



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT

MIKROKLIMAADAPTION IM URBANEN RAUM:

Eine klimasensitive Stadtplanung
für Südtirols Landeshauptstadt

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
einer Diplom-Ingenieurin
unter der Leitung von

Senior Scientist Dipl.-Ing. Dr.in techn. Katrin Hagen

E260-02

Institut für Städtebau, Landschaftsarchitektur und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Isabelle Kofler

11711321

Kurzfassung

Der Klimawandel gilt mittlerweile als einer der größten globalen Risiken. Die nächsten Jahrzehnte werden geprägt sein von Klimakatastrophen und Wetter-Extremereignissen. Klimaschutz und Klimaanpassung sind keine Option mehr, sondern eine Notwendigkeit. Urbane Siedlungen und Städte, die den Großteil der Bevölkerung beherbergen, werden die gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Folgen der Klimaänderungen wohl am meisten zu spüren bekommen und sind deswegen besonders fragil. Sie sind gleichzeitig die größten Opfer und Täter des Klimawandels. Klimaresilienz in urbanen Gebieten ist von großer Dringlichkeit. Während der Klimaschutz schon zunehmende Verbreitung findet, ist das Thema der Klimaanpassung meist nur eine beiläufige Erwähnung wert.

Die vorliegende Arbeit versucht die Handhabung zukünftiger, extremer Wetterkonditionen für Städte darzustellen. Es wird erörtert, wie sich der Klimawandel auf urbane Siedlungen auswirkt und mit welchen klimaadaptiven Maßnahmen und Strategien man dem entgegenwirken kann. Die klimasensitive Stadtplanung weist zukunftsgerechte Strategien im Umgang mit dem Klimawandel vor. Dabei wird besonders auf die Themen der Urbanen Hitzeinsel und des Regenwassermanagements eingegangen, im Sinne von nature-based-solutions. Gezielte städtebauliche Eingriffe, wie beispielsweise das Schwammstadt-Prinzip für die Retention von Wasser und gleichzeitiger Kühlung der Stadt, werden behandelt und konkretisiert. Die Arbeit soll ein Bewusstsein für die Thematik schaffen, sodass die Klimaadaptation zukünftig bei der Planung mitberücksichtigt wird.

Der Fokus der Arbeit liegt auf der Autonomen Provinz Bozen - Südtirol, genauer gesagt auf der Hauptstadt Bozen und ihr Umgang mit den Klimaveränderungen in der Stadtplanung. Das Aufgearbeitete wird in einem mikroklimatischen Entwurf umgesetzt, der Bauplatz dafür liegt im Stadtteil Gries-Quirein, bzw. entlang der Freiheitsstraße zwischen Mazziniplatz und Siegesplatz. Der Standort bedarf eines dringenden Eingriffes im Hinblick auf Klimaanpassungsmaßnahmen.

Abstract

Climate change is now considered one of the greatest global risks. The coming decades will be shaped by climate catastrophes and extreme weather events. Climate mitigation and climate adaptation are no longer an option but a necessity. Urban settlements and cities, which are home to the majority of the population, will probably be most affected by the social, economic and ecological consequences of climate change the most and are therefore particularly fragile. They are simultaneously the biggest victims and culprits of climate change. Climate resilience in urban areas is a matter of great urgency. While climate mitigation is becoming increasingly prevalent, the topic of climate adaptation is usually only mentioned in passing.

This thesis tries to explain the handling of future, extreme weather conditions for cities. It is being discussed how climate change affects urban settlements and which climate-adaptive measures and strategies can be used to counteract that. Climate-sensitive urban planning shows future-oriented strategies for dealing with climate change. The topics of the Urban heat island and rainwater management in the sense of natural-based solutions are specifically addressed. Targeted urban interventions, such as the sponge city principle for the retention of water and simultaneous cooling of the city, are discussed and specified. The work is intended to raise awareness about the topic so that climate adaptation will be taken into consideration during future planning.

The focus of this paper lies on the Autonomous Province of Bolzano - South Tyrol, more precisely its capital Bolzano, and its handling of climate change in urban planning. The processed will be implemented into a microclimatic design, the building site lies in the district of Gries-Quirein, more precisely the Corso della Libertà between Piazza Mazzini and Piazza della Vittoria. The location requires an urgent intervention regarding climate adaptation measures.

*„Die Zukunft soll man nicht voraussehen wollen,
sondern möglich machen.“*

Antoine de Saint-Exupéry

Danke...

...an meine Betreuerin Dr. Katrin Hagen, die mich von Anfang an bei meiner Diplomarbeit unterstützt hat und meinen Fokus beim Arbeiten auf das Wichtige gelenkt hat.

...an meine Eltern, die mich während meines gesamten Studiums bedingungslos unterstützt und den Rücken freigehalten haben, und an meinen Bruder David.

...an meinen Freund Fabian, der trotz Entfernung stets an meiner Seite gestanden ist und mich durch mein gesamtes Studium begleitet hat.

...an Olivia, die meine Studienzeit als gute Freundin sehr geprägt hat und mich immerzu motiviert hat.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
2	Der Klimawandel	10
2.1	Grundlagen zum Klimawandel	10
2.2	Klimaszenarien für Südtirol	11
2.2.1	Das Klima im Alpenraum und Südtirol	12
2.2.2	Bodenverbrauch/-versiegelung	13
2.2.3	Temperatur	14
2.2.4	Niederschlag	16
2.2.5	Extremmonate/Trockenheit	17
3	Die Stadt im Klimawandel	18
3.1	Grundlagen zur Stadt im Klimawandel	18
3.2	Folgen und Auswirkungen der Urbanisierung und des Klimawandels auf Städte	19
3.2.1	Höherer Bodenverbrauch im urbanen Raum	20
3.2.2	Höhere Temperaturen im urbanen Raum	20
3.2.2.1	Hitzebedingte Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen	21
3.2.3	Einfluss von Urbanisierung und anthropogener Hitze auf das städtische Mikroklima	23
3.2.4	Starkregen im urbanen Raum	25
3.2.5	Wasserknappheit und Dürren im urbanen Raum	27
4	Klimawandelanpassung im urbanen Raum	28
4.1	Die Anpassungsfähigkeit urbaner Räume an den Klimawandel	28
4.2	Klimaanpassungsmaßnahmen für den urbanen Raum	29
4.2.1	Entsiegelung	29
4.2.2	Materialien und Farben	30
4.2.3	Stadtmorphologie, Oberflächenbeschaffenheit und Wind	31
4.2.4	Kühlung der Gebäude	33
4.2.5	Grünflächen und Vegetation	33
4.2.5.1	(Stadt-)Bäume	36
4.2.5.2	Gründächer	37
4.2.5.3	Fassadenbegrünung	39
4.2.6	Wasser in der Stadt	39
4.2.6.1	Regenwassermanagement	41
4.2.6.1.1	Versickerung	42
4.2.6.1.2	Verdunstung	43
4.2.6.1.3	Rückhaltung / Retention	44
4.2.6.1.4	Ableitung	45
4.2.6.2	Wasserflächen und erlebbares Wasser	45
4.2.6.3	Schwammstadt	47
4.2.7	Sensibilisierung der Bevölkerung	48
4.3	Schlussfolgerung der urbanen Klimaanpassungsmaßnahmen	49
5	Internationale Stadtkonzepte und Praxisbeispiele der Klimaadaptation im urbanen Raum	50
5.1	Kopenhagen	50
5.1.1	Der „Cloudburst-Management Plan“ von Kopenhagen	50
5.1.2	Tasinge Plads, Kopenhagen	51

5.2	Rotterdam	52
5.2.1	Die Rotterdamer Klimawandelanpassungsstrategie und der „Waterplan 2“	52
5.2.2	Water Square Benthemplein, Rotterdam	53
5.3	Wien	54
5.3.1	Der „Urban Heat Islands – Strategieplan Wien“ (UHI-STRAT Wien)	54
5.3.2	Die Seebogensiedlung in der Seestadt Aspern, Wien	55
5.4	Barcelona	56
5.2.1	Barcelonas “Tree Master Plan 2017-37”	56
5.2.2	Barcelonas “Superblocks” in Eixample	57
5.5	Schlussfolgerungen und Ansätze für Bozens Stadtentwicklung	58
6	Rechtliche und politische Rahmenbedingungen der Klimaanpassung	60
6.1	Internationale Klimarahmenbedingungen	60
6.2	Klimarahmenbedingungen der Europäischen Union	61
6.3	Nationale Klimarahmenbedingungen in Italien	62
6.4	Klimarahmenbedingungen der Autonomen Provinz Bozen - Südtirol	63
6.5	Klimarahmenbedingungen der Gemeinde Bozen	65
6.6	Klimarahmenbedingungen mit Fokus auf Klimaanpassung im Städtebau	66
7	Städtebauliche und klimasensitive Analyse von Bozen	68
7.1	Geografie	68
7.2	Stadtgliederung und Bevölkerung	71
7.3	Flächenaufteilung	72
7.4	Wirtschaftliche Tätigkeiten	73
7.5	Mobilität	74
7.6	Naturräumlicher Kontext	75
7.6.1	Landschaftstypen und Hydrologie	75
7.6.2	Das urbane Ökosystem	77
7.6.3	Urbane Grünflächen	78
7.6.4	Gefahrenzonenplanung (GZP)	81
7.7	Das Klima von Bozen	82
8	Mikroklimaadaptive Planung in Bozen	86
8.1	Wahl und Analyse des Planungsgebietes	86
8.1.1	Der Standort	86
8.1.2	Potentiale des Gebietes	87
8.1.3	Mikroklimatische Analyse des Gebietes	96
8.2	Das Entwurfskonzept	98
8.2.1	Städtebauliches Konzept	98
8.2.2	Konzept der grünen Infrastruktur	99
8.2.3	Konzept der blauen Infrastruktur	106
8.2.4	Mobilitätskonzept	107
8.3	Der mikroklimaadaptive Entwurf	112
8.4	Umsetzung der rechtlichen Vorschriften	126
8.5	Conclusio	129
	Literaturverzeichnis	130
	Abbildungsverzeichnis	142

1 Einleitung

Das Klima verändert sich. Dieser Wandel zeigt sich vorwiegend an den erheblichen Temperaturänderungen. Der Weltklimarat der UNO (IPCC – International Panel on Climate Change) veröffentlicht regelmäßig Berichte, die den aktuellen Wissensstand zum Klimawandel zusammenfassen und auf Klimaänderungen verweisen. Die globale Durchschnittstemperatur steigt seit ca. einem Jahrhundert ungewöhnlich schnell an. Es gibt jedoch große regionale Unterschiede, was die Temperaturänderungen angeht. Südtirol wird die Auswirkungen des Klimawandels besonders stark spüren, da der südliche Alpenbogen dem mediterranen Klima ausgesetzt ist.

Durch die Autonomie und den hohen Lebensstandard erhält Südtirol als Region in den Alpen eine große Verantwortung und Vorbildfunktion beim Umgang mit den Klimaveränderungen. Insbesondere betroffen von der Hitze sind Gebiete in Südtirol, die sich in Höhenlagen unter 500 m ü.M. befinden. Dazu gehört u.a. Bozen als das Ballungsgebiet mit der höchsten Bevölkerungsdichte. Die Folgen der Klimaveränderungen für die Umwelt, die Wirtschaft und das Soziale werden Städte wie Bozen besonders fragil werden lassen.

Der aktuelle Risikobericht des Weltwirtschaftsforums (The Global Risks Report 2023) macht deutlich, wie weitgreifend der Klimawandel als einer der größten globalen Risiken ist. Klima- und naturbedingte Risiken führen die Top-Zehn-Liste der weltweiten Risiken an, die der Menschheit im kommenden Jahrzehnt bevorstehen werden. Im Zentrum der Risikowahrnehmung für das nächste Jahrzehnt stehen also Klima- und Umweltrisiken, auf die die Bevölkerung gar nicht vorbereitet ist. Im aktuellen Report werden erstmals die „Versäumnis der Eindämmung des Klimawandels“ („failure to mitigate climate change“) und die „Versäumnis der Anpassung an den Klimawandel“ („failure of climate change adaptation“) als zwei separate Risiken angeführt.



Abb. 1: Globale Risiken geordnet nach Schweregrad auf kurze und lange Sicht

Im Alltag wird fast immer das Wort „Klimaschutz“ verwendet, wenn über Maßnahmen gegen den Klimawandel geredet wird. Um dem Klimawandel entgegenzuwirken, braucht es jedoch zwei Schritte: Als Erstes geht es darum, Klimaschutzmaßnahmen zu treffen für die direkte Verringerung der Treibhausgasemissionen, und als zweiten Schritt sind Klimaanpassungsmaßnahmen für die Bewältigung der Folgen des Klimawandels erforderlich. Der Klimaschutz allein ist nicht genug, die Klimaauswirkungen sind schon zu spüren, weswegen Klimaanpassung unentbehrlich ist.

Unter Klimaschutz (engl. „climate change mitigation“) versteht man Maßnahmen und Strategien, den Klimawandel durch die Reduktion von Treibhausgasemissionen einzudämmen und so die Erderwärmung zu begrenzen. Wie im EU-Klimagesetz steht, so ist das Ziel Klimaneutralität bis 2050 zu erreichen, „sodass die Emissionen bis zu diesem Zeitpunkt auf netto null reduziert sind, und die Union strebt danach negative Emissionen an“ (Europäische Kommission 2021b: Art. 2).

Unter Klimaanpassung (engl. „climate change adaptation“) versteht man sämtliche notwendige Maßnahmen, um sich an die Folgen des Klimawandels anzupassen. Das Erreichen von Klimaresilienz ist das oberste Ziel. „Die zuständigen Organe der Union und die Mitgliedstaaten sorgen für kontinuierliche Fortschritte bei der Verbesserung der Anpassungsfähigkeit, der Stärkung der Widerstandsfähigkeit und der Verringerung der Anfälligkeit gegenüber Klimaänderungen [...]“ (Europäische Kommission 2021b: Art.5. Abs.1), so heißt es im EU-Klimagesetz. Die Anpassungsmaßnahmen richten sich gegen Klimagefahren (z.B. Dürren) und Klimaexposition (z.B. Hitzewellen).

Es ist mittlerweile bereits der Moment erreicht worden, in dem jegliche Klimapolitik die Folgen des Klimawandels nicht mehr verhindern kann, sondern nur noch einbremsen bzw. verringern. Genau deswegen sind Klimaanpassungsmaßnahmen für diese Folgen so grundlegend wichtig.

Klimaschutz und Klimaanpassung sind eng miteinander verbunden: Klimaschutz-Maßnahmen können gleichzeitig bereits Anpassungsmaßnahmen bilden. „Klimaaktionspläne“ vereinen Klimaschutz und Klimaanpassung und können so in Planungen und Strategien entsprechend miteingebaut werden. Zielführend wäre die Entwicklung einer allumfassenden Strategie, die sämtliche Sektoren, darunter den Verkehr, die Stadtplanung, das Wassermanagement etc., miteinschließt. Die Menschheit muss sich mehr denn je an das Klima anpassen, dies betrifft auch die Gestaltung von Siedlungs- und Freiräumen. Bei den sich häufenden Extremwetterereignissen wird bewusst, wie wenig Städte und Siedlungen tatsächlich auf diese Klimaentwicklungen vorbereitet sind.

Klimatologisch-meteorologische Daten und Umweltfaktoren fließen immer mehr in Planungen mit ein und beeinflussen diese in den verschiedensten Bereichen, wie z.B. dem Verkehr, der Raumordnung, der Bauwirtschaft usw. Anpassungsstrategien bilden wichtige Instrumente im heutigen Städtebau und werden zukünftig an Bedeutung zunehmen. Ebenso gilt es vorausschauend zu planen, also bereits die nächsten Generationen mitzudenken. Auch die relativ lange Zeit zwischen der Planung und Umsetzung der klimaadaptiven Strategien macht deutlich, wie notwendig es ist, jetzt umzudenken und neu zu planen.

2 Der Klimawandel

2.1 Grundlagen zum Klimawandel

„Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig“ (IPCC 2013/2014), so heißt es im Fünften Sachstandsbericht des IPCC (AR5) aus dem Jahr 2013. Der Konzentrationsanstieg der Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) ist auf den Menschen und seine Handlungen zurückzuführen. Der Anstieg dieser Treibhausgase ist der entscheidende Impuls des Klimawandels. Der Einfluss des Menschen auf das gesamte Klimasystem ist mittlerweile offensichtlich, nachweislich ist er in der Erwärmung der Atmosphäre und des Ozeans, in Veränderungen des globalen Wasserkreislaufs, in der Abnahme von Schnee und Eis, im Anstieg des mittleren globalen Meeresspiegels und in Veränderungen einiger Klimaextreme. Klimamodelle versuchen Änderungen im Klimasystem zu projizieren, die auf anthropogene Tätigkeiten zurückzuführen sind, sodass klimapolitische Entscheidungen getroffen werden können. Der Fünfte Sachstandsbericht des Weltklimarates aus dem Jahr 2013 hat dazu die gegenwärtigen Treibhausgasszenarien eingeführt. Diese „Repräsentativen Konzentrationspfade“, kurz RCPs („Representative Concentration Pathways“, angegeben in ppm) genannt, zeigen die zeitliche Entwicklung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre bis 2100 im Vergleich zu den vorindustriellen Werten von 1850. Insgesamt gibt es vier Szenarien, die nach ihrem ungefähren Strahlungsantrieb im Jahr 2100 bezogen auf 1850 benannt sind. Ausgehend von diesen RCP-Szenarien werden Klimamodelle entwickelt für zukünftige Klimavorhersagen. Das optimistischste-Szenario RCP2.6 (für $2,6 \text{ W/m}^2$) sieht eine Emissionsreduktion ab dem Jahr 2020 vor. Das Szenario RCP4.5 ($4,5 \text{ W/m}^2$) ist ein Zwischenszenario mit einer CO_2 -Reduktion ab dem Jahr 2040. Das RCP6.0 Szenario (für $6,0 \text{ W/m}^2$) zeigt eine Reduktion der Treibhausgase ab ca. 2080. Das RCP8.5 Szenario ($8,5 \text{ W/m}^2$) ist das business-as-usual Szenario und gleichzeitig auch das pessimistischste: Die Emissionen steigen kontinuierlich, es gibt keine Maßnahmen gegen den Klimawandel. Die globale Erdoberflächentemperatur steigt bei allen vier Szenarien an. (vgl. IPCC 2013/2014)

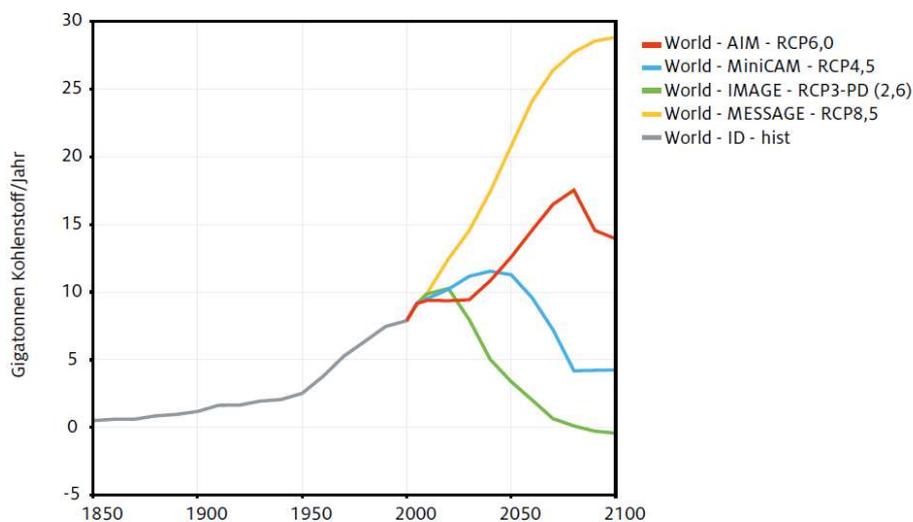


Abb. 2: Szenarien zur zukünftigen Entwicklung der globalen Treibhausgasemissionen

Im Zuge der 21. UN-Klimakonferenz in Paris im Jahre 2015 wurde sich das Ziel gesetzt, den globalen Temperaturanstieg durch die Treibhausgasemissionen auf 1,5°C bis zum Jahr 2100 zu begrenzen. Der IPCC hat zur Verwirklichung des 1,5°C Ziels einen Sonderbericht (IPCC 2018) dazu veröffentlicht. Mit der gegenwärtigen Zunahme der CO₂-Emissionen, wird die 1,5°C-Grenze voraussichtlich zwischen 2030 und 2052 erreicht werden. Die globale Erwärmung von 1,5°C kann durch Klimaneutralität bis 2050, also einer Senkung der Netto-CO₂-Emissionen auf null, aufgehoben werden. Die globale Erwärmung, die durch den Menschen verursachte Emissionen entsteht, wird laut Bericht „[J]ahrhunderte bis Jahrtausende bestehen bleiben und [...] weiterhin zusätzliche langfristige Änderungen im Klimasystem bewirken“ (IPCC 2018: 9). Die globale Erwärmung wird zu großen Klimaextremen führen, darunter Hitzeextreme und Starkniederschläge. Verschiedene Anpassungsmöglichkeiten würden jedoch sämtliche Klimarisiken verringern, wie z.B. städtische Gebiete durch grüne Infrastruktur, nachhaltige Landnutzung und -planung und nachhaltige Wasserwirtschaft (vgl. IPCC 2018: 14).

Der Sechste und letzte Sachstandsbericht des Weltklimarates aus den Jahren 2021 und 2022 berichtet von einer signifikanten Zunahme von Hitzeextremen, Starkregenereignissen und Dürren weltweit. Hunderte Millionen Menschen seien davon bedroht. Weiters besorgniserregend sei der globale Temperaturanstieg im Zeitraum 2011-2020 „[u]m 1,1°C, in Mitteleuropa um fast 2°C und im Alpenraum über 2°C“ (Sparber et al. 2022: 25). Bis zum Jahr 2100 soll für das RCP4.5 Szenario ein Temperaturanstieg von 2,7°C, für das RCP8.5 Szenario von 4,4°C erfolgen. Die globalen Klimafolgen wären irreversibel für Mensch und Natur. Klimaanpassungsmaßnahmen müssen verstärkt und besser koordiniert werden. Dazu bräuchte es ein Neudenken der Gesellschaft, v.a. da die ökonomischen Schäden sind nicht außer Betracht zu lassen: Eine Erwärmung von 3°C bedeute für Europa einen Schaden von 175 Mrd. €.

Anpassungsstrategien beruhen auf wissenschaftlichen Erkenntnissen, weswegen sie stets auf den neuesten Stand gebracht werden müssen. Die Analyse von Klimarisiken und Klimaszenarien bildet die Grundlage von Klimaanpassung. Die fortlaufende Weiterentwicklung der Strategien ist für die Behörden aller Ebenen wichtig. Es ist notwendig, die gegenwärtigen relevanten Forschungsergebnisse zu kennen, um dementsprechende Anpassungsstrategien zu entwickeln. Die folgenden Kapitel beschäftigen sich mit wichtigen (gegenwärtigen) Grundlagenkenntnissen, auf denen der spätere Entwurf aufgebaut ist.

2.2 Klimaszenarien für Südtirol

Klimavorhersagen und zukünftige Klimaszenarien sind immer mit Vorsicht zu betrachten. Zahlreiche Einflüsse sind relevant, Zusammenhänge sind komplex und Prognosen können nicht mathematisch gelöst werden. Mithilfe von Langzeitdaten zu Temperatur und Niederschlägen können allerdings Zukunftsszenarien entworfen werden. Als sicher gilt der fortschreitende Anstieg der Temperaturen, dies lässt sich durchaus belegen. Relativ unsicher sind Aussagen bzw. Vorhersagen in Bezug auf Niederschläge, einige Trends sind jedoch erkennbar. Für die vorliegenden Klimadaten für zukünftige Klimaszenarien wird sowohl auf das RCP4.5-Szenario, als auch auf das RCP8.5-Szenario eingegangen, da diese am relevantesten sind. Man kann in den Klimadaten feststellen, dass es bereits innerhalb

der Region Südtirol Schwankungen durch lokale Trends gibt. Das Land Südtirol verfügt durch die meteorologischen Stationen des Hydrographischen Amtes der Autonomen Provinz Bozen - Südtirol über genaue Klimamessungen der vergangenen 50 Jahre.

2.2.1 Das Klima im Alpenraum und Südtirol

Seit den 1970er Jahren sind die Temperaturen in Europa im Durchschnitt um $1,5^{\circ}\text{C}$ gestiegen, im Alpenraum im selben Zeitraum um ganze 2°C (vgl. Zebisch et al. 2018: 18). Die Alpen sind nicht nur das höchste Gebirge Europas, sondern gleichzeitig auch das am dichtesten besiedelte Hochgebirge der Welt. Durch ihre Lage in der Mitte Europas kommt es zu einer stärkeren Erwärmung der Alpen. Als Folge des Klimawandels kommt es zur Verschiebung der Wetterlagen. Die Alpen, ganz besonders die südlichen Alpen, haben zunehmend ein mediterranes Klima. Für dieses sind trockene, heiße Sommer und milde, feuchte Winter charakteristisch. Die Studie „Das Klima von Tirol - Südtirol - Belluno - Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft“, die im Zuge des Interreg-Projekts „3pclim“ erarbeitet wurde, weist darauf hin, dass die Temperaturen im Untersuchungsgebiet „um etwa $3,8^{\circ}\text{C}$ bis zum Ende des Jahrhunderts steigen werden“ (ZAMG et al. 2015: 95).

Die abgebildete Karte zeigt die zukünftige Temperaturentwicklung bis 2050 des Großraumes der Alpen im RCP4.5-Szenario. Klar zu erkennen ist die stärkere Erwärmung der (Süd-)Alpen im Vergleich zum restlichen Europa. Allein in Südtirol ist seit den 1960er Jahren die Durchschnittstemperatur im Sommer um $2,2^{\circ}\text{C}$ gestiegen, während sie in Bozen sogar um 3°C angestiegen ist (vgl. Zebisch et al. 2018: 21). Die Temperatur-Extremwerte nehmen somit lokal nochmal andere Ausmaße an. Besonders Bozen ist in Südtirol wohl am stärksten von den Klimaveränderungen betroffen. Diese zeigen sich sowohl in der Zunahme der Temperaturen und Anzahl der Tropennächte als auch der Veränderung der Häufigkeit und Intensität der Niederschläge.

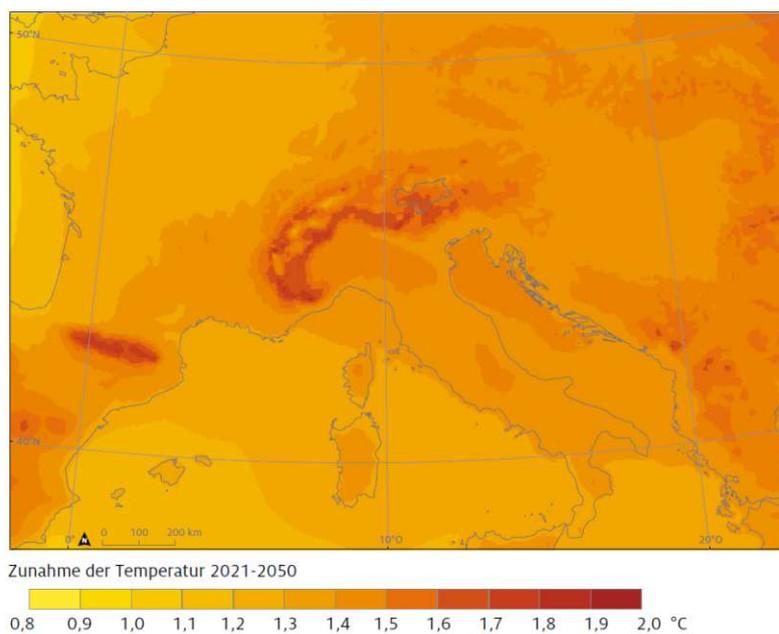


Abb. 3: Veränderung der Temperatur der nahen Oberfläche im Zeitraum 2021–2050, berechnet aus dem Durchschnitt der Euro-Codex RCP4.5 Ensemble Szenarien.

2.2.2 Bodenverbrauch/-versiegelung

Italiens Bodenverbrauch nimmt rasant zu: Zurzeit gehen jede Sekunde 2,2 m² natürlicher Landfläche verloren¹. Die Südtiroler Raumordnungspolitik sieht einen sparsamen Umgang mit der Ressource Boden vor. Dennoch weist das Land Südtirol eine fortschreitende Zunahme des Bodenverbrauchs auf. „Es gibt mehrere Datensätze, die Bodenversiegelung erfassen. [...] Alle Datensätze zeigen für die vergangenen Jahre bzw. Jahrzehnte einen Anstieg der versiegelten Flächen“ (Zebisch et al. 2018: 86). Ganze 75 Hektar Boden wurden jährlich zwischen 2006 bis 2019 im Durchschnitt versiegelt, 2016 waren es sogar ganze 190 Hektar. Innerhalb von 15 Jahren, also von 2006 bis 2020, nahm die versiegelte Bodenfläche in Südtirol um 0,13% zu. 2020 waren 2,7% des Provinzgebietes versiegelt, das entspricht etwas über 20.000 ha unfruchtbarer Fläche. Der versiegelte Flächenanteil Südtirols ist im italienischen Durchschnitt relativ gering: Südtirols Durchschnittswert liegt bei zwei bis drei Prozent, während dieser auf nationaler Ebene bei sechs bis sieben Prozent liegt. Südtirol bildet jedoch einen Ausnahmefall, denn es „[s]tehen in Südtirol nur rund 5.5 % der Landesfläche als Dauersiedlungsgebiet zur Verfügung, weil der Rest aus nicht besiedelbaren Gletscher-, Gebirgs-, Wald-, Wasser- und Schutzflächen besteht“ (Klimawandel Monitoring – Bodenversiegelung 2023). Die begrenzten Raumverhältnisse machen die Situation deswegen umso kritischer. Besonders die urbanen Gebiete weisen einen erhöhten Flächenverbrauch auf. Die Gemeinde Bozen hat in den Jahren 2020-2021 eine Fläche von zwei Hektar versiegelt. In der abgebildeten Karte sieht man dank detaillierter Satellitenbilder die erschreckende Versiegelung der Stadt und ihrer Umgebung.

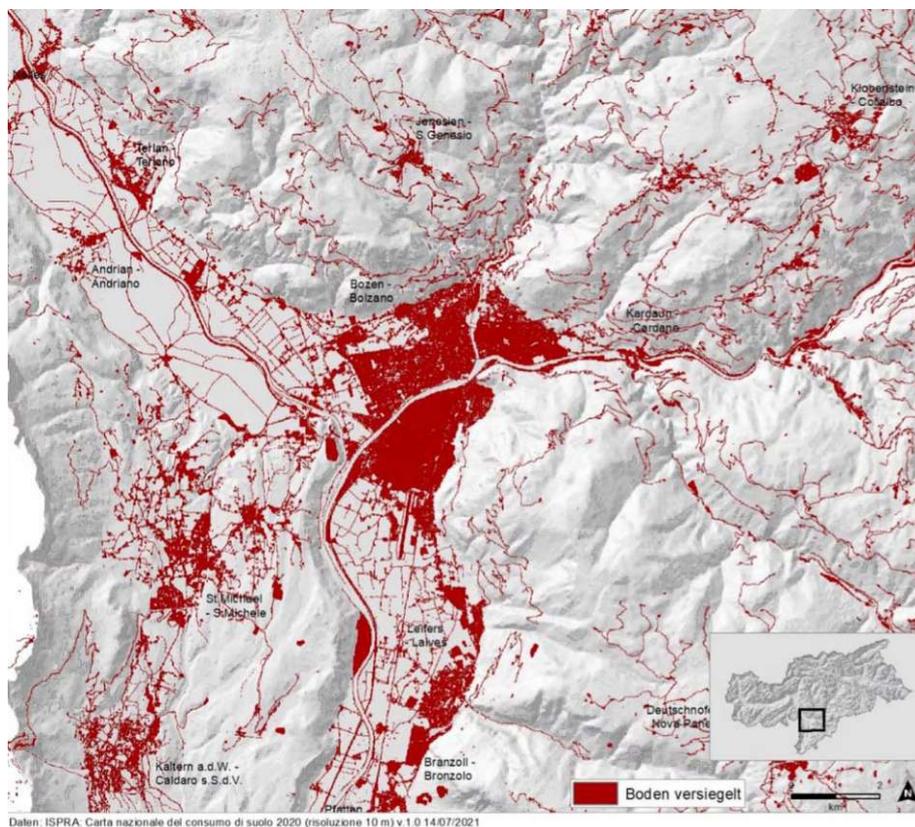


Abb. 4: Bodenversiegelung (in Rot) in und um die Gemeinde Bozen im Jahr 2020.

1 Die Daten zur Bodenversiegelung in Italien und Südtirol werden vom gesamtstaatlichen Institut für Umweltschutz und Forschung ISPRA („Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca ambientale“) zur Verfügung gestellt.

