werden. Es handelt sich um solche Maßnahmen, die aus Gründen der Dringlichkeit oder des Leuchtturmeffektes nach Ende des Projektes möglichst kurzfristig vorbereitet werden sollten. Dazu gehören auch solche Maßnahmen, die bereits laufen und im Sinne der Klimaanpassung weiter fortgeführt werden sollten.

Die Auswahl der Schlüsselmaßnahmen (Tab. 6) erfolgte in enger Abstimmung mit der Projektgruppe, insbesondere im Rahmen der 4. Projektgruppen-Sitzung. Entsprechende Anregungen aus den vorangegangenen Veranstaltungen, die Erkenntnisse aus der verwaltungsinernen Erhebung und weitere Rückmeldungen der einzelnen Fachämter fanden ebenfalls Eingang in die Auswahl.

Tab. 6: Schlüsselmaßnahmen

Schlüsselmaßnahmen KAKDUS	
Analytisch	<b>SM 1</b> Weiterentwicklung und Konkretisierung der Starkregengefahrenkarte
	<b>SM 2</b> Grundwassermodellierung auf der Basis aktueller Klimaszenarien
	<b>SM 3</b> Fortschreibung und Detaillierung der Klimaanalyse
	<b>SM 4</b> Aufbau eines Monitoringberichts Klimawandel
Ökologisch & baulich	<b>SM 5</b> Düsseldorfer Stadtbaumkonzept
	<b>SM 6</b> Klimawandelgerechte Entwicklung des Stadtwaldes
	<b>SM 7</b> Intensivierung der Dach-, Fassaden und Innenhofbegrünung
	<b>SM 8</b> Konzept zum Umgang mit Starkregenereignissen
	<b>SM 9</b> Handlungsplan zum Erhalt und Verbesserung der Bodenkühlleistung und des natürlichen Bodenwasserhaushaltes
	<b>SM 10</b> Schutz und Erhalt der Gewässer als Bestandteil der Natur und als Grundlage der Trinkwasserversorgung
	<b>SM 11</b> Aktionsplan zur Verschattung und zur Abkühlung stark frequentierter öffentlicher Räume
Organisatorisch & kommunikativ	<b>SM 12</b> Handlungsempfehlungen zur Berücksichtigung von Klimaanpassungsbelangen in Planungsverfahren
	<b>SM 13</b> Auszeichnung zum klimaangepassten Bauen
	<b>SM 14</b> Informationskampagne zum Umgang mit Klimaveränderungen und Anpassungsmaßnahmen
	<b>SM 15</b> Institutionalisierung der Klimaanpassung innerhalb der Düsseldorfer Stadtverwaltung

Zu jeder Schlüsselmaßnahme wurde zunächst von gutachterlicher Seite ein Steckbrief-Vorschlag ausgearbeitet. In diesen Steckbriefen sind alle wichtigen Merkmale der jeweiligen Maßnahme auf einer Seite zusammengefasst. Sie umfassen eine kurze Maßnahmenbeschreibung sowie Aussagen zu begleitenden Maßnahmen, die eine Umsetzung der Schlüsselmaßnahmen unterstützen könnten. Es wird außerdem angegeben, welchen vorab definierten Zielen die Maßnahme dient und welche Synergien durch die Umsetzung der Maßnahme generiert werden können. Der Steckbrief benennt sowohl die federführenden Akteure sowie weitere Akteure, die bei der konkreten Ausgestaltung und/oder Umsetzung der Maßnahme eingebunden



werden sollten bzw. könnten. Darüber hinaus werden Aspekte der Wirtschaftlichkeit sowie zur Finanzierung der Maßnahme beschrieben. Also z. B. welcher langfristige wirtschaftliche Nutzen von der Maßnahme ausgeht und ob es Fördermöglichkeiten für die Umsetzung gibt. Falls vorhanden, werden Anknüpfungspunkte zu bestehenden Aktivitäten und Instrumenten der Landeshauptstadt Düsseldorf aufgeführt. Nach Möglichkeit werden bereits Vorschläge für Pilotprojekte unterbreitet bzw. einige Schlüsselmaßnahmen haben selbst den Charakter eines Pilotprojekts. Die Referenzen geben Hinweise auf gute Beispiele aus anderen Kommunen bzw. unterstützende Fachliteratur.

Die Steckbriefe wurden zunächst mit einem oder mehreren VertreterInnen der Düsseldorfer Verwaltung vorabgestimmt. Dabei handelte es sich in der Regel um Projektgruppenmitglieder aus den Fachämtern, denen die Federführung bei der Maßnahmenumsetzung obliegen würde. Im Rahmen der 5. Projektgruppen-Sitzung wurde der bis dato erarbeitete Stand der Steckbriefe den Mitgliedern der Projektgruppe vorgestellt und diskutiert. Im Nachgang der Veranstaltung bestand die Möglichkeit, die Steckbriefe innerhalb der Fachämter weiter abzustimmen und entsprechende Rückmeldungen zu geben.

---

## SCHLÜSSELMASSNAHME 1

### Weiterentwicklung und Konkretisierung der Starkregengefahrenkarte

---

#### Maßnahmenbeschreibung

Die bisherigen Überflutungsmodellierungen des Stadtentwässerungsbetriebs für Teilräume sollen auf die im KAKDUS-Projekt (siehe Belastungskarte Starkregen) ermittelten überflutungsgefährdeten Bereiche ausgeweitet werden. Dazu ist eine deutlich genauere Datenerhebung (digitales Höhenmodell) in diesen Bereichen notwendig. Idealerweise sollten darüber hinaus kleinräumige Strukturen (Mauern, etc.) aufgenommen und als Bruchkanten in das Höhenmodell übernommen werden. Möglichst sollten auch Überstauungen des Kanalnetzes in die Ergebnisse einbezogen werden. Sofern hydrodynamisch rechenbare Teilnetze vorliegen, sollten für diese mit dem Kanalnetz gekoppelte Berechnungen durchgeführt werden. Große Aufmerksamkeit sollte dem Thema Öffentlichkeitsbeteiligung/-arbeit zukommen.

---

#### Unterstützende Maßnahmen

- Bei der Starkregengefahrenkarte steht die Ermittlung neuralgischer Punkte der technischen Infrastruktur (Stromversorgung, Verkehrsnetz, Unterführungen etc.) im Mittelpunkt. Denkbar ist für die Modellierungsansätze auch eine Verknüpfung mit der Flusshochwasser-Thematik.
  - Es bedarf begleitend einer verstärkten Sensibilisierung von Bauherren und Eigentümern zur Gefahrenlage (z. B. über ein Informationssystem mit grundstücksscharfen Überflutungsplänen) und konkreter Informationen zu sinnvollen Schutzmaßnahmen (siehe auch Schlüsselmaßnahme 13).
- 

#### Zielrichtung

GI3, GI4, GI5, GI6, M2, U3, U4, S2, S3, S1

---

#### Synergiepotenziale

Die Starkregengefahrenkarte bietet eine gute Grundlage für die bedarfsorientierte Planung und Umsetzung zusätzlicher Retentionsräume zum Umgang mit Starkregen in Düsseldorf (*Schlüsselmaßnahme 7*).

---

#### Federführung

Stadtentwässerungsbetrieb Düsseldorf

---

#### Zu beteiligende Akteure

Vermessungs- und Katasteramt, Umweltamt

---

#### Finanzierung/Wirtschaftlichkeit

- Es entstehen einmalige gutachterliche Kosten für die Erarbeitung der Starkregengefahrenkarte. Dabei kann auf den Erkenntnissen der vorliegenden Simulationsergebnisse, den vorliegenden Grundlagendaten (digitales Höhenmodell, Generalentwässerungsplanung, Kanalbestandsdaten etc.) und vorhandenen konzeptionellen Ansätzen aufgebaut werden.
  - Durch die Identifizierung von Überflutungsschwerpunkten können öffentliche Investitionen zum Überflutungsschutz (insb. bauliche Maßnahmen) bedarfsgerecht eingesetzt werden. Gleichzeitig können auf dieser Grundlage auch Grundstücks- und Gebäudeeigentümer gezielt sensibilisiert werden, um durch Objektschutzmaßnahmen Folgekosten durch Überflutungsschäden an ihren Immobilien zu vermeiden bzw. zu minimieren.
- 

#### Mögliche Anknüpfungspunkte

- Beim Stadtentwässerungsbetrieb Düsseldorf liegen in Teilbereichen entsprechende Grundlagendaten und Untersuchungen zur Überflutungssimulation bereits vor.
  - Im Rahmen von KAKDUS wurde von der Dr. Pecher AG eine Sensitivitätsstudie durchgeführt.
- 

#### Mögliches Pilotprojekt

- Seeheimer Weg
  - Ziegeleiweg
  - Guerickeweg
  - Weg nach den Hingbenden
- 

#### Referenzen

- SAMUWA – Die Stadt als hydrologisches System im Wandel, Verbundvorhaben
  - KLAS Bremen – KlimaAnpassungsStrategie Extreme Regenereignisse
  - Köln21 – klimawandelgerechte Metropole
  - kiss.me – wassersensible Stadtentwicklung
- 

#### Anmerkungen

---

---

## SCHLÜSSELMASSNAHME 2

### Grundwassermodellierung auf der Basis aktueller Klimaszenarien

---

#### Maßnahmenbeschreibung

Die Stadt Düsseldorf verfügt über ein aktuelles und detailliertes Grundwassersimulationsmodell. Im Rahmen einer Untersuchung zur Entwicklung der Grundwasserstände infolge des Klimawandels wurde jedoch deutlich, dass die modelltechnische Berücksichtigung der Auswirkungen der stark vom Klimawandel abhängigen Faktoren, wie u. a. Temperatur, Bodenfeuchte und Evapotranspiration auf die Grundwasserneubildung zu aktualisieren ist. Daher soll die zukünftige Entwicklung der Grundwasserstände auf Basis verschiedener regionaler Klimamodelle (einem Klimaensemble) ermittelt werden. Die Wechselwirkung mit dem Rhein sollte dabei Bestandteil der Modellierung sein. Im Rahmen der Modellierungen sind die saisonalen Schwankungen des Grundwasserstandes herauszuarbeiten. Im Zusammenhang mit den langfristig prognostizierten Veränderungen der Niederschläge (Menge, Intensität, jahreszeitliche Verteilung, etc.) sind zum Beispiel Gebiete mit zukünftig hohen oder deutlich niedrigeren Grundwasserständen zu identifizieren.

---

#### Unterstützende Maßnahmen

- Die Ergebnisse der Modellierung sollten als Grundlageninformation für Planungsvorhaben und Maßnahmen bereitgestellt werden. Denkbar wäre ein Online-Kartensystem über einen WMS-Dienst (Web Map Service für Intra-/Internet).

---

#### Zielrichtung

GI4, U1, U3, U4, S3

---

#### Synergiepotenziale

Die Modellierung kann als Arbeitsgrundlage für die Erarbeitung eines Handlungsplans zum Erhalt und zur Verbesserung der Bodenkühlleistung und des natürlichen Bodenwasserhaushaltes (*siehe Schlüsselmaßnahme 8*) in Düsseldorf dienen.

---

#### Federführung

Umweltamt

---

#### Zu beteiligende Akteure

Stadtwerke Düsseldorf

---

#### Finanzierung/Wirtschaftlichkeit

- Es entstehen einmalige Kosten für die Durchführung der Modellierungen. Weitere Kosten entstehen im Zusammenhang mit der Zusammenstellung und Bereitstellung der Klimaensembles.
- Durch die Aufbereitung der vorhandenen Datengrundlagen zu den Grundwasserständen und durch die frühzeitige Sensibilisierung für Maßnahmen zum Schutz vor Vernässungen können Sachschäden und daraus entstehende Folgekosten vermieden bzw. minimiert werden; gleiches gilt für Böden, die im Rahmen der Prognose zunehmend Trockenperioden ausgesetzt sind.

---

#### Mögliche Anknüpfungspunkte

- vorliegende Fachdaten und Fachkarten im Bereich Boden

---

#### Mögliches Pilotprojekt

---

#### Referenzen

- Grundwasser und Geotechnische Planungskarte Bremerhaven

---

#### Anmerkungen

---

---

### SCHLÜSSELMASSNAHME 3

#### Fortschreibung und Detaillierung der Klimaanalyse

---

##### Maßnahmenbeschreibung

Die vorliegende Klimaanalyse für die Landeshauptstadt Düsseldorf\* mit ihrem zentralen Produkt der Planungshinweiskarte aus dem Jahr 2012 soll durch das stadtklimatische Prozessgeschehen (Kalt- und Frischlufthaushalt) erweitert und perspektivisch entsprechend dem Stand der Technik (=meso-/ mikroskalige Modellrechnung) aktualisiert werden. Durch den höheren Detaillierungsgrad soll eine qualifiziertere Argumentation und eine Aufwertung der Bebauungsgrenzen in klimatisch bedeutsamen Bereichen ermöglicht werden, die auf Basis der derzeitigen Klimaanalyse in der Planungshinweiskarte festgelegt wurden. Durch die Maßnahme können die Belange der Klimaanpassung besser dargestellt und in der Bauleitplanung stärker berücksichtigt werden.

---

##### Unterstützende Maßnahmen

- Räumlich differenzierte Betroffenheitsanalyse der Bevölkerung und von sensiblen sozialen Infrastrukturen unter Berücksichtigung von Mehrfachbelastungen (z. B. Hitze, Pollen, Ozon).
  - Der Aufbau eines stadtweiten Monitorings zum Klimawandel (vgl. *Schlüsselmaßnahme 15*) kann die Aussagen der Klimaanalyse ergänzen und unterstützen.
- 

##### Zielrichtung

GI1, GI2, M1, S2

---

##### Synergiepotenziale

Durch die Verfeinerung der Klimaanalyse werden Informationen generiert, die auch für andere Fach- und Querschnittsplanungen relevant sein können (u. a. klimawandelgerechte Stadtentwicklung, Umweltgerechtigkeit, Klimaschutz, Nachhaltigkeit). Zudem können die Analyseergebnisse Voraussetzung und Planungsgrundlage für eine hochwertige und zielgerichtete Umsetzung anderer Maßnahmen sein (z.B. *Schlüsselmaßnahmen 4, 6, 8, 10, 11*).

---

##### Federführung

Umweltamt

---

##### Zu beteiligende Akteure

Stadtplanungsamt, Amt für Statistik und Wahlen, Vermessungs- und Katasteramt, externe Gutachter

---

##### Finanzierung/Wirtschaftlichkeit

- Es entstehen einmalige Kosten für die Verfeinerung der vorhandenen Klimaanalyse, insbesondere bei der Beauftragung externer Gutachter (eine vollumfängliche Umsetzung der Schlüsselmaßnahme ist mit Kosten im niedrigen 6-stelligen Bereich verbunden).
  - Eine räumlich hoch aufgelöste Klimaanalyse ist ein detailliertes Planungsinstrument, wodurch für Einzelvorhaben eventuelle zusätzliche stadtklimatische Gutachten obsolet werden.
  - Ggf. kann teilweise eine Förderung über die Nationale Klimaschutzinitiative erreicht werden.
- 

##### Mögliche Anknüpfungspunkte

- Klimaanalyse/ Planungshinweiskarte für die Landeshauptstadt Düsseldorf (2012)
- 

##### Mögliches Pilotprojekt

- Integrierte Quartiersentwicklung Düsseldorf „Zukunft Quartier.Düsseldorf“
- 

##### Referenzen

- Stadtklimaanalyse Berlin
- 

##### Anmerkungen

\* Die bisher vorliegende Klimaanalyse für die Landeshauptstadt Düsseldorf ist grundsätzlich geeignet, eine überschlägige Ersteinschätzung zu den Auswirkungen von städtebaulichen Eingriffen auf das thermische Wohlbefinden der Stadtbevölkerung abzuleiten. Allerdings bildet die Klimaanalyse das stadtklimatische Prozessgeschehen (vor allem thermisch bedingte Kaltluftflüsse und Leitbahnen) nicht hinreichend ab und aus der eher groben räumlichen Auflösung können in nur unzureichendem Maße Belastungsschwerpunkte im Bestand abgeleitet werden.

---

---

## SCHLÜSSELMASSNAHME 4

### Aufbau eines Monitoringberichts zum Klimawandel

---

#### Maßnahmenbeschreibung

Es soll ein stadtweites, integriertes Monitoring aufgebaut werden, um den Grad des lokalen Klimawandels in Düsseldorf dauerhaft zu dokumentieren. Hierbei sollte das durch verschiedene Institutionen betriebene stationäre Klimamessnetz harmonisiert und gegebenenfalls ausgebaut werden. Neben der Erhebung von Klimadaten geht es aber vor allem auch darum, etwaige Folgen und Schäden durch klimatische Veränderungen systematisch zu erfassen. Zentrales Produkt sollte ein regelmäßiger Monitoringbericht zum Klimawandel sein, der auf der Basis eines zu entwickelnden Indikatorensystems eine über die Zeit vergleichbare Entwicklung des urbanen Klimawandels und seiner lokalen Folgen möglich macht. Anschauliche und prägnante Indikatoren könnten u. a. sein: Klimaveränderungen, Vektoren, Krankheiten, sonstige im Rahmen des Klimawandels relevanten Organismen, Grundwasserstände, Fließgewässerpegel oder der Zustand der Stadtbäume. Weitere inhaltliche Kernpunkte der Maßnahme sind die aktive Einbeziehung der Bevölkerung in das Monitoring.

---

#### Unterstützende Maßnahmen

---

#### Zielrichtung

S2, S3, M3, U1, U2, U3, U4

---

#### Synergiepotenziale

Es werden Informationen generiert, die auch für andere Zukunftsaufgaben der Stadtverwaltung wertvoll sein können (z. B. den Nachhaltigkeitsprozess). Die erhobenen Daten können die Umsetzungsqualität vieler anderer Schlüsselmaßnahmen verbessern.

