

# **ANPASSUNGSKONZEPT AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS IM AACHENER TALKESSEL**



**Auftraggeber:**

Stadt Aachen | Fachbereich Umwelt



**Bearbeitung:**

BKR Aachen Noky & Simon Partnerschaft  
Stadtplaner, Umweltplaner, Landschaftsarchitekt

Dipl.-Ing. Ajo Hinzen, Stadtplaner AKNW  
Dipl.-Ing. Andrea Kranefeld, Stadtplanerin AKNW  
Dipl.-Ing. André Simon, Landschaftsarchitekt AKNW



in Kooperation mit

RWTH Aachen, Geographisches Institut,  
Lehr- und Forschungsgebiet Physische Geographie und Klimatologie

Dr. phil. Gunnar Ketzler  
Miriam Paffen, M.A.  
Dr. rer. nat. Timo Sachsen  
Prof. Dr. Christoph Schneider



Oktober 2014

# ANPASSUNGSKONZEPT AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS IM AACHENER TALKESSEL

## **Inhalt**

1. Aufgabenstellung & Vorgehensweise	1
2. Ausgangssituation	3
3. Klimawandel und Stadtentwicklung in Aachen bis 2030	7
4. Exposition	14
5. Sensitivität	22
6. Belastungsschwerpunkte	26
7. Handlungserfordernisse & Ziele	32
8. Integration in die Bauleitplanung	33
9. Anpassungsmaßnahmen	42

Zum Anpassungskonzept gehören sieben großformatige Karten.  
Ergänzende Fakten, Hintergrundinformationen und Quellenangaben  
finden sich im Anhang.

## VERWENDETE BEGRIFFE

### **Adaptation / Klimaanpassung**

Gesamtheit der Aktivitäten, die dazu dienen, die Empfindlichkeit natürlicher und menschlicher Systeme gegenüber bereits eingetretenen oder zu erwartenden Folgen und Auswirkungen des Klimawandels zu verringern.

### **Exposition / Betroffenheit**

Die Betroffenheit von (bestimmten) Bevölkerungsgruppen, (sozialen) Einrichtungen, Raum- und Siedlungsstrukturen sowie kritischer Infrastruktur von bestimmten Änderungen der Klimaparameter.

### **Sensitivität / Empfindlichkeit**

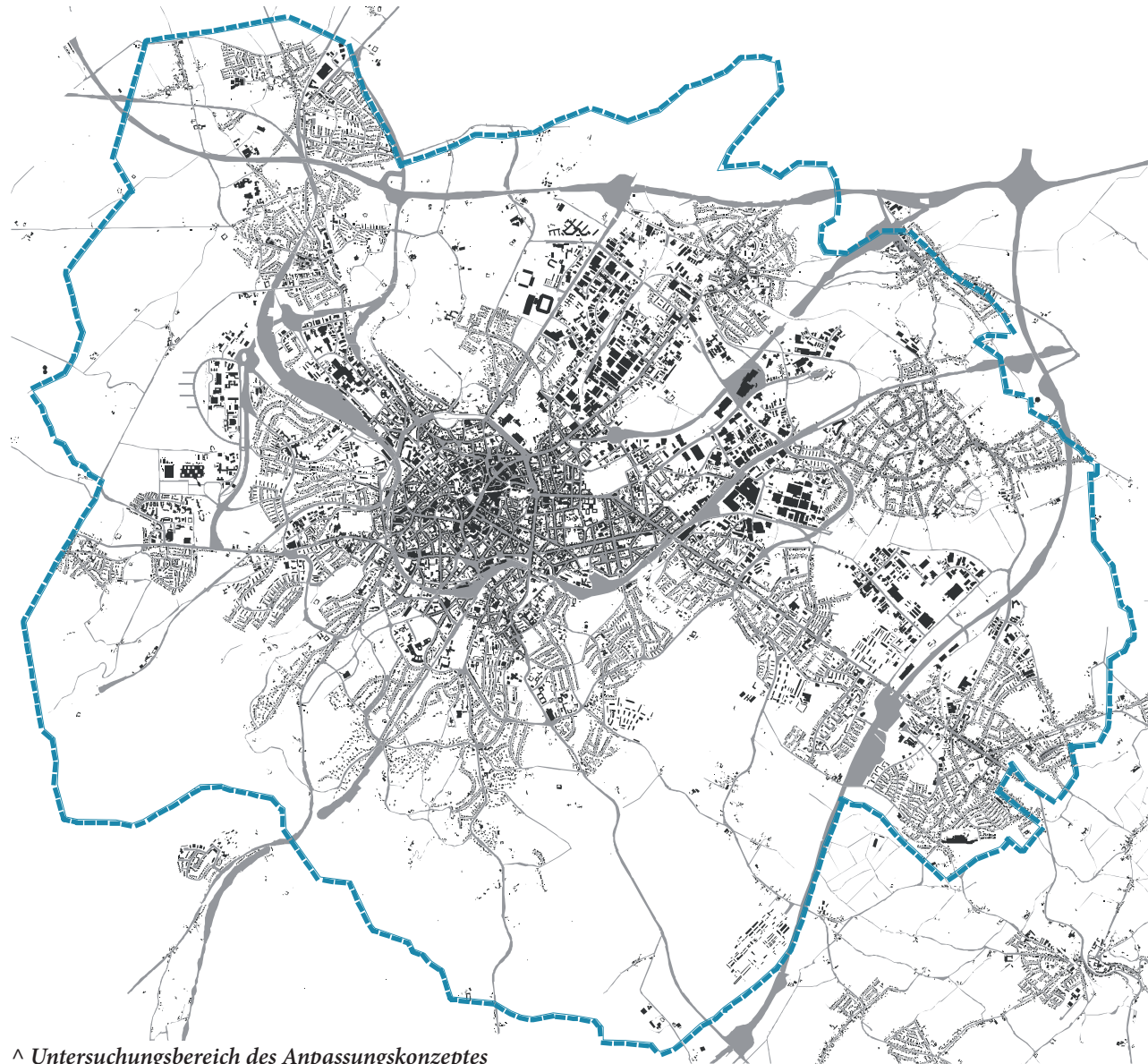
Die Sensitivität drückt aus, ob und wie stark bestimmte Bevölkerungskollektive, (soziale) Einrichtungen, (Frei-)Raum- und Siedlungsstrukturen oder kritische Infrastrukturen und andere wertvolle Güter empfindlich gegenüber schleichenden oder extremen Klimaveränderungen sind.

### **Resilienz / Widerstandsfähigkeit / Anpassungsvermögen**

Resilienz – hier angewandt auf den Raum, die Stadt, Infrastrukturen oder soziale Systeme – bezeichnet das Zusammenspiel von drei Eigenschaften:

- Robustheit gegenüber Störungen. Zentrale Funktionen werden während einer Störung nicht eingeschränkt.
- Bewältigungskapazität: Die Wiederherstellungsfähigkeit von zentralen Funktionen nach einem „Störfall“.
- Anpassungskapazität: Die Fähigkeit, durch pro- und reaktives Handeln sowie Lernfähigkeit Anpassungsleistungen zu erbringen, die

eine Bewältigung von Störfällen ermöglichen, ohne dabei zwingend zum Ausgangszustand zurückzukehren.



^ Untersuchungsbereich des Anpassungskonzeptes

# 1. AUFGABENSTELLUNG & VORGEHENSWEISE

In Aachen stehen stadtklimatische und lufthygienische Problemlagen in Zusammenhang mit der Lage in einem stärker abgeschlossenen Talkessel mit zulaufenden Luftleitbahnen (Bachtäler). Deshalb ist die Stadt mit gutachterlicher Unterstützung frühzeitig tätig geworden, um die Klimatisierung der Kernstadt durch Freihaltung von Grünzügen und Frischluftbahnen zu gewährleisten und der Akkumulation von Immissionen entgegen zu wirken.

Das bspw. durch den dynamischen und flächengreifenden Ausbau der Technischen Hochschule hervorgerufene Siedlungs- und Verkehrswachstum einerseits sowie die laufenden und noch erwartbaren Auswirkungen des Klimawandels (schleichend, Extremereignisse) andererseits sind tendenziell Verschärfungen der stadtklimatischen und lufthy-

gienischen Problemlagen in der Tallage absehbar, denen mit einem innovativen Anpassungskonzept entgegen gewirkt werden soll.

Die Stadt Aachen bereitet zurzeit die Neuaufstellung des Flächennutzungsplans vor. Darin sollen – im Sinne einer zukunftsweisenden klimafreundlichen Stadtentwicklung – die Belange des Klimaschutzes und der Anpassung an die Folgen des Klimawandels eine Leitfunktion für die Entwicklung der Siedlungs-, Nutzungs- und Freiraumstruktur wahrnehmen.

Dies bietet die Chance – neben den ohnehin wachzunehmenden (stadt-)klimatischen Belangen – auch die stadträumlichen und stadtstrukturellen Anpassungserfordernisse an die Folgen des Klimawandels in einem langfristig angelegten, behör-

denverbindlichen gesamtstädtischen Planwerk zu verankern, das zugleich den Rahmen für daraus zu entwickelnde Bebauungspläne setzt.

Zusätzliche Wirkung kann das Anpassungskonzept für die räumliche Planung und für die Genehmigung von Einzelvorhaben entfalten, wenn es vom Rat der Stadt als gemeindliches Entwicklungskonzept mit Selbstbindung oder als informelle Fachplanung beschlossen wird.

Über die Regelungsmöglichkeiten des Flächennutzungsplans hinaus werden untergeordnet nachrichtliche Hinweise auf andere Handlungsfelder der Klimawandelanpassung integriert.

Das Konzept basiert auf Informationen zu folgenden Zeitschnitten.



## Gesamtstädtisches Klimagutachten

## Heutiger Stand

- laufende bauliche Veränderungen
- Stadtklima
- Lufthygiene
- Demografie (Bevölkerungsdichte, Alter)

## Aachen\*2030 (Masterplan, FNP)

- laufende bauliche Veränderungen
- Bauflächenentwicklung
- Stadtklima
- Demografie (Bevölkerungsdichte, Alter)
- Auswirkungen des Klimawandels

## 2050 (Projektion)

- anhaltende, sich verschärfende Auswirkungen des Klimawandels

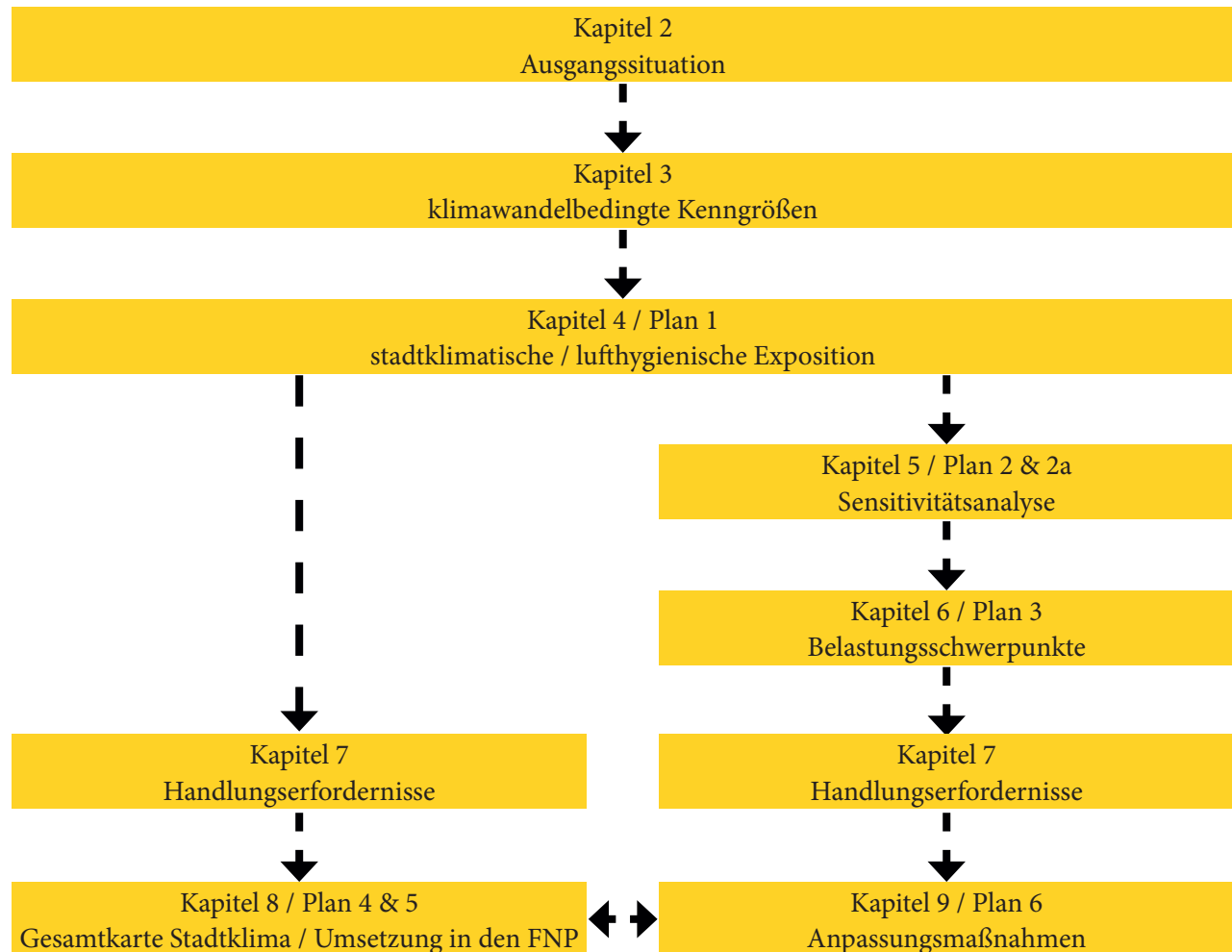
<sup>^</sup> Betrachtungszeiträume des Anpassungskonzeptes

Das Anpassungskonzept differenziert in räumliche bzw. planungsrechtliche Aspekte sowie Aspekte der Sensitivität und der Sozialstrukturen. Es wird in folgenden Arbeitsschritten entwickelt:

- Beschreibung der stadtklimatischen und lufthygienischen Ausgangssituation im Aachener Talkessel, insbesondere Veränderungen seit dem Gesamtstädtischen Klimagutachten (2000 mit Sachstand 1998; siehe Kap. 2) als Referenzfall.
- Charakterisierung klimawandelbedingter Kenngrößen in Aachen - auch im Kontext der Stadtentwicklung (Kap. 3).
- vergleichende Darstellung der stadtklimatischen und lufthygienischen Exposition 2010 / 2013 und 2030 unter besonderer Berücksichtigung klimawandelbedingter Einflüsse (Modellrechnungen, Kap. 4).
- Sensitivitätsanalyse auf Basis der Stimmbezirksabgrenzungen: Identifizierung von Sozialstrukturen, Siedlungs- und Freiraumstrukturen im Talkessel, die gegenüber Veränderungen des Stadtklimas und Folgewirkungen des Klimawandels besonders empfindlich sind (Kap. 5).
- Ableiten von räumlichen Belastungsschwerpunkten durch eine Überlagerung der Expositions- und Sensitivitätsdaten, als Basis bspw. für eine Sozialentwicklungsplanung (Kap. 6).
- Ableitung von Handlungserfordernissen im gesamten Talkessel (Kap. 7).

- Erstellung einer Gesamtkarte Stadtklima zur Integration des Städtischen Klimagutachtens, der Kaltluftuntersuchung und des Anpassungsgutachtens, Empfehlungen zu Umsetzungsmöglichkeiten von Klimaanpassungsmaßnahmen und -erfordernissen im Flächennutzungsplan und in Bebauungsplänen (Kap. 8).

- Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen insbesondere in Belastungsschwerpunkten, die durch Verschärfungen der stadtklimatischen Problemlagen betroffen sein werden (Kap. 9).



## 2. AUSGANGSSITUATION

Die klimatische Situation im Aachener Talkessel wird zum einen durch großklimatische Einflüsse, zum anderen durch seine orografische und topografische Situation geprägt.

Lufthygienisch spielen neben der großräumigen Vorbelastung die kleinräumige Verteilung von emittierenden und immissionsempfindlichen Nutzungen sowie der Verkehr eine maßgebliche Rolle.

Die Raumnutzungsstruktur im Talkessel unterliegt – wenngleich wesentlich durch den Bestand geprägt – Veränderungen unterschiedlicher Dynamik und Ausprägung.

### Orografische Situation

- Aachener Kessel: Talaufweitung mit Durchmesser 5 – 8 km, enger Ausgang durch das Wurmatal
- erhebliche Bedeutung der Lage für die klimatischen Verhältnisse (Immissionsgefährdung)
- Südteil des Aachener Kessels: relativ große Höhenunterschiede auf relativ kleinem Raum auf (Kaiserplatz: 158 m ü. NN bzw. Steinknipp: 359 m ü. NN)
- im Süden Abfolge von meist in die Stadt hinein ausgerichteten kleinen Tälern („Bachtäler“) und Höhenzügen
- Nordteil des Aachener Kessels: geringere Höhenunterschiede, weniger stark gegliedert

### Topografie

- Lage des historischen Stadtzentrums im Südteil des Aachener Kessels
- Stadtentwicklung zunächst innerhalb des Kessels, dann in Richtung auf die Randhöhen im Aachener Kessel
  - im Südteil in tieferen Lagen: überwiegend bebaut mit Gebäuden in Wohn- bzw. Mischnutzung
  - im Stadtzentrum: großflächig bebaut in Form von 4-5-geschossiger Blockrandbebauung, oft auch mit reiner Einzelhandels- und Dienstleistungsnutzung
  - im Westen und Nordwesten des Stadtkerns: großflächig Einrichtungen der RWTH mit z.T. großvolumigen (Solitär-)Gebäuden
  - im Norden und Osten: in erheblichem Umfang bebaut mit gewerblich genutzten Gebäuden und Sport-Einrichtungen

### Hauptentwicklungsachsen der Stadt

- orientieren sich an den Ausfallstraßen (teilweise auf die Höhenrücken ausgerichtet)
- entlang der Ausfallstraßen oft mehrgeschossige Blockrandbebauung
- Höhenrücken überwiegend geprägt durch Wohnbebauung (meist Einfamilien- bzw. Reihenhausbauung) und wenige Großwohnsiedlungen (Kullen, Hanbruch, Driescher Hof)
- zweiter kleiner Stadtkern: Burtscheid
- eigenständige Siedlungsansätze im bzw. am Rand des Aachener Kessels: Haaren, Verlautenheide, Eilendorf, Brand, Forst, Vaalserquartier, Laurensberg und Richterich (mehrgeschossige

Blockrandbebauung im Kern, meist aber Einfamilien- bzw. Reihenhausbauung)

Eine starke Verzahnung der bebauten Bereiche mit dem Freiraum ergibt sich aus der Lage der Entwicklungsachsen auf den Höhenrücken und den weniger dicht bzw. weniger weit stadtauswärts entwickelten Flächen in den kleinen Tälern („Bachtäler“).

### Freiflächen

- stadtnahe Freiflächen: Mischnutzung durch extensive Landwirtschaft, Naturschutz und Naherholung
- im Südosten und Nordwesten: intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen schließen an die Bebauung an (Südosten: überwiegend Dauergrünland, Nordwesten: Ackerflächen)
- im Norden und Osten: Orografie, Bebauung und Freiflächenstruktur ergeben recht kompliziertes Muster, Siedlungsstrukturen intern uneinheitlicher und teils stark durchgrünt (z.B. Eilendorf)

### Stadtklima

- Topografie schränkt vertikalen Luftaustausch vor allem während der Nachtstunden ganzjährig ein bzw. macht ihn gar unmöglich (Temperaturinversion)
- innerstädtische Differenzierung der Klimaelemente allgemein sehr markant ausgebildet
- Trend zu häufigeren Extremereignissen (höhere Temperaturen, Niederschläge) zeichnet sich ab

## Entwicklung der Siedlungsstruktur

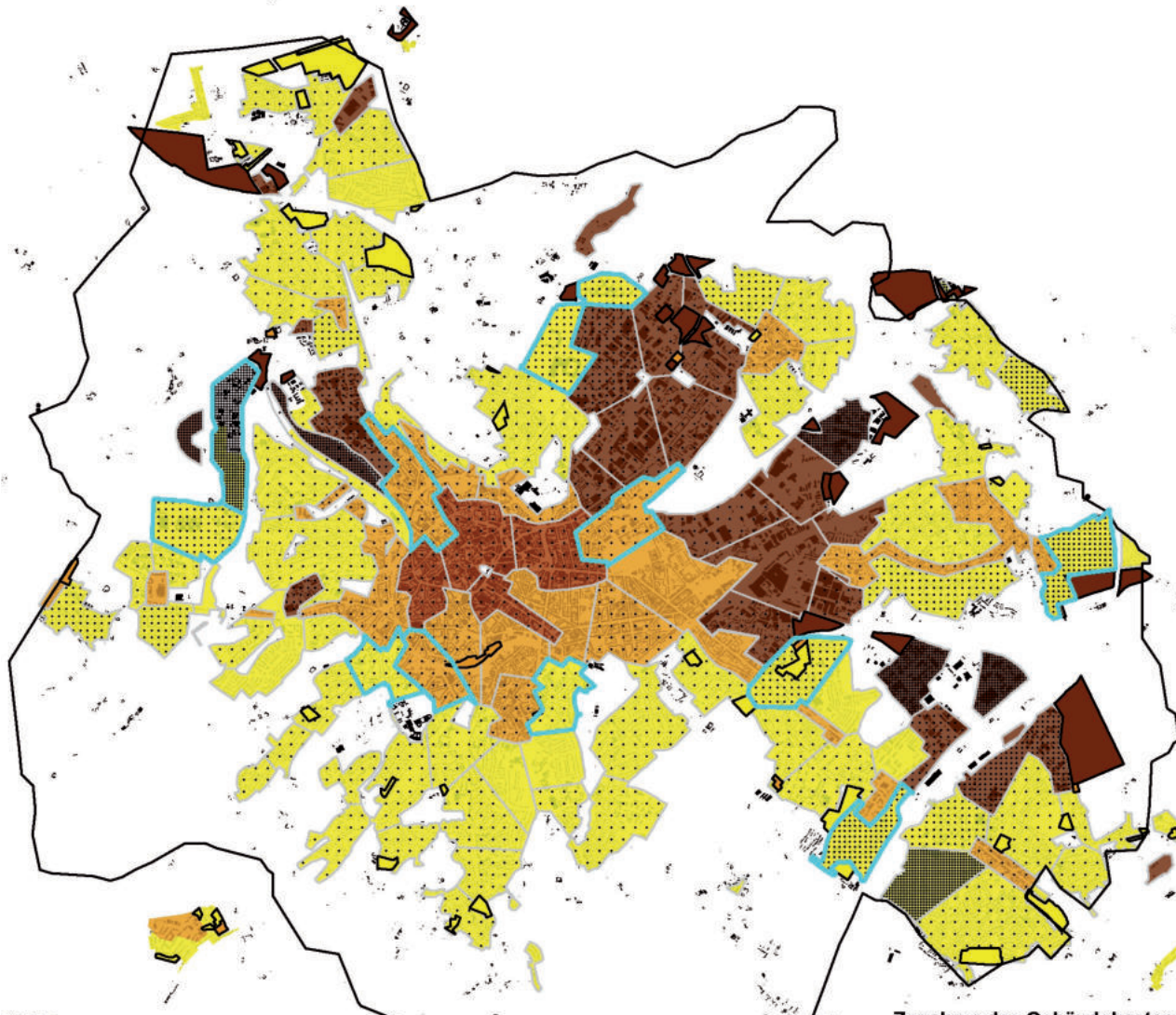
- Fortentwicklung der Siedlungsstruktur gekennzeichnet durch
  - Innenentwicklung im Siedlungsbestand durch (eher kleinflächige) Nachverdichtung, Wieder- und Umnutzung aufgelassener Grundstücke, Baulückenschluss, Ersatzbebauung
  - Außenentwicklung durch Inanspruchnahme bisher primär landwirtschaftlich genutzter Freiräume für Hochschulerweiterungen, Sporteinrichtungen, neue Wohnquartiere
- Beide Prozesse haben Auswirkungen auf die derzeitige und künftige Ausprägung der Klimatope in der Stadt (vgl. Abb. Seite 5).
- Annahme: beide Prozesse setzen sich bis ca. 2020 parallel fort. Danach werden sich als Folge gesetzlicher Umwandlungsvorbehalte, Nachfrageänderungen, Marktsättigung und demografischen Wandel voraussichtlich deutlichere Rückgänge in der Freirauminanspruchnahme einstellen.

Dies wird in der Kernstadt von weiteren baulichen Verdichtungs- und Nutzungsintensivierungsprozessen bei gleichzeitigem Grünflächen- und Vegetationsverlust begleitet sein – sofern hier nicht aus Gründen der Klimawandelanpassung gegengesteuert wird.

## Demografische Entwicklung

- Ab ca. 2020 werden auch in Aachen die Mechanismen des demografischen Wandels quantitativ stärker wirksam: bis 2030 rückläufige Bevölkerungsentwicklung auf ca. 240.000 Einwohner (2013: 248.000 Einwohner); Bevölkerungsrückgang setzt sich bis ca. 2050 fort. Bei fehlendem Wohnraumangebot wird ein höherer Bevölkerungsrückgang erwartet.
- parallel: Zuwachs an Haushalten aufgrund anhaltender Verkleinerung der Haushaltgrößen bei steigendem Pro-Kopf-Wohnflächenbedarf (Wohnflächenzuwachs).
- 2030 werden ca. 25% der Bevölkerung älter als 65 Jahre sein (heute: ca. 20%).
- Stadtkern voraussichtlich weiterhin durch überdurchschnittlich junge Altersstruktur geprägt (Studierende), aber auch verstärkter Zuzug älterer Menschen in die Kernstadt.





**^ aktuelle Veränderungen der Siedlungsstruktur**

Klimatope laut Gesamtstädtischem Klimagutachten Aachen, 2000 (Flächenfarben); geschätzte Intensivierung der baulichen Nutzung (gepunktet), Flächen, bei denen die bisherige Klimatopzuordnung möglicherweise infolge der baulichen Entwicklungen verändert werden muss (blau umrandet, bspw. „Siedlungsklima“ zu „Stadtklima“ bzw. „Gewerbe- und Industrieklima“, „Stadtklima“ zu „Innenstadtklima“); außerdem: Prüfflächen potenzieller baulicher Entwicklungen gem. Vorabzug des FNP-Vorentwurfs, Stand: September 2013 (schwarz umrandet).



**^ Nachverdichtung im Bestand**

Exemplarischer Nachverdichtungsprozess im Gebäudebestand 2010er Jahre gegenüber 1990er Jahre (Bsp. Südviertel / Kaiser-Friedrich-Allee; rot = Neubau, pink = erhebliche bauliche Veränderungen von Bestandsgebäuden)

## Änderungen des Kenntnisstandes bzgl. Klimafunktionen

- Aktuelle Untersuchungen zu Veränderungen der Belüftungsfunktionen durch Landnutzungsänderungen in den Bachtälern zeigen erhebliche negative Effekte kumulierter langfristiger Veränderungen auf nächtliche Kaltluftströme
- Im Kannegießer-/Ponellbachtal: Reduktion der nächtlichen Abkühlung und der nächtlichen Belüftungsintensität um bis zu 50%, Grund: zunehmende Bebauung und geänderte Freiflächenentwicklung in den vergangenen 100 Jahren
- Hinweise: Nächtliche Kaltluftströme werden nicht nur aus den Einzugsgebieten gespeist werden, sondern es finden erhebliche Überströmungen auch aus anderen Tälern statt. Nachgewiesen ist eine kleinräumige Überströmung vom Dorbachtal in Richtung Westpark; wahrscheinlich ist eine großräumige Überströmung vom Indetal in das Haarbachtal; möglich eine weitere Überströmung vom Indetal ins Beverbachtal
- Kurgelbiete: teilweise Verschlechterung der Immissionssituation

- In den vergangenen 15 Jahren durch fortschreitende Stadtentwicklung teilweise Veränderungen der Klimafunktionen konstatierbar (siehe Abbildung unten):
  - Vollständige Sachstandsänderungen für keines der Klimatope bzw. für keine Klimafunktion
  - Teilweise Sachstandsänderungen für die Klimatope ‚Siedlung‘, ‚Stadt‘, ‚Innenstadt‘ und ‚Gewerbe- / Industrie‘ (Hier entspricht in einigen Teilgebieten die Klimatopezuordnung vermutlich nicht mehr der bisherigen); darüber hinaus gilt dies für die Klimafunktionen ‚Gehölzbestand im Freiraum‘, ‚lokaler Kaltluftabfluss an Hängen und

- Mulden‘, ‚Kaltluftströme in Tälern‘, ‚Kaltluftstau‘ und ‚Kaltluftsammlgebiet‘
- Betroffen sind auch Klimafunktionen mit Bezug zur Lufthygiene: ‚Hauptverkehrsstraßen‘ und ‚Kurgelbiete‘
- Die Position ‚Sonderflächen‘ betrifft insbesondere die derzeit laufenden Hochschulerweiterungen.
- Keine wesentlichen Sachstandsänderungen für die Klimatope ‚Park‘, ‚Wald‘, ‚Freiland‘ und ‚Wasserflächen‘

### Klimatope (jeweils für Teilgebiete)

Änderung?

eher ja / teilweise / eher nein

- |                          |                                     |                                     |                            |
|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Typ Siedlung               |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Typ Stadt                  |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Typ Innenstadt             |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Typ Gewerbe- und Industrie |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | Typ Park                   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | Typ Wald                   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | Typ Freiland               |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | Typ Wasserfläche           |

### Räumlich begrenzte Klimafunktionen

Änderung?

eher ja / teilweise / eher nein

#### Spezielle Klimafunktionen

- |                          |                                     |                                     |                           |
|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | Gebäudekomplexe           |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Siedlung im Freiraum      |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Gehölzbestand im Freiraum |

#### Belüftungsfunktionen

- |                          |                                     |                                     |  |
|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | Gebiete mit starker Ventilation              |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Lokaler Kaltluftabfluß an Hängen / in Mulden |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Kaltluftströme in Tälern                     |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Kaltluftstau                                 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Kaltluftsammlgebiet                          |

#### Lufthygiene

- |                          |                                     |                          |                                       |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Industrieanlagen                      |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Sonderflächen                         |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Hauptverkehrsstraßen                  |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Besonders belastete Straßenabschnitte |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Bahnanlagen                           |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Kurgelbiete                           |

### 3. KLIMAWANDEL UND STADTENTWICKLUNG IN AACHEN BIS 2030

Der globale Klimawandel ist bereits Realität. Er vollzieht sich großräumig und regional mit unterschiedlicher Ausprägung, Dynamik und Intensität.

Städtische Gebiete und Systeme sind in besonderem Maße vom Klimawandel betroffen, weil sie eine große Bevölkerungsdichte aufweisen und in Gebäuden sowie technischer Infrastruktur in hohem Maße Kapital, Ressourcen, kulturelle Werte und Identität gebunden sind.

Der Wärme- und Niederschlagshaushalt in urbanen Systemen wird sich langfristig verändern. Es wird neben einer „schleichenden“ Erhöhung der Temperaturen künftig häufiger zu Hitzewellen kommen – mit negativen Auswirkungen auf die Gesundheit und Behaglichkeit der Stadtbewohner, insbesondere für ältere Menschen, chronisch Kranke und Kinder (steigendes hitzebedingtes Gesundheitsrisiko der Stadtbevölkerung).

Gebäude und technische Infrastrukturen werden durch Zunahme von Starkregenereignissen, Hagel und Stürmen extremeren meteorologischen und klimatischen Beanspruchungen ausgesetzt sein, die die Lebensdauer mindern, negative Auswirkungen auf Produktions- und Logistikketten zeitigen und wirtschaftliche Schäden für Bewohner und Eigentümer verursachen.

Während es Aufgabe der Klimaschutzaktivitäten ist, die anthropogenen Beiträge zur Erderwärmung zu reduzieren und insoweit die unvermeidlichen Folgen des Klimawandels beherrschbar zu machen, zielen die Aktivitäten zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels darauf, die Verwundbarkeit (Vulnerabilität) der ökologischen, sozialen, urbanen, technischen und infrastrukturellen Systeme zu verringern und deren Widerstandsfähigkeit zu steigern.

Auf den verschiedenen Ebenen staatlichen Handelns sind den letzten Jahren rahmensetzende Strategien zur Anpassung an den Klimawandel entwickelt (bspw. DAS 2008) und bereits in ersten Raum- und Fachplanungen konkretisiert worden.

Überdies haben einige Städte und Regionen – überwiegend im Rahmen geförderter Modellvorhaben – begonnen, Strategiepläne und Handlungskonzepte mit unterschiedlichen Ansätzen und Schwerpunkten zu entwickeln. Dabei konnte auch an viele Erfahrungen und Handhabungen in der Stadt-, Landschafts- und Freiraumplanung sowie der stadtklimatischen Diskussionen aus der Vergangenheit angeknüpft werden, die faktisch Maßnahmen der Klimaanpassung darstellen (wenngleich sie nicht so etikettiert waren).

In diesen Kontext ordnet sich auch das Klimaanpassungskonzept der Stadt Aachen ein.

#### **Klimawandel-bedingte Verschärfungen stadtklimatischer (und lufthygienischer) Problemsituationen**

Die allgemeine Temperaturentwicklung (Jahresmitteltemperatur) in Aachen für die Zeitspanne der instrumentellen Beobachtungen ist durch eine langfristige Zunahme von etwa 1 °C pro 100 Jahre gekennzeichnet.

Speziell seit 1990er Jahren: insgesamt bereits höheres Temperaturniveau (siehe Abb. Seite 8).

Veränderungen der klimatisch-lufthygienischen Situation in Aachen im Jahr 2030 gegenüber 2010 werden bestimmt durch

- klimatische Effekte von baulichen, siedlungsstrukturellen und verkehrlichen Veränderungen in der Stadt selbst
- Effekte des globalen Klimawandels.

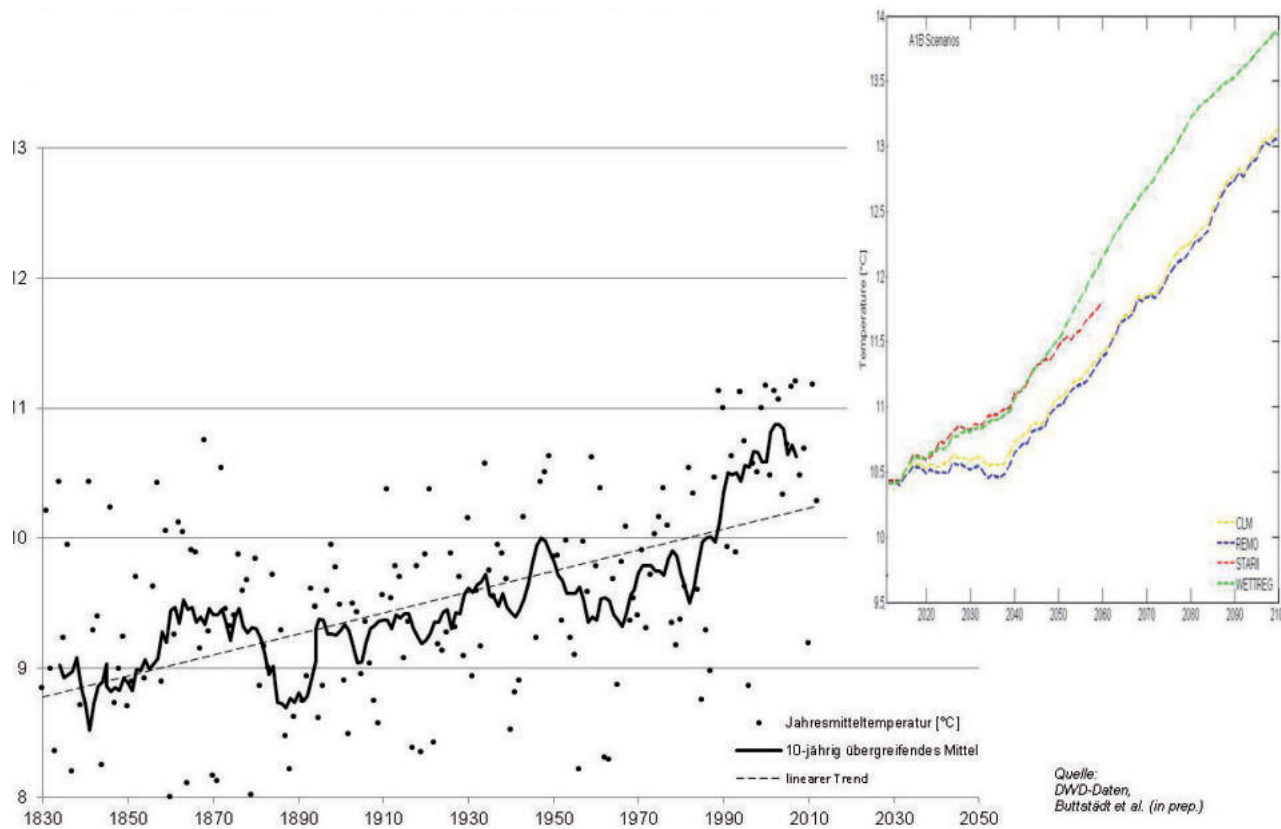
Derzeitige Modellvorhersagen lassen einen weiteren Anstieg erwarten.

Bis 2020:  
etwas stärkerer Anstieg

Bis ca. 2040:  
weniger starker oder schon stärkerer Temperaturanstieg (je nach Modell)

Ab 2040:  
ein eher einheitlich starker Anstieg

Bis 2050:  
Zunahme der Durchschnittstemperatur (gegenüber 2010) um 0,5 °C – 1,0 °C



^ **Langfristige Temperaturentwicklung in Aachen.**

Messdaten (Aachen-Wetterstation, unten) und Modellergebnisse (rechts) (Buttstädt et al., 2010)

Dies entspricht etwa dem derzeit allgemein angenommenen Erwärmungstrend für Gesamt-NRW von 2,2 °C (vom Mittel 1960-1990 zum Mittel 2030-2060).

Der allgemeine numerische Erwärmungstrend kann derzeit noch nicht in ein konsistentes Gesamtbild eines zukünftig für Aachen zu erwartenden Klimas umgesetzt werden. Es liegen keine seriösen Prognosen für die anderen Klimaelemente vor (Bewölkung, Sonnenschein, Wind usw.).

**Allgemeine Erwärmung**

Der vorhergesagte Temperaturanstieg kann im ozeanischen Einflussbereich sehr unterschiedliche Verteilungen auf Jahreszeiten und sehr unterschiedliche Wirkung auf Witterungsverläufe aufweisen (siehe Abb. oben rechts);

- im Mittel relativ hohe Temperaturen können einhergehen mit langen Phasen von als feucht-kalt empfundener Witterung und schneereichen Wintern

**Aachen (Jahresmittel)**

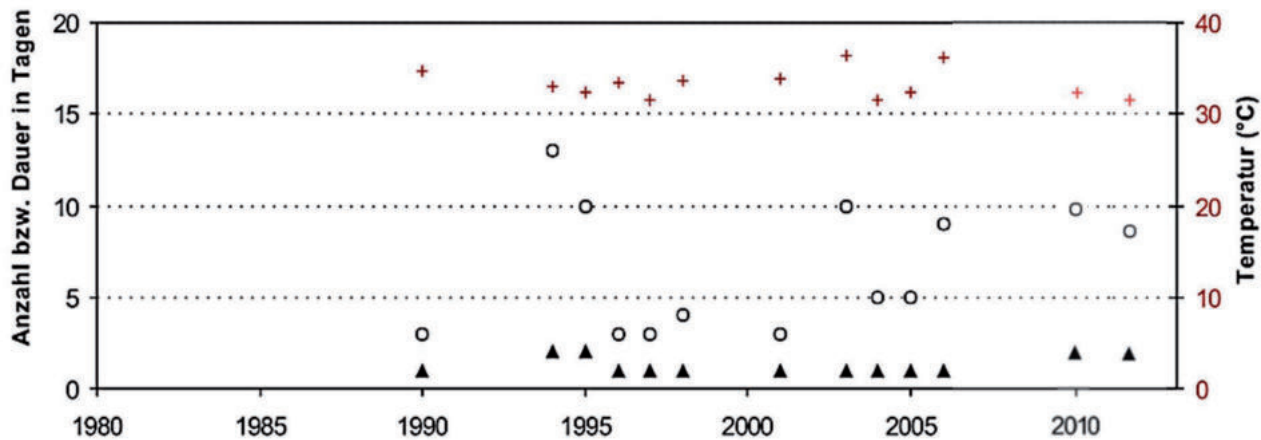
TT(a) (1961-1990) 9,7 °C  
 TT(a) (19. Jhd.) ≈ 9,0 – 9,5 °C (= - 0,2 bis - 0,7 °C)  
 TT(a) (2050) ≈ 11,1 °C (= + 1,4°C)  
 TT(a) ≈ 12,5 °C (= + 2,8°C)  
 (Prognose Mittel 2030-2060 gegenüber 1961-1990)

**Zum Vergleich**

Jahresmittel Dänemark 2007: TT(a): 9,5°C (wärmstes Jahr)  
 Lyon/Bron: TT(a): 11,4°C  
 Valentia/Irland: TT(a): 10,6°C  
 Bordeaux/Merignac: TT(a): 12,6°C  
 Oviedo/Asturien: TT(a): 12,7°C

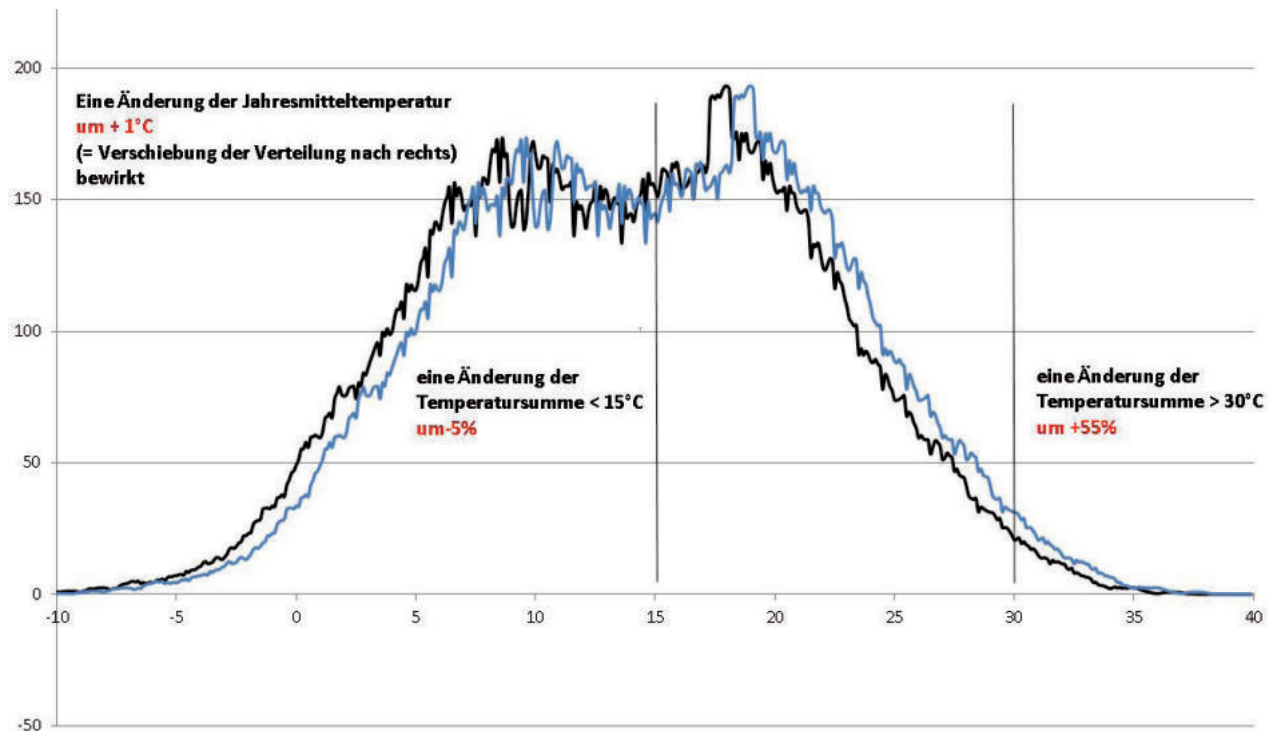
^ *Aachener Temperaturjahresmittel im Vergleich Gemessene u. prognostizierte Jahresmitteltemperaturen (TT(a)) für Aachen und gemessene Temperaturen für unterschiedlich stark ozeanisch geprägte Vergleichsorte.*

- höhere Temperaturen können sowohl mit Zunahme als auch Abnahme der Häufigkeit maritim beeinflusster Wetterlagen verbunden sein
- Hohe Jahresmitteltemperaturen treten trotz oft eher kühl empfundener Witterung seit den 1990er Jahren als Effekt der höheren Anzahl von Ereignissen mit sommerlicher Hitzebelastung
- Witterungsverlauf im Jahr über lange Zeiträume durch mäßige Temperaturen geprägt



< Zunahme der Extremereignisse  
 Entwicklung der Zahl von Ereignissen mit sommerlicher Hitzebelastung in Aachen (Buttstädt et al., 2010)

▲ Hitzewellen ○ Dauer + Intensität



^ Effekte einer Erhöhung der Jahresmitteltemperatur

Temperaturerhöhung mit Verschiebung der Häufigkeitsverteilung der Tagesmittel der Lufttemperatur in Aachen (Wetterstation) 1891-2009. Die hier durchgeführte Auswertung betrachtet die räumliche Temperaturverteilung bei einem durchschnittlichen Hitzeereignis relativ zur Temperatur an der Station Aachen-Hörn, von der eine langjährige Messreihe vorliegt, sowie die klimawandelbedingten und zusätzlich die baulich bedingten Veränderungen.

Im Ergebnis entspricht dies einem Witterungstyp mit häufig maritim geprägtem Klima (und mglw. häufigeren, wenn auch in der Summe nicht mehr Niederschlägen), zunehmender Auftretswahrscheinlichkeit extremer Ereignisse mit sommerlicher Zufuhr heißer, tropischer Luftmassen und einzelnen, aber statistisch häufigeren Starkniederschlagsereignissen (siehe Abb. S. 9 oben).

Diese Extremereignisse sind problematischer als ein gleichmäßiger schleichender „statistischer“ Klimatrend:

- häufigeres, intensiveres, längeres Auftreten von Hitzewellen mit größerer räumlicher Ausdehnung ist wahrscheinlich
- voraussichtlich besondere Auswirkungen auf große Städte (Verstärkung bereits bestehender Wärmeinselleffekte durch Hitzewellen)

**Referenzdaten**  
1961-1990

Sommertage:	26.00
Heiße Tage:	3.83
Frosttage:	48.83
Eistage:	13.50

(mittlere Anzahl 1961-1990)

**Feuchtes Szenario**  
2026-2055

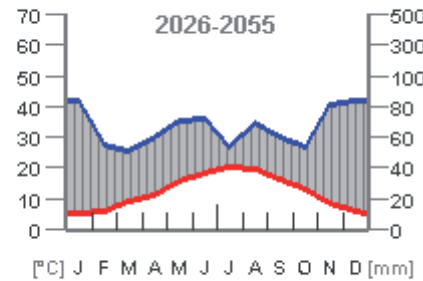
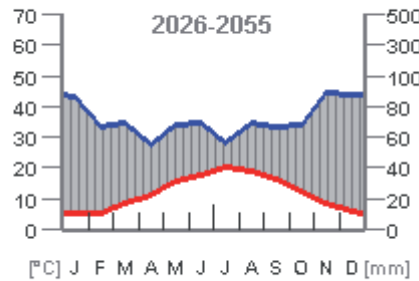
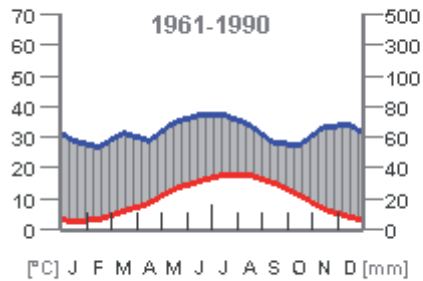
Sommertage:	49.00
Heiße Tage:	11.77
Frosttage:	19.83
Eistage:	4.00

(mittlere Anzahl 2026-2055)

**Trockenes Szenario**  
2026-2055

Sommertage:	54.57
Heiße Tage:	13.40
Frosttage:	21.27
Eistage:	5.80

(mittlere Anzahl 2026-2055)



Klimadiagramme nach Walter

**Referenzdaten**  
1961-1990

Sommertage:	22.13
Heiße Tage:	2.90
Frosttage:	55.60
Eistage:	14.68

(mittlere Anzahl 1961-1990)

**Feuchtes Szenario**  
2026-2055

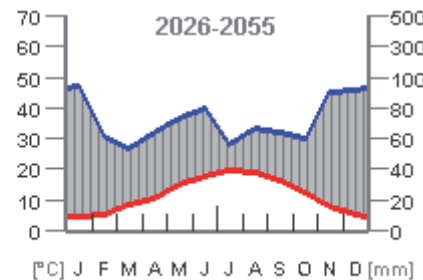
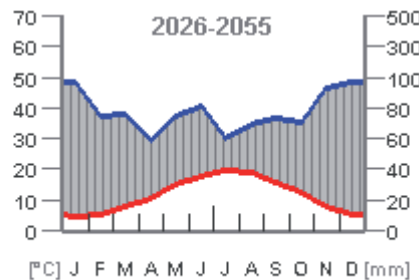
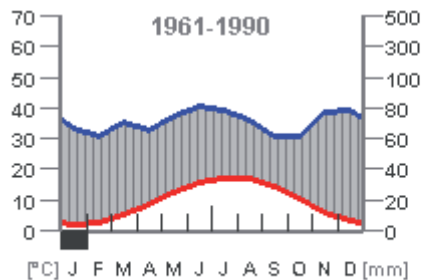
Sommertage:	44.47
Heiße Tage:	9.83
Frosttage:	25.10
Eistage:	4.65

(mittlere Anzahl 2026-2055)

**Trockenes Szenario**  
2026-2055

Sommertage:	49.63
Heiße Tage:	11.47
Frosttage:	26.97
Eistage:	6.63

(mittlere Anzahl 2026-2055)



Klimadiagramme nach Walter

< **Veränderungen der Auftretenswahrscheinlichkeit klimatischer Extremereignisse**  
Szenarien für Schutzgebiete im Aachener Stadtgebiet im Zeitvergleich: Klimawandelszenarien für die FFH-Gebiete FFH 5102-301 „Wurmtal südlich Herzogenrath (oben) und FFH 5203-310 „Brander Wald“ (unten).

Deutlich erkennbar ist die starke Erhöhung der Sommertage mit Temperaturen von mindestens 25°C und der Heißen Tage (Temperatur mindestens 30°C) sowie die Abnahme von Frosttagen (Temperatur unter 0°C) und Eistagen (Höchstwert bleibt < 0°C).  
(BfN, PIK 2008)

## Auswirkungen des Temperaturanstieges

Extreme thermische Bedingungen haben großen Einfluss auf menschliches Wohlbefinden und Gesundheit:

- zunehmende Hitzebelastung belastet Herz-Kreislauf-System
- hitzebedingte Beschwerden: Defizite von extrazellulärer Flüssigkeit und Kochsalz, Störung der Thermoregulation, Hitzeerschöpfung, Hitzeschlag, Hitzekrämpfe, Sonnenstich
- besonders gefährdet: Personen mit Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen, ältere Menschen, Kleinkinder
- Erfahrungsgröße: außerhalb des bioklimatischen Komfortkorridors steigt die Gesamtsterblichkeit je 1 Grad Kelvin um 1%; bei den Herz-Kreislauf-Erkrankungen um 3,1%

Extreme Temperaturen in städtischen Wärmeinseln sind darüber hinaus Grundlage für sekundäre chemische Reaktionen in der Atmosphäre

- Anstieg der Konzentration einiger Luftschadstoffe; Folge: Gesundheitsrisiken für den Menschen
- gegenwärtige Beurteilung des Einfluss des Klimawandels auf Aerosolkonzentration ist nicht sicher
- Modellstudien prognostizieren: globale Klimaveränderung kann die PM (Particulate Matter)-Konzentrationen in den zukünftigen Jahrzehnten in urbanen Räumen etwa um  $\pm 0,1$  bis  $1 \mu\text{g m}^{-3}$  verändern.

Gefühlte Temperatur (°C)	Thermisches Empfinden	Thermophysiologische Beanspruchung
0 bis 20	behaglich	Wohlbefinden möglich
20 bis 26	leicht warm	schwache Wärmebelastung
26 bis 32	warm	mäßige Wärmebelastung
32 bis 38	heiß	starke Wärmebelastung
über 38	sehr heiß	extreme Wärmebelastung

<sup>^</sup> *Gefühlte Temperatur und thermische Beanspruchung nach VDI 3787 Blatt 2*

- seit längerem Erwartung einer Reduktion von Partikelemissionen als Folge technischer Verbesserungen in Europa etwa in der Fahrzeugflotte; jedoch faktisch kein klarer Trend im vergangenen Jahrzehnt erkennbar

Die Feinstaub-Konzentrationen im europäischen Ballungsraum zwischen Ruhrgebiet, Nordholland und Nordfrankreich bleiben voraussichtlich langfristig auf hohem Niveau.