2.2.3 Temperatur

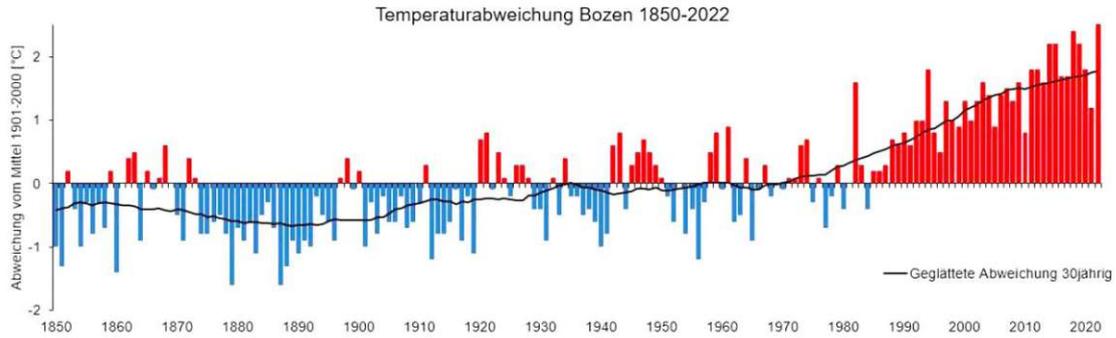


Abb. 5: Temperaturabweichung Bozen 1850-2022

In der Provinz Bozen - Südtirol gibt es einen klaren Anstieg der Jahrestemperaturen der letzten 40 Jahre. Seit 1980 ist die Jahresmitteltemperatur¹ in Südtirol im Durchschnitt um 2,0°C angestiegen. Dies bedeutet, dass pro Jahrzehnt die Temperatur um ca. 0,5°C zugenommen hat. Aufgrund von Klimamodellen ist es möglich, den weiteren Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur in Südtirol für die nächsten Jahrzehnte vorauszusagen. Die Temperaturentwicklungen sind jedoch von den Emissionsszenarien abhängig. So steigt im optimistischeren RCP4.5-Szenario die durchschnittliche Jahrestemperatur um 1,6°C bis zur Jahrhundertmitte an, bis 2100 liegt der Wert jedoch nur 2,2°C höher als im Jahr 2010. Im pessimistischen RCP8.5-Szenario beträgt die Jahresdurchschnittstemperatur im Jahr 2070 2,3°C und im Jahr 2100 4,2°C mehr als im Zeitraum von 1981-2010.

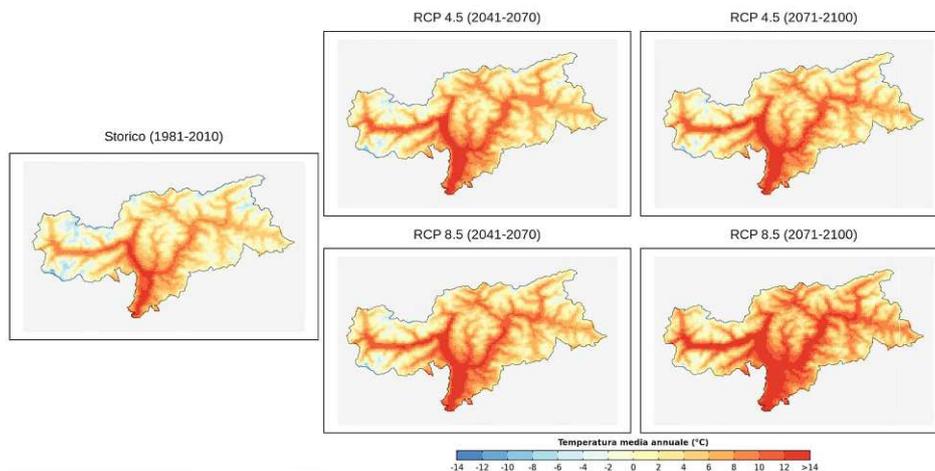


Abb. 6: Karten der Jahresmitteltemperaturen für Südtirol, dargestellt als 30-Jahres-Mittelwerte für den historischen Zeitraum 1981-2010, 2041-2070 und 2071-2100 gemäß den Emissionsszenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

Was Bozen angeht, so war 2022 das bislang wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen, daraufhin folgen 2018 und 2014. Bis zur Mitte des Jahrhunderts steigt die Temperatur in Bozen laut RCP4.5-Szenario im Sommer um 1,32°C, im Winter um 1,12°C, während das RCP8.5-Szenario einen Anstieg von 1,48°C im Sommer und 1,4°C im Winter vorsieht. Weitau dramatischer ist der Temperaturunterschied zwischen den zwei Emissionsszenarien für das Ende des Jahrhunderts: während im optimistischeren RCP4.5-

¹ Die Jahresmitteltemperatur, auch Jahresdurchschnittstemperatur genannt, setzt sich aus den gemessenen Tagesmitteltemperaturen zusammen.

Szenario der Temperaturanstieg 1,82°C im Sommer und 1,97°C im Winter beträgt, so sieht das pessimistische Szenario einen Anstieg von ganzen 5,18°C im Sommer und 4,80°C im Winter vor, was weitreichende Folgen für Gesellschaft und Natur hätte.

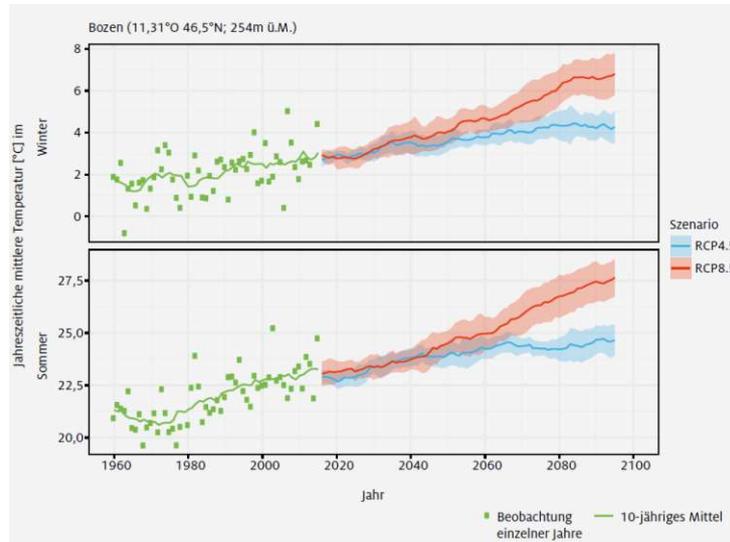


Abb. 7: Erwärmung in Bozen im Sommer und Winter und mögliche Temperaturentwicklung für die RCP-Szenarien 4.5 und 8.5

Weiters besorgniserregend ist der Anstieg der Tropennächte¹. Seit 1980 ist die Anzahl der Tropennächte in Südtirol signifikant gestiegen, es gibt im Durchschnitt vier Tropennächte mehr. Für die Landeshauptstadt stellt dieses Phänomen ein weitaus kritischeres Problem dar. Seit den 1960er Jahren stieg die Anzahl der Tropennächte um 8 an. Im Rekordjahr 2015 gab es in Bozen bereits 24 solcher Tage, an denen die Minimaltemperatur nicht unter 20°C sank. Die Prognose des RCP8.5-Szenarios für Bozen sieht vor, dass es bis zum Jahr 2100 mehr als 60 Tropennächte geben soll. Die Häufigkeit der Ereignisse wird zukünftig definitiv zunehmen, vor allem in den Gebieten unter 500 m ü. M. entlang des Etschtals, Bozen inklusive.

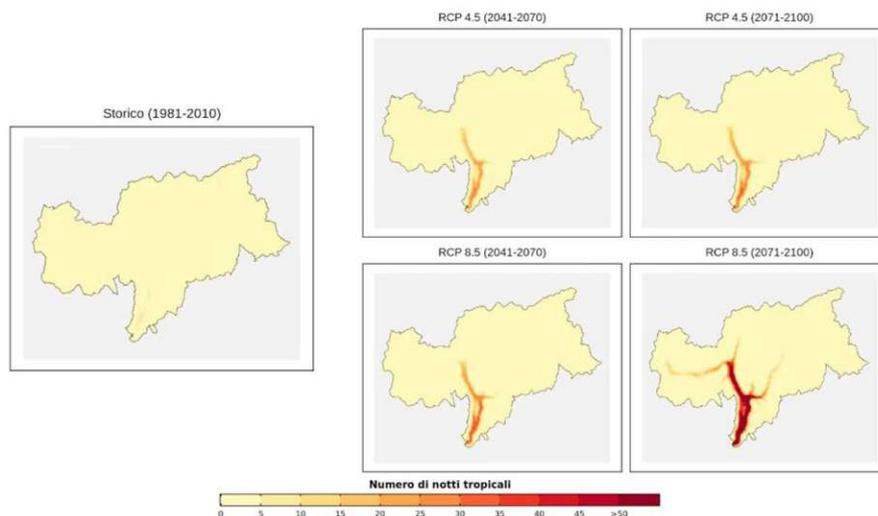


Abb. 8: Verteilung der jährlichen Tropennächte in Südtirol, dargestellt als 30-Jahres-Mittelwerte für den historischen Zeitraum 1981-2010, 2041-2070 und 2071-2100 gemäß den Emissionsszenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

1 Unter Tropennächten versteht man Nächte, in denen die Temperatur nicht unter 20°C sinkt. Die hohen Temperaturen in der Nacht haben besonders negative Folgen für die menschliche Gesundheit.

2.2.4 Niederschlag

In Südtirol werden seit 1981 durchschnittlich im Winter 39% und im Sommer 4% mehr Niederschlag gemessen (vgl. Klimawandel Monitoring – Niederschläge 2023). Es gibt große saisonale Niederschlagsschwankungen, die sehr ausschlaggebend für den Umgang des verfügbaren Wassers sind. Die Zeiträume der Niederschläge werden halbjährig betrachtet. Im Sommerhalbjahr regnet es seit jeher mehr als im Winter. Dabei ist klar erkennbar, dass im Osten des Landes der stärkste Niederschlag fällt. Allgemein lassen sich für Südtirol keine fixen Trends bzgl. Niederschlägen erkennen, die Niederschlagsmengen schwanken jährlich. Zukünftig werden diese Niederschlagsschwankungen gleichbleiben, es wird somit keine bedeutenden Veränderungen der Niederschläge geben. Die Sommerniederschläge werden auch zukünftig gleich fortbestehen, während es bei den Winterniederschlägen zu einem leichten Anstieg kommen wird. Beide Emissionsszenarien weisen jedoch keine allzu großen Unterschiede auf. Bis 2100 nimmt der Niederschlag im RCP4.5-Szenario durchschnittlich um 12% zu, im pessimistischeren RCP8.5-Szenario um rund 14% im Vergleich zum Zeitraum 1981-2010. Wesentlicher ist die räumliche Neuverteilung der Niederschläge zwischen beiden Szenarien.

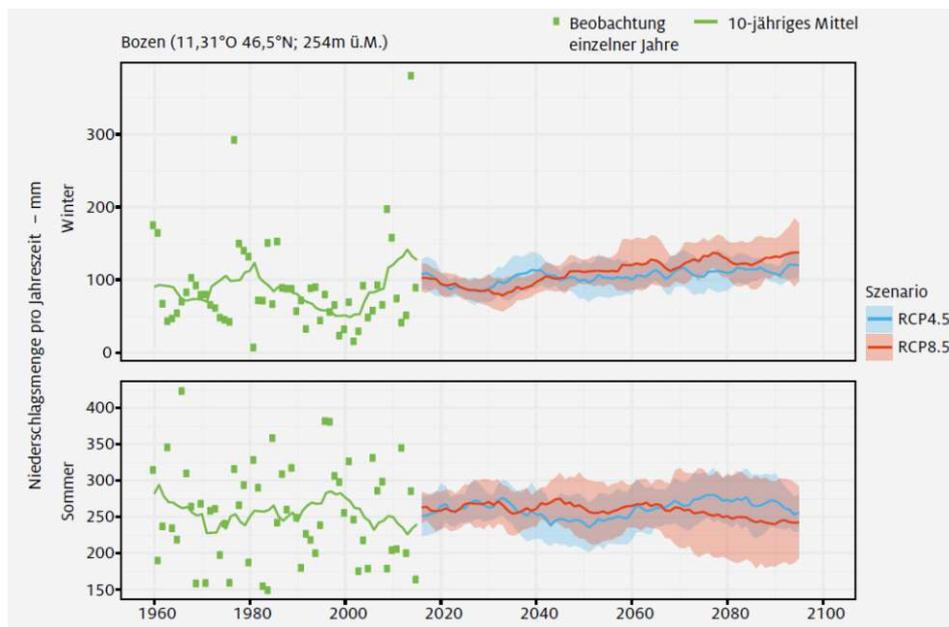


Abb. 9: Niederschläge pro Saison in Bozen

In Bozen, aber auch im restlichen Südtirol, wurde in den letzten Jahrzehnten beobachtet, dass der Regen zunehmend als Starkregen fällt. Dieses Phänomen tritt vor allem im Sommer zusammen mit Gewittern auf. Zunehmende Starkregenereignisse bzw. Gewitter bedeuten zunehmende Gefahren vor Erdrutschen, Überschwemmungen und Schäden von Infrastruktur. Seit 1980 haben die jährlichen Starkniederschlagsmengen um 107mm zugenommen, was etwa 27mm pro Jahrzehnt ausmacht. Zukünftig wird ein Anstieg der Starkregenereignisse erwartet, dies weisen beide Emissionsszenarien auf. Das RCP8.5-Szenario zeigt eine Zunahme von rund 29% und das RCP4.5-Szenario von rund 22% im Vergleich zum Zeitraum 1981-2010.

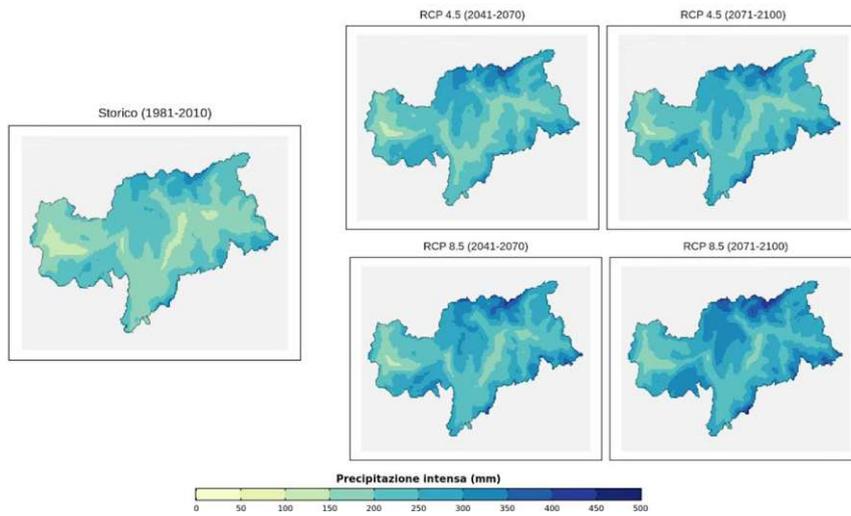


Abb. 10: Karten der jährlichen Starkniederschlagswerte für Südtirol, dargestellt als 30-Jahres-Mittelwerte für den historischen Zeitraum 1981-2010, 2041-2070 und 2071-2100 gemäß den Emissionsszenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.

2.2.5 Extremmonate / Trockenheit

Zukünftig werden in Südtirol „[v]or allem im Sommer die Monate mit Trockenheit zunehmen“ (Zebisch et al. 2018: 24). Für den Großteil Südtirols wird in Zukunft mit einer Zunahme der extrem trockenen Monate gerechnet, besonders nach 2040 steigt die Anzahl stark an. Extrem feuchte Monate nehmen ebenfalls zu, jedoch nicht so erheblich wie die trockenen Phasen. Zusammenfassend gilt für Südtirol, dass die Sommer „heißer und trockener werden, mit entsprechenden Hitze- und Trockenheitsextremen“ (Zebisch et al. 2018: 24), die Winter hingegen milder und feuchter. Der Trockenheitsindex SPEI (Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index) ermittelt, „[w]ie viele Monate in einer bestimmten Periode stark unter- oder überdurchschnittlich trocken sind“ (Zebisch et al. 2018: 24). Dabei wird die Wasserbilanz zwischen Niederschlag und Evapotranspiration betrachtet. Der Trockenheitsindex SPEI12 zeigt im RCP8.5-Szenario für Bozen einen Anstieg von extrem trockenen und feuchten Monaten. Die Trockenphasen sind dabei besonders ausgeprägt.

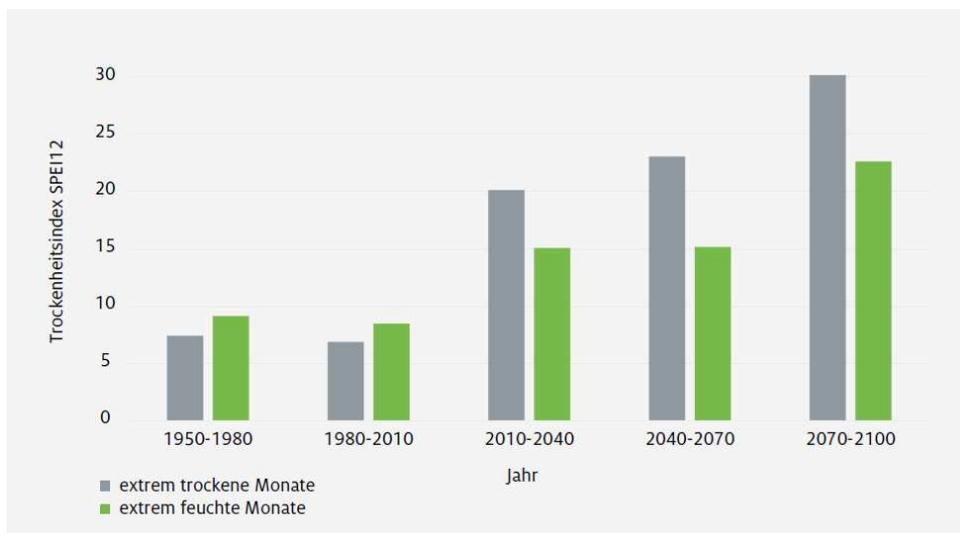


Abb. 11: Anzahl von extremen Monaten in einer 30-jährigen Periode in Bozen

3 Die Stadt im Klimawandel

3.1 Grundlagen zur Stadt im Klimawandel

Städte sind komplexe Gebilde, in denen soziale, ökologische und physische Systeme auf geplante und ungeplante Weise interagieren. Siedlungen mit mehr als 20.000 Einwohnern gelten in fast allen Ländern als städtisch. Urbane Siedlungen sind eindeutig städtische Zentren, in denen ein Großteil der wirtschaftlich aktiven Bevölkerung ihren Lebensunterhalt mit Produktion oder Dienstleistungen bestreitet. (IPCC 2022d: 915)

Städte stehen an vorderster Front des Klimawandels. Weltweit lebt heute jeder zweite Mensch in einer Stadt, bis 2050 werden voraussichtlich 75% der Weltbevölkerung in Städten leben. Städte sind die Hauptschuldigen und gleichzeitig die Hauptopfer des Klimawandels. Sie verursachen etwa 70% der weltweiten CO₂-Emissionen und sind damit richtige Treiber und Hotspots des Klimawandels. Städte sind daher entscheidend bei klimapolitischen Zielen. Urbane Gebiete und Städte bringen Menschen zum Arbeiten und Leben zusammen. Sie sind künstlich geschaffene Systeme und haben deshalb keine autonome Resilienz, weshalb menschliches Handeln zur Anpassung an Veränderungen von Notwendigkeit ist. Laut IPCC (2022d: 909) sei in allen Städten und städtischen Gebieten die Gefährdung von Menschen und Vermögenswerten durch Gefahren im Zusammenhang mit dem Klimawandel gestiegen. Städte sind zudem besonders gefährdet aufgrund der hohen Konzentration an Menschen und Wirtschaftsgütern (vgl. EEA 2016: 18). Urbane Gebiete sind dem Klima gleich ausgesetzt wie ihre Umgebung, jedoch können sie eigenständig durch ihre Form und sozioökonomische Aktivität das Mikroklima der Stadt verändern (vgl. EEA 2016: 18).

Die WMO (Weltorganisation für Meteorologie) definiert das Stadtklima als ein gegenüber dem Umland verändertes Lokalklima. Dieses ist charakterisiert durch veränderte Verhältnisse der Temperatur, des Niederschlags, der Strahlung, des Windes, der Feuchte und Luftqualität. Lokale Klimaauswirkungen haben grenzübergreifende Folgewirkungen auf die Region oder sogar weltweit. Ein städtisches Mikroklima (auch Kleinklima genannt) ist das charakteristische Klima in einem kleinen städtischen Gebiet und wird durch den Einfluss der bebauten Umwelt auf die klimatischen Bedingungen im größeren Maßstab bestimmt (Esch 2015: 33).

Städte werden neben den Klimaprozessen somit auch durch die lokale Urbanisierung und anthropogene Einwirkungen stark beeinflusst. Die Berücksichtigung der Folgen und Risiken des Klimawandels bei der Gestaltung und Planung von Städten und urbanen Siedlungen ist entscheidend für ihre Resilienz (vgl. IPCC 2022b: S.24). Der Klimawandel wird mit der physischen Umgebung in Städten interagieren und Klimarisiken schaffen oder verschärfen (vgl. IPCC 2022d: 993). Laut der Europäischen Umweltagentur EEA (2020: 9) stellen Hitzewellen, Starkniederschläge, Überschwemmungen und Dürren die größten Klimabedrohungen für europäische Städte dar und haben auch die größten Auswirkungen. Für eine klimasensible Stadtplanung und nachhaltige Stadtentwicklung müssen zuallererst die Prozesse innerhalb einer Stadt verstanden und die Auswirkungen des Klimawandels auf das urbane Mikroklima bewertet werden. Die folgenden Kapitel widmen sich dem

Verständnis der klimatischen Prozesse, die innerhalb der Stadt passieren und wieso sie die Hotspots der globalen Erwärmung sind.

3.2 Folgen und Auswirkungen der Urbanisierung und des Klimawandels auf Städte

Jede Stadt hat eine unterschiedliche Exposition gegenüber Klimaveränderungen und eine unterschiedliche Sensitivität aufgrund der komplexen Kontextbedingungen. Die Gestaltung einer Stadt legt die Bedingungen für das Stadt- und Mikroklima fest. Dieses wirkt sich u.a. auf die Lufttemperatur, die Windrichtung und die Niederschlagsmuster aus. Städte sind ebenso aufgrund ihrer hohen Bevölkerungsdichte besonders stark vom Klimawandel betroffen und stehen deswegen großen Veränderungen bevor.

Bebaute Gebiete in Städten sind aufgrund von drei Faktoren die Hotspots der globalen Erwärmung und des Klimawandels. Die Stadtgeometrie, wie die Gebäudedichte, ihre Höhe und Größe, bestimmt als erster Faktor zunehmend das Stadtklima. Hohe, nahe beieinander liegende Gebäude speichern Wärme und verringern den Luftstrom. Menschliche Aktivitäten konzentrieren sich in Städten und erwärmen nicht nur die gesamte Stadt, sondern als zweiter wichtiger Faktor auch lokal direkt die Atmosphäre. Dies geschieht durch die Wärme, die von Wohnungs- oder Industrie-Heiz- und Kühlsystemen oder laufenden Motoren freigesetzt wird. Der dritte Faktor sind die wärmespeichernden Oberflächeneigenschaften der Materialien, aus denen die Stadt überhaupt besteht, also Gebäude- und Straßenmaterialien. Materialien wie Asphalt oder Beton absorbieren und speichern Wärme und geben diese dann nachts wieder ab. (IPCC 2021a: 1462)

FAQ 10.2: Why are cities the hotspots of global warming?

Cities are usually warmer than their surrounding areas due to **factors that trap and release heat** and a lack of **natural cooling influences**, such as water and vegetation.

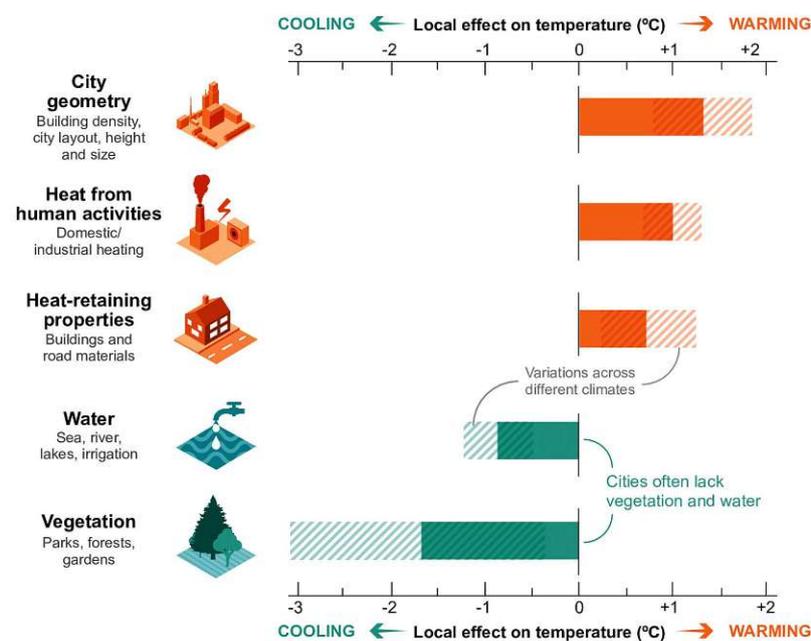


Abb. 12: Städte als Hotspots des Klimawandels

3.2.1 Höherer Bodenverbrauch im urbanen Raum

Die Versiegelung im urbanen Raum nimmt durch das städtische Wachstum und den Ausbau von Straßen und Gebäuden stetig zu, manche Bereiche in Innenstädten sind bereits bis zu 100% versiegelt. Die Bodenversiegelung ist ein massiver Eingriff in die Ökologie und den natürlichen Wasserhaushalt. Ein versiegelter Boden ist luft- und wasserdicht, was zu drastischen Folgen des Wasserhaushalts führt und das urbane Mikroklima schwer beeinflusst. Regenwasser und Niederschlag gelangen nicht mehr in den Boden, wodurch sämtliche hydrologische Prozesse wie die Versickerung, Verdunstung oder Retention nicht mehr stattfinden können. Dementsprechend erfolgt keine Kühlung der Umgebung und das städtische Kanalsystem ist den Niederschlagsmengen ganz allein ausgesetzt. Bei Starkregen kommt es zur Überschreitung der Wasseraufnahmefähigkeit der versiegelten Flächen, direkte Oberflächenabflüsse, überlastete Kanalisationen und Überschwemmungen sind die Folge.

Versiegelte bzw. wasserundurchlässige Flächen wie Verkehrsflächen oder bebaute Flächen machen einen Großteil von Städten aus. Die Sonnenenergie wird je nach Oberflächen- und Materialeigenschaften jener Flächen gespeichert und reflektiert. Die Albedo (lat. albus „weiß“) ist ein Maß für die Reflexionsfähigkeit von Oberflächen und wird als eine Zahl zwischen 0 und 1 angegeben, wobei 1 als Reflexion des Gesamtlichteinfalls gesehen wird. Helle Oberflächen reflektieren stark, während dunkle Oberflächen eine geringe Reflexionsrate vorweisen. Folglich wird von letzteren die Hitze in der Stadt gespeichert, wodurch die Oberflächentemperatur jenes Materials steigt. Die Oberflächenbeschaffenheit bestimmt den Energieumsatz an den urbanen Oberflächen durch die Reflexionseigenschaften und den Verdunstungsanteil. Die Aufheizung eines Materials wird weiters beeinflusst durch das thermische Emissionsvermögen: Je höher das Abstrahlvermögen, desto schneller die Wärmeabgabe, desto kühler das Material. Die Wärmespeicherkapazität von Oberflächenmaterialien bestimmt als weitere Eigenschaft das Mikroklima. Die Materialien im urbanen Raum speichern weitaus mehr Hitze als ihre Umgebung und können diese auch nachts nur schwer abstrahlen. Eine erhöhte Versiegelung bedeutet damit eine stärkere Wärmeabsorption und weniger Abkühlung in der Stadt.

3.2.2 Höhere Temperaturen im urbanen Raum

Die zukünftige Stadtentwicklung und die zunehmenden extremen Klimaereignisse wie Hitzewellen werden große Auswirkungen auf Städte haben, was zu Hitzestress in Städten führen wird (vgl. IPCC 2021a: 144). Höhere Temperaturen als Folge des Klimawandels werden auf unterschiedliche Art und Weise mit urbanen Systemen interagieren. Die zukünftige Urbanisierung wird die prognostizierten lokalen Temperaturen nochmals verstärken (vgl. IPCC 2022d: 922). Zusätzlich zu den bereits erwartenden Auswirkungen eines wärmeren Klimas, hat die städtische Umwelt selbst Auswirkungen auf das lokale Klima. Dieses stadtklimatologische Phänomen ist der Urban Heat Island-Effekt (UHI-Effekt).

„Unter urbanen Hitzeinseln (Urban Heat Islands, UHI) versteht man das Phänomen der Temperaturunterschiede zwischen städtischen Gebieten und dem ländlichen Umland aufgrund anthropogener Einflüsse“ (Österreichisches Bundesministerium für Nachhaltigkeit

und Tourismus 2019: 15). Urbane Gebiete weisen somit eine höhere Luft- und Oberflächentemperatur auf als periphere Gebiete, wodurch das Stadtklima stark beeinflusst wird. Der Temperaturunterschied zwischen Stadt und Land könne nach MA 22 (vgl. 2015: 7) bis zu 12°C betragen. Innerhalb der Stadt selbst kann es ebenso zu Temperaturdifferenzen kommen, wodurch in jedem Stadtteil ein lokales Mikroklima entsteht. Der Temperaturunterschied variiert räumlich und zeitlich aufgrund örtlicher, meteorologischer und städtischer Merkmale (vgl. Esch 2015: 129). Da die Stadt tagsüber Wärme aufnimmt und speichert und nachts wieder abführt, sind die Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Land in der Nacht am größten. Am stärksten ausgebildet ist der UHI-Effekt in windschwachen Sommernächten, denen einige strahlungsreiche Tage vorangingen. Zusätzlich gilt, je größer die Stadt, desto ausgeprägter der Hitzeinseleffekt. Die Temperatur nimmt vom Stadtrand aus in Richtung Stadtmitte zu.

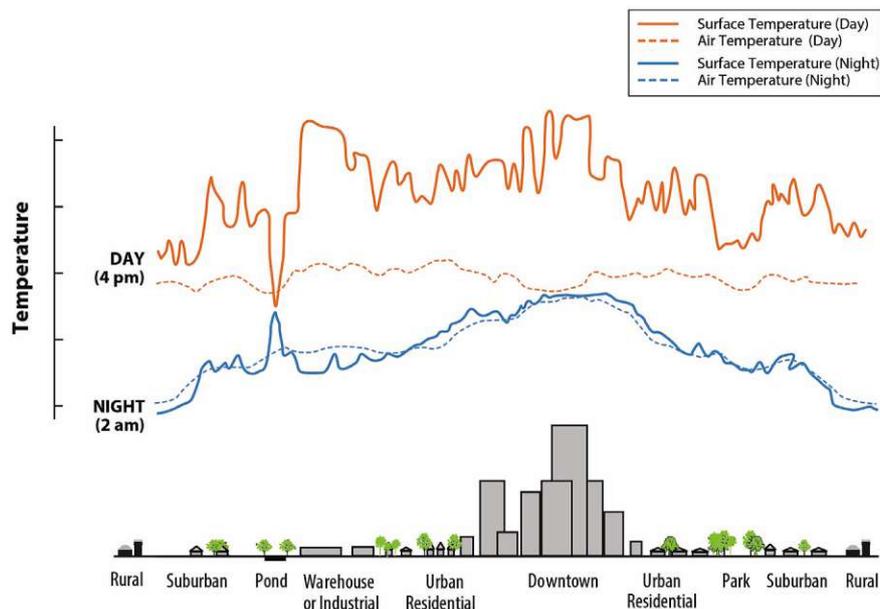


Abb. 13: Oberflächen- und Lufttemperaturen für verschiedene Gebiete

Die städtische Bevölkerung wird aus zweierlei Gründen hohen hitzebedingten Risiken ausgesetzt: Sie spüren sowohl die Auswirkungen des globalen Temperaturanstiegs durch den Klimawandel als auch den lokalen Temperaturanstieg durch den UHI-Effekt. Städtische Hitzewellen sind eines der größten zukünftigen Risiken, da rund die Hälfte der Stadtbevölkerung weltweit in Zukunft davon betroffen sein wird, was besonders negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben wird (vgl. IPCC 2022d: 993).

3.2.2.1 Hitzebedingte Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen

Steigende Temperaturen und Hitzewellen stellen ein ernst zu nehmendes Gesundheitsrisiko für StadtbewohnerInnen dar. Die Belastung durch urbane Hitzeinseln und die Folgen höherer Temperaturen ist allerdings ungleichmäßig in der Bevölkerung. Laut IPCC (2022d: 922) seien einige Bevölkerungsgruppen, darunter einkommensschwache Gemeinden, Kinder, ältere Menschen, Behinderte und ethnische Minderheiten, dem Hitzerisiko überproportional ausgesetzt. Ebenfalls stark gesundheitlich gefährdet sind Arbeitnehmer, die den gesamten Tag über draußen arbeiten und der Hitze ausgesetzt sind, schwangere

Frauen, Menschen mit chronischen Krankheiten und Säuglinge aufgrund ihrer unausgereiften Thermoregulation (vgl. World Bank 2020). Einen weiteren Risikofaktor bilden sozial isolierte Menschen, die in Europa durch eine zunehmende alternde Bevölkerung die Anzahl gefährdeter Menschen erhöhen (vgl. IPCC 2022c).

Die zunehmende Ausgesetzttheit höherer Temperaturen führt zu einem Anstieg gesundheitlicher Probleme der Bevölkerung. Die Reichweite der direkten Auswirkungen von Hitze auf die menschliche Gesundheit geht von Müdigkeit, Unwohlsein, Hitzekrämpfe, Hitzeerschöpfung, Hitzeschlag bis zum Tod. Der menschliche Körper muss sich bei hohen Temperaturen stetig anstrengen Wärme abzugeben und die Körpertemperatur bei 37°C zu halten. Diese menschliche Thermoregulation hängt nicht nur von der Lufttemperatur ab, sondern auch von meteorologischen Einflussfaktoren wie der Luftfeuchtigkeit, der Windgeschwindigkeit und der Strahlungsintensität (vgl. World Bank 2020: 33). Durch die Schweißproduktion und Schweißverdunstung wird die Wärme des Stoffwechsels und der hohen Lufttemperaturen wieder freigesetzt. Bei hoher Luftfeuchtigkeit wird dieser Kühleffekt eingeschränkt.