---

#### Federführung

Umweltamt

---

#### Zu beteiligende Akteure

alle datengenerierenden Ämter und Eigenbetriebe, Biologische Station Haus Bürgel, ggf. externe Gutachter

---

#### Finanzierung/Wirtschaftlichkeit

---

#### Mögliche Anknüpfungspunkte

- Artenmonitoring
  - Phänologischer Garten
  - ämterübergreifende Projektgruppe zum Eichenprozessionsspinner
- 

#### Mögliches Pilotprojekt

- Nutzung von epiphytischen Flechten zur Überprüfung der innererstädtischen Belüftung.
- 

#### Referenzen

- Regelmäßiger Monitoringbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel.
- 

#### Anmerkungen

---

---

## SCHLÜSSELMASSNAHME 5

### Düsseldorfer Stadtbaumkonzept

#### Maßnahmenbeschreibung

Aufbauend auf das bereits vorliegende Konzept „1000 Bäume“ soll ein Handlungskonzept für den Umgang mit Stadtbäumen im Zuge der Klimaanpassung in Düsseldorf erarbeitet werden. Neben der punktuell angestrebten Erhöhung des Baumanteiles (u. a. zur Optimierung der Verschattungs- und Verdunstungskühlleistung) in der Stadt, soll dieses Konzept vor allem Maßnahmen enthalten, die zur Verbesserung der Resistenz des vorhandenen Stadtgrüns gegenüber Extremwettern (Hitze, Trockenheit, Sturm) und klimabedingten Krankheiten beitragen. Ein wichtiger Baustein des vorliegenden „1000 Bäume“-Konzepts ist ein Kriterienkatalog für geeignete Baumstandorte, der eine Grundlage für die Standortoptimierung des Baumbestands und für die Auswahl und Gestaltung neuer Baumstandorte bildet. Hierbei wurden beispielhafte Lösungen für verschiedene Standortsituationen ausgearbeitet, die es nunmehr in der Fläche - schwerpunktmäßig in den klimatischen Lasträumen - umzusetzen gilt. Langfristiges Ziel des Konzepts ist es, die Baumgesundheit durch eine systematische Berücksichtigung von Standortansprüchen, die Verbesserung von Standorteigenschaften, die Auswahl klimaresistenter Arten und die Erhöhung der Artenvielfalt zu verbessern.

#### Unterstützende Maßnahmen

- Öffentlichkeitsarbeit zum ökonomischen, gesundheitlichen und sozialen Nutzen von Stadtgrün
- Bereitstellung von Informationen zu klimaresistenten Pflanzenarten, Pflegemaßnahmen etc. für Private
- Einsatz/Erprobung innovativer Bewässerungstechniken bei bewässerungsintensiven Einzelstandorten
- Prüfung und ggf. Einsatz erweiterter Baumrigolen mit Retentionsmöglichkeiten

#### Zielrichtung

GI1, GI2, M1, U1, U2

#### Synergiepotenziale

Durch die Verschattung und Verdunstung durch Stadtbäume können Synergien mit Anpassungsmaßnahmen zur Abkühlung von öffentlichen Räumen erzielt werden (*insb. Schlüsselmaßnahmen 6 und 10*). Ausreichend dimensionierte Pflanzgruben unterstützen zudem die Versickerung und den Rückhalt von Regenwasser. Nicht zuletzt spielen Bäume eine herausragende Rolle für den Klimaschutz indem sie die Luft filtern, Sauerstoff produzieren und große Mengen CO<sub>2</sub> speichern.

#### Federführung

Garten-, Friedhofs- und Forstamt

#### Zu beteiligende Akteure

Stadtplanungsamt, Amt für Verkehrsmanagement, Sportamt, Stadtentwässerungsbetrieb, Stadtwerke, Gartenbaufirmen

#### Finanzierung/Wirtschaftlichkeit

- Der steigende Pflege- und Unterhaltungsbedarf des Baumbestandes durch den Klimawandel erfordert angepasste finanzielle und personelle Ressourcen. Derzeit muss viel Zeit und Geld in die Pflege und Verkehrssicherung geschwächter und kranker Bäume investiert werden, die nur in einem sehr begrenzten Umfang stadtklimatische Funktionen erfüllen. Eine klimagerechte Artenauswahl, optimierte Standortbedingungen, eine gute Pflanzenqualität sowie regelmäßige und qualifizierte Pflege führen zu einem gesünderen Baumbestand und reduzieren langfristig die Kosten für Baumpflege und -unterhalt.
- Evtl. bestehen Fördermöglichkeiten im Rahmen des Bundesprogramms zur Biologischen Vielfalt des Bundesamts für Naturschutz oder des Aufrufs „Grüne Infrastruktur NRW“ (EFRE).

#### Mögliche Anknüpfungspunkte

- Umsetzung des bereits vorliegenden Konzeptes „1000 Bäume“
- Fortführung und Ausweitung der Tests zu klimafesteren Sorten durch die Stadtgärtnerei
- Weiterführung und Verwendung der Düsseldorfer Zukunftsbaumliste (AG Zukunftsbaume)
- Ergänzung des elektronischen Baumkatasters um Aspekte zur Standortqualität
- Grünordnungsplan 2025 - rheinverbunden

#### Mögliches Pilotprojekt

---

#### Referenzen

- Stadtbaumkonzept Jena

#### Anmerkungen

Bei der Konzepterstellung sind Konflikte mit anderen Nutzungsansprüchen zu lösen (Laubfall und Straßeneinläufe; Baumwurzeln und Leitungen; Verschattung von Solaranlagen, PKW-Stellplätze, Anleiterflächen der Feuerwehr)

---

---

## SCHLÜSSELMASSNAHME 6

### Klimawandelgerechte Entwicklung des Stadtwaldes

---

#### Maßnahmenbeschreibung

Die klimawandelgerechte Entwicklung des Stadtwaldes beinhaltet in erster Linie die Fortführung der nachhaltigen Pflege des Waldes gemäß bestehender FSC/Naturland Zertifizierung unter verstärkter Einbeziehung von Aspekten des Klimawandels.

Dazu gehören die natürliche Verjüngung des Waldes, die Risikoverteilung durch ein breites Baumartenspektrum, die Schaffung einer ausgeglichenen Altersstruktur, die waldbauliche Entwicklung hin zu klimaplastischen Waldbeständen, die Ausweisung von Beobachtungsflächen für den Prozessschutz sowie Strategien zum Umgang mit erhöhtem Freizeitaufkommen im Zuge des Klimawandels.

---

#### Unterstützende Maßnahmen

- Gutachterliche Erarbeitung einer klimabedingten Standortprognose für den Stadtwald.
- 

#### Zielrichtung

GI4, M2, U1, U2

---

#### Synergiepotenziale

Neben seiner Bedeutung als wichtiger Ausgleichs- und Erholungsraum für die Bevölkerung erfüllt der Düsseldorfer Stadtwald wichtige klimarelevante Funktionen wie bspw. die Wirkung als Kohlenstoffsенke oder die verstärkte Aufnahme- und Speicherfähigkeit der Vegetationsdecke für Wasser und dessen Verdunstung. Zudem leistet der Stadtwald einen großen Beitrag zum Klimaschutz als Frischluftlieferant und durch seine Fähigkeit Luftschadstoffe zu filtern. Weitere Synergien ergeben sich im Zusammenhang mit dem Ziel, die Biodiversität im Stadtgebiet zu erhöhen.

---

#### Federführung

Garten-, Friedhofs- und Forstamt

---

#### Zu beteiligende Akteure

---

#### Finanzierung/Wirtschaftlichkeit

- Es entstehen einmalig Kosten für das Gutachten über die klimabedingte Standortprognose für den Stadtwald. Langfristig sind positive finanzielle Effekte durch eine entsprechend angepasste Bewirtschaftung des Waldes zu erwarten.
  - Evtl. Förderung von Maßnahmen zum Erhalt und Ausbau des CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzials von Wald und Holz sowie zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel im Rahmen des „Waldklimafonds“ oder von Investitionen in die Entwicklung von Waldgebieten und Verbesserung der Lebensfähigkeit von Wäldern (Waldumbau) über den „ELER-Fonds“.
- 

#### Mögliche Anknüpfungspunkte

- Grünordnungsplan 2025 - rheinverbunden
  - Neuaufstellung der Forsteinrichtung 2016 (Inventur und Planung) für den gesamten Stadtwald unter Berücksichtigung von Klimawandelaspekten.
- 

#### Mögliches Pilotprojekt

---

#### Referenzen

- Klimawandel im Wald – Konzept für eine Anpassungsstrategie für Nordrhein-Westfalen (Klimafolgen, Anpassungsmaßnahmen und klimadynamisches Waldinformationssystem)
- 

#### Anmerkungen

---

---

## SCHLÜSSELMASSNAHME 7

### Intensivierung der Dach-, Fassaden- und Innenhofbegrünung

---

#### Maßnahmenbeschreibung

Um die Dach-, Fassaden- und Innenhofbegrünung entsprechend dem STEK 2025+ (Entwurf, Leitlinie 5.4, Ziel 1, Projekt 1) auszuweiten sollen die bestehenden Maßnahmen und Anreize (z. B. Förderprogramme „Dach-, Fassaden- und Innenhofbegrünung“ oder „Klimafreundliches Wohnen und Arbeiten“) aufeinander abgestimmt fortgeführt, besser beworben und ggf. intensiviert werden. Um den Anteil von begrünten Dächern, Fassaden und Innenhöfen bei Neubauten in den im Rahmen von KAKDUS identifizierten klimasensitiven Bereichen zu erhöhen, sollen „Standard-Anforderungen“ (z. B. zur Substratdicke etc.) für Bebauungspläne und für größere Bauvorhaben außerhalb von Bebauungsplänen entwickelt werden. Durch Kontrollen soll geprüft werden, ob die geforderte Begrünung tatsächlich realisiert wird und ggf. eine Nachbesserung eingefordert werden.

---

#### Unterstützende Maßnahmen

- Verstärkte Sensibilisierung und Beratung von Investoren, Projektentwicklern und privaten Eigentümern sowie der Architekten-, Ingenieurs- und Handwerkskammern zu den Vorteilen von Dach- und Fassadenbegrünungen und zu Fördermöglichkeiten (z. B. durch Öffentlichkeitsarbeit wie „Tag des offenen Gründachs“).
  - Stärkere Gewichtung von Begrünungsmaßnahmen bei Hochbauwettbewerben.
- 

#### Zielrichtung

GI1, GI2, GI3, GI4, GI6, M1

---

#### Synergiepotenziale

Die Ausweitung begrünter Dächer und Fassaden bietet erhebliche Synergiepotenziale für die Klimaanpassung und den Klimaschutz. Sie wirken als Objektschutz vor Witterungseinflüssen sowie als natürlicher Wärme- bzw. Kältepuffer. Sie tragen demnach als CO<sub>2</sub>-freie Alternative zum Klimakomfort in Gebäuden bei. Darüber hinaus werden durch die Begrünung zusätzliche Lebensräume für Pflanzen und Tiere geschaffen, Staub und Schadstoffe gefiltert sowie durch die Drosselung von Niederschlägen das Kanalnetz bei Starkregen entlastet. Nicht zuletzt können Dachbegrünungen die Leistung von Solaranlagen auf Dächern erhöhen.

---

#### Federführung

Umweltamt

---

#### Zu beteiligende Akteure

Stadtplanungsamt, Gartenamt, Stadtentwässerungsbetrieb, Bauaufsichtsamt, Kammern, Wirtschaftsförderung

---

#### Finanzierung/Wirtschaftlichkeit

- Begrünte Dächer sind nach vorliegenden Erkenntnissen trotz höherer Herstellungs- und Pflegekosten aufgrund deutlich längerer Lebensdauer wirtschaftlicher als herkömmliche Dacheindeckungen. Durch grüne Fassaden kann witterungsbedingten Schäden vorgebeugt werden. Die gesundheitlichen und wirtschaftlichen Folgekosten durch die städtische Überwärmung und Feinstaubbelastung werden reduziert.
- 

#### Mögliche Anknüpfungspunkte

- Förderprogramm "Dach-, Fassaden- und Innenhofbegrünung" (DAFIB)
  - Förderprogramm „Klimafreundliches Wohnen und Arbeiten in Düsseldorf“
  - Gründachpotentialkataster
  - Einarbeitung entsprechender Empfehlungen in die Überarbeitung der Arbeitshilfe „Umweltrelevante Festsetzungen in Bebauungsplänen“
- 

#### Mögliches Pilotprojekt

---

#### Referenzen

- Hamburger Gründachstrategie
  - „Das Haus im grünen Pelz“, Wien
  - Berlin: Stadtentwicklungsplan Klima „KONKRET - Klimaanpassung in der wachsenden Stadt“ 2016
- 

#### Anmerkungen

Gegenüber Fassadenbegrünungen bestehen nach wie vor Vorbehalte, insbesondere die Sorge, dass Fassaden dadurch geschädigt werden könnten. Untersuchungen belegen, dass diese Sorge unbegründet ist, solange der Untergrund keine Vorschäden aufweist und nachträgliche Sanierungsmaßnahmen ordnungsgemäß vorgenommen werden. Neben Maßnahmen zur Dach- und Innenhofbegrünung sollten daher die Möglichkeiten zur Fassadenbegrünungen nicht außer Acht gelassen werden. An Fassaden können insgesamt mehr Flächen begrünt werden als auf Dächern und das Grünvolumen ist i. d. R. höher als bei extensiven Dachbegrünungen.

---



---

## SCHLÜSSELMASSNAHME 8

### Konzept zum Umgang mit Starkregenereignissen

---

#### Maßnahmenbeschreibung

Im Rahmen der Fortschreibung des Abwasser- und Niederschlagswasserbeseitigungskonzeptes soll ein integrales Konzept zum Umgang mit Starkregenereignissen in Düsseldorf erarbeitet werden. Um die Schäden bei extremen Niederschlägen gering zu halten, sollen die Potenziale ermittelt werden, wo Regenwasser bei solchen Extremereignissen möglichst schadlos zurückgehalten werden kann. Dazu sollen in diesem Konzept die Möglichkeiten zur Niederschlagswasserrückhaltung auf öffentlichen Verkehrs- und Grünflächen („multifunktionale Flächennutzung“) bei seltenen Starkregenereignissen dargestellt und deren Umsetzungsvoraussetzungen beschrieben werden. Ein weiterer Bestandteil des Konzepts ist die Ermittlung des zusätzlichen Retentionspotenzials von Gewässerauen und der dazu erforderlichen Umgestaltungsmaßnahmen.

---

#### Unterstützende Maßnahmen

- Frühzeitige Berücksichtigung und Sicherung von Retentionsflächen zum Überflutungsschutz nach Starkregenereignissen im Rahmen der Bauleitplanung und bei städtebaulichen Wettbewerben (*i.V.m. Schlüsselmaßnahme 12*).
  - In begründeten Einzelfällen, bei denen eine besonders hohe Gefährdung (z. B. durch Lage, geplante Nutzung oder Bauart) anzunehmen ist, sollen Überflutungsgutachten im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens eingefordert werden (*i.V.m. Schlüsselmaßnahme 1*).
  - Sensibilisierung von Gebäudeeigentümern für ergänzende Objektschutzmaßnahmen (*Schlüsselmaßnahme 14*).
- 

#### Zielrichtung

GI3, GI4, GI5, GI6, M2, U3, U4, S1, M3

---

#### Synergiepotenziale

Die Starkregengefahrenkarte (*Schlüsselmaßnahme 1*) bietet eine gute Grundlage für die bedarfsorientierte Suche nach potenziellen Retentionsräumen in Düsseldorf. Durch die verstärkte Begrünung großer Dachflächen (*Schlüsselmaßnahme 7*), bodenverbessernde Maßnahmen (*Schlüsselmaßnahme 9*) sowie durch die Erweiterung des Stadtbaumbestandes (*Schlüsselmaßnahme 5*) können ebenfalls Synergien im Umgang mit Starkregenereignissen resultieren. Auch durch die Kombination des Rückhaltes von Niederschlagswasser mit einer anschließenden Versickerung und/oder Verdunstung kann ggf. ein positiver Beitrag zum Stadtklima bzw. zur Abkühlung der Stadt (*Schlüsselmaßnahme 11*) geleistet werden.

---

#### Federführung

Stadtentwässerungsbetrieb

---

#### Zu beteiligende Akteure

Stadtplanungsamt, Amt für Verkehrsmanagement, Umweltamt, Garten-, Friedhofs- und Forstamt

---

#### Finanzierung/Fördermöglichkeiten

- Durch die Reduzierung des Risikos für Personen- und Sachschäden sowie deren Folgekosten ist der kontrollierte Rückhalt auf wenig schadensanfälligen Flächen grundsätzlich wirtschaftlich sinnvoll. Durch die Umgestaltung öffentlicher Verkehrs- und Freiflächen zu temporären Retentionsräumen für Niederschlagswasser können eventuell Mehrkosten entstehen. Es bedarf hierzu fachübergreifender Finanzierungskonzepte für multifunktionale Flächen.
  - Evtl. Fördermöglichkeiten über „Grüne Infrastrukturen NRW“ oder „Kommunaler Klimaschutz.NRW“.
- 

#### Mögliche Anknüpfungspunkte

##### Mögliches Pilotprojekt

- Neue B-Plangebiete
  - Nördlich Kalkumer Schlossallee
- 

#### Referenzen

- Regenwasserspielplatz Hamburg Neugraben-Fischbek (HAMBURG WASSER)
  - Zollhallenplatz, Freiburg
  - Forschungsprojekt MURIEL („Multifunktionale Urbane Retentionsräume“)
  - Berlin: Stadtentwicklungsplan Klima KONKRET (2016)
  - Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung (BSR 2015)
- 

#### Anmerkungen

Die eigentliche Funktion der für den temporären Regenwasserrückhalt genutzten Flächen soll gewahrt bleiben. Es sollten sich möglichst wenige Beeinträchtigungen (z. B. Barrierefreiheit, Verkehrssicherung, Reinigungsaufwand) durch den Einstau des Wassers ergeben. Bei der Auswahl geeigneter Flächen ist zu klären, wie das zunächst zurückgehaltene Wasser ordnungsgemäß und schadlos beseitigt werden kann.