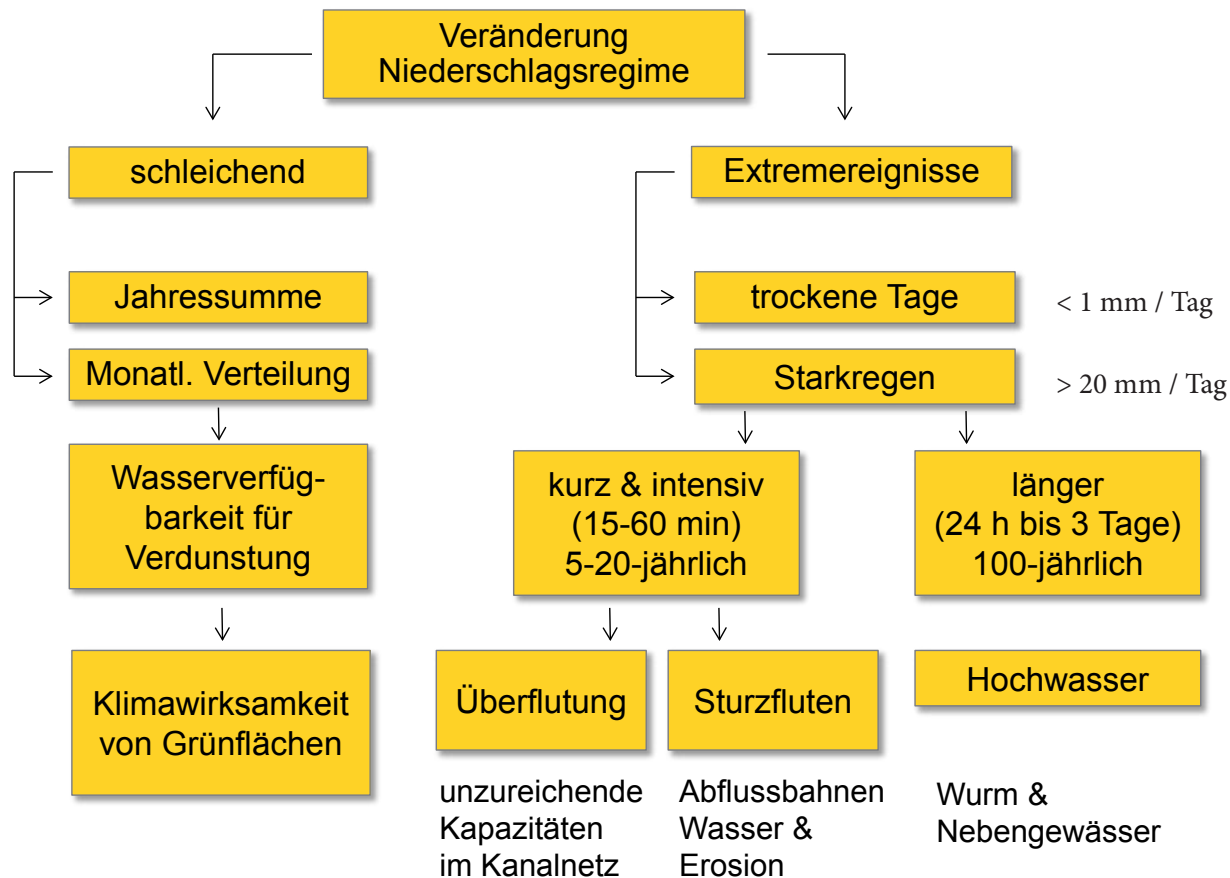
- Auslöser für Krankheiten wie Lungenkrebs bei erhöhten Werten von PM10 und PM2,5, Einfluss auf die Mortalitätsrate
- hohe Temperaturen in der Stadt werden von hohen bodennahen Ozonkonzentrationen begleitet (sogenannter ‚Sommersmog‘)

- steigende Ozon-Konzentrationen für Europa werden erwartet
- besonders als Schlüsselsubstanz im sogenannten Sommersmog, kann Ozon in höheren Konzentrationen eine schädliche Wirkung haben

Weitere Photooxidantien (Nebenprodukt der atmosphärischen Ozonbildung) haben gesundheitliche Auswirkungen.

- Reizwirkungen auf Augen und Schleimhäute, Schädigungen der Zellmembranen in der Lunge, allergiefördernde Wirkung

Genauere Verortung hoher Ozon-Konzentrationen im städtischen Raum ist kaum möglich (komplizierte photochemische Reaktionen, differenziertes Abbauverhalten bei Anwesenheit hoher NOx-Konzentrationen).



## Niederschlag & Extremereignisse

- Die prognostizierte Jahresniederschlagssumme im Raum Aachen bleibt im Vergleich 1961-1990 zu 2036-2065 nahezu unverändert, leichte Zunahme Richtung Eifel
- Monatliche Verteilung ändert sich: geringere Niederschlagsmenge im Sommer (Juli, August), vermehrte Niederschläge im Winter (März), Frühjahr und Herbst
- Winterniederschläge vermehrt als Regen
- Zunahme und Verstärkung der Extremereignisse sowohl im Sommer- als auch im Winterhalbjahr wahrscheinlich
  - 1950-2008: Zunahme der Starkregen der Dauerstufe < 12 Std. Anstiege der Intensitäten nicht erkennbar
  - Zunahme der Dauerstufen < 1 Std.: keine signifikante Zunahme; Überlagerung Klimaeffekt & Messtechnik
- Beispiel Region Köln: Zunahme der prognostizierten Extremniederschläge (LANUV 2013)
  - bis Mitte des Jahrhunderts um 10 – 40 %
  - bis Ende des Jahrhunderts um 140 – 290 %

^ Klimawandelbedingte Veränderungen des Niederschlagsregimes (eigene Darstellung)



## Stadtentwicklung bis 2030

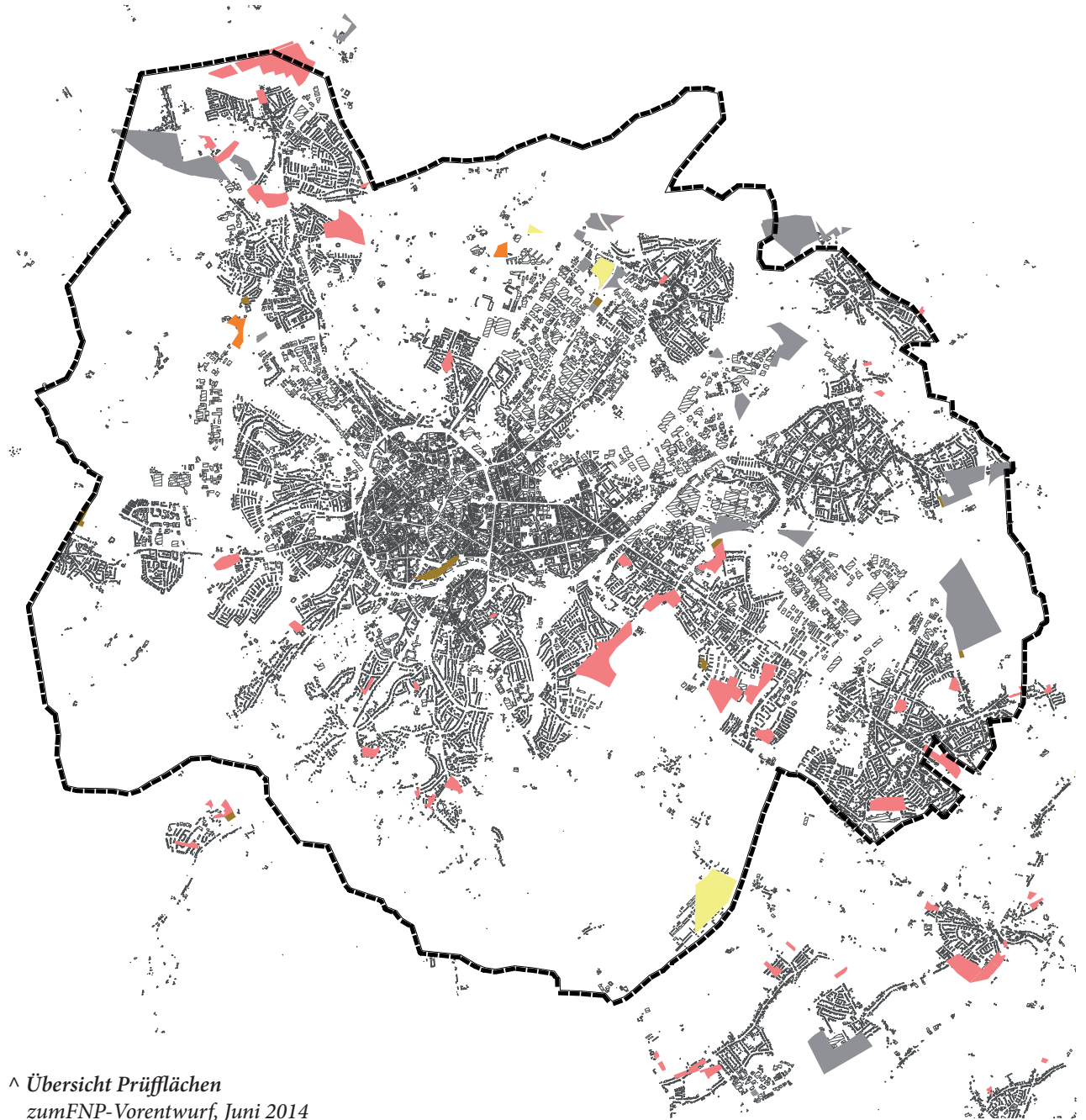
Die städtebauliche Entwicklung der Kernstadt im Aachener Talkessel wird durch drei Faktoren angetrieben:

- in Umsetzung befindliche Großvorhaben, die in den letzten Jahren planerisch vorbereitet wurden (insbesondere RWTH-Campus-Projekte)
- anhaltende Innenentwicklung, Nachverdichtung und Nutzungsintensivierung im Bestand (überwiegend durch eine Vielzahl von Einzelvorhaben). Basis: Grobkartierung der Entwicklung in den vergangenen 20 Jahren (vgl. Abb. S. 5)
- derzeit planerisch vorbereitete Siedlungserweiterungen im Zuge der Neuaufstellung des Flächennutzungsplans 2030; „Prüfflächen“ zum FNP-Vorentwurf, Juni 2014

Dies ist einerseits für die künftige Ausprägung des Stadtklimas bedeutsam und etabliert andererseits neue klima-(wandel-)sensitive Nutzungen und Raumstrukturen im Talkessel.

Diese vorhersehbaren Änderungen der Stadtentwicklung werden der Modellierung der Veränderungen bis 2030 zugrundegelegt.

Vor der Offenlage des FNP-Entwurfs wird eine erneute Prüfung der gewählten Neudarstellungen empfohlen.



^ Übersicht Prüfflächen  
zum FNP-Vorentwurf, Juni 2014

## 4. EXPOSITION

Nachfolgend wird basierend auf Modellrechnungen vergleichend dargestellt, wo und wie sich im Aachener Talkessel bestimmte Klima- und Lufthygieneparameter zwischen 2010 und 2030 unter dem Einfluss des globalen Klimawandels und unter den klimatischen Effekten fortgesetzter Siedlungsentwicklung ändern.

Im Mittelpunkt des Vergleiches stehen Veränderungen der thermischen Belastung sowie der nächtlichen Abkühlungs- und Belüftungsfunktion. Für die Feinstaubbelastung werden mangels einer Emissionsprognose für das Jahr 2030 ähnliche Bedingungen wie im Jahr 2010 angenommen.

Die Ergebnisse sind kartografisch auch auf Plan 1 - Exposition zusammengefasst.

### 4.1 TEMPERATUR

#### Tages- und Abendtemperaturen

Die Belastungssituation 2010 ist geprägt durch:

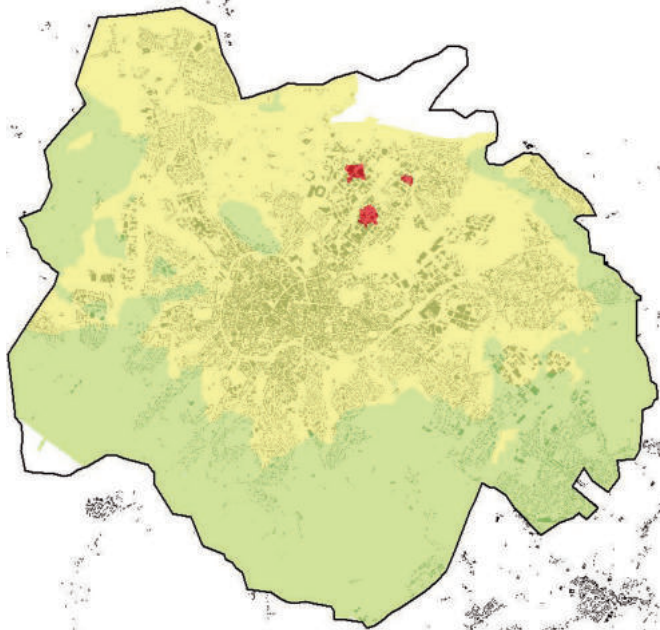
- Flächige thermische Belastung im dichter besiedelten städtischen Bereich, Nebenwärmeinsel am Tag im Bereich der im Nordosten liegenden Gewerbe- und Industriegebiete
- deutliche zentrale städtische Wärmeinsel am Abend, gegenüber dem Stadtkern etwas nach Nordosten verschoben

#### **klimawandel-bedingte Erwärmung bis 2030 (gegenüber 2010):**

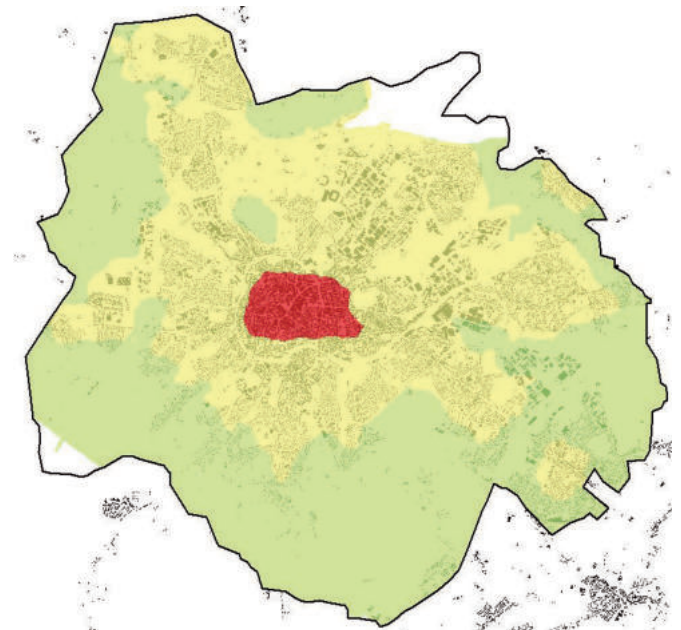
- 0,5 °C bzw. 0,6 °C, flächig wirksam
- Erwärmung durch bauliche Veränderungen bis 2030
- flächig meist unter 0,1 °C, aber einige Bereiche bis ca. 0,3 °C (am Tag und abends), nachts teils starke Effekte auf bodennahe Kaltluft mit Fernwirkungen
- Deutlichere Zunahmen u.a. in neu ausgewiesenen gewerblichen Flächen bzw. angrenzend in größeren Erweiterungsflächen für Wohnungsbau (Brander Feld, Richtericher Dell).

*Veränderung der städtischen Wärmeinseln  
thermische Belastung mittags (links) und abends (rechts)  
jeweils in 2010 und 2030*

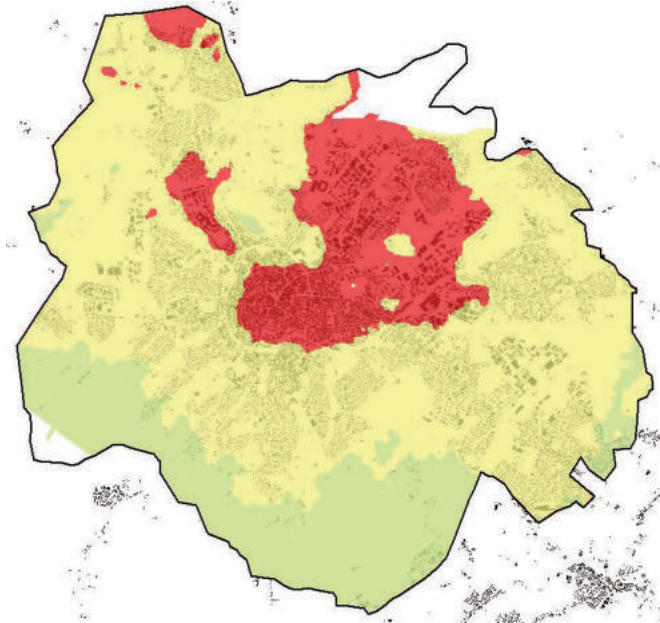
- gering
- mittel
- hoch



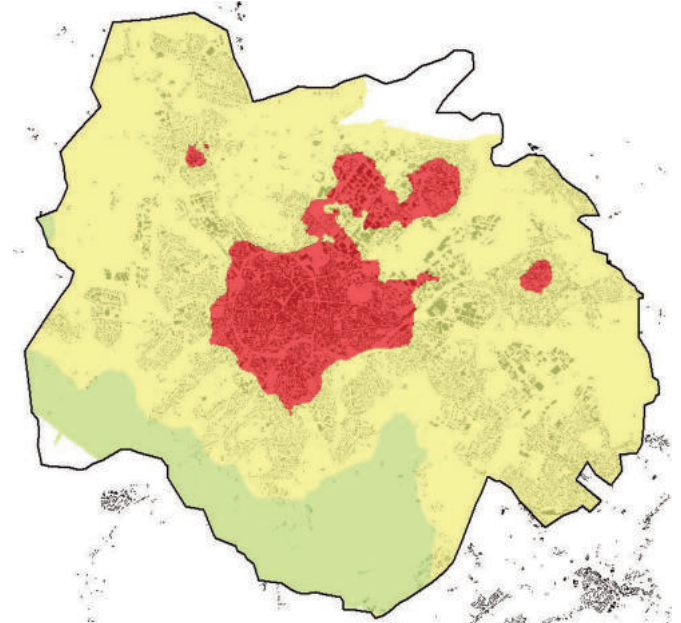
2010



2010



2030



2030

*bauliche u. klimawandelbedingte Veränderungen*

## Nächtliche Belüftungsfunktionen

Nächtliche Kaltluftströme bewerkstelligen bei austauscharmen Wetterlagen wichtige bodennahe Luftaustauschprozesse und können bei sommerlichen Hitzeperioden erhebliche Abkühlungsleistungen erbringen.

## Luftaustausch

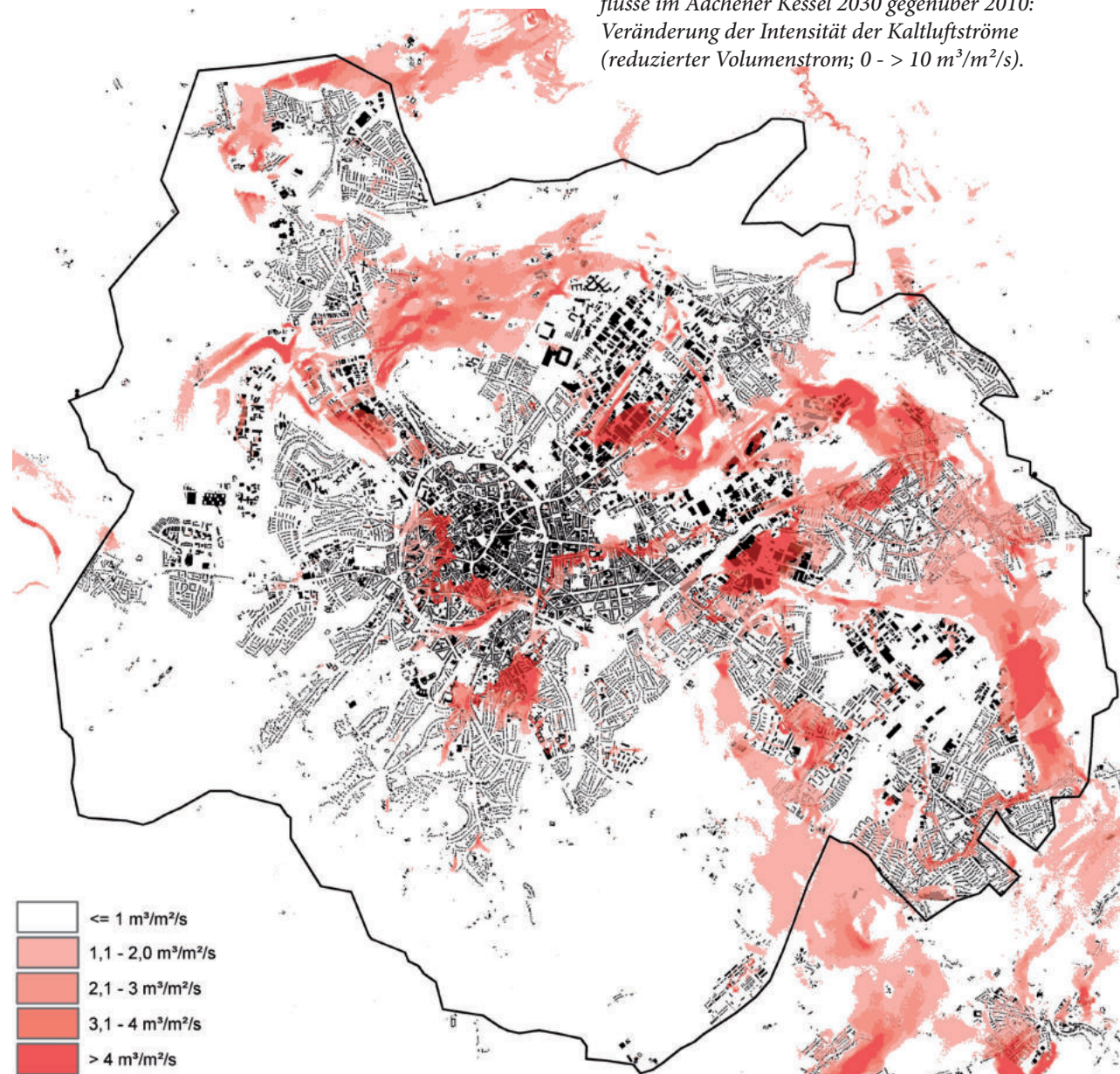
Bis 2030 wird sich der bodennahe Luftaustausch in Folge der geplanten baulichen Entwicklung voraussichtlich insbesondere in einer Zone am südlichen Rand der Innenstadt und im Einflussbereich der Talzüge von Haarbach und Wildbach einschließlich der Soers verschlechtern.

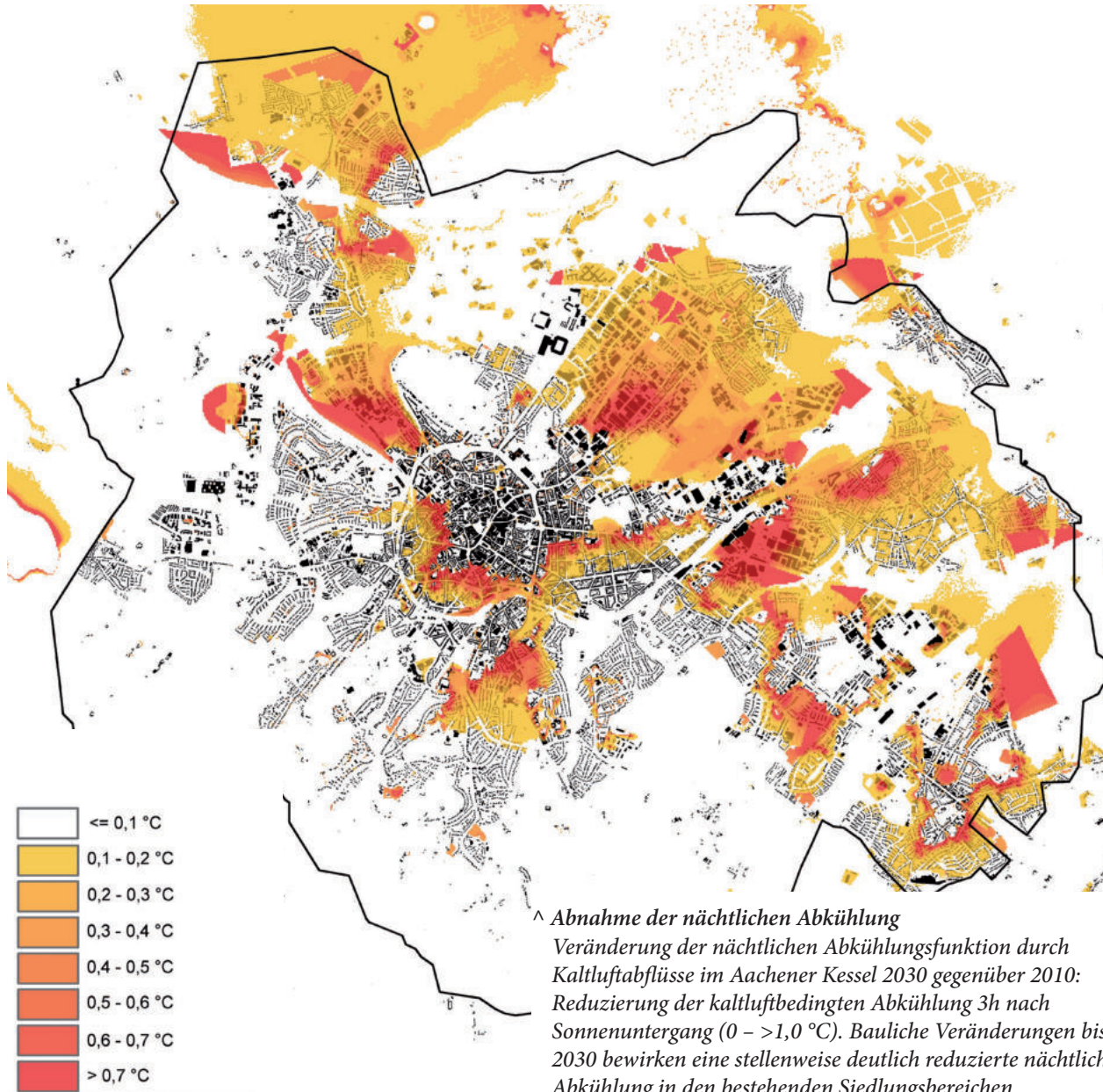
Daraus resultiert eine Abnahme nächtlicher Abkühlung mit Werten bis über 1,0°C besonders am südlichen und westlichen Innenstadtrand, am Rand des Burtscheider Kernbereichs, stellenweise in den Ortsteilen Brand, Forst, Eilendorf, Haaren, Laurensberg und Richterich sowie im Bereich der Gewerbe- und Industriegebiete.

Extrem hohe nächtliche Temperaturen stehen im Verdacht, bei Hitzewellen eine Zunahme von Erkrankungen und erhöhte Sterblichkeit insbesondere bei älteren Menschen zu verursachen. Effekte aus reduzierter nächtlicher Abkühlung der Außenluft und Wärmespeicherung der Gebäude vom Tage überlagern sich und verstärken so den Effekt.

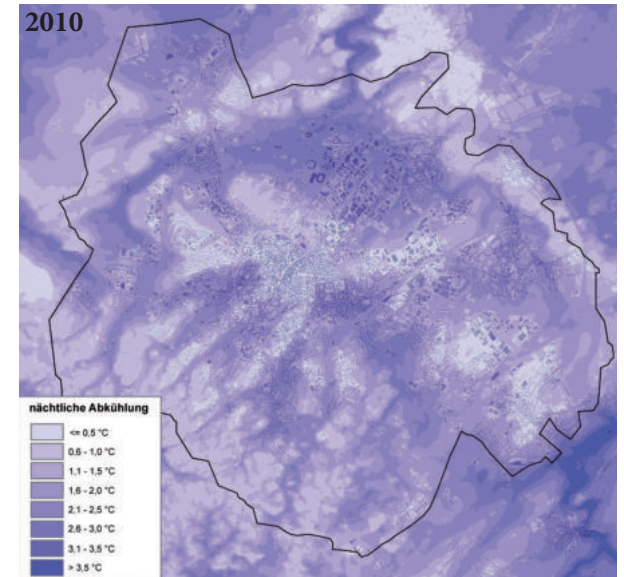
Klimawandelimplizierte Veränderungen der nächtlichen Abkühlungsfunktion lassen sich mit heutigem Kenntnisstand nicht belastbar prognostizieren.

*Abnahme des Kaltluftvolumenstroms  
Veränderung der Belüftungsfunktion durch Kaltluftabflüsse im Aachener Kessel 2030 gegenüber 2010:  
Veränderung der Intensität der Kaltluftströme  
(reduzierter Volumenstrom; 0 - > 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/s).*

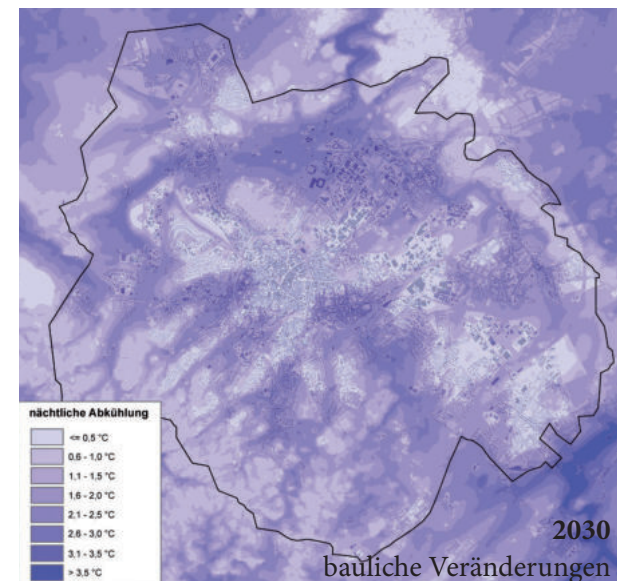




^ Abnahme der nächtlichen Abkühlung  
 Veränderung der nächtlichen Abkühlungsfunktion durch Kaltluftabflüsse im Aachener Kessel 2030 gegenüber 2010: Reduzierung der kaltluftbedingten Abkühlung 3h nach Sonnenuntergang (0 - >1,0 °C). Bauliche Veränderungen bis 2030 bewirken eine stellenweise deutlich reduzierte nächtliche Abkühlung in den bestehenden Siedlungsbereichen



*nächtliche Abkühlung*  
 Nächtliche Abkühlungsfunktion durch Kaltluftabflüsse im Aachener Kessel: kaltluftbedingte Abkühlung 3h nach Sonnenuntergang



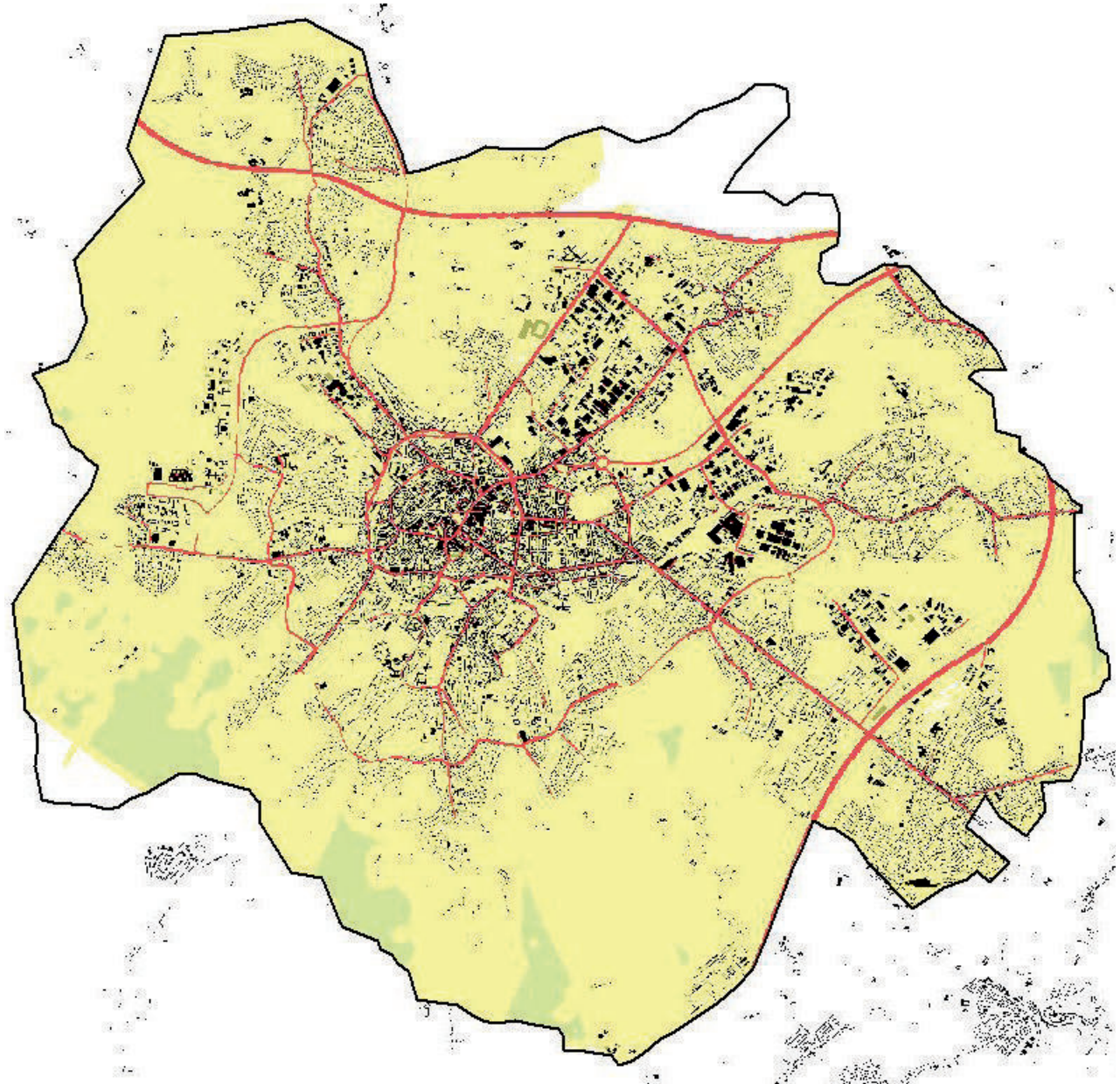
## 4.2 LUFTQUALITÄT

Die Luftbelastung 2010 ist stark bestimmt durch die Lage zu den Hauptverkehrsachsen als Hauptemissionsquellen.

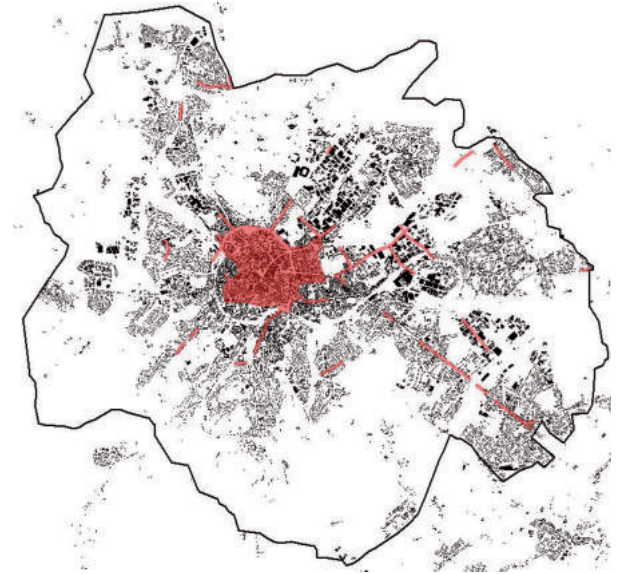
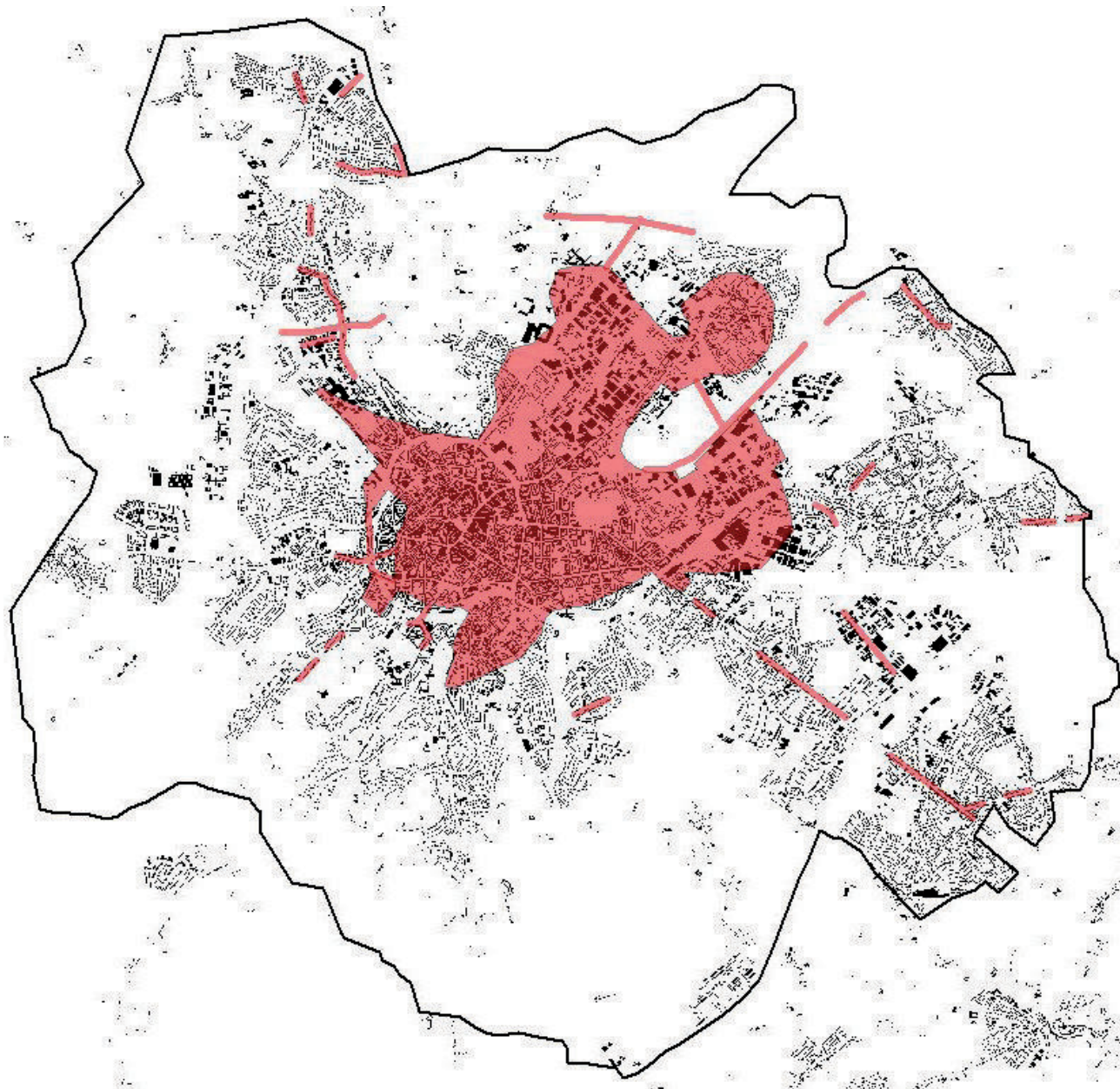
Besonderer Problembereich: nordöstlicher und südöstlicher Innenstadtbereich infolge der Bündelung von Verkehrswegen.

Eine konkrete Prognose zur Luftqualität 2030 erscheint nicht sinnvoll, denn

- allgemein abnehmende Emissionen werden zwar erwartet (EEA, 2010), Windprognosen deuten aber eher auf eine Zunahme von Extremereignissen (möglicherweise verbunden mit gleicher mittlerer Windgeschwindigkeit und daher häufigeren Schwachwindlagen mit Zunahme von Schadstoffkonzentrationen)
- konkret räumlich verortbare Emissionsprognosen fehlen > Annahme der Verhältnisse im Jahr 2010 auch für 2030



*Luftbelastung 2010 >  
Feinstaubkonzentrationen als PM10-Flächenmittel  
Schwellenwerte grün < 21,3 µg/m<sup>3</sup>, rot > 28,1 µg/m<sup>3</sup>*



^ 2010

< 2030

#### 4.3 MEHRFACH BELASTETE BEREICHE

- thermisch mittags
- thermisch abends
- durch geringe nächtliche Abkühlung und/oder
- durch besonders hohe PM10-Konzentrationen belastete Bereiche

*Belastungen durch Luftverunreinigungen überlagern sich räumlich mit Wärmebelastung mittags, abends und nachts.*

*Diejenigen Bereiche, in denen **mindestens zwei** dieser vier **Belastungskomponenten** als starke Belastungen bewertet sind, sind für 2010 und 2030 dargestellt.*

## 4.4 NIEDERSCHLAG & ABFLUSS

Basierend auf Recherchen bei den zuständigen Dienststellen und Einrichtungen (Stadt Aachen, Stawag, Feuerwehr, WVER) stellt sich der derzeitige Kenntnisstand bzgl. klimawandelbedingter Risiken wie Überschwemmungen, Sturzfluten u.ä. wie folgt dar.

### überschwemmungsgefährdete Bereiche




- Hochwassergefahrenkarte / Hochwasserrisikokarte für Wurm und Haarbach zeigen selbst bei Extremhochwasser (HQ1000) nur geringes Gefährdungspotenzial
- neue Abflussmodelle für Wurm-Zuflüsse zzt. in Arbeit

### Sturzfluten und Erosion







- Einschätzung der Sturzflutgefährdung durch Oberflächenabfluss bei Starkregen und damit verbundener Erosionsgefahr (Off-Site-Schäden) für das Stadtgebiet wurde bisher nicht vorgenommen.

#### Hochwasserrisiko Haarbach >

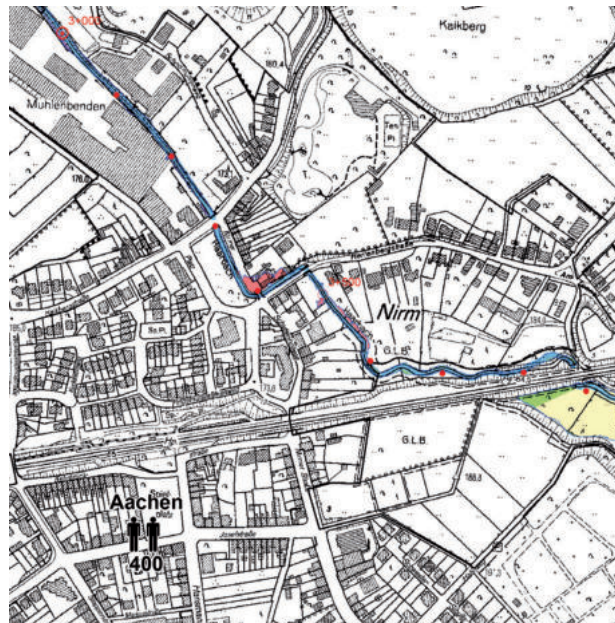
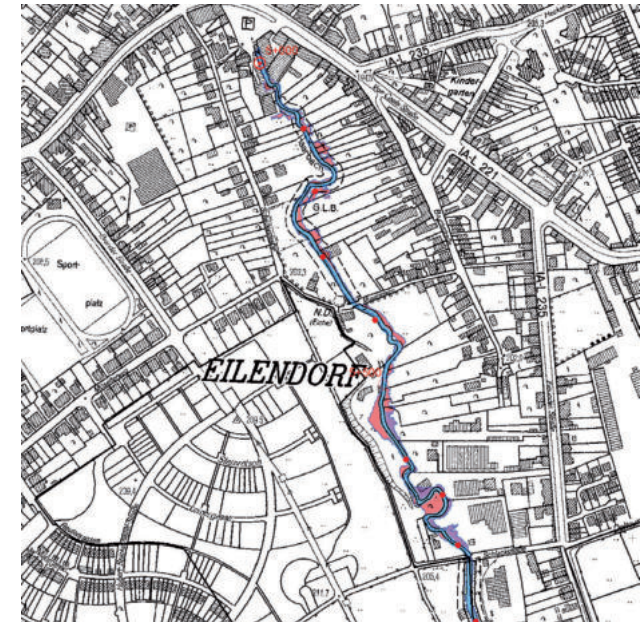
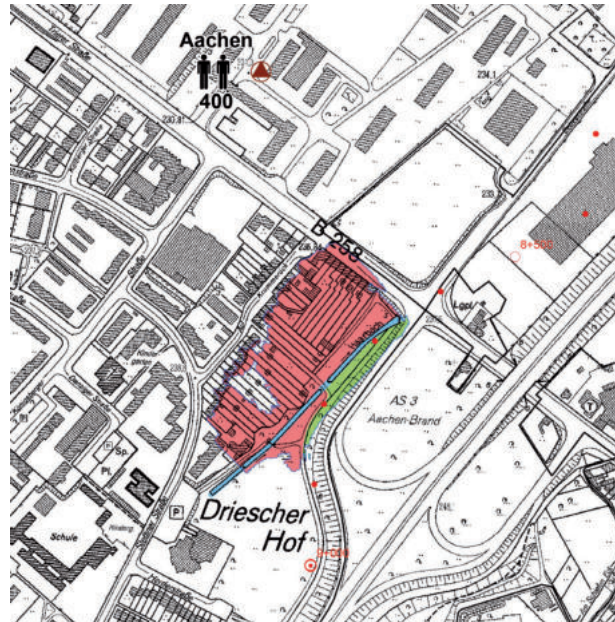
Anzahl der betroffenen Einwohner im überschwemmten Bereich ohne techn. Hochwasserschutz pro Ortslage

-  < 100
-  100 - 1000
-  > 1000

Flächennutzung im überschwemmten Bereich

-  Wohnbauflächen, Flächen gemischter Nutzung
-  Industrie- und Gewerbeflächen, Flächen mit funktionaler Prägung
-  Verkehrsflächen
-  Landwirtschaftlich genutzte Flächen, Wald, Forst
-  Sonstige Vegetations- und Freiflächen
-  Gewässer

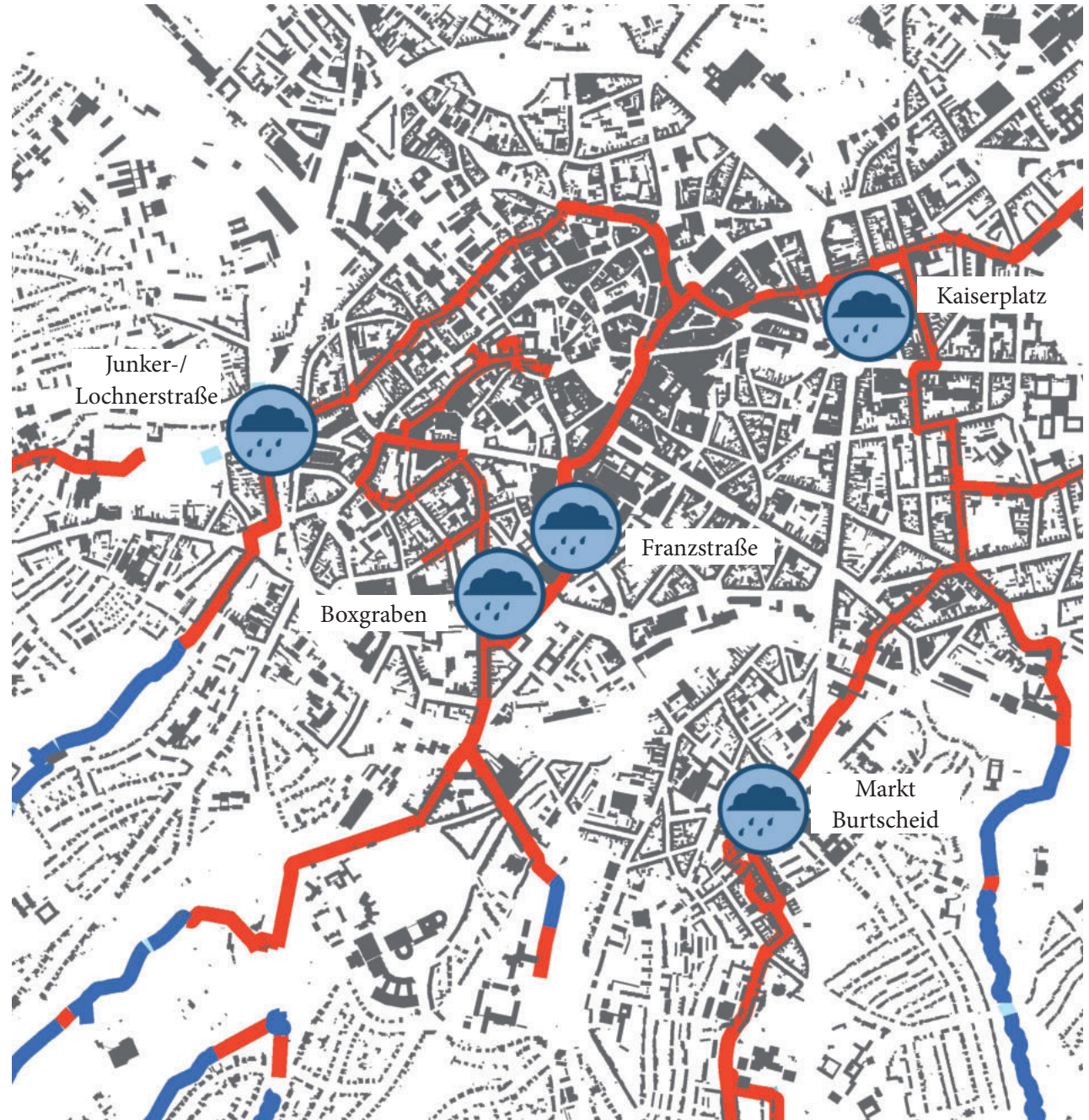
Ausschnitte aus der Hochwasserrisikokarte Haarbach, Szenario HQ1000 (Bez.Reg. Köln 2012)





### Überflutungsgefährdete Bereiche

- eine flächige Abgrenzung von bei Starkregeneignissen überflutungsgefährdeten Bereichen liegt bisher nicht vor
- erfahrungsgestützt lassen sich fünf betroffene Bereiche (blaue Piktogramme) abbilden; diese korrelieren mit verrohrten Gewässerabschnitten der Aachener Innenstadt (rote Linien, die offen verlaufenden Gewässer sind in blau dargestellt)



## 5. SENSITIVITÄT

Sensitivität bezeichnet, ob bestimmte soziale Systeme, soziale Einrichtungen, (Frei-)Raum- und Siedlungsstrukturen, kritische Infrastrukturen oder andere wertvolle Güter gegenüber schleichenden Klimaveränderungen empfindlich sind.