Der thermische Komfort bzw. die vom Menschen empfundene Temperatur hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter der Lufttemperatur, der Strahlungstemperatur, der Windgeschwindigkeit und der Luftfeuchtigkeit. Deswegen sollten bei hitzebedingten Maßnahmen die Lufttemperatur und die empfundene Temperatur Einfluss haben. Die Lufttemperatur ist durch Maßnahmen nur schwer veränderbar, wohingegen die empfundene Temperatur leicht zu beeinflussen ist. Zwischen beschattet und besont liegt ein Temperaturunterschied „deutlich über 10°C“ (Kratz et al. 2014: 11).

Erhöhte urbane Temperaturen und Infrastrukturen wie Gebäude oder Straßen reagieren aufeinander und führen zu weiteren Risiken in Städten. Die Überhitzung von Infrastrukturen kann zu kritischen Störungen oder Ausfällen führen und folglich einer Konzentrationserhöhung schädlicher Luftschadstoffe wie Ozon (vgl. IPCC 2022d: 993). Eine überhitzte Verkehrsinfrastruktur resultiert oft in verformten Straßen und Schienen, die wiederum den Waren- und Pendlerverkehr behindern (vgl. EEA 2016: 20). Überhitzte Gebäude stellen ein Risiko für ihre Bewohner dar und haben massive Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und den thermischen Komfort. Nach IPCC (2022d: 924) führen höhere städtische Temperaturen zu weniger Arbeitsproduktivität und weniger Wirtschaftsleistung. Weltweit werde prognostiziert, dass städtischer Hitzestress die Arbeitskapazität in heißen Monaten bis 2050 um 20 % verringern werde und potenzielle globale Wirtschaftsverluste allein wegen des Klimawandels rund 23% bis 2100 erreichen werden. Die Europäische Umweltagentur EEA (2016: 20) bestätigt diesen wirtschaftlichen Ansatz und behauptet weiters, dass Hitzewellen das gesellschaftliche Leben einschränken werden. Öffentliche Räume und Treffpunkte wie Parks oder Straßen werden aufgrund zu hoher Temperaturen weniger genutzt bzw. vermieden werden, wodurch sich die sozialen Bedingungen in Städten verschlechtern werden.

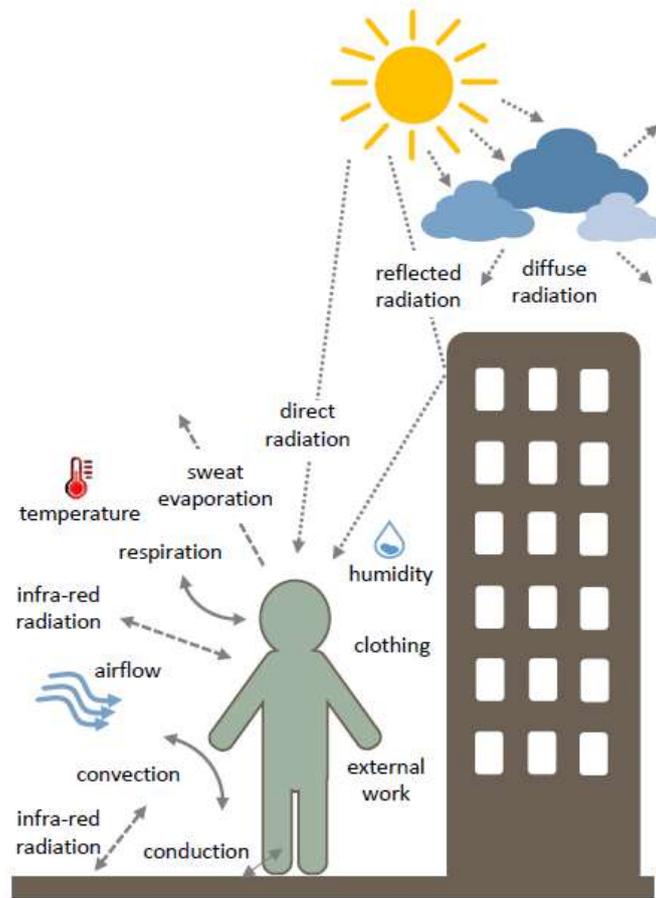


Abb. 14: Die Parameter, die den thermischen Komfort im Freien beeinflussen.

Von allen wetterbedingten Katastrophen fordern hohe Temperaturen und Hitzewellen am meisten Menschenleben, die Anzahl der Todesfälle durch Hitzeextreme hat in Städten bereits zugenommen. Europa selbst ist sehr stark von Hitzewellen betroffen: Die Hitzewelle von 2003 führte europaweit zu 70.000 gemeldeten Todesfällen. Bei einem Anstieg der globalen Temperatur um 3°C könnten im Jahr 2100 rund 90.000 Europäer jährlich an extremer Hitze sterben. Zusätzlich werden wachsende Städte und eine zunehmende alternde Bevölkerung zu einem weiteren Anstieg der Anzahl hitzebedingter Todesfälle führen. (vgl. EEA 2020: 28)

3.2.3 Einfluss von Urbanisierung und anthropogener Hitze auf das städtische Mikroklima

Nach MA 22 (2015: 32) heizen sich in Abhängigkeit von der Bebauungs- und Freiraumstruktur unterschiedliche Stadtteile verschieden stark auf. Oberflächenstruktur, Bebauungsdichte und Versiegelung oder Vegetation bestimmen das Mikroklima. Direkt davon beeinflusst werden Schattenwurf, Windgeschwindigkeit und thermische Speicherfähigkeit. Laut IPCC (2021a: 1462) sind die drei Hauptfaktoren, die die urbane Erwärmung verstärken, die Stadtgeometrie, die anthropogenen Aktivitäten und die Bestandsmaterialien der Stadt.

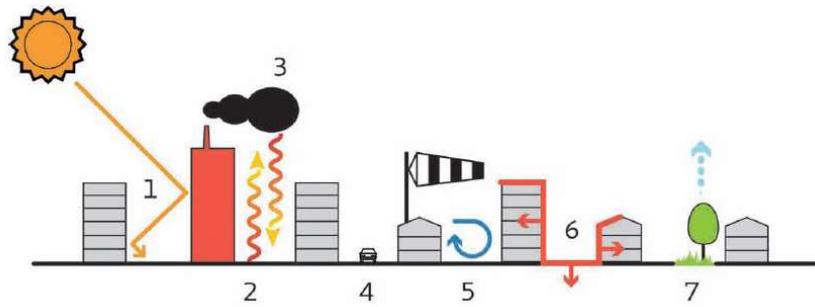


Abb. 15: Ursachen des UHI-Effektes

Der UHI-Effekt wird aufgrund einer veränderten Oberflächen-Energiebilanz durch die Urbanisierung verursacht. Nach IPCC (2022d: 923) ergebe sich diese aus den thermischen Eigenschaften und der räumlichen Anordnung der bebauten Umgebung sowie der anthropogenen Wärmefreisetzung. Die verantwortlichen Faktoren des UHI-Effektes sind sehr verschieden und meist auf anthropogene Tätigkeiten zurückzuführen. Die Ursachen des UHI-Effektes sind folgende:

1 Absorption von kurzwelliger Sonnenstrahlung auf Materialien mit geringer Albedo, z.B. versiegelte Flächen. Je größer die Oberfläche der Baukörper, desto höher die Absorption der Sonnenstrahlung. Diese wird durch Mehrfachreflexionen zwischen Gebäuden und Straßenoberfläche eingefangen.

2 Langwellige Strahlung bleibt in Straßenschluchten (Street-Canyons) bzw. zwischen Gebäuden. „Die Wärme wird von den blockierenden Oberflächen (Gebäude, Bäume, Objekte usw.) abgefangen und absorbiert oder an die Stadt zurückgestrahlt“ (Esch 2015: 129). Dieser sog. Canyon-Effekt nimmt mit der Gebäudehöhe und -dichte zu, und tritt v.a. dort auf, wo wenig Grünflächen sind. Nach Esch (2015: 130) werde als Straßenschlucht bzw. Canyon der (Außen-)Raum definiert, der durch Fassaden, Boden, Dächer und die (imaginäre) Ebene zwischen den Dächern begrenzt wird, sowie das Luftvolumen innerhalb dieses Raums. Das städtische Gewebe könne als ein System miteinander verbundener Straßenschluchten betrachtet werden.

3 Absorption langwelliger Strahlung durch Luftverunreinigungen in der Stadtatmosphäre.

4 Freisetzung anthropogener Wärme durch Produktion von Abwärme (Verkehr, Klimaanlage, Industrie). Menschliche Aktivitäten, wie z.B. die Kühlung und Heizung von Gebäuden, geben Wärme an die Umgebung ab. Laut World Bank (2020: 7) könnten diese anthropogenen Wärmeemissionen die Lufttemperatur um ca. 1-3°C erhöhen. Eine weit verbreitete Wärmequelle sind Klimaanlage, die das urbane Mikroklima besonders negativ beeinflussen können. Durch ihren Einsatz steigt der Energiebedarf, wodurch das Stromnetz belastet wird und Treibhausgase ausgestoßen werden, was wiederum den Klimawandel ankurbelt und zum UHI-Effekt führt. Deswegen ist es wichtig, die anthropogene Erwärmung zu begrenzen und nachhaltige Lösungen umzusetzen.

5 Reduzierte Windgeschwindigkeiten/Luftzirkulation aufgrund der Bebauung. Die Rauigkeit der Oberflächen von Gebäuden verringert die Windgeschwindigkeit in Städten. Ebenso

verhindert die Nähe hoher Gebäude die Belüftung innerhalb von Städten. Die dicht bebaute Stadt blockiert zudem die Kaltluftströme aus der unbebauten Umgebung.

6 Wärmespeicherung durch urbane Bebauung. Baustoffe mit hoher Wärmeleitfähigkeit, die v.a. in städtischen Gebieten zu finden sind wie z.B. gepflasterte oder versiegelte Oberflächen, haben eine höhere Absorption der Sonnenstrahlung und können deswegen mehr Wärme speichern. Nachts wird diese Wärme wieder an die Umgebung abgegeben, wohingegen natürliche Oberflächen Verdunstung zulassen und sich weniger stark aufheizen.

7 Verringerte Verdunstung/Evaporation durch geringe Vegetation. Durch Abnahme von urbanen Grünflächen und Zunahme von wasserdichten Oberflächen, u.a. die Versiegelung, findet weniger Evaporation statt.

Die Hauptursachen von urbanen Hitzeinseln sind im Wesentlichen die Art und Dichte der Bebauungsstruktur in Städten, die Oberflächenversiegelung und der Mangel an Vegetation und offenen Gewässern für einen Kühleffekt. Zunehmende Temperaturextreme in Städten passieren sowohl durch prognostizierte Klimatrends als auch durch lokale Urbanisierung. Die Urbanisierung unter anthropogenem Einfluss verändert ebenso die städtischen Oberflächen. Natürliche Flächen für Beschattung, Verdunstungskühlung oder das Auffangen, Speichern und Versickern von Regenwasser werden ersetzt durch versiegelte, undurchlässige Flächen. Urbane Grünflächen verlieren immer mehr an Fläche.

3.2.4 Starkregen im urbanen Raum

Starke Regenfälle können Überschwemmungen in Städten, Straßen und Gebäuden verursachen. Hydrometeorologische Ereignisse wie Starkniederschläge interagieren mit dem urbanen System und führen so zu Überschwemmungsrisiken in Städten. Zukünftig soll es zur Zunahme von kurzzeitigen Niederschlägen hoher Intensität in urbanen Gebieten kommen (IPCC 2022d: 925). Die Klimaveränderungen haben demnach zu einer neuen Niederschlagsart geführt: Aus dem oft so üblichen Nieselregen wurden Starkniederschläge mit Gewittern. Diese heftigen Starkregenereignisse verschaffen den Städten Probleme, da riesige Wassermassen in kürzester Zeit herabfallen und aufgenommen werden müssen. In den heutigen Städten versickert nur noch wenig Regenwasser direkt im Boden, der Großteil des Niederschlagswassers wird durch die Kanalisation abgeleitet. Hier fängt das Problem der Urbanisierung an.

Die Urbanisierung verändert den Wasserkreislauf, führt zu mehr Niederschlägen und erhöht den Oberflächenabfluss (vgl. IPCC 2021a: 1063). Der Urbanisierungsprozess, die Bodenversiegelung und die Umwandlung der Entwässerungssysteme haben zu einer hydrogeologischen Instabilität von Städten geführt. Die Urbanisierung erhöht somit die Auswirkungen der Starkniederschläge noch zusätzlich: Die Bebauung von Überschwemmungsgebieten, Kanalbegradigungen und nicht-versickerungsfähige Oberflächen verschärfen das Überschwemmungsrisiko in Städten, es kommt zur reinen Ableitung des pluvialen Wassers. Laut EEA (2020: 33) sei es die Kombination aus erhöhter Bodenversiegelung und erhöhtem Niederschlag, die zu einer Zunahme des Risikos von niederschlagsbedingten Überschwemmungen in Städten führe.

In Städten wird der naturnahe Wasserkreislauf vor Ort gestört und verhindert, die Entwässerung findet überwiegend durch die unterirdische Kanalisation statt. Wenn die Kanalinfrastuktur für die Starkregenereignisse nicht ausreichend ist, kann es zu Überlastung, Rückstau und sogar Überstau des Regenwassers kommen. Nach dem Überschreiten der Infrastrukturen-Kapazität besteht die Gefahr von Wasserschäden in Gebäuden oder von (Keller-)Überschwemmungen. Hauptsächlich beeinträchtigen Stadterweiterungen, Landnutzungsänderungen und zunehmende Bodenversiegelung die Ableitung von (Regen-) Wasser, was zum Überlaufen der Abwasserkanäle führt. Starkregenereignisse können zu einer (kurzzeitigen) Überlastung von (Abwasser-)Kanälen in Städten führen, da diese meistens in einem begrenzten Gebiet für eine bestimmte Zeit auftreten. Die städtischen Entwässerungs- und Abflusssysteme werden einer starken Belastung ausgesetzt. Zukünftig wird dieses Problem immer häufiger auftreten.

Das zentrale Entwässerungsprinzip leitet das Niederschlagswasser direkt in eine unterirdische Kanalisation. Hierbei gibt es zwei Arten von Systemen: „Im Mischsystem fließt Schmutz- und Regenwasser in einem gemeinsamen Kanalsystem als Mischwasser zur Kläranlage und wird dort behandelt“ (Kruse 2015: 20). Es folgt die Einleitung in ein nahe liegendes Oberflächengewässer. Das Trennsystem leitet Schmutz- und Regenwasser getrennt voneinander ab. Das Schmutzwasser gelangt zur Kläranlage und wird dort behandelt, während das Regenwasser im separaten Kanal abgeleitet oder in das am nächsten gelegene Oberflächengewässer eingeleitet wird (vgl. Kruse 2015: 20).

Nach IPCC (2022d: 925) nehme das zukünftige Risiko städtischer Überschwemmungen zu. Das Risiko von pluvialen Überschwemmungen hängt von der Kapazität und dem Zustand der Regenwasserentwässerungssysteme in Städten ab (vgl. EEA 2020: 33). Der städtische Wasserhaushalt wird dominiert von der Ableitung des Wassers und ist somit aus dem Gleichgewicht. Zunehmende Bodenversiegelung verhindert die Versickerung und Verdunstung des Wassers. Evapotranspiration und Grundwasseranreicherung nehmen ab, der Wasserabfluss nimmt zu. Die Beschaffenheit von Oberflächen hat großen Einfluss auf die Energieumsätze an urbanen Oberflächen. Diese bestimmen sowohl die Reflexion als auch die Verdunstung bzw. Evapotranspiration. Versiegelte Oberflächen, die heutzutage das Stadtbild bestimmen, leiten das Wasser schnellstmöglich ab und lassen so keine Verdunstung zu.

Starkregenereignisse und Überschwemmungen können erhebliche Auswirkungen auf Infrastrukturen haben und große Risiken darstellen. Brücken, Straßen, Wassernetze, Strom- und Telekommunikationsnetze können beschädigt werden. Es entstehen Risiken für städtisches Regenwassermanagement, grüne Infrastruktur und selbst nachhaltige Entwässerungssysteme. Die direkte Folge von Überschwemmungen kann die Zerstörung von Häusern und Infrastrukturen sein, indirekt kann es zum Verlust von Arbeitsplätzen und anderen Einkommensquellen kommen. Menschen und Unternehmen können von Dienstleistungen wie Energie, Transport und sauberem Wasser abgeschnitten werden (vgl. EEA 2016: 19). Starke Regenfälle sind weiters ebenso zentrale Verursacher der Zunahme von Erdbeben.

Oberflächenwasserüberschwemmungen steigen nach IPCC (2022d: 925) weltweit an, urbane Systeme werden dadurch immer mehr gefährdet. Viele Städte in Europa werden zunehmend bebauter und dichter. Im städtischen Wasseratlas für Europa beträgt das Durchschnittsalter der Abwasserkanäle (von 36 Städten) 40 Jahre (vgl. EEA 2020: 33). Diese relativ alte Kanalinfrastuktur muss zukünftige, beträchtliche Regenwassermengen bei Starkniederschlägen stemmen. Es stellt sich daher die Frage nach der Notwendigkeit einer Erhöhung der Kapazität von urbanen Entwässerungssystemen, nicht zuletzt, um die Klimaveränderungen und die zunehmende Bodenversiegelung handhaben zu können.

3.2.5 Wasserknappheit und Dürren im urbanen Raum

Städtische Wasserknappheit trete laut IPCC (2022d: 926) auf, wenn eine Lücke zwischen Angebot und Nachfrage der verfügbaren Süßwasserressourcen entsteht. Dies weist die Grenzen der technischen Wasserinfrastruktur einer Stadt auf, die auf vergangene Angebots- und Nachfragemuster ausgerichtet ist. Durch das Bevölkerungswachstum in den Städten steigt der Bedarf an Wasser, was Auswirkungen auf die bestehende Infrastruktur zur Wasserversorgung hat, die oftmals nicht darauf angepasst ist. Die Wasser-Infrastruktur wird zur Schwachstelle. Dürren haben erhebliche Auswirkungen auf die Wasserressourcen von Städten. Aufgrund der veränderten Niederschlagsmuster und längeren Trockenphasen kann es zu Engpässen bei der Trinkwasserversorgung kommen. Städte mit Wassermangel konkurrieren mit Sektoren wie der Landwirtschaft und dem Tourismus um das verfügbare Wasser. Und wenn die Trinkwasserkosten steigen, nimmt die soziale Gerechtigkeit ab.

Der Klimawandel wird zu einer Verschärfung der Dürren führen. Das Risiko städtischer Wasserknappheit werde nach IPCC (2022d: 926) erhöht durch die Interaktion der Dürren in verbundenen urbanen Gebieten. Die von Dürren betroffenen Sektoren sind u.a. die Wasser- und Energieversorgung, die Nahrungsmittelproduktion und das Gesundheitswesen. Aber auch die natürliche bzw. ökologische Infrastruktur der Stadt kann beschädigt werden. Lange Trockenphasen stellen ein Risiko für grüne Komponenten der Infrastruktur dar, sprich Bäume und Vegetation.

Seit 1950 kam es zur Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Dürren im Mittelmeerraum (vgl. Climate Service Center Germany 2015: 4). In Südeuropa lebt mehr als die Hälfte der Bevölkerung unter ständiger Wasserknappheit. Insbesondere im Sommer kommt es zur erhöhten Wasserentnahme in der Landwirtschaft, der öffentlichen Wasserversorgung und im Tourismus, wodurch sich die Situation verschlechtert. In Süd- und Mitteleuropa ist nach EEA (2020: 41) die zukünftige Tendenz einer Zunahme der Intensität und Dauer von Dürren zu verzeichnen, und dies aufgrund verringerter Niederschläge und erhöhter Evapotranspiration. Das Schmelzen der Gletscher und die Verringerung der Schneemassen in den Alpen wird laut EEA (2020: 41) ebenso zur Wasserknappheit beitragen, was sich v.a. auf Städte unmittelbar nördlich und südlich der Alpen auswirkt.

4 Klimawandelanpassung im urbanen Raum

4.1 Die Anpassungsfähigkeit urbaner Räume an den Klimawandel

Seit dem Erscheinen des Fünften Sachstandsberichtes des IPCC im Jahr 2014 haben immer mehr Städte und Länder Klimaanpassungspläne und -strategien entwickelt, jedoch wurden die wenigsten bisher umgesetzt. Laut dem Adaptation Gap Report von 2022 gebe es weiterhin Fortschritte bei den weltweiten Bemühungen zur klimaadaptiven Planung, Finanzierung und Umsetzung, jedoch können diese mit den zunehmenden Klimarisiken nicht Schritt halten (vgl. UNEP 2022: 11). Die globale Urbanisierung biete nach IPCC (2022d: 911) nur eine zeitlich begrenzte Gelegenheit an, auf eine umfassende Anpassung und eine klimaresistente Entwicklung hinzuwirken. Die Wirksamkeit von Maßnahmen von Klimastressfaktoren verringert sich mit Verzögerung der Anwendung, was auf die Notwendigkeit eines schnellen Handelns hinweist (IPCC 2022d: 989). Maßnahmen, die jetzt gesetzt werden, können langfristig Entwicklungen beeinflussen, deswegen sollte nicht mit business-as-usual-Szenarien gearbeitet werden. Es muss jedoch auch immer bedacht werden, dass sich künftige Klimaentwicklungen stets verändern, weshalb regelmäßige Aktualisierungen der Klimaadaptation notwendig sind.

„Die Bedeutung der Anpassungsfähigkeit städtischer Räume hat unter dem Gesichtspunkt des Klimawandels zugenommen – eine globale Gefahr mit deutlichen lokalen Folgen.“¹

ICLEI, Resilient Cities Report 2015

Laut Europäischer Kommission (2013: Art. 1) sei es billiger, frühe, durchdachte Anpassungsmaßnahmen zu treffen, als den Preis dafür zu bezahlen, dass keine Anpassung erfolgte. Die EEA (Europäische Umweltagentur) hat bereits 2012 festgestellt, dass die Kosten der Klimaanpassung niedriger sind als die des Nichthandelns. Anpassungsmaßnahmen variieren von Stadt zu Stadt, ebenso die Kosten und das Ausmaß der nötigen Maßnahmen. In der EU-Strategie für die Anpassung an den Klimawandel (Europäische Kommission 2021a) wurde die Globale Anpassungskommission (Global Commission on Adaptation) erwähnt, die behauptete, dass Anpassungslösungen häufig „No regret“-Lösungen seien, deren Umsetzung sich unabhängig vom letztlich gewählten Klimapfad lohne. Der Grund dafür seien die vielfältigen positiven Nebeneffekte, was insbesondere für naturbasierte Lösungen und die Katastrophenvorsorge gelte, sowie die „dreifache Dividende“ der Anpassung. Diese besteht darin, dass erstens künftig der Verlust von Menschenleben sowie von natürlichen und materiellen Werten verhindert werden, zweitens wirtschaftliche Vorteile erzielt werden, indem Risiken gemindert, die Produktivität gesteigert und Innovationen gefördert werden, und sich drittens Vorteile für Gesellschaft, Umwelt und Kultur ergeben würden (Europäische Kommission 2021a : Art. 1).

Nach IPCC (2022d: 963) gebe es keinen einheitlichen Ansatz für die Bereitstellung einer Anpassung, die für jeden Fall geeignet sei. Laut EEA (2020: 51) sollen die Wirksamkeit von

1 Originalzitat: *“Urban resilience has gained prominence in part due to climate change - a global threat with highly localized consequences.”*

Anpassungsmaßnahmen und ihre Kosteneffizienz stark vom Ort und Kontext der Intervention abhängen, sowie dem Zeitrahmen und der Einbeziehung von Zusatznutzen in die Bewertung. Die Lösungen müssten im Einzelfall beurteilt werden. Die lokalen, urbanen Bedingungen erfordern oftmals eine Kombination verschiedenster Anpassungsmaßnahmen, um so größere Auswirkungen zu erzielen. Die Bestimmung der effektivsten Maßnahmen basiere laut World Bank (2020: 45) auf dreierlei Informationen: Angaben zur zukünftigen Stadtentwicklung (z.B. Bevölkerungswachstum, Landnutzungsänderungen usw.), Klimaprognosen und Daten der Risiken und Auswirkungen.

Die Auswirkungen und Folgen des Klimawandels müssen bei der Gestaltung urbaner Räume dringend mitgedacht werden, darunter u.a. bei der städtischen Infrastruktur, der Bebauung und dem Freiraum, sodass Städte auch noch zukünftig funktionsfähig und produktiv sein können. Gemäß MA 22 (2015: 18) würde zukünftig die stadtklimatische Funktion von Freiräumen neben dem Erholungswert wichtiger werden. Freiräume müssten so gestaltet werden, dass sie den Auswirkungen des Klimawandels gewachsen seien und die Stadt bei der Klimawandelanpassung unterstützen (MA 22 2015: 18). Bei den Klimaanpassungsmaßnahmen geht es im Grunde an erster Stelle darum, Städte und ihre Bewohner vor zukünftigen, unangenehmen Klimaereignissen zu schützen. Es geht aber auch darum Chancen zu erkennen: Städte können klimasicherer, resilienter und lebenswerter gestaltet werden. Klimaadaptive Maßnahmen zielen auf eine höhere Lebensqualität der Menschen in Städten hin.

Die in den nächsten Kapiteln erarbeiteten Anpassungs-Strategien und Maßnahmen zeigen ein allgemeines Klimarisiko-Management für Städte. Diese klimaadaptiven Designstrategien erläutern, wie sich Städte Klimaresilienz erarbeiten können.

4.2 Klimaanpassungsmaßnahmen für den urbanen Raum

4.2.1 Entsiegelung

Eine klimaadaptive Planung im Sinne der Bodenversiegelung heißt ein verantwortungsvoller Umgang mit Flächen im urbanen Raum. Eine grundlegende Reduktion der versiegelten Flächen sollte angestrebt, Versiegelungsgrade möglichst niedrig gehalten werden. Bei der zukünftigen Stadtplanung sollte Versiegelung weitestgehend verhindert bzw. unversiegelte Flächen stets mitberücksichtigt werden. Die Entsiegelung von Oberflächen und die Rückgewinnung versiegelter Flächen sind wichtige Anpassungsstrategien, die in Stadtplanungen und Stadtumbauten forciert werden sollten. Die Bodenversiegelung steht in direktem Bezug mit allen Klimarisiken. Die Entsiegelung ist eine Anpassungsmaßnahme für steigende Temperaturen, Trockenperioden und Starkregen. Entsiegelungen können beispielsweise in Hofflächen, Parkplätzen, Zufahrten, Innenhöfen usw. umgesetzt werden. Entsiegelte Oberflächen im urbanen Raum heizen sich weniger auf als versiegelte Flächen, das Regenwasser kann direkt vor Ort verdunsten oder versickern und so das Mikroklima beeinflussen. Das lokale Klima werde nach MA 22 (2015: 39) besonders stark verbessert, wenn versiegelte Flächen zu Grünflächen umgestaltet werden würden. Die Entsiegelung hat nämlich große Auswirkungen auf den Wasserhaushalt im Boden. Natürliche Bodeneigenschaften sollten in der Stadtplanung und -gestaltung weitestgehend erhalten

bleiben, wie die Fähigkeiten der Filterung oder Abflussregulierung. Entsiegelte Oberflächen führen zur Stabilisierung des lokalen Wasserhaushaltes. Der Boden ist in der Lage (Niederschlags-)Wasser zu speichern und die Grundwasserneubildung zu fördern. Eine erhöhte Wasserverdunstung und -versickerung verbessert die Luftqualität, reduziert den Staub und die thermische Belastung in der Stadt. Geringere Oberflächen- und Lufttemperaturen haben dementsprechend positive Auswirkungen auf das Mikroklima. Die Versorgung des Bodens und der Pflanzen mit Regenwasser wird angekurbelt und der Lebensraum für Pflanzen und Tiere erweitert, wovon auch die urbane Biodiversität profitiert. Die Aufenthaltsqualität im öffentlichen (Frei-)Raum wird erhöht, dicht bebaute Stadtgebiete werden attraktiver, der urbane Raum gewinnt an Lebensqualität und das Wohlbefinden der Bevölkerung steigt. Damit uns der Boden von heute auch noch morgen erhalten bleibt, sollte die Gestaltung von Städten kurz gesagt viel Begrünung inkludieren, Ökosysteme berücksichtigen und erhalten und den Wasserhaushalt sichern.

4.2.2 Materialien und Farben

Die Wahl geeigneter Oberflächenmaterialien spielt für das städtische Mikroklima eine große Rolle. Die Reduktion der Albedo und die Porosität für die Verdunstung und Versickerungsfähigkeit sollte bei Oberflächenmaterialien immer mitgedacht werden. Wasserdurchlässige Beläge heizen sich weniger auf als versiegelte Flächen (wie z.B. Asphalt), speichern dadurch weniger Wärme und sind versickerungs- und verdunstungsfähig, was zu einer Abkühlung des urbanen Raumes führt und einer Verbesserung des Stadtklimas. Sowohl der öffentliche als auch der Privatraum sollte wasserdurchlässige Oberflächenbeläge verwenden, damit das Regenwasser in den Boden versickern kann, wodurch das Grundwasser angereichert und das abzuleitende Regenwasser reduziert wird. Für die Verbesserung des Mikroklimas der Verkehrswege (z.B. Gehsteige) in der Stadt können laut MA 22 (2015) wasser- und luftdurchlässige Materialien wie offenporiger Asphalt über wasserundurchlässigen Schichten eingesetzt werden. Eine Alternativlösung für gepflasterte Bereiche sind wasserdurchlässige Pflastersteine, durch deren offene Fugen das Regenwasser in den Boden versickern kann. Tatsächlich gibt es eine Menge an wasserdurchlässigen Oberflächenbelägen, die für die Freiraumgestaltung im urbanen Raum herangezogen werden können. Schotterrasen kann für gering frequentierte Verkehrsflächen wie Wege, Zufahrten oder Parkflächen benutzt werden. Sein Verdunstungsvermögen ist sehr hoch, das Versickerungspotenzial mittelmäßig. Rasenfugenpflaster und Rasengittersteine können auf gelegentlich befahrenen Verkehrswegen, Parkplätzen, Zufahrten, Höfen und Plätzen eingesetzt werden. Die Verdunstung und Versickerung sind aufgrund der begrünten Fugen relativ hoch. Kiesbelag eigne sich laut MA 22 (2013: 3) für selten befahrene Gehwege, Geotextilschotter für Zufahrtswege, Stellflächen oder Fußwege, Rindenhäcksel für Spielflächen, Gartenwege oder nur selten befahrene Stellflächen und Holzpflaster sowie Holzroste für Gartenwege oder Spielflächen. Porenpflaster und Steinteppiche finden Anwendung bei mäßig frequentierten Flächen wie Höfen, Zufahrten oder Gartenwegen. Betonpflaster haben eine besonders hohe Versickerungsleistung und sind besonders gut für Geh- und Radwege, Parkplätze, Fußgängerzonen und Erschließungsstraßen geeignet. Es gibt sie als zwei unterschiedliche Belagstypen: Betonpflaster mit Dränfugen leiten das Regenwasser über ihre Fugen an den Untergrund weiter, Betonpflaster mit haufwerksporigem Beton hingegen absorbieren das Regenwasser über Hohlräume und leiten es dann weiter. Für stark genutzte

und frequentierte (Verkehrs-)Flächen sollten nach MA 22 (2013: 3) Drinaspalt und Einkornbeton verwendet werden.

Die Entfernung von Straßenbelägen ist eine Anpassungsmaßnahme, die das städtische Klima verbessert sowie die Stadt attraktiver macht. Kühle Straßenoberflächen bewirken nach EEA (2020: 53) eine Senkung der jährlichen mittleren Oberflächentemperatur. Autoabstellflächen und Parkplätze können nach Stadt Karlsruhe (2015) durch eine Begrünung klimafreundlicher gestaltet werden, beispielsweise durch den Einsatz von Pflasterrasen, Rasengittersteinen oder Schotterrassen. Die jeweilige Nutzung der Stellplätze muss bei der Gestaltung beachtet werden. Die Oberflächentemperaturen des Belags werden durch die Wahl des Materials und die Ausstattung bestimmt. Eine zusätzliche Bepflanzung von Bäumen auf dem Parkplatz kann durch Verschattung den Boden zusätzlich kühlen und die Autos heizen sich nicht auf. Die Deck- und Tragschichten von Verkehrsflächen sollten im Falle eines durchlässigen Belags stets aus wasserdurchlässigen und frostbeständigen Materialien sein (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft 2005: 16). Das Regenwasser muss vom Untergrund aufgenommen und abgeleitet werden können, weiters muss ein Abstand zum Grundwasserspiegel eingehalten werden.

Städtische Oberflächen beeinflussen die Wärmeaufnahme (Absorption bzw. Reflektion), die Wärmekapazität, die Wärmeleitung und die Verdunstung in urbanen Gebieten (Kratz et al. 2014: 22). Die allgemeine Verwendung von kühlen Materialien ist eine Anpassungsmaßnahme, die besonders für den öffentlichen Raum grundlegend ist. Helle und reflektierende Materialien speichern weniger Wärme und sind besonders gut geeignet für Gehwege, Fassaden oder Dächer. Das Aufhellen von Belägen und Verkehrsflächen im Freiraum für eine klimaadaptive Stadtplanung ist somit zu fördern. Materialien mit einer hohen Sonnenreflexion haben meistens helle Farben, wodurch die Oberflächen kühler bleiben und die Materialien somit weniger Wärme abgeben. Was die Stadtgestaltung betrifft, so sollten Asphalt- und Metalloberflächen möglichst vermieden und stattdessen helle Betonflächen, Platten- bzw. Pflasterbeläge sowie schottergebundene Decken verwendet werden (vgl. MA 22 2015). Nach EEA (2020: 53) sollen kühle Dächer mit hellen Oberflächen in Gebieten mit vielen Sonnenstunden einen höheren Kühleffekt als Gründächer erzielen, die besser während der Nacht und in gemäßigten und kalten Klimazonen kühlen. Im direkten Vergleich erzielen Gründächer dennoch den größten Kühleffekt durch ihre Bepflanzung und Bewässerung, Kaldächer funktionieren durch die Verwendung stark reflektierender Farben, sind aufgrund dessen nicht immer leicht integrierbar in ihren Kontext. Vor allem in den USA ist der Einsatz von Kaldächern, sogenannten Cool Roofs, weit verbreitet.