---

---

## SCHLÜSSELMASSNAHME 9

### Handlungsplan zum Erhalt und zur Verbesserung der Bodenkühlleistung und des natürlichen Bodenwasserhaushaltes

---

#### Maßnahmenbeschreibung

Ein schonender Umgang mit der Ressource Boden vor dem Hintergrund des Klimawandels stellt die unter starkem Wachstumsdruck stehende Landeshauptstadt Düsseldorf vor Herausforderungen. Das bereits vorhandene Maß der baulichen Nutzung, die Versiegelung von Flächen, die Trockenlegung, Grundwasserabsenkung und Einträge von Bauschutt haben zu einer Verringerung der Klimafunktion der Böden in Düsseldorf geführt. Es soll daher ein Handlungsplan erarbeitet werden, der auf den Erhalt und ggf. Verbesserung des natürlichen Bodenwasserhaushalts und der Bodenkühlleistung abzielt. Der Fokus des Plans soll zunächst auf die Identifizierung besonders leistungsstarker bzw. schützenswerter Böden gelegt werden. Darüber hinaus sollen in dem Handlungsplan bodenschützende Maßnahmen formuliert werden, die sich mit dem baulichen Entwicklungsdruck der Stadt vereinbaren lassen. Hierzu zählen beispielsweise Maßnahmen zur Entsigelung sowie die Anwendung geeigneter Bodenbearbeitungsverfahren in der Landwirtschaft und Maßnahmen zum Freihalten von besonders verdunstungsstarken Böden. Dabei soll auch geprüft werden, inwieweit bodenschützende und -verbessernde Maßnahmen bei Ausgleichsmaßnahmen eine stärkere Berücksichtigung finden und in der planerischen Abwägung höher gewichtet werden können (z.B. zur Verbesserung der Bodenkühlleistung in der Bauleitplanung und bei der Verpachtung städtischer Flächen).

---

#### Unterstützende Maßnahmen

- Bereitstellung von Informationen zur geeigneten Bodenbewirtschaftung für Grundstückseigentümer und -bewirtschafter.
  - Ermittlung und Bewertung der Bodenkühlleistung in Ergänzung zur Bodenfunktionskarte (2017 geplant).
- 

#### Zielrichtung

GI2, GI3, M1, U3, U4

---

#### Synergiepotenziale

Böden erfüllen wichtige Funktionen für das Stadtklima. Unversiegelte Böden mit hohen Rückhaltekapazitäten sind Wasserspeicher und tragen ebenso wie Grundwasserböden durch die Verdunstung über die auf ihnen wachsende Vegetation zur Abkühlung bei. Es bestehen daher Synergiepotenziale mit den Schlüsselmaßnahmen, die auf eine Abkühlung abzielen (*Schlüsselmaßnahmen 5, 7 und 11*). Durch ihre Funktion als Kohlenstoffspeicher können Böden darüber hinaus dem Klimawandel entgegenwirken. Gleichzeitig wirken Böden auch ausgleichend auf den Wasserhaushalt: Aufgrund der Rückhaltekapazität wird der Oberflächenabfluss verringert und in Verbindung mit der Filterwirkung ein Beitrag zum Gewässerschutz (*Schlüsselmaßnahmen 8 und 10*) geleistet. Nicht zuletzt werden durch einen schonenden Umgang mit Böden die Bodendiversität, die Produktionsfunktion und die Grundwasserneubildung gefördert.

---

#### Federführung

Umweltamt

---

#### Zu beteiligende Akteure

Stadtplanungsamt, Garten-, Friedhofs- und Forstamt, Liegenschaftsverwaltung

---

#### Finanzierung/Wirtschaftlichkeit

- Es bestehen verschiedene Fördermöglichkeiten (siehe LANUV Arbeitsblatt 29, 2015: „Kühlleistung von Böden“, S. 10), z. B. im Rahmen der „Richtlinien über die Gewährung von Zuwendungen für die Gefahrenermittlung und Sanierung von Altlasten sowie für weitere Maßnahmen des Bodenschutzes“.
- 

#### Mögliche Anknüpfungspunkte

- Planungshinweiskarte / Bodenfunktionskarte
- 

#### Mögliches Pilotprojekt

---

#### Referenzen

- „Kühlleistung von Böden“ (LANUV-Arbeitsblatt 29)
  - Projekt „Aktivierung der Bodenkühlleistung für stadtklimatische Konzepte zur Klimaanpassung am Beispiel der Stadt Neuss“ (bis 2017)
  - „Suchraumkarten“ der Stadt Karlsruhe (Darstellung von Flächen, die sich für eine effektive Aufwertung von Bodenfunktionen eignen)
- 

#### Anmerkungen

---

---

## SCHLÜSSELMASSNAHME 10

### Schutz und Erhalt der Gewässer als Bestandteil der Natur und Grundlage der Trinkwasserversorgung

---

#### Maßnahmenbeschreibung

Zum Schutz und Erhalt von Gewässern (insbesondere der Gewässer, die zur Trinkwassergewinnung genutzt werden) sollen im Zuge der Klimaanpassung die folgenden Maßnahmen durchgeführt werden:

- Fortführung der Sanierung von Grundwasserverunreinigungen im Stadtgebiet,
  - Fortsetzung der naturnahen Umgestaltung von Gewässern (gewässertypischer Ausbau),
  - Anpassung der Gewässerüberwachung nach § 93 Landeswassergesetz Nordrhein-Westfalen (LWG NRW) zur Erfassung der wasserwirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels,
  - Erarbeitung eines Wasserversorgungskonzeptes nach § 38 LWG NRW zur Sicherung der ortsnahen Trinkwassergewinnung unter Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels.
- 

#### Unterstützende Maßnahmen

- Regelmäßiges Monitoring des Zustandes der Gewässer
  - Informationskampagnen zur Funktion und zum Schutz von Gewässern (i.V.m. Schlüsselmaßnahme 14)
- 

#### Zielrichtung

U4, G16

---

#### Synergiepotenziale

Synergien der Maßnahmen zum Schutz und Erhalt der Gewässer im Düsseldorfer Stadtgebiet ergeben sich im Zusammenhang mit der Gesundheitsvorsorge der Bevölkerung (Trinkwasserversorgung) sowie den Informationskampagnen zur Funktion der Gewässer und Starkregenbewältigung (*Schlüsselmaßnahme 8*). Zudem sind die Gewässer wertvolle Bestandteile des Ökosystems sowie wichtiger Lebens- und Rückzugsraum für Tiere und Pflanzen in der Stadt. Nicht zuletzt führt die kühlende Wirkung von Gewässern zu Synergien mit allen Maßnahmen zur Hitzevorsorge (*Schlüsselmaßnahmen 5, 6, 7, 9 und 11*)

---

#### Federführung

Umweltamt

---

#### Zu beteiligende Akteure

Stadtwerke Düsseldorf, Duisburg und Solingen, Stadtentwässerungsbetrieb und Bergisch-Rheinischer Wasserverband sowie private Betroffene und Verpflichtete

---

#### Finanzierung/Wirtschaftlichkeit

- Fördermöglichkeiten nach den Richtlinien über die Gewährung von Zuwendungen für Maßnahmen des Wasserbaus einschließlich Talsperren sowie entsprechend der Förderrichtlinien zur Erkundung und Sanierung von Altlasten und Grundwasserverunreinigungen des Landes Nordrhein-Westfalen, Abwasserabgabe, Abwassergebühren, als ökologische Ausgleichsmaßnahme oder durch Sanierungspflichtige.
- 

#### Mögliche Anknüpfungspunkte

- Bereits laufende Maßnahmen zur Sanierung von Grundwasserverunreinigungen, zur naturnahen Umgestaltung von Gewässern oder zur Neufestsetzung des Wasserschutzgebietes Lörick.
- 

#### Mögliches Pilotprojekt

- Sanierung der Grundwasserverunreinigungen durch perfluorierte Tenside (PFT) Lohausen/Kaiserswerth zur Sicherstellung der ortsnahen Wassergewinnung im Wasserwerk Kaiserswerth
- 

#### Referenzen

---

#### Anmerkungen

---

---

## SCHLÜSSELMASSNAHME 11

### Aktionsplan zur Verschattung und zur Abkühlung stark frequentierter öffentlicher Räume

---

#### Maßnahmenbeschreibung

Zur Erhöhung des Klimakomforts in öffentlichen Räumen soll ein Aktionsplan erarbeitet werden, der aufzeigt, wie durch temporäre oder dauerhafte Maßnahmen eine (zusätzliche) Abkühlung erzielt werden kann. Zunächst soll, ausgehend von den räumlichen Analysen zur Hitzebelastung im Rahmen von KAKDUS, eine Identifizierung derjenigen öffentlichen Räume erfolgen, die über ein besonderes Risiko einer hohen Hitzebelastung verfügen. Für ausgewählte (stark frequentierte) Straßenabschnitte und Plätze sollen individuelle Lösungen zur Abkühlung entwickelt und hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit geprüft werden, z. B.:

- temporäre oder dauerhafte Sonnenschutzeinrichtungen (schattenspendende Elemente),
  - Zerstäubersysteme in stark frequentierten Fußgängerbereichen,
  - Berücksichtigung der Albedo bei der Gestaltung von großen Oberflächen (z. B. Plätze),
  - Prüfung von Alternativen zu Kunstrasen-Sportplätzen.
- 

#### Unterstützende Maßnahmen

- Stärkere Gewichtung von Maßnahmen der Hitzevorsorge bei städtebaulichen Wettbewerben (*i.V.m. Schlüsselmaßnahme 12*).
- 

#### Zielrichtung

GI1, GI2, M1

---

#### Synergiepotenziale

- Es bestehen Synergiepotenziale mit allen weiteren Maßnahmen, die auf eine Abkühlung thermisch belasteter Bereiche abzielen (*Schlüsselmaßnahmen 5, 6, 7 und 9*).
  - Maßnahmen zum Hitzeschutz können eine positive touristische Außenwirkung entfalten.
  - Durch eine Kombination der Verschattungselemente mit Solarmodulen (Vorbild „Solargate“ IAA Frankfurt) können Synergien mit dem Klimaschutz erzielt werden
- 

#### Federführung

N.N.

---

#### Zu beteiligende Akteure

Amt für Verkehrsmanagement, Stadtplanungsamt, Sportamt, Umweltamt, Gartenamt, Rheinbahn, Düsseldorf Marketing & Tourismus GmbH, Einzelhandel

---

#### Finanzierung/Wirtschaftlichkeit

- Durch Maßnahmen zur Abkühlung und Verschattung exponierter öffentlicher Räume können gesundheitliche Folgekosten in Folge einer Überhitzungssituation reduziert werden, ebenso wie hitzebedingte Schäden an Materialien, Stadtgrün etc.
  - Bei der Finanzierung sollte jeweils die Umsetzbarkeit im Rahmen der Städtebauförderung geprüft werden. Zudem kommt unter Umständen auch eine Beteiligung Privater, z.B. im Rahmen von Eigentümerstandortgemeinschaften (Einzelhandel etc.), in Betracht.
- 

#### Mögliche Anknüpfungspunkte

---

#### Mögliches Pilotprojekt

- Geplante Maßnahmen zur Beschattung von sportlichen Nebenflächen durch das Sportamt.
  - Bebauungsplan 01/012 „Konrad-Adenauer-Platz“
- 

#### Referenzen

- Klimzug Nordhessen – Sonnenschutz an Haltestellen
  - „Das laufende Band“ Graz
  - Sonnensegel Fußgängerzone Sevilla
  - Brumisateurs Paris
- 

#### Anmerkungen

---

---

## SCHLÜSSELMASSNAHME 12

### Handlungsempfehlungen zur Berücksichtigung von Klimaanpassungsbelangen in Planungsverfahren

---

#### Maßnahmenbeschreibung

Es sollen Empfehlungen erarbeitet werden, um die Klimaanpassung künftig zu einem festen Bestandteil in räumlich und stadtklimatisch relevanten Planungs- und Entscheidungsprozessen\* in der Landeshauptstadt Düsseldorf werden zu lassen (neben formellen Planungsverfahren wie die Bauleitplanung auch z. B. Stadtentwicklungskonzepte, Rahmenpläne, Gewerbeflächenentwicklung, Städtebau- und Hochbauwettbewerbe, öffentliche Bauvorhaben und Ausschreibungen, Genehmigungsverfahren, Gebäudebewirtschaftung). Die Handlungsempfehlungen sollen Perspektiven aufzeigen und ein einheitliches, abgestimmtes Vorgehen in Bezug auf Klimaanpassung innerhalb der Verwaltung und in der Zusammenarbeit mit externen Akteuren (z. B. Planungsbüros) erleichtern. Dazu sollen greifbare Planungsanforderungen formuliert werden, die mit qualifizierenden Hinweisen ergänzt werden, so dass im Sinne einer Praxis- und Argumentationshilfe aufgezeigt wird, wie Klimaanpassungsbelange konkret in Planungsverfahren berücksichtigt und argumentiert werden können\*\*. In diesem Zusammenhang soll insbesondere auch eine Zusammenstellung empfehlenswerter Anpassungsmaßnahmen für verschiedene Stadtstruktur- und Flächentypen erarbeitet werden, z.B. verdichtete Blockrandbebauung, Nachverdichtung von Zeilenbauten, Geschosswohnungsneubau, Gewerbe- und Industrie, Infrastruktur/Schulen, Straßen und Plätze, Grün- und Freiflächen. Die Anwendung der Empfehlungen soll keinen starren Rahmen vorgeben, sondern weiterhin einen flexiblen Umgang mit den unterschiedlichsten planerischen Rahmenbedingungen ermöglichen. In erster Linie sollen die Handlungsempfehlungen zu einer Sensibilisierung für das Thema Klimaanpassung beitragen.

---

#### Unterstützende Maßnahmen

- Aktualisierung und Ergänzung der bestehenden Arbeitshilfe für umweltrelevante Festsetzungen im Bebauungsplan u. a. durch Aspekte zur Hitze- und Starkregenvorsorge (geplant für 2017).
  - Bereitstellung von klimarelevanten Grundlagendaten über das GeoPortal als Hinweise für die Planungsverwaltung (z. B. der KAKDUS-Belastungsanalysen für Starkregen und Hitze).
- 

#### Zielrichtung

Alle Ziele

---

#### Synergiepotenziale

Die Handlungsempfehlungen zur Klimaanpassung können alle formulierten Maßnahmen unterstützen.

---

#### Federführung

Stadtplanungsamt

---

#### Zu beteiligende Akteure

Umweltamt, Stadtentwässerungsbetrieb, Gartenamt, Sportamt, Amt für Verkehrsmanagement, Feuerwehr, Rettungsdienst und Bevölkerungsschutz, Gesundheitsamt, Infrastrukturträger

---

#### Finanzierung/Wirtschaftlichkeit

- Die Ausarbeitung der Handlungsempfehlungen und die Ergänzung der Arbeitshilfe erfordern u. U. personelle Kapazitäten und ggf. Finanzmittel für eine externe Unterstützung und/oder für gutachterliche Einschätzungen.
  - Durch die frühzeitige konsequente Berücksichtigung klimatischer Veränderungen (z. B. der Zunahme von Extremwetterereignissen) im Planungsstadium, können Schäden a priori vermieden bzw. reduziert werden. Nachträgliche bauliche Maßnahmen sind in der Regel kostenintensiver und bisweilen weniger effektiv.
- 

#### Mögliche Anknüpfungspunkte

- Musterkatalog „Umweltrelevante Festsetzungen im Bebauungsplänen“ des Stadtplanungsamtes von Juni 2011
- 

#### Mögliches Pilotprojekt

---

#### Referenzen

- Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung Karlsruhe
  - Beiplan Klimaanpassung zum FNP Bremen
  - Leitfaden zur Wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung (StEB Köln 2017)
  - Stadtentwicklungsplan Klima Berlin, KONKRET, Klimaanpassung in der wachsenden Stadt, 2016
  - Überflutungs- und Hitzevorsorge durch die Stadtentwicklung, BBSR 2015
- 

#### Anmerkungen

\* Im Rahmen der Bauleitplanung und des Stadtumbaus stellt der planerische Umgang mit Klimafolgen bereits seit 2011 im BauGB einen verbindlich zu berücksichtigenden Abwägungsbelang dar.

\*\* Klimaanpassung bleibt ein Belang unter Vielen und es bedarf immer einer situationsbedingten Abwägung mit anderen Interessen. Insbesondere in Bezug auf das Anstreben einer hohen städtebaulichen Dichte (Klimaschutz, Energieeffizienz) und dem aus Sicht der Klimaanpassung wichtigen Erhalt von Freiflächen können Interessenskonflikte entstehen. Hier gilt es fallbezogen Prioritäten zu setzen.

---

---

## SCHLÜSSELMASSNAHME 13

### Auszeichnung zum klimaangepassten Bauen

---

#### Maßnahmenbeschreibung

Es soll eine Zertifizierung für "Klimaangepasste Gebäude" eingeführt werden, die gewisse Standards hinsichtlich der Vorsorge vor extremen Wetterereignissen wie Hitze, Starkregen und Sturm erfüllen. Die Zertifizierung soll Bauherren, Eigentümern, Architekten, Planern und Handwerkern als Anreiz dienen, sich (vor allem in den im Rahmen von KAKDUS identifizierten klimasensitiven Bereichen) mit der Thematik des klimaangepassten Bauens und Sanierens zu befassen. Außerdem soll diese Maßnahme die Wahrnehmung von Klimaanpassungserfordernissen in der Öffentlichkeit fördern. Die Vergabe des Zertifikats kann beispielsweise im Rahmen eines Wettbewerbs erfolgen oder bei der Behörde beantragt werden. Alternativ kann die Hitze- und Starkregenvorsorge auch verstärkt in die bestehenden Zertifizierungssysteme zum nachhaltigen und energieeffizienten Bauen integriert werden. In deren Bezeichnung sollte sich dann ein entsprechender Hinweis auf den Klimaanpassungsaspekt finden. Da der städtischen Vorbildfunktion in diesem Zusammenhang eine besonders große Bedeutung zukommt, wird eine exemplarische Realisierung von klimaangepassten städtischen Modellgebäuden angestrebt.

---

#### Unterstützende Maßnahmen

- Sensibilisierung privater Bauherren sowie der Architekten-, Ingenieurs- und Handwerkskammern (*i.V.m. Schlüsselmaßnahme 14*).
- 

#### Zielrichtung

GI1, GI2, GI3, GI4, M1, S2

---

#### Synergiepotenziale

Bauliche Maßnahmen zur Klimaanpassung dienen vor allem der Schadensvorsorge für Gebäude, Nutzer und Güter. Viele Aspekte des klimaangepassten Bauens lassen sich gut mit Klimaschutzzielen vereinbaren. So bildet z. B. die Bauwerksbegrünung eine CO<sub>2</sub>-freie Möglichkeit zur Steigerung des winterlichen und sommerlichen Klimakomforts in Gebäuden. Es bestehen darüber hinaus Synergien zu den *Schlüsselmaßnahmen 7 und 14* (Dach- und Fassadenbegrünung bzw. Informationskampagne).