Der Sensitivitätsanalyse werden folgende Indikatoren zugrunde gelegt:

### klimasensitive Bevölkerung

- Bevölkerungsdichte
- Anteil Hochaltriger (> 80 Jahre) an der Gesamtbevölkerung
- Kinderanteil (unter 6-jährige)
- gesundheitliche Vorbelastung
- subjektive Belastung durch Hitze
- Lage und Verteilung sozialer Einrichtungen

### Datenbasis

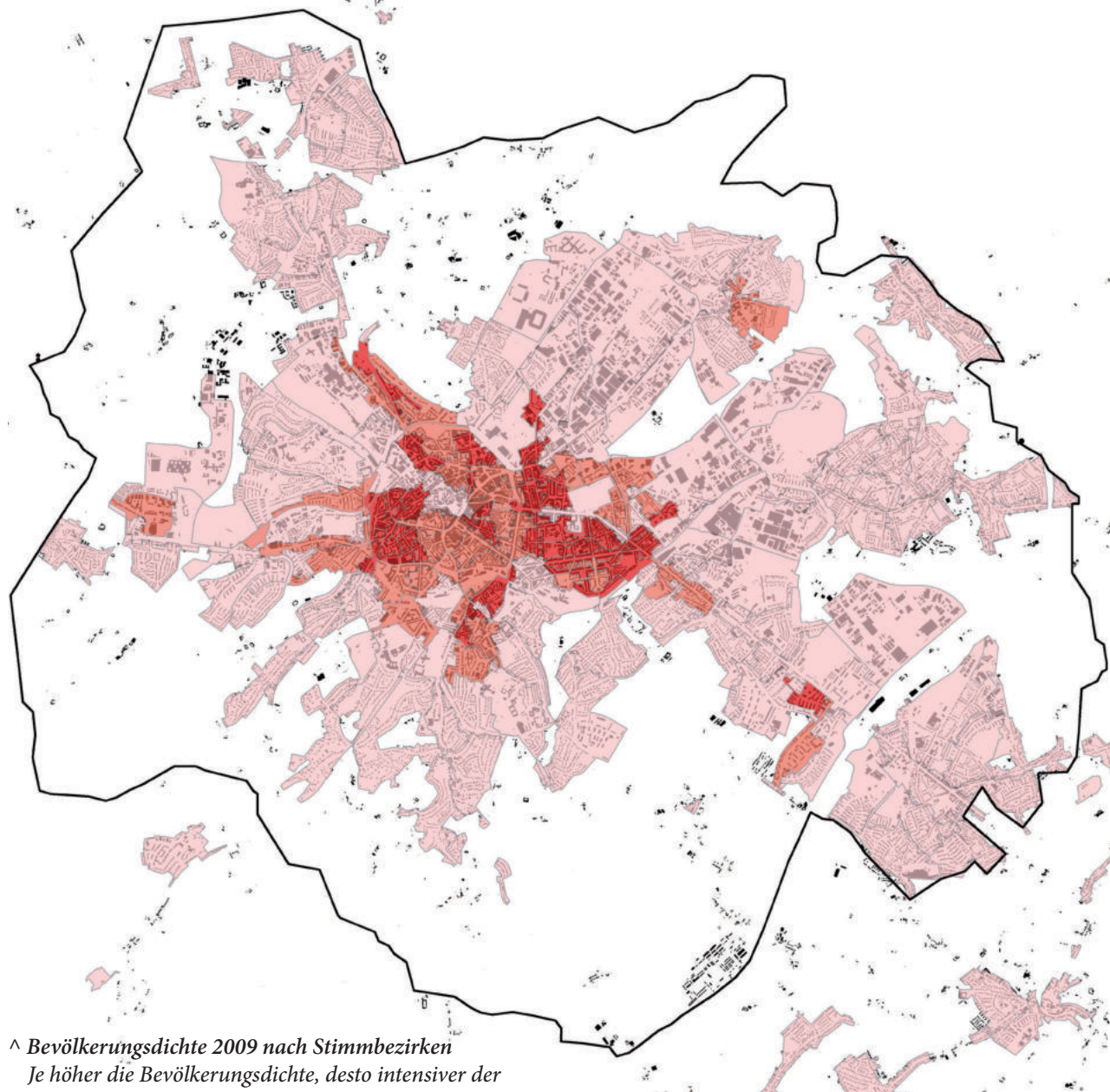
Bevölkerungsentwicklung Gesamtstadt auf Basis der statistischen Daten für 2010 und 2030

- 2010: 246.866 Einwohner
- 2030: 239.263 Einwohner (-3,1 %)

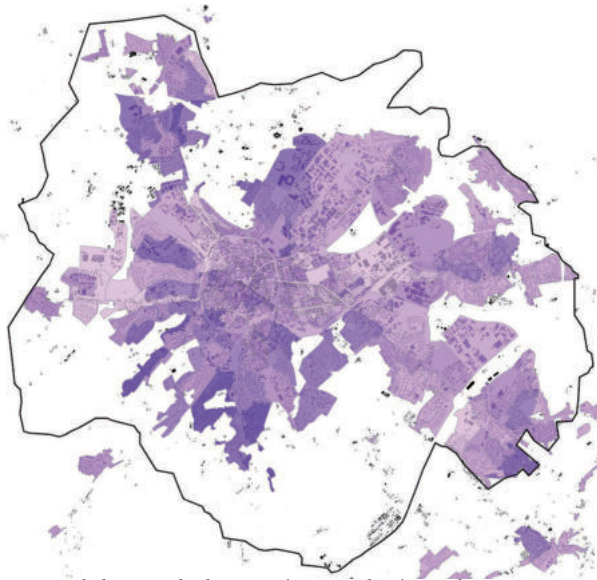
Die Darstellung erfolgt auf Ebene der Abgrenzung der Stimmbezirke. Angaben zur Entwicklung bis 2030 auf Stimmbezirksebene liegen nicht vor.

(Datenbasis: Statistik Stadt Aachen, FB 02/30 Statistik und Stadtforschung. Stand 2013).

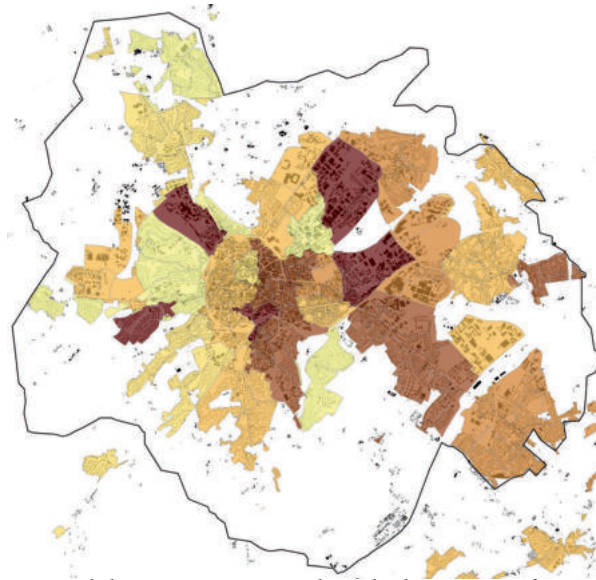
Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse sind kartografisch auch auf Plan 2 zusammengefasst.



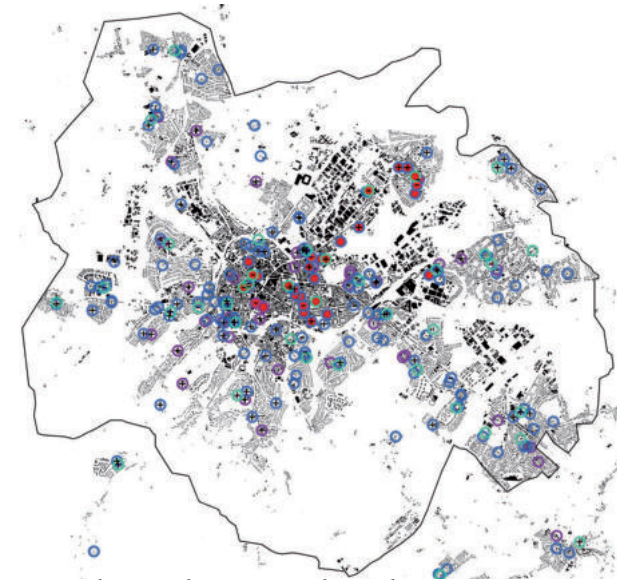
^ Bevölkerungsdichte 2009 nach Stimmbezirken  
Je höher die Bevölkerungsdichte, desto intensiver der Rotton (Darstellung in 2.000er Schritten von 0-2.000 Einwohner/m<sup>2</sup> bis > 18.000 Einwohner/m<sup>2</sup>)



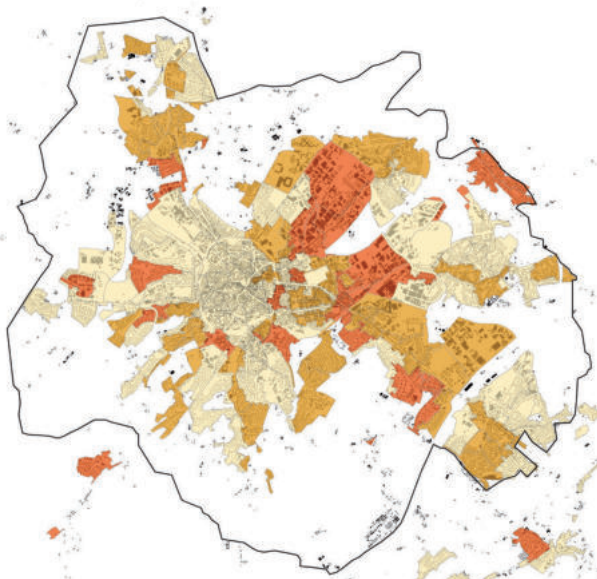
^ Anteil der Hochaltrigen (> 80 Jahre) an der Gesamtbevölkerung, Stand: 2009



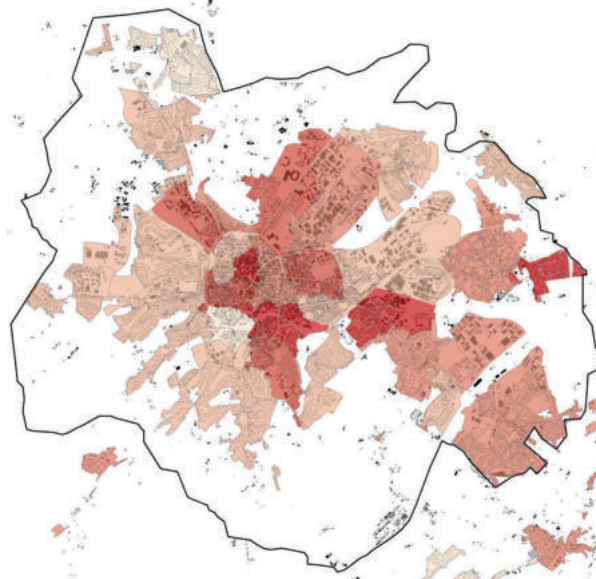
^ Anteil der Personen >50 Jahre, die bei einer Befragung angaben, Vorbelastungen durch Herz- und Kreislauferkrankungen zu haben, Stand: 2009



^ soziale Einrichtungen mit besonderer Wärmesensitivität tagsüber 2010



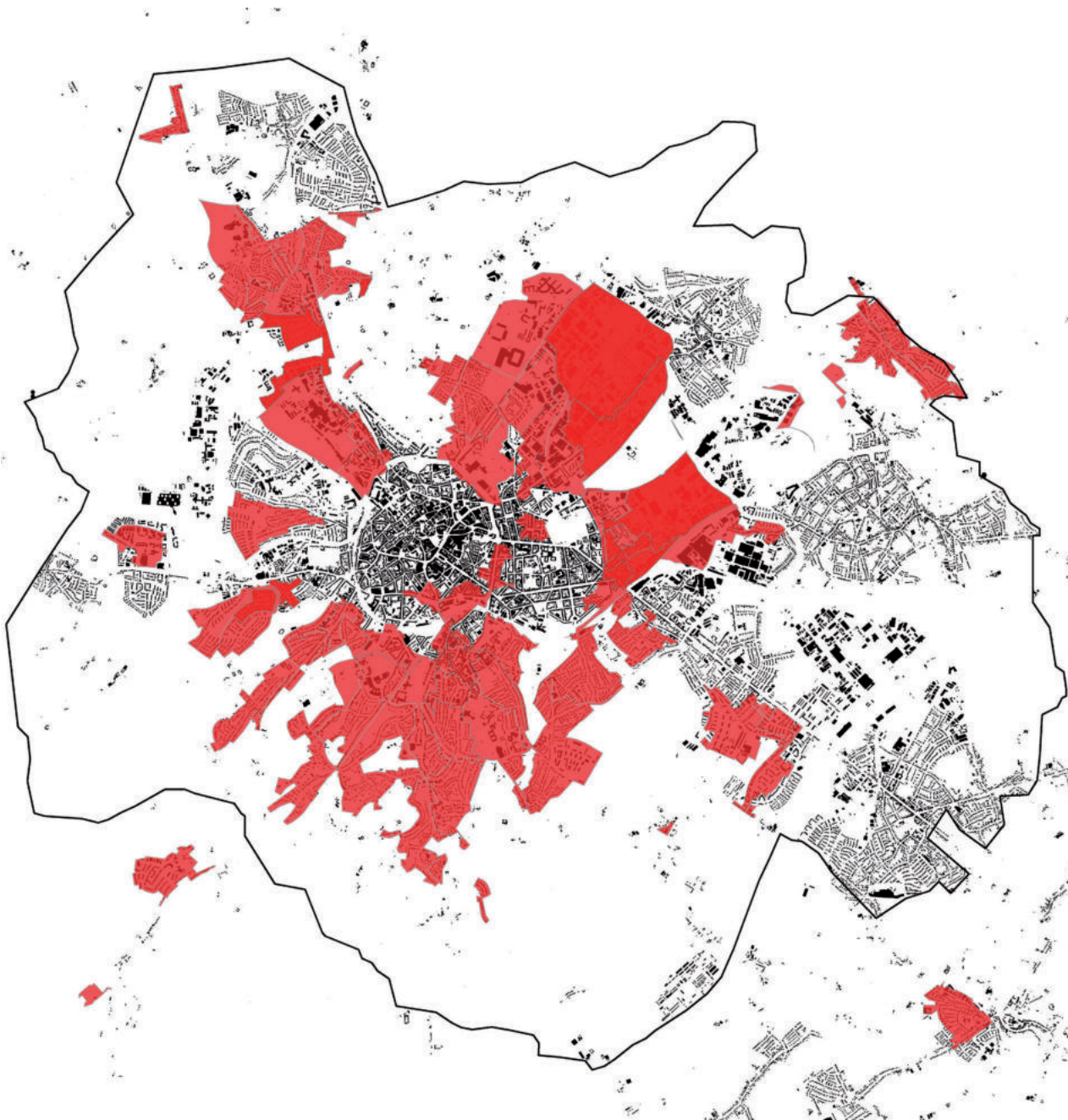
^ Anteil der unter 6-jährigen an der Gesamtbevölkerung, Stand: 2009



^ Anteil der Personen >50 Jahre, die bei einer Befragung angaben, unter Wärmebelastung zu leiden, Stand: 2009



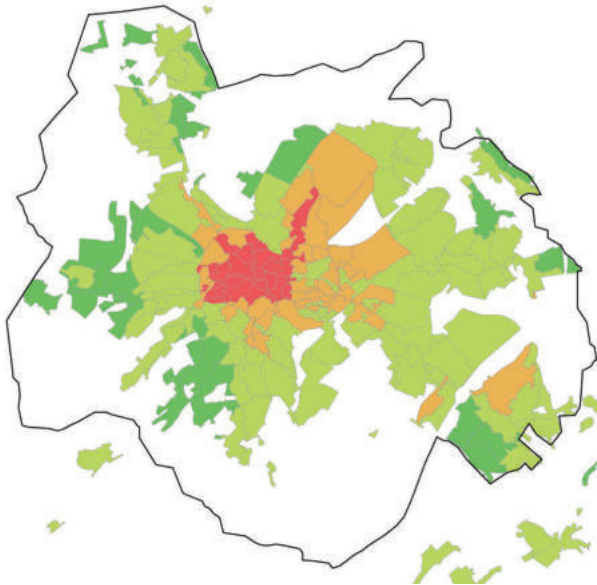
^ soziale Einrichtungen mit besonderer Wärmesensitivität tagsüber 2030



*< klimasensitive Bevölkerung  
hohe Anteile Kinder, Hochaltriger bzw. Personen, die  
sich nach Befragungsergebnissen als gesundheitlich in  
Bezug auf Hitzebelastung vorbelastet einschätzen  
(Basis: Stimmbezirke), Stand: 2009*

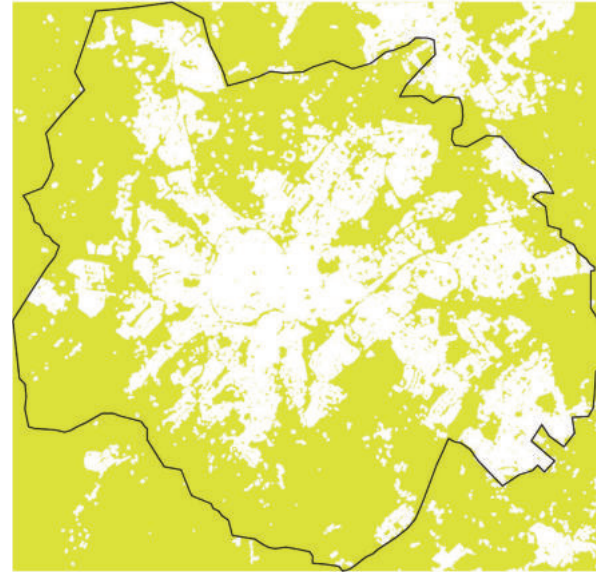
*Kriterien: Mindestens 1 [dunkelrot = 2] der drei Sensi-  
tivitätsparameter gegeben*

## klimasensitive Stadt- und Freiraumstruktur



### <sup>^</sup> Versiegelungsgrad

Versiegelungsgrad in den Stimmbezirken in vier Klassen: < 25 %, 25 – 50 %, 50 – 75 %, > 75 %  
(Stand 1998)



### <sup>^</sup> Freiraumstruktur

unbebaute Räume im Talkessel. Bereiche mit mindestens 25 m Abstand zum nächst gelegenen Gebäude, unabhängig vom Begrünungsgrad

## Sensitivität: zusammenfassende Ergebnisse

In der Innenstadt und den östlichen Stadterweiterungsgebieten konzentrieren sich eine hohe bauliche Dichte, hoher Versiegelungsgrad und eine hohe Bevölkerungsdichte mit einem hohen Anteil jüngerer Bevölkerung sowie eine Vielzahl klimasensibler Sozialeinrichtungen.

In den an die Innenstadt angrenzenden Quartieren konzentrieren sich die Wohnstandorte Hochaltriger sowie von Befragten (> 50 Jahre), die angeben, unter Hitzebelastung bzw. unter Herz-Kreislaufkrankungen zu leiden.

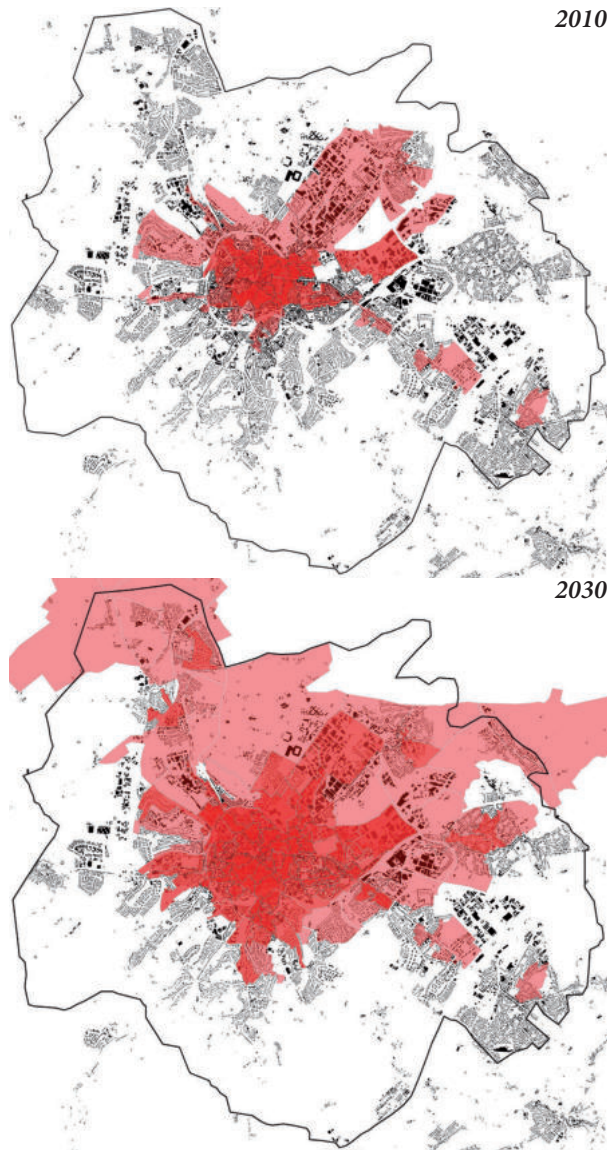
Tief in den Siedlungsbereich hineinreichende Grünfinger mit vielfältigen Wohlfahrtswirkungen tragen zur Klimatisierung des dicht besiedelten innerstädtischen Kerns als auch der sie begleitenden, locker bebauten und durchgrünt Wohngebiete bei, die zugleich auch ein Schwerpunktwohnstandort älterer und hochaltriger Menschen sind. Mit dieser Klimafunktion sind sie sehr empfindlich gegenüber baulichen Veränderungen.

## 6. BELASTUNGSSCHWERPUNKTE

Die Überlagerungen verschiedener Expositions- und Sensitivitätsfaktoren für die Zeitschnitte 2010 und 2030 zeigen:

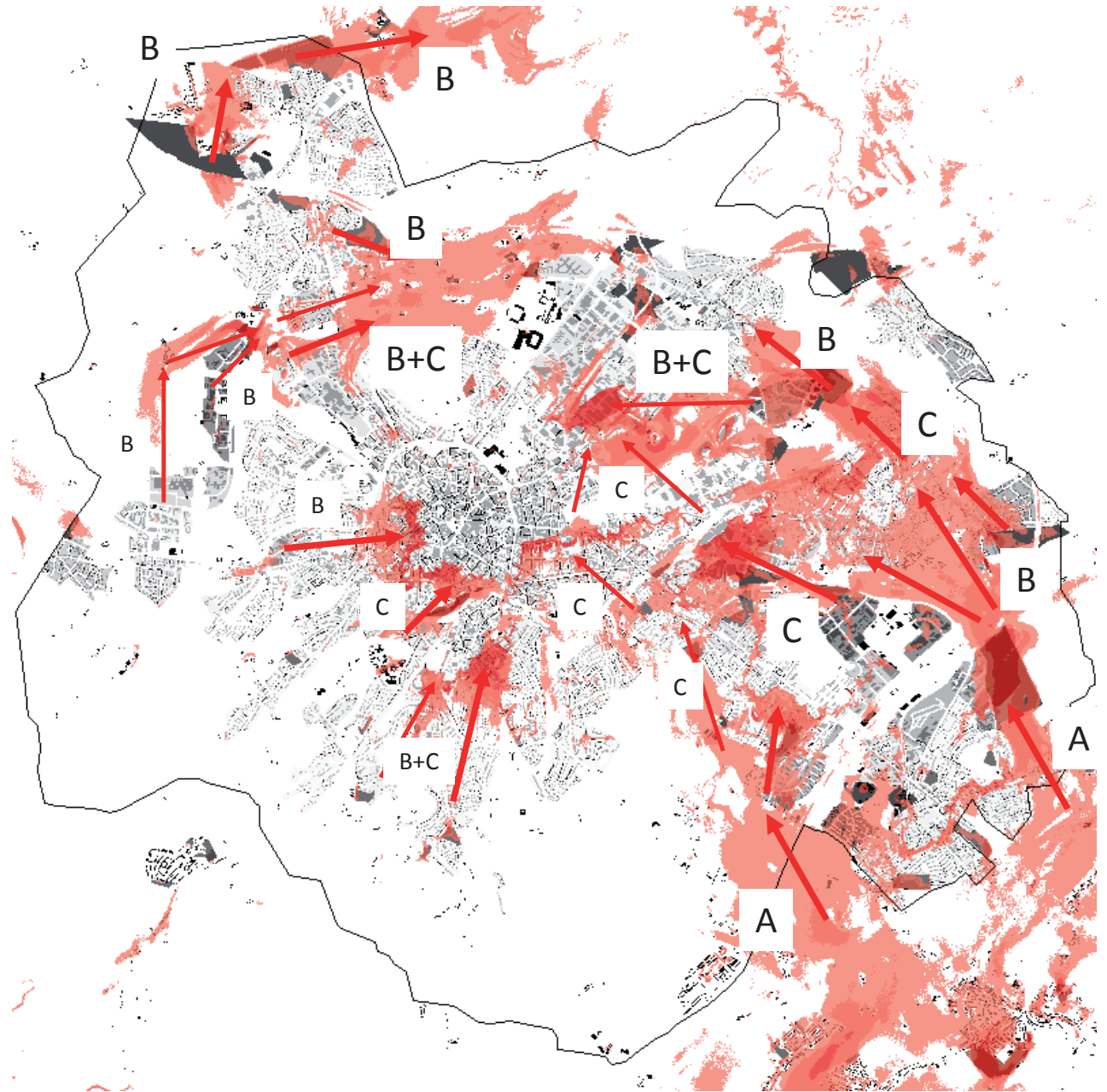
- Die städtische Wärmeinsel im Talkessel dehnt sich bis 2030 vor allem klimawandelbedingt flächenmäßig erheblich aus und bildet Nebenwärmeeinseln. Damit wird ein wesentlich größerer Teil der Stadtbevölkerung mit höheren Durchschnittstemperaturen und länger/intensiver wahrgenommenen Hitzewellen beaufschlagt. Hinzu tritt eine zunehmende Auftretswahrscheinlichkeit für klimatische Extremereignisse im gesamten Stadtgebiet und noch einmal verstärkt in Belastungsschwerpunkten. Gesundheitlich betrifft dies weniger die jüngere Bevölkerung in der Innenstadt als vielmehr die vulnerablen Gruppen Senioren, Kranke, Kleinkinder in innenstadtnahen Gebieten sowie Nutzer klimasensibler Sozialeinrichtungen. Für diese steigt das Risiko indirekt hitzebedingter Erkrankungen sowie der Gesamtsterblichkeit.
- Die nächtliche Abkühlungswirkung der bisher weit in die Stadt hineinreichenden Kalt- / Frischluftströme nimmt in der Tiefe der Siedlungsbereiche bis 2030 deutlich ab. Wesentlicher Treiber dieser Entwicklung sind disperse Nachverdichtungsprozesse im Siedlungsbestand sowie die angedachten Flächenentwicklungen.

Hinweis: Für die Ermittlung der Belastungsschwerpunkte wurden die Expositionsdaten (Kap. 4) ebenfalls auf Ebene der der Stimmbezirksabgrenzung umbrochen, um diese mit den Sensitivitätsdaten überlagern zu können.



*Bioklimatische Belastungsgebiete I  
Mehrfachbelastung durch hohe Temperaturen  
mittags und/oder abends und/oder geringe Abkühlung  
nachts und/oder hohe PM10-Konzentrationen  
(Farbskala: Intensität der Rottöne gibt Anzahl der  
Überlagerungen an)*

- Damit entfällt oder reduziert sich für die Bewohner der betroffenen Stadtquartiere bzw. der vulnerablen Sozialeinrichtungen die nächtliche Erholungs- / Regenerationsphase (insbesondere bei länger anhaltenden Wetterlagen und Hitzewellen).
- Das am innerstädtischen Hauptstraßennetz orientierte räumliche Verteilungsmuster lufthygienischer Belastungen wird für 2030 als gegenüber 2010 unverändert angenommen. Das Risiko gesundheitlicher Beeinträchtigungen durch Feinstaub-Immissionen könnte gleichwohl durch Emissionsminderungen in der Fahrzeugflotte und städtische Luftreinhaltemaßnahmen langfristig leicht sinken.
- In diesen Bereichen doppelt sich die Beaufschlagung insbesondere der vulnerablen Gruppen mit Luftschadstoffimmissionen überdies mit gesundheitsschädlichen Lärmimmissionen aus dem Straßenverkehr (> 70dB[A] tags) und z.T. aus dem Schienenverkehr.
- Am 08. und 09. Juli 2014 fielen in Aachen innerhalb von 34 Stunden 90 Liter Regen pro m<sup>2</sup>. Zum Vergleich: das langjährige Monatsmittel für den Juli liegt bei 81 Liter / m<sup>2</sup>.
- Klimawandelbedingte Risiken für Hochwässer an Wurm und Nebengewässern sind allerdings bis 2030 nach bisherigem Kenntnisstand eher nachrangig zu betrachten.
- Die Anfälligkeit der vulnerablen Infrastrukturen des städtischen Raums gegenüber starkregenbedingten Überflutungen, Sturzfluten und Erosionsschäden ist jedoch zurzeit noch nicht abschätzbar.



**Bioklimatische Belastungsgebiete II >**  
 Räumlicher Zusammenhang (Pfeile) von prognostizierten Beeinträchtigungen von Kaltluftströmen (rote Flächenfarbe) und baulichen Veränderungen (flächige Veränderungen: grau); meist handelt es sich um Kombinationseffekte von größeren Einzelvorhaben und flächigen Veränderungen im Bestand.

A – Reduziertes Überströmen aus Nachbareinzugsgebiet wegen Nachverdichtung dort

B – Kaltluftabfluss durch Bauvorhaben beeinträchtigt (inklusive geprüfte potenzielle Bauflächen, Stand September 2013)

C – Kaltluftabfluss durch Nachverdichtung beeinträchtigt

- Wesentlich ist dabei, dass im Katastrophenfall die Versorgung der Bevölkerung mit lebensnotwendigen Produkten, Krankentransporte in die Krankenhäuser und Güterverkehr für die lokale Wirtschaft über das städtische Hauptverkehrsstraßennetz sichergestellt werden kann.
- Derzeit sind keine soliden regionalisierten Prognosen über das Risiko von Stürmen im Aachener Raum verfügbar. Allein der Orkan Kyrill traf die Region im Januar 2007 mit Geschwindigkeiten > 120 km/h und erzeugte hohe Schäden im Münsterwald und teils auch auf den Höhen des Aachener Walds. Vermutlich bedingt durch die Schutzlage im Talkessel waren die Sturmschäden in großen Teilen des bebauten Stadtgebiets demgegenüber relativ klein.
- In Bezug auf Hagelereignisse gibt es für das Aachener Stadtgebiet keine konkreten Hinweise für räumliche Differenzierungen. Allein: Die Hagelereignisse am 27. und 28. Juli 2013 auf der Schwäbischen Alb und in Niedersachsen waren aus Sicht der Versicherungen das teuerste Hagelereignis und die viertteuerste Naturkatastrophe in Deutschland überhaupt (Angaben Munich Re).
- Für das Szenario 2030 werden ansonsten für den Aachener Talkessel keine Auswirkungen auf die technische Infrastruktur erwartet. Dies könnte sich aber für ein Szenario 2050 ändern, sofern insbesondere extremere Niederschlags-, Sturm- und Hitzeereignisse eintreten.

Eine integrierte Betrachtung der vg. Klima- und umweltbedingten Krankheitslasten für die Gesamtbevölkerung und insbesondere für vulnerable Bevölkerungsgruppen zeigt bis 2030 ein gegenüber 2010 deutlich verändertes Belastungsmuster (siehe auch Plan 3).

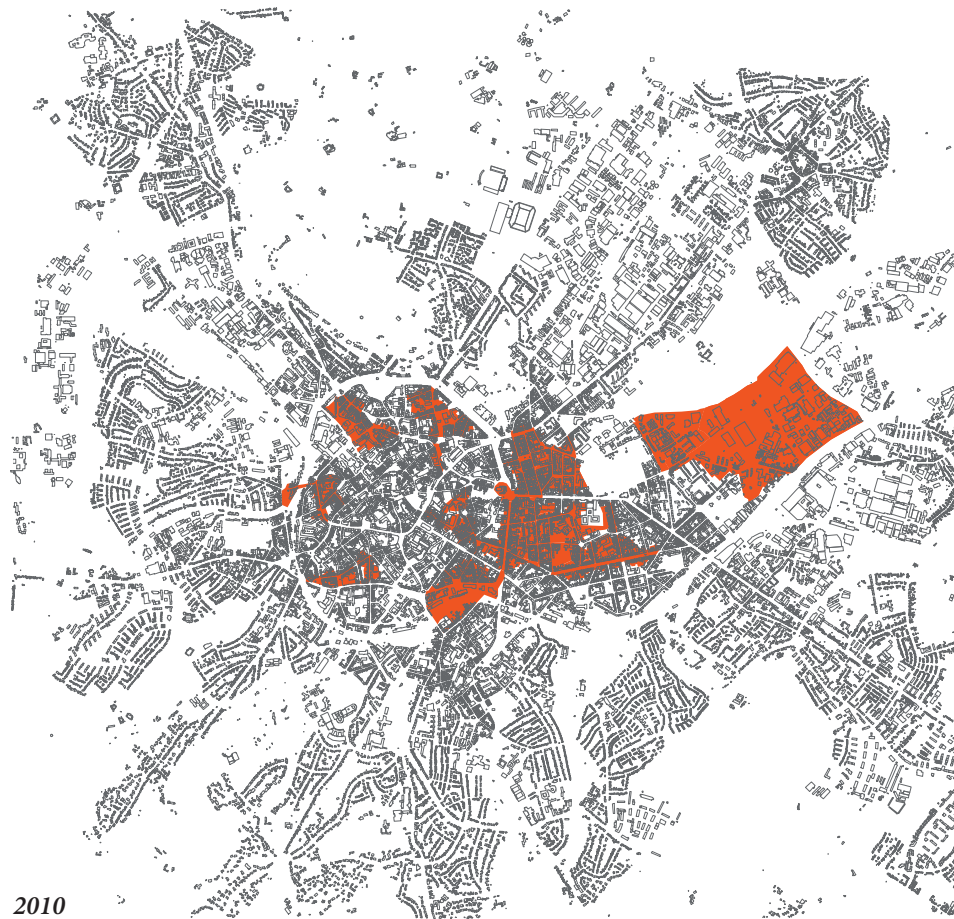
Es wird sich 2030 bei sommerlichen Hitzewetterlagen voraussichtlich ein großer mehrfach belasteter Bereich ausbilden, der die eigentliche Innenstadt, den Kernbereich von Burtscheid, das Frankenberg und Ostviertel sowie den Bereich Aachen-Nord incl. Haaren und die Gewerbegebiete entlang der Krefelder Straße umfasst und Ausläufer in Richtung Süsterfeld sowie Schanz entwickelt. Er wird geprägt sein durch:

- flächenmäßig wesentlich vergrößerte Wärmeinseln
- deutlich verringerte nächtliche Abkühlung
- signifikante Ausweitung der Betroffenheiten (Wohnbevölkerung, vulnerable Gruppen)
- erhöhtes Risiko gesundheitlicher Belastungen
- Verstärkung der multiplen umweltbedingten Krankheitslast
- erwartbare Auswirkungen auf Morbidität (Erkrankungsrate) und Mortalität (Sterblichkeit)

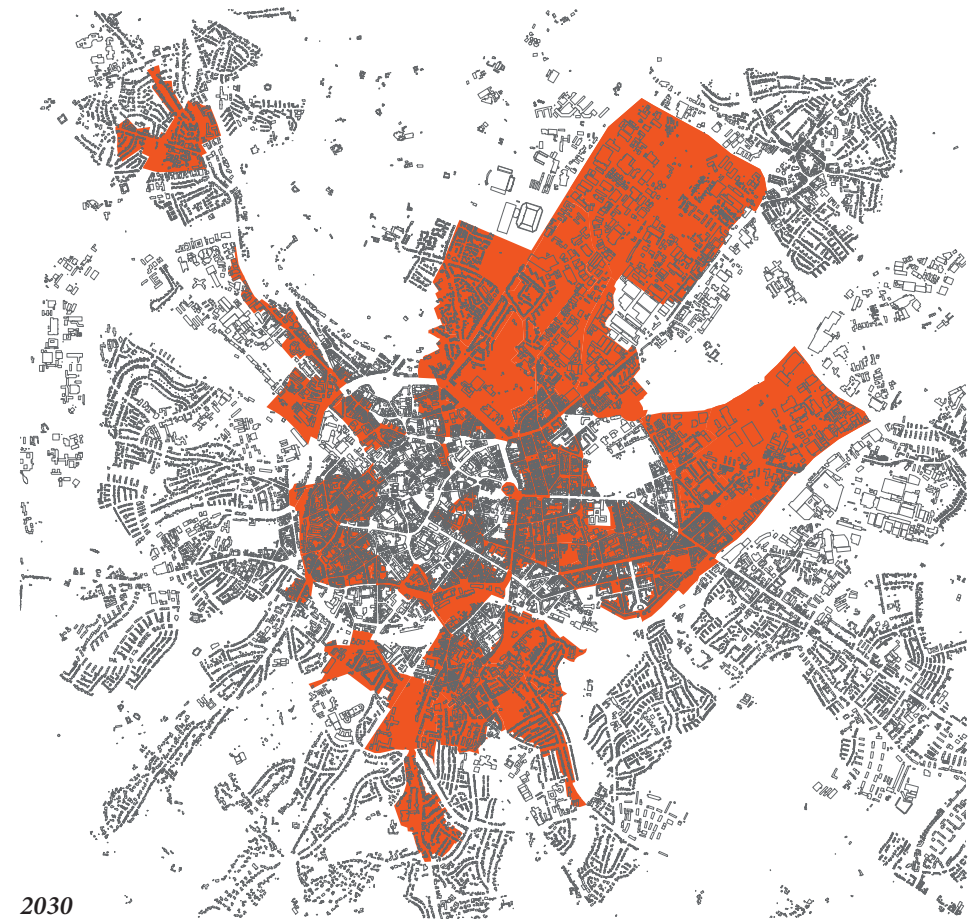
Es steht in Frage, ob in diesen mehrfach durch Umweltbelastungen betroffenen Stadträumen (bioklimatische Belastungsgebiete) noch von „gesunden Wohn- und Arbeitsbedingungen“ im Sinne des § 1 BauGB gesprochen werden kann oder ob dies Umstände sind, die im Zusammenwirken mit anderen städtebaulichen Kriterien einen Sanierungstatbestand im Sinne des besonderen Städtebaurechts konstituieren.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollten in der Fortschreibung des Sozialentwicklungsplans aufgegriffen und vorausschauend beachtet werden.





2010



2030

*Belastungsschwerpunkte  
Gebiete, in denen*

*- mindestens zwei der Expositions-faktoren (siehe Kap. 4)*

*und*

*- mindestens einer der Sensitivitätsfaktoren (Kap. 5)*

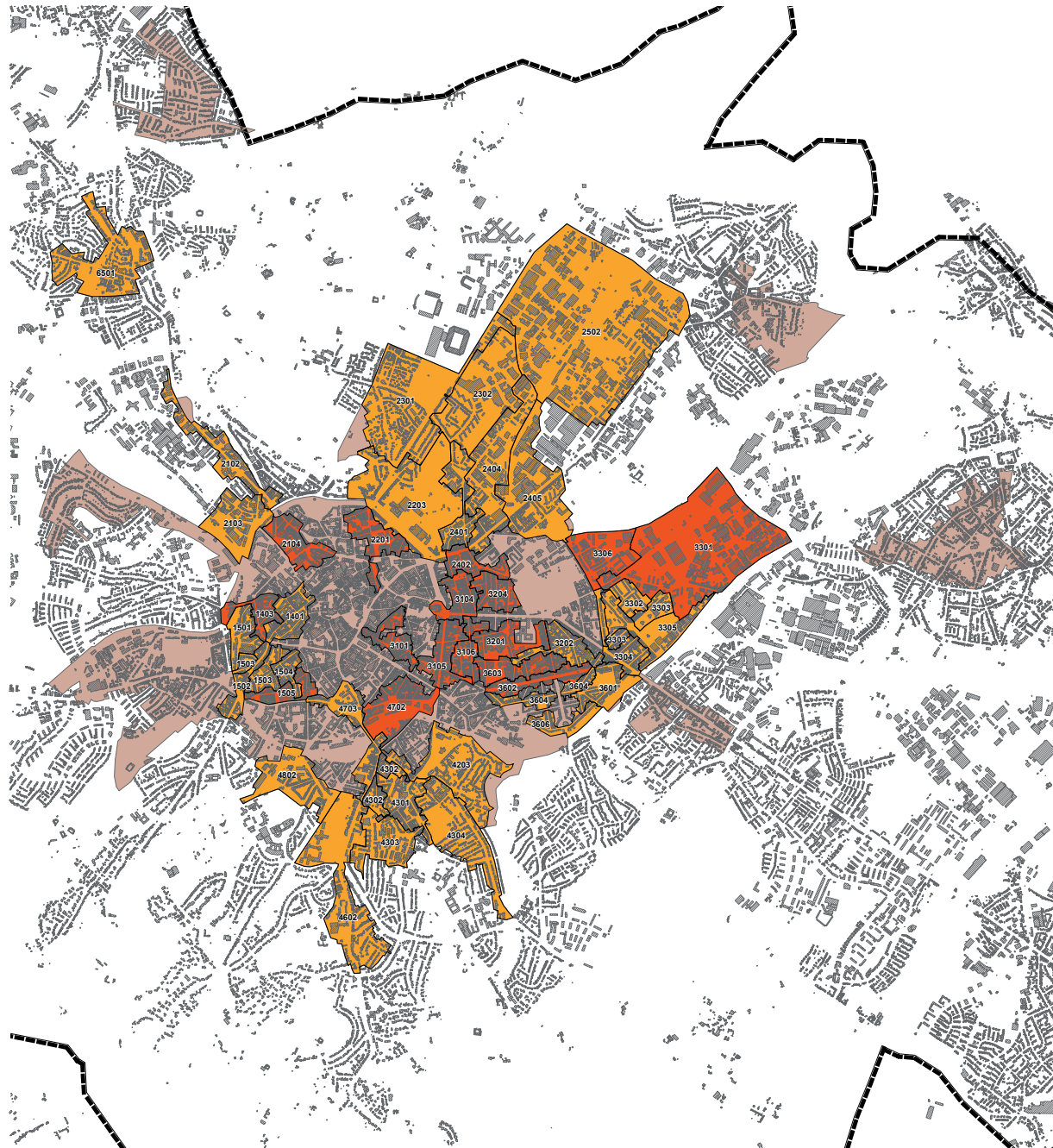
*überschritten werden*

*Die Abgrenzung erfolgt auf Basis der Abgrenzung der  
Stimmbezirke.*

*Die Ergebnisse werden zusammenfassend in einer Matrix  
und einer Karte auf den folgenden Seiten sowie im Plan  
3 dargestellt.*

*Die zusammenfassende Kartendarstellung enthält darü-  
ber hinaus noch zusätzlich stadtklimatisch-lufthygienisch  
vorbelastete Bereiche in 2030.*


Stimmbezirk		Betroffenheit	Exposition				Sensitivität			
			PM10	T mittags	T abends	Abk. nachts	Kinder	Hochaltrige	Kranke	Bev.-Dichte
14 01	Untere Jakobstraße	2030	---	X	X	---	---	---	---	X
14 03	Karlsgraben	2010/2030	X	X (2030)	X	---	---	---	---	X
15 01	Mauerstraße	2030	---	X	X	---	---	---	---	X
15 02	Obere Jakobstraße	2030	X	X	X	---	---	---	---	X
15 03	Mühlenberg	2030	---	X	X	---	---	---	---	X
15 04	Stephanstraße	2030	---	X	X	X	---	---	---	X
15 05	Hubertusplatz	2010/2030	X	X (2030)	X	X (2030)	---	---	---	X
21 02	Untere Roermonder Str.	2030	X	X	---	---	---	---	X	---
21 03	Pontwall	2030	X	X	X	X	---	---	X	---
21 04	Marienbongard	2010/2030	X	X (2030)	X	X	---	---	---	X
22 01	Sandkaulstraße	2010/ 2030	---	X (2030)	X	X	---	---	---	X
22 03	Monheimsallee	2030	---	X	X	X	---	X	---	---
23 01	Unterer Soerser Weg	2030	---	X	X	---	---	X	---	---
23 02	Alkuinstraße	2030	---	X	X	---	---	X	---	---
24 01	Robensstraße	2030	---	X	X	X	---	---	---	X
24 02	Hein-Janssen-Straße	2010/ 2030	X	X (2030)	X	X	---	---	---	X
24 04	Thomashofstraße	2030	---	X	X	X	X	---	---	---
24 05	Mittlere Jülicher Straße	2030	---	X	X	---	X	---	---	---
25 02	Prager Ring	2030	---	X	X	---	X	---	X	---
31 01	Schildstraße	2010/ 2030	---	X	X	X	---	---	---	X
31 04	Kaiserplatz	2010/ 2030	X	X	X	X	---	---	---	X
31 05	Wilhelmstraße	2010/2030	X	X	X	X	X	---	---	---
31 06	Friedrichstraße	2010/2030	---	X	X	---	---	---	---	X
32 01	Kongressstraße	2010/2030	---	X	X	---	---	---	---	X
32 02	Oranienstraße	2030	---	X	X	---	---	---	---	X
32 04	Scheibenstraße	2010/2030	---	X	X	X	X	---	---	X
33 01	Obere Stolberger Straße	2010/2030	---	X	X (2030)	X	X	---	X	---
33 02	Leipziger Straße	2030	---	X	X	X	---	---	X	---
33 03	Untere Elsassstraße	2030	---	X	X	---	X	---	X	X
33 04	Oberer Adalbertsteinweg	2030	X	X	X	---	X	---	X	X
33 05	Düppelstraße	2030	---	X	X	---	X	---	X	---
33 06	Obere Gneisenaustraße	2010/2030	---	X	X (2030)	X	---	---	X	---
36 01	Drimbornstraße	2030	---	X	X	---	X	---	---	X
36 02	Oppenhoffallee	2010/2030	X	X (2030)	X	---	---	---	---	X
36 03	Charlottenstraße	2010/2030	---	X	X	---	---	---	---	X
36 04	Mittlere Bismarckstraße	2030	---	X	X	---	---	---	---	X
36 06	Von-Görschen-Straße	2030	---	X	X	---	---	---	---	X
42 03	Michaelsbergstraße	2030	---	X	X	---	X	---	---	---
43 01	Kapellenstraße	2030	---	X	X	X	---	---	X	---
43 02	Neustraße	2030	---	X	X	X	---	---	X	X
43 03	Eckenberger Straße	2030	---	X	X	---	---	---	X	---
43 04	Karl-Marx-Allee	2030	---	X	X	---	---	---	X	---
46 02	Untere Eupener Straße	2030	---	X	X	---	---	X	---	---
47 02	Bahnhofplatz	2010/2030	X	X (2030)	X	X (2030)	---	---	X	---
47 03	Burtscheider Straße	2030	X	X	X	X	---	---	X	---
48 02	Schillerstraße	2030	---	X	X	---	X	---	---	---
65 01	Untere Rathausstraße	2030	---	X	X	---	---	---	X	---



**Gebiete mit mindestens einem der Sensitivitätsfaktoren und mindestens zwei der Expositionsfaktoren**

 *bereits in 2010/2013 sowie in 2030*

 *zusätzlich in 2030*

 *stadtklimatisch-lufthygienisch mehrfach belastete Bereiche 2030*

*Auswertung auf Basis der Abgrenzung der Stimmbezirke*

## 7. HANDLUNGSERFORDERNISSE & ZIELE

Die globalen Herausforderungen des Klimawandels lassen sich nur bedingt im Rahmen kommunaler und institutioneller Grenzen bewältigen. Es bestehen vielfältige Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Handlungsbereichen kommunaler Anpassungsstrategien sowie mit der (hier notwendigerweise grenzüberschreitenden) Strategie der Region; die räumliche Ebene ist davon nur eine.

Übergreifend handlungsleitend für die Klimaanpassung sind folgende **Grundsätze**:

- Die Anpassung an klimatische Veränderungen ist eine Aufgabe der öffentlichen Daseinsvorsorge. Sie dient primär dem Selbstschutz vor negativen Klimawandelfolgen. Sie schützt das soziale Kapital der Stadtbewohner bzw. des städtischen Zusammenlebens und das physische Kapital der Siedlungsräume und der Infrastruktur.
- Klimawandelanpassung ist ein Impuls für die Modernisierung der Stadt und ihrer Infrastruktur im 21. Jahrhundert.
- Die Klimawandelanpassung ist eine langfristige, generationen- und ressortübergreifende Aufgabe.
- Die Klimawandelanpassung knüpft an vorhandene Erkenntnisse und Instrumente zum Umgang mit Klimaereignissen an.
- Die Stadt- und Landschaftsplanung müssen klimawandelbedingt veränderte Ansprüche an die Raum- und Flächennutzung koordinieren und steuern; die Dynamik der Klimaänderungen erfordert flexible Handlungsansätze.

- Frühzeitig und vorsorglich ansetzende Anpassungsstrategien können die gesellschaftlichen und ökonomischen Folgekosten des Klimawandels reduzieren.
- Folgen des Klimawandels und gegensteuernde Maßnahmen müssen im Zusammenhang mit anderen wichtigen Zukunftsthemen der Stadt frühzeitig und umfassend öffentlich kommuniziert werden.

Bei ihren Aktivitäten zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels sollte sich die Stadt Aachen vom **Leitbild** der Resilienz leiten lassen:

### **Klimarobustes und anpassungsfähiges Aachen: Verbesserung der Anpassungsfähigkeit der Stadt an und der Widerstandsfähigkeit gegen schleichende und extreme Klimaveränderungen ohne bleibende Schädigung seiner grundlegenden Funktionen**

Gerade die Bauleitplanung bietet hierfür mit verschiedenen **Planungsleitlinien** Anknüpfungspunkte

- Gewährleistung nachhaltiger städtebaulicher Entwicklung
- Klimaschutz und Klimaanpassung in der Stadtentwicklung
- Berücksichtigung allgemeiner Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse

Die Operationalisierung dieses Leitbildes für das Handlungsfeld der räumlichen Planung führt zu folgenden **Zielen für ein klimaangepasstes und anpassungsfähiges Aachen**:

- Sicherung von Flächen mit wichtigen Klimafunktionen (Gunsträume, Ausgleichsräume, Klimaoasen)
- Reduzierung der Wärmebelastung und Erhöhung der Aufenthaltsqualität; Möglichkeiten zur Kühlung über Verschattung / Verdunstung
- Gewährleistung von Luftzufuhr und Durchlüftung – Vermeidung gesundheitlicher Beeinträchtigungen
- Reduzierung lufthygienischer Belastungen
- Sicherung und Verbesserung der Wasserrückhaltung in der Fläche
- Förderung der Klimaanpassung in Bestandsquartieren
- Klimaangepasste Standortwahl und Gestaltung neuer Baugebiete / Baukörper (inkl. Industrie- und Gewerbebauten)
- Anpassung vulnerabler Verkehrs-, Ver- und Entsorgungsinfrastruktur (Schutz vor Hochwasser und Starkregen)

Diese Ziele werden auf den verschiedenen Planungs- und Maßstabsebenen durch Vorschläge für jeweils geeignete raumbezogene Anpassungsmaßnahmen konkretisiert (vgl. Kap. 9 und Plan 6).

Diese Ziele verstärken und ergänzen die Planungsempfehlungen des Gesamtstädtischen Klimagutachtens Aachen (2000).

## 8. INTEGRATION IN DEN FLÄCHENNUTZUNGSPLAN

Es ist beabsichtigt, die Ergebnisse des Klimawandelanpassungskonzeptes Aachen in die laufende Neuaufstellung des FNP zu integrieren. Dies ist sachlich begründet und trägt den Anforderungen des BauGB Rechnung<sup>1</sup>.

Die Ergebnisverwertung bezieht sich auf folgende Teilaufgaben des Flächennutzungsplans:

- Umweltprüfung der FNP-Prüfflächen, Umweltbericht
- Darstellungen und Hinweise von / auf Anpassungserfordernisse in der FNP-Planzeichnung
- Fachliche Begründung für Anpassungserfordernisse (FNP-Begründung)
- Grundlagen für Abwägungsentscheidungen

Darüber hinaus sind die Ergebnisse des Anpassungskonzeptes – sofern vom Rat als Entwicklungskonzepte im Sinne vom § 1 Abs. 6 Nr. 11 BauGB beschlossen – bei der Aufstellung von Bebauungsplänen zu berücksichtigen. Es empfiehlt sich, diese ebenfalls als Maßgabe für Verhandlungen über die Genehmigung von Einzelvorhaben nach § 34 BauGB heranzuziehen. Die Integration in förmliche und informelle Fachplanungen (bspw. Landschaftsplan, Strategisches Grün- und Freiflächenkonzept, wasserwirtschaftliche Planungen, Sozialentwicklungsplan) liegt ebenfalls nahe.

### 8.1 GESAMTKARTE STADTKLIMA

Die Darstellungen des Anpassungsgutachtens beziehen sich grundsätzlich auf die Auswirkungen des Klimawandels und die daraus abgeleiteten Anpassungserfordernisse, die als Darstellung in den in Aufstellung befindlichen Flächennutzungsplan einfließen sollten.

In der Ausarbeitung des FNP-Vorentwurfs wurde aber deutlich, dass die alleinige Darstellung der Anpassungserfordernisse an den Klimawandel und die Nicht-Berücksichtigung sonstiger stadtklimatischer Anforderungen (kommunikative) Missverständnisse erzeugen kann und die Begründung der entsprechenden Darstellungen im Flächennutzungsplan erschwert.