4.2.3 Stadtmorphologie, Oberflächenbeschaffenheit und Wind

Die Morphologie einer Stadt beeinflusst den urbanen Hitzeinseleffekt, weswegen Eingriffe in die Bauform von Städten laut IPCC (2022d: 952) zur Reduzierung des UHI-Effektes beitragen und die Folgen städtischer Hitzewellen abschwächen. Eine Abkühlung innerhalb der Stadt kann durch die Verringerung der Bebauungsdichte, die Erhöhung der Gebäudehöhe und die Optimierung der Straßenausrichtung entstehen (EEA 2020: 53). Aber auch die Oberflächenstruktur der Gebäude, die Ausstattung und Vegetation des Freiraums und die Ausrichtung der Straßen- bzw. Freiräume sind entscheidende Faktoren für das urbane

Mikroklima. Schattenwurf, Windgeschwindigkeit und thermische Speicherfähigkeit werden beeinflusst und wirken sich auf das Stadtklima aus. Die erhöhte Anzahl an Gebäuden in der Stadt schafft vergrößerte Oberflächen, die Wärme speichern oder reflektieren können. Gebäude und Luft tauschen Wärme aus, wodurch der Luftstrom im urbanen Raum beeinflusst wird. Stadtschluchten und besonders dichte Stadtteile haben eine hohe Oberflächenrauheit, folglich nimmt die Luftzirkulation ab und der UHI-Effekt zu. Wind und lokale Luftzirkulation schwächen maßgeblich die Auswirkungen der urbanen Hitzeinseln ab.

Die Gebäudemorphologie situiert im Stadtgefüge sollte bei Neubauten und ganz allgemein bei Planungsprozessen immer mitgedacht werden. Ziel der optimierten Stadtkonfiguration ist die Schaffung von Windkanälen, wodurch es zur Belüftung der Stadt kommt. Straßen, die zur Hauptwindrichtung orientiert liegen, haben eine grundlegende Bedeutung für die gesamte Luftzirkulation der Stadt und sollten erhalten bleiben. Allgemein ist die Straßenausrichtung sehr wichtig für das Stadtklima. Breite Straßenzüge in (Haupt-) Windrichtung mit Gestaltungs- und Vegetationselementen wie Bäumen, Schattensegeln oder unversiegelten Grünstreifen wirken sich klimatisch positiv auf die gesamte Stadt aus (MA 22 2015: 33). Derartig ausgestattete breite Straßenzüge bringen durch erhöhte Luftzirkulation und einen günstigen Sky-View-Faktor¹ eine nächtliche Abkühlung. Bezüglich der Straßenausrichtung gilt folgendes: Straßen, die von Norden nach Süden verlaufen, erleben zu Mittag die stärkste Sonne, die Fassaden Richtung Westen werden im Laufe des Tages am heißesten, weswegen die Pflanzung von Bäumen auf der Straßen-Ostseite am sinnvollsten ist (vgl. MA 22 2015: 33). Straßen, die von Westen nach Osten verlaufen, sind den gesamten Tag durchgehend besonnt. Eine Baumallee auf der nördlichen Straßenseite bringt die herbeigesehnte Beschattung der Südfassaden (vgl. MA 22 2015: 33). Für sehr dichte Stadtteile mit engen Straßen funktionieren besonders gut Fassadenbegrünungen zur Abkühlung.

Die Topografie spielt eine ebenso wichtige Rolle bei der Durchlüftung der Stadt. Beispielsweise kann die Durchlüftung einer Stadt zu Füßen eines Hangs durch eine zu dichte Bebauung auf der Luvseite verhindert werden. Die Stadtplanung sollte somit langfristig Lüftungszonen miteinplanen, im kleineren Maßstab ist der menschliche Windkomfort ein entscheidender Parameter bei der Planung von Gebäuden. Eine zunehmende Wind- und Luftzirkulation auf Fußgängerebene entsteht beispielsweise bei hohen oder komplex geformten Gebäuden, sowie parallelen Gebäuden mit glatten Fassaden. Das Element des Windes und der Durchlüftung kann somit temperaturmildernde Vorteile bringen, aber auch Sicherheitsprobleme für FußgängerInnen verursachen. (World Bank 2020: 31)

Kaltluftentstehungsgebiete oder Kaltluftproduktionsstätten, die am Rande oder außerhalb von Städten liegen, sind großflächige Grün- und Freiräume wie z.B. Wälder, Wiesen, Felder oder Kleingärten (Stadt Karlsruhe 2015: 12). Deren bodennahe Lufttemperatur ist um einiges kühler als im urbanen Raum. Die entstandene Kaltluft wird über Kaltluftleitbahnen in die Stadt hineintransportiert. Kaltluftleitbahnen sind lineare vegetationsreiche Freiflächen, die Kaltluftproduktionsstätten mit dem überhitzten urbanen Raum verbinden (World Bank 2020). Sie können beispielsweise in Form von zusammenhängenden Grünzügen oder

1 Der Sky-View-Faktor bestimmt den Strahlungseintrag und die nächtliche Abstrahlung von Straßen und Freiräumen. Der Faktor gibt den Anteil des sichtbaren Horizonts an, der bestimmt ist durch die Breite der Fläche und die Höhe der Bebauung. Je kleiner der Faktor, desto weniger kann in der Nacht abgestrahlt werden. (MA 22 2015: 32)

größeren Straßen vorkommen. Bestimmende Faktoren für die Kaltluftzufuhr in die Stadt sind die Größe des Einzugsgebietes, die Hangneigung, die Breite der Leitbahn sowie sämtliche Hindernisse für die Luft wie z.B. Häuser. Nach IPCC (2022d: 949) wirke sich die Strömung kalter Luft aus umliegenden stadtnahen und ländlichen Gebieten auf die Kühlung im Stadtkern bzw. Stadttinneren aus. Kaltluftleitbahnen können in ihrem Einwirkungsbereich die Lufttemperatur um mehrere Grad Celsius senken, weswegen Luftströme vom Stadtrand in die Innenstadt von großer klimatischer Bedeutung sind und aufrechterhalten bzw. erweitert werden sollten. Eine optimierte Durchlüftung der Stadt erfolgt durch die Verbindung der Kaltluftentstehungsgebiete mit der Innenstadt, wodurch Kalt- und Frischluft garantiert sind.

4.2.4 Kühlung der Gebäude

Kühle Gebäude sind besonders während einer Hitzewelle grundlegend für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bevölkerung. Die weit verbreiteten Klimaanlage sind jedoch keine Dauerlösung, da sie den urbanen Hitzeinseleffekt noch verstärken. Eine Kombination aus Sonnenschutz mit erhöhter Dämmung gehört nach IPCC (2022d: 953) zu den erfolgreichsten Anpassungen im Gebäudesektor. Weiters sollte versucht werden durch natürliche Belüftung Gebäude abzukühlen. Eine hitzebeständige Ausstattung und energiesparende Investitionen bei Renovierungsarbeiten werden zunehmend miteingeplant.

Eine Kühlung der Gebäude kann ebenso durch naturbasierte Lösungen erfolgen. Laut IPCC (2022d: 948) können Häuser mit schattenspendenden Bäumen über 30 % des Spitzenkühlbedarfs von Wohngebäuden einsparen. Damit helfen Grünflächen bei Hitzewellen auch in Innenräumen. Der verursachte Kühleffekt durch die Schattierung der Vegetation ist jedoch räumlich begrenzt, kann aber zu einer Energiereduzierung führen. Das Raumklima sollte auch bei Extremtemperaturen sowohl zum Leben als auch zum Arbeiten angenehm bleiben.

4.2.5 Grünflächen und Vegetation

Die Integration von mehr Grünflächen im urbanen Raum führt zur gewünschten Kühlung in den versiegelten, sehr dichten Stadträumen. Grünflächen und Vegetation reduzieren den urbanen Hitzeinseleffekt durch die Kombination aus Evapotranspiration, Verschattung und Erhöhung der Albedo, wodurch sich die Wärme- bzw. Energiebilanz in der Stadt verändert und die Lufttemperaturen sinken. Städtische Begrünung prägt das urbane Mikroklima somit grundlegend, da sie ihre Umgebung sowohl tagsüber als auch nachts kühlt. Die lokale Kühlung erfolgt durch öffentliche Parks, urbane Wälder, Bäume und Sträucher entlang von Straßen und auf Gebäuden (darunter Gründächer und begrünte Fassaden). Aber auch Gemeinschafts- oder Kleingärten, Hinterhofbegrünungen und andere Arten niedriger Vegetation bieten den naheliegenden Anwohnern lokale Kühlvorteile (IPCC 2022d: 948). Grünflächen helfen somit bei der Eindämmung der urbanen Hitzeinsel. Der Hauptmechanismus dieser verursachten Kühlung der Stadt ist die Evapotranspiration¹. Der Kühleffekt wird nochmals verstärkt durch die räumliche Verteilung, sowohl vertikal als auch horizontal, der Pflanzen und Baumkronen (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del

1 Unter Evapotranspiration versteht man die Summe aus der Verdunstung von Wasser, das durch Vegetation, Boden, gepflasterte oder Gebäudeoberflächen aufgenommen wird, der Verdunstung von Wasser aus dem Boden und der Transpiration durch Vegetation (Esch 2015: 194).

Territorio e del Mare 2018: 135). Städtische Begrünung wie Parks, Straßenbäume und begrünte Fassaden weisen einen lokalen Kühleffekt zwischen 0 und 5°C auf (Esch 2015: 194). Bei einer Modellsimulation der Stadt Porto bei einem zukünftigen Hitzewellenereignis, wurde laut EEA (2020: 53) festgestellt, dass eine Verdoppelung der städtischen Grünflächen von 5% auf 10% der Stadtfläche die oberflächennahen Höchsttemperaturen in bebauten Gebieten in der Nähe von Grünflächen tagsüber um 1°C und nachts um 0,3–0,5°C senke. Die Kühlwirkung der Begrünung sei laut Esch (2015: 194) größenabhängig: Je größer eine Grünfläche ist, desto größer ihr Kühleffekt. Pro 100m² Parkvergrößerung erfolgt ein Temperaturrückgang von 1°C (Esch 2015: 194). Dies wirkt jedoch nur bis zu einer gewissen Größe der Grünfläche. Laut Gill et al. (2007: 129) würden nur Grünflächen größer als ein Hektar ein ausgeprägtes Mikroklima entwickeln. IPCC (2022d: 949) stimmt dem nur teilweise zu: Grünflächen kleiner als 0,5 bis 2,0 Hektar sollen regional einen vernachlässigbaren Kühleffekt haben, würden jedoch das Mikroklima durch die Verschattung beeinflussen. Der Schattenwurf von Grünflächen spielt damit eine ebenso wichtige Rolle. Laut Esch (2015: 194) reduziert Begrünung in der Stadt, wie beispielsweise Bäume, Sträucher, Gründächer usw., durch Beschattung die kurzweilige Strahlung und Reflexion, die auf Mauern, Straßen und städtische Oberflächen trifft. Der Schatten des Blattwerks verhindert den Einfall der Sonnenstrahlung auf die (künstlichen) Oberflächen und Materialien. Die Beschattung führt zur Abnahme der Oberflächentemperaturen, weiters zur Abnahme der Strahlungsemissionen jener Oberflächen und zur Abnahme der Erwärmung der urbanen Umgebung. Somit bleiben sämtliche Oberflächen im Schatten der Bäume kühl. Nach IPCC (2022d: 948) führe die Beschattung durch die Vegetation zur Reduktion der mittleren Strahlungstemperatur, die bei sonnigen Bedingungen den größten Einfluss auf die thermische Behaglichkeit des Menschen im Freien habe.

Der öffentliche Raum in der Stadt hat ein breites Spektrum an möglichen Maßnahmen, was die Grünflächen betrifft. Städtische Parks bzw. urbane Grünflächen sollen einen möglichst niedrigen Versiegelungsgrad aufweisen und ein breit gefächertes Vegetationsangebot bieten. Grünflächen heizen sich weniger auf als versiegelte Flächen, weswegen Parkanlagen im urbanen Raum sowohl Mikro- als auch Stadtklima beeinflussen. Sogenannte “Park Cool Islands” (PCIs) sind besonders kühle urbane Grünflächen bestehend aus der effektiven Kombination aus Gras, Sträuchern und Bäumen. Stadtklimamodelle mit erhöhter Vegetationsbedeckung zeigen eine Verringerung der mittleren Lufttemperatur und der Extremtemperaturen bei Hitzewellen (IPCC 2022d: 948). Nach Stadt Karlsruhe (2015: 15) liege die Reichweite der Klimafunktion von Parkanlagen in die Umgebung bei wenigen hundert Metern. Bei nicht allzu dichter Randbebauung gilt die Parkbreite als Wirkungsraum (Stadt Karlsruhe 2015), weswegen man von Mikroklimaadaptation reden kann. Die Bäume in urbanen Parkanlagen sollten nicht zu dicht beieinanderstehen, damit sich die Kaltluft frei bewegen kann. Grün- und Freiräume sollen in der Stadt gut erreichbar sein, vor allem auf lokaler Ebene. Die Verteilung von vielen kleineren Grünflächen über die gesamte Stadt bietet für die StadtbewohnerInnen eine dementsprechend schnelle Erreichbarkeit bei Extremtemperaturen. Vor allem die Risikogruppen im urbanen Raum wie ältere Menschen profitieren von vielen kleinen Kühlinseln. In besonders dicht bebauten Städten sind sogenannte Pocket-Parks (auf Deutsch: Westentaschen-Park) ein möglicher Lösungsansatz für die Neueinrichtung von Grünflächen auf wenig Raum. Die noch so kleinen Parkanlagen haben einen großen Effekt auf das Mikroklima vor Ort.

Wichtig für den urbanen Raum ist die Erhaltung der bestehenden Grünflächen und die Schaffung neuer Grünräume. Die Erhaltung von beispielsweise begrünten Innenhöfen oder Straßenbegleitgrün muss gesichert werden, da sie maßgeblich das Lokalklima in dicht besiedelten urbanen Räumen bestimmen. Bereits bestehende urbane Grünanlagen können aufgewertet oder erweitert werden. Die Aufwertung bzw. Anpassung bestehender Grünflächen an höhere Temperaturen erfolgt beispielsweise „[d]urch das Einbeziehen angrenzender Straßen, die Auswahl robuster Bäume, die Pflanzung von mehr schattengebenden Bäumen insbesondere entlang der Bewegungsachsen, durch eine Verbesserung der Bewässerung oder durch Sonnensegel“ (MA 22 2015: 39). Die Erweiterung von Grünflächen erfolgt durch Vergrößerung von Parkanlagen, Verlängerung bestehender Grünzüge oder Schaffung neuer Grünräume beispielsweise durch Auflassung von Straßen und Verkehrsflächen (vgl. MA 22 2015: 39). Weiterer Grünraum kann entlang der Straßen und Infrastruktur eingebunden werden, wie z.B. entlang von Boulevards oder Radwegen. Der lokale Kühleffekt könne nach IPCC (2022d: 949) durch das Pflanzen von dicht beieinanderliegenden Bäumen oder Bäumen in teilweise durchlässigen begrünten Barrieren entlang von Straßen verbessert werden. Aufgrund der vorhandenen Infrastruktur (z.B. Gas- und Stromleitungen etc.) können entlang von Straßen oder Verkehrswegen nicht immer Bäume oder Sträucher gepflanzt werden. Rasen- oder Wiesenflächen sind dafür eine Ersatzlösung, der Grünstreifen muss aber mindestens zwei Meter breit sein, damit das Mikroklima davon beeinflusst wird. Rasen- und Wiesenstreifen haben durch die Evapotranspiration eine niedrigere Oberflächenerwärmung und eine ebenso niedrigere Wärmeabgabe, wodurch der urbane Hitzeinseleffekt verringert wird. Eine nachhaltige Stadtplanung sieht miteinander vernetzte Grünflächen vor, wodurch Parks und Grünanlagen keine isolierten Elemente mehr in der Stadt sind, sondern integrativ als Ganzes in die Stadtgestaltung mitgedacht werden. Die Vernetzung und Anbindung von Grün- und Freiräumen im urbanen Raum reduzieren die urbanen Hitzeinseln, da sie „[k]ühle Verbindungswege zwischen einzelnen Grünbereichen“ (Stadt Karlsruhe 2015: 16) schaffen. Die innerstädtische Freiraumvernetzung führt zu erhöhtem Luftaustausch. Die urbanen Grünräume interagieren miteinander und verteilen entstandene Kaltluft. Eine lokale Windzirkulation verbessert die Ausbreitung kühler Luft im urbanen Raum (vgl. World Bank 2020: 31), ein blockierter Luftstrom hingegen schwächt die Kühlwirkung innerhalb der Stadt ab. Nach MA 22 (2015: 29) können vorhandene Grünflächen durch Wiesenstreifen oder Grünstreifen und Alleen entlang von Straßenzügen miteinander verbunden werden. Die Grünverbindungen fungieren als Biotopvernetzung, Frischluftschneisen, schnell erreichbare Grünflächen und Radwegeverbindungen. Ausgebaute Grünflächen entlang der Gewässer innerhalb der Stadt verstärken zusätzlich die Wirkung von Kaltluftströmen. Die Schaffung und der Ausbau von gewässerbegleitenden Grünflächen im urbanen Raum sind klimaadaptive Maßnahmen, die den Luftaustausch in der Stadt erhöhen und gleichzeitig den UHI-Effekt senken. Eine naturbasierte Gestaltung der Uferzonen bietet einen zusätzlichen qualitativen Frei- und Erholungsraum für die Bevölkerung. Da die Natur als eben genannter Begegnungs- und Erlebnisraum fungiert, ist die Erhaltung der städtischen Grünflächen in Trockenperioden von grundlegender Bedeutung. Deswegen sollten unempfindliche und an Trockenheit angepasste Pflanzen- sowie Baumarten zukünftig für Neupflanzungen angedacht werden.

Städtische Grünflächen und allgemeines Vorhandensein von Vegetation vereint ökologische, ökonomische, ästhetische, gesundheitliche und soziale Funktionen. Das

Vorhandensein von Vegetation in der Stadt kühlt und verbessert erheblich das Mikroklima. Durch die erhöhte Verdunstung und Kaltluftproduktion sinken die Temperaturen von Freiflächen und Gebäuden, während der urbane Hitzeinseleffekt reduziert wird und das Stadtklima sich stabilisiert. Städtisches Grün fungiert als richtiger Luftreiniger: Durch die Bindung von Feinstaub und Filterung mit gleichzeitiger Minderung von Luftschadstoffen verbessert sich die Luftqualität. Mehr Vegetation reduziert den CO₂-Gehalt und erhöht den Sauerstoffgehalt in der Luft. Ein erhöhter Grünanteil im urbanen Raum trägt zum erhöhten Gesundheitszustand der Bevölkerung bei und baut Stress ab: Probleme im Zusammenhang mit Fettleibigkeit, Diabetes, Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie körperlicher und geistiger Gesundheit werden vorgebeugt (Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 2018: 137). Die gesundheitsfördernde Wirkung erfolge durch den bloßen Blick aus der Ferne auf die Grünflächen innerhalb der Nachbarschaft, durch die Aktivität selbst während des Besuches, z.B. ein Spaziergang in den Park, und durch die aktive Nutzung der Grünflächen, wie z. B. Spielen, Laufen oder Gartenarbeit (vgl. Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 2018: 137). Eine naturnahe Umgebung regt zur Bewegung an und stärkt das Wohlbefinden. Grüne Infrastruktur verbessert den thermischen Komfort zuhause, am Arbeitsplatz und im allgemeinen öffentlichen urbanen Raum, wodurch ein angenehmes, städtisches Umfeld entsteht und das Wohlbefinden der Menschen zunimmt. Ein verbessertes, ausgebaut und zunehmendes Angebot an Grün- und Freiflächen bietet mehr Erholungsraum in der Stadt und eine erhöhte Lebens- und Aufenthaltsqualität. Dies betrifft nicht nur die Menschen, auch der Lebensraum der Pflanzen und Tiere wird erweitert mit gleichzeitiger Steigerung der Biodiversität und Artenvielfalt im urbanen Raum. Die Integration von mehr urbanem Grün lässt den Stadtraum bewusst gestalten und strukturieren, wodurch die Stadt und ihre Umgebung attraktiver werden. Ein erhöhter Anteil an Grünflächen bringt zudem wirtschaftliche Vorteile mit sich, darunter erhöhte Produktivität bei der Arbeit, steigende Immobilienwerte und Mehrwerte im Tourismus. Grüne Infrastruktur am Gebäude verringert den energetischen Konsum und senkt die Energiekosten, was zu einem indirekten Gewinn führt.

4.2.5.1 (Stadt-)Bäume

In urbanen Räumen mit zu dichter Bebauung ist es nicht immer möglich, neue Parkanlagen oder großflächige Grünräume zu schaffen. Deswegen muss die Begrünung in einer anderen Art erfolgen. Die Pflanzung von Bäumen ist eine der effektivsten Anpassungsmaßnahmen im urbanen Raum mit relativ geringem Aufwand. Einzelne Bäume können bereits einen mikroklimatischen Unterschied ausmachen und so den städtischen Raum für die Bevölkerung aufwerten. Stadtbäume sind eine natürliche Klimaanlage im urbanen Raum. Der gegenwärtige Bestand an (Straßen-)Bäumen sollte stets gesichert werden, vor allem in dicht besiedelten Wohngebieten, ansonsten braucht es garantierte Ersatz- und Neupflanzungen. Für eine gute Baumgesundheit müssen laut MA 22 (2015) Pflege- und Schutzmaßnahmen getroffen werden, da die Bäume selbst ebenso der Hitze und anthropogenen Auswirkungen ausgesetzt sind. Der Baumbestand im urbanen Raum sollte durch klimataugliche Neupflanzungen weitestmöglich erweitert werden. Dies kann durch die Ausweitung von Baumreihen und Alleen entlang von Straßen sowie Neupflanzungen in Parks, Grünverbindungen, Innenhöfen, auf Plätzen und Spielplätzen, aber auch die Anlage von zusätzlichen Waldflächen (MA 22 2015: 42) umgesetzt werden. Straßenbäume sollten

in Städten verbesserte Standortbedingungen erhalten für ausreichenden Wurzelraum und genügend Wasserspeicherraum (vgl. Gill et al. 2007: 128).

Bäume bewirken eine maßgebliche Kühlung in der Stadt, da sowohl durch die geförderte Verdunstung als auch durch die Beschattung die Luft- und Oberflächentemperaturen gesenkt werden. Straßen- und Freiräume heizen sich dadurch weniger stark auf. Die Erdoberfläche erwärmt sich unter Bäumen weniger, im bestehenden Baumschatten wird weniger Wärme gespeichert und somit nachts weniger dieser Wärme an die Umgebung abgegeben. Nach MA 22 (2015: 52) beruhe dieser klimatische Effekt zu 80% auf der Beschattung und zu 20% auf der Transpiration. Bei der Verdunstung wird der Luft Wärme entzogen, Verdunstungskälte entsteht und eine Kühlung erfolgt. Nur die Wassermenge, die dem Baum im Boden zur Verfügung steht, kann verdunstet werden, weshalb der Aufbau des Untergrundes von Bedeutung ist (siehe Korrelation zur Schwammstadt). Ein ausgewachsener, gut mit Wasser versorgter Stadtbaum verdunstet an einem heißen Sommertag etwa 300 bis 500 Liter (Talebitari 2017: 44). Die relative Luftfeuchtigkeit steige dabei von 30 auf 60 Prozent. Die Luft direkt unter Bäumen sei bis zu 10°C kühler, im Umfeld bis zu 3°C (MA 22 2015: 52). Die klimatischen Auswirkungen eines Baumes sind größen- und standortabhängig. Je älter der Baum, desto größer die Baumkrone, desto größer der Kühleffekt. Die Verdunstungsleistung von Bäumen hängt von den Wetterbedingungen, der Vegetation, den Bodeneigenschaften und der Menge an versiegelter Fläche ab. Der Standort sowie die Straßenseite der Baumpflanzung sind von Bedeutung, besonders ein- und zweiseitige Alleen führen zu einem optimierten Mikroklima. Bei der Wahl der Baumart solle man nach IPCC (2022d: 949) auf trockenresistente und einheimische Bäume setzen, damit hohe Bewässerungskosten vermieden werden können und bereits eine grundlegende Resilienz vorliegt. Das dichte Blattwerk, die Blattfläche, die Feuchtigkeit, die Harzigkeit und die Haarigkeit der Blattoberflächen machen Bäume zu einem hervorragenden Filter für Schadstoffe. Bäume binden Kohlendioxid und Feinstaub, einen der größten Luftschadstoffe weltweit. Die Luftqualität wird dabei verbessert, vor allem durch die Reduktion der erhöhten Emissionen in Städten. Weiters kommt es durch Bäume zum Wasserrückhalt, zur verbesserten Pollenkonzentration in der Luft und zur Erhöhung der Biodiversität in der Stadt.

4.2.5.2 Gründächer

Aus vielerlei Gründen ist es nicht immer möglich, große (Straßen-)Bäume zur Klimaadaptation einzusetzen, da beispielsweise Platzmangel herrscht. Grünflächen können aber auch in Form von Gründächern, Hängegärten oder Grünwänden in den öffentlichen oder privaten Raum integriert werden. Gründächer gleichen oberflächenversiegelte Flächen in Städten aus, weswegen sie von großer Bedeutung sind. Begrünte Dächer senken beim Verdunstungsprozess des Oberflächenwassers die Temperaturen von Gebäudeoberflächen, wodurch sie weniger Wärme an die Umgebung abstrahlen und Kühle entsteht. Gründächer werden je nach statischen Voraussetzungen und Zielnutzen als intensive oder extensive Dachbegrünungen umgesetzt. Beide Arten unterscheiden sich durch die Dicke ihrer Substratschicht. Extensive Dachbegrünungen haben eine dünne Substratschicht von ca. 15 cm Dicke, weswegen eher niedrigwüchsige Pflanzen dafür verwendet werden (vgl. MA 22 2015: 62). Das geringe Gewicht und die unaufwendige Pflege ermöglichen eine weite Verbreitung der Dachbegrünungsart. Intensive

Dachbegrünungen mit einer dickeren Substratschicht weisen Gräser, Sträucher und sogar Bäume als Bepflanzung auf. Wenn die Statik diese Dachbegrünung zulässt, ist das Dach sogar für Menschen als Grünraum begehbar. Dachbegrünungen sollten weite Verbreitung finden und umgesetzt werden, da sie bei vermehrter Verbreitung in dicht besiedelten städtischen Gebieten einen erheblichen Einfluss auf das Mikroklima haben können. Eine 100 m² große, klassische extensive Dachbegrünung könne laut Talebitari (2017: 44) bei guter Wasserversorgung genauso viel Wasser verdunsten wie ein ausgewachsener Stadtbaum an einem heißen Sommertag, nämlich 300-500 Liter. Die Evapotranspiration des Gründaches führt dazu, dass ein Gründach die Oberflächentemperatur des Daches um 15 bis 40°C senken kann und die der Umgebungsluft um 2 bis 5°C (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 2018: 105). Im abgebildeten Modellierungsbeispiel von Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2018: 106) wird gezeigt, wie Gründächer die Lufttemperaturen ihrer gesamten urbanen Umgebung senken und sich damit nicht nur auf die Dachflächen begrenzen. Gründächer haben somit einen Effekt auf das gesamte Stadtsystem und sind wirksam gegen urbane Hitzeinseln.

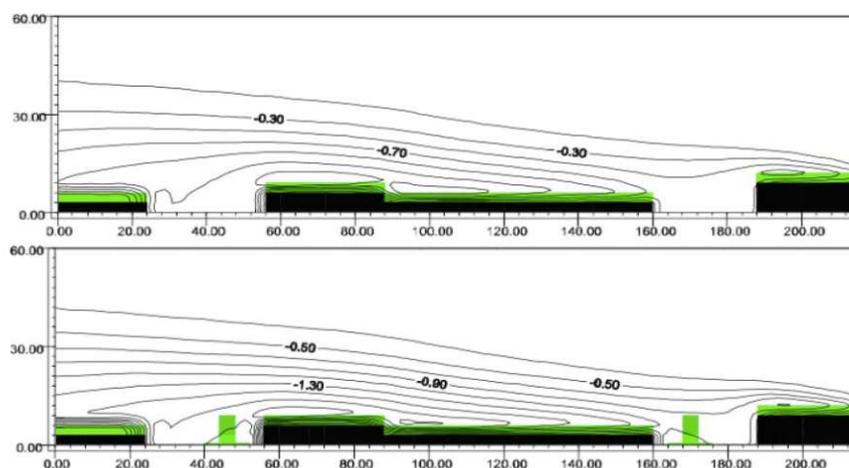


Abb. 16: Thermische Auswirkungen einer Gründacheindeckung. Es ist zu erkennen, dass die Isolinien in Abständen von mehreren Metern vom Dach Reduzierungen von sogar eineinhalb Grad anzeigen, was auf einen starken Abschwächungseffekt hinweist, der sich auf die umgebende städtische Umgebung auswirkt.

Gründächer unterstützen aber auch die Siedlungswasserwirtschaft als zusätzlicher Regenwasserspeicher. Sie sind eine wertvolle Ergänzung zum städtischen Regenwassermanagement, da sie eine bestimmte Menge Regenwasser zurückhalten, es auf dem Dach verdunsten oder zeitverzögert abfließen lassen (vgl. Talebitari 2017: 43), wodurch ebenso das Mikroklima verbessert wird. Durch den Rückhalt des Regenwassers entlasten sie das städtische Entwässerungssystem. Extensive Dachbegrünungen können durch ihren geringmächtigen Bodenaufbau aus niedriger Vegetation nur einen überschaubaren Anteil an Regenwasser speichern. Intensive Dachbegrünungen hingegen besitzen einen mächtigen Bodenaufbau und können daher mehr Regenwasser zurückhalten und speichern. Nach Talebitari, B. (2017: 43) hat eine Extensivbegrünung ein Wasserspeichervermögen von 20 bis 40 l/m² und eine Intensivbegrünung sogar zwischen 50 bis 100 l/m². Eine Substratdecke von 6 bis 10 cm bewirke bei extensiver Begrünung laut Stadt Karlsruhe (2015: 39) eine Reduzierung des jährlichen Regenwasserabflusses um ca. 50%. Gründächer stellen weiters sowohl für die BewohnerInnen (beispielsweise für Urban Gardening) als auch für Tiere einen zusätzlichen Freiraum dar. Dachbegrünungen finden jedoch nur dort Anwendung, wo die Baukonstruktion es auch zulässt.

4.2.5.3 Fassadenbegrünung

Ähnlich wie Dachbegrünungen funktionieren begrünte Gebäudefassaden. Oberflächentemperatur des Gebäudes und Lufttemperatur werden durch die Fassadenbegrünung gesenkt. Es kommt zur Verbesserung der Luftqualität durch die Bindung des Feinstaubes und der Energiebilanz des Gebäudes. Das Gebäude heizt sich weniger auf, die Begrünung wirkt als „natürliche Klimaanlage“ (MA 22 2015: 63) durch veränderte Strahlungsbilanz, Feuchte und Windgeschwindigkeit entlang der Fassade. Hohe Temperaturen werden durch die Begrünung eingedämmt, es kommt zur Abnahme der Innenraumtemperaturen des Gebäudes und gleichzeitiger Kühlung der Umgebung, wodurch das urbane Mikroklima beeinflusst wird. Fassadenbegrünung kommt in verschiedenen Formen vor, darunter bodengebunden, fassadengebunden, als flächiges System oder mit Gefäßen direkt an der Fassade (MA 22 2015). Jegliche Pflanzenarten können dafür verwendet werden, allerdings muss vor der Begrünung auf den Fassadenuntergrund geachtet werden, da nicht jeder dazu geeignet ist. Falls jedoch möglich, ist die Grünfassade eine gute adaptive Maßnahme, da in manchen dichten Gebieten keine Flächen zur Begrünung zur Verfügung stehen. Fassadenbegrünungen werten die Bausubstanz auf, indem sie das Gebäude natürlich wärmedämmen, vor UV-Strahlung schützen, Schall mindern, die Windstärke reduzieren und durch ihren Kühlungseffekt die Energiekosten der BewohnerInnen senken. Fassadenbegrünungen sind gute wirksame Anpassungsmaßnahmen, da sie die Gebäudeoberflächen ohne Energieaufwendung kühlen und dabei gleichzeitig einen positiven klimatischen Effekt auf ihre Umgebung haben.

4.2.6 Wasser in der Stadt

Raum für Wasser kann überall geschaffen werden, selbst in sehr dicht bebauten Städten. Eine „wasserdichte Stadt“ sei laut City of Rotterdam (2013: 81) robust und widerstandsfähig mit einer Mischung aus Belag bzw. Pflasterung und Vegetation. Die Maßnahmen für eine wassersensible und klimaadaptive Stadt schwanken je nach Gebiet und bestimmten Faktoren wie der Relation zwischen Pflasterung, Wasser, Vegetation, Bodenart, Grundwasserspiegel, Art des Abwassersystems und Funktionsweise des Wassersystems (City of Rotterdam 2013: 82). Nach EEA (2020) kann man zwischen drei Maßnahmenarten unterscheiden: Grüne Infrastrukturmaßnahmen werden vor allem zum natürlichen Auffangen des Regenwassers eingesetzt. Bauliche Maßnahmen wirken als technische Infrastruktur beim Regenwassermanagement, darunter sind z.B. Wasserspeicher, Kanalisation etc. Sanfte Maßnahmen wie Frühwarnsysteme oder Versicherungen dienen zur Schadensbegrenzung und Verlustbewältigung.