---

#### Federführung

Umweltamt

---

#### Zu beteiligende Akteure

Bauaufsichtsamt, Amt für Gebäudemanagement, Stadtplanungsamt, Immobilien Projektmanagement Düsseldorf, Industrie-, Architekten- und Handwerkskammern, Wissenschaft und Forschung,

---

#### Finanzierung/Wirtschaftlichkeit

- In Wissenschaft und Forschung besteht ein großes Interesse daran, die Umsetzung von Maßnahmen mit innovativem Charakter bzw. von besonderem öffentlichen Interesse zu begleiten.
  - Fördermöglichkeiten bestehen im Rahmen des BBSR-Programms „Forschungsinitiative Zukunft Bau“ oder als Leuchtturmvorhaben mit hoher gesellschaftlicher Vorbildfunktion und Öffentlichkeitswirkung im Rahmen der „Förderung von Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ (BMUB).
- 

#### Mögliche Anknüpfungspunkte

- Der jährlich ausgelobte Umweltpreis der Landeshauptstadt Düsseldorf könnte in einem Jahr unter das Motto „Klimaangepasstes Bauen“ gestellt werden.
- 

#### Mögliches Pilotprojekt

- Bestandsgebäude in den im Rahmen von KAKDUS identifizierten hitzesensitiven oder bei Starkregen überflutungsgefährdeten Bereichen
- 

#### Referenzen

- Veröffentlichung des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) „Klimaangepasstes Bauen bei Gebäuden“ 2015
  - Praxisratgeber Klimagerechtes Bauen (DIFU 2017)
- 

#### Anmerkungen

Ein Großteil der witterungsbedingten Schäden in und an Gebäuden lässt sich durch die ausreichende Beachtung der technischen Regelwerke, eine Anpassung an den aktuellen Stand der Technik, eine ordnungsgemäße Bauausführung sowie sachgerechte Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen vermeiden. Die Zertifizierung sollte daher vor allem auf solche Projekte und Maßnahmen fokussieren, die einen besonders innovativen Charakter haben und über den üblichen Stand der Technik hinausgehen.

---

---

## SCHLÜSSELMASSNAHME 14

### Informationskampagne zum Umgang mit Klimaveränderungen und zu Anpassungsmaßnahmen

---

#### Maßnahmenbeschreibung

Die bereits laufenden Kommunikationsmaßnahmen zum Klimawandel in Düsseldorf sollen fortgeführt, intensiviert und untereinander abgestimmt werden. Hierzu sollen geeignete Strukturen und Instrumente geschaffen werden, um das Thema der Klimaanpassung dauerhaft in Politik, Verwaltung und Öffentlichkeit zu platzieren. Über eine zielgruppenspezifische Ansprache soll dabei einerseits die Notwendigkeit und die Bedeutung der Klimaanpassung für die Lebensqualität in Düsseldorf hervorgehoben werden. Darüber hinaus soll in der Öffentlichkeit ein Bewusstsein für die Chancen, Gefahren und Risiken durch Klimaveränderungen geschaffen werden. Hierzu gilt es, eine Kommunikationsstruktur aufzubauen, welche die BürgerInnen und die Unternehmen dazu motiviert, freiwillig (bauliche oder verhaltensbezogene) Maßnahmen zur Prävention gegenüber Starkregen oder Hitze vorzunehmen. Kernpunkte der Informationskampagne bilden die Implementierung der Klimaanpassung in die Bildungsangebote der Stadt (Kitas, Schulen, außerschulische Angebote) sowie eine Vernetzung und Bündelung bereits bestehender Beratungs- und Informationsangebote.

---

#### Unterstützende Maßnahmen

- Erstellung geeigneter Informationsmaterialien zum Klimaanpassungskonzept
- Anstoß von Nachbarschaftshilfemodellen (z. B. von Trinkpatenschaften für alleinlebende ältere Menschen).

---

#### Zielrichtung

Alle Ziele

---

#### Synergiepotenziale

- Eine gute Informationsgrundlage ist bei allen Maßnahmen mit Bürgerbeteiligung förderlich bzw. die durch politische Gremien beschlossen werden müssen. Die Aktualisierung bzw. Verfeinerung der Überflutungs-, Grundwasser- und Klimaanalysen (*Schlüsselmaßnahmen 1, 2 und 3*) können die Beratungsmöglichkeiten verbessern.
- Durch die Entwicklung von Handlungsempfehlungen zur Berücksichtigung von Anpassungsbelangen (*Schlüsselmaßnahme 12*) kann die Sensibilisierung (insb. der Politik und Verwaltung) unterstützt werden.

---

#### Federführung

Umweltamt

---

#### Zu beteiligende Akteure

Bildungseinrichtungen (Hochschulen, VHS, Schulen, Kindergärten), Bürgerbüros, Verbraucherzentrale, Stadtentwässerungsbetrieb, Bauaufsichtsamt, Gesundheitsamt, Feuerwehr und Rettungsdienste, Städtische Töchter

---

#### Finanzierung/Wirtschaftlichkeit

- Es können einmalige Kosten für Beratungsdienstleistungen und für Erstellung von Informationsmaterialien entstehen (Leitfäden, websites, Ausstellungsformate, Schulungsformate).
- Aus volkswirtschaftlicher Sicht können durch die Schaffung eines breiten Bewusstseins für die Risiken des Klimawandels und für die Notwendigkeit einer Anpassung zukünftige Personen- und Sachschäden bzw. daraus resultierende Folgekosten vermieden werden.\*

---

#### Mögliche Anknüpfungspunkte

- KAKDUS Website
- Umweltbildung in Düsseldorf
- Düsseldorfer Netzwerk „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“
- Hitze- und Schimmelberatung der Verbraucherzentrale
- Beratung zum Rückstauschutz und zur Starkregenvorsorge durch die Stadtentwässerung
- allgemeine Bauberatung
- Blaulichttag

---

#### Mögliches Pilotprojekt

- Stadtpaziergänge, um den Klimawandel und Klimaanpassung an konkreten Stationen begreifbar zu machen

---

#### Referenzen

- Hamburger Bildungsserver
- StEB Köln: Onlineportal, Leitfaden und Informationsveranstaltungen zur Starkregenvorsorge
- Öffentlichkeitsarbeit der Stadt Stuttgart zum Verhalten bei Hitze
- Schulungsangebot „BauGB - Klimawandel lernen“ des Landes Rheinland Pfalz

---

#### Anmerkungen

\* Objektschutz und Verhaltensvorsorge sind private Aufgaben

---

---

## SCHLÜSSELMASSNAHME 15

### Institutionalisierung der Klimaanpassung innerhalb der Düsseldorfer Stadtverwaltung

---

#### Maßnahmenbeschreibung

Es soll eine Koordinationsstelle Klimaanpassung eingerichtet werden. Deren Aufgaben umfasst u. a. die ämterübergreifende Koordination und Organisation des Themenfelds Klimaanpassung sowie die Weiterführung und -entwicklung der seit 2014 bestehenden Projektgruppe Klimaanpassung, die den Prozess des Klimaanpassungskonzepts KAKDUS begleitet hat. Die Projektgruppe soll weiterhin ihre Funktion als übergreifende Austausch- und Informationsplattform beibehalten und für das Monitoring der Umsetzung des Anpassungskonzeptes zuständig sein. Die Koordinationsstelle soll außerdem die Akquise von Fördermitteln zu anpassungsbezogenen Vorhaben unterstützen. Ein weiterer wichtiger Baustein der Arbeit der Koordinationsstelle stellt die Netzwerkarbeit zum Wissenstransfer und Erfahrungsaustausch mit Forschung und anderen Kommunen dar, u. a. im Rahmen der Städtepartnerschaften und im Klima-Bündnis.

---

#### Unterstützende Maßnahmen

- Einrichtung einer Kleinen Kommission Klima in den politischen Gremien.
- 

#### Zielrichtung

Alle Ziele

---

#### Synergiepotenziale

Durch eine dauerhafte Institutionalisierung können der Wissenstransfer und die Aufklärung in Sachen Klimaanpassung (*Schlüsselmaßnahme 14*) sowie die Berücksichtigung der Handlungsempfehlungen zur Klimaanpassung in Planungs- und Entscheidungsprozessen (*Schlüsselmaßnahme 12*) begleitend unterstützt werden.

---

#### Federführung

Umweltamt

---

#### Zu beteiligende Akteure

Projektgruppe Klimaanpassung

---

#### Finanzierung/Wirtschaftlichkeit

Es kann auf die bereits bestehende Teilzeitstelle für Klimaanpassung im Umweltamt zurückgegriffen werden, die allerdings aufgrund der wachsenden Bedeutung des Klimawandels für eine Großstadt wie Düsseldorf ausgebaut werden müsste.

---

#### Mögliche Anknüpfungspunkte

- Ausbau der bestehenden Stelle Klimaanpassung
- 

#### Mögliches Pilotprojekt

---

#### Referenzen

- Deutscher Städtetag: Positionspapier Anpassung an den Klimawandel - Empfehlungen zur Einrichtung einer Koordinationsstelle Klimaanpassung
- 

#### Anmerkungen

---



### 5.3 CONTROLLINGKONZEPT

Der „Aufbau eines Monitoringberichts zum Klimawandel“ ist eine der Schlüsselmaßnahmen von KAKDUS. Es wird empfohlen, diesen primär als Datensammlung angelegten Ansatz inhaltlich-konzeptionell sowie bezüglich des Berichtsturnus im Sinne eines umfassenderen Controllings des gesamten Anpassungsprozesses in der Landeshauptstadt Düsseldorf mit einem regelmäßigen Evaluationsbericht zu verknüpfen. Das bedeutet, dass neben dem standardisierten Beobachten und Auswerten von meteorologischen bzw. klimatischen Kenngrößen und Klimafolgen auch der Stand der Umsetzung der Schlüsselmaßnahmen im Zentrum des Controllings stehen sollte (Abb. 43). Insbesondere mit Bezug zu den Schlüsselmaßnahmen – bedingt auch im Zusammenhang mit der Klimafolgenerhebung – muss das Controlling dabei über eine reine Daten-/Faktensammlung hinausgehen. Vielmehr muss es im Sinne einer echten Evaluation den Fortschritt der Maßnahmenumsetzung qualitativ bewerten und ggf. Hemmnisse aufdecken und Vorschläge zu deren Auflösung unterbreiten.

Es wird empfohlen, im Laufe des 2. Quartals 2018 – und danach in regelmäßigen Abständen – einen ersten Controllingbericht vorzulegen. Um über die Jahre eine Vergleichbarkeit der Berichte sicherzustellen, müssen spätestens im Rahmen des ersten Controllingberichts Indikatoren für die beiden Bausteine entwickelt werden. Um die Neutralität der Evaluation zu gewährleisten wird empfohlen, den Controllingbericht durch einen externen Gutachter erarbeiten zu lassen. Hierfür ist mit Kosten im unteren 5-stelligen Bereich zu rechnen. Für die Datenerhebung und -bereitstellung wird zwar ein moderat erhöhter Zeit- aber kein zusätzlicher Personal- oder Technikbedarf erwartet. Investitionen sind insofern aus der gegenwärtigen Perspektive nicht notwendig. Die folgenden Ausführungen stellen einen ersten Orientierungs-/Diskussionsrahmen für eine mögliche Struktur des Controllingberichts dar, der mit den Daten/Informationen bereitstellenden Stellen zu gegebenen Zeitpunkt abgestimmt und im Einzelfall auch konkretisiert werden muss.

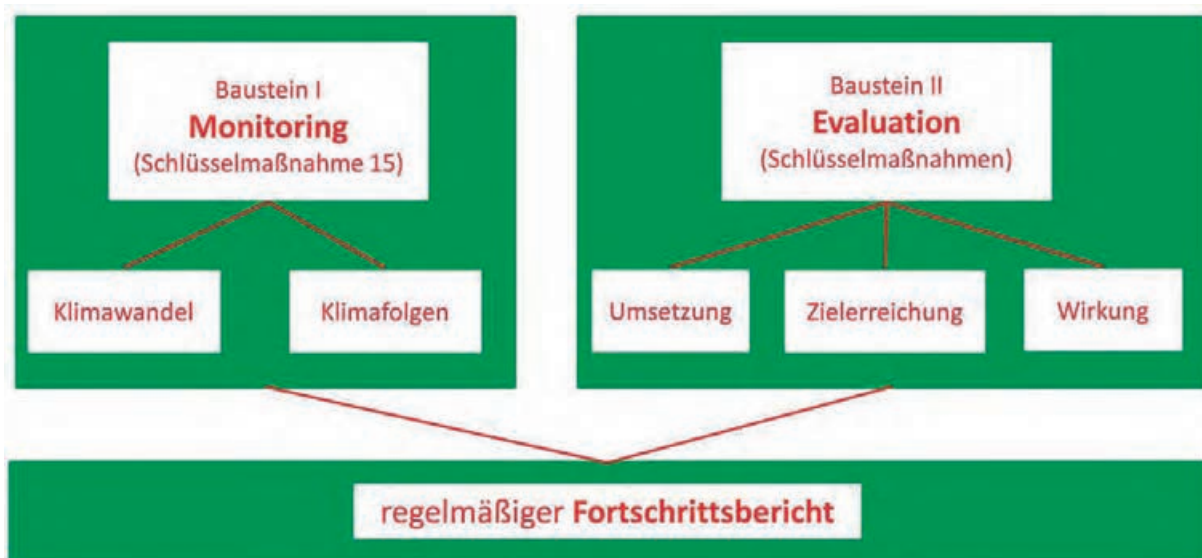


Abb. 43: zentrale Bausteine zum regelmäßigen Controlling von KAKDUS

### 5.3.1 BAUSTEIN MONITORING KLIMAWANDEL

Im Steckbrief zur Schlüsselmaßnahme 15 sind entsprechend dem gewählten rahmensetzenden Charakter allgemeine Hinweise zur Ausgestaltung des Klimawandelmonitorings formuliert. Die folgenden Ausführungen stellen einen ersten Konkretisierungsschritt dar. In diesem Baustein steht zunächst die statistische Auswertung von stationären Messdaten im Fokus, die gemäß der WMO (World Meteorological Organization) Norm Nr. 8 erhoben werden. Diese Voraussetzung erfüllen die DWD-Klimastation am Düsseldorfer Flughafen (Messdaten ab 1971 bzw. 1949) sowie die Meteomedia-Stationen im Stadtteil Pempelfort (Messdaten ab 2008) und die Station Düsseldorf-Uni im Botanischen Garten (Messdaten ab 2012). Für alle drei Stationen sollten getrennt voneinander Zeitreihenanalysen für die Hauptklimaparameter Temperatur, Niederschlag und Wind durchgeführt werden. Dabei sind sowohl die Betrachtung von jährlichen, jahreszeitlichen und monatlichen Werten als auch von einzelnen Extremereignissen relevant. Grundsätzlich sollte eine Einordnung des Betrachtungsjahres in den Kontext langjähriger Mittel- und Extremwerte erfolgen (Tab. 7).

Tab. 7: Vorschlag eines Indikatorensets für das Klimawandel-Monitoring

Parameter	Mittelwerte	Auftrittshäufigkeit Kenntage	Intensität Extremereignisse
Temperatur	Jahr, Jahreszeiten, Monat	Tropennächte, Heiße Tage, Frosttage, Eistag	Hitze- und Kälteperioden
Niederschlag		Trocken- und Regentage	Starkregen Trockenperioden
Wind		Windstärkeklassen	Stürme

Darüber hinaus soll auch die Frage beantwortet werden, zu welchen Auswirkungen sowohl die allmählichen Klimaveränderungen als auch einzelne Extremereignisse im Düsseldorfer Stadtgebiet im Berichtszeitraum geführt haben. Mit dem jährlichen Artenmonitoring und dem phänologischen Garten verfügt die Landeshauptstadt über eine sehr gute Grundlage zur Bewertung der Auswirkungen auf das Schutzgut Flora und Fauna. Für die übrigen klimasensitiven Schutzgüter müssen entsprechende Indikatoren sowie z.T. auch Methoden zu deren Erhebung erst noch identifiziert bzw. erhoben werden. Insofern gilt der Hinweis eines nicht abschließenden Charakters der folgenden Vorschlagsliste für die Erfassung der Folgen des Klimawandels in besonderem Maße.

Tab. 8: Vorschlag eines Indikatorensets für die Erfassung der Folgen des Klimawandels

Schutzgut	Mögliche Indikatoren	Mögliche Datenquelle
Flora und Fauna	ausgewählte klimasensitive Pflanzen- und Tierarten	Artenmonitoring
Mensch/Gesundheit	Witterungsbedingte Einsätze Mortalität während Hitzeperioden Funktionalität Luftleitbahnen	Einsatzberichte Feuerwehr Krankenhäuser, Seniorenheime, Bestattungszahlen Flechtenmonitoring
Boden	Bodenkühlleistung	Messstationen
Wasser	Hoch- und Niedrigwasserstände	Pegel von Rhein und Düssel
Luft	Ozon, Feinstaub, NOx	Luftgütestation Corneliusstraße und Lörick

### 5.3.2 BAUSTEIN SCHLÜSSELMAßNAHMEN-EVALUIERUNG

In diesem Baustein erfolgt die Umsetzungs- sowie die Wirkungs-/Zielerreichungskontrolle der 15 KAKDUS-Schlüsselmaßnahmen (vgl. Kapitel 5.2.2). Kernelement sollten Leitfragen gestützte (Telefon-)Interviews mit den federführenden Verwaltungseinheiten bzw. Institutionen sein. Darin ist zunächst der Stand der Umsetzung der jeweiligen Maßnahme zu eruieren (Abb. 44). Sofern die Maßnahme bereits vollständig umgesetzt ist, sollten eine Wirksamkeitsanalyse sowie eine Zielerreichungskontrolle im Fokus der Interviews bzw. der Evaluierung stehen. Die Wirksamkeit kann dabei je nach Schlüsselmaßnahme entweder (semi-)quantitativ (beispielsweise mithilfe von Messungen oder Modellierungen) oder aber qualitativ (z.B. durch Expertenmeinungen) analysiert werden. Der Grad der Zielerreichung ist eng verknüpft mit den im Rahmen von KAKDUS definierten Zielen der Klimaanpassung. Da diese ausschließlich einen qualitativen Charakter aufweisen, muss auch die Zielerreichungskontrolle einen qualitativen Charakter aufweisen. Es wird empfohlen, die Ziele im Rahmen des 1. Evaluationsberichtes mithilfe von Indikatoren zu operationalisieren, um einen transparenten Bewertungsmaßstab zu erhalten. Maßnahmen, die sich zum Zeitpunkt der Berichtserstellung noch in der Umsetzung befinden, sollten im Sinne eines Zwischenfazit analysiert bzw. bewertet werden. In beiden Fällen ist eine gutachterliche Bewertung vorzunehmen, inwiefern die Maßnahme als erfolgreich und abschließend umgesetzt betrachtet werden kann oder ob noch Nachsteuerungen vorgenommen werden sollten. Bei (noch) nicht umgesetzten Maßnahmen stehen die Identifizierung von etwaigen Umsetzungshindernissen sowie die Formulierung von Empfehlungen zu ihrer Auflösung im Mittelpunkt des Evaluationsprozesses. Je nach Maßnahme kann das die Erarbeitung von konkreten Arbeitsschritten zur Unterstützung der Umsetzung oder aber im Einzelfall auch die Modifikation oder gänzliche Aufgabe einer Schlüsselmaßnahme bedeuten. Der den Schlüsselmaßnahmen als Grundlage dienende Maßnahmenkatalog sollte im Rahmen der Evaluation mitbetrachtet und gegebenenfalls aktualisiert werden.