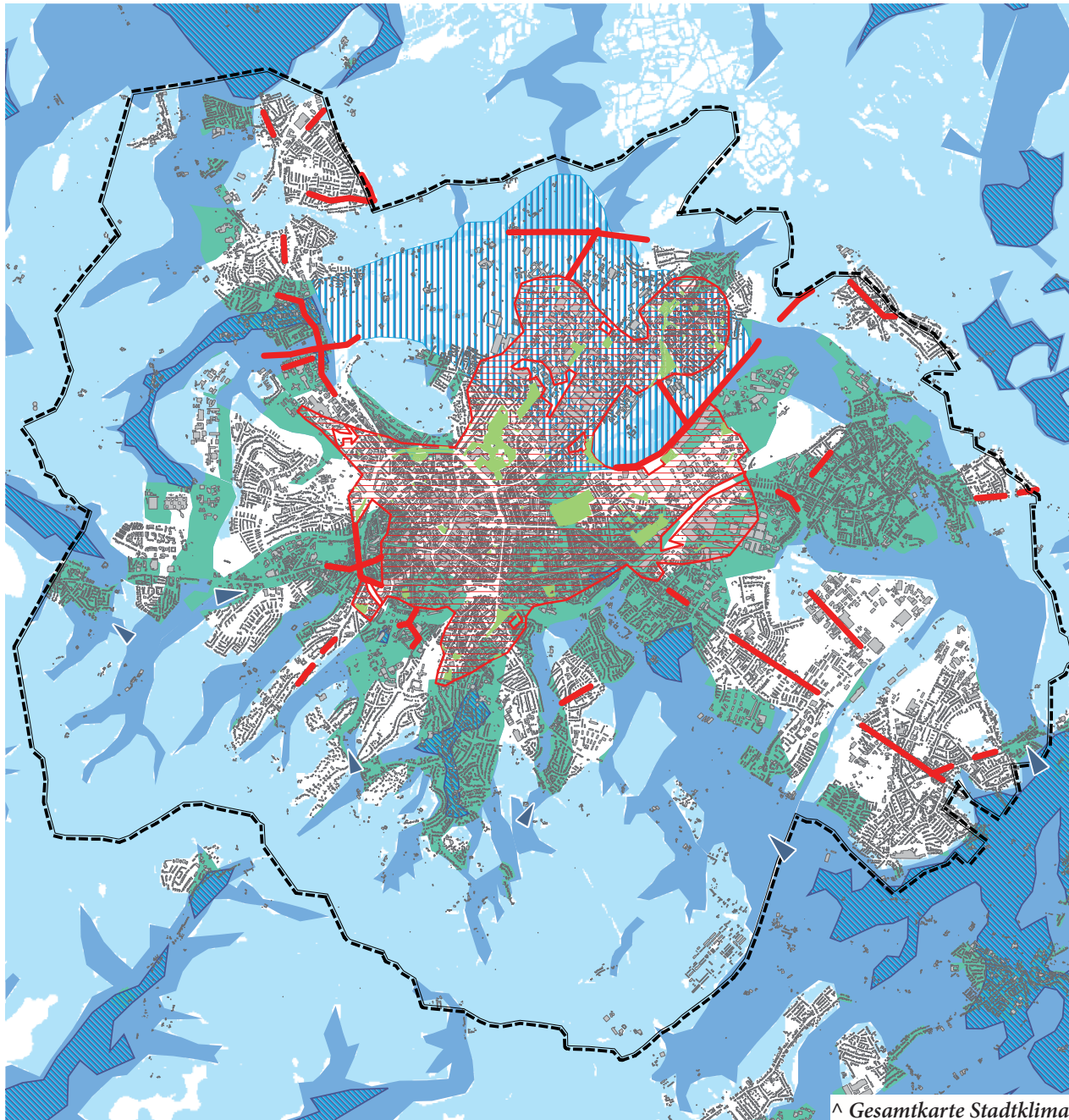
Vor diesem Hintergrund entstand eine zusätzliche Karte, die die für die künftige Stadtentwicklung maßgeblichen Darstellungen

- des gesamtstädtischen Klimagutachtens (2000),
- die Ergebnisse einer aktuellen Untersuchung zu Kaltluftströmen (2013) sowie
- der Untersuchungen zur Anpassung an den Klimawandel (2014)

integrativ zusammenführt und die wissenschaftlich-planerische Basis für die entsprechenden Darstellungen im Flächennutzungsplan bildet.

---

<sup>1</sup> Unabhängig davon könnte das AKA auch als zeitlich vorgezogener Fachplan ‚Klimaanpassung‘ mit eigenständiger Wirksamkeit umgesetzt werden.



- Kaltluftentstehungsflächen**  
 Flächen im Außenbereich mit Kaltluftabfluss  $< 5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$
  
- Kaltluftüberströmungen aus anderen Tälern**  
 Pfeile geben Richtung und Stärke an
  
- großräumige Kaltluftbahn außerhalb der Bebauung**  
 Kaltluftströme, Flächen im Außenbereich mit Kaltluftabfluss  $\geq 5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$
  
- großräumige Kaltluftbahn innerhalb der Bebauung**
  
- Bereiche mit Kaltluftstau**  
 Flächen mit Schichtdicke  $> 30 \text{ m}$  und Windgeschwindigkeiten  $< 0,5 \text{ m/s}$
  
- Kaltluftammelgebiet Soers**  
 Strömung zeitweise abweichend vom Gefälle
  
- innerstädtisches Belastungsgebiet**  
 Flächenhaft mehrfach belastete Bereiche, die thermisch mittags und/oder abends und/oder durch geringe nächtliche Abkühlung und/oder durch besonders hohe  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen belastet sind oder voraussichtlich zukünftig sein werden. Dargestellt sind diejenigen Bereiche, in denen mindestens zwei dieser vier Belastungskomponenten als starke Belastungen bewertet sind, einschließlich mehrfach belasteter Straßenabschnitte.
  
- mehrfach belastete Straßenabschnitte**  
 Lineare Belastungsbereiche mit hohen  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen und thermischer Belastung außerhalb des innerstädtischen Belastungsgebietes (kein Bezug zu  $\text{PM}_{10}$ -Überschreitungstagen nach EU-Richtlinie)
  
- Grünflächen mit wesentlicher Klimafunktion**  
 Entlastungsflächen innerhalb des innerstädtischen Belastungsbereiches

## 8.2 RECHTLICHE GRUNDLAGEN

### Baugesetzbuch

Ergänzend zur allgemeinen Anforderung, bei der Aufstellung von Bauleitplänen gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse (§ 1 Abs. 6 Nr. 1 BauGB) zu berücksichtigen, ist seit der BauGB-Novelle 2011 die Anpassung an den Klimawandel (ebenso wie der Klimaschutz) als Aufgabe klimagerechter Stadtentwicklung generelles Leitziel der Bauleitplanung (§ 1 Abs. 5 S. 2 BauGB). Im Rahmen der planerischen Abwägung steht die Klimaanpassung damit gleichwertig neben anderen Belangen, die mit- und untereinander abzuwägen sind. Sein Gewicht hängt von der konkreten Situation ab und ist für jeden Fall / Plan individuell zu ermitteln und zu begründen. Beschränkt wird der Gestaltungsspielraum der Gemeinde durch den Grundsatz der Verhältnismäßigkeit, der eine Gesamtabwägung zwischen dem Gewicht und der Dringlichkeit dieses Ziels und den Folgen des Eingriffs für andere Rechtsgüter erforderlich macht. Dies wird bei nachträglichen Interventionen in Bestandsgebieten möglicherweise anders zu beurteilen sein als in neu zu entwickelnden Gebieten. Der zulässige Inhalt des Flächennutzungsplans wird durch § 5 Abs. 2 bis 4 BauGB geregelt und in Form von Darstellungen, Kennzeichnungen, nachrichtlichen Übernahmen und Vermerken im Rahmen der Erforderlichkeit konkretisiert. Der nicht abschließende Darstellungskatalog gem. § 5 Abs. 2 BauGB i.V.m. der BauNVO und der PlanZV eröffnet der Gemeinde weitgehende Darstellungsmöglichkeiten, die auch im Sinne von Klimaschutz und Klimaanpassung genutzt werden können und

sollten. Sie bedürfen jeweils einer sorgfältigen Begründung.

Darstellungsgrenzen ergeben sich vor allem insoweit, als die Gemeinde die beabsichtigte städtebauliche Entwicklung in den Grundzügen darstellen soll, und dass nicht dargestellt werden kann, was nicht auch in aus dem Flächennutzungsplan zu entwickelnden Bebauungsplänen festsetzbar ist.

Darüber hinaus wurden in der BauGB-Novelle 2013 im Rahmen der Aufgabe ‚Klimagerechte Stadterneuerung‘ Klimaschutz und Klimaanpassung als Kriterium möglicher städtebaulicher Missstände in einem Gebiet bzw. als Aufgaben einer städtebaulichen Sanierung identifiziert (§ 136 Abs. 2 S. 2 Nr. 1 ff BauGB). Welche (objektiven) Kriterien für die Sanierungsbedürftigkeit eines Gebietes im Hinblick auf die Belange der Klimaanpassung anzulegen sind (bspw. bezüglich Überwärmung, Überschwemmungsrisiko, ...), ist noch nicht in den bisher vorliegenden Kommentierungen und Begründungen konkretisiert.

Auch finden sich bundesweit diesbezüglich noch keine Anwendungsbeispiele. Konkrete Anhaltspunkte dafür in bestimmten Teilräumen des Aachener Talkessels ergeben sich aus der Analyse der Belastungsschwerpunkte in Kap. 6, in denen z.T. auch weitere städtebauliche Missstände vorliegen.

### Weitere gesetzliche Grundlagen

Eine weitere rechtliche Grundlage ist das im Jahr 2013 verabschiedete **Klimaschutzgesetz** NRW. Zweck dieses Gesetzes ist die Schaffung der rechtlichen Grundlagen für die Erarbeitung, Umsetzung, Überprüfung, Berichterstattung über

Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen, um die negativen Auswirkungen des Klimawandels zu begrenzen. Mit der Änderung des Landesplanungsgesetzes wird die raumordnerische Umsetzung des Klimaschutzgesetzes auf nachgeordnete Planungsebenen vorbereitet (§ 12 Abs. 6 LPlG, Entwurf 2013).

Das Klimaschutzgesetz enthält keine Maßgaben für eine konkrete Umsetzung in Fachplanungen oder die Bauleitplanung. Auch sind Festsetzungen von Schutzgebieten, wie bspw. im Natur-, Landschafts- und Wasserrecht (NSG, LSG, WSZ) nicht vorgegeben. Grundsätzlich könnte auf dieser neuen Gesetzesgrundlage eine verbindliche Satzung abgeleitet werden, jedoch wird zzt. noch von einer städtischen Klimaverordnung abgeraten, da es rechtlich unsicher ist und diese entsprechend als Ermächtigung nicht ausreichen würde.

Für Aachen als Kur- und Badestadt mit zwei ausgewiesenen Kurgemeinden greift außerdem das **Kurortgesetz**, in dem u.a. Klima als Schutzziel impliziert ist und welches als Vorbild für die Klimaregelung dienen kann. Die Kurgemeinden werden im FNP dargestellt und ergänzen inhaltlich die beiden vorgeschlagenen Bereiche zum Schutz des Stadtklimas.

Des Weiteren ist die **VDI-Richtlinie 3787 ‚Lokale Kaltluft‘** zu beachten, die Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Luftthygiene in der räumlichen Planung beinhaltet. Demnach ist im Sinne der Richtlinie Bauen in Kaltluftbahnen als Eingriff definiert. Zur rechtlichen Bewertung der Folgen wird auf Rechtsgrundlagen verwiesen (z.B. RL 96/62/EG, BImSchG).

## 8.3 UMSETZUNG IN DIE BAULEITPLANUNG

### Darstellungsmöglichkeiten im FNP

Die konzeptionelle Berücksichtigung stadträumlicher Klimaanpassungsmaßnahmen im FNP ist eine komplexe Aufgabe, die nur zum Teil in expliziten (Neu-)Darstellungen erkennbar ist, die zum anderen Teil implizit über andere Darstellungs- und Steuerungsansätze Wirkung entfalten kann und die schließlich auch im Planverfahren, namentlich in der Strategischen Umweltprüfung und in der Abwägung wirksam werden.

Mit Blick auf langjährige Erkenntnisse, Erfahrungen und Instrumente zum Umgang mit dem Stadtklima in der räumlichen Planung ist diese Aufgabe nicht grundsätzlich neu. Sie stellt sich angesichts der Dynamik des Klimawandels und seiner vielfältigen Auswirkungen jedoch in verschärfter Form dar und erfordert eine konsequente Nutzung und Fortentwicklung des Instrumentariums. Auf die weiterhin gültigen, stellenweise zu aktualisierenden Planungsempfehlungen des Gesamtstädtischen Klimagutachtens Aachen (2000) wird deshalb ausdrücklich verwiesen.

Seit langem gebräuchliche Darstellungen von Grünflächen, Wasserflächen, landwirtschaftlichen Flächen und Wald im Flächennutzungsplan (gem. § 5 Abs. 2 BauGB) nehmen funktional wichtige Aufgaben der Stadtklimatisierung (z.B. als Kaltluftentstehungsflächen) wahr und sind auch für Anpassungsleistungen an den Klimawandel unverzichtbar.

Daneben hat der Gesetzgeber in der BauGB-Novelle 2011 zusätzlich die Darstellungsmöglichkeit geschaffen:

**„Ausstattung des Gemeindegebietes mit Anlagen, Einrichtungen und sonstigen Maßnahmen, die der Anpassung an den Klimawandel dienen“ (§ 5 Abs. 2 Nr. 2c BauGB)**

Darauf bezieht sich der auf der Basis dieser Untersuchung abgeleitete Vorschlag für klimaanpassungsrelevante Darstellungen im Flächennutzungsplan, der zwei Bereiche unterscheidet:

- Vorsorgebereich Stadtklima  
mehrfach belastete Siedlungsstrukturen sowie Quartiere mit ausgeprägten Hitzeinseln, die eine Verbesserung des Lokal- und Bioklimas durch bauliche, gestalterische und technische Maßnahmen erfordern
- Belüftungsbahn Stadtklima  
großräumige Kaltluftbahnen innerhalb und außerhalb der Bebauung, die eine Sicherung der Belüpfungsfunktion für die Siedlungsbereiche durch bauliche, gestalterische und technische Maßnahmen erfordern

Die in der Anlage der Planzeichenverordnung enthaltenen Planzeichen können ergänzt werden, soweit dies zur eindeutigen Darstellung des Planinhalts erforderlich ist (§ 2 Abs. 2 PlanZV). Sinngemäß zu vergleichbaren Inhalten werden Umgrenzungslinien vorgeschlagen, die überlagernd zur Bodennutzung dargestellt werden.

### Umsetzung im Bebauungsplan

Innerhalb der beiden Stadtklima-Darstellungen im Flächennutzungsplan sind im nachfolgenden verbindlichen Bauleitplanverfahren verschiedene Maßnahmen zur Vermeidung nachteiliger Auswirkungen insbesondere auf die Gesundheit des Menschen vorrangig zu beachten. Diese können als zeichnerische und/oder textliche Festsetzungen im Bebauungsplan rechtlich bindend umgesetzt werden. Im Unterschied zu den Darstellungsmöglichkeiten im FNP gem. § 5 BauGB sind die in § 9 Abs. 1 BauGB aufgeführten Regelungen abschließend und nicht erweiterbar.

Hier eröffnen sich – neben Bauverböten – verschiedene Gestaltungs- und Optimierungsmöglichkeiten zur Aufrechterhaltung wichtiger Klimafunktionen bzw. zur Minderung von Klimawandelfolgen, die mit Festsetzungen zum Maß der baulichen Nutzung, der Abgrenzung der überbaubaren Baugrundstücke, der Stellung und Höhe der baulichen Anlagen sowie der Grünausstattung verbindlich festgesetzt werden können.

Innerhalb des ‚Vorsorgebereich Stadtklima‘, der große Teile der bebauten Aachener Kernstadt umfasst, sind die Sicherung von innerstädtischen Grünflächen sowie Möglichkeiten für die Neuanlage klimawirksamer Freiflächen und Straßenbaumpflanzungen vorrangig zu beachten. Nachverdichtungsmaßnahmen sollten an klimatische Auflagen (Dach- und Fassadenbegrünung, Albedo, Grünvolumen etc.) gebunden und damit klimaverträglich gestaltet werden. Eine exemplarische Umsetzung findet sich im nachfolgenden Kap. 9.

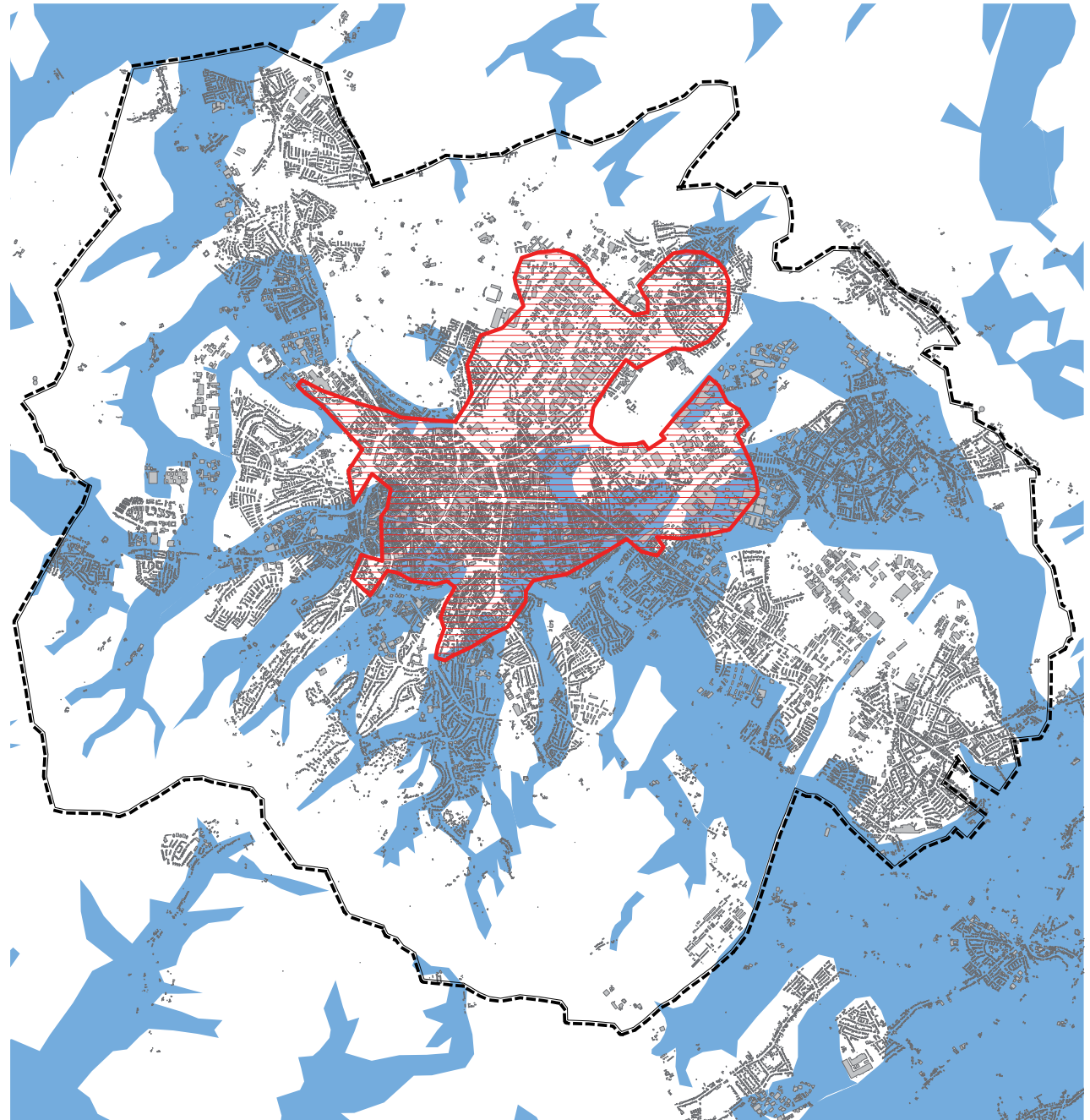


Die Abgrenzung ‚Belüftungsbahn Stadtklima‘ überlagert sowohl bereits bebaute Bereiche als auch landwirtschaftlich genutzte Freiflächen. Neuausweisungen von Bauflächen innerhalb dieser Belüftungsbahnen stellen grundsätzlich eine Einschränkung der Belüftungsfunktion für die Kernstadt dar und sind daher hinsichtlich ihrer Auswirkungen vertieft zu prüfen. Hier lassen sich bspw. durch Modifikationen künftiger Baufelder, Bauweise, Baukörperstellung, Gebäudehöhe und Nutzungsintensität wesentliche Verbesserungen erzielen. Die Höhe und die Anordnung der baulichen Anlagen müssen sich dabei an der Mächtigkeit und Richtung des Kaltluftstroms orientieren, um die Barrierewirkung zu mindern.

*Vorschlag für klimaanpassungsrelevante Darstellungen im Flächennutzungsplan*

 Vorsorgebereich Stadtklima

 Belüftungsbahn Stadtklima



## 8.4 ANPASSUNGSKONZEPT





Das Anpassungskonzept an die Folgen des Klimawandels im Aachener Talkessel konkretisiert und verräumlicht die o.g. Maßnahmen, die erheblich nachteilige Auswirkungen und Gefahren mindern bzw. entgegenwirken können. Die folgende Übersicht identifiziert die wichtigsten raumbezogenen Klimaanpassungsmaßnahmen auf gesamt-

städtischer Ebene in den beiden Handlungsfeldern ‚Reduzierung der Hitzebelastung‘ und ‚Vorsorge Wasserhaushalt‘ (ohne Berücksichtigung der Extremereignisse Hagelschlag, Tornados, Dürre).

Sie zeigt, ob und wie diese Maßnahmen auf Basis der Darstellungen in Karte 4 mit dem Darstellungsinstrumentarium der Flächennutzungsplanung berücksichtigt werden können.

Sie sind räumlich in Plan 6 zugeordnet.

Die Überlagerung und die Prüfung potenzieller Bauflächen erfolgte für den Vorentwurf des FNP der Stadt Aachen, der im Juni 2014 für die frühzeitige Beteiligung veröffentlicht wurde.

Handlungsfeld	Handlungsoption der Klimaanpassung	Darstellungen, Kennzeichnungen, Hinweise im FNP
<b>Reduzierung der Hitzebelastung</b>		
	<p>Gebiete mit wichtigen Klimafunktionen, bspw.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Landwirtschaftsflächen und Wald mit Funktionen als Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete und Transportbahnen</li> <li>durchgängige Grünstrukturen</li> </ul>	Darstellung von landwirtschaftlichen (Vorrang-)Flächen und Wald
	<p>potenzielle Gunsträume, bspw.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>klimaökologische Komfortinseln im Siedlungsbereich ‚Klima-Oasen‘</li> </ul>	Darstellung Grünflächen, Grünzüge, Grünfinger
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erholungs- und Ausgleichsflächen</li> <li>Erhalt und Offenlegung von Gewässern</li> </ul>	<p>Darstellung grüner Blockinnenbereiche, Parks, Kleingärten, Friedhöfe etc.</p> <p>Darstellung Gewässer, Wasserflächen</p>
	<p><b>Vorsorgebereich Stadtklima</b></p> <p>Risikobereiche: Quartiere mit ausgeprägten Hitzeinseln und / oder anderen Belastungen (städtebauliche Missstände)</p> <p>Siedlungsstrukturen (auch Industrie- und Gewerbestandorte) mit Erfordernis zur Verbesserung des Lokal- und Bioklimas durch bauliche, gestalterische, technische Maßnahmen (Wohnbauflächen, Gemischte Bauflächen, Gewerbliche Bauflächen, Sondergebiete, Flächen für den Gemeinbedarf, Flächen für Versorgungsanlagen)</p>	<p>Umgrenzung im Sinne des § 5 Abs. 2 Satz 2c: Ausstattung des Gemeindegebietes mit Anlagen, Einrichtungen und Maßnahmen, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, bspw. Erhöhung des Grünanteils, Begrenzung des Versiegelungsgrades, Bereiche mit lockerer Wohnbebauung, Gebiete mit großflächiger Flachdachbegrünung</p> <p><i>Hinweis: Die aktuelle Planzeichenverordnung enthält noch keine entsprechende Planzeichen für die Flächennutzungsplanung.</i></p> <p>Hinweis bzw. Darstellung von Sanierungsgebieten gem. § 136 Abs. 2 BauGB</p>

## Reduzierung der Hitzebelastung



### Belüftungsbahn Stadtklima

Bereiche mit einer Belüpfungsfunktion für die Aachener Kernstadt, insbesondere für den ‚Vorsorgebereich Stadtklima‘

Neuausweisungen von Bauflächen innerhalb dieser Belüftungsbahnen nur unter der Maßgabe, dass keine maßgebliche Verschlechterung der Kaltluftströme resultiert.

dementsprechende Modifikationen künftiger Baufelder, Bauweise, Baukörperstellung, Gebäudehöhe und Nutzungsintensität. Die Höhe und die Anordnung der baulichen Anlagen müssen sich dabei an der Mächtigkeit und Richtung des Kaltluftstroms orientieren, um die Barriere Wirkung zu mindern.



potenzielle Baugebiete, Prüfflächen der Umweltprüfung zum FNP-Vorentwurf (Stand 06/2014): klimagerechte Gestaltung neuer Siedlungsbereiche (Verhältnis Bauflächen – Freiflächen; Ausrichtung und Gestaltung der Baukörper)

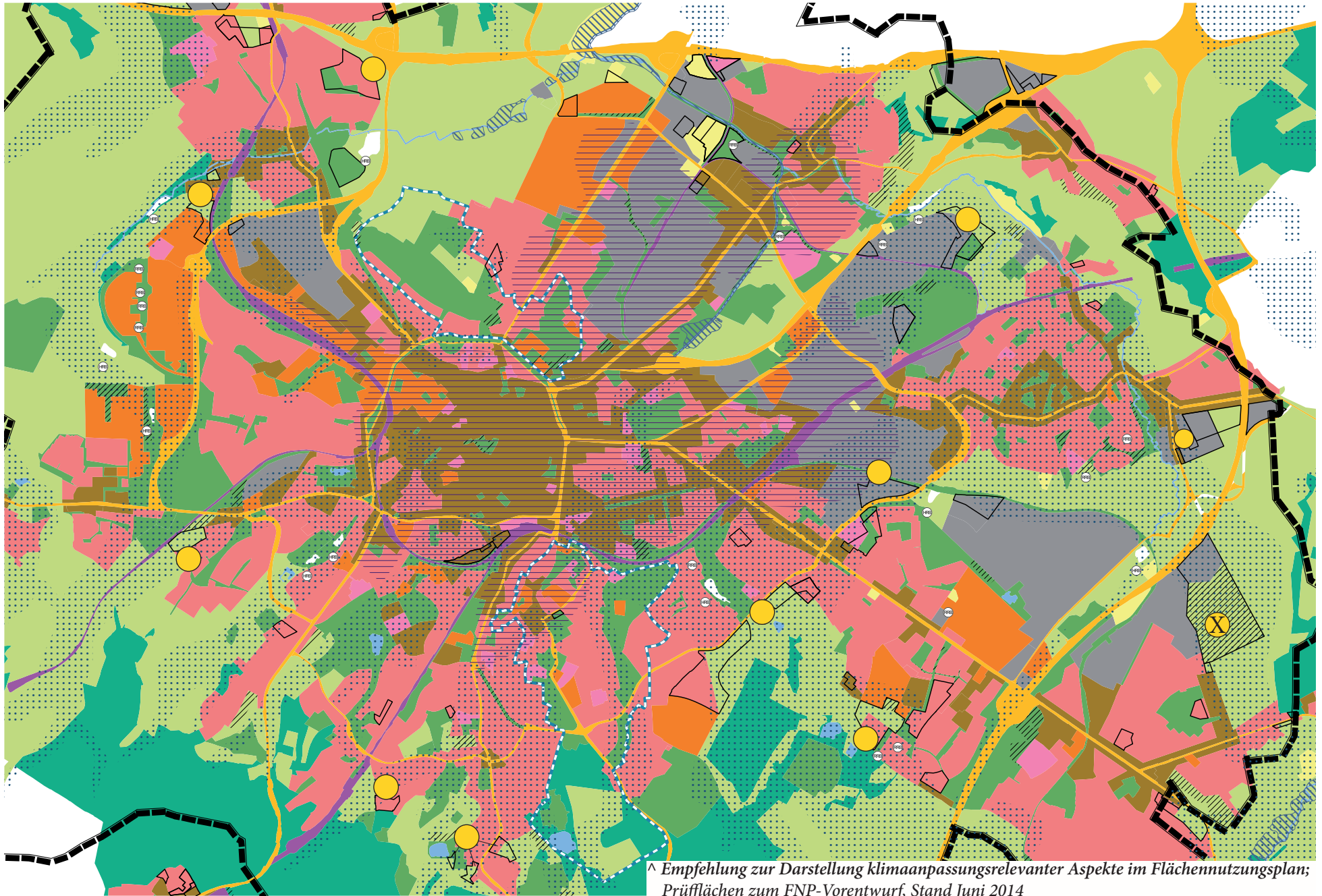


Ermittlung und Anpassung vulnerabler Verkehrs- und Versorgungsinfrastrukturen bzgl. Aufrechterhaltung von Transport- und Lieferwegen im Katastrophenfall





Umgrenzung im Sinne des § 5 Abs. 2 Satz 2c: Ausstattung des Gemeindegebietes mit Anlagen, Einrichtungen und Maßnahmen, die der Anpassung an den Klimawandel dienen

je nach Größe / Darstellungsschwelle: Darstellung von Bauflächen, Grünflächen u.a. Freiflächen

Darstellung von Flächen für den überörtlichen Verkehr und örtliche Hauptverkehrswege



*^ Empfehlung zur Darstellung klimaanpassungsrelevanter Aspekte im Flächennutzungsplan;  
Prüfflächen zum FNP-Vorentwurf, Stand Juni 2014*

Handlungsfeld	Handlungsoption der Klimaanpassung	Darstellungen, Kennzeichnungen, Hinweise im FNP
<b>Anpassung des Wasserhaushaltes</b>		
	Schutz von Stadtquartieren, Gebäuden und vulnerablen Infrastrukturen vor Auswirkungen von Starkregen durch natürliche, bauliche und/oder technische Schutzmaßnahmen (auch Notwasserwege)	Darstellung von Flächen für die Wasserwirtschaft
	Schutz von Siedlungsbereichen, Industrie- und Gewerbestandorten, vulnerablen Infrastrukturen vor Überflutungen, Überschwemmungen, Hochwasser. Vermeidung von Neubebauung in hochwassersensiblen Gebieten	nachrichtliche Übernahme festgesetzter Überschwemmungsgebiete Vermerk von noch nicht festgesetzten Überschwemmungsgebieten sowie von Risikogebieten i.S.d. § 73 Abs. 1 S. 1 WHG
	Dauerhafte Sicherung der Erschließung, insbesondere der Wasserversorgung (und der Trinkwasserqualität) für die Wohnbevölkerung, Wirtschaft und Landwirtschaft	nachrichtliche Übernahme wasserrechtlicher Schutzgebiete Darstellung von Flächen für Versorgungsanlagen und die Abwasserbeseitigung, Hauptversorgungs- und Abwasserleitungen
	Maßnahmen zum Erosionsschutz sowie zur Erhaltung von Lebensraumfunktionen	nachrichtliche Übernahme von (naturschutzrechtlichen) Schutzgebieten Kennzeichnung von Flächen mit besonderen baulichen Schutzvorkehrungen
<b>Sonstige Maßnahmen / Stadtplanung</b>		
	Rücknahme von Bauflächen gegenüber dem rechtswirksamen FNP	Darstellung von Freiraumnutzungen
	Empfehlung: Verzicht auf Nutzung / Bebauung (stadt-) klimatisch nicht geeigneter Standorte, ggf. klimagerechte Anpassung der beabsichtigten Nutzung / Bebauung	Darstellung von Freiraumnutzungen klimagerecht modifizierte Darstellung der Bauflächen

## 9. ANPASSUNGSMASSNAHMEN

Aus den unter Kapiteln 4 (Exposition) sowie 5 und 6 (Sensitivität) entwickelten Erkenntnissen leiten sich für den Aachener Talkessel folgende Klima-Anpassungsmaßnahmen ab:

- Gesamtstädtische Maßnahmen
- Maßnahmen für besonders betroffene Bereiche jeweils für
  - Bestandsquartiere
  - Neubebauung
  - Freiflächen (Freihaltung, Gestaltung)

Vorschläge für diese Maßnahmen werden in Plan 6 räumlich und sachlich konkretisiert. Sie sind als beispielhaft anzusehen und je nach Örtlichkeit und Flächennutzung in unterschiedlicher Wertigkeit umzusetzen.

Besonders naheliegend sind so genannte „low regret-“ und „no regret“-Maßnahmen, die auch unabhängig von den Auswirkungen des Klimawandels städtebaulich und freiraumplanerisch, ökonomisch, ökologisch und sozial sinnvoll sind.

Darüber hinaus behalten die Darstellungen der Planungsempfehlungen des Gesamtstädtischen Klimagutachtens (2000) weiterhin Gültigkeit.

Planerisch vorbereitete Maßnahmen und Anreizsysteme sollten dabei ineinandergreifen. Beim Zusammenwirken von (regionalen) gesamtstädtischen und teilräumlichen Maßnahmen ist jeweils das Verhältnis von Aufwand und Nutzen bzw. Wirkung zu berücksichtigen.

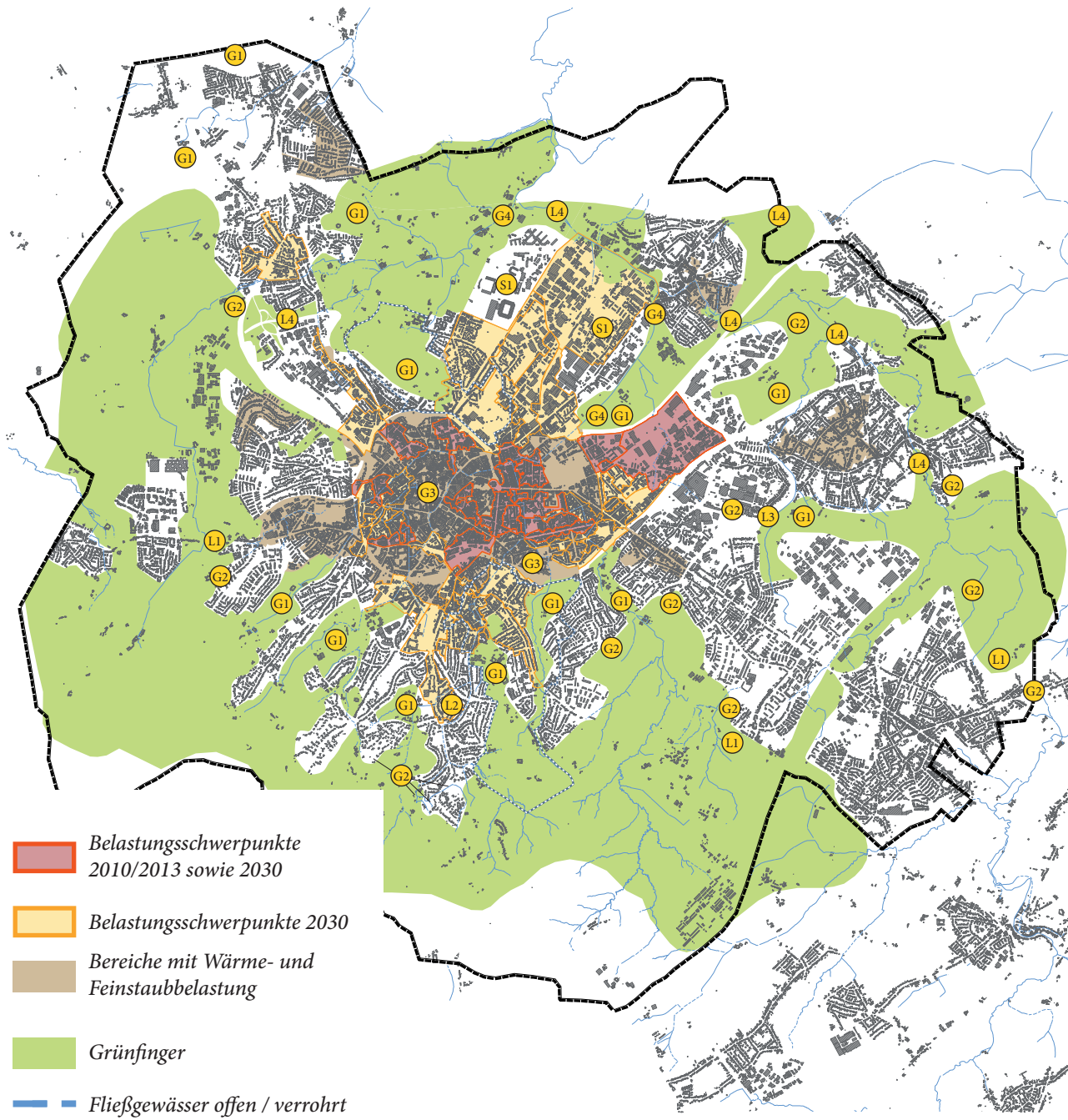
### Gesamtstädtisch

- Gewährleistung einer ausreichenden Durchlüftung der Siedlungsstruktur
- Erhaltung und Entwicklung von Luftaustauschbahnen, die nachts auch als Kaltluftbahnen wirken: Freihaltung der Grünfinger ohne weitere Verdichtung der baulichen Randbereiche, Verringerung der Oberflächenrauigkeit
- Verzicht auf Bebauung (stadt-)klimatisch nicht geeigneter Standorte; ggf. klimagerechte Anpassung der beabsichtigten Bebauung
- Verbesserung des Abkühlungspotentials in offenen Baustrukturen durch großräumige Erhöhung des Grünvolumens
- Schaffung von sommerkühlen Klimaoasen in Gebieten mit geschlossenen Bebauungsstrukturen durch Aktivierung von größeren und kleineren Grünflächen
- Verringerung des Emissionsaufkommens (Stadt der kurzen Wege)
- Auslagerung von klimasensiblen Nutzungen aus bioklimatisch stark belasteten Bereichen (in Abgleich mit anderen Anforderungen)
- Berücksichtigung klimatisch (vor-)belasteter Bereiche bei der Neuausweisung von Kitas und Senioreneinrichtungen
- Offenlegung/Anlage von Gewässern, naturnahe Gestaltung, Freihaltung überschwemmungsgefährdeter Bereiche

- Festlegung bioklimatischer Belastungsgebiete als aktionsorientierte Gebietskulisse zur Durchführung von Sanierungsmaßnahmen mit den Mitteln der Beratung, Moderation und Förderung sowie im Dialog mit Eigentümern und Nutzern

Da gravierende Auswirkungen von Starkniederschlagsereignissen bei nicht ausreichend angepassten Gewässersystemen und Kanalisationen an einzelnen Stellen in Aachen wahrscheinlich sind, können wirksame Anpassungs- und Schutzmaßnahmen nicht einfach spontan oder allein nach routinemäßigem Plan ergriffen werden – sie müssen strukturell und langfristig angelegt sein.

- Offenlegung und Anlage von Gewässern, naturnahe Gestaltung
- Freihaltung überschwemmungsgefährdeter Bereiche
- Prüfaufträge zur Ermittlung:
  - der Leistungsfähigkeit innerstädtischer Gewässerskanäle
  - der Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes
  - sturzflutgefährdeter Bereiche im Talkessel
- Ergebnis:
  - Risikokarten für Feuerwehr & Katastrophenschutz, Planung etc.
  - Basis für Maßnahmenplanung



**Vorschläge für Anpassungsmaßnahmen**

**Gesamtstädtisch**

- G1 Erhaltung und Entwicklung von Luftaustauschbahnen, die nachts auch als Kaltluftbahnen wirken: Freihaltung der Grünfinger ohne weitere Verdichtung der baulichen Randbereiche, Verringerung der Oberflächenrauigkeit
- G2 Verzicht auf Bebauung (stadt-)klimatisch nicht geeigneter Standorte, ggf. klimagerechte Anpassung der beabsichtigten Bebauung
- G3 Offenlegung/Anlage von Gewässern, naturnahe Gestaltung
- G4 Freihaltung überschwemmungsgefährdeter Bereiche

**Entwicklung und Wiederherstellung von Luftleitbahnen (Erläuterungen siehe Seite 35)**

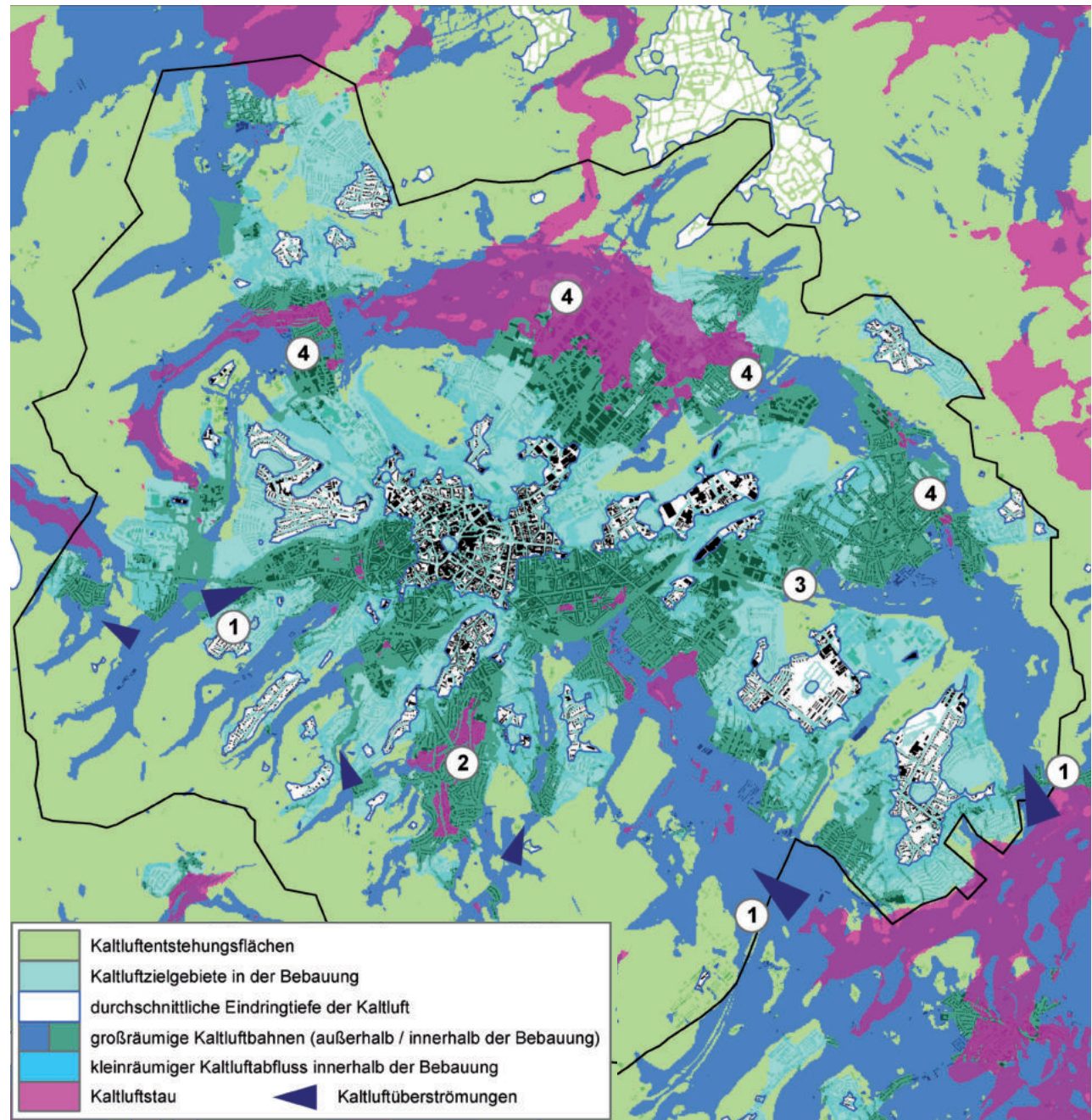
- L 1 Kaltluft-Überströmungsbereiche Freund, Grauenhof und Gemmenicher Weg
- L2 Wurmeinzugsgebiet Burtscheid
- L3 Talmulde Eisenbahnweg / Philips-Gelände
- L4 Haarbachtal / Wildbachtal

**Innenstadt und Stadtteile**

- S1 Entsiegelung und Begrünung von Großparkplätzen und anderen großflächig versiegelten Flächen

### Teilräumlich: Entwicklung und Wiederherstellung von Kaltluftbahnen

- Kaltluft-Überströmungsbereiche Freund, Graenhof und Gemmenicher Weg (1): Klärung der genauen Strömungsvorgänge und Bewertung der Bedeutung (in Bearbeitung); einstweilen Verzicht auf Veränderungen in den fraglichen Bereichen
- Wurmeinzugsgebiet Burtscheid (2): starke Verbauung des gesamten Talbereichs gegeben, kaum substanziell rückholbar. Konzeptionell wäre eine Kombination aus Entsieglungs- und „Entbuschungs“konzept sinnvoll
- Talmulde Eisenbahnweg / Philips-Gelände (besondere Bedeutung beim Kaltluft-Überströmungsbereich Freund) (3): Sichern der bisherigen Freiflächen insbesondere am Übergang zum Freiraum (bis zum Haarbachtal). Detailprüfung, ob bestehende Verengungen beseitigt bzw. wie das Industriegebiet insgesamt bei baulichen Veränderungen umgestaltet werden kann / muss.
- Haarbachtal (4): Gesamtkonzept erforderlich. Mehrere Abschnitte mit ungünstiger Bebauungs- / Bepflanzungssituation vorhanden, Sanierung aus klimatischer Sicht langfristig nicht ganz ohne bauliche Eingriffe möglich



>  
Kaltluftentstehung und -bewegung  
im Aachener Talkessel



### **Innenstadt und Stadtteile**

- **IS 1:** Entsiegelung und Begrünung von Großparkplätzen und anderen großflächig versiegelten Flächen (Entsiegelungsprogramm)
- **IS 2:** Gewährleistung ausreichender Grünflächenanteile (Verknüpfung mit dem Klimaziel: Schaffung von Klimaoasen), Erhaltung und Schaffung neuer klimawirksamer Grün- und Freiflächen
- **IS 3:** Schaffung von Beschattungssystemen (Bäume, Schattendächer, Sonnensegel etc.)
- **IS 4:** Schaffung offener (bewegter) Wasserflächen
- **IS 5:** Schaffung dezentraler Versickerungs- bzw. Rückhalteanlagen

### **Quartiere und Blöcke**

- **QB 1:** Begrünungsmaßnahmen baulicher Anlagen - auch in Bestandsquartieren
  - Dachbegrünung / Dachbegrünungsprogramm in Verbindung mit gestuftem Erlass von Abwassergebühren (Anreizprogramm)
  - Fassadenbegrünung / Fassadenbegrünungsprogramm
  - Vertikale Begrünung
- **QB 2:** Reduzierung des Versiegelungsgrades im Bestand (Entsiegelungsprogramm)
- **QB 3:** Begrenzung des Versiegelungsgrades bei Neuplanungen (Steuerung über bebaubare / nicht überbaubare Bereiche, GRZ); Begrünung nicht überbaubarer Flächen
- **QB 4:** Neuplanung: klimagerechte Bebauung (Standortwahl, Bauweise, Ausrichtung, Stellung, Abstand und Höhe, Festlegung Erdgeschossfußbodenhöhen, Festlegung Materialwahl)
- **QB 5:** Vermeidung geschlossener Blockrandstrukturen
- **QB 6:** Technische Optimierung und architektonische Anpassung
- **QB 7:** Erhöhung der Albedo und dadurch verstärkte Reflektion der Sonnenstrahlung durch hellere Baumaterialien
- **QB 8:** Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung (Flutmulden, Versickerungsanlagen)
- **QB 9:** Berücksichtigung von Notwasserwegen

### **Straßenräume und Plätze**

- **SP 1:** Begrünung von Straßenräumen und Parkplätzen mit stadtklimafesten Bäumen (Verschattung, Verdunstung) in Abgleich mit Luftaustauschfunktionen
- **SP 2:** ausreichende Beschattung von Haltestellen des ÖPNV
- **SP 3:** Reduzierung des Versiegelungsgrades
- **SP 4:** Anpassung des Straßenbelags an stärkere Temperaturschwankungen
- **SP 5:** Gestaltung von Verkehrsflächen mit Materialien mit geringerer Wärmespeicherfähigkeit
- **SP 6:** Gestaltung von Straßenquerschnitten als Stauraum bei Starkregen (in Abgleich mit den Anforderungen an Barrierefreiheit)

	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5	QB1	QB2	QB3	QB4	QB5	QB6	QB7	QB8	QB9	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	ÖF1	ÖF2	ÖF3	ÖF4	ÖF5	ÖF6	ÖF7	ÖF8
Wohnbauflächen		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			
gemischte Bauflächen	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			
gewerbliche Bauflächen	X	X			X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X			
Sondergebiete	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X			
Flächen für den Gemeinbedarf		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			
Flächen für Versorgungsanlagen		X			X		X	X					X	X			X	X	X									
Hauptverkehrsstraßen						X	X	X				X			X	X	X	X	X	X					X			
Bahnanlagen																X												
Grünflächen			X	X	X							X	X	X								X	X	X	X	X	X	X

Zuweisung geeigneter Anpassungsmaßnahmen an städtische Nutzungstypen

## öffentliche Freiflächen

- **ÖF 1:** Erhalt aller Grünflächen in den Belastungsschwerpunkten, gerade in der dicht bebauten Innenstadt, die schon aktuell nur eine geringe Anzahl an klimawirksamen Grünflächen aufweist
- **ÖF 2:** Berücksichtigung ausreichender Anteile öffentlicher Grünflächen bei der städtebaulichen Neuordnung
- **ÖF 3:** Freiraumvernetzung, auch durch Neuanlage kleinerer Grün- und Freiflächen im Siedlungsraum (Mindestgröße 1 ha)
- **ÖF 4:** Optimierung der Kühlungswirkung von Grünflächen („Baum-Wiesen-Landschaft“ ohne dichte Gehölzränder und hohe bodendeckende Vegetation oder Stauden)
- **ÖF 5:** Anpassung der Baumartenwahl (Trockenheitsresistenz, geringe Tendenz zur Bildung von Ozonvorläufern)
- **ÖF 6:** Anpassung der Grünflächenpflege (Bewässerung, Kontroll- und Pflegemechanismen)
- **ÖF 7:** Funktionsmischung: multifunktionale Grün- und Freiflächen zur Regenwasserrückhaltung und -versickerung („versickerungsoffene Flächen“)
- **ÖF 8:** Kopplung von Regenwasserbewirtschaftung und notwendiger Wasserversorgung der Grünflächen

## städtische Kurgelbiete

Besonderer Handlungsschwerpunkt für die Umsetzung der zuvor beschriebenen Maßnahmen sollten die beiden Kurgelbiete Monheimsallee und Burtscheid sein, da hier bestimmte klimatische sowie lufthygienische Beurteilungsgrößen und Richtwerte einzuhalten sind.

## Leistungsfähigkeit von Klimaanpassungsmaßnahmen

*(Ergebnisse von Modellierungen im Rahmen des Stadtentwicklungsplans Klima Berlin)*

- Baumpflanzungen: unter Bäumen Luft um bis zu 10°C kühler, im direkten Umfeld um bis zu 3°C
- Erhöhung der Albedo: bei 20%iger Erhöhung Reduzierung der Temperatur um bis zu 8°C im mittelbaren Umfeld
- Entsiegelung: 80% Entsiegelung in Innenhöfen führt zu Temperatursenkung um bis zu 11°C, Parkbuchten: Großsteinpflaster anstelle Asphalt erzielt Reduzierung um bis zu 7°C
- Je großflächiger die entsprechend gestalteten Flächen, desto mehr Wirkung in der Vertikalen
- Fassadenbegrünung: stärkste Wirkung an West- und Südfassaden, Temperaturrückgang um bis zu 10°C auf mittlerer Höhe, kaum Veränderung im oberflächennahen Straßenraum
- Dachbegrünungen: Temperatursenkung um bis zu 10°C, nur im Dachbereich. Aber: Rückhaltung von Niederschlagswasser
- größte Leistungsfähigkeit in bis zu 2 m Höhe über dem Boden: Kombination aus Bäumen, Entsiegelung und Erhöhung der Albedo

**Anpassungsmaßnahmen:  
Beispielhafte Umsetzung**

Am folgendem Beispiel für den durch eine geschlossene Blockrandbebauung geprägten Bereich im Umfeld der Wilhelmstraße wird eine exemplarische Umsetzung der genannten Maßnahmen aufgezeigt.

Der Bereich liegt im „Vorsorgebereich Stadtklima“ und ist u.a. einer der am stärksten lufthygienisch belasteten Straßenabschnitte der Aachener Kernstadt.