Bauliche Maßnahmen bzw. technische Maßnahmen wie Regenwasseraufbereitungsanlagen, Versickerungs- und Rückhaltebecken, Bioswales und Regengärten reduzieren städtische Wasserprobleme. Diese werden nach IPCC (2022d: 951) immer häufiger zur Abschwächung von Überschwemmungen eingesetzt und zur Verbesserung der Regenwasserqualität aufgrund der Negativauswirkungen der versiegelten Oberflächen. Vegetative Lösungen und technische Anlagen helfen bei der Reduktion des Regenwasserabflusses, da das Wasser in ihnen gesammelt und gespeichert wird bzw. durch Versickerung und Verdunstung dem natürlichen Wasserkreislauf

zurückgeführt werden kann. Regenwassersysteme lassen das anfallende Regenwasser somit nicht nur in die Kanalisation ablaufen, sondern verhindern durch ihren kontrollierten Nutzen urbane Überschwemmungen, verringern die Kontamination des Abflusses durch Schadstoffe und reduzieren den Druck auf die städtische Kanalisation. Die EEA (2020: 62) bestätigt das abnehmende Risiko von Überschwemmungen durch verringerte Wassermengen in urbanen Entwässerungssystemen. Die Menge und Leistung des reduzierten Regenwasserabflusses hänge nach IPCC (2022d: 949) von der Gesamtfläche der grünen Infrastruktur, der Vegetationsart und ihrer Position in der Landschaft ab. Getrennte Regenwasser- und Abwassernetze seien nach EEA (2020: 34) aufgrund von Gesundheitsrisiken und der Bewältigung von schwankenden Wassermengen notwendig.

Naturbasierte Lösungen (kurz NBS, engl. nature-based-solutions) wie die grüne-blaue Infrastruktur seien nach IPCC (2022d: 950) ebenso attraktive Anpassungsmöglichkeiten für die Regenwasserbewirtschaftung und zur Reduzierung der Auswirkungen von Niederschlägen und Überschwemmungen in Städten. Sie senken das Volumen des abfließenden Wassers durch Erhöhung der Infiltration und Wasserspeicherung und reduzieren damit die Auswirkungen von Überschwemmungen (IPCC 2022d: 950). Sämtliche Investitionen in naturbasierte Anpassungsmaßnahmen für ein effizientes städtisches Regenwassermanagement lohnen sich. Besonders sinnvoll sind sie bei überschwemmungsgefährdeten Straßen. Der Erhalt und die Pflege der naturbasierten Anpassungsmaßnahmen braucht teilweise auch selbst Wasser, wodurch es bei Wasserknappheit zu Konflikten kommen könnte. Grüne Infrastruktur hilft bei der Entlastung des städtischen Abwasser-Kanalsystems und wird deswegen zur Regenwasseraufnahme in Städten genutzt. Bei der grün-blauen Infrastruktur geht es nicht so sehr um die reine Wasserwirtschaft von urbanen Siedlungen, sondern mehr um Landschafts- und Raumplanung sowie Ökologie (vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2019: 44). Grünflächen stellen dafür den grundlegenden Lösungsansatz dar, weshalb ihre Erweiterung und Vernetzung von ökologischer Bedeutung ist. Als multifunktionelle Flächen sind sie besonders wichtig für das soziale Leben in der Stadt. Nach Kruse (2015: 58) seien die Grundvoraussetzungen für die Implementierung der Grünflächen ein versickerungsfähiger und durchlässiger Boden, ausreichend Platz, genügend Abstand zum Grundwasser und zu Gebäuden und ein Straßengefälle, damit das Wasser zur Versickerungsfläche fließen kann. Grün-blaue Infrastruktur vereint nach IPCC (2022d: 948) ökologische und hydrologische Funktionen, wie beispielsweise die Verdunstung. Die grün-blaue Infrastruktur umfasst u.a. öffentliche Parks, private Gärten, Innenhöfe, Sportplätze, Biotope, Seen und Flüsse. Von großer Wichtigkeit sind der Ausbau und die gleichzeitige Verbindung dieser Grün- und Wasserflächen, wodurch ein grün-blaues Netzwerk entsteht. In diesem kommt es zur Speicherung, Reinigung, Versickerung und Verdunstung des Regenwassers. Fix eingeplante Versickerungszonen wie Grünstreifen nahe der Gebäude oder Straßen erleichtern die Umsetzung. Klimaadaptive Maßnahmen wie beispielsweise Straßenbäume, Parks oder begrünte Freiflächen steigern die städtische Regenwasserversickerung und verbessern dadurch den Dürreschutz. Das Regenwasser hält in Trockenperioden den Grundwasserspiegel auf einem ausreichenden Niveau. Nachhaltige städtische Entwässerungstechniken haben großes Potenzial als Anpassungsmaßnahmen im urbanen Raum. Bei Starkniederschlägen bewältigen tiefer gelegene Stadtparks und Freiflächen, Feuchtgebiete, Gründächer, Wälder und Mulden das urbane Regenwasser- und Abwassersystem durch Reduktion der Abflussmengen von

Niederschlagwasser. Dabei wird ein Teil des Niederschlags aufgefangen oder in Grünflächen gespeichert, bei Starkniederschlägen werden urbane Freiflächen teilweise zu temporären Regenwasserspeichern. Grüne Infrastruktur entlastet damit das städtische Abwassersystem.

Wasser befeuchtet die Luft, fördert dadurch Abkühlung und bindet Staub. Die Luft- und Lärmbelastung im urbanen Raum wird reduziert. Die Verdunstung von Wasser regt die Luftzirkulation an und kühlt die Umgebung, folglich wird der städtische Energieverbrauch durch reduzierte Gebäudekühlung gesenkt. Ein nachhaltiger Umgang mit Regenwasser hat positive Auswirkungen auf den städtischen Wasserhaushalt und das Mikro- sowie Stadtklima. Wenn das Regenwasser im natürlichen Kreislauf belassen wird, werden Boden und Pflanzen mit Wasser versorgt, der Boden während der Versickerung zusätzlich gereinigt, das Grundwasser angereichert und das städtische Kanalsystem sowie die Kläranlagen entlastet. Das gespeicherte Regenwasser im Boden verringert das Ausmaß der Dürreperioden, der verzögerte und verringerte Wasserabfluss senkt und verhindert das Überschwemmungsrisiko. Ein gestärktes grün-blaues Netzwerk bringt aber auch Profit für die BewohnerInnen der Stadt. Die klimaadaptiven Maßnahmen beeinflussen das Stadtbild und den öffentlichen Freiraum und tragen zur Attraktivität des urbanen Raumes bei. Immobilienwerte steigen durch die erhöhten urbanen Grünflächen wie Parks oder Gärten. Die Anpassung fördert ebenso das soziale Leben in der Stadt und das Lebensumfeld der Bevölkerung. Regenwasser und allgemein Wasser hat einen positiven Effekt auf das menschliche Wohlbefinden und die menschliche Psyche. Mangelnde Wasserflächen lassen die Sinnesqualität der Menschen verarmen und senken das Umweltbewusstsein. Mehr Grün- und Wasserflächen wirken sich positiv auf die städtische Biodiversität aus, z.B. durch naturnah gestaltete Regenwasserteiche. Die Flora und Fauna in der Stadt kann selbst in Dürrezeiten überleben.

4.2.6.1 Regenwassermanagement

Für einen klimaadaptiven Ansatz für Starkregenereignisse braucht das (Regen-) Wasser einfach ausgedrückt mehr Raum und Fläche in der Stadt, ein integriertes Regenwassermanagement ist notwendig. Die Stadt muss mit dem Wasser arbeiten, eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung ist das Ziel. Veränderte Niederschlagsmuster verlangen Veränderungen im städtischen Wasserkreislauf. Bei Starkregenereignissen müssen extrem hohe Wassermengen vom urbanen Abwassersystem gesteuert werden. Um die zukünftigen Herausforderungen des zunehmenden Regenwassers zu meistern, ist ein alternativer Lösungsansatz anstatt des herkömmlichen zentralen Entwässerungsprinzips notwendig. Eine dezentrale, naturnahe Regenwasserbewirtschaftung versucht „die Niederschläge grundsätzlich dort, wo sie anfallen, zu erfassen und – soweit wie möglich – an Ort und Stelle durch geeignete Maßnahmen zu bewirtschaften und dem natürlichen Wasserkreislauf wieder zuzuführen“ (Kruse 2015: 24). Das Regenwasser verdunstet und versickert vor Ort, sodass die Abwasserkanäle entlastet werden. Regenwassermanagement kombiniert mehrere unterschiedliche Prozesse, die versuchen, den natürlichen Wasserhaushalt nachzuahmen. Die vier Prozesse bzw. Strategien sind Rückhaltung (Retention), Verdunstung, Versickerung und Ableitung. Das anfallende Regenwasser bzw. der Oberflächenabfluss wird vor Ort zurückgehalten, verdunstet oder versickert und wird nur im Ausnahmefall direkt abgeleitet. Urbane Räume mit natürlicher

Bodenoberfläche und viel Grünflächen haben einen geringen Regenwasserabfluss an der Oberfläche, da das meiste Wasser verdunstet. Das Ausmaß an Verdunstung, Versickerung und Rückhaltung variiert durch die vorherrschenden Faktoren des Bewuchses, der Topografie, des Untergrundes und der Klimaverhältnisse (vgl. Österreichisches Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2019: 14). Dezentrale Lösungen können sowohl als ganzes Entwässerungssystem als auch als Ergänzungsmaßnahmen von bestehenden Entwässerungen angewendet werden. Was die Anpassung vom urbanen Oberflächenrelief an den dezentralen Umgang betrifft, so brauche es nach MA 22 (vgl. 2010b: 21) Gefälle zum Abfließen des Wassers und raumhafte Bodenvertiefungen. Die Bewirtschaftung des Regenwassers muss flexibel, zukunftsgerichtet und klimaadaptiv erfolgen. Deshalb sind die Erhaltung und Instandhaltung des städtischen Wassersystems von grundlegender Bedeutung. Sämtliche Wasser- und Abwasser-Infrastrukturen der Stadt müssen dafür stets funktionstüchtig bleiben. Falls es die Notwendigkeit einer Verbesserung oder Korrektur des Systems gibt, sollte die Stadt diese tätigen, um die Gefahr von urbanen Überschwemmungen zu verringern. Die Speicher- und Entwässerungskapazität der Stadt sollte dazu ebenso ausgebaut werden. Je höher diese ist, desto mehr kommt es zur Entlastung des städtischen Wassersystems. Das Ziel einer verzögerten Ableitung wird erreicht, wenn das Regenwasser dort aufgefangen und gespeichert wird, wo es anfällt. Dieses zurückgehaltene Regenwasser kann bei Notwendigkeit für die Grundwasseranreicherung und Bewässerung des städtischen Grünraums herangezogen werden. Starkregenereignisse erfordern ein möglichst robustes und resilientes urbanes Wassersystem. Öffentliche Freiräume müssen in der Lage sein, Regenwasser ohne Risiken und Gefahren zwischenspeichern. Es braucht somit wasserdichte, urbane Freiflächen. Für die Erlangung einer wassersensiblen Stadt braucht es aber auch das Engagement der Bevölkerung. Die Stadtbevölkerung muss über das Thema informiert und ermutigt werden, selbst Hand anzulegen. Die aktive Beteiligung der BewohnerInnen ist notwendig, um auch im Privatraum bewusst Maßnahmen zu ergreifen.

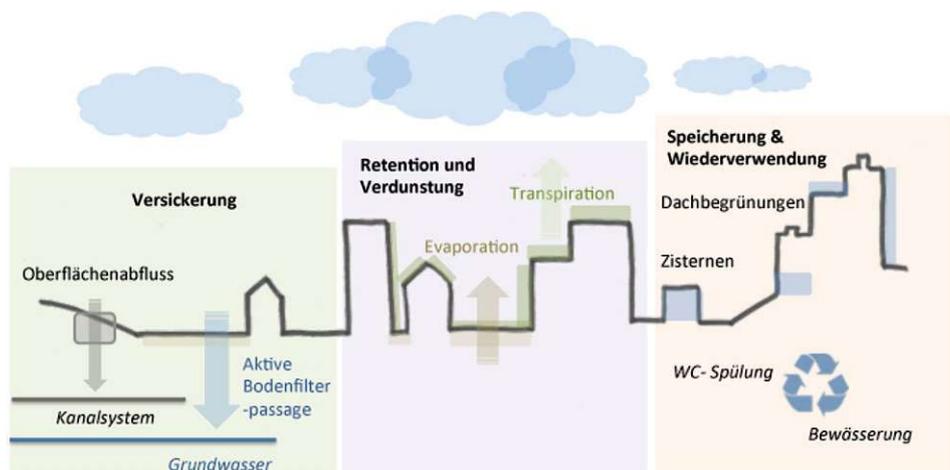


Abb. 17: Nachhaltiges Regenwassermanagement

4.2.6.1.1 Versickerung

Die Versickerung von Niederschlägen in den Boden und Untergrund sei nach MA 22 (2010b: 25) ein natürlicher Vorgang, der mithilfe von Versickerungsanlagen gezielt

beeinflusst werden könne. Diese sogenannte „gezielte Versickerung“ unterstützt das Entwässerungssystem bei übermäßiger Flächenversiegelung und niedriger Grundwasserneubildung. Bei der Versickerung reinigen Wurzeln im Boden das Wasser. Versickerungsflächen sind multifunktional, da sie auch als qualitativer Freiraum wie z.B. als Spielplatz oder Liegewiese verwendet werden können. Voraussetzungen zur Versickerung sind eine natürliche bzw. geeignete Boden- oder Geländebeschaffenheit und genügend Abstand zum Grundwasserspiegel (vgl. MA 22 2013: 4). Letzterer und die Gebäude in der Nähe müssen ausreichend geschützt sein. Bei unzureichender Versickerungsleistung des Bodens und Versickerungsfläche zur lokalen Regenwasseraufnahme werden Rückhalteanlagen hinzugezogen. Die entsprechende Versickerungsanlage werde nach Bayerischem Landesamt für Wasserwirtschaft (2005: 26) nach den Kriterien des Platzangebotes, der Versickerungsfähigkeit des Bodens und der Wasserqualität ausgewählt. Es gibt verschiedenste Methoden der Regenwasserversickerung. Bei der Flächenversickerung durch unversiegelte Flächen oder wasserdurchlässige Beläge versickert das Wasser direkt in den Boden. Mulden- und Beckenversickerungen lassen das Regenwasser in Bodenvertiefungen langsam versickern. Rohr- und Rigolen-Versickerungen leiten über perforierte Rohrsysteme das Niederschlagswasser in den Untergrund. Mulden-Rigolen-Systeme vereinen die Vorteile der beiden vorherigen Versickerungsmethoden. Schachtversickerungen sind flächenmäßig am kleinsten, jedoch bei hohen Grundwasserständen nicht anwendbar. Jegliche Systeme sind auch miteinander kombinierbar. Mögliche Beläge für Flächenversickerungen sind Schotterrasen, Kiesbelag, Geotextilschotter, Rindenhäcksel, Holzpflaster/Holzroste, Rasengittersteine, Rasen- oder Splittfugenpflaster, Porenpflaster oder Steinteppiche, Drainasphalt bzw. Einkornbeton (vgl. MA 22 2013: 3). In sogenannten Versickerungszonen versickert das anfallende Regenwasser über einen Grünstreifen in den Boden. Städtische Versickerungstreifen sind bodenlose Behälter gefüllt mit Erde, Kies und Pflanzen (Amsterdam Rainproof (a)) und fungieren als temporäre Regenwasserspeicher, bevor das Wasser langsam im Boden versickert. Die Leitung des Regenwassers von Gebäuden und Straßen zu den Versickerungstreifen erfolgt über offene Dachrinnen. Die zeitlich begrenzte Regenwasserspeicherung wird durch Schaffung leichter Niveauunterschiede entlastet. Straßenbegleitende Grünflächen wie Versickerungsbeete oder versickerungsfähige Baumscheiben von Straßenbäumen lassen das Regenwasser an Ort und Stelle versickern und verdunsten. Die Versickerungsdauer hängt von der zur Verfügung stehenden Fläche und dem geeigneten Boden ab.

4.2.6.1.2 Verdunstung

Verdunstung führt Regenwasser direkt dem natürlichen Wasserkreislauf zurück, wodurch die Speicherung, Versickerung und Ableitung abnehmen. Durch einen verzögerten Wasserabfluss bleibt das Wasser länger an der Oberfläche und kann so verdunsten. Die sinkenden Temperaturen des verbleibenden Wassers, der feuchten Oberflächen und der umgebenden Luft erfolgt durch den Energieaufwand bei der Verdunstung von Wasser, pro Kilogramm Wasser sind dies ca. 0,7 kWh. Die Verdunstung der natürlichen Niederschläge ist global die bedeutendste energetische Komponente. Rund 75 % des Niederschlagswassers weltweit verdunstet von der Erdoberfläche. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht hat die Verdunstung der Niederschläge die höchste Priorität im Naturhaushalt. Fehlende Verdunstungsraten im urbanen Raum seien eine der Hauptgründe

für den UHI-Effekt. Verdunstung hat also einen großen Einfluss auf das Mikro- und Stadtklima. (MA 22 2010b: 14)

4.2.6.1.3 Rückhaltung / Retention

Rückhaltung bzw. Retention ist die geplante Speicherung und verzögerte Ableitung des Niederschlagswassers in das Kanalsystem. Dieses wird durch die Zwischenspeicherung entlastet und Überflutungen werden bei Starkregenereignissen verhindert. Das überschüssige Regenwasser, das nicht abgeleitet, sondern in Rückhaltebecken gesammelt wird, kann multifunktionell genutzt werden, beispielsweise zur Bewässerung von urbanen Grünflächen in Dürrezeiten. Das gesammelte Regenwasser kann sowohl unter als auch über der Erde gespeichert werden. Die Regenwasserspeicherung und -nutzung sind zunehmend verbreitete klimaadaptive Maßnahmen für Städte. Grund dafür sind der reduzierte Wasserabfluss und die Versorgung von Wohnhäusern mit Wasser zur Gartenarbeit, zum Autowaschen, zur Toilettenspülung etc., wodurch Trinkwasser eingespart wird. In Trockenperioden ist die Bewässerung von Stadtpflanzen und Stadtgrün nicht sehr nachhaltig, jedoch notwendig. Bei keinerlei Anpassung der Bewässerung sind Konflikte über die städtischen Wasservorräte vorprogrammiert, Trinkwasser wird zu einem kostbaren Gut. Eine ausreichende Wasserversorgung ist gegeben, wenn Regenwasser und Grauwasser zur Bewässerung und sonstigen Aktivitäten, die kein reines Trinkwasser benötigen, verwendet werden. Die Nutzung von Regenwasser ist kosteneffizient, da es lokal verfügbar ist und wirtschaftlicher als die Wiederverwendung von Wasser zu Trinkwasser. Das gespeicherte Regenwasser kann als klimaadaptive Maßnahme für die Bewässerung des Grünraums in der Stadt verstanden werden. Nachhaltige, urbane Bewässerungssysteme verwenden nach MA 22 (2015: 67) das zwischengespeicherte Regenwasser aus Regenwasserteichen, Sammelbecken, unterirdischen Regenwasserspeichern (Zisternen) oder die genutzten Überschussmengen aus der örtlichen Grundwasserbewirtschaftung. Das gesammelte Regenwasser der Dachflächen kann ebenso zur Bewässerung von Grünflächen herangezogen werden. *Die immer wärmer werdende Luft aufgrund des Klimawandels lässt die Böden austrocknen, da sie mehr Wasserdampf aufnimmt. Ein wärmeres Klima bedeutet zusätzlich eine längere Vegetationsperiode, wodurch die Pflanzen länger Wasser benötigen, das sie dem Boden entnehmen. Ein resilientes, urbanes Wassersystem ist von Bedarf, um sich der zunehmenden Trockenheit anzupassen.* Zusätzliches Oberflächenwasser und mehr Raum dafür sollte wo nötig (und möglich) geschaffen werden. Seen, Kanäle und Wassergräben sollten im Bestand ausgebaut oder neu angelegt werden, dies betrifft ebenso grün-blaue Netzwerke innerhalb der Stadt. Diese naturbasierten Netzwerke werden nach City of Rotterdam (2013: 87) als „Klimapuffer“ bezeichnet.

Die Wahl der optimalen Rückhalteinrichtung ist flächenabhängig. Am besten sind offene, mit Gras überwachsene Rückhalteinrichtungen mit kurzzeitiger Wasserspeicherung. Das Wasser versickert und verdunstet darin teils, eine zu lange Anstauung sollte vermieden werden. Teiche können Wasser verdunsten, versickern und speichern. Retentionsbecken mit Schilf und Dachbegrünungen reinigen sogar das Regenwasser vor der Verdunstung und Speicherung. Zur Retention geeignet sind ebenso Rigolen und Zisternen als unterirdische Speicher. Eine Zu- und Ableitung zu technischen Retentionsanlagen ist notwendig, egal ob unter- oder oberirdisch. Oberirdische Retentionsanlagen müssen auf genügende Sicherheit

ugeprüft werden. Die Dimensionierung einer solchen Anlage hänge nach Bayerischem Landesamt für Wasserwirtschaft (2005: 22) von der zufließenden Wassermenge bei Starkregen, der geforderten Überlaufsicherheit und der Versickerungsmenge ab. Versiegelte, urbane Räume, in denen Niederschlagswasser nicht versickern kann, können kontrolliert geflutet werden. Ein sogenannter Wasserplatz ist ein vertiefter Stadtplatz im öffentlichen Raum, der das Regenwasser aus der Umgebung sichtbar auffängt und speichert bis das städtische Kanalsystem genug entlastet ist und das Wasser abgeleitet werden kann. Wasserplätze kommen immer in Kombination mit Wasserspeichern, die unterirdisch liegen und auch auf begrenztem Raum umgesetzt werden können. Spiel- und Sportflächen sowie oberirdische Regenwasserrinnen entlang von Wegen und Straßen sind ebenso Teil des Wasserplatzes, der multifunktionell gestaltet ist und somit in Trockenphasen genutzt werden kann. Die (Regen-)Wasserrückhaltung und Abflussreduzierung entlasten das städtische Kanalsystem, fördern den natürlichen Wasserhaushalt und verbessern das Mikro- und Stadtklima. Vor allem die Trinkwasserversorgung wird durch einen nachhaltigen urbanen Wasserhaushalt in Trockenperioden stark entlastet. Was die finanziellen Vorteile betrifft, so kann dadurch Trinkwasser eingespart werden.

4.2.6.1.4 Ableitung

Die Ableitung des Regenwassers in das Kanalsystem sollte nur im Ausnahmefall vorkommen, wenn das natürliche Regenwassermanagement an seine Grenzen gelangt. Auch beim Vorfinden von bindigen oder nicht versickerungsfähigen Böden erfolgt nach einer Reinigung die Ableitung und Einleitung des Regenwassers in das nächstgelegene Gewässer. Die Ableitung des Regenwassers passiere laut Bayerischem Landesamt für Wasserwirtschaft (2005: 20) punktuell, breitflächig mit dem Quergefälle zum Straßenrand, offen in oberflächlich geführten Gerinnen oder geschlossen in unterirdischen Leitungen. Eine sichtbare, oberirdische Ableitung ist die beste Alternativoption zu einer natürlichen Entwässerung. Die Menschen sehen den Weg des Wassers und die Instandhaltung ist leichter. Allerdings müssen bei oberflächlich geführten Ableitungsrinnen Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, darunter beispielsweise die Querschnittsanpassung an die Straßen- und Platznutzung. Abflussrinnen sind z.B. eine sinnvolle Maßnahme in verkehrsberuhigten Zonen. Die Größe der Abflussrinne werde bestimmt durch die angeschlossene Fläche, das Sohlgefälle und den Rauheitsbeiwert (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft 2005: 20). Ein reduzierter und verzögerter Abfluss des Regenwassers entlastet das städtische Kanalsystem, besonders bei Starkniederschlägen, wodurch Hochwasser vermieden werden können.

4.2.6.2 Wasserflächen und erlebbares Wasser

Die Schaffung und Erhaltung offener und bewegter Wasserflächen im urbanen Raum ist eine vielseitige klimaadaptive Maßnahme, die gut in Kombination mit anderen Anpassungsmaßnahmen funktioniert, sodass multifunktionale Freiräume entstehen. Wasserflächen im urbanen Gebiet können Extremtemperaturen und klimatische Spitzenwerte ausgleichen. Aufgrund ihres hohen Wärmespeichervermögens werden sie tagsüber nicht so warm, kühlen nachts aber auch nicht vollständig ab. Die notwendige Kühlung findet somit während des Tages statt. Seen, Teiche, Flüsse und Bäche bieten nach IPCC (2022d: 948) Lokalanwohnern Kühlvorteile. Offene Wasserflächen im urbanen Raum

führen zur Kühlung des Mikroklimas durch Evapotranspiration. Wasserflächen bzw. ein erhöhter Wasseranteil in der Stadt steigern die Verdunstung und folglich die Abkühlung im urbanen Raum, wodurch sich das Mikroklima verbessert und Temperaturspitzen ausgeglichen werden können. Laut MA 22 (2015: 66) beruhe der kühlende Effekt von Wasserflächen auf dem Entzug der zur Verdunstung erforderlichen Energie von der Wasseroberfläche und der umgebenden Luft. Allgemein kühlt bewegtes Wasser die Umgebung stärker als stehende Wasserflächen (vgl. MA 22 2015: 66). Für stehende Gewässer gilt: Je tiefer und größer das Gewässer, desto stärker die Auswirkungen auf das Klima. Nach MA 22 (2015: 30) sollen Gewässer größer als ein Hektar eine deutliche Auswirkung auf die Temperatur und Luftfeuchte ihrer Umgebung haben. Die Verdunstung in den Sommermonaten über der Wasserfläche eines flachen Sees liegt bei rund 138 mm (Stadt Karlsruhe 2015: 21). Diese Verdunstungsmenge entspreche ungefähr 4,4 Liter pro m² und Tag und könne von der Größenordnung her mit einer Grasfläche gleichgestellt werden. Die entstehende kühlende Wirkung erfolgt durch die begrenzte Wasserfläche selbst und wird von den lokalen hohen Windgeschwindigkeiten (Ventilationseffekt) beeinflusst (vgl. Stadt Karlsruhe 2015: 21). Aufgrund der geringen Reibung bzw. Rauigkeit und der daraus resultierenden hohen Windgeschwindigkeit über Wasserflächen, fungieren Gewässer als gute Kaltluftleitbahnen.

Wasserbasierte Anpassungsmaßnahmen umfassen Gewässer wie Teiche, Seen oder Flüsse, die durch die Mechanismen der Verdunstung, Wärmeaufnahme und des Wärmetransportes die Stadt abkühlen. Das oberirdische Abfließen von Wasser gestaltet als Abflüsse von Trinkbrunnen repräsentiert das Einbringen des Elementes Wasser in den urbanen Raum und fördert den Wohlfühlfaktor der Menschen. Das abgeleitete Wasser wird später zum Versickern gebracht. Die Errichtung von erlebbarem Wasser im öffentlichen Raum fördert durch die Wasserverdunstung die Kühlung der Stadtluft. Klimaadaptive Wasserinstallationen sind beispielsweise Springbrunnen, Wasserspiele, Wasserspielplätze, Wasservernebler, Hydranten mit Sprühaufsätzen, Sprühnebel etc. Die Vergrößerung der Wasseroberfläche und folglich der Kontaktfläche zwischen Wasser und Luft regt eine höhere Verdunstung an. Dadurch entsteht eine größere Kühlwirkung. Wenn der Mensch mit Wasser in Berührung kommt, erfolgt eine weitere Abkühlung: Die Benetzung der Hautoberfläche mit einem Wasserfilm und die anschließende Verdunstung lässt die Haut abkühlen. Wasserinstallationen sind aufgrund ihres erfrischenden Effektes sehr beliebt. Sichtbares Wasser in der Stadt besitzt eine hohe Anziehungskraft auf die Menschen, weswegen Wasserinstallationen stets so beliebt sind. Das verwendete Regenwasser (beispielsweise zur Bewässerung) führt zur Einsparung von Trinkwasser. Offene und bewegte Wasserflächen sind ein Gestaltungselement, das die Attraktivität urbaner Freiräume steigert. Durch ihre Gesamtwirkung erreichen sie eine erhöhte Aufenthaltsqualität, vor allem auch an heißen Sommertagen, und eine Steigerung der Lebensqualität. Das Wohlbefinden der Menschen wird ebenso verbessert. Zudem steigt die Biodiversität an, da Wasserflächen für Tiere und besonders Insekten lebensnotwendig sind.

4.2.6.3 Schwammstadt

Das Schwammstadt-Prinzip für Straßen- bzw. Stadtbäume ermögliche nach Fichtinger (o.J.: 2) die gesunde Entwicklung großkroniger Bäume in befestigten Flächen durch die Schaffung von ausreichendem Wurzelraum unter jenen Flächen (wie Straßen, Gehwegen, Stellplätzen). Stadtbäumen wird langfristig das „Überleben im Straßenraum“ (Arbeitskreis Schwammstadt 2023) zugesichert und es bedarf für dieses innovative System nur wenig Verkehrsfläche. Bei diesem System wird gleichzeitig ein lokaler, unterirdischer Retentionsraum für Niederschlagswasser geschaffen, wodurch das städtische Kanalsystem v.a. bei Starkregenereignissen entlastet wird und Bäume selbst in Trockenperioden mit Wasser versorgt werden. Somit wird ein ökologisches Regenwassermanagement für den Straßenraum geschaffen: Der „Schwamm“ in der Stadt haltet das Regenwasser zurück und speichert es, wo es gebraucht wird. Bäume sind erst nach ca. 30 Jahren am Höhepunkt ihrer Wirkung angelangt, sprich Sauerstoffproduktion, Schattenwurf, Kühlung, CO₂-Speicherung... (vgl. Fichtinger o.J.: 1). Die folglich große Krone korreliert mit einem großen Wurzelvolumen (mind. 36 m³ pro Baum), das in Städten auf ungeeignete Bedingungen wie zu kleine Baumgruben, ungeeignetes Substrat oder Bodenverdichtung trifft. Straßenbäume werden oft als Störung in der Stadt empfunden, werden im Durchschnitt nur noch 20 Jahre alt und verlangen durch die vorgefundenen Konditionen in Städten einen hohen Pflegeaufwand. Das Schwammstadt-Prinzip ermögliche nach Fichtinger (o.J.: 1) die Kleinhaltung der Baumscheiben an der Oberfläche, da sowohl Wasser als auch Luft für die Bäume unter den befestigten Oberflächen zur Verfügung gestellt werden. Der öffentliche Raum kann dadurch freier gestaltet werden. Die Struktur des Unterbaus der Schwammstadt bzw. der Straße muss auf die Anforderungen der Straßenbautechnik und auf die biologischen Ansprüche von Bäumen eingehen (vgl. Fichtinger o.J.: 1), damit der Wurzelraum der Bäume keine schädlichen Auswirkungen auf die darüberliegenden, befestigten Flächen verursacht. Der Untergrund braucht eine hohe Tragfähigkeit und Stabilität, sowie eine hohe Wasserverfügbarkeit und Luftkapazität. Um diesen Bedingungen der Wurzeln gerecht zu werden, wird Grobschlag (Grobsplitt mit enger Korngrößenverteilung) im Untergrund eingebaut und verdichtet. Dieses Grundgerüst trägt die Lasten (z.B. Verkehrslasten) in den Untergrund ab. Die Hohlräume werden mit Feinsubstrat (z.B. Schluff oder Sand) und zusätzlichen Dünger-, Kompost- und Kohleanteilen eingeschlämmt, die den Baum mit Nährstoffen versorgen. Die verschiedenen Porengrößen bewirken die Schwammwirkung: Die entstandenen Grobporen verteilen Luft und Wasser im Boden, die Feinporen halten das Regenwasser für den Baum zurück. Luft, Wasser und Nährstoffe werden somit für den gesunden Stadtbaum gesichert. Das Schwammstadt-Prinzip funktioniert stets in Kombination mit dem lokalen Regenwassermanagement. Das Regenwasser gelangt über bestimmte Einläufe oder Grünflächen in den Untergrund und wird über die Verteilungsschicht dem Wurzelraum bzw. dem unterirdischen Speicherraum der Schwammstadt zugeführt. Dort wird das Wasser an Bodenpartikel gebunden und solange gespeichert, bis es wieder vom Baum verdunstet wird. Das überschüssige Regenwasser versickert oder wird abgeleitet. Bei Starkregenereignissen wird der Retentionsraum vollgefüllt, das restliche Wasser gelangt verzögert in das städtische Kanalsystem über einen Überlauf. Beim Schwammstadt-Prinzip gibt es keine Retentionsbecken, das Wasser wird rein durch die Bindung im Boden zurückgehalten. Verunreinigtes oder belastetes Wasser kann entweder in den Filtern der Einläufe oder dem Bodenfilter der Grünflächen (Versickerungsbeete, Grünmulden) gereinigt

werden, bevor es in den Untergrund gelangt. Das Schwammstadt-Prinzip sollte bei der Umsetzung an die lokalen Bedingungen des urbanen Raumes angepasst sein, darunter an den Straßenraum, die Gelände- und Untergrundverhältnisse, den Wasserhaushalt und das lokale Klima. Der Stadtbaum gilt bei Starkregen als hocheffektive, lokale Anpassungsmaßnahme. Bäume erlangen durch mehr verfügbaren Wurzelraum mehr positive Auswirkungen auf das städtische Mikroklima durch ihre Verdunstung und Beschattung. Stadtbäume können sich so gesund und leistungsfähig entwickeln, wodurch auch ihre Leistung erhöht wird, wie beispielsweise die CO₂-Bindung. Das Schwammstadt-Prinzip erhöht das Wasser-Speichervermögen des Untergrunds und kann den Großteil der Jahresniederschlagsmengen für die Vegetation zurückhalten. Das Schwammstadt-Prinzip fördert zusätzlich die Entsiegelung und Bepflanzung im Straßenraum und verhindert eine Vergrößerung des bestehenden Kanalsystems.