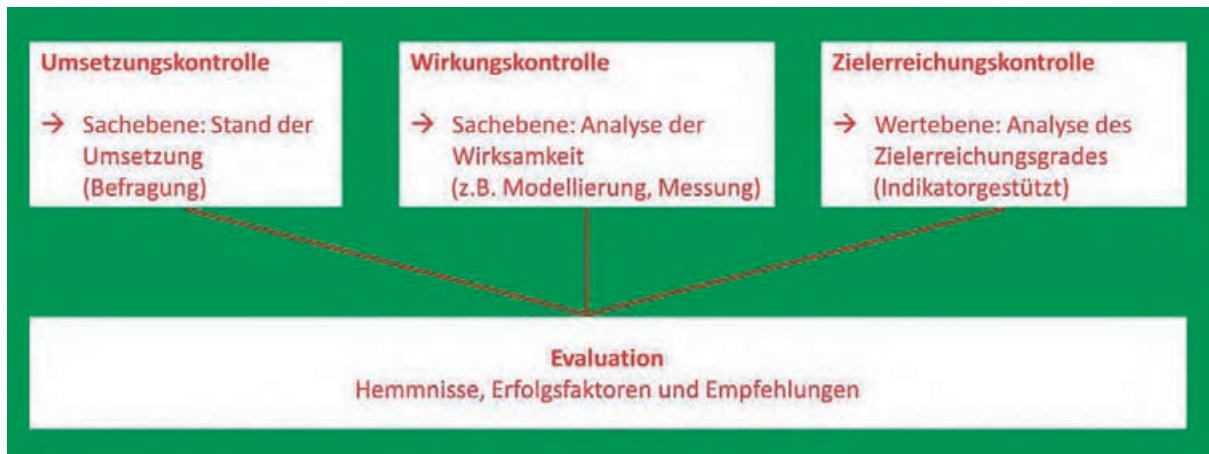


Abb. 44: Schema zur Evaluation der KAKDUS-Schlüsselmaßnahmen

#### 5.4 STRATEGIE ZUR KOMMUNIKATION DES ANPASSUNGSKONZEPTE IN DIE STADTGESELLSCHAFT

Die Sensibilisierung und Information der Öffentlichkeit sind unverzichtbarer Bestandteil eines erfolgreichen Klimaanpassungskonzeptes. Mithilfe der Kommunikationsstrategie sollen die erarbeiteten Ergebnisse und Ziele des Klimaanpassungskonzeptes einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. In der Bevölkerung, Politik, Wirtschaft und bei weiteren relevanten Akteuren soll dadurch ein Bewusstsein für die Handlungsanforderungen geschaffen werden, die sich durch die klimatischen Veränderungen sowohl für die Landeshauptstadt Düsseldorf als auch individuell für jedes einzelne Mitglied der Stadtgesellschaft ergeben.

Ziele der Kommunikationsstrategie:

- Wissens- und Ergebnistransfer,
- Konsens- und Akzeptanzförderung,
- Verstetigung der erarbeiteten Ziele und Inhalte des Konzeptes sowie
- aktive Mitarbeit der Bevölkerung und sonstiger relevanter Akteure.

Nachfolgend werden Faktoren für eine erfolgreiche Kommunikation, abzudeckende Themenfelder und Wege für die Informationsverbreitung aufgeführt. Diese lassen sich auch auf die in Schlüsselmaßnahme 14 beschriebene Informationskampagne zum Umgang mit Klimaveränderungen und zu Anpassungsmaßnahmen übertragen, die über die im Rahmen des Anpassungskonzeptes erarbeiteten Inhalte hinausgehen wird.

**EXKURS - Faktoren für eine erfolgreiche städtische Kommunikation zur Klimaanpassung**

**Transparent:** Neben der öffentlichkeitswirksamen Präsentation von umgesetzten Maßnahmen und erzielten Resultaten sind auch der Gesamtprozess sowie die jeweiligen Gründe der Entscheidungsfindung transparent darzulegen. Dadurch werden Handlungen und Entscheidungen für Außenstehende besser nachvollziehbar, wodurch sich wiederum die Akzeptanz steigern lässt. Bestehende Unsicherheiten und mögliche Konflikte sollten von vorneherein offen kommuniziert werden, dann ist der weitere Prozessablauf weniger kritikanfällig.

**Kontinuierlich:** Für eine dauerhafte Sensibilisierung bedarf es Kontinuität. Das gilt insbesondere in Hinblick auf das Gefahrenbewusstsein. Die Information der Bevölkerung sollte daher wiederholt und auf unterschiedlichen Wegen erfolgen, um die Menschen immer wieder neu zu erreichen (siehe auch Tab. 9).

**Abgestimmt:** Die bestehenden und neu zu entwickelnden Informations- und Beratungsangebote sollten zwischen den Fachämtern sowie den sonstigen beratenden Institutionen (wie z. B. der Verbraucherzentrale) abgestimmt werden. Dadurch wird eine umfassende, widerspruchsfreie Information mit hoher Qualität ermöglicht.

**Sichtbar:** Die Stadt und auch diverse andere Akteure betreiben schon viele Aktivitäten, die als Maßnahmen zur Klimaanpassung bezeichnet werden können, sie werden jedoch nur selten als solche betitelt und beworben. Daher ist der Begriff derzeit für die breite Bevölkerung noch sehr abstrakt. Es sollte darauf hingearbeitet werden, dass Klimaanpassung als (ein weiterer) Handlungsgrund stets klar benannt und deutlich mitkommuniziert wird. Klimaanpassung steht letztlich für den Erhalt und die Verbesserung von Lebensqualität und hat dadurch durchaus werbewirksame Eigenschaften.

**Themenfelder der Öffentlichkeitsarbeit**

Die Öffentlichkeitsarbeit zur Klimaanpassung sollte die folgenden drei Themenfelder umfassen, um der Bevölkerung sowohl das entsprechende Grundwissen zum Klimawandel und zur spezifischen Betroffenheit durch die klimatischen Veränderungen zu vermitteln, als auch über die daraus resultierenden Handlungsmöglichkeiten und -erfordernisse zu informieren:

- **Allgemeine Information zum Klimawandel und zur Klimaanpassung sowie Sensibilisierung für die spezifischen bzw. individuellen Betroffenheiten.**

Eine zentrale Aufgabe besteht zunächst darin, anschaulich das Wissen dazu weiterzutragen, wie sich die klimatischen Veränderungen bereits jetzt und zukünftig lokal auswirken, wie vielfältig diverse Lebensbereiche wie z. B. Wohnen, Arbeiten und Freizeit davon beeinflusst sein können und was unter dem Begriff „Klimaanpassung“ überhaupt zu verstehen ist. Es soll ein Verständnis für die klimabedingten Herausforderungen und deren Ursachen erzeugt und verdeutlicht werden, dass es sich um ein Thema von zunehmender lokaler Relevanz handelt, das fast jeden irgendwo in seinem Alltag betrifft.

Dazu kann in erster Linie mit den im Rahmen des Anpassungskonzeptes erarbeiteten Karten und Übersichten gearbeitet werden. Mithilfe der Schlüsselmaßnahmen 1 bis 4 wird künftig eine weitere Verbesserung der Informationsgrundlagen angestrebt.

■ **Was leistet die Landeshauptstadt Düsseldorf zur Klimaanpassung und warum?**

Eine weitere wesentliche Aufgabe der Öffentlichkeitsarbeit besteht darin, die Ziele des Klimaanpassungskonzeptes in der Öffentlichkeit bekannt zu machen und über die dazugehörigen Aktivitäten, Maßnahmen und Pilotprojekte zu berichten. Darüber hinaus ist es auch wichtig, die Möglichkeiten zur Mitwirkung und Einflussnahme zu bewerben. Mit diesen ausführlichen Informationen kann der Vorbildcharakter der Landeshauptstadt aufgezeigt und die Akzeptanz für die Aktivitäten und Maßnahmen gestärkt werden.

■ **Welche Handlungsmöglichkeiten stehen jedem einzelnen zur Verfügung?**

Für eine erfolgreiche kommunale Anpassung an den Klimawandel ist die Stadt nur einer von vielen wichtigen Akteuren. Wenn es gelungen ist, den anderen Mitgliedern der Stadtgesellschaft ihre individuelle Betroffenheit und gesellschaftliche Verantwortung in diesem Kontext zu verdeutlichen, sollten in einem nächsten Schritt Hinweise und Hilfestellungen dafür gegeben werden, wie jeder einen Beitrag zur Klimaanpassung leisten kann. Das umfasst u. a. Informationen über Vorsorgemaßnahmen und Hinweise dazu, wie man sich selbst (Hilfe zur Selbsthilfe) und anderen (Bürgerhilfe) in klimabedingten Gefahrensituationen sinnvoll helfen kann.

Tab. 9 zeigt lokale Informationsmedien auf, die für die Verbreitung der Ergebnisse und Ziele des Anpassungskonzeptes sowie zur Information über geplante Maßnahmen genutzt werden sollen. Es sollen unterschiedliche Medien in Kombination genutzt werden, um eine möglichst große Zielgruppe kontinuierlich zu den verschiedenen Aspekten der Klimaanpassung zu erreichen.

Eine Kurzfassung zum Klimaanpassungskonzept wird die wichtigsten Ergebnisse in wenigen kurzen Texten und anhand vieler Bilder, Übersichten und Karten in einer Broschüre dokumentieren. Ergänzend zu dem ausführlichen fachlichen Bericht, wird damit ein niederschwelliges Informationsangebot zur Verfügung stehen, welches die Inhalte und Ziele des Klimaanpassungskonzeptes schnell und anschaulich auch für Nutzer ohne fachliche Vorkenntnisse zugänglich macht.

Neben den klassischen Kommunikationsmedien, bei denen die reine Informationsvermittlung im Mittelpunkt steht, kommt vor allem den sozialen Medien eine Schlüsselrolle zu: Sie erreichen ein großes Publikum in allen Altersklassen und Gesellschaftsebenen, sie sind im Vergleich zu den traditionellen Medien sehr kostengünstig und sie bieten die Möglichkeit, in einen Dialog mit den Nutzern zu treten. Das ermöglicht wiederum, unmittelbar Informationen über die Bedürfnisse und Interessen der Bevölkerung zu erhalten. Daher eignen sich die sozialen Medien besonders gut, um die Konsensfindung, Akzeptanz und Mitwirkungsbereitschaft positiv zu beeinflussen.

Tab. 9: Informationsmedien

<b>Informationsmedien</b>	<b>Art der Information</b>	<b>Erscheinen</b>
<b>KAKDUS Internetseite</b>	Zusammenfassung der Inhalte und Ziele des Anpassungskonzeptes; Berichterstattung über die Planung/Umsetzung von Maßnahmen sowie Möglichkeiten zur Beteiligung und Einflussnahme; Veranstaltungshinweise; Hinweise zu Beratungsangeboten und zur Verhaltensvorsorge; Infolyer zu verschiedenen Themen;	stetig
<b>Kurzfassung des Klimaanpassungskonzeptes</b>	anschaulicher, kurzer Überblick über die wichtigsten Ergebnisse des Klimaanpassungskonzeptes (Betroffenheit, Ziele, Maßnahmen)	einmalig im Anschluss an das Projekt
<b>KAKDUS-Newsletter auf der städtischen Internetseite</b>	Umsetzungsstand des Anpassungskonzeptes (durchgeführte Maßnahmen/Veranstaltungen etc.)	halbjährig
<b>Geoinformationssystem der Landeshauptstadt</b>	(verwaltungsinterne) Zusammenstellung verortbarer anpassungsrelevanter Informationen	stetig
<b>sonstige Flyer und Broschüren der Verwaltung</b>	u. a. zielgruppenspezifisch aufgearbeitete Informationen zur Betroffenheit unter Verwendung der Hitze- und Starkregenkarten	stetig
<b>Facebook- Seite der Landeshauptstadt Düsseldorf</b>	Berichterstattung über die Planung/Umsetzung von Maßnahmen sowie Möglichkeiten zur Beteiligung und Einflussnahme; Veranstaltungshinweise;	anlassbezogen

Der direkte Austausch mit der Öffentlichkeit steht auch bei Informationsveranstaltungen im Fokus. Daher stellen sie auch zukünftig ein zentrales Element der Öffentlichkeitsarbeit zum Klimaanpassungskonzept dar. Veranstaltungen bieten die Möglichkeit, Aufmerksamkeit herzustellen und den Teilnehmerkreis aktiv in die Informationsvermittlung einzubinden. Dadurch lassen sich Informationen besonders nachhaltig vermitteln. Die aufgeführten Veranstaltungen (Tab. 10) sind in der Regel so ausgelegt, dass die Landeshauptstadt diese in Zusammenarbeit mit anderen Akteuren initiieren und durchführen würde.

Tab. 10: Informationsveranstaltungen

<b>Informationsveranstaltungen</b>	
<b>Stadtführungen</b>	Sonderführungen zur Klimaanpassung; Hinweise bei regulären Stadtführungen (Schulung der Gästeführer) (Schlüsselmaßnahme 14)
<b>Blaulichttag</b>	Nutzung der bestehenden Veranstaltung für die Vorstellung von den in KAKDUS erarbeiteten Erkenntnissen zu Starkniederschlägen, z. B. zur Betroffenheit und daraus abgeleiteten Maßnahmen (Schlüsselmaßnahme 14)
<b>„Tag des...“</b>	Aktionstage, mit Führungen, Informationsforen etc. für Themen, bei denen im Rahmen der Konzepterstellung Sensibilisierungsbedarf festgestellt wurde und zu denen Schlüsselmaßnahmen geplant sind (Steigerung der Akzeptanz): <ul style="list-style-type: none"> <li>– „...begrünten Gebäudes“ (Schlüsselmaßnahme 7)</li> <li>– „...Stadtbaumes“ (Schlüsselmaßnahme 5)</li> <li>– „...Bodens“ (Schlüsselmaßnahme 9)</li> <li>....</li> </ul>
<b>Marktplätze und Kooperationsbörsen der lokalen Wirtschaft (z. B. IHK, Wirtschafts-förderung)</b>	Vorstellung der KAKDUS-Ergebnisse zur Sensibilisierung des lokalen Handwerks sowie von Ingenieure, Architekten etc.; Informationen zu den Schlüsselmaßnahmen, bei denen diese ggf. eingebunden wären
<b>thematische Stadtgespräche/ Bürgerforen (Kammern, Verbände, VHS etc.)</b>	als Themenreihen mit Fachvorträgen und/oder projektbegleitend zur Maßnahmenunterstützung
<b>„Transition Towns“ (Netzwerkbildung, Lokale Agenda 21)</b>	Einbringung der KAKDUS-Ergebnisse in lokale Netzwerke bzw. in die Lokale Agenda 21 zur Unterstützung der Schlüsselmaßnahmen sowie zum Anstoß von weiteren kommunalen Gemeinschaftsprojekten zum Umgang mit den Herausforderungen des Klimawandels

Darüber hinaus ist geplant, der Öffentlichkeit die Möglichkeit zu geben, sich aktiv an der Erstellung des Monitoringberichts zum Klimawandel (Schlüsselmaßnahme 4) zu beteiligen, z. B. über die Sammlung und Weitergabe vorab definierter meteorologischen Messwerten sowie phänologischer Beobachtungen.

Die Einbindung der erarbeiteten Ergebnisse des Klimaanpassungskonzepts in die vorhandenen Beratungsangebote ist ein weiterer wichtiger Baustein der Kommunikationsstrategie. In den Beratungsangeboten werden insbesondere solche Themen aufgegriffen, bei denen die Stadt Hilfestellung zu Vorsorgemaßnahmen geben kann, die außerhalb der städtischen Zuständigkeit liegen. Da diese eigenverantwortlich und in der Regel freiwillig von den Bürgerinnen und Bürgern sowie Unternehmen umzusetzen sind, sollen die Beratungsangebote insbesondere die individuellen und gesamtgesellschaftlichen Vorteile von privaten Klimaanpassungsmaßnahmen herausstellen und über die Betroffenheit informieren. Das gilt z. B. für die Beratung zum Rückstauschutz und zur Starkregenvorsorge durch die Stadtentwässerung. Auch im Rahmen der allgemeinen Bauberatung sollen vermehrt klimaanpassungsrelevante Hinweise gegeben werden. Darüber hinaus ist zukünftig ein Beratungsangebot zu den Anforderungen für die Zertifizierung als „klimaangepasstes Gebäude“ vorgesehen (siehe *Schlüsselmaßnahme 13*).