*Luftbild*



*Exposition  
Überwärmung tags / abends (hellrot),  
zusätzlich Belastung durch PM10 (dunkelrot)*



*Sensitivität  
Hohe Bevölkerungsdichte (hellrot),  
hoher Anteil Kinder <6J (dunkelrot)*

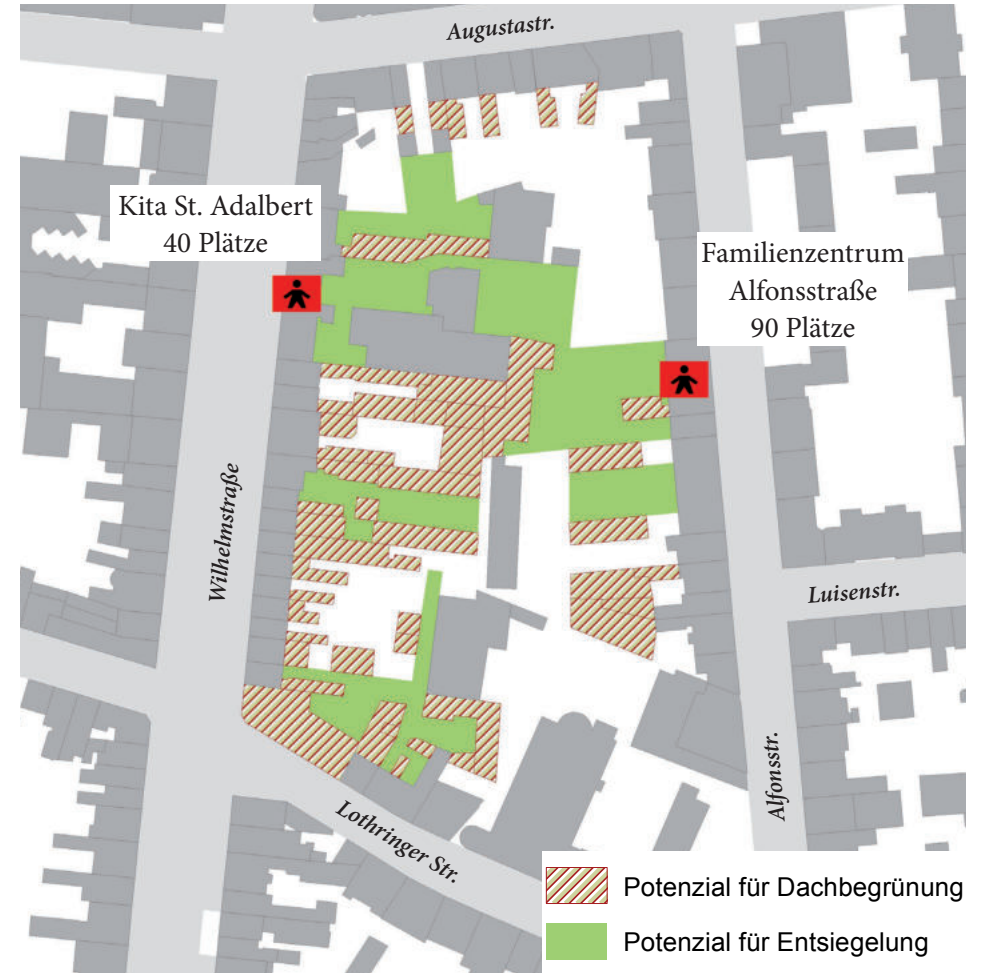


*Kaltluftbahn (blau) /  
Verlust von Belüftungsfunktion durch Nachverdichtung  
im Einzugsgebiet (orange/violett)*

## öffentlicher und halböffentlicher Raum



## privater Blockinnenbereich



## öffentlicher und halböffentlicher Raum

Ergänzung von Baumreihen:	ca. 1.000 lfd m
Neupflanzung von Baumreihen:	ca. 1.000 lfd m
max. Potenzial Entsigelung: (Schulhöfe, etc.)	ca. 4.700 m <sup>2</sup>
Neugestaltung Grünflächen:	ca. 7.400 m <sup>2</sup>

## privater Blockinnenbereich

Größe des Blocks: (incl. Gebäude)	ca. 30.000 m <sup>2</sup>
max. Potenzial Dachbegrünung: (vorhandene Flach- und gering geneigte Dächer)	ca. 4.700 m <sup>2</sup>
max. Potenzial Entsigelung: (Umwandlung Asphalt / Beton in begrünte Flächen wie Rasen, Großfugenpflaster o.ä.)	ca. 4.500 m <sup>2</sup>

## Kinderbetreuungseinrichtungen:

- ausreichende Klimatisierung der Innenräume
- Schaffung abgeschirmter Klimaoasen im Blockinnenbereich



**ANPASSUNGSKONZEPT  
AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS  
IM AACHENER TALKESSEL**



**ANHANG**

**Ergänzende Fakten, Hintergrundinformationen und Quellenangaben**

**Auftraggeber:**

Stadt Aachen | Fachbereich Umwelt

**Bearbeitung:**

BKR Aachen Noky & Simon Partnerschaft

Stadtplaner, Umweltplaner, Landschaftsarchitekt

Dipl.-Ing. Ajo Hinzen, Stadtplaner AKNW

Dipl.-Ing. Andrea Kranefeld, Stadtplanerin AKNW

Dipl.-Ing. André Simon, Landschaftsarchitekt AKNW



**in Kooperation mit**

RWTH Aachen, Geographisches Institut,

Lehr- und Forschungsgebiet Physische Geographie und Klimatologie

Dr. phil. Gunnar Ketzler

Dr. rer. nat. Timo Sachsen

Miriam Paffen, M.A.

Prof. Dr. Christoph Schneider



Stand: Oktober 2014



## **Anhang**

Ketzler, G., Sachsen, T., Paffen, M., Schneider, C.: Erläuterungen zum Anpassungskonzept an die Folgen des Klimawandels im Aachener Talkessel

## **Gliederung**

### **Zusatzinformationen**

**zu Kap. 2. Ausgangssituation**

**zu Kap. 3. Klimawandel und Stadtentwicklung in Aachen bis 2030**

**zu Kap. 4. Exposition**

**zu Kap. 4.1. Temperatur**

**zu Kap. 4.2. Luftqualität**

**zu Kap. 4.3. Niederschlag und Abfluss**

**zu Kap. 5. Sensitivität**

**zu Kap. 6. Belastungsschwerpunkte**

**zu Kap. 8. Anpassungsmaßnahmen**

### **Quellenangaben**

## **Anhang**

Dieser Anhang enthält ergänzende Fakten, Hintergrundinformationen und Quellenangaben zum Aachener Klimawandel-Anpassungskonzept (AKA).

Sofern auf Abbildungen außerhalb des Anhangs Bezug genommen wird, ist dies entsprechend vermerkt (z.B. mit ‚siehe Abbildung „Thermische Belastung mittags“‘).

### **Zu Kap. 1. Aufgabenstellung & Vorgehensweise**

Die in der Studie gewählte Vorgehensweise für den klimatologischen Fachbeitrag ist an Modellstudien aus dem ExWOST-Programm des BMVBS angelehnt (BMVBS, 2012; z.B. Saarbrücken bzw. Jena). Im Unterschied zu anderen Studien basiert die Vorgehensweise in dieser Arbeit auf sehr umfangreichen aktuellen Messdaten (insbesondere aus dem Messprogramm mit ASEAG-Bussen; Buttstädt et al., 2010a).

Das Untersuchungsgebiet beschränkt sich wegen der besonderen stadtklimatisch-lufthygienischen Belastungssituation und der hydrologischen Verhältnisse auf den Bereich des Aachener Kessels, wobei direkt angrenzende Bebauungsbereiche mit berücksichtigt wurden (Abbildung „Untersuchungsbereich des Anpassungskonzeptes“).

### **Zu Kap. 2. Ausgangssituation**

Die allgemeinen Lageparameter der Stadt Aachen werden im Aachener Klimawandel-Anpassungskonzept (AKA) dargestellt, wie sie sich auf Basis des Sachstands für das Gesamtstädtische Klimagutachtens Aachen (Havlik et al., 2000) für einen Zeitschnitt um das Jahr 1998 ergeben. Zusätzlich fließen Informationen zur klimatischen Situation in Aachen und Umgebung aus Havlik, D., 2002, und Ketzler, G., 2002, ein. Außerdem werden die wichtigsten Veränderungen seitdem dargestellt.

Die Siedlungsstruktur ist sowohl durch städtebauliche Erweiterungen (überwiegend außerhalb des aktuellen Untersuchungsgebiets) als auch durch Nachverdichtungen gekennzeichnet. Durch eine Übersichtskartierung bezogen auf die räumliche Gliederungssystematik der Klimaanalysen, wie sie auch beim Gesamtstädtischen Klimagutachten angewandt wurde ('Klimatope'; Stock et al., 1992), lässt sich die Nachverdichtung auf Basis einer Schätzung nachvollziehen. Beispielhaft lässt sich dies für die Siedlungsklimatope anhand der hochwertigeren Einfamilienhausbereiche im Aachener Süden, für die Innenstadt und den Bereich Aachen-Nord Haaren anhand von Neubauten auf Freiflächen und von baulichen Veränderungen im Bestand veranschaulichen (siehe Abb. A-1 – A-3; Datenquelle:

<https://www.geoportal.nrw.de/application-informationen/dienste/index.php>) (siehe Bericht: Abbildung „Klimatope laut Gesamtstädtischem Klimagutachten Aachen“ und „Exemplarischer Nachverdichtungsprozess im Gebäudebestand 2010er Jahre gegenüber 1990er Jahre“).



Abb. A-1: Nachverdichtung im Südviertel 2010er Jahre gegenüber 1990er Jahre (Kaiser-Friedrich-Allee; rot: Neubauten, violett: erhebliche bauliche Veränderungen)

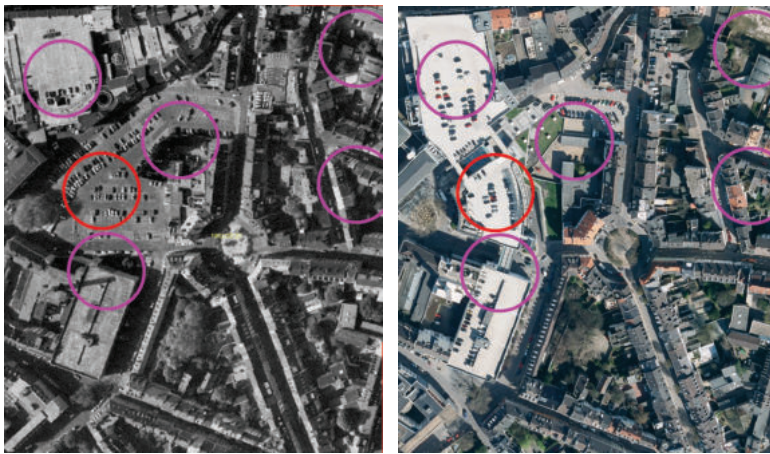


Abb. A-2: Nachverdichtung im Stadtzentrum (Suermondtplatz / Legende wie oben)



Abb. A-3: Nachverdichtung im Stadtzentrum (Haaren / Legende wie oben)

Die Schätzung der Veränderung im Bestand wird für Teilflächen der Klimatope vorgenommen; es wird geschätzt, in welchem Umfang der Gebäudebestand in den vergangenen 20 Jahren zugenommen hat. Die Ergebnisse in % wurden in 9 Klassen festgehalten, die für die Darstellung in 5 Klassen zusammengefasst werden:

0 – keine nennenswerten Veränderungen

2-5 bzw. 5-10 – geringfügige bis deutliche Ergänzungen im Baubestand

10-15, 15-20 bzw. 20-30 – verbreitete Ergänzungen im Baubestand bzw. deutliche oder erhebliche flächige Bebauungszunahmen

30-50 – ganz erhebliche flächige Bebauungszunahmen

über 50 - massive flächige Bebauungszunahmen

Für die blau umrandeten Flächen in der Abbildung sind die Zunahmen so erheblich, dass die bisherige Klimatopzuordnung der gesamten Fläche oder von großen Teilen inzwischen möglicherweise in Richtung der nächst höheren Belastungsklasse verändert werden muss („Siedlungsklima“ → „Stadtklima“ bzw. „Gewerbe- und Industrieklima“, „Stadtklima“ → „Innenstadtklima“).

Die schwarz umrandeten Flächen stellen geplante bauliche Erweiterungen dar. Die Farbzuordnung entspricht der groben Zweckbestimmung der Flächen und muss bei späterer Realisierung nicht notwendigerweise zu der entsprechenden Klimatopzuordnung führen.

Aus aktuellen Untersuchungen zu Veränderungen der Belüftungsfunktionen durch Landnutzungsänderungen in den Bachtälern ergibt sich ein erheblicher negativer Effekt kumulierter langfristiger Veränderungen auf nächtliche Kaltluftströme (Ketzler et al., 2010). Für das Kannegießer-/Ponellbachtal muss von einer Reduktion der nächtlichen Abkühlung und der nächtlichen Belüftungsintensität um bis zu 50% als Folge der zunehmenden Bebauung und geänderten Freiflächenentwicklung in den vergangenen 100 Jahren ausgegangen werden (Sachsen et al., 2012; Sachsen et al., in prep.). Daraus ist zu folgern, dass auch in den vergangenen 15 Jahren seit dem Sachstand des Gesamtstädtischen Klimagutachtens Aachen teilweise Veränderungen der hiermit zusammenhängenden Klimafunktionen erfolgt sind.

Zum Sachstand des Gesamtstädtischen Klimagutachtens ergeben sich für 2010/2013 insgesamt Veränderungen, die anhand der Legende der Klimafunktionskarte tabellarisch dargestellt werden können (Tabelle „Klimatope (jeweils nur Teilgebiete) – Räumlich begrenzte Klimafunktionen“). Für die verschiedenen flächigen Klimatope im Siedlungsbereich sind teilweise Veränderungen festzustellen, für die Klimatope im Außenbereich liegen allgemein eher keine grundsätzlichen Veränderungen vor. Bei den Funktionen „Gehölzbestand im Freiraum“ liegt eine tendenzielle, wenn auch nicht starke Zunahme des Bestands vor, verbunden mit wahrscheinlich entsprechender, wenn auch nicht starker Abnahme der Intensität von Belüftungsfunktionen. Im Bereich „Lufthygiene“ liegen einige Veränderungen vor, die sich im Rahmen dieser Studie nicht näher erfassen lassen.

Neben Veränderungen des Sachstands ist im Fall der nächtlichen Belüftungsfunktionen eine eingetretene Veränderung des allgemeinen Kenntnisstands von Bedeutung. Zwischenzeitlich haben sich Hinweise darauf ergeben, dass nächtliche Kaltluftströme - im Aachener Kessel wie wohl auch an anderen Orten – nicht nur aus den Einzugsgebieten selbst gespeist werden, sondern dass es zu erheblichen Überströmungen aus anderen Tälern kommt (Sachsen et al., in prep.). Dieser Zusammenhang ist noch nicht abschließend geklärt; nachgewiesen ist aber eine kleinräumige Überströmung vom Dorbachtal in Richtung Westpark, wahrscheinlich ist eine großräumige Überströmung vom Indetal in das Haarbachtal und möglich eine weitere vom Indetal ins Beverbachtal.

Eine Analyse der Verkehrsentwicklung wurde für diese Studie nicht vorgenommen, es wird aber von teilweisen Sachstandsänderungen im Sinne von örtlichen Zunahmen verkehrsbedingter Emissionen ausgegangen. Für die Kuregebiete ist eine teilweise Verschlechterung der Immissionssituation gegeben.

### **Zu Kap. 3. Klimawandel und Stadtentwicklung in Aachen bis 2030**

Die allgemeine Temperaturentwicklung (Jahresmitteltemperatur) in Aachen für die Zeitspanne der instrumentellen Beobachtungen bis 2010 ergibt sich aus Ketzler, G. (2010) mit Ergänzungen nach 2009. Die Informationen zu derzeitigen Modellvorhersagen für den Raum Aachen stammen aus einer aktuellen Studie auf Basis der IPCC-Daten des Forth Assessment Report, Szenario A1B (Buttstädt et al., in prep.); sie entsprechen etwa dem derzeit allgemein angenommen Erwärmungstrend für Gesamt-NRW nach Ministerium für Umwelt (2009): Anpassung an den Klimawandel. Erste Daten aus dem aktuellen IPCC-Bericht (IPCC, 2013) sind zwar erst kurz vor Redaktionsschluss publiziert worden, so dass sie nicht im Detail in diesem Bereich eingearbeitet werden konnten. Die relevanten Eckpunkte weichen aber von den Annahmen dieser Studie nicht ab, so dass eine Überarbeitung nicht erforderlich ist; sie werden unten aber nachrichtlich genannt (siehe Bericht: Abbildung „Langfristige Temperaturentwicklung in Aachen“).

Dieser allgemeine numerische Erwärmungstrend kann derzeit noch nicht in ein konsistentes Gesamtbild eines zukünftig für Aachen zu erwartenden Klimas umgesetzt werden, nicht zuletzt deshalb, weil keine seriösen Prognosen für die anderen Klimaelemente vorliegen (Bewölkung, Sonnenschein, Wind usw.). Eine allgemeine Erwärmung kann sich sehr unterschiedlich auf die Jahreszeiten verteilen und in sehr unterschiedlichen Witterungsverläufen äußern. Wie die letzten Jahre gezeigt haben, können im Mittel relativ hohe Temperaturen durchaus mit langen Phasen von als feucht-kalt empfundener Witterung oder sogar schneereichen Wintern einhergehen. Im ozeanisch beeinflussten Europa kann eine höhere Temperatur durchaus sowohl mit einer Zunahme als auch einer Abnahme der Häufigkeit maritim beeinflusster Wetterlagen verbunden sein (siehe Temperaturtabelle).

Die Verbindung von hohen Jahresmitteltemperaturen und oft eher kühl empfundener Witterung ergibt sich aus der seit den 1990er Jahren zunehmenden Anzahl von Ereignissen mit sommerlicher Hitzebelastung (Buttstädt et al., 2010; siehe Abbildung „Entwicklung der Zahl von Ereignissen mit sommerlicher Hitzebelastung in Aachen“). Während der Witterungsverlauf im Jahr über lange Zeiträume durch mäßige Temperaturen geprägt ist, wirken sich einzelne Perioden mit extrem hohen Temperaturen im Mittel mit einer Zunahme der Temperatur aus. Dies entspricht einem Witterungstyp mit häufig maritim geprägtem Klima (und möglicherweise häufigeren, wenn auch in der Summe nicht mehr Niederschlägen) und zunehmend extremen Ereignissen mit sommerlicher Zufuhr heißer, tropischer Luftmassen (und einzelnen, aber statistisch häufigeren Starkniederschlagsereignissen). Beispiele für mehr oder weniger maritim geprägte Standorte mit einem Temperaturniveau, das den Klimaszenarien für Aachen entspricht, sowie weitere beispielhafte Eckdaten zum Klimawandel sind dem Bericht, Abbildung „Gemessene u. prognostizierte Jahresmitteltemperaturen (TT(a)) für Aachen und gemessene Temperaturen für unterschiedlich

stark ozeanisch geprägte Vergleichsorte“ zu entnehmen (Datenquellen: WMO, 1998; DMI, 2013).

Vermutlich wird sich unser Klima insgesamt weiter in diese Richtung verändern. Dabei sind zunehmende Extremereignisse aus verschiedenen Gründen problematischer als ein gleichmäßiger „statistischer“ Klimatrend. Es ist wahrscheinlich, dass mit einem sich zunehmend verändernden Klima Hitzewellen in der Zukunft häufiger, intensiver, länger und mit größerer räumlicher Ausdehnung auftreten werden (Robinson 2001). Dies wird voraussichtlich in besonderem Maße Auswirkungen auf die großen Städte haben, weil bereits bestehende Wärmeineffekte durch Hitzewellen weiter verstärkt werden (Früh et al. 2010). Die hier durchgeführte Auswertung betrachtet die räumliche Temperaturverteilung bei einem durchschnittlichen Hitzeereignis relativ zur Temperatur an der Station Aachen-Hörn, von der eine langjährige Messreihe vorliegt, sowie die Veränderungen bedingt durch den Klimawandel und zusätzlich durch bauliche Veränderungen.

Extreme thermische Bedingungen haben großen Einfluss auf das menschliche Wohlbefinden und die Gesundheit. Mit zunehmender Hitzebelastung wird das Herz-Kreislauf-System vermehrt gefordert. Dabei können hitzebedingte Beschwerden, wie Defizite von extrazellulärer Flüssigkeit und Kochsalz, sowie eine Störung der Thermoregulation zu Hitzeerschöpfung, Hitzeschlag bis hin zu Hitzekrämpfen führen. Erhebliche Einstrahlung von Sonnenstrahlen kann zudem einen Sonnenstich zur Folge haben (Koppe 2005). Besonders gefährdet sind überwiegend Personen mit Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen, ältere Menschen auf Grund ihrer eingeschränkten Anpassungskapazität (Jendritzky et al. 1998), sowie Kleinkinder mit ihrer noch instabilen Thermoregulation (Kaminski et al. 2012). Wie der Sommer 2003 gezeigt hat, können die Auswirkungen extremer sommerlicher Hitzeperioden immens sein (allein 14.802 zusätzliche Todesfälle während der Hitzewelle in Frankreich; EEA (2005), nach der gleichen Quellen waren auch die wirtschaftlichen Schäden erheblich. Nach Schätzungen des Earth Policy Institutes in Washington (Larsen 2006) sind 2003 bis zu 52.000 Menschen in Folge von Hitzebelastung gestorben.

Neben dem Extremereignis 2003 geben auch epidemiologische Untersuchungen langfristig aufgezeichneter Daten eine enge Korrelation zwischen Mortalitätsrate und Temperatur im Hochsommer. Dies bestätigten Analysen von täglichen Mortalitätsdaten über 30 Jahre (1968-1997) aus Baden Württemberg über den Einfluss thermischer Bedingungen. So kam es dort an Tagen mit mäßiger oder starker Wärmebelastung zu einem signifikanten Anstieg der Mortalitätsrate. Im Hitzesommer 1987 wurde dabei an einzelnen Tagen ein Anstieg der Mortalitätsrate auf 24,6% beobachtet (Leschewski & Jendritzky, 2002).

Speziell stehen extrem hohe nächtliche Temperaturen im Verdacht bei Hitzewellen eine Zunahme von Erkrankungen und erhöhte Sterblichkeit insbesondere bei älteren Menschen zu verursachen, was auf Veränderungen im Thermoregulationssystem zurückgeht (Kalkstein 1993; Abenhaim 2005). Eine reduzierte nächtliche Abkühlung der Außenluft wird auch das Innenraumklima beeinflussen; dabei überlagern sich Effekte aus reduzierter nächtlicher Abkühlung der Außenluft und Wärmespeicherung der Gebäude vom Tage und verstärken so den Effekt. Obwohl keine genauen zahlenmäßigen Zusammenhänge angebar sind, muss davon ausgegangen werden, dass schon eine geringe Reduktion der nächtlichen Abkühlung unter den in den Modellläufen betrach-

teten durchschnittlichen Verhältnissen während extremer Hitzeperioden deutlich verstärkt und dann auch gesundheitlich relevant wird.

Die in städtischen Wärmeinseln auftretenden extremen Temperaturen sind zudem auch Grundlage für sekundäre chemische Reaktionen in der Atmosphäre. Dies lässt wiederum die Konzentration einiger Luftschadstoffe ansteigen, was ebenfalls Gesundheitsrisiken für den Menschen zur Folge hat (Kaminski 2012).

Der Einfluss des Klimawandels auf die Aerosolkonzentration ist gegenwärtig nicht sicher zu beurteilen. Wichtige Einflussgrößen auf die Konzentration der Partikel, wie die Niederschlagshäufigkeit und die Mischungsschichthöhe sind bzgl. ihrer Projektionen noch äußerst unsicher. Modellstudien prognostizieren jedoch, dass die globale Klimaveränderung die PM (Particulate Matter)-Konzentrationen in den zukünftigen Jahrzehnten in urbanen Räumen etwa um  $\pm 0,1$  bis  $1 \mu\text{g m}^{-3}$  verändern kann (Jakob/Winner 2009). In Europa wird allgemein als Folge technischer Verbesserungen seit längerem eine Reduktion erwartet (EEA 2005, 2010), ein klarer Trend hat sich aber seit 2007 nicht mehr gezeigt (<http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/datenkarten/entwicklung-der-luftqualitaet>; abgerufen am 17.10.2013). Eine aktuelle Studie der EEA zeigt für die Periode 2002–2011 keine signifikanten Trends bei den Hintergrundstationen im Bereich der Euregio (wie auch für andere Räume, die an Kernballungsräume angrenzen; EEA, 2013, Map 2.3). Die Feinstaub-Konzentrationen befinden sich langfristig auf einem Niveau, auf dem erhöhte Werte von PM10 und PM2,5 Krankheiten wie Lungenkrebs auslösen können und auch Einflüsse auf die Mortalitätsrate haben (Kaminski et al. 2012).

Hohe Temperaturen in der Stadt werden allgemein von hohen bodennahen Ozonkonzentrationen begleitet (sogenannter ‚Sommersmog‘), für Europa werden insgesamt steigende Ozonkonzentrationen erwartet (EEA 2005, 2010). Besonders als Schlüsselsubstanz im sogenannten Sommersmog, kann es in höheren Konzentrationen eine schädliche Wirkung haben. Neben Ozon haben auch weitere Photooxidantien, die als Nebenprodukt der atmosphärischen Ozonbildung entstehen, gesundheitliche Auswirkungen. Neben Reizwirkungen auf Augen und Schleimhäute, können auch Schädigungen der Zellmembranen in der Lunge auftreten (ebd.). Ebenfalls wird in der Literatur eine allergiefördernde Wirkung von Ozon beschrieben (Khatri et al. 2009; D’Amato et al. 2010). Eine genauere Vorortung hoher Ozon-Konzentrationen im städtischen Raum ist wegen der komplizierten photochemischen Reaktionen und des differenzierten Abbauverhaltens bei Anwesenheit hoher NO<sub>x</sub>-Konzentrationen im städtischen Raum schon für die gegenwärtige Situation kaum möglich und für ein Prognoseszenario nicht abbildbar. Daher wird auf eine Prognose verzichtet.

Insgesamt steigende Temperaturen werden neben sommerlicher Hitzebelastung auch zu höheren Temperaturen im Winter und damit u.a. einer Reduktion des Heizenergiebedarfs führen. Wie die Abbildung „Effekte einer Temperaturerhöhung mit Verschiebung der Häufigkeitsverteilung der Tagesmittel der Lufttemperatur in Aachen“ zeigt, sind solche Effekte allerdings relativ gering: Bei einer Temperaturerhöhung um im Mittel  $1^\circ\text{C}$  wird – unter der Voraussetzung einer parallel verschobenen Häufigkeitsverteilung – die Intensität der Heizperiode (Temperaturen  $< 15^\circ\text{C}$ ) um 5 % abnehmen, während die Zeit mit extrem hohen Temperaturen ( $> 30^\circ\text{C}$ ) um 55 % zunimmt. Zur jahreszeitlichen Verteilung siehe auch Abbildung „Klimadaten und Szenarien für Schutzgebiete“.



Die gravierenden Auswirkungen von Starkniederschlagsereignissen bei nicht ausreichend angepassten Gewässersystemen sind durch die Hochwasserereignisse der vergangenen Jahre deutlich geworden. Diesen großen Auswirkungen steht gegenüber, dass die Ereignisse zwar häufiger, durchaus aber nicht alljährlich überall auftreten. Daher können Schutzmaßnahmen nicht einfach spontan oder allein nach routinemäßigem Plan ergriffen werden, sondern müssen strukturell und langfristig angelegt sein.

Die baulichen Veränderungen bis 2030 werden auf Basis von Daten zu geplanten Erweiterungen und zu Veränderungen des Baubestands modelliert. Die Erweiterungen ergeben sich aus Angaben zu bereit gestellten Prüfflächen; die Veränderungen im Bestand aus der o.g. Grobkartierung baulicher Veränderungen in den vergangenen 20 Jahren, deren Ergebnis für 2030 hochgerechnet wird. In beiden Fällen werden Veränderungen der Grundflächenzahl (GRZ) ermittelt und mit diesen das Temperaturmodell neu berechnet (siehe Bericht: Abbildung Übersicht Prüfflächen).

## **Zu Kap. 4. Exposition**

### **Zu Kap. 4.1 Temperaturen**

Die gegenwärtige Situation (2010) wird durch eine geostatistische Modellierung auf Basis eines 1 ½ jährigen Messprogramms mit mobilen Sensoren auf ASEAG-Bussen abgebildet (Buttstädt et al., 2010a, und Buttstädt et al., 2014). Die entlang der Buslinien gewonnenen Messdaten werden dabei in Bezug auf landnutzungstypische Abweichungen analysiert und entsprechend der Landnutzung 2010 auf das Stadtgebiet übertragen. Es werden die berechneten Temperaturwerte für die Situation am Tag (zum Zeitpunkt des Tagesmaximums) und am Abend (zum Beginn der nächtlichen Abkühlung) verwendet.

Das Temperaturmodell basiert auf einer multiplen Regression ( $p < 0.05$ ) mit den stadtklimatisch relevanten Parametern Waldflächenanteil (Rasterpunkte im Radius 500 m; F), Grünflächenanteil (Rasterpunkte im Radius 500 m; G), Flächen mit Versiegelungsgrad  $>90\%$  (Rasterpunkte im Radius 250 m; S90), Meereshöhe (A). Die Regressionsgleichungen lauten:

nachmittags (Mittel 13h – 17h, Tageszeit des Temperaturmaximums)

$$T = 2.29393 - 4.3349e-5 * F_{500} - 8.0176e-5 * G_{500} + 4.18342e-4 * S90_{250} - 0.0123915 * A$$

abends (Mittel 20h – 24h)

$$T = 2.7625 - 1.17895e-4 * F_{500} - 0.00447877 * A + 3.67743e-4 * B_{500}$$

Die Belastungssituation 2010 ist einerseits geprägt durch die Wirkung der – gegenüber dem Stadtkern etwas nach Nordosten verschobenen - städtischen Wärmeinsel am Abend und einer am Tag wirksamen Nebenwärmeinsel im Bereich der im Nordosten liegenden Gewerbe- und Industriegebiete. Andererseits bestimmt die Lage zu den Hauptverkehrsachsen als Hauptemissionsquellen stark die Luftbelastung, wobei es im nordöstlichen Innenstadtbereich infolge der Bündelung von Verkehrswegen zu besonderen Problemen kommt.

Die klimawandel-bedingte Erwärmung 2030 gegenüber 2010 wird mit einem Wert von 0,5°C bzw. 0,6°C erwartet. Dieser Wert beruht auf den Ergebnissen einer Auswertung der Daten der Klimamodelle CLM, REMO, STARII und WETTREG für die Sommermonate Juni, Juli und August in Aachen auf Basis des A1B Szenarios (Buttstädt et al., in prep.). Nach den Ergebnissen der Ensemble-Auswertung wird die Mitteltemperatur von 16,6°C (1971-2000) auf 18,2°C (2031-2060) um 1,6°C und die mittlere Maximaltemperatur im gleichen Intervall von 21,2°C auf 23,1°C um 1,9°C zunehmen. Der Wert für die Mitteltemperatur 1971-2000 (16,6°C) stimmt gut mit dem an der Station Aachen-Wetterstation in dieser Periode tatsächlich gemessenen Wert (17,1°C) überein.

Aus der Zunahme der Mitteltemperaturen von 0,27°C pro Jahrzehnt ergibt sich für 2010 eine Sommer-Mitteltemperatur von 17,3°C (+0,7°C; gemessen: 17,5°C für den Zeitraum 2008-2012) und für 2030 von 17,8°C (+1,2°C); die Differenz 2030-2010 beträgt 0,5°C. Aus der Zunahme der Temperaturmaxima von 0,32°C pro Jahrzehnt ergibt sich für 2010 ein mittleres Maximum von 22,0°C (+0,8°C) und für 2030 von 22,6°C (+1,4°C); die Differenz 2030-2010 beträgt 0,6°C. Ersteres ist der auf die Abendtemperaturen anzuwendende Wert (die normalerweise nahe dem Temperaturmittel liegen), letzteres auf die mittäglichen Tagestemperaturen.

Nachtrag nach Redaktionsschluss: Ganz aktuelle Projektionen auf Basis des soeben erschienenen IPCC-Berichts (IPCC, 2013) ergeben für Aachen für die Sommer-Mitteltemperatur eine Zunahme von 17,3°C auf 17,8°C und für das mittlere Sommermaximum eine Zunahme von 22,2°C auf 22,8°C (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, 2013; RCP8.5-Szenario, das bis 2030 ungefähr dem bisherigen A1B-Szenario entspricht). Daraus ergeben sich Differenzen von 0,5°C beim Mittel und 0,6°C beim Maximum, d.h. die Temperaturbasis weicht etwas von den Annahmen dieser Studie ab, die aus dieser Projektion abgeleiteten Veränderungen sind aber gegenüber der in dieser Studie verwendeten unverändert.

Die Wirkung der baulichen Veränderungen wird durch das gleiche geostatistische Modell wie oben berechnet, wobei die erwarteten Landnutzungsänderungen durch Veränderungen der Werte in den multiplen Regressionsgeraden berücksichtigt werden. Im Ergebnis führt dies zu einer modellierten Zunahme der Temperatur, die in einigen Bereichen bis ca. 0,3°C am Tag und abends beträgt, flächig aber meist unter 0,1°C bleibt. Die deutlicheren Zunahmen ergeben sich in den neu ausgewiesenen gewerblichen Flächen bzw. angrenzend sowie in größeren Erweiterungsflächen für Wohnungsbau (Brander Feld, Richtericher Dell). Dieser Wert wird für die Gesamtexposition zum Effekt der klimawandel-bedingten Veränderung hinzugerechnet. Für die Farben in den Kartendarstellungen werden die gleichen Schwellenwert wie für 2010 verwendet; entsprechend der sich ergebenden Erwärmungstendenz vergrößert sich die Fläche der gelb und rot dargestellten Bereiche gegenüber 2010.

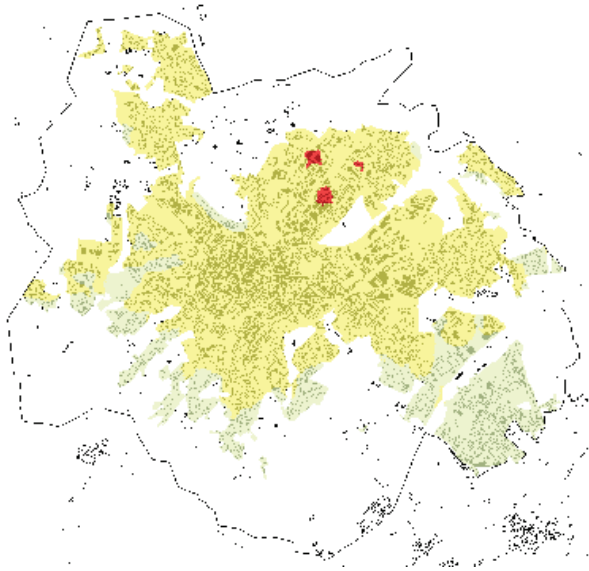
Die klimawandel-bedingte Erwärmung ist nicht nur betragsmäßig höher als der Effekt der baulichen Veränderung, er ist vor allem flächig wirksam, während die baubedingten Effekte vorwiegend die Gebiete erheblicher zusätzlicher Bebauung betreffen. Eine konkrete Prognose zur Luftqualität 2030 erscheint nicht sinnvoll, da zwar allgemein abnehmende Emissionen erwartet werden (EEA, 2005, 2010), allerdings deuten die Windprognosen eher auf eine Zunahme von Extremereignissen, was durchaus mit einer Abnahme mittlerer Geschwindigkeiten und einer Zunahme von Schadstoffkonzentrationen verbunden sein kann. Es liegen auch keine konkreten

räumlich verortbaren Emissionsprognosen vor. Daher werden die Verhältnisse im Jahr 2010 auch für 2030 angenommen.

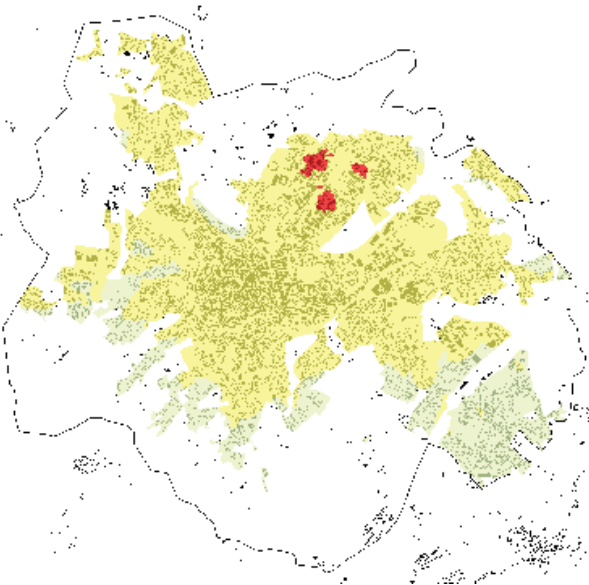
Die Gesamtexposition 2030 ergibt sich aus einer Überlagerung der thermischen Belastung 2030 (mittags bzw. abends) und der verkehrsbedingten PM10-Immissionen.

Die kartografische Darstellung der Ergebnisse (siehe unten bzw. Abbildung „Thermische Belastung mittags“ und „Thermische Belastung abends“) basiert auf einer dreigeteilten Farbskala (rot: thermisch stark exponiert, gelb: thermisch mäßig exponiert, grün: thermisch wenig exponiert). Die Skala bezieht sich auf die Ergebnisse der Modellberechnungen für das Jahr 2010 und repräsentiert die räumliche Temperaturverteilung während einer sommerlichen Hitzewetterlage. Die drei Klassen werden gebildet aus dem Mittelwert und der Standardabweichung aller Rasterpunkte im baulichen Innenbereich (hier auch ausschließlich dargestellt; rot: Temperatur > Mittelwert plus Temperatur; grün: Temperatur < Mittelwert minus Standardabweichung). Die Schwellenwerte werden getrennt für die Situation mittags und abends berechnet aber sowohl für 2010 als auch für 2030 angewendet.

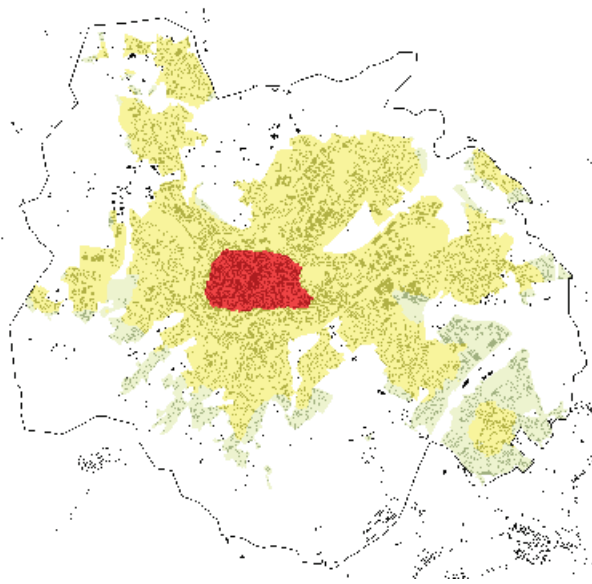
In diesem Anhang sind als Zusatzinformation die als nur durch bauliche Veränderungen verursacht angenommenen Belastungsänderungen und zwar zur besseren Erkennbarkeit nur für den baulichen Innenbereich dargestellt. Flächig sind die Wirkungen der Nachverdichtung gering. Im Umfeld von Gebieten mit stärkerer Nachverdichtung bzw. von Neuerschließungen am Siedlungsrand gibt es aber doch Verschiebungen von „thermisch wenig exponiert“ zu „thermisch mäßig exponiert“. Dies betrifft Randbereiche von Brand, Forst und Eilendorf insbesondere abends.



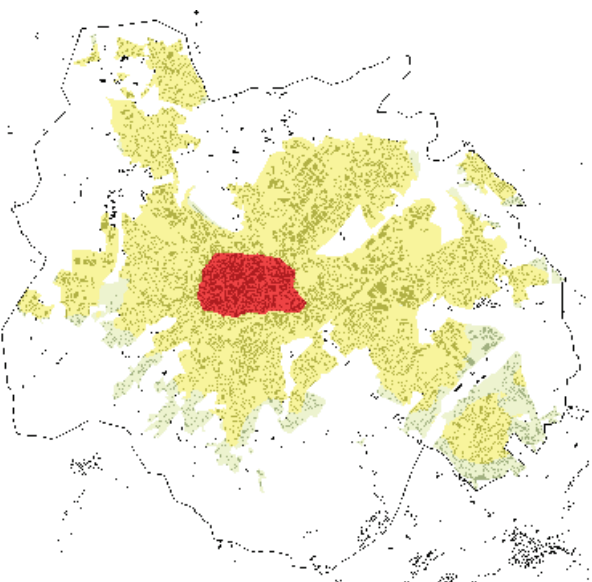
Thermische Belastung 2010 (mittags)



Thermische Belastung 2030 (mittags) - nur bauliche  
Veränderungen



Thermische Belastung 2010 (abends)



Thermische Belastung 2030 (abends) – nur bauliche Veränderungen

Für den Aachener Kessel liegt eine Modellierung nächtlicher Kaltluftströme mit dem Kaltluftabflussmodell KLAM\_21 des Deutschen Wetterdienstes vor. Nächtliche Kaltluftströme stellen bei austauscharmen Wetterlagen einen wichtigen Luftaustauschprozess dar und können bei sommerlichen Schönwetterlagen erhebliche Abkühlungsleistungen erbringen (zur gesundheitlichen Bedeutung: siehe Kapitel 3).

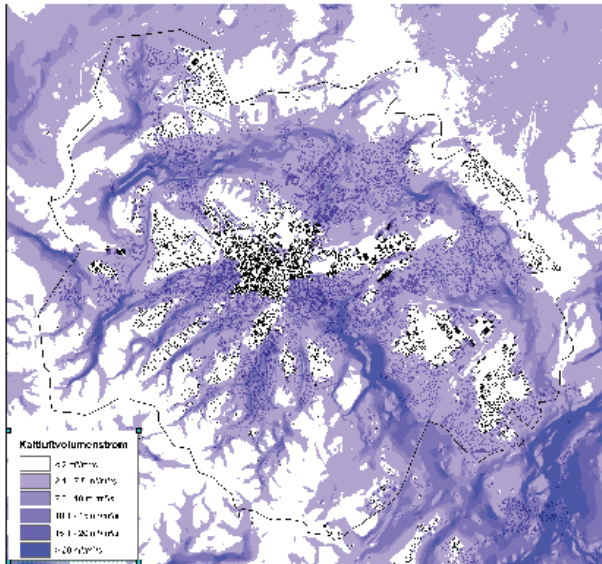
Der Modelllauf „2010“ basiert auf der näherungsweise aktuellen Landnutzungssituation im Stadtgebiet auf Basis der generalisierten ATKIS-Landnutzungsinformationen (Amtliches Topographisch Kartographisches Informationssystem; [http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk\\_internet/presse/publikationen/geobasis/faltblatt\\_geobasis\\_atkis.pdf](http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/presse/publikationen/geobasis/faltblatt_geobasis_atkis.pdf)).

Der Modellauf wurde mit den Standardeinstellungen für die KLAM\_21-Landnutzungsklassen, den Abkühlungsantrieb ( $-30 \text{ Wm}^{-2}$ ) und dem Offset für die abendliche städtische Überwärmung ( $0.5^\circ\text{C}$ ) betrieben (Sievers 2008) und repräsentiert typische Verhältnisse in Nächten 3 Stunden nach Sonnenuntergang bei windschwachen Strahlungswetterlagen, die im Raum Aachen an ca. einem Drittel aller Nächte auftreten. Die Ergebnisse der Modellrechnung für den Stand 2010 werden durch verschiedene Messergebnisse (Ballonsondierungen, Stationsdaten, mobile Messungen; siehe z.B. Sachsen et al, 2012; Sachsen, in prep.) sowohl in Bezug auf die Temperaturen als auch die Kaltluftvolumenströme in guter Näherung bestätigt. Als Ergebnisse werden dargestellt (siehe auch Abbildung „Veränderung der Belüftungsfunktion durch Kaltluftabflüsse im Aachener Kessel“ bzw. „Veränderung der nächtlichen Abkühlungsfunktion durch Kaltluftabflüsse im Aachener Kessel“):

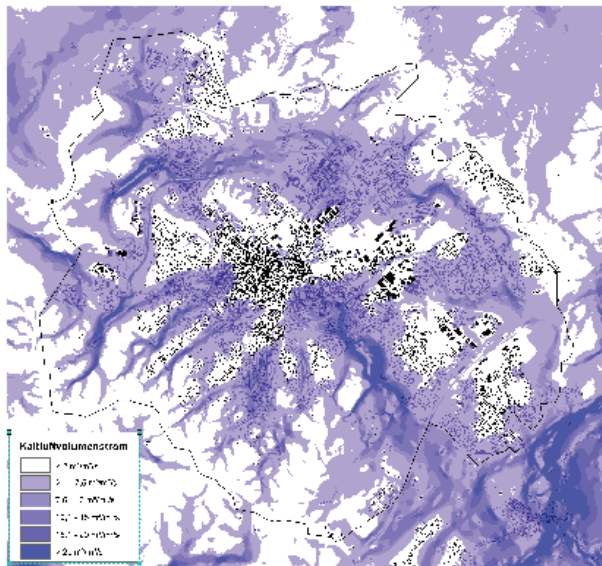
- die nächtliche Belüftungssituation,
- die nächtliche Abkühlung.

Die Auswirkungen zusätzlicher Bebauung auf nächtliche Kaltluftströme und die damit verbundenen Belüftungsfunktionen sowie die Nachttemperaturen an Strahlungswetterlagen werden durch einen weiteren Modelllauf ermittelt, bei dem für 2030 zusätzliche Bebauung (Wohnen, Gewerbe) im Umfang der Prüfflächen angenommen wird. Die flächigen Veränderungen der Bebauungsbestand bis 2030 werden dadurch erfasst, dass bei den Landnutzungstypen des Modells die Grundflächenzahl entsprechend der aus der Bebauungskartierung sich ergebenden mittleren Nachverdichtung für 2030 hochgerechnet wird. Dies erfolgt jeweils nur für die Landnutzungstypen insgesamt und berücksichtigt weder kleinräumige Variationen noch über die zusätzliche Bebauung hinausgehende Reduzierungen des Versiegelungsgrads. Die durchschnittlichen GRZ-Einstellungen des Modells für die Landnutzungstypen werden dementsprechend von 0.600 auf 0.642 („Siedlung (dicht)“), von 0.400 auf 0.435 („Siedlung (locker)“) und von 0.600 auf 0.667 („Industriegebiet“) geändert. Eine klimawandelbedingte Veränderung kann nicht ohne weiteres modelliert werden, da es keine belastbaren Prognosen für die Eingangsgrößen derartiger Modelle gibt (v.a. nächtliche Strahlungsbilanz). Es sind derzeit noch nicht einmal klare Tendenzen vorhersagbar; daher wird keine klimawandelbedingte Veränderung angenommen.

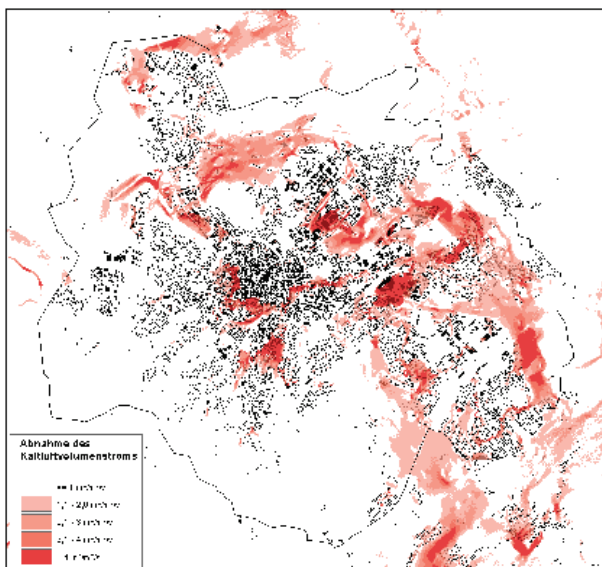
Die baulichen Veränderungen bis 2030 bewirken eine stellenweise deutlich reduzierte nächtliche Abkühlung. Aus der Darstellung der Veränderungen 2030 gegenüber 2010 geht hervor, dass die Abnahme nächtlicher Abkühlung mit Werten bis über  $1,0 \text{ }^\circ\text{C}$  vor allem am südlichen und westlichen Innenstadtrand sowie am Rand des Burtscheider Kernbereichs, stellenweise in den Ortsteilen Brand, Forst, Eilendorf, Haaren, Laurensberg und Richterich sowie im Bereich der Gewerbe- und Industriegebiete stattfinden wird.



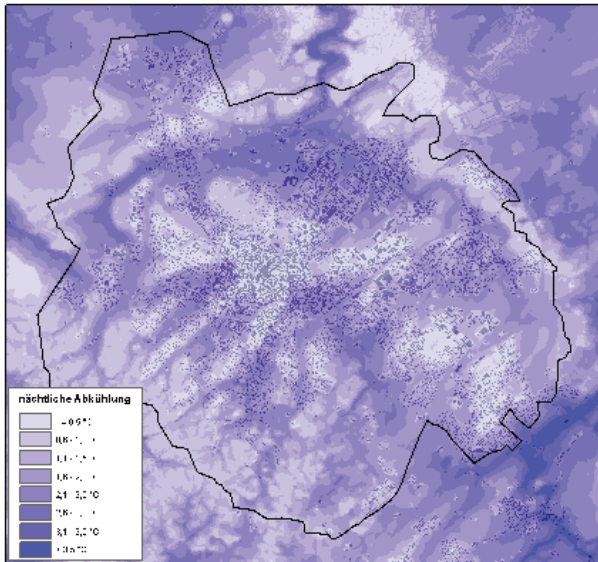
Kaltluftabflüsse im Aachener Kessel 2010:  
Kaltluftvolumenstrom.



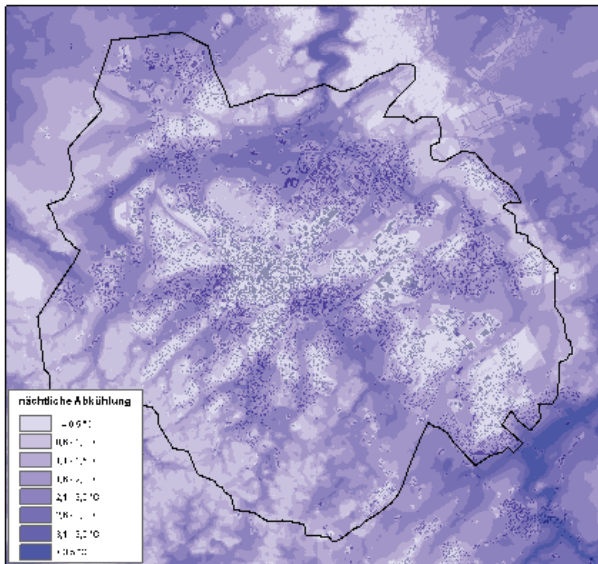
Kaltluftabflüsse im Aachener Kessel 2030:  
Kaltluftvolumenstrom; baubedingte Effekte.



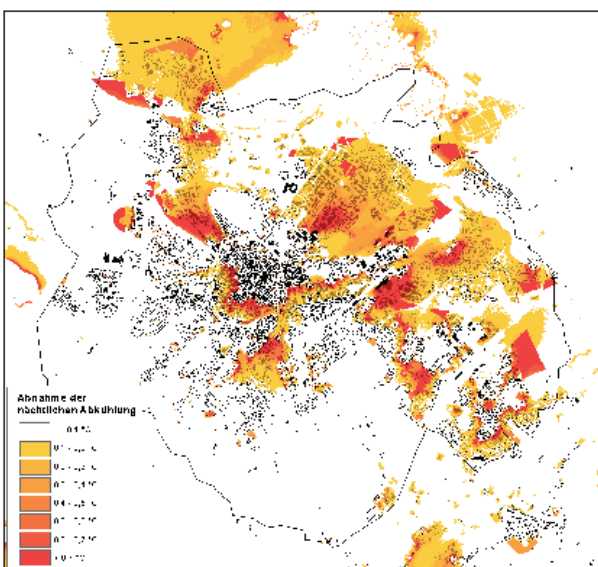
Veränderung der Kaltluftabflüsse; Veränderung  
des Kaltluftvolumenstroms



Nächtliche Abkühlungsfunktion 2010; 3h nach Sonnenuntergang.



Nächtliche Abkühlungsfunktion 2030; 3h nach Sonnenuntergang; baubedingte Effekte.



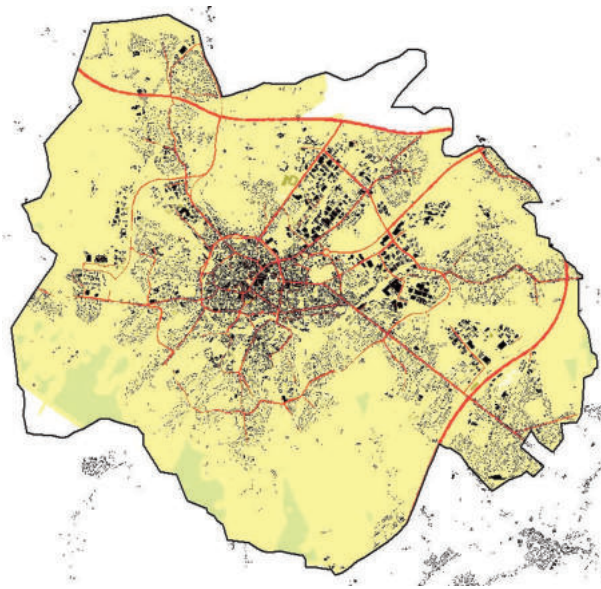
Veränderung der nächtlichen Abkühlungsfunktion.



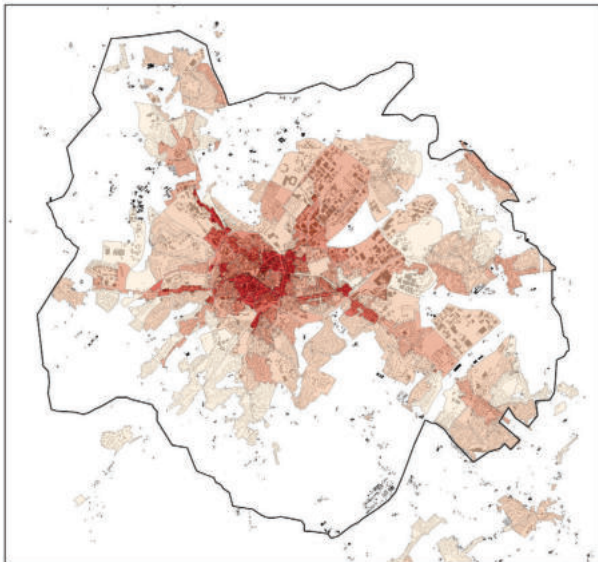
## Zu Kap. 4.2 Luftqualität

Die dargestellte Belastung durch Feinstaub (PM10) bezieht sich auf die verkehrsbedingten PM10-Immissionen nach einem geostatistischen Modell auf Basis von PM10-Messungen (Merbitz 2012). Staubemissionen aus industriellen Quellen werden nicht berücksichtigt, da überwiegend hoch emittiert und daher kleinräumig wenig variabel. Auch die allgemeine Hintergrundbelastung wird nicht betrachtet. Für eine räumliche Analyse von Stäuben aus dem Hausbrand lagen bei der gegebenen sehr hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität keine ausreichenden Daten für eine sinnvolle Bearbeitung in dieser Studie vor.