Abb. 18: Schwammstadt-Prinzip für Bäume

4.2.7 Sensibilisierung der Bevölkerung

Eine ebenso grundlegende Anpassungsmaßnahme ist die Information und Sensibilisierung der Bevölkerung zu den Klimarisiken. Die gesamte Bevölkerung, aber vor allem die Risikogruppen müssen beispielsweise über extreme Hitze informiert werden, damit sie eigene Maßnahmen treffen und ihr Verhalten an die Hitzebedingungen anpassen können (vgl. City of Rotterdam 2013). Als selbst zu treffende Maßnahmen am Wohnraum können leicht zu öffnende Fenster, Sonnenschutzrollos oder Insektenschutz sein. Aber auch Aufklärung zum Thema Trockenheit ist von großer Wichtigkeit, damit die Menschen verstehen, wie essentiell ein nachhaltiger und sparsamer Umgang mit Trinkwasser ist. Anpassungsmaßnahmen an Starkregenereignisse können auf Initiative der Bevölkerung ebenso im Privatraum ergriffen werden. Ganz nach dem Motto „Pflaster raus, Pflanzen rein“ können Pflastersteine im Garten durch Vegetation ersetzt werden.

4.3 Schlussfolgerung der urbanen Klimaanpassungsmaßnahmen

Zusammenfassend können höhere Temperaturen und Hitzewellen in Städten durch naturbasierte und technologische Anpassungsmaßnahmen gedämpft werden. Die Adaption liegt kurz gesagt in der Erhöhung der Grünflächen und Bäume, der Installation von mehr Wasserflächen und der Verwendung von stark reflektierenden Materialien im urbanen Raum. Das anzustrebende Ziel ist eine hitzeangepasste Stadt mit einem angenehmen Stadt- und Mikroklima, in der sich die Menschen wohlfühlen. Die Hitzeanpassung erfolgt laut Stadt Wien (2020: 9) nach den vier Strategien Kühlen, Durchlüften, Beschatten und Begrünen. Diese können gezielt in der Stadtplanung eingesetzt werden, um Freiräume, Grünräume und auch Straßenräume qualitativ wertvoller zu gestalten und die Stadt auch für die nächsten Generationen zukunftsfähig zu machen. Die Anpassungsmaßnahmen gegen höhere Temperaturen im urbanen Raum beziehen sich größtenteils auf die physische Gestaltung der Stadt. Sowohl Oberflächentemperaturen als auch oberflächennahe Lufttemperaturen in der Stadt müssen gesenkt werden, damit der UHI-Effekt abnimmt. Alle genannten Maßnahmen sind teilweise bzw. vollständig ebenso für die städtische Anfälligkeit gegenüber Starkniederschlägen und Trockenheit von Nutzen. Die Auswirkungen der Maßnahmen sind stets bedeutungsvoll für mehrere Klimarisiken, naturbasierte Lösungen können nach EEA (2020) mehrere Gefahren gleichzeitig angehen. Es gibt eine Wechselwirkung zwischen allen Maßnahmen. Jede Stadt braucht jedoch individuelle, lokale Lösungen, um auf Hitzewellen, Trockenperioden, Überschwemmungen und Starkniederschläge zu reagieren. Deswegen folgt im nächsten Kapitel ein Blick auf die Klimaadaptation von vier Vorzeigestädten in Europa, die auf unterschiedliche Art und Weise auf ihre lokalen Klimaexpositionen und -risiken reagiert haben.

5 Internationale Stadtkonzepte und Praxisbeispiele der Klimaadaptation im urbanen Raum

5.1 Kopenhagen

5.1.1 Der „Cloudburst-Managementplan“ von Kopenhagen

Als Reaktion auf die zunehmenden Starkregenereignisse hat die Stadt Kopenhagen 2012 den „Cloudburst-Managementplan“ entwickelt. Dieser ist das Nachfolgedokument des 2011 erschienenen „Kopenhagener Klimaanpassungsplans“. Aufgrund des Klimawandels werden in Zukunft die Niederschläge in Kopenhagen in ihrer Intensität zunehmen, gleichzeitig werden die Regenereignisse in ihrer Häufigkeit abnehmen (vgl. Climate-ADAPT 2016b). Dies wird eine große Herausforderung für die Stadt darstellen. Das Ziel des Cloudburst-Managementplans ist die Reduzierung der Auswirkungen von urbanen Überschwemmungen, die aufgrund der Extremregenfälle zunehmen werden. Der Anstieg an Regenereignissen führt zu schweren und kostspieligen Schäden und macht die Stadt und ihre BewohnerInnen verwundbar. Die Stadt ließ nach EEA (2018: 12) deswegen die Kosten des Schadens und die Kosten herkömmlicher Maßnahmen im Vergleich zu neueren Anpassungsmaßnahmen schätzen, um letztendlich die finanziellen Auswirkungen für die Gesellschaft zu verstehen. Die herkömmliche, konventionelle Lösung sieht vergrößerte Dimensionen im urbanen Abwassersystem vor, die alternative, klimaadaptive Lösung die Anwendung von grüner Infrastruktur. Die Auswertung zeigte den gesellschaftlichen Verlust durch die Weiterführung traditioneller Abwassersysteme. Deswegen wurde sich für eine kombinierte Lösung entschieden: Das Abwassernetz wird ausgebaut und Klimaanpassungsmaßnahmen umgesetzt, darunter 300 Oberflächenprojekte mit Schwerpunkt auf Wasserrückhaltung und -entwässerung, die innerhalb der nächsten 20 Jahre realisiert werden sollen (vgl. EEA 2020: 63).

Der Cloudburst-Managementplan beinhaltet vier oberirdische Haupt-Anpassungsmaßnahmen, sogenannte „Oberflächenlösungen“, und unterirdische, rohrbasierte Lösungen für das Kanalnetz. Die Oberflächenlösungen lauten nach EEA (2018: 12):

- _ Regenwasserstraßen und -kanäle, die Wasser zu den Seen und zum Hafen transportieren,
- _ Rückhaltestraßen zur Wasserspeicherung,
- _ Retentionsflächen zur Speicherung sehr großer Wassermengen, z.B. Parks, die sich bei Überschwemmungen in Seen verwandeln könnten,
- _ Grüne Straßen, um Wasser in kleineren Nebenstraßen zurückzuhalten;

Das Hauptziel ist immer die verbesserte Rückhaltung, Versickerung und Ableitung von Regenwasser.

Die Stadt bewältigt die ökologischen Herausforderungen durch die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen im Straßenraum und öffentlichen Freiraum. Letzterer spielt eine besonders große Rolle, da er komplett neugestaltet und aufgeteilt wird. Gemäß Rinaldi and Tan (2019: 103) könnten die Straßen im Durchschnitt um 20 % verengt werden und trotzdem die geforderten Standards erfüllen. So könne die Straßenfläche um ein Fünftel

reduziert und gleichzeitig der Stadtraum für Fußgänger und Radfahrer verbessert werden. Kurz gesagt: Mehr öffentlich nutzbarer Raum entsteht. Weiters angepasst wird dieser durch mehr Vegetation und Bäume „zur Schaffung von Schattenbereichen auf mindestens 50% der bestrahlten Fläche“ (Bassolino 2019: 25) und durch insgesamt mehr Grünflächen. Verringerte Straßenbreiten führen zu verringerten Fahrzeuggeschwindigkeiten und reduzierten Schadstoffemissionen. Fahrradwege werden tiefergelegt bzw. erhalten hohe Bordsteine um als offene Ableitungskanäle für Regenwasser zu dienen und so Starkregenereignisse abzumildern bzw. Überschwemmungen zu verhindern. Der Mehrwert der Anpassung dieses wasserwirtschaftlichen Plans liegt in der verringerten Luftverschmutzung, im aufgewerteten städtischen Raum, im Anstieg der Immobilienwerte, höheren Steuereinnahmen und vermiedenen Schäden in der Stadt.

5.1.2 Tåsinge Plads, Kopenhagen

Ein bereits umgesetztes Projekt des Cloudburst-Managementplans ist der 2015 fertiggestellte Tåsinge-Plads in der Region Østerbro. Dieser klimaangepasste, urbane Raum in der Stadt Kopenhagen vereint Regenwasserwirtschaft und das soziale Leben. Ein lokaler, begrünter Treffpunkt für die Nachbarschaft ist entstanden. Dieses Pilotprojekt baut auf den natürlichen Wasserkreislauf auf: Das Regenwasser fällt auf den Boden, fließt zum tiefsten Punkt, versickert in den Untergrund oder verdunstet in die Luft. Das gesamte Viertel wurde begrünt mittels Grünkorridoren, Bäumen, Regengärten usw. Nach Bassolino (2019: 24) wurde die 270.000 m² gepflasterte Straßenfläche um rund 20% reduziert, demnach wurden 50.000 m² begrünt. Was die Vegetation angeht, bildet der neue Platz einen Querschnitt der dänischen Landschaft: Tåsinge-Plads erstreckt sich von einer trockenen, Gräser und Bäume umfassenden, zu einer feuchten, dichten Vegetation ähnlich einem Regenwald. Die Pflanzenauswahl erfolgte nach den Kriterien der Bodenbeschaffenheit, des Sonnenlichts und des Schattens, sowie wurde auf eine möglichst große saisonale Vielfalt Wert gelegt, damit Vögel und Insekten ganzjährig Nahrung finden können (Tåsinge Plads (b) 2023).



Abb. 19: Tåsinge Plads, Kopenhagen

Was das Regenwassermanagement betrifft, so ist der Platz an sich das Wasserrückhaltebecken. Die Skulpturen in Form von Regenschirmen sammeln das Regenwasser an und schützen gleichzeitig davor. Das Regenwasser der umliegenden Dächern wird ebenso gesammelt und in unterirdische Tanks weitergeleitet. Von dort gelangt das Wasser über die skulpturalen Wassertropfen an die Oberfläche des Platzes und landet im Regengarten bzw. Rückhaltebecken, wo es schlussendlich versickert. Das Regenwasser, das auf die Fläche des Tåsinge-Plads fällt, gelangt nicht in das städtische Kanalsystem, sondern versickert lokal an der tiefsten Stelle des Platzes. Große Wassertanks unter dem Platz ermöglichen zudem das Zurschaustellen des Wassers und das Wasserspiel, die das gesellschaftliche Leben und die Aktivität anregen. Tåsinge-Plads nimmt Regenwasser einer Fläche von 7000 m² auf, die dadurch nicht in die urbane Kanalisation gelangen. Das verunreinigte Regenwasser der umliegenden Straßenoberflächen gelangt in Versickerungsmulden am Straßenrand, wo es gefiltert wird.

5.2 Rotterdam

5.2.1 Die Rotterdamer Klimawandelanpassungsstrategie und der „Waterplan 2“

Die Stadt Rotterdam veröffentlichte 2013 ihre Anpassungsstrategie an den Klimawandel, die die Folgen steigender Meeres- und Flusspiegel, zunehmender Starkniederschläge und Dürren behandelt. Überschwemmungen, urbane Entwässerungsprobleme und niedere Wasserstände bilden u.a. die Risiken für die Stadt. Die Maßnahmen des Dokuments wurden aus vergangenen Erfahrungen zusammengestellt, darunter aus dem „Waterplan 1“ vom Jahr 2000, der aufgrund von Wasserqualitätsproblemen erstellt wurde, und dem „Waterplan 2“ von 2007, der eine umfassende Strategie des städtischen Wassermanagements beinhaltet und immer noch aktuell ist. Das Ziel der Rotterdamer Anpassungsstrategie basiert auf dem Inhalt des „Waterplan 2“: „Mit Wasser arbeiten, um eine attraktive, wirtschaftlich starke und klimasichere Stadt zu schaffen, oder anders ausgedrückt, eine hochwassersichere Stadt“ (City of Rotterdam 2013: 80). Der Fokus der Stadt Rotterdam liegt somit auf dem urbanen (Regen-)Wassermanagement auf gesamtstädtischer und lokaler Ebene.

Rotterdam ist, was die Umsetzung der Klimaadaptation angeht, sehr innovativ und zukunftsorientiert unterwegs. Die erstellten Strategien und Maßnahmen konzentrieren sich auf den öffentlichen Raum und berücksichtigen urbane Zentren und ihre BewohnerInnen. Grundlegend sind die Erhaltung, Verbesserung und die Entlastung des städtischen Wassersystems, was eine erhöhte Speicher- und Entwässerungskapazität zur Folge hat. Dafür wird das Regenwasser überall in der Stadt lokal (also an Ort und Stelle) aufgefangen und zurückgehalten, damit sich der Wasserabfluss verzögert. Die grüne und blaue Infrastruktur der Stadt hat zugenommen. Um die Widerstandsfähigkeit gegen Starkregeneignisse zu erhöhen, speichert der öffentliche Raum Regenwasser in wasserdichten Bereichen und auf Straßen. Ein Netzwerk aus wasserdurchlässigen, öffentlichen Räumen und Grünflächen zur Speicherung des Regenwassers ist entstanden. Regengärten, Regenstraßen und allgemeine städtische Begrünung sind Lösungen mit geringem Technologieaufwand und niederen Kosten, die aber eine hohe Klimaadaptation der Stadt bewirken. Umgesetzte Anpassungsmaßnahmen umfassen Gründächer, unterirdische Wasserspeicher, Versickerungsanlagen und den Bau von Wasserplätzen. Die Stadt

Rotterdam ist vorbildhaft was ihre Wasserplätze angeht. Diese schützen vor unkontrollierten Überflutungen als Folge der Starkregenereignisse und schaffen eine wasserdichte Stadt („waterproof city“). Versiegelte Flächen im öffentlichen Raum werden temporär geflutet und funktionieren als Wasserreservoir der Stadt. Wasserkanäle bzw. -wege entlang von Straßen leiten das Regenwasser zu den Wasserplätzen, wodurch das urbane Kanalsystem entlastet wird. Wasserplätze sind stets multifunktionell, ungefüllt fungieren sie mit ihren Spiel- und Sportflächen als sozialer Treffpunkt. Der Mehrwert der Anpassungsstrategie liegt in der erhöhten Wasserspeicherkapazität, der entlasteten Kanalisation und den reduzierten Oberflächentemperaturen. Die Stadt erhält mehr Grün- und Wasserflächen und wird zunehmend attraktiver, lebenswerter und widerstandsfähiger.

5.2.2 Water Square Benthemplein, Rotterdam

In der Innenstadt von Rotterdam wurde 2013 der „Wasserplatz Benthemplein“ als internationales Pionierprojekt von den Landschaftsarchitekten De Urbanisten realisiert. Hinter der umgesetzten Idee des Wasserplatzes steckt eine doppelte Strategie: Erstens wird das investierte Geld in die Wasserinfrastruktur sichtbar und zweitens verleiht der Platz seiner Nachbarschaft Identität und einen qualitativen Freiraum. Dieser Freiraum ist von Notwendigkeit, da der Platz den zentralen Aufenthaltsbereich zwischen einer Berufsschule, einem Jugendtheater, einem Fitnessstudios, einer Kirche und einem Bürogebäude bildet. In einem partizipativen Prozess mit gemeinsamen Workshops zwischen Designern und zukünftigen NutzerInnen wurde der Platz entworfen. Der Platz wurde als dynamischer Ort für junge Leute umgesetzt, der bespielt werden kann mit Skateboards, Inlineskates, Ballspielen oder als Bühne. Durch seine begrünten Flächen ist er ebenso ein Ort zum Verweilen. Zusätzlich wurde die Wasserdynamik inszeniert: Das Regenwasser und der Überflutungsschutz wurden während des Entwurfsprozesses stets mitgedacht. Der Wasserplatz ist somit multifunktional: Zu jeweils unterschiedlichen Zeiten und Wetterlagen ist er sozialer Treffpunkt, Spiel- und Sportplatz sowie Wasserrückhaltebecken. Die meiste Zeit ist der trockene Wasserplatz ein qualitativ wertvoller Freiraum.



Abb. 20: Water Square Benthemplein, Rotterdam

Der Wasserplatz sammelt durch seine Gestaltung bei Niederschlagsereignissen temporär das Regenwasser, die Spielzonen werden zu Rückhaltebecken. Teilbereiche speichern somit das Regenwasser und werden kontrolliert geflutet, zeitlich verzögert wird das Wasser dann in das urbane Kanalsystem eingeleitet oder noch besser, es versickert kontrolliert. Insgesamt drei Becken sammeln das Regenwasser: zwei kleine Becken halten das Wasser standardmäßig zurück, während das dritte, tiefergelegte Becken nur dann verwendet wird, wenn die Kapazität der beiden anderen ausgelastet ist. Das Regenwasser des gesamten Bereiches um den Platz wird gesammelt, darunter der angrenzenden Dachflächen, Gehwege und Parkplätze, dafür wird es sichtbar an der Oberfläche über Edelstahlrinnen in die Becken transportiert. Je nach Niederschlagsmenge sind die Einstauhöhen in den Becken unterschiedlich und das Erscheinungsbild des Platzes variiert. Das Wasser der beiden Sammelbecken fließt nach dem Regenereignis in eine unterirdische Versickerungsvorrichtung. Somit versickert das Regenwasser ins Grundwasser, was in Dürreperioden eine große Unterstützung darstellt. Das Wasser im dritten, tieferen Becken wird nach maximal 36 Stunden in das offene, städtische Wassersystem zurückgeleitet und belastet damit nicht mehr das Abwassersystem bzw. die Mischkanalisation.

5.3 Wien

5.3.1 Der „Urban Heat Islands - Strategieplan Wien“ (UHI-STRAT Wien)

Wien hat als eine der ersten Städte Europas auf die immer häufigeren Hitzewellen im urbanen Raum reagiert und bereits 2014 einen „Urban Heat Islands-Strategieplan“ veröffentlicht. Im Rahmen des EU-Programmes „Central Europe“, an dem sich acht europäische Großstädte beteiligten, darunter auch Wien, entwickelte sich der Plan zu urbanen Hitzeinseln. Weitere Projektbeteiligte waren die Wiener Umweltschutzabteilung (MA 22), wissenschaftliche ExpertInnen der BOKU und TU Wien, sowie Fachabteilungen der Stadt Wien. Die detaillierten Strategien und Maßnahmen zur Bekämpfung der urbanen Hitzeinseln werden in ihrer Wirksamkeit auf das Stadtklima bewertet, die maßgeblichen Vorteile für die Stadt werden genannt, ebenso wie die Schattenseiten der Umsetzung. Der Strategieplan ist kein reines Theorieinstrument der Stadt, die beschriebenen Maßnahmen wurden bereits umgesetzt bzw. sind zurzeit in Umsetzung. Das Dokument soll als Anregung bei großen und kleinen Neuplanungen dienen und bei wichtigen Entscheidungen helfen. Das Ziel des Plans ist, dass die Stadt Wien dem Klimawandel entgegenwirkt und noch lebenswerter gestaltet wird. Die Wiener Umweltstadträtin Ulli Sima sagte aus, dass Maßnahmen gegen die urbanen Hitzeinseln gleichzeitig Maßnahmen für eine noch bessere Lebensqualität in Wien seien: Es komme mehr Grün in die Stadt und es würden mehr Freiräume für Freizeitaktivitäten und offene Wasserflächen entstehen (MA 22 2015: 2).

„Maßnahmen gegen die urbanen Hitzeinseln sind gleichzeitig Maßnahmen für eine noch bessere Lebensqualität in Wien: Es kommt mehr Grün in die Stadt, es entstehen Freiräume für Freizeitaktivitäten und offene Wasserflächen.“

Ulli Sima, Wiener Umweltstadträtin

Die Wiener Strategie zu urbanen Hitzeinseln enthält großmaßstäbliche Strategien für ganze Stadtgebiete und konkrete Planungsmaßnahmen für kleinmaßstäbliche, lokale Eingriffe. Die umgesetzten Maßnahmen umfassen das Pflanzen von Bäumen und sonstigen Grünflächen im Straßenraum, Fassadenbegrünungen an öffentlichen Gebäuden, Regenwassermanagement und offene Wasserflächen, Fassaden-, Dach- und Dachbegrünungen im privaten Raum usw. Die Ziele der Stadt Wien für die nächsten Jahre beinhalten einen verbesserten Komfort öffentlicher Räume durch Schutz vor sommerlicher Überhitzung, ein verbessertes Stadtklima und eine erhöhte Aufenthaltsqualität als Planungsinputs für Gestaltungsmaßnahmen im öffentlichen Raum, die Ergebnisse des UHI-Projektes zur Identifizierung von Wärmeinseln zu nutzen und Regenwassermanagement einzusetzen, um Regenwasser gezielt und sinnvoll zu nutzen bzw. an Ort und Stelle versickern zu lassen (UHI – Urbane Hitze Inseln 2023). Der Mehrwert des UHI-Strategieplans liegt in der positiven Auswirkung auf das Stadt- und Mikroklima, der Schaffung von Freiräumen und ökologischen Lebensräumen, der steigenden Attraktivität von Gebäuden und Stadtteilen und der Erhöhung der Lebensqualität der BewohnerInnen.

5.3.2 Die Seebogensiedlung in der Seestadt Aspern, Wien

Am Stadtrand Wiens wird seit 2016 in einem der größten Stadtentwicklungsprojekte Europas die Seestadt Aspern erbaut, die ganz im Sinne der Nachhaltigkeit entsteht. Als Pilotprojekt wird das dortige Quartier „Am Seebogen“ als Schwammstadt umgesetzt, um so ein besseres Mikroklima und einen nachhaltigeren Umgang mit Regenwasser zu erzielen. Ganze Straßenzüge wurden im Schwammstadtprinzip realisiert, insgesamt rund 20.000 m² Straßenoberfläche. Das Wiener Landschaftsarchitekturbüro 3:0 entwarf die Straßenräume nach Schwammstadtprinzip, die zeitgleich auch ein qualitativer Freiraum für die BewohnerInnen sind. Die sogenannte Sonnenallee in der Seebogensiedlung wurde als multifunktionaler Straßenraum umgesetzt, sodass sie sowohl für Spiel und Sport als auch zur Erholung und Ruhe dienen kann. Nach Rinaldi and Tan (2019: 102) wurde die Schwammstadt in Aspern als duales Sammelsystem umgesetzt: die Sammlung der Oberflächenabflüsse erfolgt in Kanälen entlang der befestigten Flächen, die Versickerung hingegen in begrünten Mulden. Der Bau der Schwammstadt im Wiener Stadterweiterungsareal begann 2020 und dauerte bis 2022. Rund 330 neue Stadtbäume verschiedener Arten wurden gepflanzt. Bei der Auswahl der Bäume wurde besonders Wert darauf gelegt, dass sie resilient gegen Klimaveränderungen wie Hitze und Starkregen sind. Die Stadtbäume leiden unter diesen extremen Klimaveränderungen, vor allem Hitze und Trockenheit schwächen den Baum, der imstande sein muss, Wasser für einen längeren Zeitraum zu speichern. Beim Schwammstadtprinzip wird das Regenwasser gespeichert und steht dem Stadtbaum über längere Zeit zur Verfügung. Den Bäumen wird dadurch das Überleben in der extremen Hitze und während längeren Trockenperioden erleichtert.



Abb. 21&22: Das Schwammstadt-Prinzip in der Seestadt Aspern

5.4 Barcelona

5.4.1 Barcelonas "Tree Master Plan 2017-37"

Barcelona kämpft durch den Klimawandel mit extremen Temperaturen und Hitzewellen, abnehmenden Niederschlagsmengen, zunehmenden Dürreperioden und steigendem Meeresspiegel. Die Stadt ist aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte besonders stark vom Klimawandel betroffen. Aufgrund der Klimaveränderungen hat Barcelona in den letzten Jahren angefangen bewusst mehr Bäume zu pflanzen. 2017 wurde der „Barcelona Tree Masterplan 2017-37“ ins Leben gerufen, der langfristig das Bewirtschaften und die Sicherung von Stadtbäumen unterstützen soll. Der Plan ist verknüpft mit dem „Green Infrastructure and Biodiversity Plan“, kurz BIGP, aus dem Jahr 2013, der erst vor Kurzem als „Barcelona Nature Plan 2030“ überschrieben wurde. Grünflächen (öffentliche und private Grünflächen sowie Bäume umfassend) betragen rund 35% der Stadtfläche Barcelonas. Gemäß Climate-ADAPT (2016a) sollen diese städtischen Grünflächen zwischen 2020 und 2030 als Anpassungsmaßnahme gegen den Klimawandel um mehr als 160 Hektar erweitert werden.

Barcelona verfüge nach EEA (2018: 9) über relativ wenig Grünfläche pro EinwohnerIn, jedoch gebe es mehr Straßenbäume als in den meisten europäischen Städten. Grund dafür ist die systematische Ausweitung der Baumbedeckung im urbanen Raum und der Aufbau einer höheren Resilienz der Stadtbäume. Vor allem besonders dicht besiedelte Stadtteile sollen eine verbesserte Begrünung durch die Pflanzung von Bäumen erhalten, um so hochwertige öffentliche Räume zu schaffen. Nach EEA (2018: 9) umfassen die Maßnahmen eine gut durchdachte Auswahl von klimaresistenten Baumarten, eine erhöhte Artenvielfalt an Bäumen, eine zunehmende Nutzung von Regenwasser zur Bewässerung der Bäume und ein automatisiertes Bewässerungssystem. Die Baumpflege erfolgt dabei nur auf biologischem Wege, weder Pestizide noch Chemikalien werden benutzt. Barcelonas Straßen beherbergen rund 150 Baumarten mit unterschiedlichen Farben und Düften, wodurch die Straßen eigene Identitäten bekommen. Bäume mildern das Stadt- und Mikroklima durch Kühlung und Beschattung und verhindern Überschwemmungen durch Versickerung und reduzierten Wasserabfluss. Das Netzwerk an Stadtbäumen brachte jedoch auch einige Herausforderungen für Barcelona mit sich, darunter Gesundheits- und Sicherheitsrisiken durch Pollen, die Gefahr umstürzender Bäume oder herabfallender Äste,

Baumschädlinge oder -krankheiten sowie eine eingeschränkte Flächenverfügbarkeit für andere Nutzungen im urbanen Raum (vgl. Climate-ADAPT 2016a). Die Bäume selbst sind im urbanen Raum besonders stark den Klimaveränderungen ausgesetzt, wie beispielsweise Hitzewellen oder Dürreperioden. Der Mehrwert des Masterplans liegt in der Verbesserung des urbanen Mikroklimas, der entstandenen Kühlung in der Stadt, der Verhinderung urbaner Überschwemmungen, der Zunahme der Attraktivität der Freiräume und der Steigerung der Immobilienwerte.

5.4.2 Barcelonas „Superblocks“ in Eixample

Die Bürgermeisterin Barcelonas, Ada Colau, sagte aus, dass es an der Zeit sei, über die neue Stadt für die Gegenwart und die Zukunft nachzudenken – mit weniger Umweltverschmutzung, neuer Mobilität und neuen öffentlichen Räumen (Hunter 2021). Der „Superblock“ ist ein Stadtmodell Barcelonas, das den Straßenraum für die BürgerInnen zurückgewinnt. Die ursprüngliche Idee des Superblocks entstand 1855 vom Ingenieur Ildefons Cerdà, der die Vision eines Viertels voller Grünflächen und Treffpunkte für die BewohnerInnen hatte. Die Corona-Pandemie hat die BewohnerInnen realisieren lassen, dass der Zugang zu städtischen Grünflächen und qualitativen Freiräumen aufgewertet und erleichtert werden sollte. Die Straßen werden größtenteils vom motorisierten Verkehr befreit. Der Verkehr des Superblocks ist auf die Hauptstraßen drumherum eingegrenzt, während die inneren Straßen für den Durchgangsverkehr gesperrt sind und nur für FußgängerInnen, RadfahrerInnen und AnwohnerInnen mit dem Privatauto zugänglich sind. Der Fußgänger wird zum Hauptakteur auf diesen lebendigen Straßen. Die inneren Straßen werden in grüne Freiräume verwandelt durch Bäume und Sträucher, Aufenthaltsbereiche mit Bänken usw. Die gesamte Nachbarschaft wird durch die Begrünung aufgewertet und die Fußgängerzonen laden zum Verweilen und als soziale Treffpunkte ein. Im Mittelpunkt der Begrünung stehen Bäume, der Superblock beinhaltet ebenso das Baumpflanzprogramm der Stadt. Die Fläche jeder Straße soll zu 20% unbefestigt und mindestens zu 80% von Bäumen beschattet sein (vgl. Hunter 2021).

*„It is time to think about the new city for the present and the future
– with less pollution, new mobility and new public spaces.“*

Ada Colau, Bürgermeisterin von Barcelona (2015-2023)

Das Projekt soll auf die gesamte Stadt ausgeweitet werden, findet jedoch seinen Anfang 2022 in Eixample, dem Bezirk mit der höchsten Bevölkerungsdichte, der höchsten Umweltverschmutzung und dem größten Lärm durch den Verkehr. Bei einer Analyse der urbanen Hitzeinseln in Barcelona (Ajuntament de Barcelona, 2014) wurde Eixample als heißester Bezirk der Stadt identifiziert. Dieser Stadtteil zählt ebenso zu den am dichtesten bevölkerten Stadtvierteln in ganz Europa. Der städtebauliche Aufbau des Stadtteils ist gekennzeichnet durch eine Kombination mehrerer Gebäudeblöcke, den sogenannten Superblocks, und großen, mehrspurigen Alleen. Aufgrund der zunehmenden Hitzewellen und Starkregen hat die Stadt beschlossen in das Gebiet einzugreifen und sowohl klimaadaptive als auch Mobilitäts-Maßnahmen zu treffen. Eixample erhält über 33 Hektar an zusätzlicher Freiraumfläche mit grüner Infrastruktur für FußgängerInnen. Es sollen grüne Straßen anstelle der alten entstehen mit insgesamt 6,6 Hektar Grünfläche und Plätze

anstelle von Straßenkreuzungen im Umfang von 2.000 m². Die Bürgermeisterin Barcelonas versprach, dass bis 2026 jeder Einwohner bzw. jede Einwohnerin Eixamples nicht mehr als 200 Meter von einer Grünfläche entfernt sei (Hunter 2021).



Abb. 23: Die grüne Vision von Barcelona für den Stadtbezirk Eixample

5.5 Schlussfolgerungen und Ansätze für Bozens Stadtentwicklung

Bozen kann sich von den zuvor genannten internationalen Vorzeigestädten einiges aneignen und selber versuchen umzusetzen. Für Südtirols Landeshauptstadt gibt es noch viel Entwicklungspotenzial bei der Klimaanpassung, weshalb ein Blick auf andere Stadtkonzepte, Entwicklungspolitiken und Ansätze von großer Wichtigkeit ist.

Genauso wie Kopenhagen wird auch Bozen mit zunehmenden Starkniederschlägen zurechtkommen müssen, weswegen eine wohlüberlegte Anpassung sehr wichtig ist. Der Kopenhagener „Cloudburst-Managementplan“ ist vorbildhaft was den Umgang mit dem städtischen Wassersystem betrifft, da ihm eine Kostenberechnung der Schäden bzw. der Anpassung voraus ging. Bozen kann dies ebenso versuchen umzusetzen und in Zahlen ausdrücken, welche Vorteile klimaadaptive Lösungen bieten können im Vergleich zu Untätigkeit und Schäden. Die vorgelegten Berechnungen könnten für viel Umstimmung in der Politik und Gesellschaft sorgen und zuzeitigem Handeln bewegen. Ebenso sollte auf Klimaanpassungsmaßnahmen fokussiert werden und nicht (nur) auf den Ausbau des bereits existierenden Abwassernetzes. Kurz gesagt sollte Bozen anfangen mit dem Wasser zu arbeiten, statt dagegen, so wie die Stadt Rotterdam. Die Speicherung von Regenwasser durch eine erhöhte Begrünung und Ausweitung von Wasserflächen im urbanen Raum haben massive Auswirkungen auf die Lebensqualität in der Stadt. Das Risikomanagement würde sich durch die Umsetzung naturbasierter Anpassungsmaßnahmen wesentlich verbessern und zukünftige Starkregenereignisse und Dürren wären nicht mehr allzu sehr zu fürchten.

Bozen kämpft außerdem mit zunehmenden Hitzewellen und steigenden Temperaturen. Was die Anpassung dazu betrifft, so kann sich die Stadt einiges von der Wiener Strategie gegen urbane Hitzeinseln abschauen. Die Anpassung an die erhöhten Temperaturen erfolgt durch Strategien, die die gesamte Stadt betreffen, und lokale Maßnahmen, die gezielt in Stadtvierteln umgesetzt werden können. Wichtig ist auch hier wiederum zu handeln und nicht untätig dazusitzen. Die Maßnahmen des UHI-Strategieplan Wiens werden nicht nur

theoretisch aufgezählt, sondern gegenwärtig umgesetzt. Diesen Drang zur Umsetzung sollte auch Bozen verspüren. Auch Barcelona ist vorbildhaft bei der Klimaanpassung und verfügt über einen eigenen Baum-Masterplan für die zukünftige Stadtentwicklung. Bozen kann sich, was die Pflanzung von Bäumen betrifft, so manches von Barcelona abschauen, da gezielt der Baumbestand und die Grünflächen erweitert und sich Gedanken über die Erhaltung und Sicherung der Bäume gemacht werden.