Außerdem ist geplant, die bereits bestehenden Beratungs- und Informationsangebote auf Basis der im Rahmen der Erstellung des Anpassungskonzeptes gewonnen Erkenntnisse auszubauen, miteinander zu



vernetzten und - falls sinnvoll – zusammenzuführen (siehe *Schlüsselmaßnahme 14*). Alle bestehenden Beratungsangebote (auch die anderer Institutionen, wie der Verbraucherzentrale, Mietervereinen, etc.) sollen Kenntnis voneinander haben und ggf. aufeinander verweisen können.

Um zu gewährleisten, dass die durch die Erarbeitung des Klimaanpassungskonzeptes derzeit hohe Aufmerksamkeit für das Thema Klimaanpassung in der städtischen Verwaltung dauerhaft und insbesondere während des noch ausstehenden Abstimmungsprozesses für die Beschlussvorlage aufrechterhalten werden kann, ist die Einrichtung einer „Kleinen Kommission Klima“ in den politischen Gremien geplant (siehe *Schlüsselmaßnahme 15*).

## 6. Zusammenfassung und Fazit – Das Wichtigste in aller Kürze

### Hintergrund

Bereits heute sind klimatische Veränderungen und ihre Folgen aufgrund des Klimawandels in den Städten Deutschlands spürbar. So muss sich die Stadt Düsseldorf darauf einstellen, dass in der Zukunft intensivere Hitzeperioden, längere Trockenphasen sowie häufigere Extremwetterereignisse wie z. B. Starkregen oder Gewitterstürme auf sie zukommen werden. Eine frühzeitige und kontinuierliche Anpassung an die sich ändernden Klimabedingungen stellt daher eine wichtige Aufgabe für die Landeshauptstadt Düsseldorf dar, um die Lebensqualität in der Stadt zu erhalten und Klimarisiken vorzubeugen.

Vor diesem Hintergrund wurde 2014 eine verwaltungsinterne Projektgruppe ins Leben gerufen, die sich mit der Anpassung an den Klimawandel in Düsseldorf auseinandersetzt. Um konkrete, an die Düsseldorfer Bedingungen angepasste Strategien und Maßnahmen zum Umgang mit den Folgen des Klimawandels zu entwickeln wurden die externen Gutachtertteams der Firmen MUST, Dr. Pecher AG und GEO-NET mit der Erstellung eines Klimaanpassungskonzeptes (KAKDUS) beauftragt. Für die Erstellung des Konzepts wurde eine Förderung im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) in Anspruch genommen.

### Projektziele und -ablauf

Folgende übergeordnete Projektziele wurden im Rahmen der Entwicklung des Klima-anpassungskonzeptes verfolgt: Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Klimafolgen, Sicherung und Verbesserung der Lebensqualität durch frühzeitige Berücksichtigung klimatischer Veränderungen und langfristiger Erhalt der Standortattraktivität, der Wettbewerbsfähigkeit sowie guter Arbeitsbedingungen. Der Ablauf des Projektes orientierte sich an den Vorgaben des BMUB und bestand aus den folgenden Kernelementen: einer Bestandsaufnahme zum beobachteten und projizierten Klimawandel sowie zu bisherigen Erfahrungen mit klimatischen Extremereignissen, der räumlich-funktionalen Betroffenheitsanalyse sowie der eigentlichen Gesamtstrategie, welche die Maßnahmenentwicklung, das Controllingkonzept und die Kommunikationsstrategie beinhaltete.

### Beteiligungsprozess

Das Projekt KAKDUS wurde unter enger Einbeziehung der Projektgruppe Klimaanpassung und verschiedener Akteure der Stadtgesellschaft durchgeführt. In mehreren Projektgruppensitzungen wurden die jeweiligen Arbeitsschritte und Arbeitsstände von KAKDUS vorgestellt, diskutiert und fachlich abgestimmt. Etwa zur Hälfte der Projektlaufzeit fand ein Akteursworkshop mit einem erweiterten Akteurskreis (u. a. aus Verbänden, Wirtschaft und Politik) statt. Im Rahmen einer Auftakt- und einer Abschlussveranstaltung wurden die Politik und die Fachöffentlichkeit über das Projekt und die erarbeiteten Ergebnisse informiert.

### Klima und Klimawandel im Raum Düsseldorf

In Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst wurden im Zuge der Bestandsaufnahme die aktuelle klimatische Situation, sowie die bisherige und zukünftige Klimaentwicklung der Stadt Düsseldorf analysiert. Bereits heute sind Veränderungen des Stadtklimas in Düsseldorf erkennbar und vor allem auch messbar.

Am deutlichsten zeigte sich eine stetige Zunahme der jährlichen Mitteltemperaturen in den vergangenen dreißig Jahren um aktuell rund 1 Kelvin.

Informationen über die zukünftige klimatische Entwicklung wurden durch die Auswertung eines Ensembles regionaler Klimaprojektionen gewonnen. Auch in der Zukunft setzt sich, je nach betrachtetem Klimaszenario, die Temperaturerhöhung in Düsseldorf fort. Selbst beim optimistischsten Klimaszenario (RCP 2.6, aus dem fünften Sachstandsbericht des Weltklimarates)) wird die Erwärmung zum Ende des Jahrhunderts immer noch deutlich wahrnehmbar sein und im langjährigen Mittel dem Hitzesommer 2003 entsprechen.

Die mittleren jährlichen Niederschlagssummen haben in ganz Nordrhein-Westfalen leicht zugenommen, wobei die größte Zunahme in den Wintermonaten stattfand. Aus den Messwerten der für Düsseldorf relevanten Wetterstation am Flughafen ist dies nicht deutlich erkennbar. Hier zeigen sich bisher keine eindeutigen Veränderungen in den langjährigen Niederschlagssummen. Trotz des über die vergangenen Jahrzehnte nicht veränderten Niederschlages ist der Wasserkreislauf durch die Temperaturzunahme beeinflusst. So wurde ein Rückgang der jährlichen klimatischen Wasserbilanz in den letzten Jahren beobachtet.

Hinsichtlich des Niederschlages zeigen die Zukunftsprojektionen relativ unsichere Ergebnisse. Die jährlichen Niederschlagssummen werden sich voraussichtlich leicht erhöhen, wobei eine deutliche Zunahme der Niederschläge in den Wintermonaten angenommen wird. Im Sommer zeigen die regionalen Klimamodelle unterschiedliche Ergebnisse, wobei sich eine Spannweite von abnehmenden bis hin zu leicht zunehmenden Niederschlägen ergibt.

Trotz projizierter zunehmender Niederschläge kann aufgrund der starken Temperaturzunahme auch in der Zukunft von einem weiteren Rückgang der klimatischen Wasserbilanz und somit des natürlichen potenziellen Wasserdargebots ausgegangen werden. Zunehmende Hitze- und auch Trockenperioden sind somit sehr wahrscheinlich.

Mehr noch als die mittleren Niederschlagssummen sind für Städte Starkniederschlagsereignisse relevant, da diese ein hohes Schadenspotenzial bergen. Aufgrund ihrer kleinräumigen Eigenschaften und ihrer Seltenheit sind Starkniederschläge statistisch nicht einfach zu erfassen. Seit den siebziger Jahren hat in Düsseldorf die Anzahl von Tagen mit einer Niederschlagshöhe von  $\geq 10$  mm/Tag zugenommen, allerdings statistisch nicht signifikant. Für die Zukunft wurde eine weitere Zunahme von Tagen dieser Niederschlagskategorie projiziert, wobei gleichzeitig Tage ohne nennenswerten Niederschlag zunehmen zu Lasten von Tagen mit geringem bis mittlerem Niederschlag. Dies bedeutet, es werden weniger Tage mit Niederschlag auftreten wobei es mehr Starkregenereignisse als heute gibt.

### **Betroffenheitsanalyse**

Ausgehend von der Bewertung der vergangenen und zukünftigen Klimaentwicklung wurde die räumliche und die funktional-institutionelle Betroffenheit der Stadt Düsseldorf untersucht.

### *Funktionale Betroffenheitsanalyse*

Im Rahmen der funktionalen Betroffenheitsanalyse wurde mit Hilfe von sogenannten „Wirkungsketten“ ermittelt, in welchen kommunalen Handlungsfeldern sich besondere Herausforderungen durch die zu erwartenden langfristigen Klimaveränderungen und die Zunahme von Extremwetterereignissen ergeben.

Im Ergebnis wurde festgestellt, welche Handlungsfelder von der jeweiligen Auswirkung betroffen sind und wo Querbezüge zwischen den einzelnen Sektoren bestehen. Es finden sich darüber hinaus Hinweise auf Bereiche bzw. Elemente (z.B. Objekte, Nutzungen oder Personenkreise) in der Stadt, die gegenüber der jeweiligen Klimawirkung besonders empfindlich sind. Unter Einbeziehung der KAKDUS-Projektgruppe wurde eingeschätzt, ob ein hoher bzw. kurzfristiger Anpassungsbedarf an die jeweilige Auswirkung der Klimaveränderung besteht und Prioritäten zur Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen festgelegt. Die Auswertung zeigt, dass sämtliche Handlungsfelder von den Auswirkungen der Klimaveränderungen betroffen sind. Je nach betrachteter Klimaveränderung fällt die jeweilige Betroffenheit der Handlungsfelder mal höher und mal niedriger aus.

### *Räumliche Betroffenheitsanalyse*

Die räumliche Betroffenheitsanalyse konzentrierte sich auf die Klimawirkungen Starkniederschlag und Hitze. Überflutungen im Stadtgebiet verursacht durch Starkregen wurden anhand eines Oberflächenmodells, welches das Stadtgebiet Düsseldorfs repräsentiert, und eines modellhaften Niederschlages, der alle 50 Jahre auftritt, simuliert. Im Ergebnis zeigen die in der Simulation ermittelten Wasserstände eine relativ gleichmäßige Verteilung der von Überflutung betroffenen Gebiete im Düsseldorfer Stadtgebiet. Deutlich erhöhte Wasserstände von 25 cm und mehr konzentrieren sich in den östlichen, höhergelegenen Bereichen des Stadtgebietes (Gerresheim, Ludenberg, Hubbelrath), in natürlichen Rinnen sowie auch am südwestlichen Rand des Stadtteils Unterbach. In den höher verdichteten Teilen des inneren Stadtgebiets treten erhöhte Wasserstände schwerpunktmäßig an Unterführungen und Durchfahrten im Bereich von Bahn- oder Straßendämmen auf. Einen weiteren Schwerpunkt höher überfluteter Bereiche bilden verlandete Altarme des Rheins in weiten Bereichen des östlichen Rheinuferes.

Die räumlich hochaufgelöste Analyse der thermischen Belastung in Düsseldorf erfolgte auf Basis des Methodenpakets ENVELOPE, welches das mesoskalige, numerische Stadtklimamodell FITNAH-3D mit den aktuellsten Ergebnissen regionaler Klimamodell-Ensemble Berechnungen koppelt. Damit war es möglich die thermische Belastung im Stadtbereich am Tage und in der Nacht für die Gegenwart (repräsentiert durch die Referenzperiode 1971-2000) und die nahe Zukunft (2041-2070, Worst-Case-Szenario RCP 8.5 des fünften Sachstandsberichtes) abzubilden.

Die nächtliche thermische Belastung, welche anhand der mittleren jährlichen Anzahl der Tropennächte auf Flächen mit Wohnbebauung und gemischter Nutzung bewertet wurde, steigt in der Zukunft deutlich an. Besonders in den heute schon thermisch stark belasteten, verdichteten Innenstadtbereichen wird sich die nächtliche Erwärmung verschärfen. Auch die äußeren Stadtbereiche Düsseldorfs, die in der Referenzperiode noch eine sehr günstige bis weniger günstige Situation aufweisen, werden zunehmend von nächtlicher thermischer Belastung betroffen sein.

Für die thermische Belastung am Tage wurde als Indikator die Physiologisch Äquivalente Temperatur (PET) herangezogen und die Flächen mit Wohnbebauung, gemischter Nutzung sowie Industrie- und Gewerbeflächen analysiert. Auch hier zeigt sich in der Zukunft eine zunehmende Erwärmung in der Stadt, wobei die betroffenen Flächen kein so deutliches räumliches Muster ergeben wie bei der Nachtsituation.

## **Gesamtstrategie**

### *Ziel- und Maßnahmenkataloge*

Aufbauend auf den Ergebnissen der Betroffenheitsanalyse wurde ein Zielkatalog für Düsseldorf erarbeitet, um geeignete Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel ableiten zu können. Jedem identifizierten Ziel wurden jeweils Maßnahmen zugeordnet und in einem Maßnahmenkatalog zusammengefasst. Dieser enthält eine stichpunktartige, nicht abschließende Übersicht über eine Vielzahl von Maßnahmen, die für die Erreichung der Ziele in Betracht kommen. In den jeweils zielspezifischen Katalogen sind bereits bestehende Aktivitäten und Instrumente der Landeshauptstadt Düsseldorf aufgelistet, ebenso wie Maßnahmen, die sich derzeit bereits in Planung befinden.

### *Schlüsselmaßnahmen*

Aus den erarbeiteten Maßnahmen wurden durch abgestimmte, fachliche Priorisierung Schlüsselmaßnahmen herausgestellt, die für die Umsetzung der Anpassungsstrategie als besonders zielführend angesehen werden. Es handelt sich um solche Maßnahmen, die aus Gründen der Dringlichkeit oder des Leuchtturmeffektes nach Ende des Projektes möglichst kurzfristig vorbereitet werden sollten.

### *Controllingkonzept*

Um die Umsetzung und Wirksamkeit der erarbeiteten Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel überprüfen zu können bedarf es eines geeigneten Controllings. Das im Rahmen von KAKDUS erarbeitete Controllingkonzept besteht einerseits aus dem kontinuierlichen Monitoring des Klimawandels und andererseits aus der Evaluierung der Schlüsselmaßnahmen. Die Erkenntnisse dieser beiden Bausteine sollen in einen Fortschrittsbericht münden, der in regelmäßigen zeitlichen Abständen wiederholt und fortgeschrieben wird.

### *Kommunikationsstrategie*

Unverzichtbarer Bestandteil eines erfolgreichen Klimaanpassungskonzeptes sind die Sensibilisierung und Information der Öffentlichkeit. Dazu wurde eine Kommunikationsstrategie erarbeitet, um die Ergebnisse und Ziele des Klimaanpassungskonzeptes einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Die Ziele dieser Kommunikationsstrategie sind: Wissens- und Ergebnistransfer, Konsens- und Akzeptanzförderung, Verstärkung der erarbeiteten Ziele und Inhalte des Konzeptes sowie die aktive Mitarbeit der Bevölkerung und sonstiger relevanter Akteure.

## **Fazit**

Das im Rahmen von KAKDUS, in Zusammenarbeit mit der Stadtverwaltung und weiteren Akteuren der Stadtgesellschaft, erstellte Klimaanpassungskonzept für die Landeshauptstadt Düsseldorf stellt einen entscheidenden Baustein auf dem Weg zu einer klimaangepassten Stadt dar. Nur durch die abgestimmte und fachliche Entwicklung tragfähiger Ansätze und Konzepte kann es gelingen, den Auswirkungen des Klima-

wandels rechtzeitig und nachhaltig entgegenzuwirken und die Lebensqualität langfristig zu sichern. Der nächste Schritt muss in diesem Zusammenhang die Umsetzung der erarbeiteten Maßnahmen in Verbindung mit einem kontinuierlichen Controlling sein, um deren Wirksamkeit zu überprüfen und rechtzeitig nachsteuern zu können.

## 7. Quellenverzeichnis

- adelphi/PRC/EURAC (2015): Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Umweltbundesamt. Climate Change 24/2015, Dessau-Roßlau.
- aus der Beek T. et al. (2014): Entwicklung eines regionalen Risikomanagements für eine klimarobuste Wasserwirtschaft der Stadtentwässerungsbetriebe Düsseldorf. Im Auftrag des Stadtentwässerungsbetriebs der Landeshauptstadt Düsseldorf, 92 S.
- BauGB (2011): Baugesetzbuch. In der Fassung vom 30. Juli 2011.
- BauGB (2013): Baugesetzbuch. In der Fassung vom 20. Juni 2013.
- Benestad R. E., Hanssen-Bauer I., Chen D. (2008): Empirical-Statistical downscaling. World Scientific Publishing, Singapore.
- BMUB (2014): Merkblatt Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten - Hinweise zur Antragsstellung. Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative vom 15.09.2014.  
([http://www.klimaschutz.de/sites/default/files/page/downloads/140912\\_MB\\_TK\\_0.pdf](http://www.klimaschutz.de/sites/default/files/page/downloads/140912_MB_TK_0.pdf))
- Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels.  
<http://www.bmub.bund.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/deutsche-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel/>
- Bundesregierung (2011): Aktionsplan Anpassung zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel.  
<http://www.bmub.bund.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/aktionsplan-anpassung-zur-deutschen-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel/>
- Christensen J.H., Hewitson B., Busuioc A., Chen A., Gao X., Held I., Jones R., Kolli R.K., Kwon W-T., Laprise R., Magaña Rueda V., Mearns L., Menéndez C.G., Räisänen J., Rinke A., Sarr A., Whetton P. (2007): Regional Climate Projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, S. 847 – 940.
- Cubasch, U., D. Wuebbles, D. Chen, M.C. Facchini, D. Frame, N. Mahowald, and J.-G. Winther (2013): Introduction. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Deutscher Städtetag (2012): Positionspapier Anpassung an den Klimawandel - Empfehlungen und Maßnahmen der Städte  
[http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/positionspapier\\_klimawandel\\_juni\\_2012.pdf](http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/positionspapier_klimawandel_juni_2012.pdf)
- DIFU (2017): Praxisratgeber Klimagerechtes Bauen - Mehr Sicherheit und Wohnqualität bei Neubau und Sanierung. 56 S.
- DWA-M 119 (2016): Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen (November 2016).
- DWD (2016a): Wetterlexikon. <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/begriffe/S/Starkregen.html>
- DWD (2016b): Nationaler Klimareport 2016. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland, 40 Seiten.
- DWD (2016c): Klima und Klimaentwicklung bis Ende des Jahrhunderts, basierend auf Klimaprojektionen für Düsseldorf. Deutscher Wetterdienst Regionales Klimabüro Essen, S. 41.
- DWD (2016d): Klimawandelgerechte Metropole Köln - Strategie zur Anpassung an den Klimawandel (KÖLN\_21).  
([http://www.dwd.de/DE/forschung/klima\\_umwelt/klimawirk/stadtpl/projekt\\_koeln/stadtpl\\_koeln\\_node.html](http://www.dwd.de/DE/forschung/klima_umwelt/klimawirk/stadtpl/projekt_koeln/stadtpl_koeln_node.html)).
- EU-Kommission (2007): Grünbuch. Anpassung an den Klimawandel – Optionen für Maßnahmen der EU.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0354:FIN:DE:PDF>
- EU-Kommission (2013): Eine EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel.  
[http://ec.europa.eu/clima/events/articles/0069\\_de.htm](http://ec.europa.eu/clima/events/articles/0069_de.htm)
- EU-Kommission (2009): Weissbuch. Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:DE:PDF>
- Fischer A. M., Weigel A. P., Buser C. M., Knutti R., Künsch H. R., Liniger M. A., Schär C., Appenzeller C. (2012): Climate change projections for Switzerland based on a Bayesian multi-model approach. *Int. J. Climatol.*, 32: 2348–2371. doi:10.1002/joc.3396
- Früh B., Becker P., Deutschländer T., Hessel JD., Kossmann M., Mieskes I, Namyslo J., Roos M., Sievers U., Steigerwald T., Turau H., Wienert U. (2011): Estimation of Climate-Change Impacts on the Urban Heat Load Using an Urban Climate Model and Regional Climate Projections. *JAMS*, doi: 10.1175/2010JAMC2377.1
- Gatke D., Thielking K., Hoppe H., Kirschner N., Koch M., Behnken K. (2015). Extreme Regen im urbanen Raum: Stadtgebietsweite Überflutungsbetrachtungen und Detailanalysen in Bremen. *Korrespondenz Abwasser, Abfall* 2015 (62), Nr. 2, S.122-129. DOI: 10.3242/kae2015.02.006.