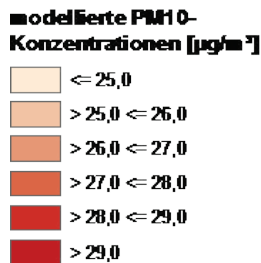
Aus den Modellergebnissen, die insbesondere die hoch belasteten Bereiche an den Hauptverkehrsstraßen erkennen lassen, wird für die spätere Auswertung die Belastung 2010 nach Stimmbezirken ermittelt. Für eine Prognose für 2030 fehlen konkrete Anhaltspunkte, daher wird in der Analyse die Situation 2010 fortgeschrieben (siehe auch Abbildung „Luftbelastung 2010 - Feinstaubkonzentrationen als PM10-Flächenmittel“).



Feinstaubkonzentrationen 2010 – Modellergebnisse für verkehrsbedingte Immissionen (rot: Modellwert höher, gelb: niedriger, als der Mittelwert plus Standardabweichung [ $28,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ])



Feinstaubkonzentrationen 2010 – Modellergebnisse auf Basis von Stimmbezirken



Die Überlagerung von thermischen und lufthygienischen Belastungen 2010 und 2030 ist in Abbildung „Mehrfach belastete Bereiche“ dargestellt.

### Zu Kap. 4.3 Niederschlag und Abfluss

Beim Niederschlag wird entsprechend der NRW-Anpassungsstrategie (Ministerium für Umwelt, 2009): Anpassung an den Klimawandel) davon ausgegangen, dass geringe Zunahmen im Jahresmittel auftreten und dass es aber zu zunehmender räumlicher und zeitlicher Differenzierung kommt. Die Jahresniederschlagssummen werden demnach im Raum Aachen, wie in den westlichen Tieflandsregionen in NRW allgemein, nahezu unverändert bleiben und in Richtung Eifel etwas zunehmen. Jahreszeitlich ist im Mittel im Sommer mit eher geringeren, im Winter mit höheren Niederschlagsmengen zu rechnen. Diese Aussagen gelten in gleicher Weise auf Basis des aktuellen IPCC-Berichts (IPCC,2013). Es gibt aber deutliche Hinweise, dass Extremniederschlagsereignisse jetzt schon zunehmen und in Zukunft verstärkt auftreten werden.

### Zu Kap. 5 Sensitivität

#### Bevölkerung

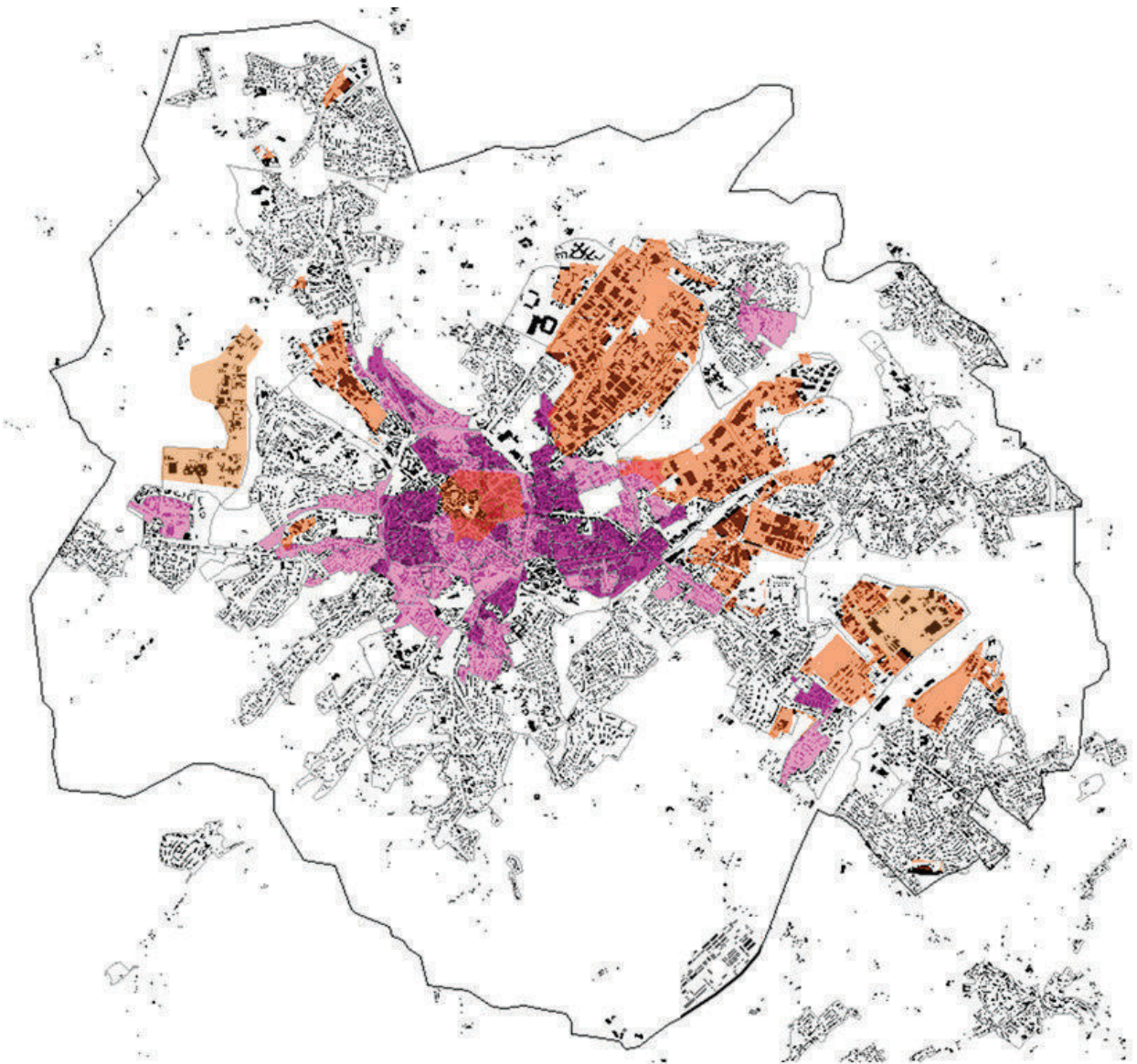
Die Bevölkerungsentwicklung wird auf Basis der statistischen Daten für 2010 und 2030 bezogen auf die statistischen Bezirke (Stimmbezirke) betrachtet. Für das Jahr 2010 wird von einer Gesamtbevölkerung von 246.866 ausgegangen, für 2030 von 239.263 (-3,1 %; Datenbasis: Statistik Stadt Aachen, FB 02/30 Statistik und Stadtforschung. Stand 2013). Daten für die Stadt- bzw.

Stimmbezirke liegen aus 2009 vor. Mangels räumlich genauer Prognosedaten kann die Prognose 2030 nicht nach Stadtbezirken bzw. Stimmbezirken aufgelöst werden.

Es liegen aus einer Studie im Rahmen des Projekts City2020+ (Siuda et al., 2010) Befragungsergebnisse zum Thema Gesundheit und Wärmebelastung in Aachen aus dem Jahr 2009 vor.

Zusätzlich zu den flächendeckenden Daten wurden Informationen zu Sozialeinrichtungen, speziell der Lage relativ zu Belastungsbereichen, verarbeitet. Für die Sozialeinrichtungen wurde die Wärmebelastung (mittags) aus dem Temperaturmodell entnommen und in Belastungsklassen erfasst. Hellblaue Ringe stellen Grundschulen dar, mittelblaue Kindertagesstätten, violette Senioreneinrichtungen. Rote Kreisfüllungen stellen dabei solche Einrichtungen dar, deren Umgebung in einem Bereich besonderer Wärmebelastung in einer Hitzeperiode liegt, d.h. die Temperatur überschreitet 2010 den Wert „Mittelwert plus Standardabweichung“ (für 2030 wird der gleiche Schwellenwert angesetzt). Plus- bzw. Minuszeichen repräsentieren Umgebungsbedingungen, die größere oder kleinere Variabilität aufweisen, d.h. in der Nahumgebung gibt es auch deutlich kühlere Orte bzw. kaum. Die Einzelergebnisse und die Überlagerungen verschiedener Sensitivitätskriterien sind in Detailkarten im Abschnitt „Sensitivität“ dargestellt.

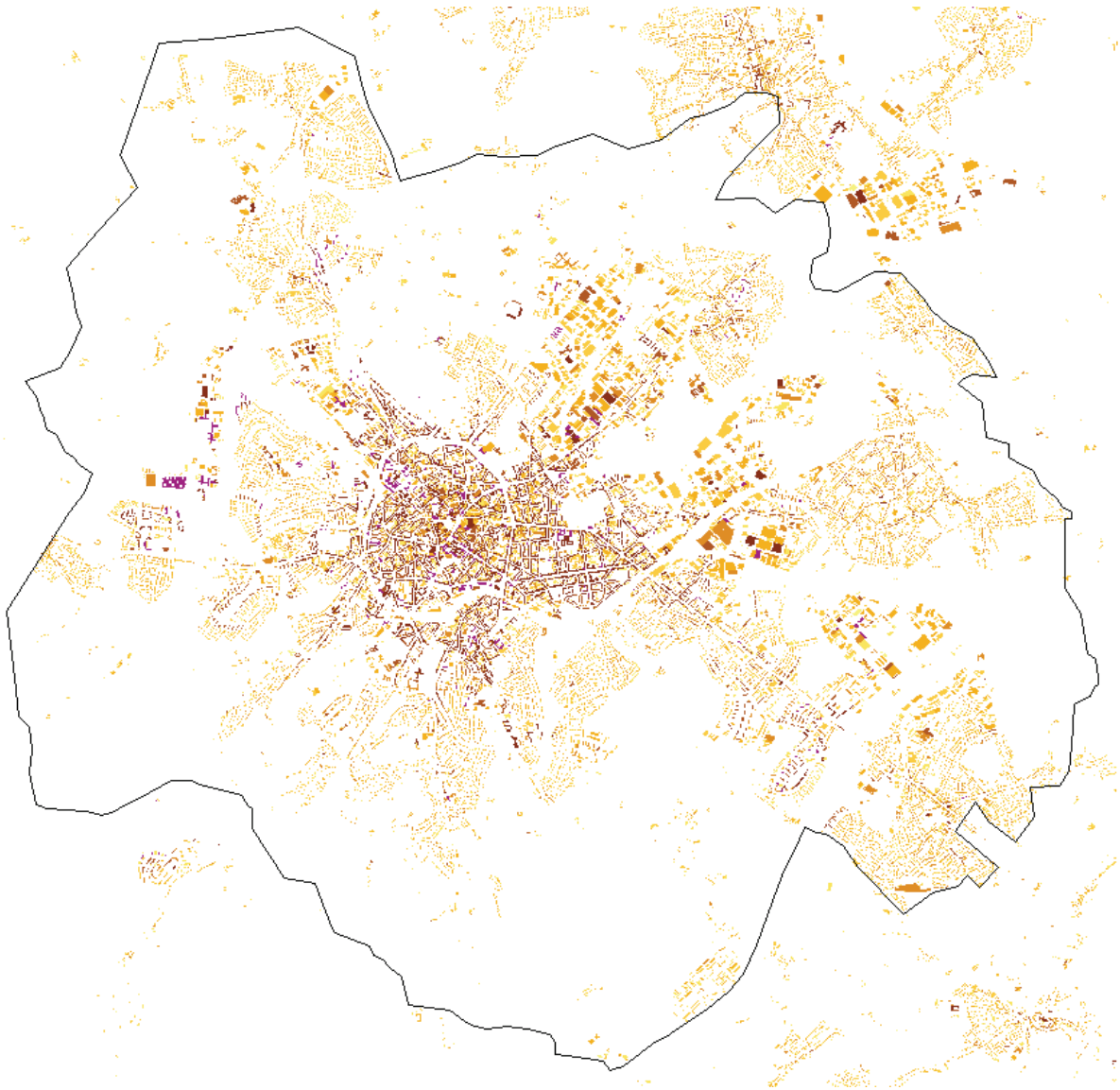
Nicht bearbeitet wurde der Zusammenhang, dass in Bezug auf die Sensitivität neben der statistischen Bevölkerungsdichte auch die tatsächliche räumliche Verortung der Bevölkerung eine große Rolle spielen kann. Hierzu standen keine Daten zur Verfügung. Als Beispiel wird unten die Bevölkerungsdichte in Zusammenhang mit der Lage von Gewerbe- und Sonderflächen dargestellt, wo sich tagsüber sehr viele Menschen aufhalten, ohne dass eine nennenswerte Bevölkerungszahl ausgewiesen ist.



Gebiete mit besonders hoher Bevölkerungsdichte (violett) und Gebiete mit derzeit oder ggf. zukünftig vielen Beschäftigten (Gewerbe- bzw. Sonderflächen; orange)

## Stadt- und Freiraumstruktur

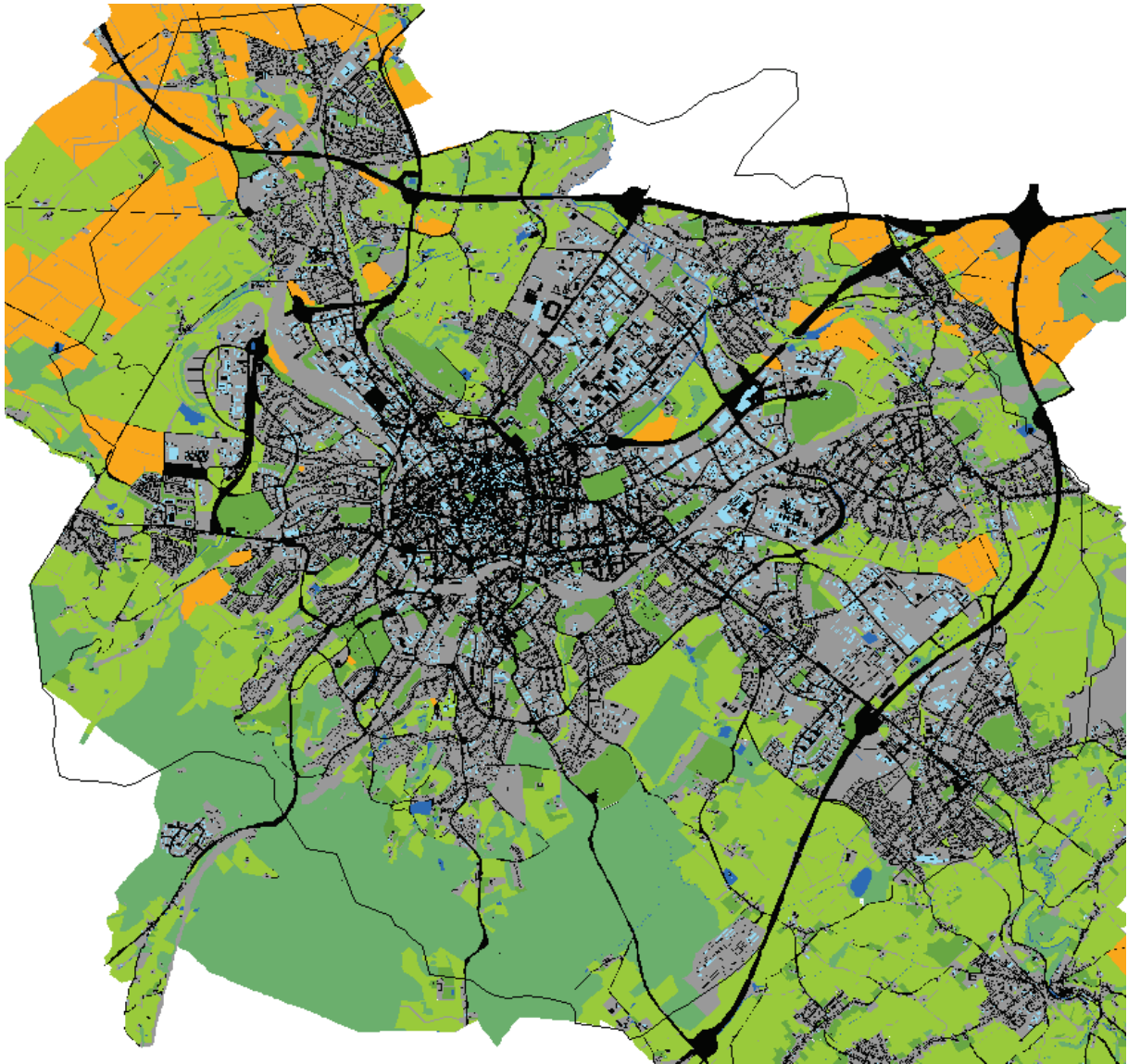
Die Stadt- und Freiraumstruktur wurde mit Hilfe von ALKIS- und ATKIS-Daten erfasst. Dabei wurden verschiedene Auswertungen durchgeführt, die im Folgenden dokumentiert sind. Detailabbildungen sind im Abschnitt "Stadt- und Freiraumstruktur" zu finden.



Höhenentwicklung der Bebauung (violett: Gebäude > 20 m)



Bauliche Dichte - Gebäudevolumen (in  $\text{m}^3 / \text{ha}$ ; schwarz  $> 80.000 \text{ m}^3 / \text{ha}$ )

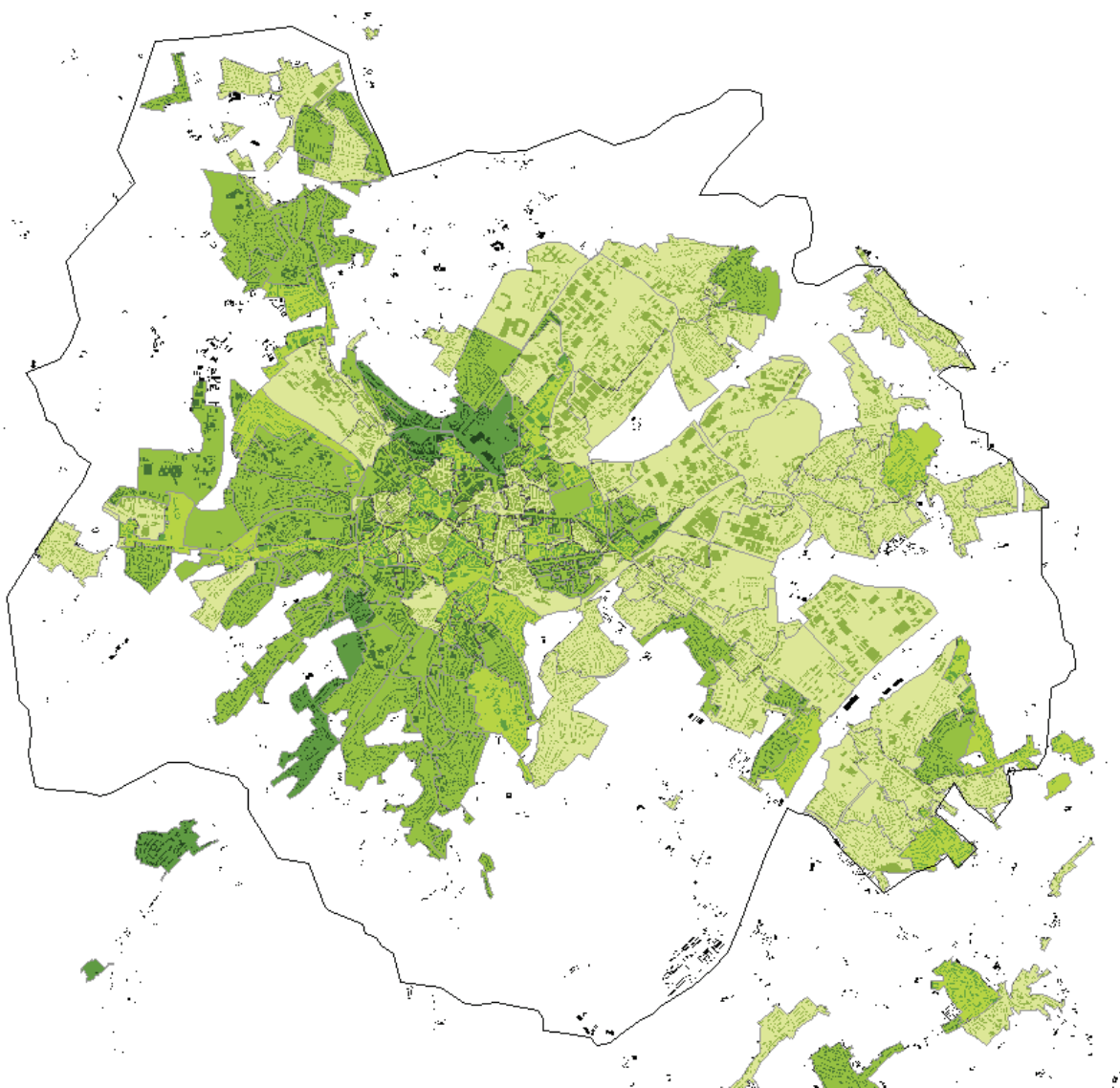


Grün- und Freiflächenstruktur auf Basis der ALKIS-Daten: Flächen, die aufgrund ihrer Zweckbestimmung offene Grün- oder Ackerflächen sind (hellgrün bzw. ocker), Gewässer (blau), parkähnliche Flächen (mittelgrün), voll versiegelte Flächen und Gebäude (schwarz); Flächen mit Begrünungspotential: ebenerdige Flächen, die nicht notwendigerweise versiegelt sein müssen (grau), und Flächen mit Dachbegrünungspotential (Flachdächer mit Eignung für Solarthermie lt. Solarkataster; hellblau).

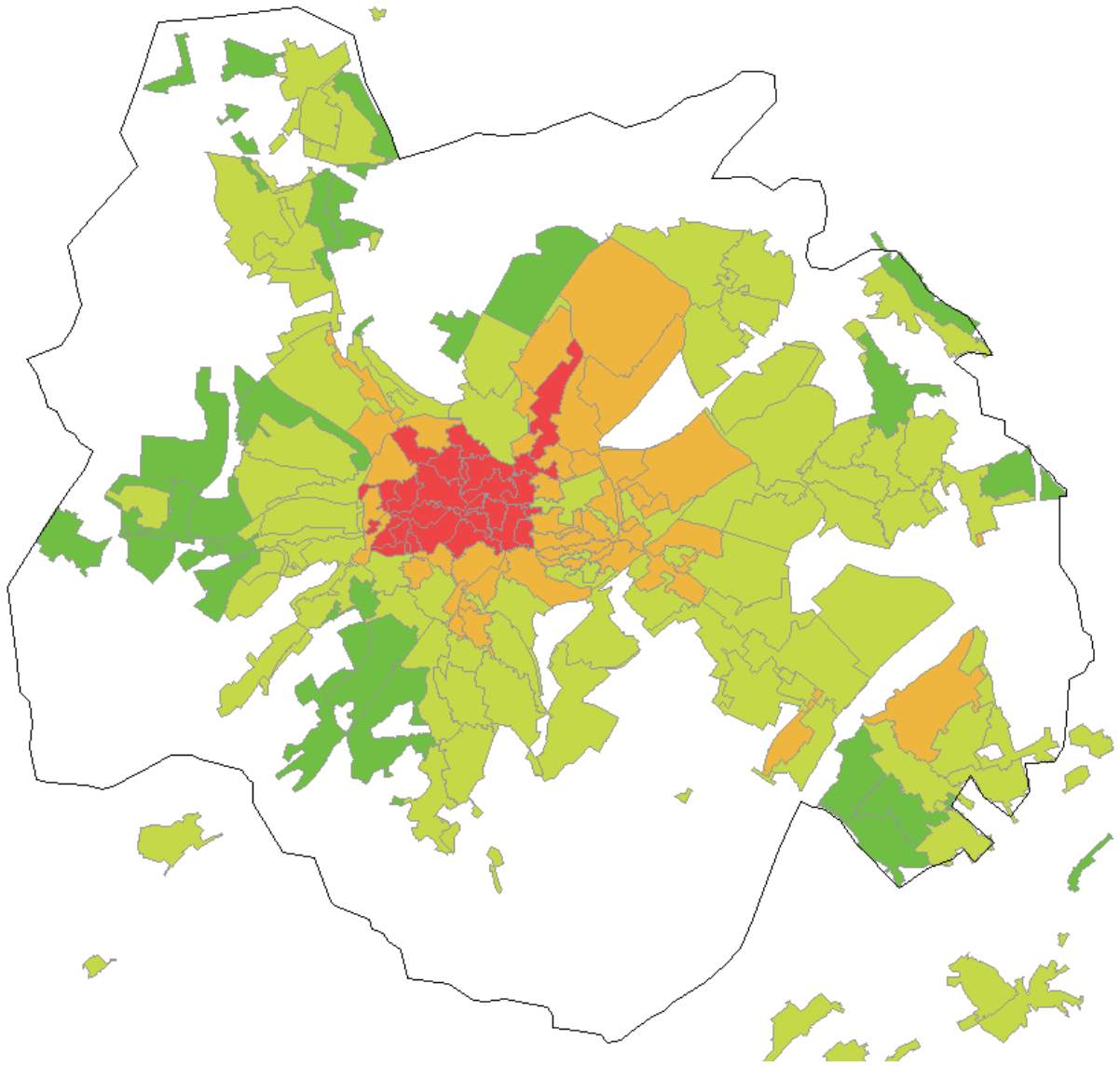


Vegetationsstruktur: reale Vegetation nach Bestandshöhen aus Radarbefliegung in drei Höhenklassen (Stand 1998): 5-10m, 10-15m, über 15m.





Grünvolumen (aus Vegetationsmodell)

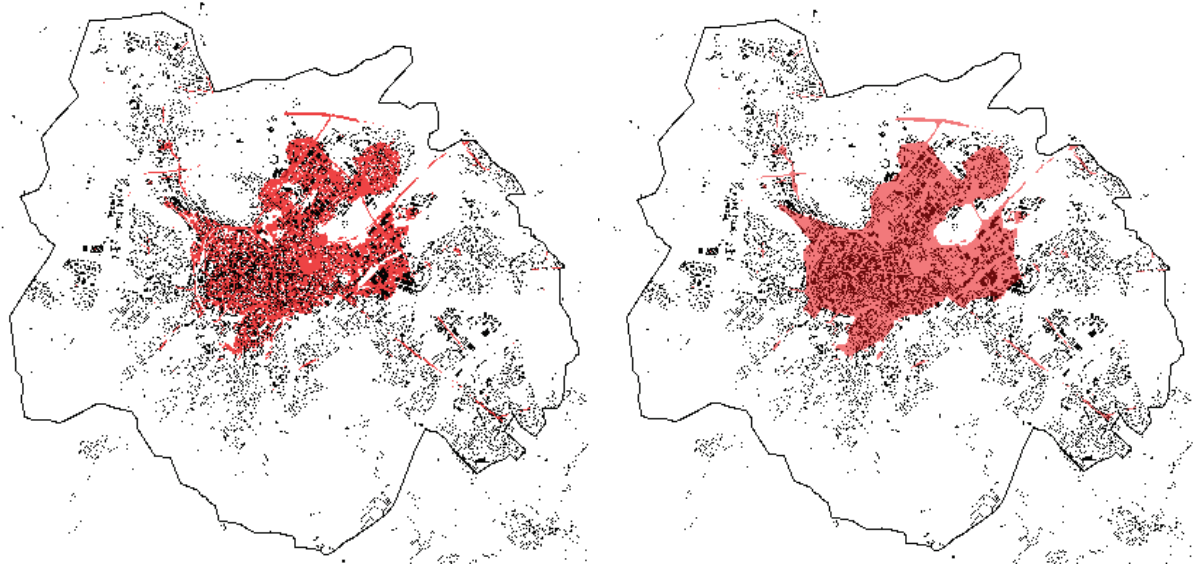


Versiegelungsgrad aus Bestandsdaten: Versiegelung in den Stimmbezirken in vier Klassen (Stand 1998): < 25 %, 25 – 50 %, 50 – 75 %, > 75 %.

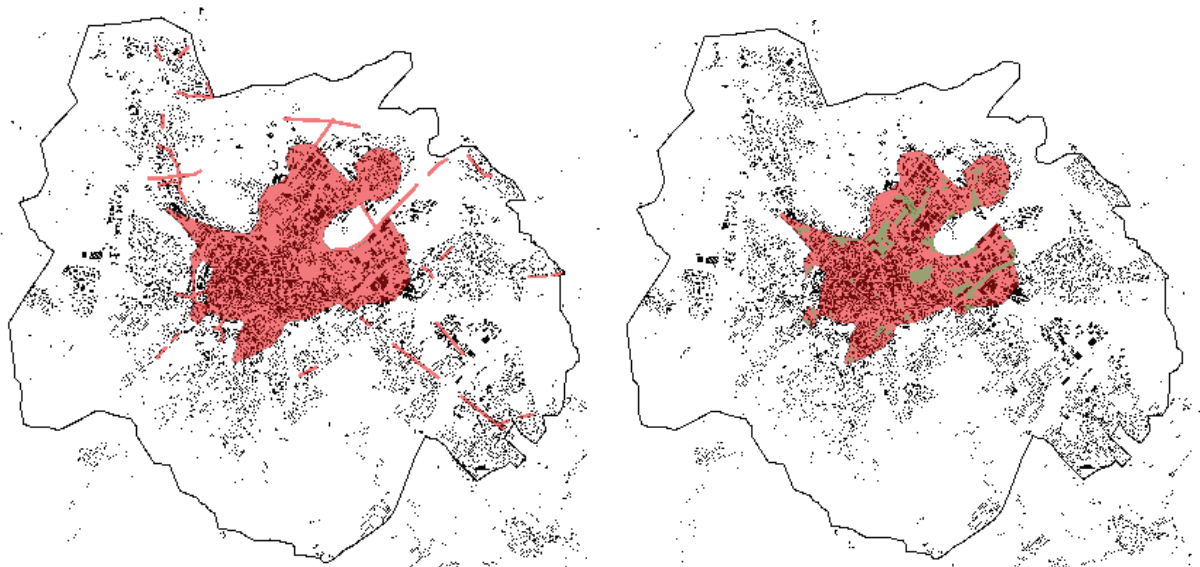
## Zu Kap. 6. Belastungsschwerpunkte

Die rasterpunkt-basierten Expositionsdaten (Parameter: Temperaturen mittags und abends, nächtliche Abkühlung, Feinstaubkonzentrationen; siehe Kapitel 4) wurden auf Basis der Mittelwerte bezogen auf den baulichen Innenbereich und die o.g. Klassifikation (stark exponiert, mäßig exponiert, wenig exponiert; „Mittel aller Rasterpunkte plus Standardabweichung aller Rasterpunkte“ bzw. „Mittel aller Rasterpunkte minus Standardabweichung aller Rasterpunkte“) überlagert. Dabei werden Rasterpunkte mit starker Exposition bei mindestens 2 der 4 Parameter als stark belastet definiert.

Zur Abgrenzung von Arealen belasteter Gebiete aus den diskreten Rasterpunkten wird ein zweiseitiges automatisiertes Generalisierungsverfahren verwendet. Einerseits werden Einzelpunkte, die sich bei weniger als 2 Parametern als stark belastet erweisen, dann als zum belasteten Gebiet gehörig definiert, wenn sie innerhalb eines geschlossenen oder nahezu geschlossenen belasteten Gebiets mit einem Abstand von  $< 100$  m zum belasteten Gebiet liegen. Dies betrifft überwiegend Gebäudegrundrisse, für die teilweise modellbedingt keine Ergebnisse errechnet werden und die somit als „nicht belastet“ gelten, obwohl dies klimatologisch nicht sinnvoll ist, sowie kleinräumige Entlastungsbereiche (s.u.). Andererseits werden Straßenabschnitte, die als lineare Strukturen aus der Überlagerung eines thermischen mit dem Luftqualitäts-Parameter hervorgehen, getrennt weiter verarbeitet. Beide Generalisierungsverfahren werden anschließend noch manuell überarbeitet.



Rasterpunkte mit starker Exposition (mindestens 2 der 4 Parameter „stark belastet“) und belastete Gebiete (erster Generalisierungsschritt).



Belastete Gebiete (zweiter Generalisierungsschritt) und flächige belastete Gebiete einschließlich eingelagerter Entlastungsgebiete (festgesetzte Grünflächen und Gebiete reduzierter Belastung innerhalb des belasteten Gebiets).

Zusätzlich wurden Daten zur Bevölkerung - wie die Expositionsdaten, allerdings auf Basis der statistischen Bezirke - durch statistische Auswertung so aufbereitet, dass drei Klassen gebildet werden (sehr empfindlich, mäßig empfindlich, wenig empfindlich). Die Ergebnisse für einzelne Sensitivitätskriterien können überlagert werden und ergeben Mehrfachsensitivitäten (siehe Abbildung „Mehrfachbelastung“ und „Gebiete mit mindestens einem der Sensitivitätsfaktoren und mindestens zwei der Expositions faktoren“ für 2010 und 2030).

Der räumliche Zusammenhang zwischen erwarteten Ursachen und Wirkungen von Beeinträchtigungen von Kaltluftströmen sind in Abbildung „Räumlicher Zusammenhang von prognostizierten Beeinträchtigungen von Kaltluftströmen und baulichen Veränderungen“ dargestellt.

## **Zu Kap. 8. Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen ('response')**

Die Anpassungsmaßnahmen setzen bei der gegebenen Zeitskala 2010 – 2030 an und beziehen sich auf Maßnahmen, die in diesem Zeitfenster planerisch umsetzbar sind. Unabhängig davon besteht die Aufgabe für die langfristigen und voraussichtlich deutlich stärkeren Klimaänderungen vorzuzusorgen; allerdings wird hierfür eine Konzeption erforderlich sein, die eine 20-jährige Planungsperiode deutlich überschreitet. Maßnahmen aus dem Bereich der Luftreinhalteplanung werden hier nicht behandelt.

Für das Szenario 2010 – 2030 kommen hauptsächlich drei klimatologisch relevante Aufgabenfelder in Betracht, die in der Flächennutzungsplanung umsetzbar sind: Zusätzliche Begrünungsmaßnahmen, zusätzliche Belüftungsmaßnahmen und Eingriffsvermeidung. Diese Aufgabenfelder sind allgemein wie folgt begründet.

Begrünungsmaßnahmen können durch Verdunstungseffekte große Wärmemengen kompensieren. Sie kommen insbesondere in Bereichen sehr hoher baulicher Dichte in Frage, wo eine allgemeine Reduzierung des Temperaturniveaus nur eingeschränkt möglich ist. Das Leitbild sind hier lokale ‚Klimaoasen‘, d.h. Orte sehr effektiver Temperaturreduzierung, die einen Schutzraum vor überhöhter Wärmebelastung darstellen. Dies kann vor allem für die Innenhöfe von Bereichen mit Blockrandbebauung sowohl besser erträgliche Außenraumbereiche generieren als auch eine intensivere nächtliche Abkühlung in den Häusern – zumindest von deren Rückseiten her – gewährleisten. Neben der gezielten Begrünung der Innenhöfe selbst können vor allem Fassaden aber teilweise auch Dachbegrünungen hilfreich sein. Entscheidend sind hier vor allem die Verdunstungsfähigkeit der Vegetation, d.h. die Art der Vegetation und vor allem die möglichst gute Wasserverfügbarkeit (siehe Bericht Abbildung: „Grünflächenpotenzial“).

Belüftungsmaßnahmen können durch Verbesserung der Ventilation die Wärmeabfuhr verbessern. Ein Entfernen von Gebäuden wird nur in Ausnahmefällen in Betracht kommen, so dass hier kein nennenswertes Potenzial gesehen wird. Die vorhandenen Grünstrukturen sind in größeren Gebieten nicht in Bezug auf die Belüftung hin optimiert, so dass hier bei gleichem Grünvolumen aber effektive Verbesserungsmöglichkeiten gesehen werden. Das Ziel von Maßnahmen zur Verbesserung der Belüftung durch Optimierung von Grünstrukturen ist die perspektivische Verlagerung von Grünvolumen aus belüftungsrelevanten in Bereiche ohne Belüftungsrelevanz. Beispielsweise ist eine Verringerung des Grünvolumens in Gebäudelücken innerhalb von Häuserzeilen hilfreich, während das Grünvolumen im Windschatten von Gebäuden für die Belüftung unerheblich sein kann. Auch kann die Effektivität von Kaltluftströmen gesteigert werden, wenn Grünvolumen aus dem Zentralbereich von Kaltluftbahnen in den Randbereich verlagert wird (siehe Bericht: Abbildung „Entwicklung und Wiederherstellung von Kaltluftbahnen“).

Eingriffsvermeidung verhindert Verschlechterungen der derzeitigen Situation. Sie ist insbesondere dort dringend zu empfehlen, wo wichtige Klimafunktionen durch neue Bauvorhaben beeinträchtigt werden. Dies ist grundsätzlich da zu vermuten, wo innerhalb von Bereichen mit hoher Exposition bzw. Sensitivität zusätzliche Wärmebelastung hervorgerufen werden kann bzw. wo Fernwirkungen entstehen können. In Bereichen mit Belüftungs- und Abkühlungseffekten durch Kaltluftströme können solche Fernwirkungen teils erhebliche Reichweite und Bedeutung haben insbesondere, wenn sich Effekte mehrerer Einzeleingriffe kumulieren. Es sind dann Überlagerungen möglich, die für die Nachstunden während Hitzewetterlagen mehr als eine Verdoppelung der klimawandelbedingten Erwärmungseffekte zur Folge haben können. Daher ist die Eingriffsvermeidung vor allem im Bereich von großräumigen Kaltluftbahnen („Grünfinger“) vorrangig; auch in Bereichen mit kleinräumigem Kaltluftabfluss innerhalb der Bebauung müssen insbesondere dann funktionale Beeinträchtigungen vermieden werden, wenn es Auswirkungen auf bereits vorbelastete bzw. sensible Bereiche zu erwarten sind.

Andere mögliche Maßnahmen, wie zum Beispiel die Verwendung hellerer Oberflächen zur Erhöhung des städtischen Rückstrahlvermögens, sind grundsätzlich zu empfehlen. Sie können aber nicht auf dem Wege der Flächennutzungsplanung geregelt werden und sind deshalb in dieser Studie nicht betrachtet worden. Es ist auch nicht zu erwarten, dass die Effekte solcher Maßnahmen die Wirkung der hier vorgestellten erreichen oder gar überschreiten.

## Hintergründe zu begrünungs- und vegetationsbezogenen Belüftungsmaßnahmen

Im Hinblick auf klimatische Veränderungen steht die Frage im Vordergrund, wie sich vorhandene städtische Strukturen optimal nutzen lassen, um aktuell ein hohes Maß an Lebensqualität in der Stadt zu gewährleisten und auch bei zukünftigen klimatischen Veränderungen möglichst geringe bioklimatische Belastungen bzw. einen möglichst hohen Aufenthaltskomfort zu ermöglichen. Eine zentrale Rolle dabei spielen – jenseits von technischen Möglichkeiten, die zudem vielfach verstärkende Rückkopplungseffekte auf die globale Erwärmung aufweisen – inner- und randstädtische Grünflächen. Diese haben großen Einfluss auf das städtische Klima und bieten zudem – im Gegensatz zum Baubestand – weitreichende Möglichkeiten adaptive Prozesse aktiv zu steuern. In Folge werden unterschiedliche Strukturen und Funktionen urbaner Grünflächen systematisch betrachtet.

### Nächtliche Aspekte städtischer Grünflächen

Aufgrund der Tallage Aachens spielen thermisch induzierte Windsysteme – wie Kaltluftabflüsse – während austauscharmer Strahlungswetterlagen eine wichtige Rolle bei der Versorgung der Innenstadt mit kühler und unbelasteter Luft. Randstädtische Grünflächen, wie beispielsweise Teile des Kannegießer- oder Johannisbachtals, fungieren einerseits als Luftleitbahn, über die die kalte Luft in Richtung Stadtzentrum strömt (Ketzler, 2002). Andererseits sind sie die Voraussetzung für die Entstehung von Kaltluft, die sich ausschließlich über unversiegelten Flächen bildet. Dabei zeigen sich die höchsten Produktionsraten und Abflussmengen an Kaltluft über Wiesenflächen ohne hoch aufwachsende Baum- oder Strauchvegetation, da diese in der Nacht stärker abkühlen und beim Abfluss weniger Fließwiderstand bieten (z.B. VDI 2003).

Jüngste Untersuchungen im Kannegießerbachtal zeigen Veränderungen der abfließenden Kaltluftvolumina durch die Änderung im Tal befindlicher Gehölzstrukturen. So konnten deutlich steigende Abflussmengen durch die Entnahme eines flächenmäßig keinen Baumbestandes in ungünstiger Lage erreicht werden (Sachsen, in prep.). Modellergebnisse bestätigen ergänzend eine starke Beeinflussung des Kaltluftabflusses durch hohe und dichte Vegetationsstrukturen und die gleichzeitige Möglichkeit, durch richtige Platzierung gleiche Vegetationsvolumina mit optimierten Kaltluftabflussmengen zu vereinbaren. Alleine unter dem Gesichtspunkt der städtischen Durchlüftung sind demnach in kaltluftrelevanten Bereichen randstädtische Grünflächen mit geringer Oberflächenrauigkeit für die Reduktion innerstädtischer thermischer und lufthygienischer Belastung empfehlenswert. Bei der Betrachtung lufthygienischer Eigenschaften zeigt sich dagegen ein erhöhtes Filterpotenzial im dichten Vegetationsbestand. Es empfiehlt sich ein differenzierter Umgang mit randstädtischen Grünflächen im Hinblick auf Kaltluftentstehung und Abfluss. Eine weitere Nachverdichtung zu Lasten der vorhandenen Grünflächen ist in jedem Fall zu vermeiden (Drautz 2011), da dies zu nachteiligen Auswirkungen auf die innerstädtischen Lufttemperatur und Luftqualität führen wird.

### Funktionen städtischer Grünflächen am Tag

#### Parks

Innerstädtische Grünflächen können positiven Einfluss auf die bebaute städtische Umgebung haben. Dabei ist die Skala der Effekte von der Größe der Grünfläche abhängig. Je nach umgebender Bebauung ist die Reichweite der klimatischen Auswirkungen begrenzt (Katzschner 2011). Das Innere und die Umgebung von Parks charakterisiert sich durch niedrigere Lufttemperaturen (Katzschner 2011), eine höhere relative Luftfeuchte und eine in der Regel bessere Luftqualität. Grund ist das Verdunstungs- und Filterpotenzial der Vegetation. Eine Vernetzung von Grünflächen – und idealerweise auch von Kaltluftproduktions- und abflussflächen - führt zu einer Verbesserung der klimatischen Effekte (Kuttler 2011a, 2011b). Schrumpfungsprozesse in Städten sollten in diesem Zusammenhang gezielt zum Rückbau versiegelter Flächen genutzt werden (Kuttler 2011). Im Hinblick auf die Zusammensetzung der Vegetation sind Arten zu bevorzugen, die keine oder nur in geringem Umfang sogenannte BVOCs emittieren (z.B. Simpson & McPherson 2011). BVOCs, die biogene Variante der Kohlenwasserstoffe, werden bei hohen Lufttemperaturen von Laub- und Nadelbäumen sowie Sträuchern emittiert (Kuttler 2011a) und sind nachteilig, da sie zur Bildung von Ozon beitragen.

### Fassaden- und Dachbegrünung

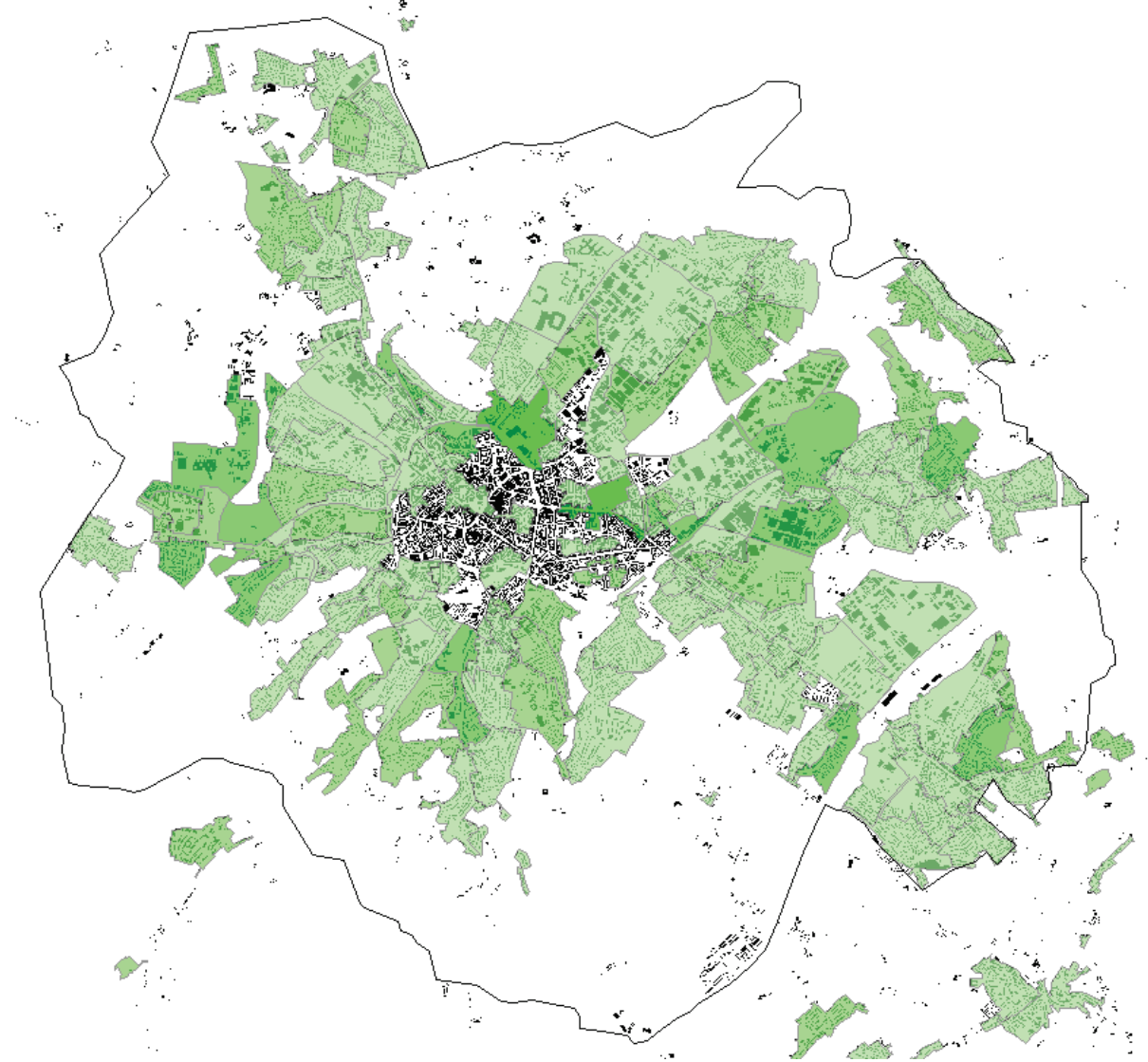
Die Fassaden- und Dachbegrünung tragen auf verschieden Weise zur Verbesserung des Mikroklimas in der Stadt bei und sind eine geeignete Maßnahme zur Minderung nachteiliger stadtklimatischer Effekte. Hinsichtlich der Oberflächen- und Lufttemperatur führt die Begrünung von Dach- und Wandflächen zu einer Verringerung der gemessenen Werte. Durch die vegetationsbedingte Verschattung sinken die Oberflächentemperaturen, was wiederum geringere Lufttemperaturen in der angrenzenden Luftschicht zur Folge hat. Zudem wird durch die Vegetation Wasser verdunstet, durch den Energiebedarf kühlt die Pflanzenoberfläche ab. Als Folge sinken die Lufttemperaturen im Pflanzenbestand (Oberndorfer 2007) und in dessen Umgebung. Fassaden- und Dachbegrünung führen neben der Verringerung der Lufttemperatur im Außenbereich in gleicher Weise zu einer Verbesserung des Innenraumklimas. So werden sommerliche Temperaturmaxima abgemildert, in der Heizperiode führt die im Vegetationsbestand vorhandene Luftschicht zu einer zusätzlichen Isolation des Gebäudes, was einen geringeren Energiebedarf zur Folge hat. Voraussetzung ist jeweils eine wirksame Wasserversorgung (die im Dachbereich oft mit statischen Problemen verbunden sein kann).

### Grün im Straßenraum

Straßenbegleitgrün – insbesondere in Form hoch aufwachsender Baume – führt zur Verschattung und in Folge zu einer Steigerung des Aufenthaltskomforts während strahlungsintensiver Witterung (Katzschner 2011). Die Verschattung am Tage führt zu einer geringeren Wärmespeicherung des städtischen Baumaterialien (Gebäude und Straßen) was sich mindernd auf die nächtliche Wärmeabgabe dieser auswirkt. Reduzierte Lufttemperaturen in Folge von Verschattung mindern zudem das Ozonbildungspotenzial, das durch KFZ Emissionen gegeben ist. Die Auswirkungen von Extremwetterlagen (z.B. Niederschlag) können durch Straßenbegleitgrün verringert werden, indem durch Verdunstung und Versickerung Abflussspitzen verringert werden. Bei Starkwinderignissen führt die Vegetation im Straßenraum zur Verringerung der Windgeschwindigkeit. Bei der Betrachtung von Auswirkungen auf die Luftqualität im Straßenraum ist die Vegetation differenziert zu betrachten. Zwar werden zum einen durch Deposition Luftschadstoffkonzentrationen verringert, zu anderen kann jedoch ein eingeschränkter Luftaustausch zu einer Schadstoffanrei-

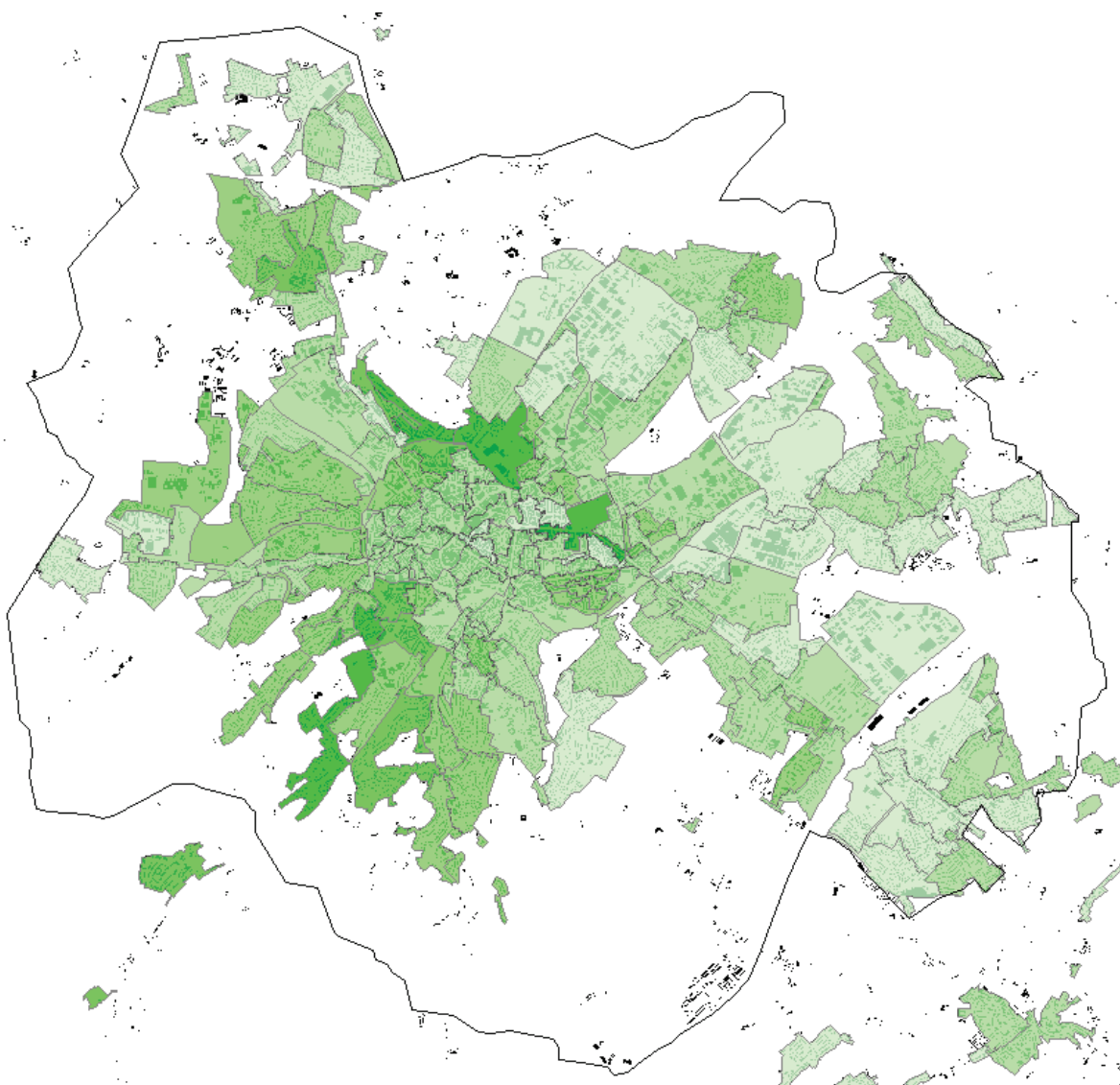
cherung führen. Die jeweiligen Auswirkungen sind stark standortabhängig. Stadtbäume tragen – im Vergleich zu ländlichen Baumbeständen – in einem hohen Maße zur Reduktion von CO<sub>2</sub> bei.