Was Bozen dringendst fehlt, sind öffentliche Plätze, die Aufenthaltsqualität haben und die Stadt bei der Bekämpfung gegen die Klimaveränderungen unterstützen. So wie „Tåsinge-Plads“ in Kopenhagen, könnte auch Bozen das urbane Regenwassermanagement sichtbar im öffentlichen Raum integrieren und beispielsweise Wasser von umliegenden Dächern sammeln und später zur Bewässerung der Grünflächen wiederverwenden. Die ermöglichte Versickerung vor Ort würde dem städtischen Klima und auch Mikroklima in Bozens dicht bebauten Gebieten guttun. Der „Watersquare“ in Rotterdam ist ein ebenso gutes Vorzeigebispiel, wie man Klimaadaptation und qualitativen Freiraum miteinander vereint. Niederschlagswasser wird kontrolliert zurückgehalten und das urbane Abwassersystem entlastet. Bei extremen Niederschlagsereignissen gäbe es so in lokaler Nähe des Platzes keine Überschwemmungen mehr zu fürchten. Zudem wären sich die BewohnerInnen Bozens den Mechanismen des Regenwassermanagements bewusster, da sie den Weg des Wassers mitverfolgen könnten. Auch das Schwammstadt-Prinzip, wie es in der Seestadt Aspern in Wien vorzufinden ist, könnte in Bozen Verbreitung finden. Stadtbäume könnten so vermehrt in den städtischen Freiraum inkludiert werden, ohne zu anfällig für Hitze und Trockenheit zu sein. So wie Barcelona bei seinen „Superblocks“ vorgeht, könnte auch die Südtiroler Landeshauptstadt den städtischen Freiraum mehr priorisieren und an so mancher Stelle Fläche vom Straßenraum zurückzuerlangen bzw. durch neu angedachte Mobilitätskonzepte Verkehrswege für PKWs zu minimieren. Neu entstandene Freiräume mit Grünflächen tragen zum Stadtbild bei und stehen den BewohnerInnen zur Verfügung, während FußgängerInnen und RadfahrerInnen den Vorzug durch die neu entstandenen Gebiete erhalten. Eine neu gedachte Mobilität hat einen ebenso großen Einfluss auf das Mikroklima in Bozen.

6 Rechtliche und politische Klimarahmenbedingungen der Klimaanpassung

Das folgende Kapitel analysiert das Thema der Klimaanpassung aus rechtlicher bzw. politischer Sicht. Ausgehend von den internationalen Klimarahmenbedingungen folgen jene der Europäischen Union, dann die auf nationaler Ebene, Provinzebene und abschließend Gemeindeebene. Es wird erläutert, welche relevanten Dokumente schon vorhanden sind, was noch fehlt und wie auf welcher Ebene mit dem Thema umgegangen wird. Es folgt ein Überblick von Strategien, Plänen, Gesetzen etc., die sich mit Klimaadaptation auseinandersetzen.

6.1 Internationale Klimarahmenbedingungen

International von großer Bedeutung ist das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (United Nations Environment Programme, UNEP), das 1972 mit Sitz in Nairobi gegründet wurde und sich u.a. mit den Klimaveränderungen beschäftigt. „UNEP wirkt als Auslöser, Anwalt, Lehrer und Vermittler für den schonenden Umgang mit der Umwelt und einer nachhaltigen Entwicklung“ (UNEP 2023). Die Vereinten Nationen sind ebenso die Dachorganisation der Weltwetterorganisation (World Meteorological Organisation, WMO). Diese Sonderorganisation sammelt seit 1950 weltweit Wetter- und Klimadaten. UNEP und WMO schlossen sich 1988 zusammen und gründeten den Weltklimarat, besser bekannt als IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Diese zwischenstaatliche Institution betreibt weltweit anerkannte Klimaforschung und publiziert ihre Ergebnisse, sogenannte Weltklimaberichte, regelmäßig. Empfehlungen für Klimaschutz und Klimaanpassung stehen ebenfalls auf ihrer Agenda.

Beim Umweltgipfel 1992 in Rio de Janeiro entstand das „Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen“, besser bekannt als UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). Dieses internationale Umweltabkommen über die Bekämpfung der Klimaänderungen versucht vordergründig den Treibhauseffekt und seine Emissionen zu reduzieren. Der wichtigste Grundsatz geht somit auf den Klimaschutz zurück, aber es wird auch Bezug auf Klimaanpassung genommen. Laut Artikel 4 der UNFCCC ist es für die Vertragsparteien notwendig, nationale und regionale Klimastrategien zu erarbeiten, in denen auch „[M]aßnahmen zur Erleichterung einer angemessenen Anpassung an die Klimaänderungen vorgesehen sind“ (UNFCCC 1992: Art. 4.1b). Die Vertragspartner der UNFCCC treffen sich jährlich zu UN-Klimakonferenzen (Weltklimagipfel). Darunter besonders hervorzuheben sind der „Fahrplan von Bali“ (COP13) aus dem Jahr 2007, der Klimaadaptation behandelt, und die „Übereinkunft von Kopenhagen“ (COP15) im Jahr 2009. Diese fordert ebenso eine Anpassung an die Folgen des Klimawandels.

Die 21. Konferenz der Vertragsstaaten ist wohl die bedeutendste. Der daraus resultierende „Pariser Klimavertrag“¹ von 2015 ist eines der wichtigsten globalen Völkerrechtsabkommen, was den Klimaschutz und die Klimaanpassung betreffen. Das Ergebnis der Zusammenkunft

1 auch COP21 genannt („21st Conference of the Parties“)

der 195 Vertragsstaaten war ein verbindliches Ziel der globalen Erwärmung unter 2°C im Vergleich zum vorindustriellen Temperaturniveau (vgl. Vereinte Nationen 2015: Art. 2.1a). Was die Klimaanpassung betrifft, so steht, dass die Weltgemeinschaft durch dieses Abkommen „die Fähigkeit zur Anpassung an die nachteiligen Auswirkungen der Klimaänderungen erhöht“ (Vereinte Nationen 2015: Art. 2.1b).

Nachdem Übereinkommen von Paris setzt die „Agenda 2030“ mit ihren 17 Nachhaltigkeitszielen, kurz SDGs („Sustainable Development Goals“), an. 193 Mitgliedsstaaten beschlossen diese 2015 bei einer Generalversammlung der Vereinten Nationen. Der globale Aktionsplan gilt als Leitbild für nachhaltige Entwicklung und vereint Ökologie, Ökonomie und Soziales. Für die vorliegende Arbeit die wohl relevantesten Ziele sind (SDGs 2023):

- SDG 6 - Sauberes Wasser und Sanitärversorgung: Dies ist bedeutend für eine nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser, sprich in diesem Fall Regenwassermanagement.
- SDG 11 - Nachhaltige Städte und Gemeinden: Hierbei geht es um einen nachhaltigen und widerstandsfähigen Städtebau.
- SDG 13 - Maßnahmen zum Klimaschutz: Dieses Ziel beschreibt die Bekämpfung des Klimawandels und seiner Folgen.
- SDG 15 – Leben an Land: Die Wichtigkeit liegt hier beim Schützen, Wiederherstellen und nachhaltigen Nutzen von Landökosystemen.

Die Vereinten Nationen haben im Rahmen der UN-Konferenz „Habitat III“ 2016 in Quito die „Neue Urbane Agenda“ (New Urban Agenda, NUA) veröffentlicht. Sie ist der globale Fahrplan des Wohnungswesens und einer nachhaltigen Stadtentwicklung. Die unterzeichneten Staaten haben sich sowohl zum Aufbau resilienter Städte erklärt als auch zur Förderung von Klimaschutz und Klimaanpassung.

6.2 Klimarahmenbedingungen der Europäischen Union

Mit dem Europäischen Grünen Deal (European Green Deal) 2019 bestätigt die Europäische Kommission ihr ehrgeiziges und führendes Ziel, Europa bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent zu machen. Das Paket setzt u.a. ehrgeizige Maßnahmen zur Anpassung an die Klimaveränderungen. Als Grundlage dafür wird die „EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel“ aus dem Jahr 2013 verwendet. Der Green Deal trägt dazu bei, „[u]mfassende Veränderungen in Bereichen wie Anpassung an den Klimawandel, Ozeane, Städte und Böden herbeizuführen“ (Europäische Kommission 2019: 22).

Aufbauend auf den Grünen Deal und im Zuge von „Horizon Europe“, einem EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation, wurden fünf offizielle „EU-Missionen“ ernannt, die zu den größten, gegenwärtigen Herausforderungen zählen und bis 2030 sichtbare Lösungen aufweisen sollen. Eines dieser fünf Ziele heißt „Anpassung an den Klimawandel“ („EU Mission: Adaptation to Climate Change - support at least 150 European regions and communities to become climate resilient by 2030“). Das Thema der Resilienz gegen die Klimafolgen gewinnt damit an Bedeutung.

Im Rahmen des Grünen Deals und dem Verfolgen der Klimaneutralität bis 2050 entstand das „Europäische Klimagesetz“ (Europäische Kommission 2021b), welches die Ziele verbindlich festlegt. Nun werden alle Regionen und Sektoren aufgefordert vor 2050 klimaneutral zu werden. Aber auch die Anpassung wird als „[e]in Schlüsselfaktor der langfristigen weltweiten Reaktion auf den Klimawandel“ (Europäische Kommission 2021b: 13) bezeichnet. Laut Artikel 4, der die Anpassung an die Klimaveränderungen behandelt, sei es wichtig „[n]och ehrgeizigere Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel, unter anderem durch verstärkte Anstrengungen in den Bereichen Sicherung der Klimaverträglichkeit, Stärkung der Widerstandsfähigkeit, Prävention und Vorsorge [...]“ (Europäische Kommission 2021b: 18) zu ergreifen.

Was die Dokumente zur Klimaanpassung der Europäischen Union betrifft, so wurde bereits 2007 das Grünbuch „Anpassung an den Klimawandel in Europa“ veröffentlicht, zwei Jahre später folgte das Weißbuch „Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen“. 2013 kam es zu einer ersten Konkretisierung mit der „Strategie zur Anpassung an den Klimawandel“ (Europäische Kommission 2013) und 2021 folgte die Veröffentlichung der gegenwärtigen EU-Strategie: „Ein klimaresilientes Europa aufbauen - die neue EU-Strategie für die Anpassung an den Klimawandel“ (Europäische Kommission 2021a). Ziel und Vision dieser Strategie ist die Klimaresilienz der Europäischen Union bis 2050 und damit die Klimaauswirkungen unter Kontrolle zu haben, denn „[b]ei der weltweiten Reaktion auf den Klimawandel ist die Anpassung ein entscheidender Faktor“ (Europäische Kommission 2021a: 28). Mittlerweile haben fast alle Mitgliedsstaaten nationale Anpassungsstrategien oder einen Anpassungsplan erlassen.

Ein Nachschlagewerk für Klimaanpassungs-Fachwissen ist die europäische Internetplattform „ClimateADAPT“. Als Reaktion auf die Corona-Pandemie entstand das Europäische Programm „NextGenerationEU“ (NGEU), das Klimaschutzmaßnahmen und den ökologischen Wandel unterstützt.

6.3 Nationale Klimarahmenbedingungen in Italien

Italien steht es wie jedem anderen EU-Mitgliedstaat frei, sich höhere Ziele für den eigenen Beitrag zum Klimawandel festzusetzen. Der „Integrierte Nationale Energie- und Klimaplan 2030“ (Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima 2030, PNIEC) aus dem Jahr 2020 definiert Italiens Ziele der Treibhausgasemissionen-Reduzierung. Das Thema Klimaanpassung kommt mehrmals drin vor, wird aber nicht genauer behandelt.

Der „Nationale Aufbau- und Resilienzplan“ (Piano nazionale di ripresa e resilienza, PNRR) aus dem Jahr 2021 ist Teil des europäischen Plans NextGenerationEU. Ein Teilbereich dieses Plans behandelt die „Grüne Revolution“ und den „ökologischen Wandel“ und sieht dafür nationale Investitionen in Milliardenhöhe vor. Dabei geht es um Aspekte wie nachhaltige Mobilität, Boden- und Gewässerschutz etc.

Der „Plan für den ökologischen Wandel“ (Piano per la transizione ecologica, PTE) basiert auf dem Programm des PNRR und den Zielen der Europäischen Gemeinschaft, darunter dem Grünen Deal, und verfolgt mitunter Ziele wie die Anpassung an den Klimawandel, Klimaneutralität, Wiederherstellung der biologischen Vielfalt und der Ökosysteme usw.

Laut EU-Klimagesetz (Europäische Kommission 2021b: Art. 5. Abs. 4) nehmen die Mitgliedsstaaten nationale Anpassungsstrategien an und setzen diese um. Ebenso aktualisieren sie diese regelmäßig. Seit 2015 hat Italien eine „Nationale Strategie zur Anpassung an den Klimawandel“ (Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, kurz SNAC). Vom Umweltministerium entworfen, baut sie auf ihrem europäischen Vorbild auf. Das Dokument ist eine nationale Vision des Umgangs mit den Folgen der Klimaveränderungen, 2021 wurde es nochmals aktualisiert. Die Umsetzung der Strategie erfolgt im „Nationalen Plan zur Anpassung an den Klimawandel“ (Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, PNACC). Dieser beinhaltet zukünftige Klimaszenarien für Italien, deren Auswirkungen und dagegenwirkende Anpassungsmaßnahmen.

Die „Nationale Strategie für städtisches Grün“ (Strategia nazionale del verde urbano) wurde 2013 als Gesetz erlassen und befasst sich mit den Leitlinien des „Nationalen Plans zur Anpassung an den Klimawandel“. Die Strategie legt Richtlinien und Kriterien für die Förderung städtischer Wälder mit Einbezug von historisch-kulturellen und landschaftlichen Ortseigenschaften fest.

6.4 Klimarahmenbedingungen der Autonomen Provinz Bozen - Südtirol

„Gemäß dem Autonomiestatut (Art. 8) hat die Autonome Provinz Bozen die ausschließliche (primäre) Gesetzgebungsbefugnis u. a., soweit es hier von Interesse ist, in den Sachgebieten: Stadtplanung und Regulierungspläne, Landschaftsschutz, Gemeinnutzungsrechte, öffentlich gefördertes Bauwesen, Maßnahmen zur Katastrophenvorbeugung und -soforthilfe, [...], Straßenwesen, Wasserleitungen und öffentliche Bauten im Interessenbereich der Provinz, [...]“ (Sparber et al. 2022: 36). Südtirol ist somit, was das Thema der Arbeit betrifft, losgelöst von den nationalen Vorgaben und kann sich eigene Ziele setzen. Laut Zebisch et al. (2018: 107) gibt es in Gesetzen und Richtlinien auf Provinzebene „[k]aum konkrete Maßnahmen zu Klimaschutz und Anpassung, obwohl die EU fordert, im Sinne des Mainstreamings solche in die Gesetze einzuarbeiten“ (Zebisch et al. 2018: 107). Stattdessen werden Nachhaltigkeits-Grundsätze in der Einleitung oder den Begriffsbestimmungen erwähnt oder es wird zum Schutz natürlicher Ressourcen aufgefordert.

*„[...] Südtirol nachhaltig zu entwickeln ist unser Anspruch.
Mutige Entscheidungen sind notwendig und gemeinsam zu tragen,
um Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt möglichst in Einklang zu bringen,
der Klimakrise zu begegnen, ihre Folgen zu bewältigen und
die Herausforderungen möglichst in Chancen umzuwandeln.“*

Grundsatz der Südtiroler Landesregierung (2019)

Südtirol definiert sich selbst als „KlimaLand“ und „Green Region“ (Zebisch et al. 2018: 106). Das wohl wichtigste Dokument der Südtiroler Nachhaltigkeitsstrategie und zur Erreichung der Pariser Klimaziele ist der „Klimaplan Südtirol 2040“. Dieser wurde 2011 als Erstauflage veröffentlicht, mittlerweile wurde er mehrmals überarbeitet und aktualisiert. Das zentrale Thema darin ist die zukünftige Energiestrategie des Landes und die Senkung der

Treibhausgas-Emissionen mit dem Ziel der Klimaneutralität Südtirols bis 2040. Alle Resorts der Landesregierung sind mittlerweile in diesem Dokument integriert, da die Klimarelevanz aller Kompetenzen und Themenbereiche erkannt wurde. Der Klimaplan ist die „Handlungsanweisung der gesamten Landesregierung“ (Südtiroler Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz 2022: 3). Vordergründig ist der Klimaschutz, angesprochen werden aber auch „[M]aßnahmen, welche die Resistenz und die Resilienz der Region gegenüber den Veränderungen durch den Klimawandel steigern, und die Vorbereitung notwendiger Anpassungen (Adaptation), wie zum Beispiel die Vermehrung der Grünflächen im urbanen Bereich“ (Südtiroler Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz 2022: 13). Der Klimaplan zeigt schon erste konkrete Verpflichtungen bzgl. Klimaadaptation, vieles muss jedoch erst ausgearbeitet werden.



Abb. 24: Klimaplan Südtirol 2040

Die ergänzende wissenschaftliche Studie „Auf dem Weg in Richtung Klimaneutralität: Szenarien für Südtirol“ zeigt die wissenschaftlichen, politischen und rechtlichen Hintergründe einer Klimaschutzstrategie für Südtirol. Das Thema Klimaanpassung wird darin nicht abgedeckt, es wird jedoch die „[N]otwendigkeit Klimaschutz und Klimaanpassung gemeinsam zu planen“ (Sparber et al. 2022: 7) erwähnt. Auch der südtirolweite „Klimareport 2018“ fordert zum sektorübergreifenden Denken von Klimaschutz und Klimaanpassung auf.

Die von der Südtiroler Landesregierung in die Wege geleitete Nachhaltigkeitsstrategie „Everyday for future“, die seit 2021 existiert, verfolgt gezielt die Umsetzung der SDGs („sustainable development goals“) nach Ressortbereichen. Sie ist das Strategiepapier der Landesregierung bzgl. Nachhaltigkeit. Die wichtigsten Dokumente der Südtiroler Nachhaltigkeitsstrategie sind das „Regierungsprogramm“ („Regierungsprogramm 2018 – 2023 für ein nachhaltiges & innovatives Südtirol“), laut dem Südtirol auf den globalen Klimawandel frühzeitig reagiert haben soll, und der „Performanceplan“, der die Umsetzung des Regierungsprogrammes verkörpert.

Das oberste Planungsinstrument für die nachhaltige Flächennutzung in Südtirol ist das Landesgesetz Nr. 9, „Raum und Landschaft“, das am 10. Juli 2018 erlassen wurde. Dieses bildet die Rechtsgrundlage für die bauliche und landschaftliche Entwicklung Südtirols und der Landeshauptstadt. Das Wort „Klimawandel“ wird im gesamten Gesetzestext tatsächlich niemals erwähnt. Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen werden nur indirekt integriert, es gibt keine konkreten Ziele.

Das Wassermanagement auf Provinzebene findet seine gesetzliche Grundlage im „Gesamtplan für die Nutzung der öffentlichen Gewässer“ (Wassernutzungsplan). Darauf folgen der Hydrogeologische Risikoplan und der Gewässerschutzplan. In diesen finden

Klimaschutz und Klimaanpassung keinerlei bedeutende Erwähnung. Das Dekret des Landeshauptmanns von 2008 zu den „Bestimmungen über die Gewässer“ im Bereich Gewässerschutz behandelt den nachhaltigen Umgang des Niederschlagswassers. Laut Art. 41 solle die Bodenversiegelung auf ein Minimum beschränkt werden, um den Oberflächenabfluss zu begrenzen und die Infiltration des Niederschlagswassers im Untergrund zu fördern.

Das Südtiroler Landesdekret von 2020 über die „Mindeststandards für die Ausstattung öffentlicher Räume von Allgemeininteresse und privater Räume von öffentlichem Interesse“ sieht die „Ausstattung und die Vernetzung der öffentlichen Räume und des urbanen Grüns“ (Autonome Provinz Bozen - Südtirol 2020: Art.2, Abs.1) vor. Das Dekret behandelt Ausweiskriterien für eine städtebauliche Qualität der Siedlungsgebiete, welche u.a. die Handhabung der Grünflächen und die Niederschlagswasserbewirtschaftung umfassen. Laut Art. 4, Abs. 7 solle die Ausstattung von Plätzen mit Baumpflanzungen für ein besseres Mikroklima erfolgen.

Das Dekret des Landeshauptmannes Nr. 31 von 2018, „Anwendungsrichtlinien zur Einschränkung des Bodenverbrauchs“, setzt u.a. Richtlinien zu den Grün- und Freiflächen in Siedlungsgebieten. Nach Art. 7, Abs. 1 sollen diese innerhalb des Siedlungsgebietes erhalten, qualitativ gesteigert, ergänzt und vernetzt werden. Weiters sollen bestehende und zukünftige Grün- und Freiflächen von der Gemeinde erfasst und im Hinblick auf ihre mikroklimatischen Eigenschaften, den Erhalt der Natur, die Bodendurchlässigkeit, die Eignung für Regenwasserversickerung, die Erreichbarkeit sowie die vorhandenen Infrastrukturen, Ausstattungen usw. bewertet werden (Autonome Provinz Bozen Südtirol 2018b: Art.7, Abs.2).

Bis Ende 2024 sollte der Großteil der Südtiroler Gemeinden einen Klimaschutzplan vorweisen können. Darin soll es um nachhaltige Konzepte in der Raumplanung, der „Eigenversorgung mit Energie, alternativer Mobilität, der Anpassung an den Klimawandel, einschließlich der Wiederverwendung von Regenwasser und der Verringerung des Wärmeinseleffekts“ (Südtiroler Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz 2022: 48), gehen. Das raumordnerische Konzept sieht eine Halbierung der Nettoneuversiegelung bis 2030 und eine Reduzierung auf Null bis 2040. Im Rahmen der Gemeindeentwicklungspläne soll innerhalb 2025 jede Gemeinde Strategien zur Klimawandeladaption erstellt haben. „Innerhalb der Grünraumplanung und der Landschaftspläne der Gemeinden werden klimawirksame Effekte von Kühltischen, Alleen und Grüninseln systematisch berücksichtigt und die Vorsorge zum Klimaschutz als Ziel mitbetreut“ (Südtiroler Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz 2022: 45).

6.5 Klimarahmenbedingungen der Gemeinde Bozen

Auf Gemeindeebene sind der „Gemeindeplan für Raum und Landschaft“ mit den Durchführungsbestimmungen für Bozen von Bedeutung. Weiters nennenswert ist der „Landschaftsplan“ der Gemeinde Bozen, der „Infrastrukturenplan“ und der „Gefahrenzonenplan“. Der „Grünraumplan“ der Gemeinde Bozen (Stadtgemeinde Bozen 2022a) ist eines der wichtigsten Instrumente der Stadtplanung, was Klimaschutz und

Klimaanpassung betreffen. Bozen besitzt ebenso einen nachhaltigen Mobilitätsplan, kurz „PUMS“ (Piano urbano della Mobilità Sostenibile) genannt, der auf umweltfreundliche Verkehrsstrategien setzt. Von großer Bedeutung ist auch der eingeführte „Bodenversiegelungsindex“ der Gemeinde, der eine Reduktion der versiegelten Flächen garantiert. Eine Analyse dieser Pläne folgt im nächsten Kapitel.

6.6 Klimarahmenbedingungen mit Fokus auf Klimaanpassung im Städtebau

Im Zuge der Recherche wurde deutlich, dass das Thema der Klimaanpassung im Vergleich zum Klimaschutz sowohl von der Quantität als auch der Qualität nicht gleichbedeutend abgedeckt ist. International passiert schon einiges auf diesem Gebiet, vor allem die EU versucht dementsprechende Strategien für die Klimaadaptation hervorzubringen. Italien hat ein starkes nationales Strategiepapier zur Klimaanpassung, mit Beispielen und Referenzen. Vor allem wird aber auch genauer auf urbane Siedlungen eingegangen.

Die drei internationalen Abkommen des „Pariser Klimaabkommens“ (2015), der „Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“ (einschließlich SDGs) und der „New Urban Agenda“ behandeln die Bewältigung der schnell fortschreitenden Urbanisierung und des Klimawandels. Die beiden Dokumente der Vereinten Nationen, die „Agenda 2030“ und die „Neue Urbane Agenda“, fördern die Entwicklung von resilienten Städten mit hochwertigen und zugänglichen Grünflächen. Das SDG11 definiert, dass „Städte und menschliche Siedlungen inklusiv, sicher, belastbar und nachhaltig gestaltet“ (SDG 11 2023) werden sollen. Zu den damit verbundenen Zielen gehören u.a. die Eindämmung und Anpassung an den Klimawandel und die Widerstandsfähigkeit gegenüber Katastrophen. Die „New Urban Agenda“ verpflichtet zur Integration von „Aspekten und Maßnahmen der Katastrophenrisikoversorgung und Klimawandelanpassung- und -abschwächung in alters- und geschlechtergerechte Stadt- und Raumentwicklungs- und -planungsprozesse, darunter die Frage der Treibhausgasemissionen, eine resilienzorienteerte und klimaschutzwirksame Gestaltung von Räumen und Bauten, Dienstleistungen und Infrastrukturen sowie an die Natur angelehnte Lösungen“ (Vereinte Nationen 2016a: Art.101).

Die „Nationale Strategie zur Anpassung an den Klimawandel“ (SNAC) beinhaltet ein eigenes, ausführliches Kapitel zu Anpassungsstrategien in städtischen Siedlungen und weist auf Vorgangsweisen anderer europäischer Städte hin. Der „Nationale Plan zur Anpassung an den Klimawandel“ (PNACC) zählt die urbanen Siedlungen zu einem seiner vier wichtigsten behandelten Themen und Aktionsfelder. Darin geht es u.a. um die Auswirkungen von urbanen Hitzeinseln, Starkniederschlägen und die Verringerung von Überschwemmungen in städtischen Siedlungen. Die „Nationale Strategie für städtisches Grün“ basiert auf drei Grundsätzen: Umstellung von Quadratmetern auf Hektar, Reduzierung asphaltierter Flächen und Übernahme städtischer Wälder als strukturelle und funktionale Referenz für städtische Grünflächen. Die Strategie kann durch naturbasierte Lösungen umgesetzt und erreicht werden.

Was Südtirol betrifft bzgl. vorhandener gesetzlicher Regelungen der Klimaanpassung, so taucht das Thema in Artikeln und Paragrafen immer wieder auf, jedoch wird es meist nur kurz erwähnt oder es werden exemplarische Maßnahmen genannt. Es gibt keine genaueren Ausformulierungen und kein Setzen konkreter Ziele. Eine allumfassende Klimaanpassungsstrategie für Südtirol als Ergänzung zum Klimaplan ist definitiv von Bedarf. Diese könnte auf der „Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici“ aufbauen, um so nationale Ziele auf Regions- bzw. Provinzebene zu übersetzen. Als nächsten Schritt könnten beide Strategien in einem Klimaaktionsplan miteinander verknüpft und umgesetzt werden.

Laut IPCC (2022d: 910) sollen zu den Hindernissen für die Umsetzung von Plänen mangelnder politischer Wille und mangelnde Managementkapazität, begrenzte finanzielle Mittel und Mechanismen und konkurrierende Prioritäten gehören.

7 Städtebauliche und klimasensitive Analyse von Bozen

Die nachfolgende Analyse umfasst die Stadt Bozen im Hinblick auf demographische, klimatische, landschaftliche, (natur-)räumliche und motorisierte Aspekte. Nach einer genauen Analyse der Gesamtsituation von Bozen hat sich ein Areal bzw. Gebiet besonders herauskristallisiert. Zum besseren Verständnis wird das später bearbeitete Baugebiet in den nachfolgenden Analysen bereits vorweggenommen und eingezeichnet.

7.1 Geografie

BOZEN

EinwohnerInnen: 107.717 (Stand 31.12.2022)

Fläche: 52,3 km²

Durchschnittliche Höhe: 262 Meter ü.M.

Bevölkerungsdichte: 2.045 Einwohner/km²
(Stand 31.12.2022)



Abb. 25: Bozen



Bozen ist die Landeshauptstadt und gleichzeitig größte Stadt der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol. Die Stadt ist ein wichtiger Ort im Alpenraum, da sie Nord und Süd verbindet und somit die deutsche und italienische Kultur vereint. In Bozen leben rund 108.000 EinwohnerInnen, was rund 20% der gesamten Bevölkerung Südtirols sind. Bozen ist ein Tourismusmagnet mit rund einer halben Millionen Nächtigungen in der vergangenen Sommersaison 2022.

Bozen liegt im Zentrum der Alpen und im Süden Südtirols. Die Stadt hat eine Gesamtfläche von 52,3 km², davon sind 28 km² Dauersiedlungsraum. Bozen liegt auf rund 262 Meter ü.M. Der höchste Punkt der Stadt liegt im Südosten bei Kohlern auf 1.616 Meter ü.M. und der tiefste Punkt auf 232 Meter ü.M am Etschufer im Süden der Stadtfläche. Bozen liegt in einem Talkessel im Etschtal, umzingelt von Gebirgsgruppen auf drei Seiten. Nördlich liegen die Sarntaler Alpen mit Ritten und dem Tschöggberg, westlich die Nonsberggruppe mit der Mendelkette und südöstlich die Fleimstaler Alpen mit dem Regglberg. Die vier direkten Erhebungen rund um Bozen sind die Mendel im Südwesten, Jenesien im Nordwesten, Ritten im Nordosten und Kohlern im Osten. Der Bozner Talkessel vereint das von Nordwesten kommende Etschtal, das von Nordosten kommende Eisacktal und das von Norden kommende Sarntal. Die gleichnamigen Flüsse Etsch, Eisack und die Talfer fließen in Bozen zusammen und vereinen sich im Talkessel zur Etsch, die von dort Richtung Süden verläuft. Der bebaute Raum und die anthropogenen Tätigkeiten finden sich vorwiegend im Talboden, besonders im Nordosten und zentral südlich des Eisacks.

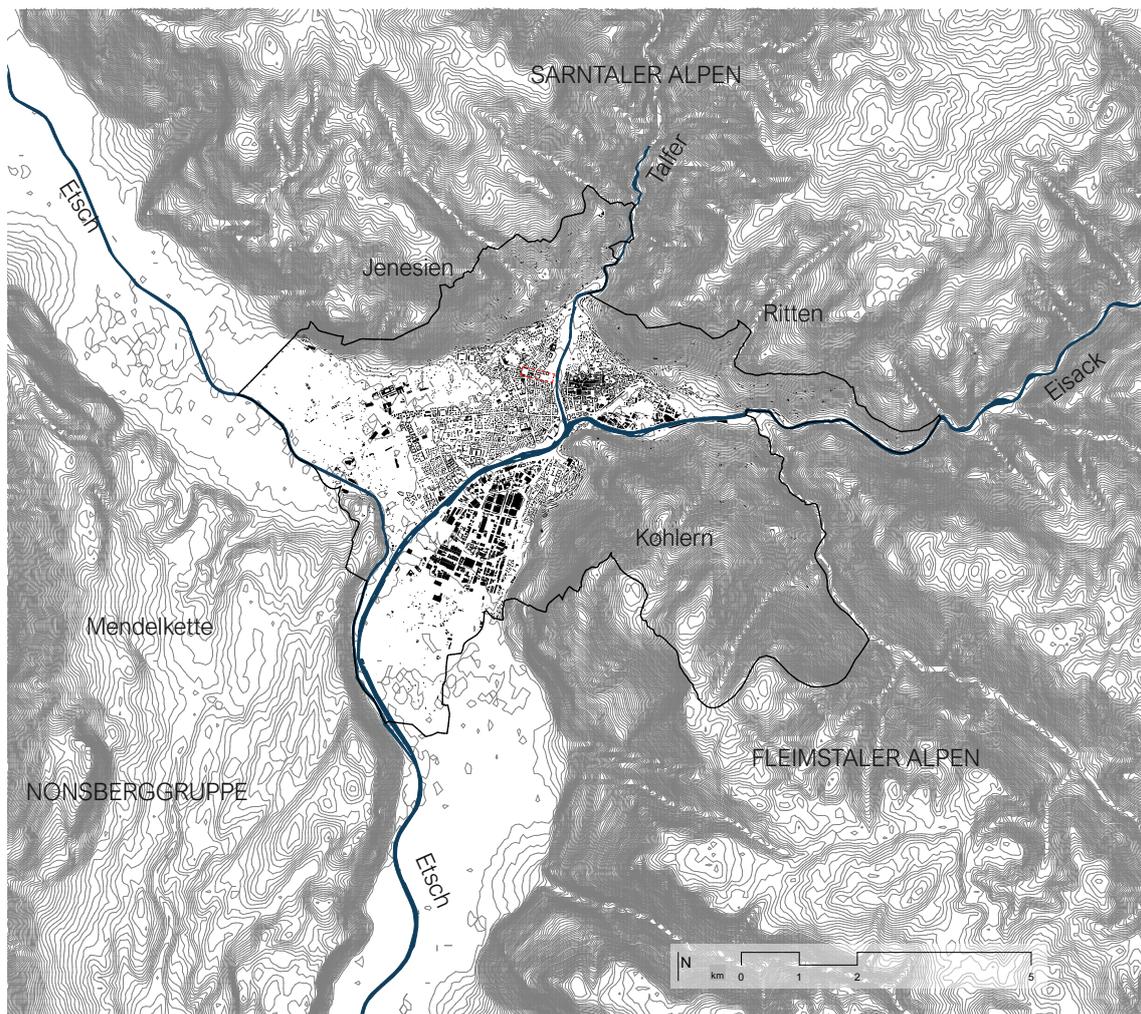


Abb. 26: Geographische Lage von Bozen



Abb. 27: Zusammenfluss von Talfer und Eisack

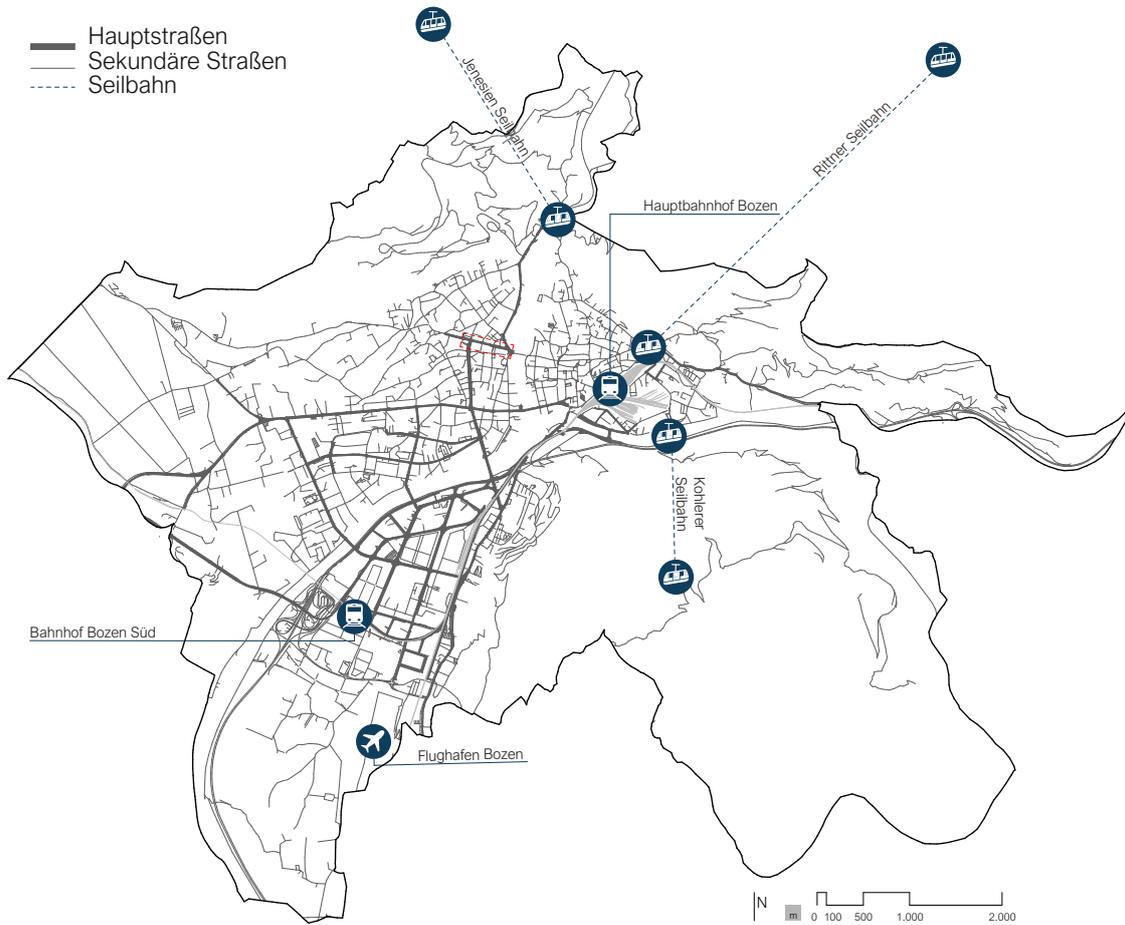


Abb. 28: Hauptinfrastruktursystem

7.2 Stadtgliederung und Bevölkerung

Bozen ist in fünf Stadtteile strukturiert: Gries-Quirein, Don Bosco, Zentrum-Bozner Boden-Rentsch, Europa-Neustift und Oberau-Haslach. Flächenmäßig ist Zentrum-Bozner Boden-Rentsch der größte Stadtteil mit einer Fläche von 22,8 km², was die Bevölkerung betrifft ist es jedoch Gries-Quirein mit rund 32.405 EinwohnerInnen. Europa-Neustift ist das kleinste Stadtviertel mit einer Fläche von weniger als einem km² und nur rund 16.000 EinwohnerInnen. Bozens Wohnbevölkerung umfasst zu rund 24% über 65-Jährige, Südtirolweit beträgt der Anteil im Durchschnitt rund 19%. Diese Altersgruppe bildet somit ein Viertel der Bevölkerung Bozens und ist als Risikogruppe, wie bereits erwähnt, verstärkt den Gefahren und Auswirkungen des Klimawandels ausgesetzt. Zudem ist zu bemerken, dass Bozen einen erhöhten Anteil an Einpersonenhaushalten vorweist, nämlich 42%. Der provinzwweite Durchschnitt beträgt 36%. Auch dies ist ein wichtiger Faktor, der erheblich zum Umdenken beim Umgang mit Hitzewellen beiträgt. Bozen ist eine wachsende Stadt, deshalb wird zukünftig mit einer steigenden Bevölkerung gerechnet. Aus der Karte der Bevölkerungsdichte lassen sich die Wohnviertel innerhalb der Stadtfläche ablesen.