- Genßler L. et al. (2010): Klima und Klimawandel in Nordrhein-Westfalen – Daten und Hintergründe. LANUV-Fachbericht 27, 57 S.
- Giorgi F., Jones C., Asrar G. R. (2009): Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework, WMO Bulletin, 58(3):175-183.
- IPCC (2014): Synthesebericht des Fünften IPCC Sachstandsberichts. <http://www.de-ipcc.de/de/200.php>
- Koch M., Behnken K., Hoppe H., Jeskulke M., Gatke D., Thielking K., von Horn J. (2016). Weiterentwicklung der Klimaanpassungsstrategie extreme Regen in Bremen : KLAS II. Projektergebnisse, Modellbetrachtungen und Entwicklung eines Auskunft- und Informationssystems Starkregenvorsorge. KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 2016 (9) Nr. 7, S. 402-407. ISSN: 1865-9926; DOI: 10.3243/kwe2016.07.002.
- König C., Zepp H. (2014): Grundwasserstandsentwicklung infolge des Klimawandels am Beispiel der Stadt Düsseldorf. Im Auftrag des Umweltamtes der Landeshauptstadt Düsseldorf, 198 S.
- KOSTRA-DWD-2000 (2006): Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung – Auswertung DWD (1951 bis 2000).
- Kropp J. et al. (2009): Klimawandel in Nordrhein-Westfalen – Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren. Abschlussbericht des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK) für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV)
- Kunz M., Kottmeier C. (2014): Stürme im deutschen Binnenland. Dossier. (<http://www.klimanavigator.de/dossier/artikel/030136/index.php>).
- LANUV (2016): Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen - Ergebnisse aus den Monitoringprogrammen 2016. LANUV-Fachbericht 74, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen, S. 108.
- MKULNV (2011): Klimawandel und Wasserwirtschaft - Maßnahmen und Handlungskonzepte in der Wasserwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel. Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.
- MULNV (2009): Anpassung an den Klimawandel – Eine Strategie für Nordrhein Westfalen. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.
- Moss R.H., Edmonds J.A., Hibbard K.A., Manning M.R., Rose S.K., van Vuuren D.P., Carter T.R., Emori S., Kainuma M., Kram T., Meehl G.A., Mitchell J.F.B., Nakicenovic N., Riahi K., Smith S.J., Stouffer R.J., Thomson A.M., Weyant J.P., Wilbanks T.J. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature 463, 747–756. doi:10.1038/nature08823

- Pavlik D., Söhl D., Pluntke T., Mykhnovych A., Bernhofer C. (2012): Dynamic downscaling of global climate projections for Eastern Europe with a horizontal resolution of 7 km. *Environ Earth Sci* 65(5): 1475–1482 doi:10.1007/s12665-011-1081-1.
- Peters G.P., Andrew R.M., Boden T., Canadell J.G., Ciais P., Le Quéré C., Marland G., Raupach M.R., Wilson C. (2012): The challenge to keep global warming below 2 °C. *Nat. Clim. Change* 3, 4–6. doi:10.1038/nclimate1783
- Rauthe M., Malitz G., Gratzki A., Becker A. (2014): Starkregen. In: Becker P., Hüttel R. F. (Hrsg.): *Forschungsfeld Naturgefahren*. Potsdam und Offenbach, S. 112. DOI: 10.2312/GFZ.2014.005
- Schmitt, T.G. (2016). Ortsbezogene Regenhöhen im Starkregenindexkonzept SRI12 zum Anwendungskontext Risikokommunikation in DWA-M 119. *Korrespondenz Wasserwirtschaft* 2016 (9) Nr. 11, S. 689-691. ISSN: 1865-9926; DOI: 10.3243/kwe2016.11.005
- Schmitz, U. et al. (2016): Klimafolgenmonitoring Landeshauptstadt Düsseldorf 2015 – Untersuchungen der Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Gruppen der Tier- und Pflanzenwelt. Gutachten der Biologischen Station Haus Bürgel im Auftrag des Umweltamtes der Landeshauptstadt Düsseldorf in Kooperation mit der Unteren Landschaftsbehörde, Garten-, Friedhofs- und Forstamt, 192 S.
- Steinrücke, M. et al. (2010): *Handbuch Stadtklima. Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel*. Hg. v. U.L.N.-u.V.N. Ministerium für Klimaschutz. RVR. Essen.
- Steinrücke M., Eggenstein J. (2012a): *Klimaanalyse für die Landeshauptstadt Düsseldorf*. Herausgeber: Landeshauptstadt Düsseldorf, Umweltamt, 288 S.
- Steinrücke M., Eggenstein J. (2012b): *Planungshinweiskarte für die Landeshauptstadt Düsseldorf*. Herausgeber: Landeshauptstadt Düsseldorf, Umweltamt, 62 S.
- UBA (2015a): *Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel. Sektorenübergreifende Analyse des Netzwerks Vulnerabilität*. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vulnerabilitaet-deutschlands-gegenueber-dem>
- UBA (2015b): *Monitoringbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel - Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung*. Dessau-Roßlau. S. 258
- VDI - Verein Deutscher Ingenieure (2004): *VDI-Richtlinie 3787 – Umweltmeteorologie, Berücksichtigung von Klima- und Lufthygiene in räumlichen Planungen*. Beuth- Verlag, Berlin.
- Vereinte Nationen (1992): *Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen*. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convger.pdf>

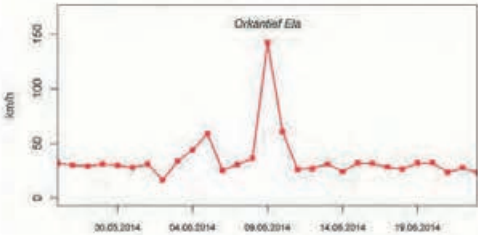
## 8. Anhang

# Extremwetterereignis Sturm

**Datum:** 09.06.2014  
**Räumlicher Schwerpunkt:** gesamtes Düsseldorfer Stadtgebiet



Maximale tägliche Windgeschwindigkeit



Quelle: Deutscher Wetterdienst, Klimastation Düsseldorf Flughafen

## Orkantief Ela

auch bekannt als »Pfungstmontag-Unwetter«

**Meteorologische Daten**

- Gewitterfronten mit sehr starken Sturmböen, Regen und Hagel
- Spitzenböen von bis zu 140 km/h
- Windstärken 11 bis 12
- Gebietsweise 40 l/m<sup>2</sup> Niederschlag


**Schadensausmaß gesundheitlich und finanziell**


- 3 Menschen starben, mehr als 10 wurden verletzt
- 22.500 Straßenbäume wurden schwer beschädigt
- Häuser wurden abgedeckt, Kamine zerstört, Autos stark beschädigt
- Städtische Gebäude, Anlagen und die Verkehrsinfrastruktur waren stark betroffen, 7 U-Bahnlinien der Rheinbahn fielen sturmbedingt aus, 9 Straßenbahnlinien waren beeinträchtigt (30 Bahnen mussten ihre Fahrt unterbrechen, da die Oberleitungen beschädigt waren)
- Für die Rheinbahn entstand ein Schaden von ca. 1,3 Mio. Euro
- 12 von 13 Friedhöfen waren betroffen, ca. 2.000 Bäume wurden beschädigt oder umgeworfen
- Der Baumbestand des Rheinparks Golzheim war zu 60% betroffen, der Düsseldorfer Hofgarten wurde schwer beschädigt
- 1.200 Feuerwehrleute waren im Einsatz
- Zusätzlich waren 330 Soldaten und 50 Fahrzeuge sowie 3 Panzer des Pionierregiments 100 bei den Aufräumarbeiten im Einsatz
- Der Gesamtschaden lag bei ca. 64 Millionen Euro

**Vergleichbare Ereignisse**

- Sturm »Kyrill«; »Ela's« Auswirkungen auf Düsseldorf waren jedoch insgesamt schwerwiegender

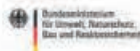
Quellen: Express Düsseldorf <http://www.express.de/duesseldorf/ein-jahr-danach-duesseldorf-51-zahlen-zu-horror-sturm-ela-1560026> 02.06.2015, abgerufen am 04.04.2016; RPOnline (rheinische Post); Die Welt: <http://www.welt.de/regionales/nrw/article135876416/So-trafen-Sturm-Ela-und-der-Jahrhundertregen-NRW.html> abgerufen am 04.04.2016; WDR: <http://www1.wdr.de/archiv/pfingststurm/unwetter534.html> abgerufen am 04.04.2016; Spiegel Online: <http://www.spiegel.de/panorama/bundeswehr-in-duesseldorf-aufraeumen-nach-sturmschaeden-durch-ela-a-975038.html> abgerufen am 04.04.2016





Landeshauptstadt  
Düsseldorf

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages




Abb. 45: Poster Orkantief "Ela"

## Extremwetterereignis Starkregen

**Datum:** 25.07.2013

**Räumlicher Schwerpunkt:** die Stadtteile Eller, Bilk, Oberbilk, Wersten, Lierenfeld, Vennhausen, Gerresheim



Quelle: Stadtentwässerungsbetrieb Landeshauptstadt Düsseldorf, Niederschlagsmessstation Flingern

## Starkregen über Düsseldorf begleitet von Gewitter und Hagel

### Meteorologische Daten

- Unwetter mit Starkregen und Gewitter
- Es fielen zwischen 15 und 25 mm Niederschlag in der Stunde
- Im Stadtteil Flingern fiel innerhalb von 45 Minuten knapp 50% der langjährigen monatlichen Niederschlagssumme des Monats Juli

### Schadensausmaß gesundheitlich und finanziell

- Keller und Straßen standen unter Wasser, da die Kanalisation überlastet war; an den Straßeneinläufen entstanden Rückstaus
- Rund 200 Einsätze von Berufsfeuerwehr und Freiwilliger Feuerwehr wurden registriert
- Der Keller der Chirurgie der Uniklinik wurde überflutet
- Am Flughafen konnten die Flugzeuge zeitweise aufgrund von Hagel und Platzregen nicht starten
- Die Rheinbahn war im Verkehr eingeschränkt, da die Unterführung am Bilker S-Bahnhof für Straßenbahnen ca. 20 min nicht zu passieren war
- In der Sturmstraße am Dillenburger Weg blieb ein Auto in den Wassermassen stehen
- Die Durchfahrt des Werstener- und des Unitunnels an der A 46 war vorübergehend nicht möglich
- Busse konnten Unterführungen nicht passieren, die Linien 723, 725, 732 und 735 hatten bis zu 1,5 Stunden Verspätung

### Vergleichbare Ereignisse

- Starkregen vom 20.05.2012, bei diesem Ereignis waren die Sturmschäden jedoch deutlich verheerender als im Juli 2013

Quellen: Express.de: <http://www.express.de/koeln/feuerwehr-im-dauereinsatz-jahrhundertregen-in-koeln-4062866> abgerufen am 26.04.2016; Focus.de: [http://www.focus.de/wissen/natur/meteorologie/starkregen-hagel-und-dauerdonner-in-ganz-deutschland-kracht-es-abkuehlung-ist-kaum-in-sicht\\_aid\\_1052812.html](http://www.focus.de/wissen/natur/meteorologie/starkregen-hagel-und-dauerdonner-in-ganz-deutschland-kracht-es-abkuehlung-ist-kaum-in-sicht_aid_1052812.html) abgerufen am 26.04.2016; Feuerwehr und Rettungsdienst Landeshauptstadt Düsseldorf [https://www.duesseldorf.de/feuerwehr/presse/2013/130725\\_gewitter\\_ueber\\_duesseldorf.shtml](https://www.duesseldorf.de/feuerwehr/presse/2013/130725_gewitter_ueber_duesseldorf.shtml) abgerufen am 26.04.2016; Lokalkompass.de: <http://www.lokalkompass.de/duesseldorf/ratgeber/unwetter-in-duesseldorf-feuerwehr-fuhr-ueber-200-einsaetze-d324658.html> abgerufen am 26.04.2016; Rheinische Post.de: <http://www.rp-online.de/nrw/staedte/duesseldorf/unwetter-viele-voll-gelaufene-keller-aid-1.3561259> abgerufen am 26.04.2016



Landeshauptstadt  
Düsseldorf

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

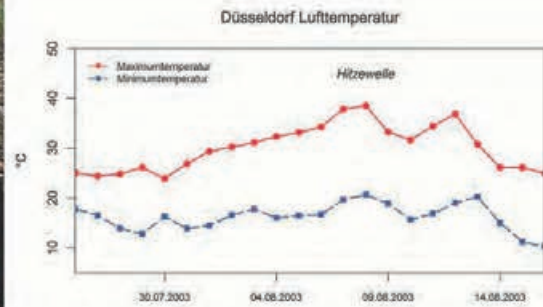


Abb. 46: Poster Starkregen

## Extremwetterereignis Hitze

**Datum:** Anfang August 2003

**Räumlicher Schwerpunkt:** gesamtes Düsseldorfer Stadtgebiet



Quelle: Deutscher Wetterdienst, Klimastation Düsseldorf Flughafen

## Hoch »Michaela« Hitzesommer 2003

### Meteorologische Daten

- Mehr als 14-tägige Hitzewelle
- Sehr warmer und trockener Sommer
- Höchsttemperatur in Düsseldorf am 08.08.2003: 38,5°C (höchster Wert seit 1969)
- Wärmste Nacht 24,7°C

### Schadensausmaß gesundheitlich und finanziell

- Der Rhein hatte bei Düsseldorf einen noch nie gemessenen Rekord-Tiefstand, der Rheinpegel lag zeitweise nur noch bei ca. 74 cm
- Der niedrige Wasserstand hatte Auswirkungen auf die Binnenschifffahrt: Passagierschiffe stellten den Betrieb ein, Transportschiffe konnten nur mit einem Drittel ihrer Last fahren
- In Deutschland starben ca. 7.000 Menschen mittel- und unmittelbar an den Folgen der Hitze, besonders betroffen waren Senioren und z.B. durch Krankheit geschwächte Personen

### Vergleichbare Ereignisse

- Hitzesommer 2015
- Der heißeste Tag des Jahres war am 02.07.2015: Morgens lagen die Temperaturen schon bei 27°C und stiegen bis mittags auf 37,2°C an
- Von Juni bis August gab es 664 Sonnenstunden
- Der niedrigste Pegelstand des Rheins von 131 cm wurde am 24.07.2015 gemessen

Quellen: Wetteronline.de: <http://www.wetteronline.de/extremwetter/2013-08-09-ex> abgerufen am 05.04.2016

Wetterdienst.de: <http://www.wetterdienst.de/Klima/Wetterrekorde/Deutschland/Temperatur/> abgerufen am 05.04.2016

Westdeutsche Zeitung: <http://www.wz.de/lokales/duesseldorf/der-rhein-macht-sich-duenn-1.1981953> abgerufen am 18.04.2016



Landeshauptstadt  
Düsseldorf

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Abb. 47: Poster Hitzehoch "Michaela"