Beispielhaft sind Umsetzungsmöglichkeiten der Maßnahmen in den Abbildungen „Beispielhafte Umsetzung“ und „Siedlungsstrukturtyp: Blockrandbebauung - Beispiel: Umfeld der Wilhelmstraße“ dargestellt.

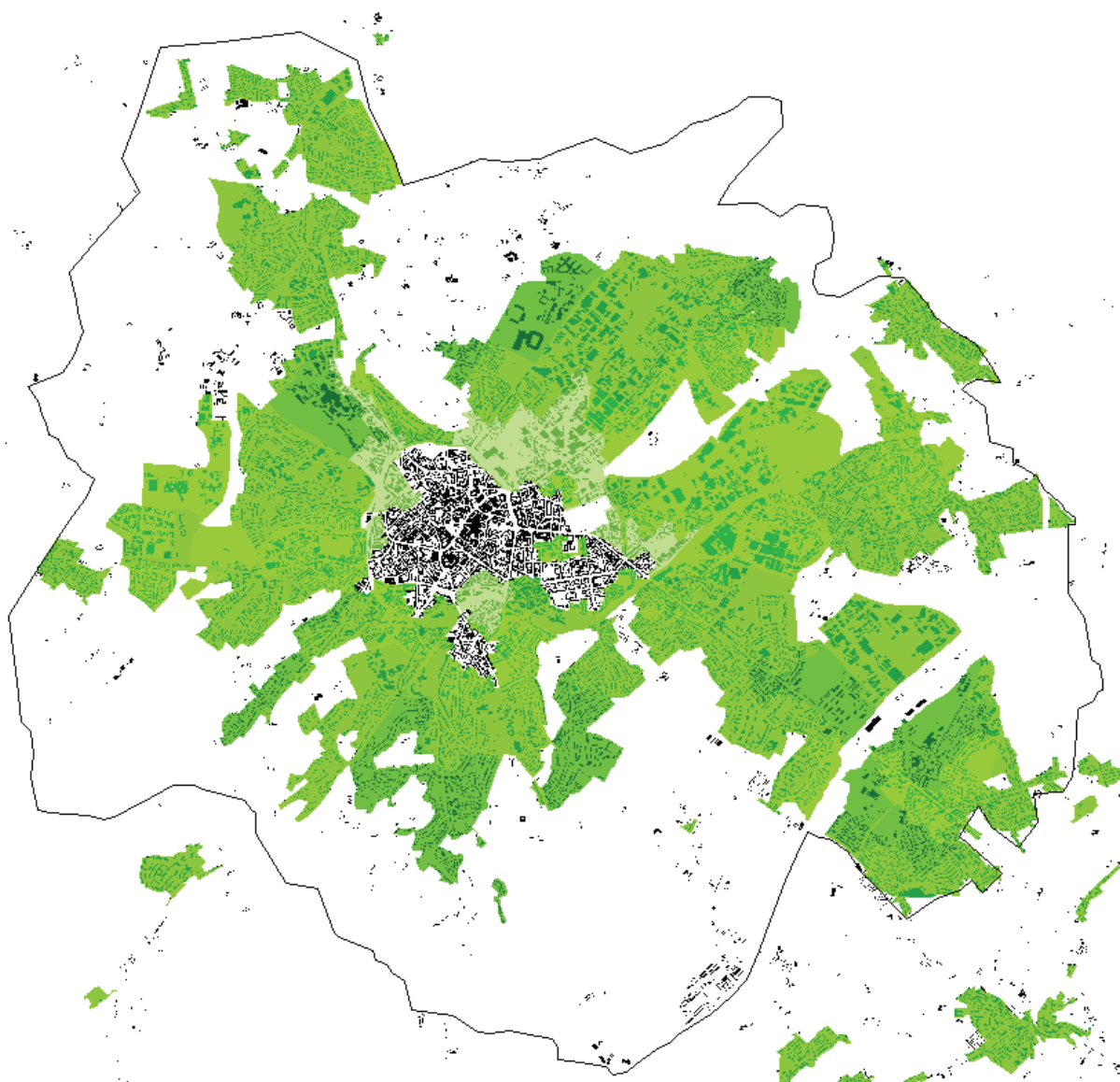


Bestand an festgesetzten Grünflächen in den Stimmbezirken (vier Klassen: < 10 %, 10 – 20 %, 20 – 30 %, > 30 % der Fläche)

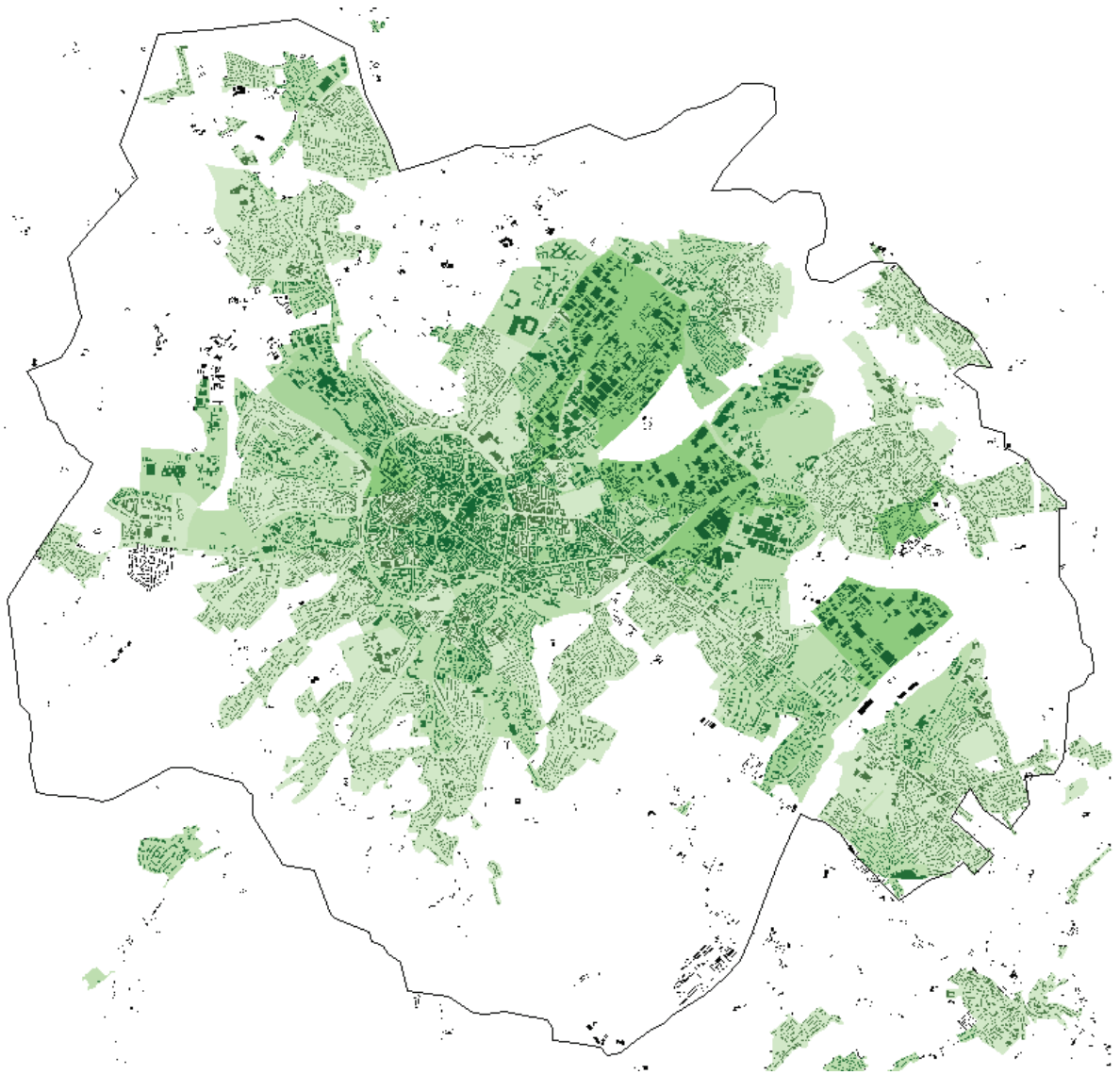




Bestand an Flächen mit hoher Vegetation in den Stimmbezirken (fünf Klassen: < 10 %, 10 – 20 %, 20 – 30 %, 30 – 40 %, > 40 % der Fläche)



Maximales zusätzliches Grünflächenpotential nach Stimmbezirken (fünf Klassen:  $\leq 0\%$ , 1 – 15 %, 15 – 30 %, 30 – 45 %,  $> 45\%$  der Fläche)



Maximales zusätzliches Potential für Flächen mit Dachbegrünung nach Stimmbezirken (vier Klassen: < 5 %, 5 - 10 %, 10 – 15 %, > 15 % der Fläche)

## Quellenangaben

Abenhaim, L. (2005): Lessons from the heat-wave epidemic in France (Summer 2003). Extreme weather events and public health responses. W. Kirch, B. Menne and R. Bertollini. Berlin, Heidelberg, New York, Springer: 161-166.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung BMVBS, 2012: StadtKlima - Kommunale Strategien und Potenziale zum Klimawandel - Ergebnisse, Modellprojekte. Ein ExWoSt-Forschungsfeld

Buttstädt, M., I. Maras, J. Hahmann, H. Hofmeister & C. Schneider (2011): Investigating locations and impacts of heat stress in the city of Aachen, Germany. - Proceedings of the 19th International Congress of Biometeorology, Auckland, New Zealand, 4-7 December 2011, 71 Auckland.

Buttstädt, M., Sachsen, T., Ketzler, G., Merbitz, H., Schneider, C. (2010a): Innerstädtische Temperaturverteilung in Aachen. - Aachener Geographische Arbeiten - Sonderausgabe zum 30-jährigen Bestehen der Klimamessstation Aachen Hörn, 47, pp. 60-68 Aachen.

Buttstädt, M., Sachsen, T., Ketzler, G., Schneider, C. (2010b): Urban temperature distribution and detection of influencing factors in urban structure. - 17th Conference International Seminar on Urban Form "Formation and Persistence of Townscape", 20.08.2010 - 23.08.2010 Hamburg.

Buttstädt, M., Schneider, C. (in prep.; 2014 online):  
Climate change signal of future climate projections for  
Aachen, Germany, in terms of temperature and precipitation; in: Meteorologische Zeitschrift, DOI 10.1127/0941-2948/2014/0549

Buttstädt, M., Schneider, C. (2014): Thermal Load in a Medium-Sized European City using the Example of Aachen; in: Erdkunde, Vol. 68, No. 2, 71-83

D'Amato, G.; Cecchi, L.; D'Amato, M.; Liccardi, G. (2010): Urban Air Pollution and Climate Change as Environmental Risk Factors of Respiratory Allergy: An Update. In: Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology 20, 95-102.

DMI Danmarks Meteorologiske Institut (2013): Temperaturen in Danmark,  
<http://www.dmi.dk/klima/klimaet-frem-til-i-dag/danmark/temperatur/>, abgerufen am 11.9.2013

Drautz, S., Reuter, U. (2011): Stadtklima Stuttgart – Der Rahmenplan Halbhöhenlagen als Beispiel eines klimarelevanten Planungsinstrumentes; In: UVP-Report; 25 (2+3); S. 160-165.

European Environment Agency (2013): Air quality in Europe — 2013 report, EEA Report No 9/2013

European Environment Agency (2010): The European Environment – State and Outlook 2010 – Air Pollution

European Environment Agency (2005): Vulnerability and adaptation to climate change in Europe; EEA Technical report No 7/2005

Früh, B.; Becker, P.; Deutschländer, T.; Hessel, J.-D.; 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. In: : Journal of Applied Meteorology 50, 167-184.

Havlik, D. (2002): Das Klima von Aachen; in Aachener Geographische Arbeiten, Heft 36

Havlik, D. und Ketzler, G. (2000): Gesamtstädtisches Klimagutachten Aachen

International Panel on Climate Change, IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Fifth Assessment Report, [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch), abgerufen am 4.11.2013

Jakob, D.J.; Winner, D.A. (2009): Effect of climate change on air quality. In: Atmospheric Environment 43, 51-63.

Jendritzky, G.; Bucher, K.; Laschewski, G.; Schultz, E.; Staiger, H. (1998): Medizinische Klimatologie. Kapitel 4,7 Klimaänderungen. In: Gutenbrunner, C.; Hidelbrandt, G. (Hrsg.) (1998): Handbuch der Balneologie und medizinische Klimatologie . Berlin, 589-598.

Kalkstein, L. S. (1993): Health and climate change - direct impacts in cities. The Lancet 342: 1397-1399.

Kaminski, U.; Mebs, D.; Amendt, J.; Kuch, U.; Klimpel, S. (2012): Auswirkungen auf die Gesundheit. In: Mosbrugger, V.; Brasseur, G.; Schaller, M.; Stribny, B. (Hrsg.) (2012): Klimawandel und Biodiversität – Folgen für Deutschland. Darmstadt, 308-342.

Katzschner, L. (2011): Strategies for Urban Climate and Urban Development under Consideration of the Global Climate Change; Proceedings of City Weathers: Meteorology and Urban Design 1950 – 2010; 23-246.2011; Manchester.

Ketzler, G. (2002): Untersuchungen an Kaltluftströmen in kleinen Tälern; in Aachener Geographische Arbeiten, Heft 36

Ketzler, G., Eßer, K. & T. Sachsen (2010): Veränderung von Belüftungsfunktionen durch lokalen Kaltluftabfluss im Zuge historischer Stadtentwicklung – eine Modellstudie Aachen 1810 – 2010; in: Aachener Geographische Arbeiten, Heft 47, Beiträge zur Klimaforschung in Aachen

Khatri, S.B.; Holgium, F.C.; Ryan, P.B.; Mannino, D.; Erurum, S.C.; Teague, W.G. (2009): Association of Ambient Ozone Exposure with Airway Inflammation and Allergy in Adults with Asthma. In: Journal of Asthma 8, 777-785.

Koppe (2005): Gesundheitsrelevante Bewertung von thermischer Belastung unter Berücksichtigung der kurzfristigen Anpassung der Bevölkerung an die lokalen Witterungsverhältnisse. In: Berichte des Deutschen Wetterdienstes 226. Offenbach am Main.

Kuttler, W. (2011a): Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 1, Wirkungen; Climate change in urban areas, Part 1, Effects; In: Environmental Sciences Europe (ESEU); 23; S. 1-12.

Kuttler, W. (2011b): Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 2, Maßnahmen; Climate change in urban areas, Part 2, Measures; In: Environmental Sciences Europe (ESEU); 23; S. 1-15.

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2010): Klima und Klimawandel in Nordrhein-Westfalen. LANUV-Fachbericht 27. Recklinghausen.

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2013): Klimawandelgerechte Metropole Köln. LANUV-Fachbericht 50. Recklinghausen.

Landeshauptstadt Saarbrücken (2012): Städtische Freiraumplanung als Handlungsfeld für Adaptionsmaßnahmen. Abschlussbericht des Saarbrücker Modellprojektes im Rahmen des ExWoSt-Forschungsprogramms "Urbane Strategien zum Klimawandel - Kommunale Strategien und Potenziale. Saarbrücken.

Larsen, J. (2006): Setting the Record Straight: More than 52,000 Europeans Died from Heat in Summer 2003. Abrufbar unter: [http://www.earth-policy.org/plan\\_b\\_updates/2006/update56](http://www.earth-policy.org/plan_b_updates/2006/update56)

Leschewski, G.; Jendritzky, G. (2002): Effects of the thermal environment on human health: An investigation of 30 years daily mortality data from SW Germany. In: Climate Research 21, 91-103.

Merbitz, H., Buttstädt, M., Michael, S., Dott, W., Schneider, C. (2012): GIS-based identification of spatial variables enhancing heat and poor air quality in urban areas. Applied Geography 33, 94–106. DOI: 10.1016/j.apgeog.2011.06.008

Merbitz, H., Fritz, S., Schneider, C. (2012): Mobile measurements and regression modeling of the spatial particulate matter variability in an urban area. Science of the Total Environment 438, 389–403. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2012.08.049

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

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

Oberndorfer, E.; Lundholm, J.; Bass, B.; Coffman, R. R.; Doshi, H.; Dunnett, N.; Gaffin, S.; Köhler, M.; Liu, K. KY; and Rowe, B. (2007): Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological

Structures, Functions, and Services; In: Architectural Science Publications and Research. Paper 1.

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (2013); Portal KlimafolgenOnline.com; [www.klimafolgenonline.com](http://www.klimafolgenonline.com), abgerufen am 4.11.2013

Robinson, P.J. (2001): On the definition of heat wave. In: Journal of Applied Meteorology 40, 762-775.

Sachsen, T., Ketzler, G., Schneider, C. (2012): The reduction of urban heat stress by optimized vegetation structures; Proceedings of the 8th International Conference on Urban Climates; Dublin.

Sachsen, T. (in prep.): Die Wirkung von Vegetation in randstädtischen Kaltluftleitbahnen – Studien zur Kaltluft in Aachen

Sachsen, T., Ketzler, G., Knörchen, A., Schneider, C. (in prep.): Nighttime Urban Cooling and Suburban Cold Air Drainage

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (2011): Stadtentwicklungsplan Klima. Urbane Lebensqualität im Klimawandel sichern. Berlin.

Stadt Jena (2012): Handbuch klimawandelgerechte Stadtentwicklung für Jena. ExWoSt-Modellprojekt Jenaer Klimaanpassungsstrategie JenKAS. Schriften zur Stadtentwicklung No. 3. Jena.

Sievers, U. (2005): Das Kaltluftabflussmodell KLAM\_21: theoretische Grundlagen, Anwendung und Handhabung des PC-Modells; in: Berichte des Deutschen Wetterdienstes ; 227

Simpson, J.R., McPherson, E.G. (2011): The tree BVOC index: In: Environmental Pollution; 159; S. 2088-2093.

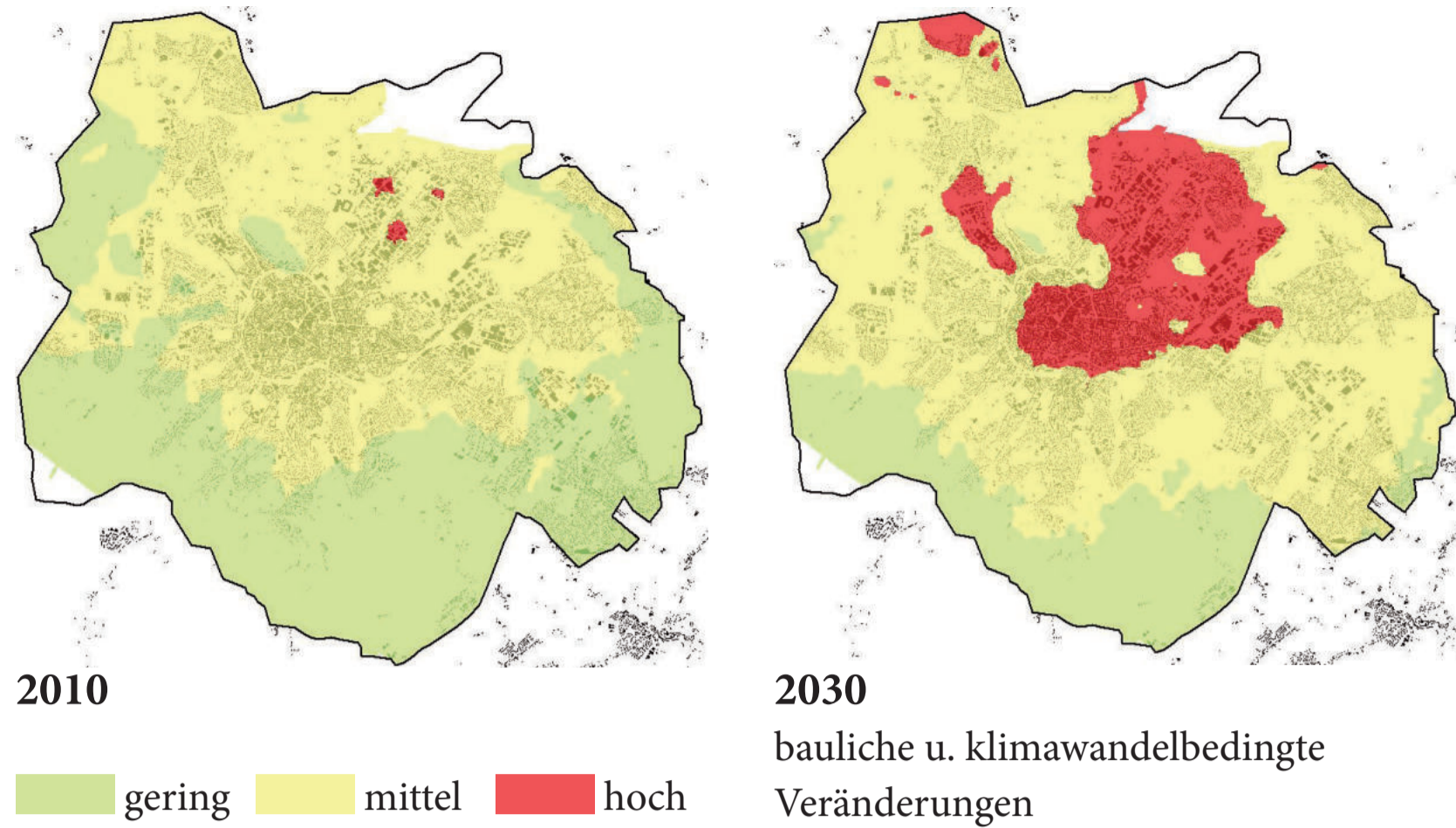
Siuda, A., Hahmann, J., Hofmeister, H., Pfaffenbach, C. (2010): Hitzegefährdete Bevölkerungsgruppen in Aachen; in: AACHENER GEOGRAPHISCHE ARBEITEN Heft 47, Beiträge zur Klimaforschung in Aachen

Stock, P. (1992): Synthetische Klimafunktionskarte Ruhrgebiet

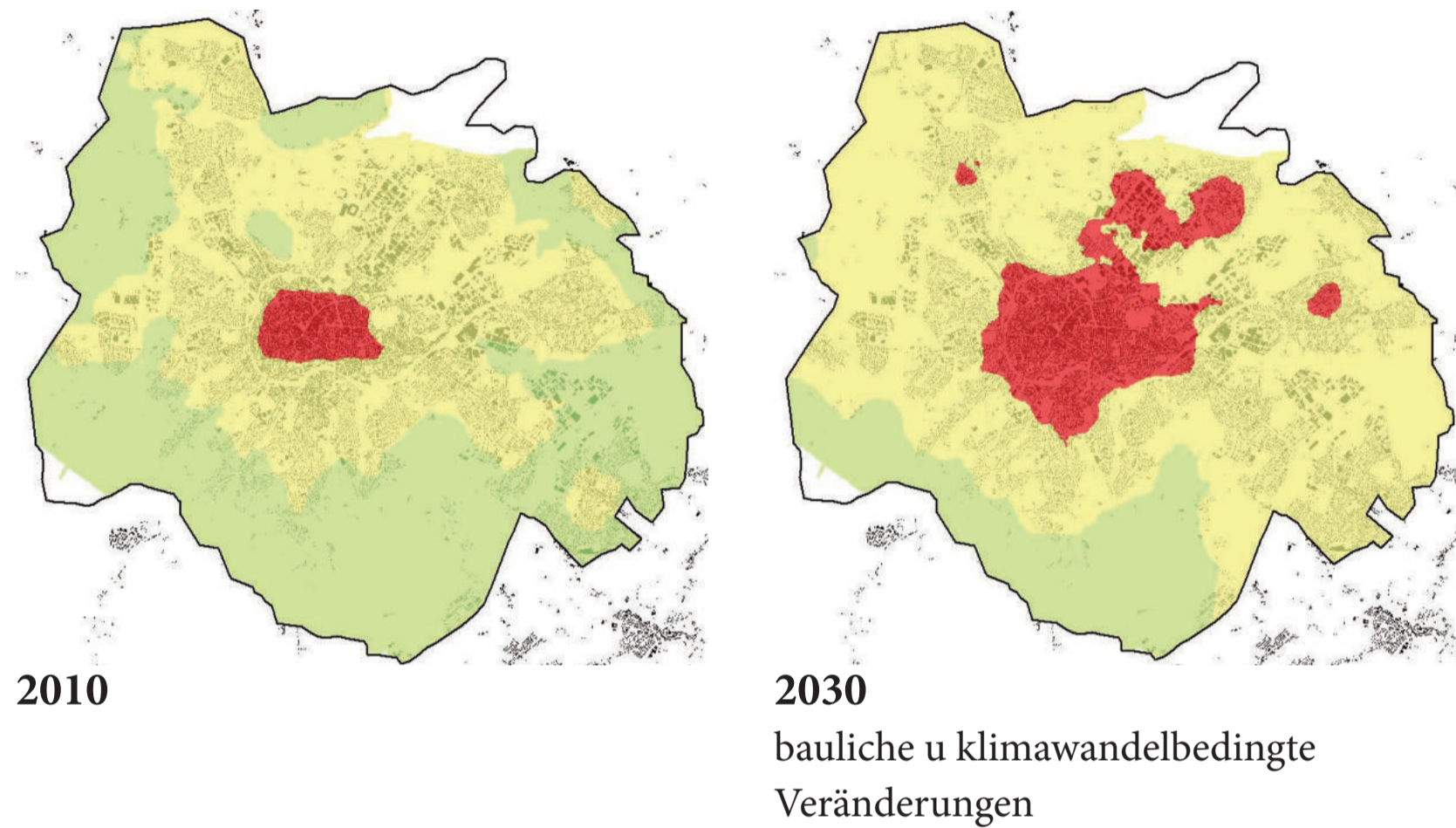
VDI Verein Deutscher Ingenieure (2003): VDI Richtlinie 3787 – Umweltmeteorologie - Lokale Kaltluft

WMO World Meteorological Organization (1998): 1961-1990 Global climate normals (CLINO), Version 1.0

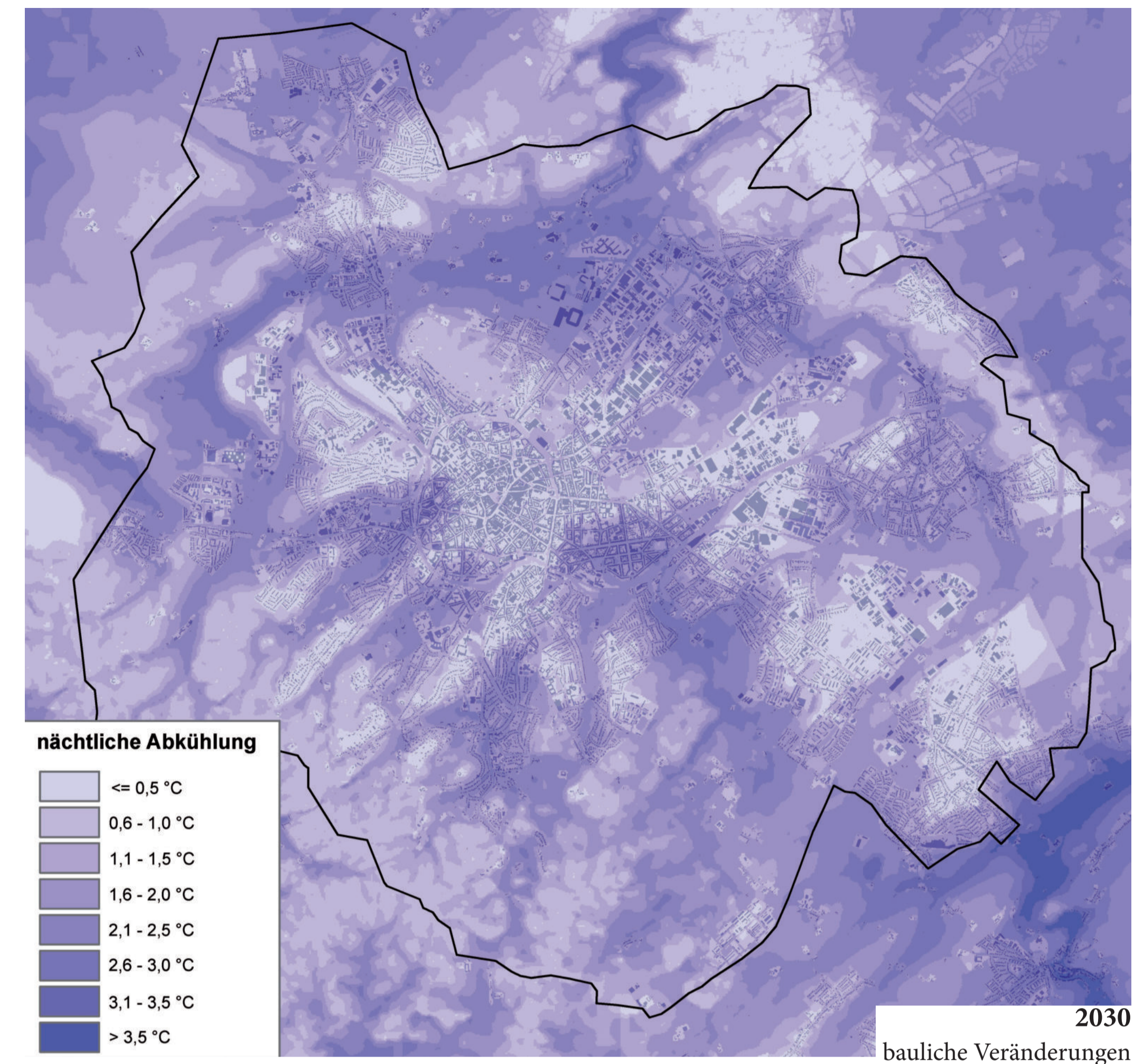
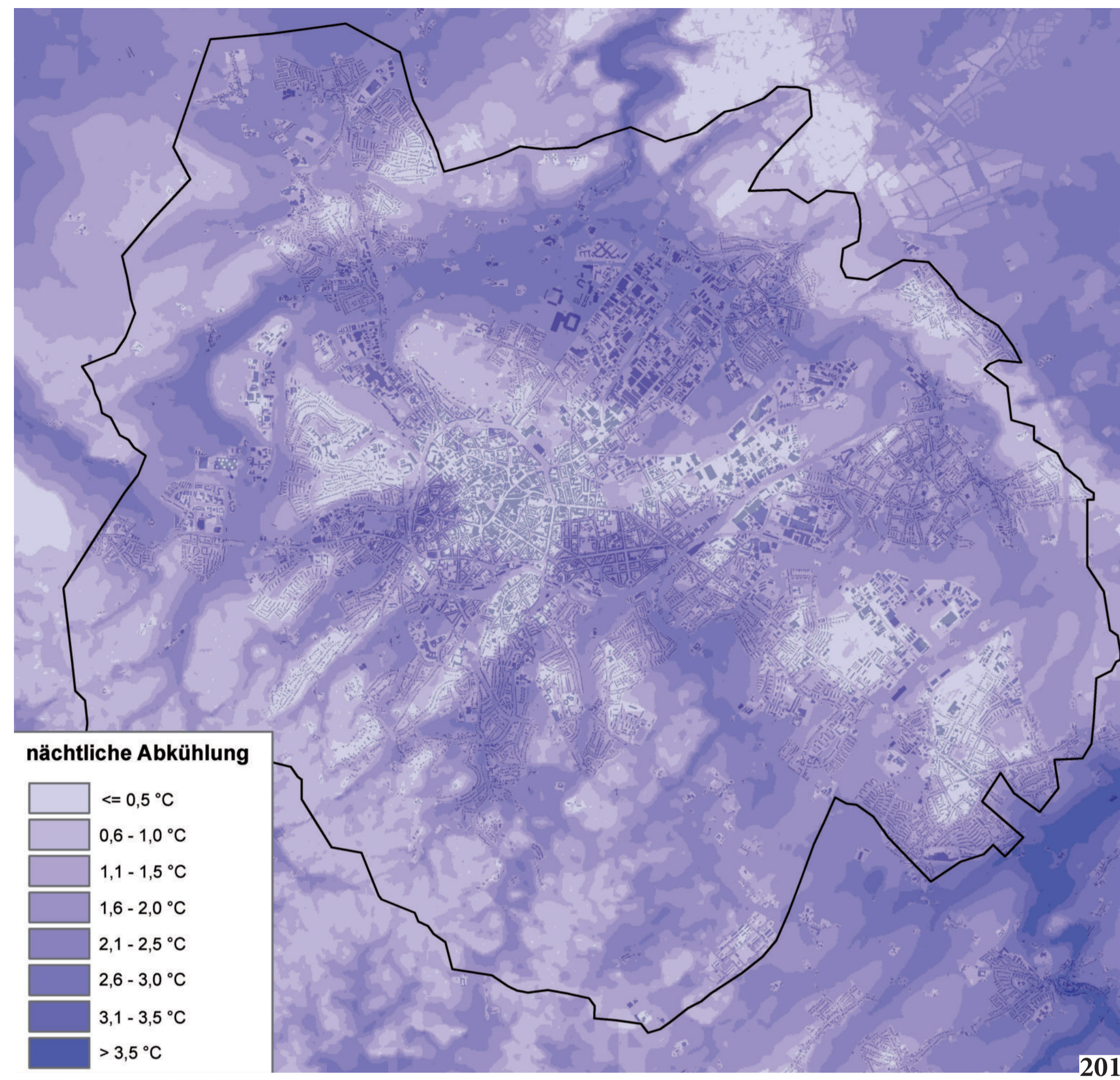
### THERMISCHE BELASTUNG MITTAGS



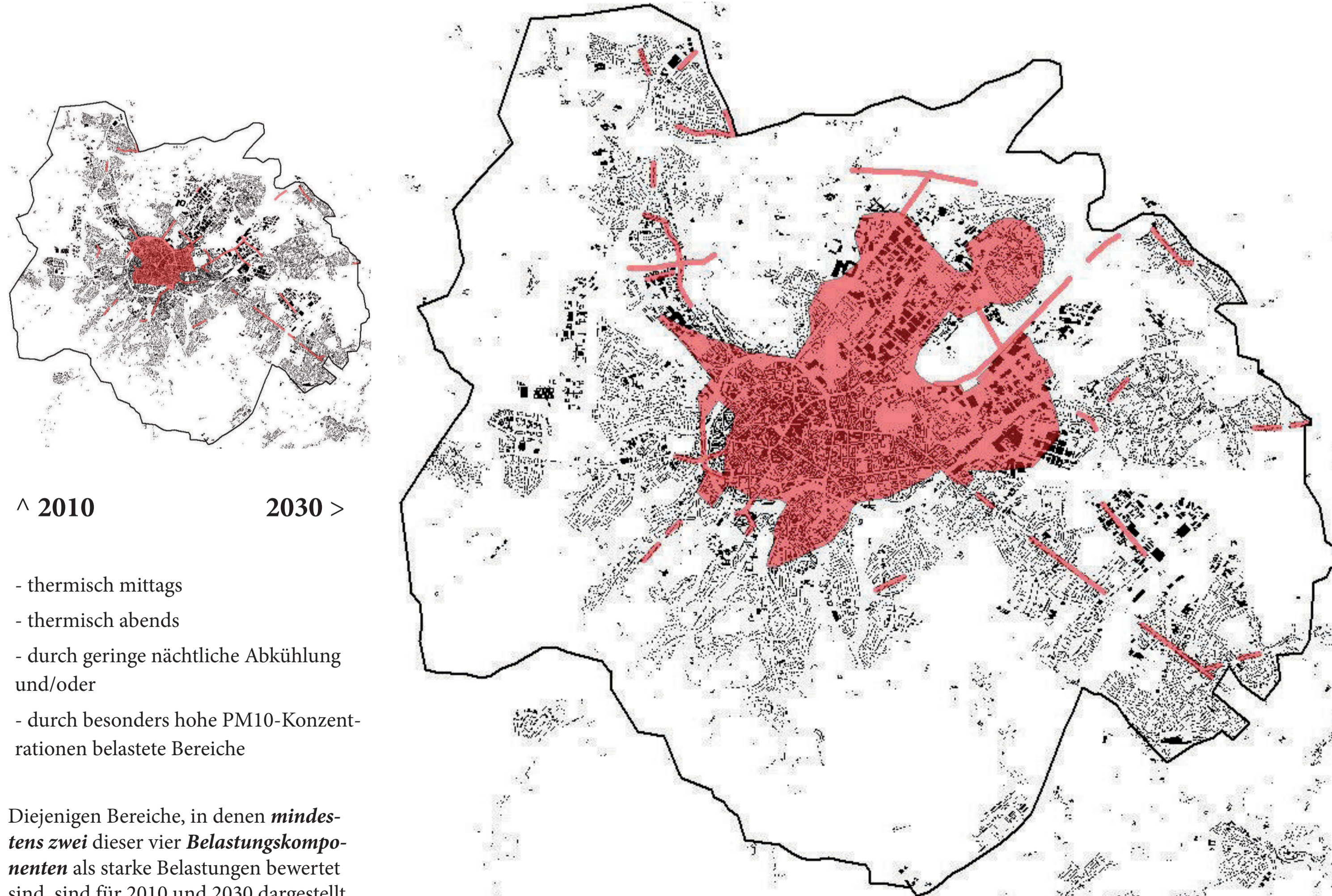
### THERMISCHE BELASTUNG ABENDS



### NÄCHTLICHE ABKÜHLUNG DURCH KALTLUFTABLÜSSE



### MEHRFACH BELASTETE BEREICHE



## ANPASSUNGSKONZEPT AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS IM AACHENER TALKESSEL

### PLAN 1 – EXPOSITION

**Auftraggeber:**

Stadt Aachen | Fachbereich Umwelt

**Bearbeitung:**

BKR Aachen Noky & Simon, Partnerschaft  
Stadtplaner, Umweltplaner, Landschaftsarchitekt

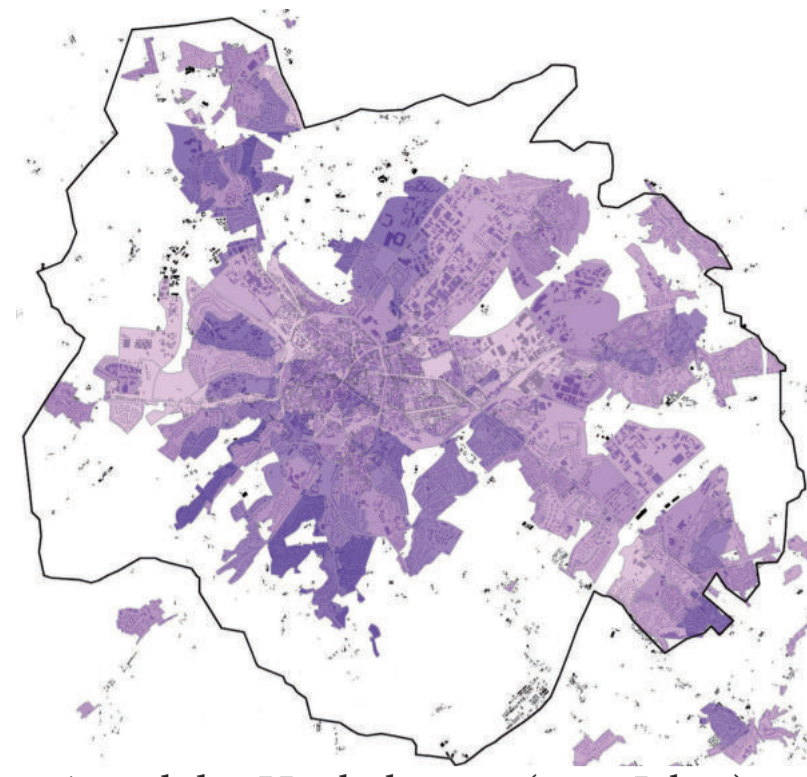
in Kooperation mit

RWTH Aachen, Geographisches Institut  
Lehr- und Forschungsgebiet Physische Geographie und Klimatologie

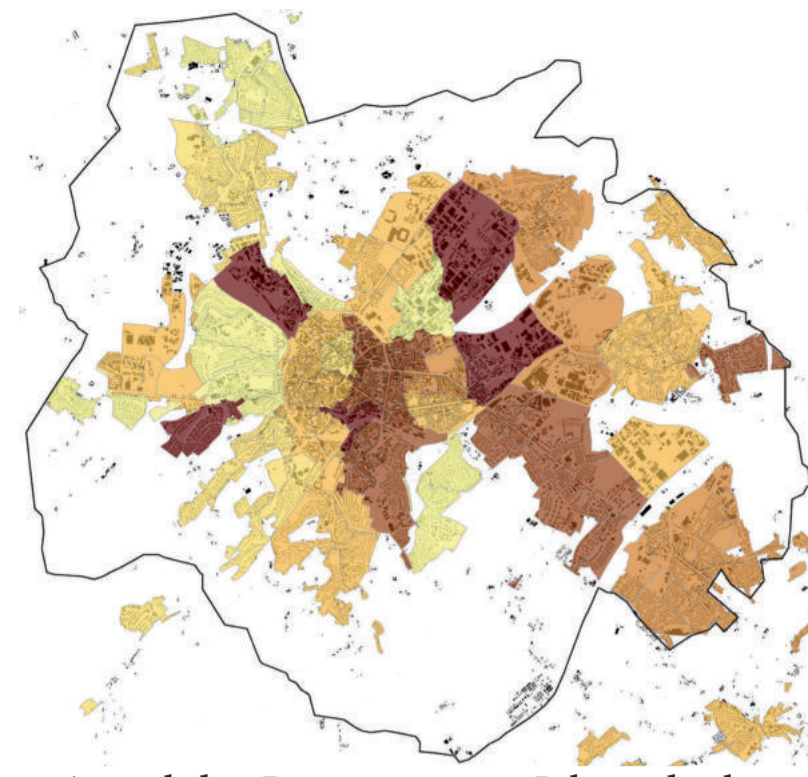
Oktober 2014



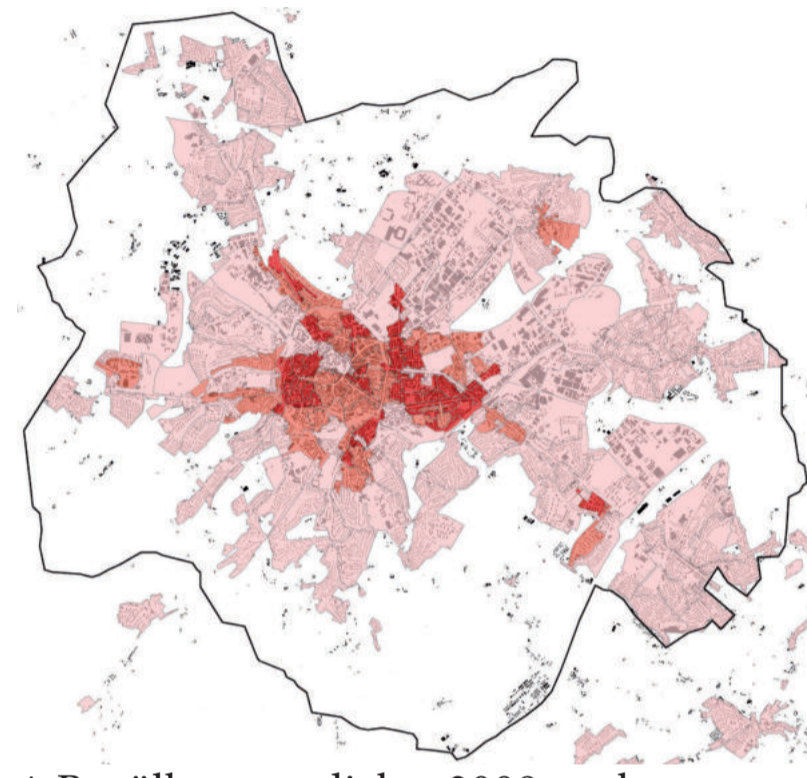
## KLIMASENSITIVE BEVÖLKERUNG



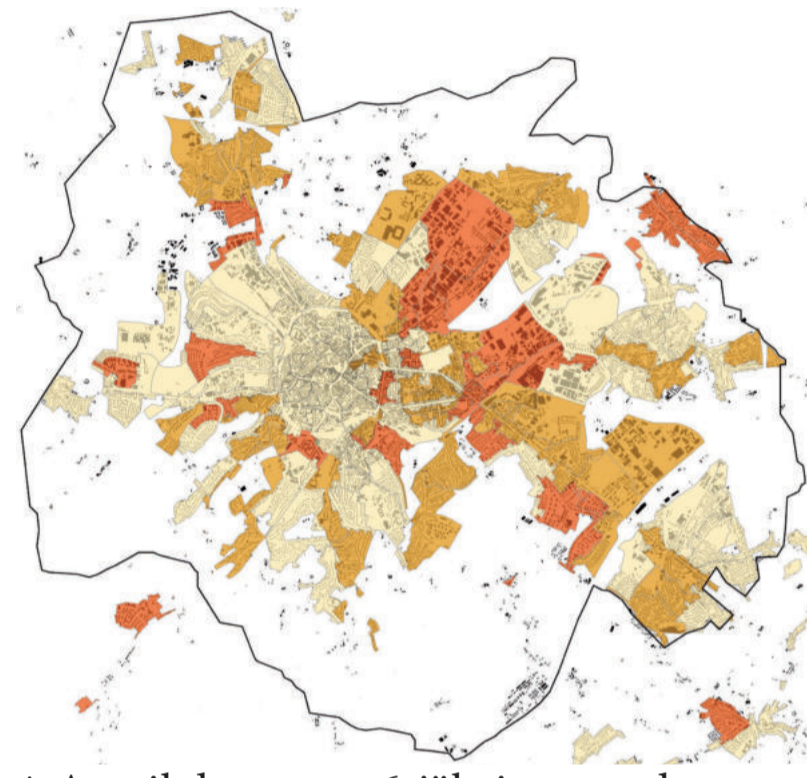
^ Anteil der Hochaltrigen (> 80 Jahre) an der Gesamtbevölkerung, Stand: 2009



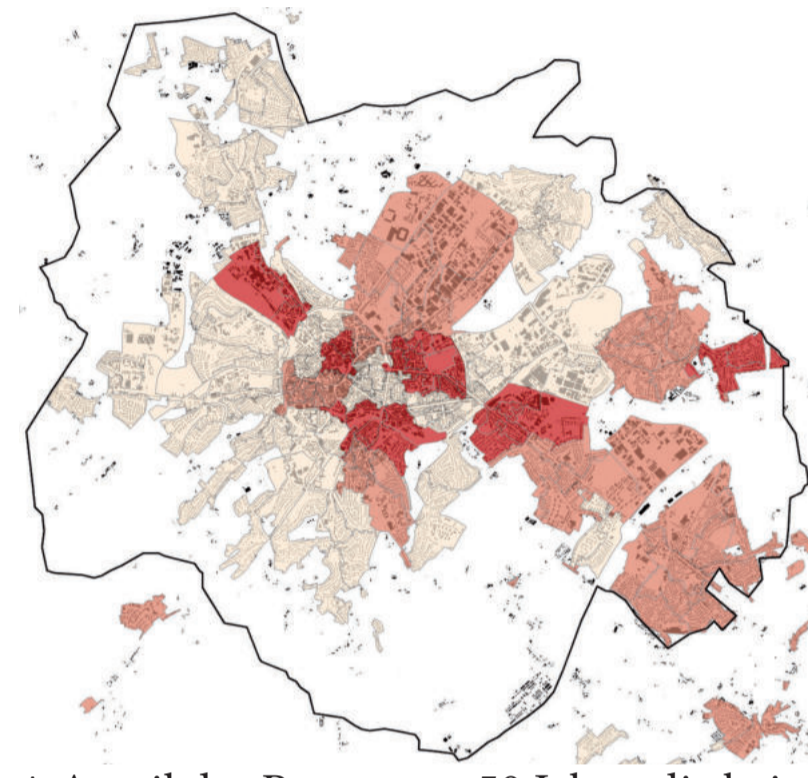
^ Anteil der Personen >50 Jahre, die bei einer Befragung angaben, Vorbelastungen durch Herz- und Kreislauferkrankungen zu haben, Stand 2009



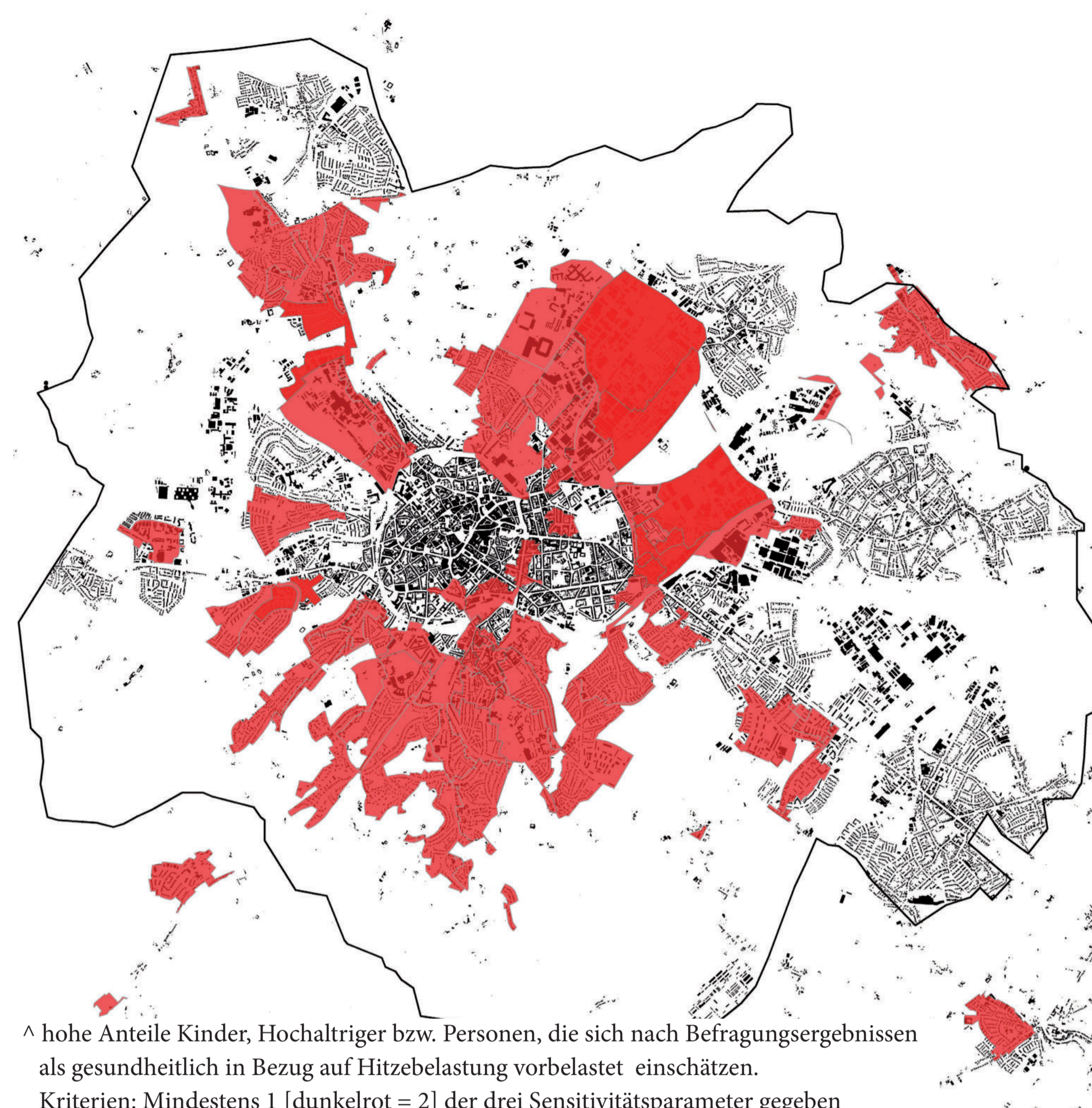
^ Bevölkerungsdichte 2009 nach Stimmbezirken



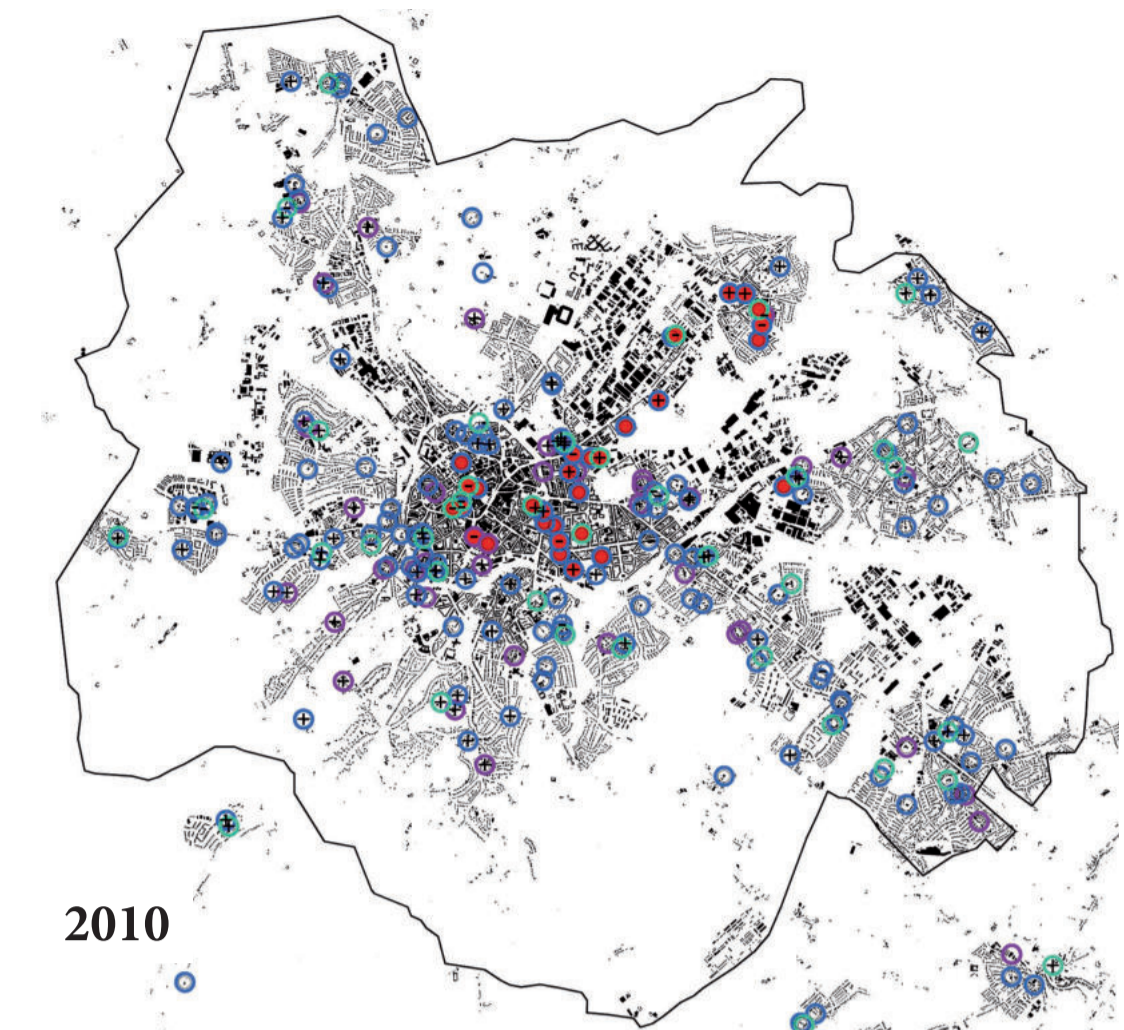
^ Anteil der unter-6-jährigen an der Gesamtbevölkerung, Stand: 2009



^ Anteil der Personen >50 Jahre, die bei einer Befragung angaben, unter Wärmebelastung zu leiden, Stand: 2009

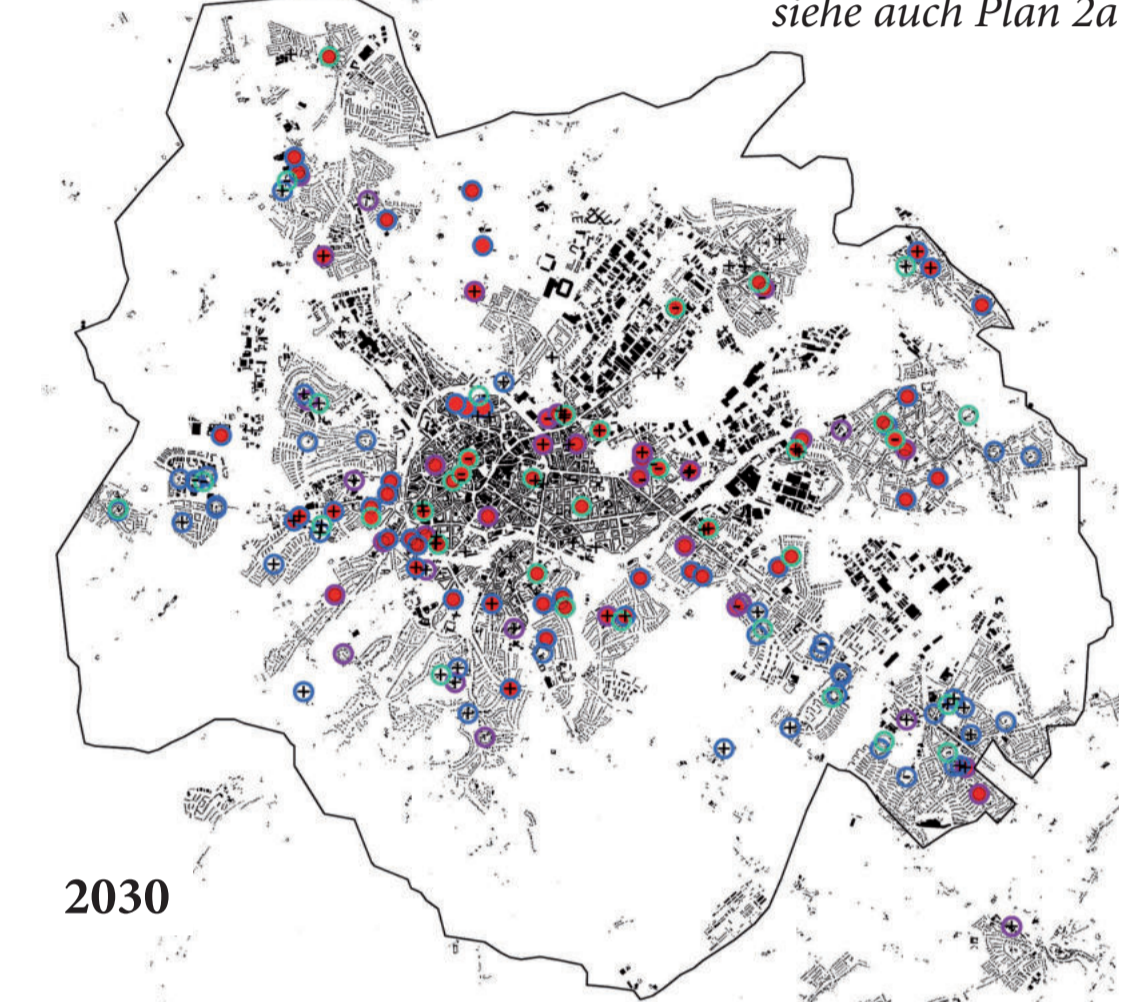


^ hohe Anteile Kinder, Hochaltriger bzw. Personen, die sich nach Befragungsergebnissen als gesundheitlich in Bezug auf Hitzebelastung vorbelastet einschätzen.  
Kriterien: Mindestens 1 [dunkelrot = 2] der drei Sensitivitätsparameter gegeben



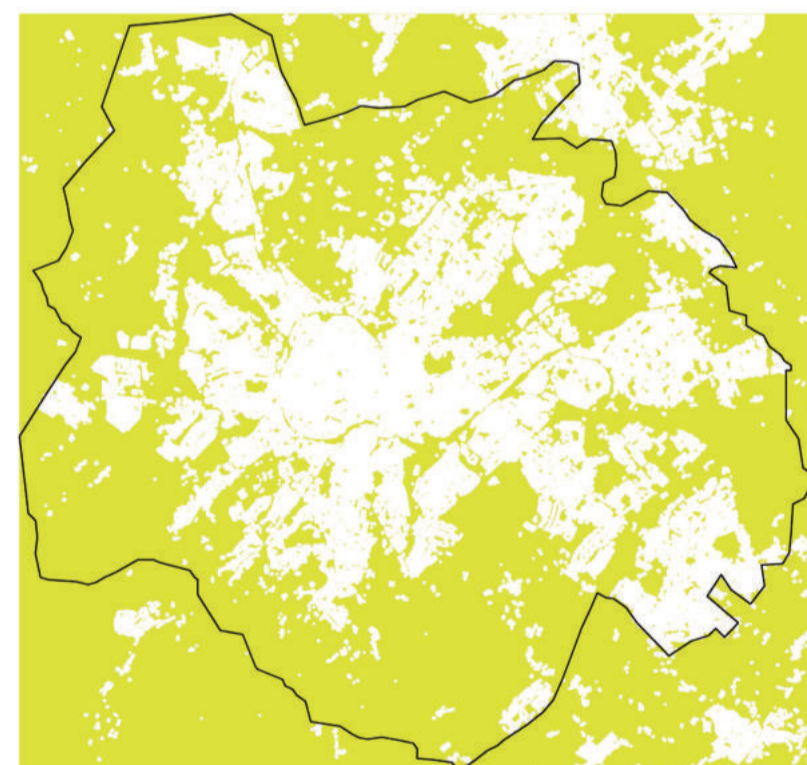
2010

soziale Einrichtungen mit besonderer Wärmesensitivität tagsüber  
siehe auch Plan 2a

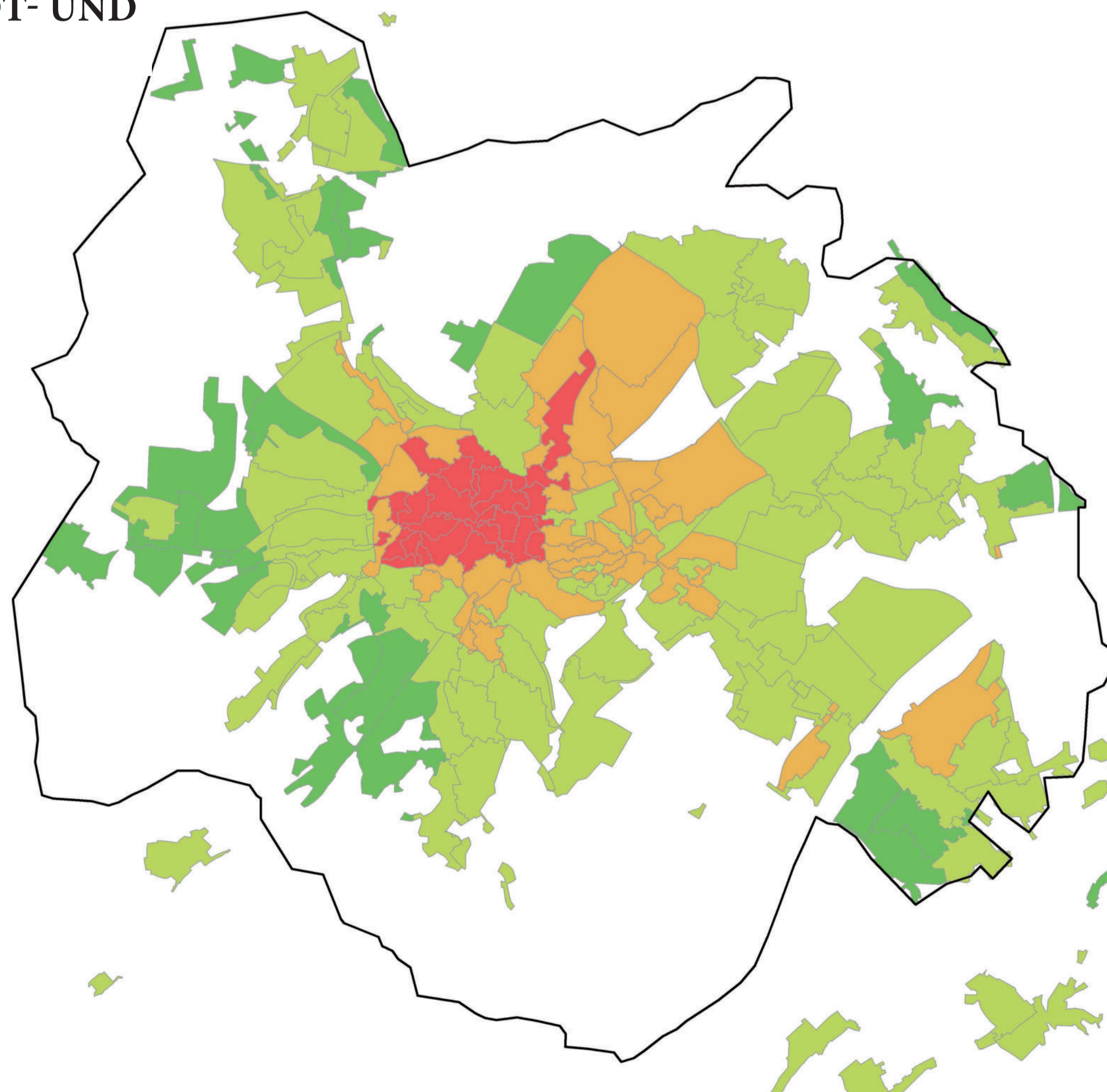


2030

## KLIMASENSITIVE STADT- UND FREIRAUMSTRUKTUR



^ Freiraumstruktur: Bereiche mit mindestens 25 m Abstand zum nächst gelegenen Gebäude



> Versiegelungsgrad in den Stimmbezirken in vier Klassen  
< 25 % - dunkelgrün  
25 - 50 % - hellgrün  
50 - 75 % - orange  
> 75 % - rot  
(Stand 1998)

## ANPASSUNGSKONZEPT AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS IM AACHENER TALKESSEL PLAN 2 – STADTSTRUKTUR & SENSITIVITÄT

**Auftraggeber:**

Stadt Aachen | Fachbereich Umwelt

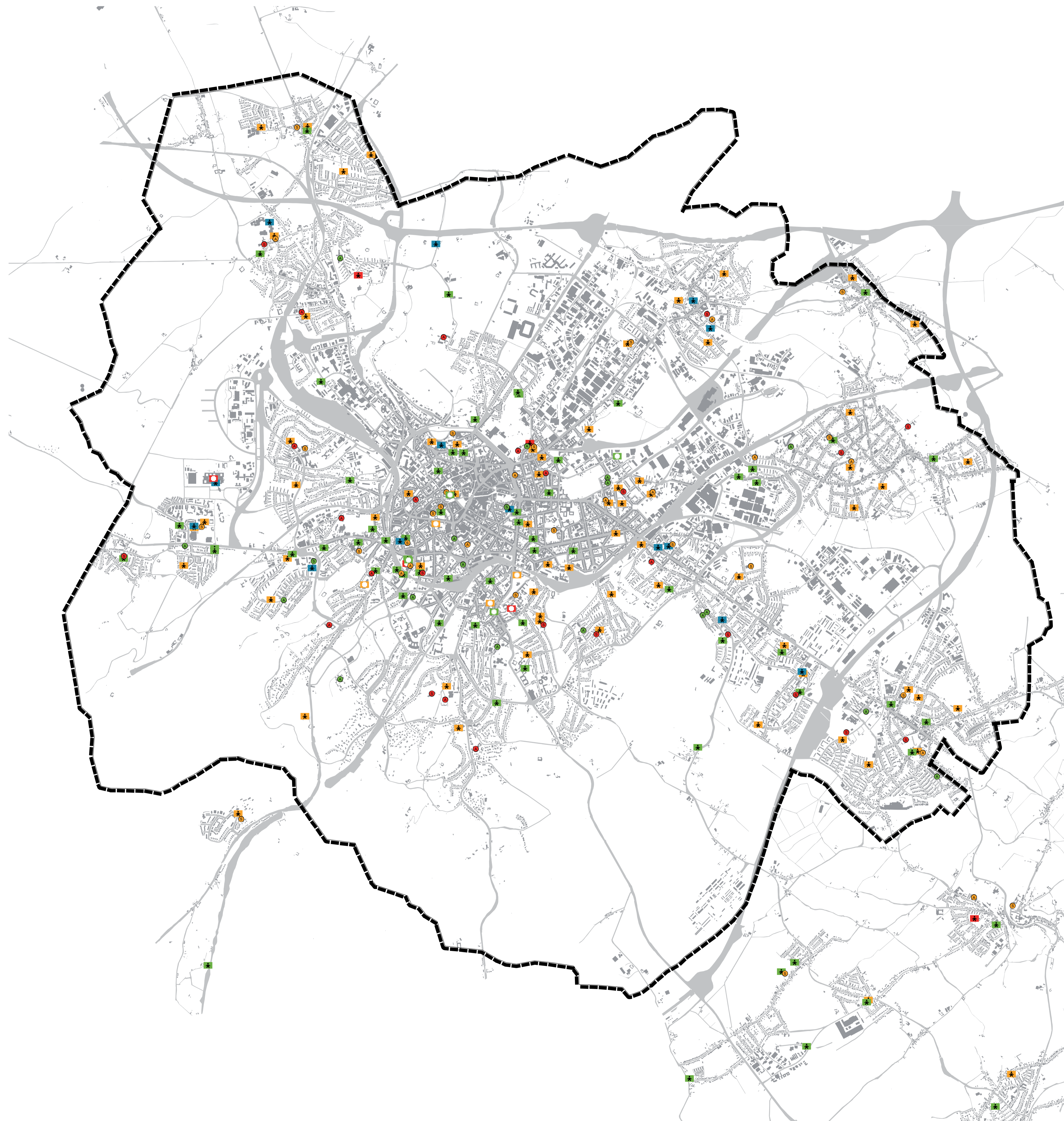
**Bearbeitung:**

BKR Aachen Noky & Simon, Partnerschaft  
Stadtplaner, Umweltplaner, Landschaftsarchitekt

in Kooperation mit

RWTH Aachen, Geographisches Institut  
Lehr- und Forschungsgebiet Physische Geographie und Klimatologie

Oktober 2014



**Senioreneinrichtungen**

Anzahl der Betreuungsplätze

- < 50
- 50 - 100
- > 100

**Krankenhäuser**

Anzahl der Betten

- < 100
- 100 - 250
- > 250

**Grundschulen**

Anzahl der Schüler

- < 100
- 100 - 200
- > 200

**Kindergärten**

Anzahl der Plätze

- keine Angaben
- < 50
- 50 - 100
- > 100

Stand der Angaben: August 2013

**ANPASSUNGSKONZEPT  
AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS  
IM AACHENER TALKESSEL  
  
PLAN 2A – KLIMASENSITIVE SOZIALE  
EINRICHTUNGEN**

**Auftraggeber:**

Stadt Aachen | Fachbereich Umwelt

**Bearbeitung:**

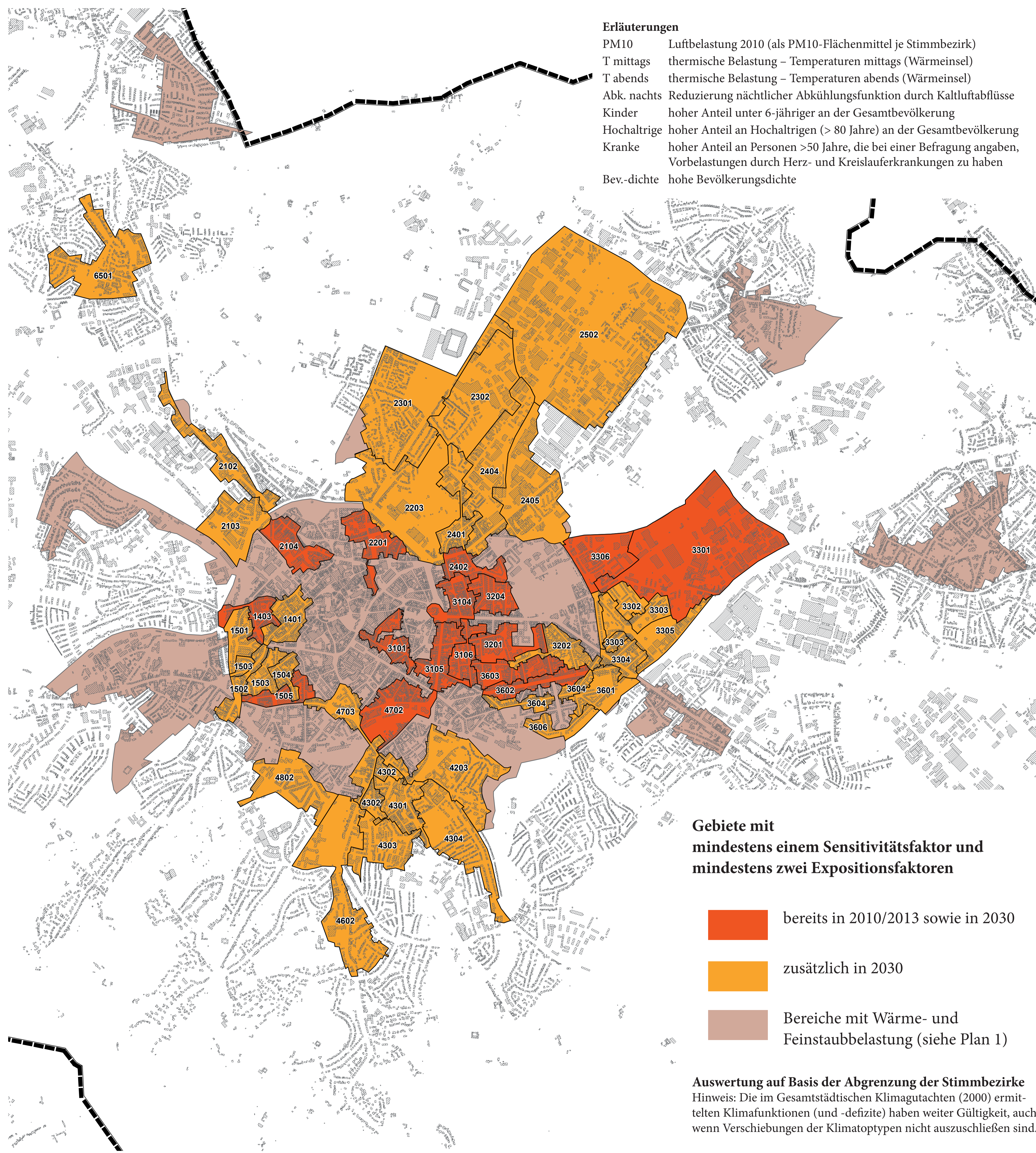
BKR Aachen Noky & Simon, Partnerschaft  
Stadtplaner, Umweltplaner, Landschaftsarchitekt

in Kooperation mit

RWTH Aachen, Geographisches Institut

Lehr- und Forschungsgebiet Physische Geographie und Klimatologie

Oktober 2014



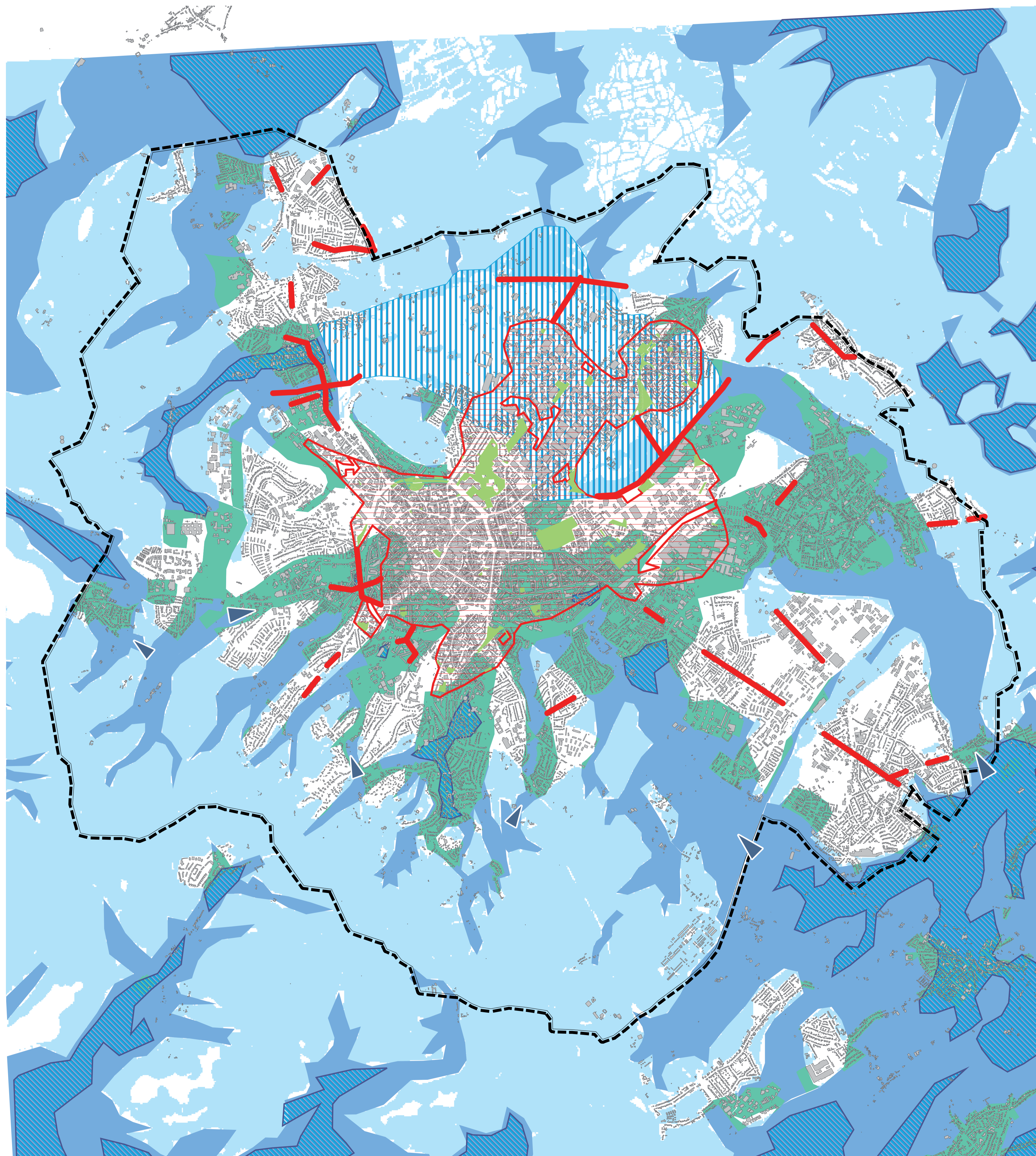
Stimmbezirk	Betroffenheit	Exposition				Sensitivität				
		PM10	T mittags	T abends	Abk. nachts	Kinder	Hochaltrige	Kranke	Bev.-Dichte	
14 01	Untere Jakobstraße	2030	---	X	X	---	---	---	---	X
14 03	Karlsgraben	2010/2030	X	X (2030)	X	---	---	---	---	X
15 01	Mauerstraße	2030	---	X	X	---	---	---	---	X
15 02	Obere Jakobstraße	2030	X	X	X	---	---	---	---	X
15 03	Mühlenberg	2030	---	X	X	---	---	---	---	X
15 04	Stephanstraße	2030	---	X	X	X	---	---	---	X
15 05	Hubertusplatz	2010/2030	X	X (2030)	X	X (2030)	---	---	---	X
21 02	Untere Roermonder Str.	2030	X	X	---	---	---	---	X	---
21 03	Pontwall	2030	X	X	X	X	---	---	X	---
21 04	Marienbongard	2010/2030	X	X (2030)	X	X	---	---	---	X
22 01	Sandkaulstraße	2010/ 2030	---	X (2030)	X	X	---	---	---	X
22 03	Monheimsallee	2030	---	X	X	X	---	X	---	---
23 01	Unterer Soerser Weg	2030	---	X	X	---	---	X	---	---
23 02	Alkuinstraße	2030	---	X	X	---	---	X	---	---
24 01	Robensstraße	2030	---	X	X	X	---	---	---	X
24 02	Hein-Janssen-Straße	2010/ 2030	X	X (2030)	X	X	---	---	---	X
24 04	Thomashofstraße	2030	---	X	X	X	X	---	---	---
24 05	Mittlere Jülicher Straße	2030	---	X	X	---	X	---	---	---
25 02	Prager Ring	2030	---	X	X	---	X	---	X	---
31 01	Schildstraße	2010/ 2030	---	X	X	X	---	---	---	X
31 04	Kaiserplatz	2010/ 2030	X	X	X	X	---	---	---	X
31 05	Wilhelmstraße	2010/2030	X	X	X	X	X	---	---	---
31 06	Friedrichstraße	2010/2030	---	X	X	---	---	---	---	X
32 01	Kongressstraße	2010/2030	---	X	X	---	---	---	---	X
32 02	Oranienstraße	2030	---	X	X	---	---	---	---	X
32 04	Scheibenstraße	2010/2030	---	X	X	X	X	---	---	X
33 01	Obere Stolberger Straße	2010/2030	---	X	X (2030)	X	X	---	X	---
33 02	Leipziger Straße	2030	---	X	X	X	---	---	X	---
33 03	Untere Elsassstraße	2030	---	X	X	---	X	---	X	X
33 04	Oberer Adalbertsteinweg	2030	X	X	X	---	X	---	X	X
33 05	Düppelstraße	2030	---	X	X	---	X	---	X	---
33 06	Obere Gneisenaustraße	2010/2030	---	X	X (2030)	X	---	---	X	---
36 01	Drimbornstraße	2030	---	X	X	---	X	---	---	X
36 02	Oppenhofallee	2010/2030	X	X (2030)	X	---	---	---	---	X
36 03	Charlottenstraße	2010/2030	---	X	X	---	---	---	---	X
36 04	Mittlere Bismarckstraße	2030	---	X	X	---	---	---	---	X
36 06	Von-Görschen-Straße	2030	---	X	X	---	---	---	---	X
42 03	Michaelsbergstraße	2030	---	X	X	---	X	---	---	---
43 01	Kapellenstraße	2030	---	X	X	X	---	---	X	---
43 02	Neustraße	2030	---	X	X	X	---	---	X	X
43 03	Eckenberger Straße	2030	---	X	X	---	---	---	X	---
43 04	Karl-Marx-Allee	2030	---	X	X	---	---	---	X	---
46 02	Untere Eupener Straße	2030	---	X	X	---	---	X	---	---
47 02	Bahnhofplatz	2010/2030	X	X (2030)	X	X (2030)	---	---	X	---
47 03	Burtscheider Straße	2030	X	X	X	X	---	---	X	---
48 02	Schillerstraße	2030	---	X	X	---	X	---	---	---
65 01	Untere Rathausstraße	2030	---	X	X	---	---	---	X	---

**ANPASSUNGSKONZEPT  
AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS  
IM AACHENER TALKESSEL**

**PLAN 3 – BELASTUNGSSCHWERPUNKTE**

**Auftraggeber:**  
Stadt Aachen | Fachbereich Umwelt

**Bearbeitung:**  
BKR Aachen Noky & Simon, Partnerschaft  
Stadtplaner, Umweltplaner, Landschaftsarchitekt  
in Kooperation mit  
RWTH Aachen, Geographisches Institut  
Lehr- und Forschungsgebiet Physische Geographie und Klimatologie



- Kaltluftentstehungsflächen**  
 Flächen im Außenbereich mit Kaltluftabfluss  $< 5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$
- Kaltluftüberströmungen aus anderen Tälern**  
 Pfeile geben Richtung und Stärke an
- großräumige Kaltluftbahn außerhalb der Bebauung**  
 Kaltluftströme (Flächen im Außenbereich mit Kaltluftabfluss  $\geq 5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$ )
- großräumige Kaltluftbahn innerhalb der Bebauung**
- Bereiche mit Kaltluftstau**  
 Flächen mit Schichtdicke  $> 30 \text{ m}$  und Windgeschwindigkeiten  $< 0,5 \text{ m/s}$
- Kaltluftsammelgebiet Soers**  
 Strömung zeitweise abweichend vom Gefälle
- innerstädtisches Belastungsgebiet**  
 Flächenhaft mehrfach belastete Bereiche, die thermisch mittags und/oder abends und/oder durch geringe nächtliche Abkühlung und/oder durch besonders hohe  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen belastet sind oder voraussichtlich zukünftig sein werden.  
 Dargestellt sind diejenigen Bereiche, in denen mindestens zwei dieser vier Belastungskomponenten als starke Belastungen bewertet sind, einschließlich mehrfach belasteter Straßenabschnitte.
- mehrfach belastete Straßenabschnitte**  
 Lineare Belastungsbereiche mit hohen  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen und thermischer Belastung außerhalb des innerstädtischen Belastungsgebietes (kein Bezug zu  $\text{PM}_{10}$ -Überschreitungstagen nach EU-Richtlinie)
- Grünflächen mit wesentlicher Klimafunktion**  
 Entlastungs- und Ausgleichsflächen innerhalb des innerstädtischen Belastungsgebietes

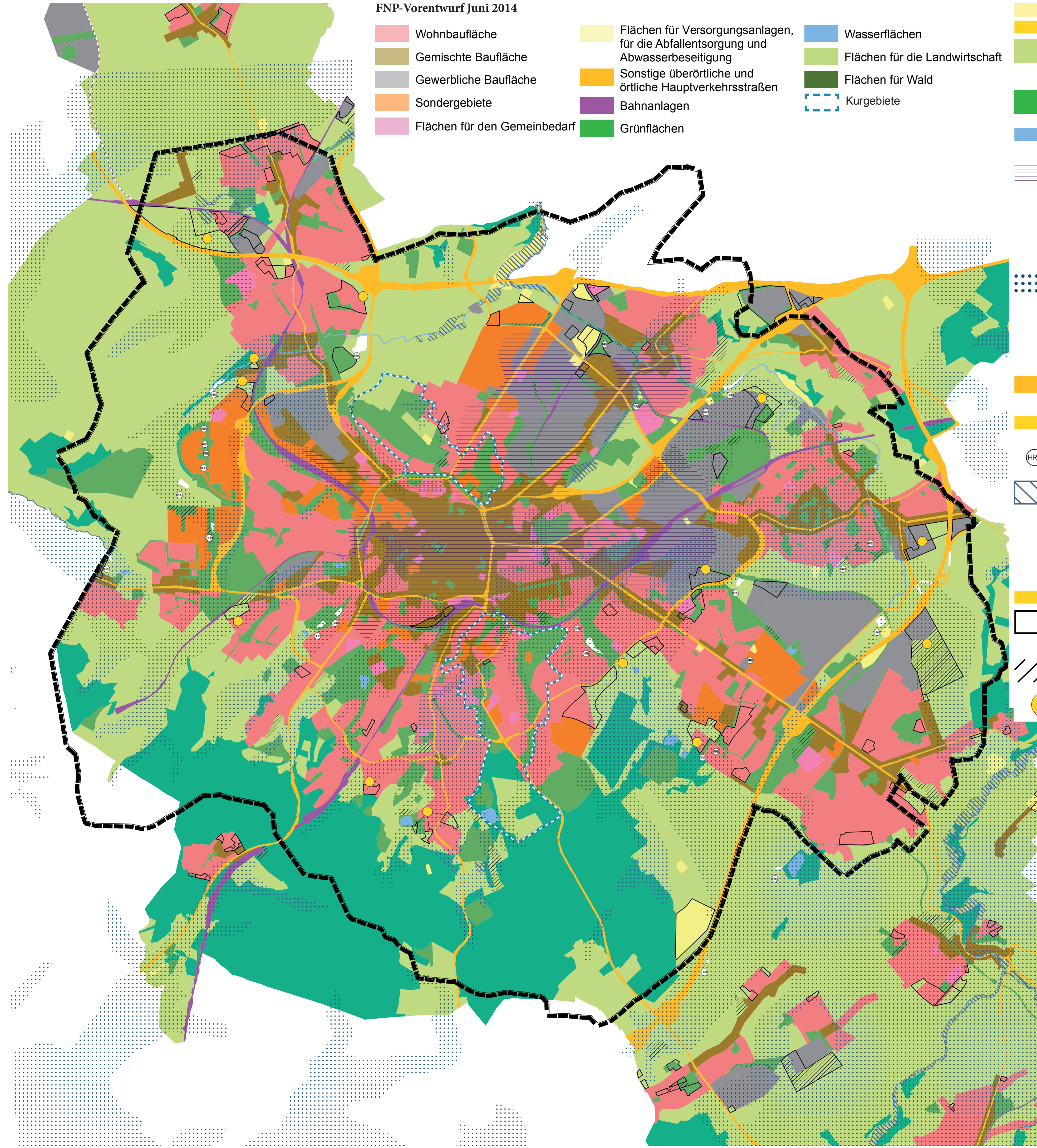
**ANPASSUNGSKONZEPT  
 AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS  
 IM AACHENER TALKESSEL**

**PLAN 4 – GESAMTKARTE STADTKLIMA**

**Auftraggeber:**  
 Stadt Aachen | Fachbereich Umwelt  
  
**Bearbeitung:**  
 BKR Aachen Noky & Simon, Partnerschaft  
 Stadtplaner, Umweltplaner, Landschaftsarchitekt  
 in Kooperation mit  
 RWTH Aachen, Geographisches Institut  
 Lehr- und Forschungsgebiet Physische Geographie und Klimatologie

FNP-Vorentwurf Juni 2014

- Wohnbaufläche
- Gemischte Baufläche
- Gewerbliche Baufläche
- Sondergebiete
- Flächen für den Gemeinbedarf
- Flächen für Versorgungsanlagen, für die Abfallentsorgung und Abwasserbeseitigung
- Sonstige überörtliche und örtliche Hauptverkehrsstraßen
- Bahnanlagen
- Grünflächen
- Wasserflächen
- Flächen für die Landwirtschaft
- Flächen für Wald
- Kurgebiete



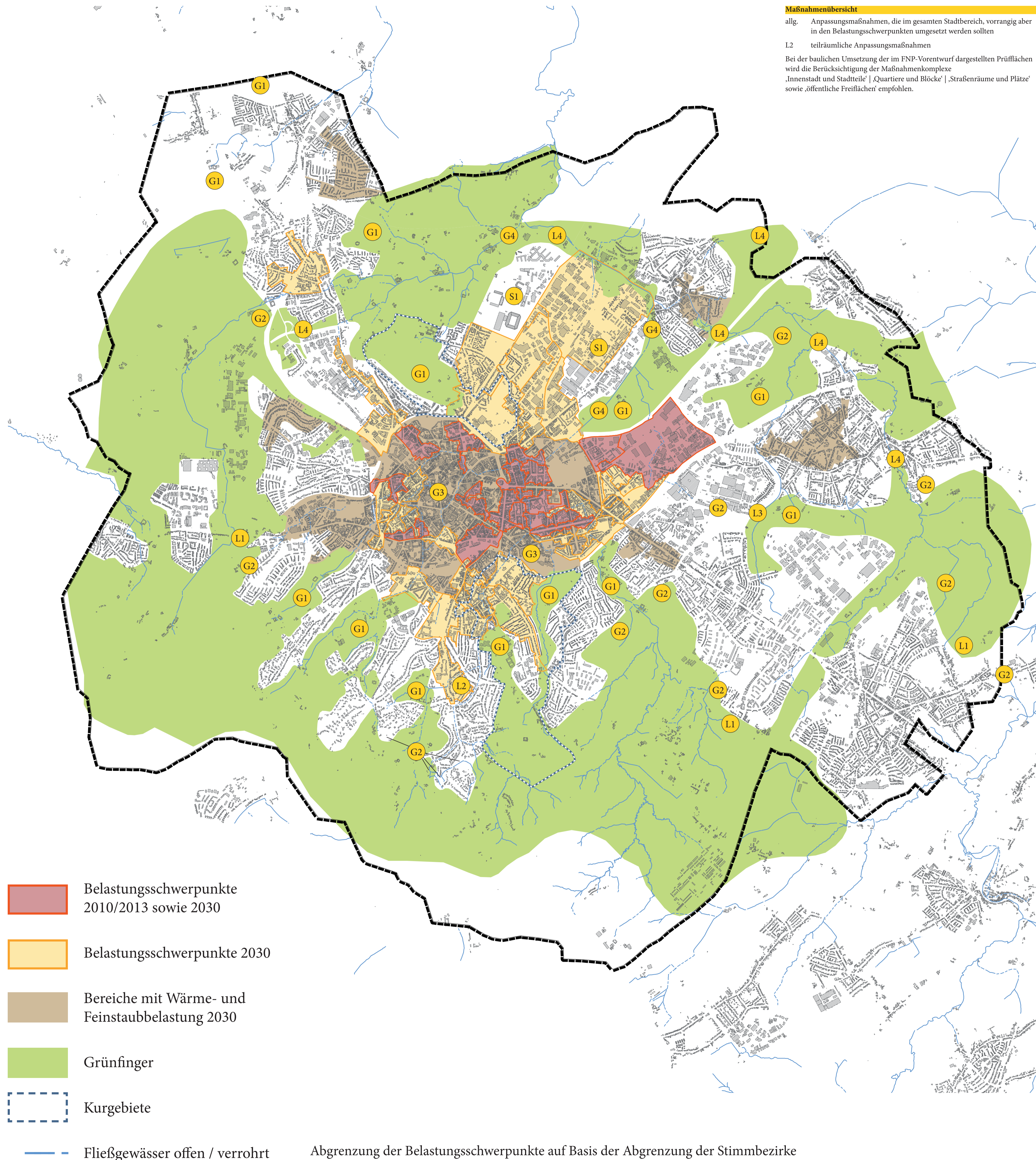
Handlungsoptionen der Klimaanpassung	Darstellungen, Kennzeichnungen, Hinweise im FNP
<b>Reduzierung der Hitzebelastung</b>	
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #6aa84f; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span>	Gebiete mit wichtigen Klimafunktionen, bspw. Landwirtschaftsflächen und Wald mit Funktionen als Kalt- und Frischluftentstehungsgebiete und Transportbahnen oder durchgängige Grünstrukturen
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #228b22; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span>	potenzielle Gunsträume, bspw. klimaökologische Komfortinseln im Siedlungsbereich 'Klima-Oasen' oder Erholungs- und Ausgleichsflächen
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #4682b4; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span>	Erhalt und Offenlegung von Gewässern
<b>Vorsorgebereich Stadtklima</b>	
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border-bottom: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span>	Risikobereiche: Quartiere mit ausgeprägten Hitzeinseln und / oder anderen Belastungen (städtebauliche Missstände)
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border-bottom: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span>	Siedlungsstrukturen mit Erfordernis zur Verbesserung des Lokal- und Bioklimas durch bauliche, gestalterische, technische Maßnahmen (Überlagernde Darstellung von Wohnbauflächen, Gemischten Bauflächen, Gewerblichen Bauflächen, Sondergebieten, Flächen für den Gemeinbedarf, Flächen für Versorgungsanlagen)
<b>Belüftungsbahn Stadtklima</b>	
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px dotted black; margin-right: 5px;"></span>	Bereiche mit einer Belüftungsfunktion für die Aachener Kernstadt, insbesondere für den 'Vorsorgebereich Stadtklima'
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px dotted black; margin-right: 5px;"></span>	Neuausweisungen von Bauflächen innerhalb dieser Belüftungsbahnen nur unter der Maßgabe, dass keine maßgebliche Verschlechterung der Kaltluftströme resultiert.
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px dotted black; margin-right: 5px;"></span>	demensprechende Modifikationen künftiger Baufelder, Bauweise, Baukörperstellung, Gebäudehöhe und Nutzungsintensität. Höhe und Anordnung der baulichen Anlagen sind an Mächtigkeit und Richtung des Kaltluftstroms zu orientieren
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #ffa500; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span>	Anpassung vulnerabler Verkehrs- und Versorgungsinfrastrukturen bzgl. Aufrechterhaltung von Transport- und Lieferwegen im Katastrophenfall
<b>Anpassung des Wasserhaushaltes</b>	
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; margin-right: 5px;"></span>	Schutz von Stadtquartieren, Gebäuden und vulnerablen Infrastrukturen vor Auswirkungen von Starkregen durch natürliche, bauliche und/oder technische Schutzmaßnahmen
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; border-bottom: 1px dashed black; margin-right: 5px;"></span>	Schutz von Siedlungsbereichen, Industrie- und Gewerbestandorten, vulnerablen Infrastrukturen vor Überflutungen, Überschwemmungen, Hochwasser. Vermeidung von Neubebauung in hochwassersensiblen Gebieten
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; border-bottom: 1px dashed black; margin-right: 5px;"></span>	Dauerhafte Sicherung der Erschließung, insbesondere der Wasserversorgung (und der Trinkwasserqualität) für die Wohnbevölkerung, Wirtschaft und Landwirtschaft
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; border-bottom: 1px dashed black; margin-right: 5px;"></span>	Maßnahmen zum Erosionsschutz sowie zur Erhaltung von Lebensraumfunktionen
<b>Sonstige Maßnahmen / Stadtplanung</b>	
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span>	potenzielle Baugebiete, Prüfflächen der Umweltprüfung zum FNP-Vorentwurf (Stand 06/2014): klimagerechte Gestaltung neuer Siedlungsbereiche (Verhältnis Bauflächen - Freiflächen; Ausrichtung und Gestaltung der Baukörper ...)
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; border-bottom: 1px dashed black; margin-right: 5px;"></span>	Rücknahme von Bauflächen im FNP-Vorentwurf gegenüber dem rechtswirksamen FNP
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; border-bottom: 1px dashed black; margin-right: 5px;"></span>	Empfehlung: Verzicht auf Nutzung / Bebauung (stadt-)klimatisch nicht geeigneter Standorte, klimagerechte Anpassung der beabsichtigten Nutzung / Bebauung nur in Ausnahmefällen

**ANPASSUNGSKONZEPT  
AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS  
IM AACHENER TALKESSEL**

**PLAN 5 – EMPFEHLUNGEM FÜR DIE  
UMSETZUNG IN DEN FNP**

**Auftraggeber:**  
Stadt Aachen | Fachbereich Umwelt

**Bearbeitung:**  
BKR Aachen Noky & Simon, Partnerschaft  
Stadtplaner, Umweltplaner, Landschaftsarchitekt  
in Kooperation mit  
RWTH Aachen, Geographisches Institut  
Lehr- und Forschungsgebiet Physische Geographie und Klimatologie



- Belastungsschwerpunkte 2010/2013 sowie 2030
- Belastungsschwerpunkte 2030
- Bereiche mit Wärme- und Feinstaubbelastung 2030
- Grünfinger
- Kurgelände
- Fließgewässer offen / verrohrt

Abgrenzung der Belastungsschwerpunkte auf Basis der Abgrenzung der Stimmbezirke

**Maßnahmenübersicht**  
 allg. Anpassungsmaßnahmen, die im gesamten Stadtbereich, vorrangig aber in den Belastungsschwerpunkten umgesetzt werden sollten  
 L2 teilräumliche Anpassungsmaßnahmen  
 Bei der baulichen Umsetzung der im FNP-Vorentwurf dargestellten Prüfflächen wird die Berücksichtigung der Maßnahmenkomplexe 'Innenstadt und Stadtteile' | 'Quartiere und Blöcke' | 'Straßenräume und Plätze' sowie 'öffentliche Freiflächen' empfohlen.

**Gesamtstädtisch**  
 allg. Gewährleistung einer ausreichenden Durchlüftung der Siedlungsstruktur  
 G1 Erhaltung und Entwicklung von Luftaustauschbahnen, die nachts auch als Kaltluftbahnen wirken:  
 Freihaltung der Grünfinger ohne weitere Verdichtung der baulichen Randbereiche, Verringerung der Oberflächenrauigkeit  
 G2 Verzicht auf Bebauung (stadt-)klimatisch nicht geeigneter Standorte, ggf. klimagerechte Anpassung der beabsichtigten Bebauung  
 allg. Verbesserung des Abkühlungspotentials in offenen Baustrukturen durch großräumige Erhöhung des Grünvolumens  
 allg. Schaffung von sommerkühlen Klimaoasen in Gebieten mit geschlossenen Bebauungsstrukturen durch Aktivierung von größeren und kleineren Grünflächen  
 allg. Verringerung des Emissionsaufkommens (Stadt der kurzen Wege)  
 allg. Auslagerung von klimasensiblen Nutzungen aus klimatisch stark belasteten Bereichen (in Abgleich mit anderen Anforderungen)  
 G3 Offenlegung/Anlage von Gewässern, naturnahe Gestaltung  
 G4 Freihaltung überschwemmunggefährdeter Bereiche  
 allg. Festlegung bioklimatischer Belastungsgebiete als aktionsorientierte Gebietskulisse zur Durchführung von Sanierungsmaßnahmen mit den Mitteln der Beratung, Moderation und Förderung sowie im Dialog mit Eigentümern und Nutzern

**Teilräumlich:  
 Entwicklung und Wiederherstellung von Luftleitbahnen**  
 L 1 Kaltluft-Überströmungsbereiche Freund, Grauenhof und Gemmicher Weg:  
 Klärung der genauen Strömungsvorgänge, Bewertung der Bedeutung (in Bearbeitung); einstweilen Verzicht auf Veränderungen in den fraglichen Bereichen  
 L2 Würmeinzugsgebiet Burtscheid:  
 starke Verbauung des gesamten Talbereichs gegeben, kaum substanzuell rückholbar. Kombination aus Entseigelungs- und „Entbuschungs“konzept sinnvoll.  
 L3 Talmulde Eisenbahnweg / Philips-Gelände:  
 Sichern der bisherigen Freiflächen insbesondere am Übergang zum Freiraum (bis zum Haarachtal). Detailprüfung, ob bestehende Verengungen beseitigt bzw. wie das Industriegebiet insgesamt bei baulichen Veränderungen umgestaltet werden kann / muss.  
 L4 Haarachtal / Wildachtal:  
 Gesamtkonzept erforderlich. Mehrere Abschnitte mit ungünstiger Bebauungs- / Bepflanzungssituation, Sanierung aus klimatischer Sicht langfristig nicht ganz ohne bauliche Eingriffe möglich

**Innenstadt und Stadtteile**  
 allg. Gewährleistung ausreichender Grünflächenanteile (Verknüpfung mit dem Klimaziel: Schaffung von Klimaoasen), Erhaltung und Schaffung neuer klimawirksamer Grün- und Freiflächen  
 allg. Schaffung von Beschattungssystemen (Bäume, Schattendächer, Sonnensegel etc.)  
 allg. Schaffung offener (bewegter) Wasserflächen  
 allg. Schaffung dezentraler Versickerungs- / Rückhalteanlagen  
 S1 Entseigelung und Begrünung von Großparkplätzen und anderen großflächig versiegelten Flächen (Entseigelungsprogramm)

**Quartiere und Blöcke**  
 allg. Begrünungsmaßnahmen baulicher Anlagen - auch im Bestand  
 Dachbegrünung / Dachbegrünungsprogramm in Verbindung mit gestuften Erlässen von Abwassergebühren (Anreizprogramm)  
 Fassadenbegrünung / Fassadenbegrünungsprogramm  
 Vertikale Begrünung  
 allg. Reduzierung des Versiegelungsgrades im Bestand (Entseigelungsprogramm)  
 allg. Begrenzung des Versiegelungsgrades bei Neuplanungen (Steuerung über bebaubare / nicht überbaubare Bereiche, GRZ); Begrünung nicht überbaubarer Flächen  
 allg. Neuplanung: klimagerechte Bebauung (Standortwahl, Bauweise, Ausrichtung, Stellung, Abstand und Höhe, Festlegung Erdgeschossfußbodenhöhen, Materialwahl)  
 allg. Vermeidung geschlossener Blockrandstrukturen  
 allg. Technische Optimierung und architektonische Anpassung  
 allg. Erhöhung der Albedo und dadurch verstärkte Reflektion der Sonnenstrahlung durch hellere Baumaterialien  
 allg. Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung (Flutmulden, Versickerungsanlagen)  
 allg. Berücksichtigung von Notwasserwegen

**Straßenräume und Plätze**  
 allg. Begrünung von Straßenräumen und Parkplätzen mit stadtklimafesten Bäumen (Verschattung, Verdunstung) in Abgleich mit Luftaustauschfunktionen  
 allg. Beschattung von Haltestellen des ÖPNV  
 allg. Reduzierung des Versiegelungsgrades  
 allg. Anpassung des Straßenbelags an stärkere Temperaturschwankungen  
 allg. Gestaltung von Verkehrsflächen mit Materialien mit geringerer Wärmespeicherfähigkeit  
 allg. Gestaltung von Straßenquerschnitten als Stauraum bei Starkregen (in Abgleich mit den Anforderungen an Barrierefreiheit)

**öffentliche Freiflächen**  
 allg. Erhalt aller Grünflächen in den Belastungsschwerpunkten  
 allg. Freiraumvernetzung, auch durch Neuanlage kleinerer Grün- und Freiflächen im Siedlungsraum (Mindestgröße 1 ha)  
 allg. Optimierung der Kühlungswirkung von Grünflächen („Baum-Wiesen-Landschaft“ ohne dichte Gehölzränder und hohe bodendeckende Vegetation oder Stauden)  
 allg. Anpassung der Baumartenwahl (Trockenheitsresistenz, geringe Tendenz zur Bildung von Ozonvorläufern)  
 allg. Anpassung der Grünflächenpflege (Bewässerung, Kontroll- und Pflegemechanismen)  
 allg. Funktionsmischung: multifunktionale Grün- und Freiflächen zur Regenwasserrückhaltung und -versickerung („versickerungssoffene Flächen“)  
 allg. Kopplung von Regenwasserbewirtschaftung und notwendiger Wasserversorgung der Grünflächen

# ANPASSUNGSKONZEPT AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS IM AACHENER TALKESSEL

## PLAN 6 – VORSCHLÄGE FÜR ANPASSUNGSMASSNAHMEN

**Auftraggeber:**  
 Stadt Aachen | Fachbereich Umwelt

**Bearbeitung:**  
 BKR Aachen Noky & Simon, Partnerschaft  
 Stadtplaner, Umweltplaner, Landschaftsarchitekt  
 in Kooperation mit  
 RWTH Aachen, Geographisches Institut  
 Lehr- und Forschungsgebiet Physische Geographie und Klimatologie