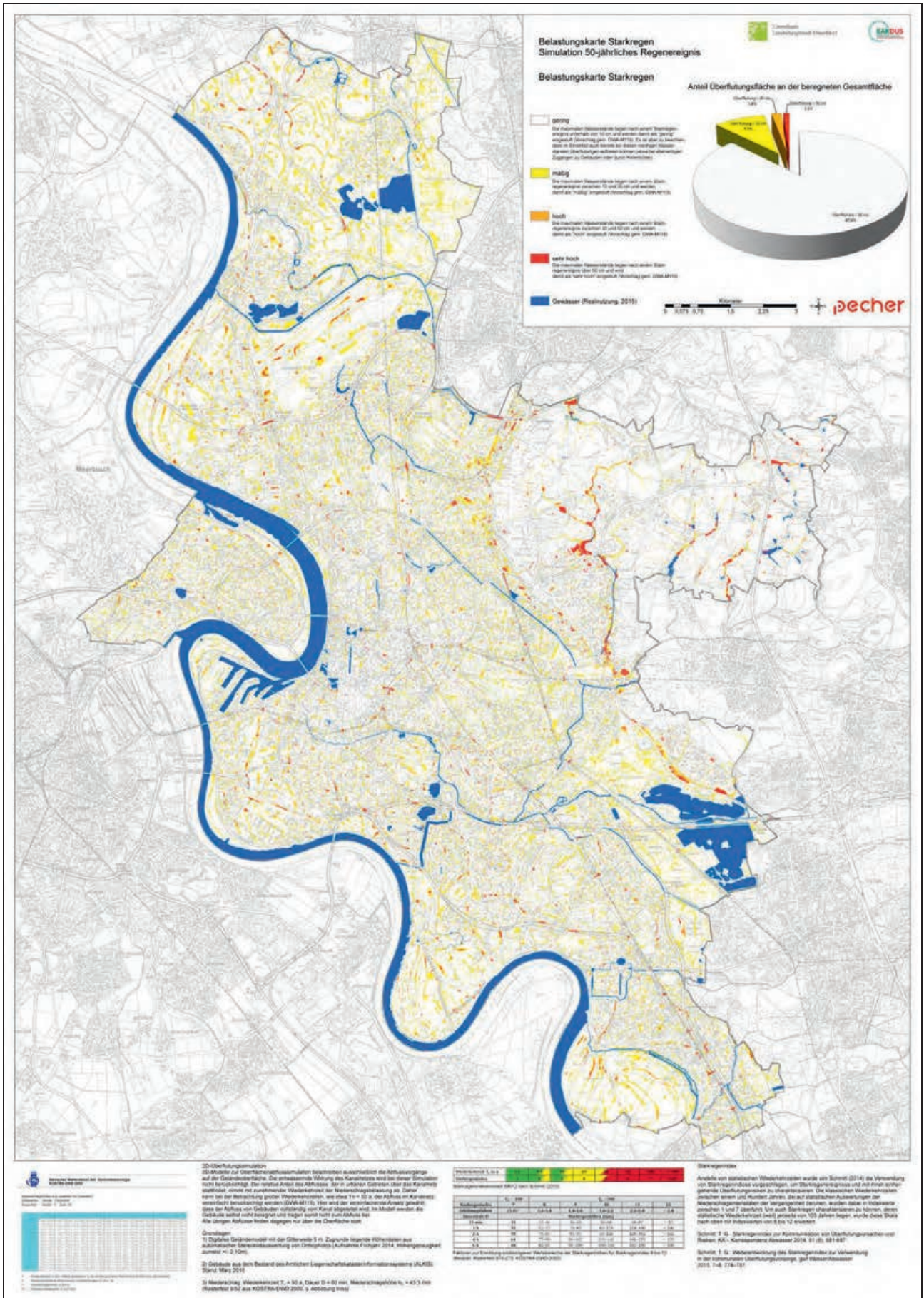


Abb. 48. Belastungskarte Starkregen

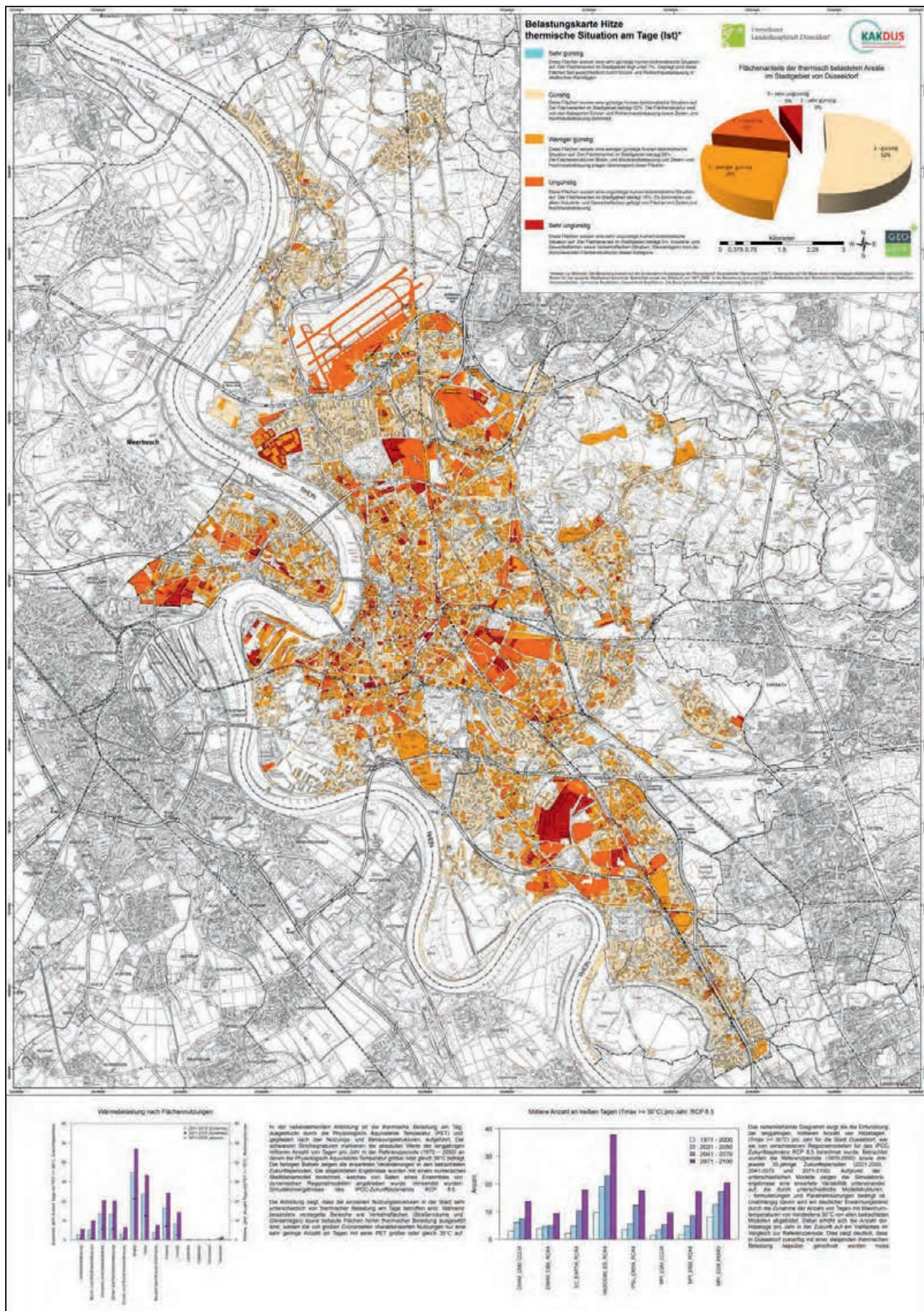


Abb. 49. Belastungskarte Hitze, thermische Situation am Tage, Ist

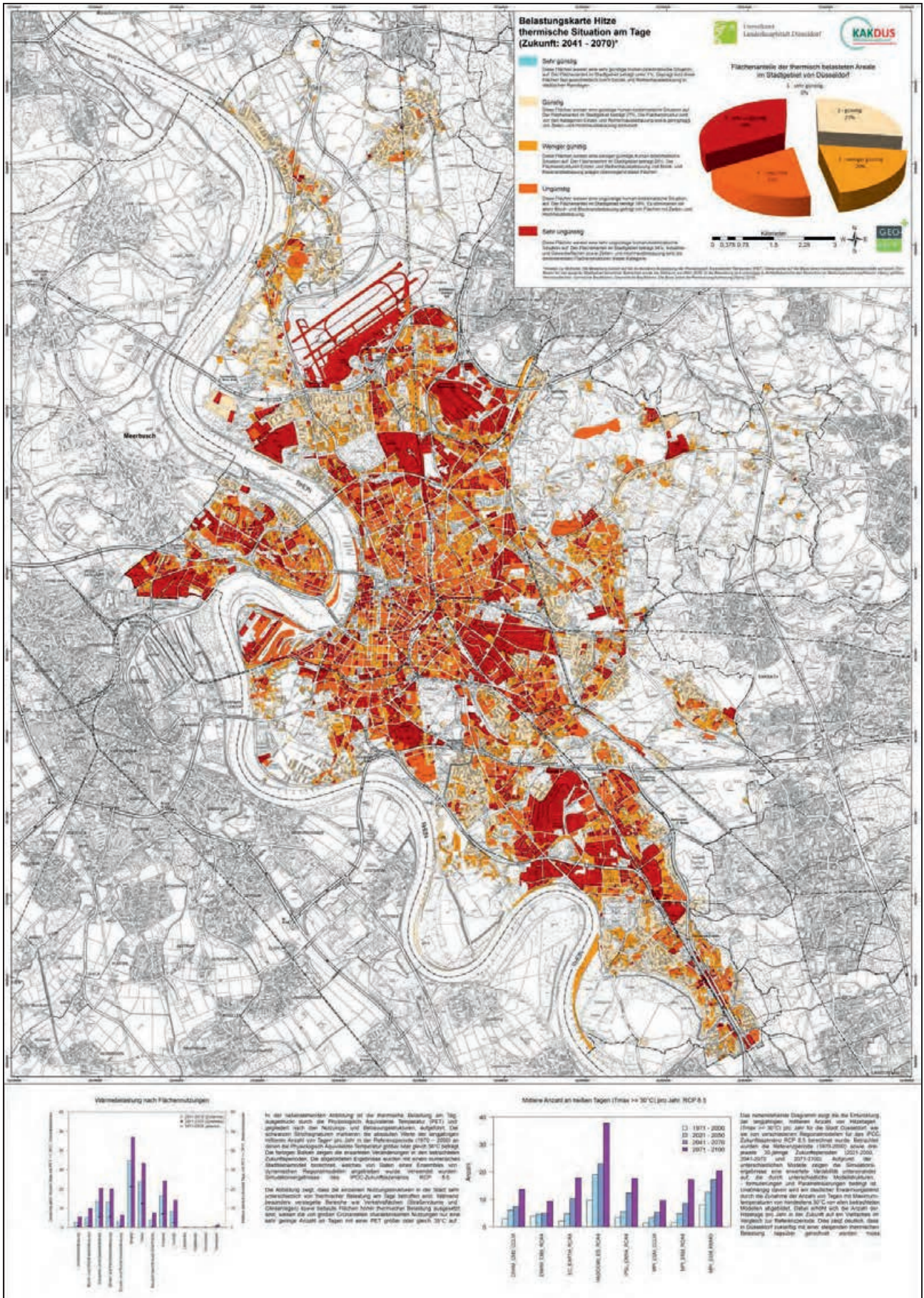


Abb. 50: Belastungskarte Hitze, thermische Situation am Tage, Zukunft



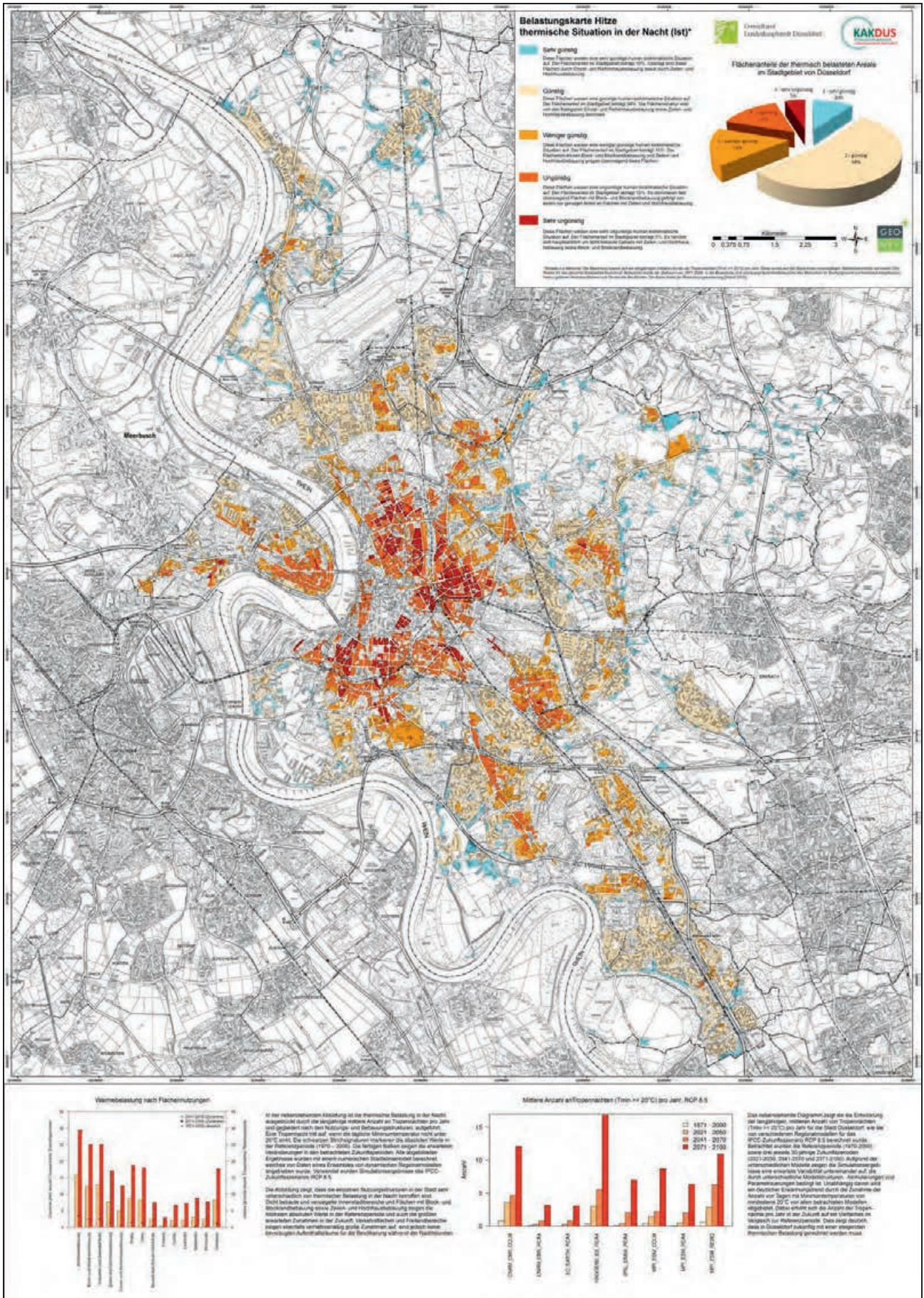


Abb. 51: Belastungskarte Hitze, thermische Situation in der Nacht, Ist

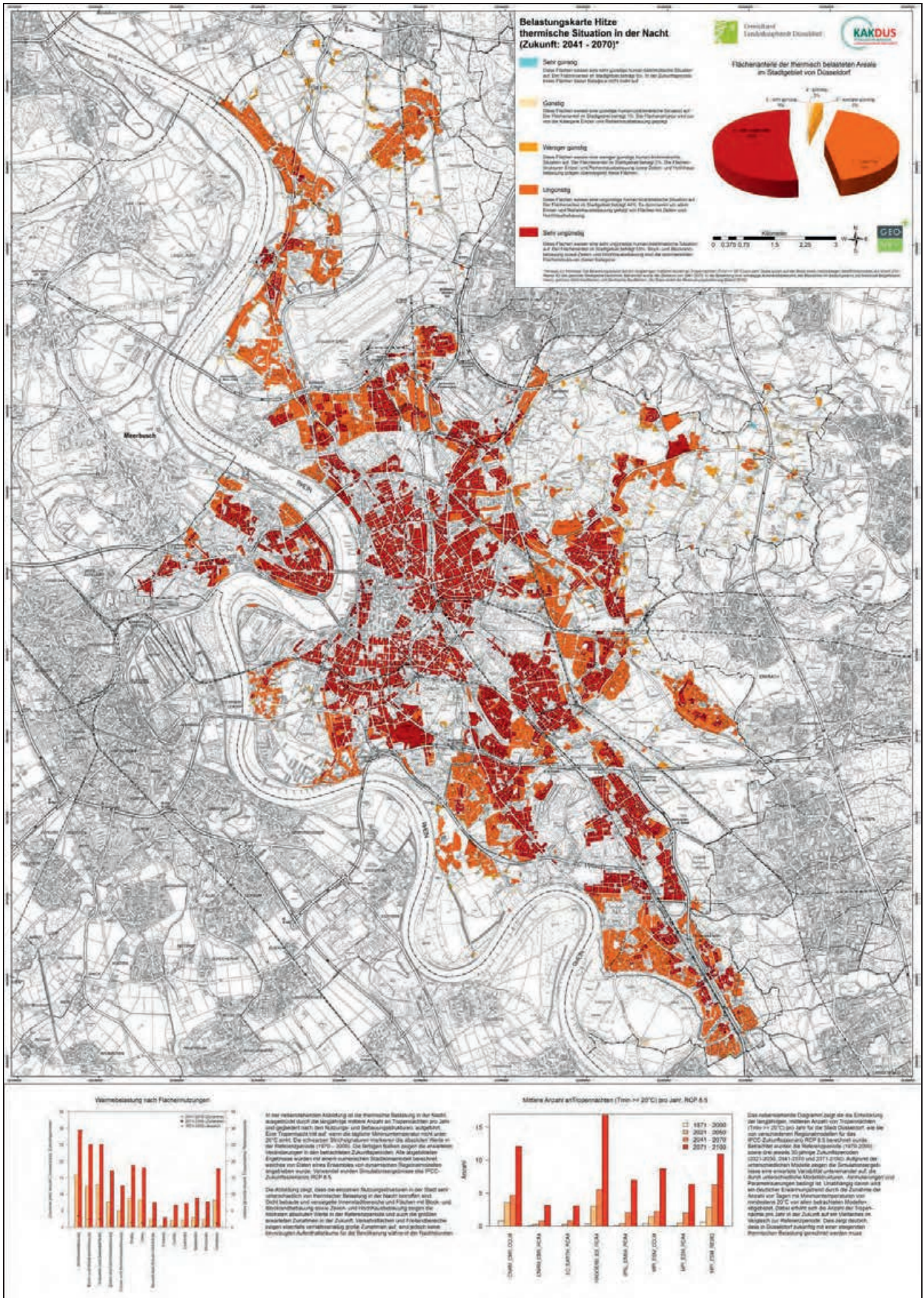


Abb. 52: Belastungskarte Hitze, thermische Situation in der Nacht, Zukunft





**Herausgegeben von der**  
Landeshauptstadt Düsseldorf  
Der Oberbürgermeister  
Umweltamt

**Verantwortlich**  
Thomas Loosen

**Redaktion**  
GEO-NET Umweltconsulting GmbH,  
MUST Städtebau, Dr. Pecher AG

**Foto**  
Düsseldorf Tourismus GmbH

I/18 – .1  
[www.duesseldorf.de](http://www.duesseldorf.de)



Gedruckt auf 100% Recyclingpapier mit dem blauen Engel  
Print CO<sub>2</sub>-kompensiert