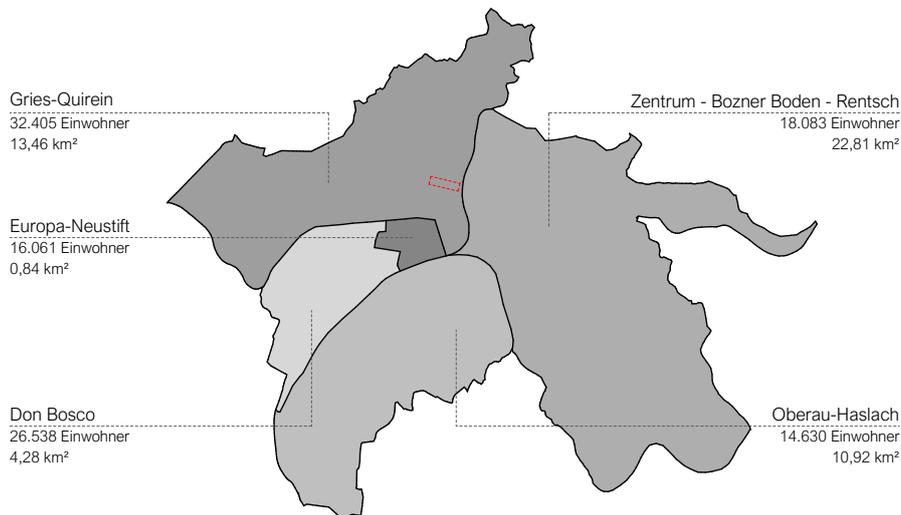


Abb. 29: Stadtviertel

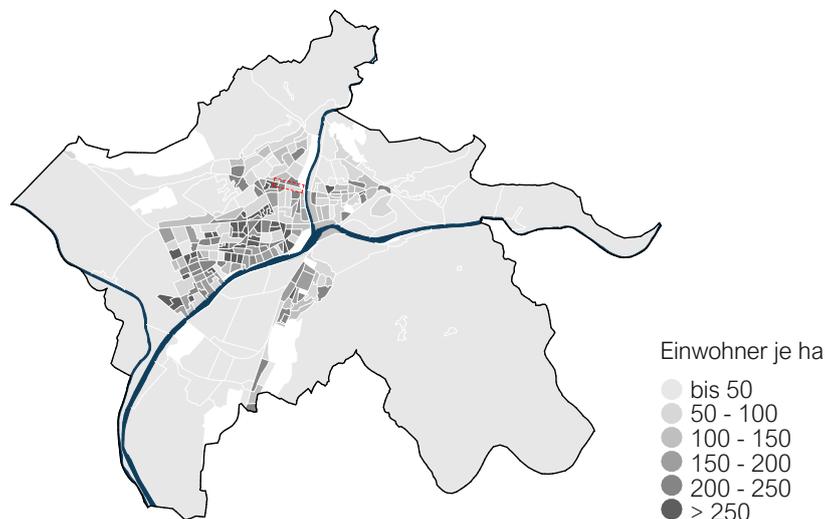


Abb. 30: Bevölkerungsdichte

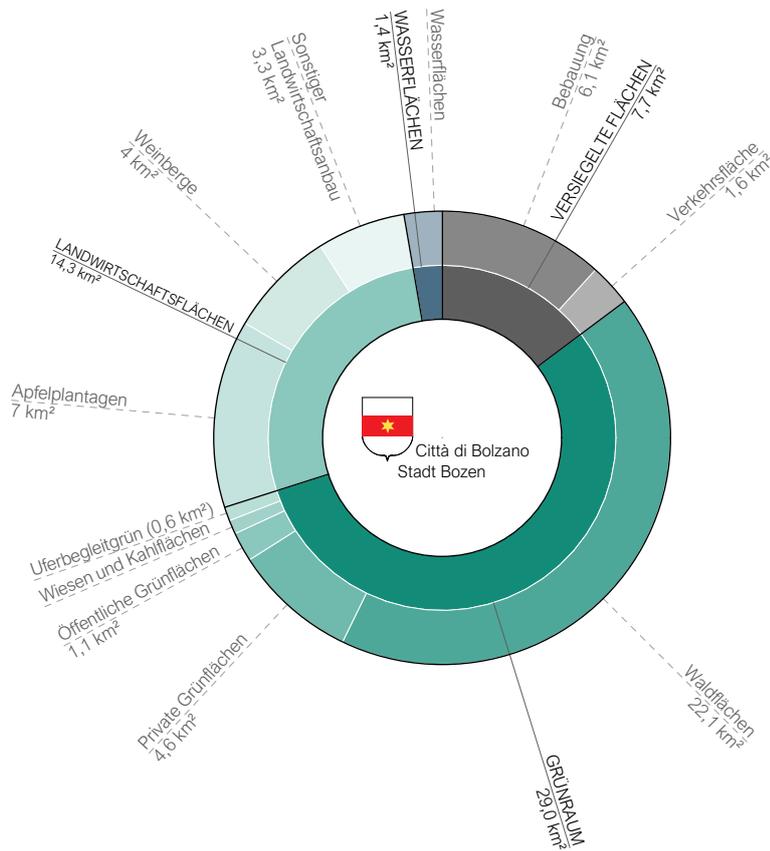


Abb. 31: Flächenaufteilung von Bozen

7.3 Flächenaufteilung

Das Bozner Stadtgebiet umfasst eine Gesamtfläche von 52,3 km². Etwas mehr als die Hälfte des Gemeindegebietes von Bozen ist von Grünflächen bedeckt, der Großteil davon sind Waldflächen, die vor allem die höheren Lagen bedecken. Urbane Grünflächen machen ca. 11% der Gesamtfläche Bozens aus, dazu gehören sowohl private als auch öffentliche Grünflächen. Fast ein Drittel der Stadtfäche wird landwirtschaftlich genutzt mit einer Fläche von fast 15 km². Wasserflächen sind mit weniger als 3% nur sehr spärlich vorhanden. Bozen besitzt keinerlei Seen, die bestehenden Flüsse werden in schmale Flussbetten gedrängt. Das Bozner Stadtgebiet ist zu etwa 15% versiegelt, was im ersten Moment nicht allzu viel erscheint. Betrachtet man jedoch nur die Talsohle, also die Fläche unterhalb der 300 m Höhenschichtenlinie, wo der gesamte Siedlungsraum liegt, so reduziert sich der Grünraum erheblich und die Landwirtschaft bedeckt jeden noch so freien Quadratmeter. Die Waldflächen sind nicht existent.



Abb. 32: Wasserflächen | Siedlungen | Agrarflächen | Waldgebiet in Bozen

7.4 Wirtschaftliche Tätigkeiten

Das Stadtviertel Zentrum-Bozner Boden-Rentsch im Nordosten zwischen Talfer und Eisack bildet das historische Zentrum Bozens. In der Altstadt liegt eine besonders dichte Bebauung vor. Richtung Westen liegt Gries-Quirein mit einerseits ländlichen Baustrukturen und andererseits faschistischen Wohnblöcken und Monumentalbauten. Im Zentrum der Stadtfläche liegt das kleinste Stadtviertel Europa-Neustift mit ebenso faschistisch geprägten Wohnbauten. Die Stadtviertel Oberau-Haslach und Don Bosco sind stark beeinflusst von der Siedlungsarchitektur der Nachkriegsmoderne. Der Süden der Stadt umfasst größtenteils das Industriegebiet von Bozen. Nordöstlich gibt es ein zusätzliches Gewerbegebiet. Die bestehenden Wirtschaftstätigkeiten konzentrieren sich besonders stark auf das historische Stadtzentrum nordöstlich der Talfer und das Gebiet nordwestlich der Talfer. Die dichteste Handelstätigkeit liegt im Gebiet südlich des Eisacks in Oberau-Haslach vor, entlang jenes Bereiches liegt nämlich das Einkaufszentrum „Twenty“. Der Handel ist der zweitgrößte Wirtschaftsbereich Bozens, geführt von privaten Dienstleistungen an erster Stelle und gefolgt vom Baugewerbe an dritter Stelle.

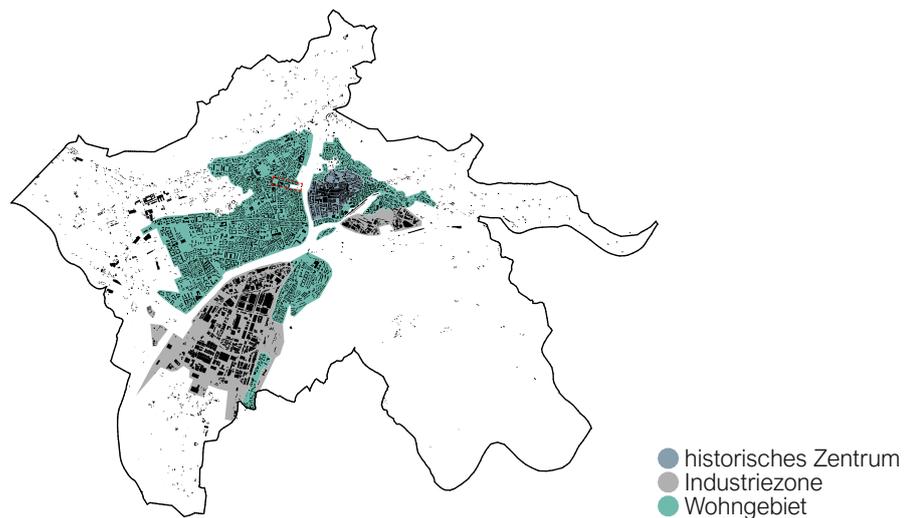


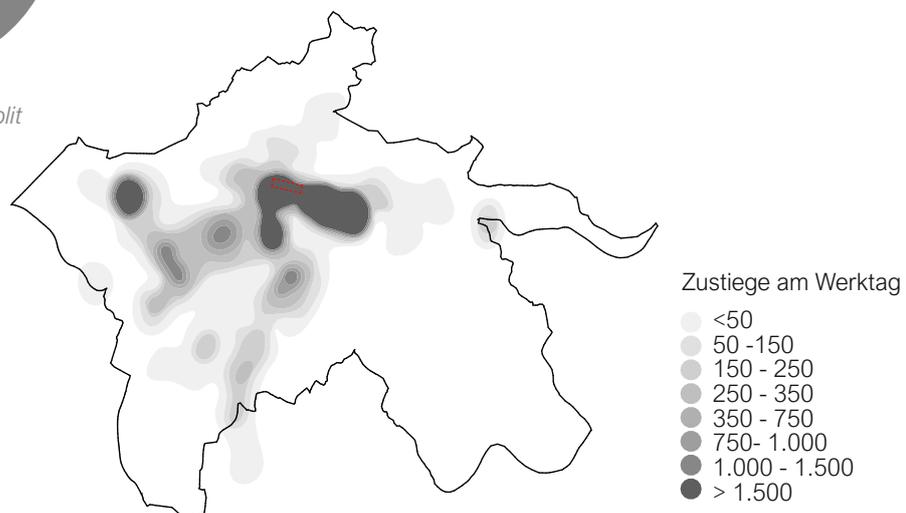
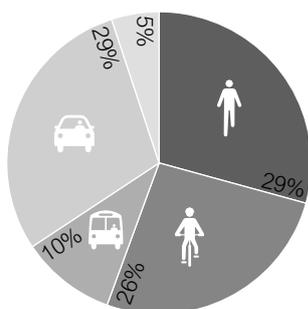
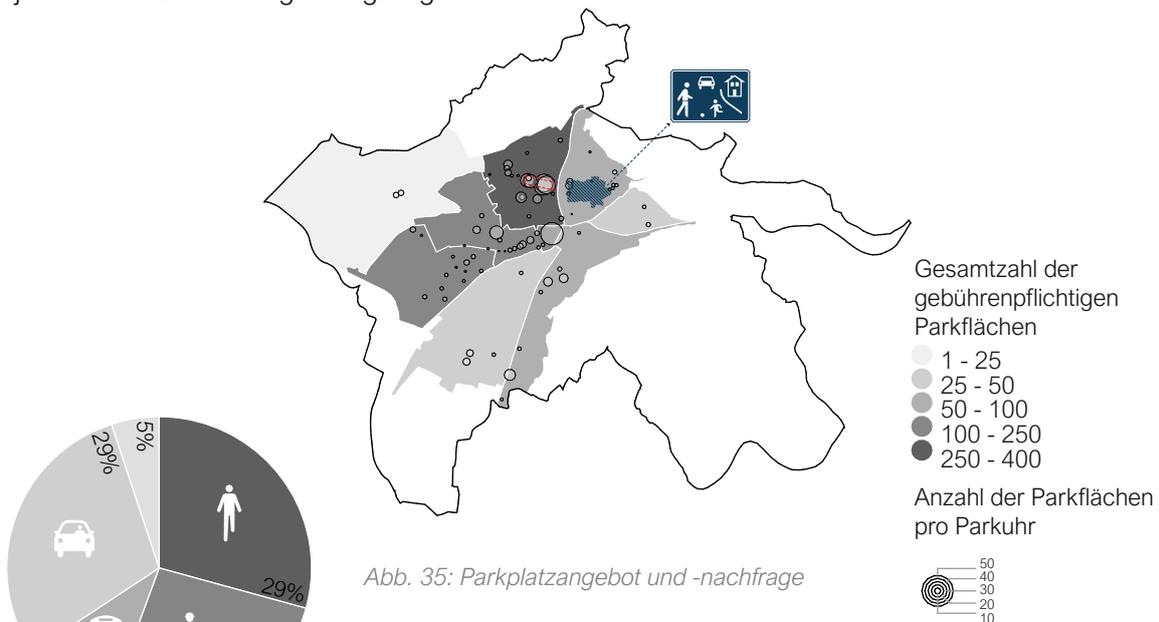
Abb. 33: Zonierung von Bozen



Abb. 34: Handelstätigkeiten pro km²

7.5 Mobilität

Was die Mobilität der BoznerInnen betrifft, so wird rund 30% der Strecken mit dem Privatauto zurückgelegt, weitere 30% zu Fuß. Ein Viertel der BoznerInnen bevorzugen das Fahrrad und nur jeder Zehnte die öffentlichen Verkehrsmittel. Das gesamtstädtische Straßennetz in Bozen umfasst ca. 270 km, die Radwege haben eine Länge von rund 70 km. Beachtlich sind die Zonen des eingeschränkten Verkehrs, die als eine große Zone im historischen Stadtzentrum im Nordosten zu finden ist und nur rund 0,35 km² (351.715 m²) der Stadtfläche beträgt. Dies sind bezogen auf die Fläche des Dauersiedlungsraumes (28 km²) immerhin nur 1,25% an Fläche, die Verkehrseinschränkungen vorweisen. Die wirtschaftliche Tätigkeit in der Stadt lässt sich ebenso an den städtischen Mobilitätsplänen ablesen. Die Zustiege des öffentlichen Personennahverkehrs spiegeln das rege Treiben im Stadtzentrum westlich und östlich der Talfer wider. Die hohen Zustiege im Nordwesten der Stadt sind auf das Krankenhaus Bozen zurückzuführen. Was den Individualverkehr betrifft, so zeigt die Karte zu Parkplatzangebot und -nachfrage die erhöhten Parkplatzflächen in Gries und Europa-Neustift westlich der Talfer. Um das historische Zentrum Bozens gibt es nur wenige öffentliche Parkplatzflächen, jedoch existieren einige Tiefgaragen.



7.6 Naturräumlicher Kontext

7.6.1 Landschaftstypen und Hydrologie

Bozens Landschaft kann in drei große Systeme eingeteilt werden: die bebaute Stadt, die landwirtschaftlichen Flächen und den Wald. Der urbane, bebaute Raum der Stadt liegt größtenteils im Bozner Talkessel. Das Stadtgefüge wird umgeben von mosaikartigen Agrarlandschaften, ebenso sind die Hänge rundherum geprägt von landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen. Was den agro-produktiven Sektor Bozens betrifft, so machen Apfelplantagen mit 7 km² den Großteil der Agrarflächen aus, gefolgt von Weinbergen mit 4 km² Fläche. Das Stadtgebiet entlang der Etsch ist geprägt durch intensiven Obstbau, während im Norden und entlang der Talfer der Weinanbau vorherrscht. Die Wälder machen rund 40% der Gemeindefläche Bozens aus mit immerhin 22 km² Fläche. Im Talboden finden sich Eichenwälder, in höheren Lagen Nadelwälder und entlang der Flüsse Auwälder. Die Waldgebiete schützen die BoznerInnen vor Muren und regulieren das städtische Mikroklima, da sie als wichtige Entstehungsgebiete von Frischluft fungieren.

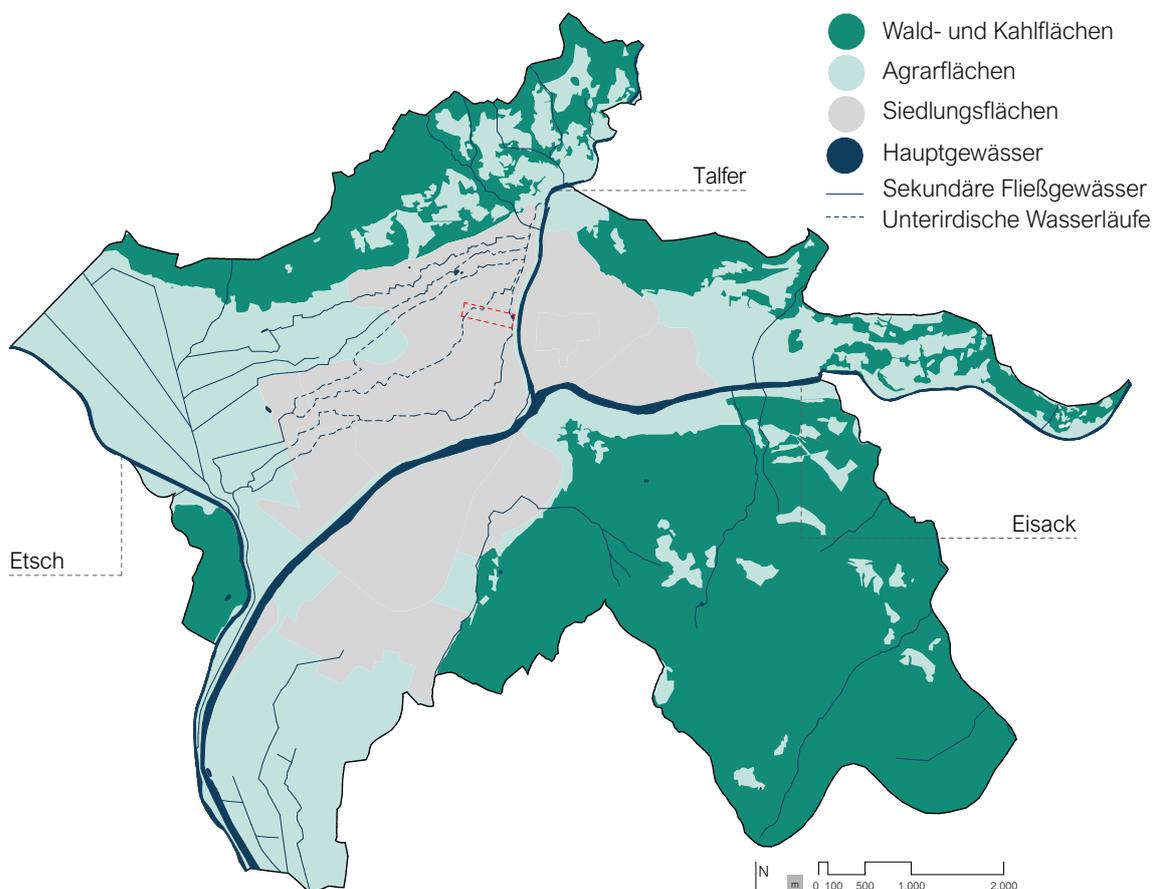


Abb. 38: Landschaftstypen und Hydrologie

Was die Hydrologie Bozens angeht, so ist die Stadt von ihren drei Flüssen geprägt, die Talfer und der Eisack teilen die Stadt in drei Gebiete. Der Talferbach, der aus dem nördlichen Sarntal fließt, bildet ein Schwemmfächer¹, auf dem das Bozner Stadtzentrum liegt. Dieses entstand durch den Übergang vom abfallenden engen Sarntal in das breite Etschtal, sprich vom Nebental in das Haupttal. Das Etschtal nach Westen hin ist durchströmt von kleineren Fließgewässern, der Bozner Talkessel war in der Vergangenheit durch zahlreiche Überschwemmungen als Sumpfgebiet geprägt. Der Bozner Untergrund weist durch sämtliche Ablagerungsmaterialien seiner Gewässer ein hohes Grundwasservorkommen auf, „dessen Wasserstand im Durchschnitt zwei bis fünf Meter unter der Oberfläche liegt“ (Stadtgemeinde Bozen 2022a: 26). Bozen besitzt keinerlei Seen.

1 „Ein Schwemmfächer ist ein angeschwemmter Sedimentkörper, der dort entsteht, wo ein Fließgewässer abrupt an Gefälle verliert, typischerweise beim Austritt aus einem Hochgebiet in tieferliegendes, schwächer reliefiertes Gelände“ (https://de.wikipedia.org/wiki/Schwemmkegel#cite_note-0-1, 11.09.2023).

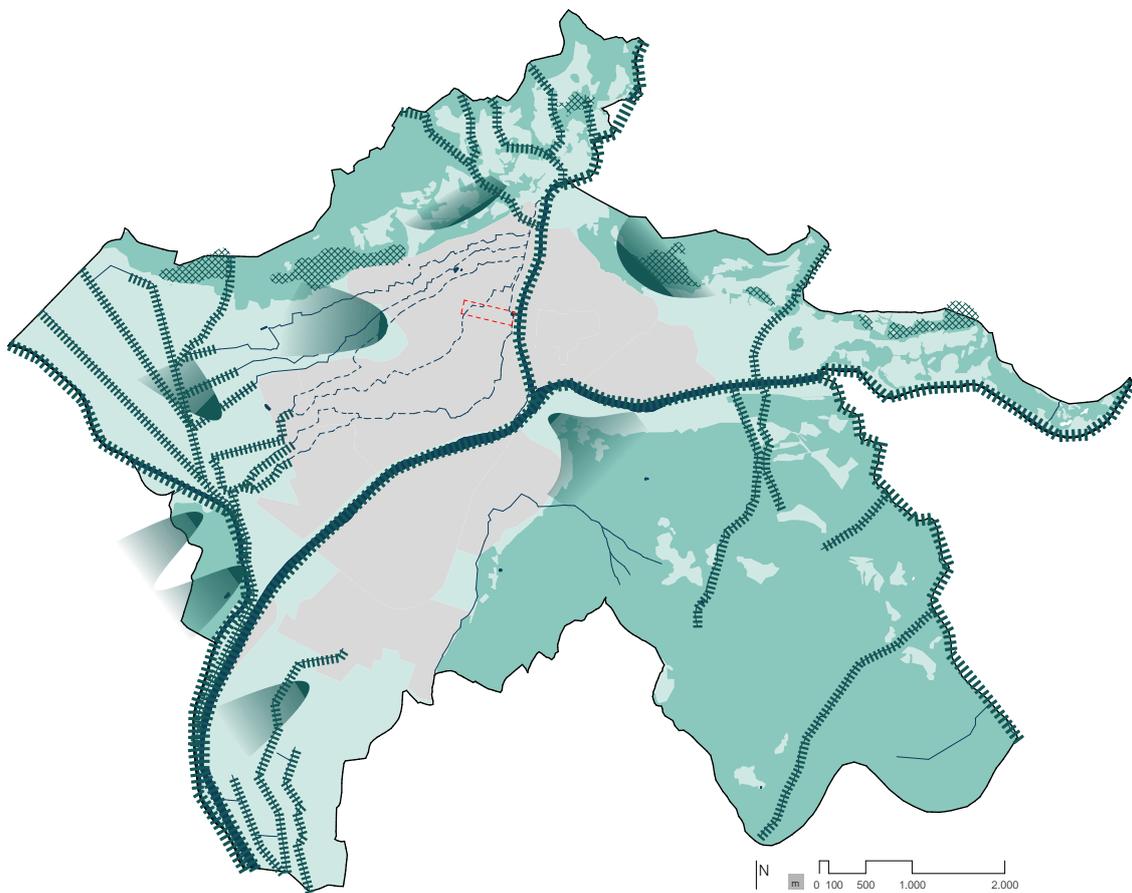


Abb. 39: Das Umweltsystem



Abb. 40: Der Talferbach

7.6.2 Das urbane Ökosystem

Das ökologische Netzwerk in Bozen wird nach Stadtgemeinde Bozen (2022a: 60) geformt aus den Waldflächen am Stadtrand, den Fließgewässern und grüner Infrastruktur wie Grünflächen und Bäumen. Das dominierende Ökosystem in Bozen ist der Wald, der rund 40% der Stadtfläche ausmacht. Ökologische Korridore durchqueren des Weiteren als lineare Grünräume das Stadtgebiet. Der wohl wichtigste Korridor ist die Etsch mit ihrem gesamten Flusssystem, das in die landwirtschaftlichen Flächen eingebettet ist. Weitere ökologische Korridore befinden sich entlang der beiden anderen Hauptfließgewässer, nämlich der Talfer und des Eisacks. Diese sind besonders wertvoll, da sie den dichten Siedlungsraum durchqueren und durch ihre dichte Ufervegetation Ökosysteme in die Stadt integrieren. Untergeordnete ökologische Korridore werden gebildet aus Bächen und kleinen Fließgewässern, sowie aus Baumreihen in der Stadt. Auffallend ist, dass es keinerlei ökologische Korridore von Westen nach Osten laufend durch die dicht besiedelte Innenstadt gibt. Laut Stadtgemeinde Bozen (2022a: 60) sei das heutige ökologische Verbundsystem stark fragmentiert. Der Bozner Stadtkern wird stark eingeschnitten von Grünflächen, weswegen die Grenze zwischen Stadt und Umland eher unscharf ist. Sogenannte Grünkeile schneiden sich in das städtische Gefüge ein und beeinflussen dadurch Ökologie und Stadtklima, indem Lebensraum für Flora und Fauna geschaffen, Temperaturen gesenkt und Windgeschwindigkeiten vermindert werden (Stadtgemeinde Bozen 2009b). Dies geschieht beispielsweise in Gries, im Nordwesten der Stadt oder beim Virgl im Osten. Vom Grünkeil aus kann der Grünraum über weitere Grünflächen noch weiter in die Stadt vordringen.

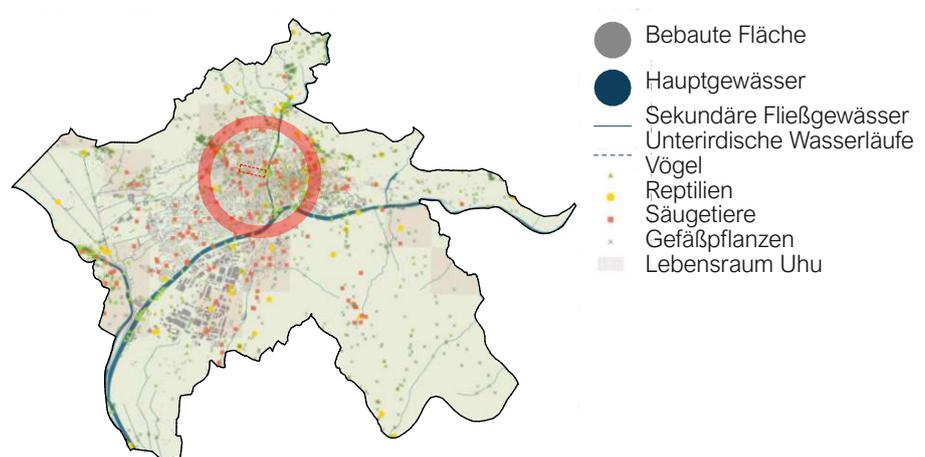


Abb. 41: Flora und Fauna

Bozen besitzt eine recht große Vielfalt an Flora und Fauna. Vor allem entlang des Talferflusses gibt es eine „große Vielfalt an ökologischen Nischen“ (Stadtgemeinde Bozen 2022a: 62). Dieser städtische Fluss bringt eine erhöhte Biodiversität in den urbanen Raum. Bemerkenswert ist, dass trotz anthropogener Tätigkeiten eine sehr große Artenvielfalt in der dicht bebauten Innenstadt vorkommt, also im historischen Zentrum westlich und östlich der Talfer.

7.6.3 Urbane Grünflächen

In der Stadt Bozen sind private Grünflächen mit 4,6 km² Fläche weitaus mehr vorhanden als öffentliche Grünflächen mit nur rund 1,1 km² Fläche. Dennoch weist Bozen eine recht mangelhafte Begrünung und spärliche öffentliche Grünflächen innerhalb des urbanen Raumes auf. Bozens Stadtviertel besitzen verschieden hohe Flächenanteile von Grünflächen. Bei der Gegenüberstellung aller Stadtviertel mit ihren Flächenanteilen an öffentlichen und privaten Grünflächen und der Gesamtfläche jedes Stadtteils fällt die große Kluft der Begrünung innerhalb der Stadt auf. Als private Grünflächen zählen die Kategorien Rasenflächen und Gärten, nicht zugängliche Sportflächen, Schulgärten und Gründächer. Die öffentlichen Grünflächen werden hingegen eingeteilt in öffentliche Grünflächen, Hundezonen, zugängliche Sportflächen, Spielplätze, Wegenetze, Straßenbegleitgrün, Friedhofsgrün und Gemeinschaftsgärten. Das Stadtviertel Europa-Neustift hat den höchsten öffentlichen Grünflächenanteil mit rund 11% der Gesamtfläche, während das Viertel Zentrum-Bozner Boden-Rentsch nur an 1% Flächenanteil an öffentlichen Grünflächen verfügt. In Bozen findet man eine regelrechte Zerstreuung der öffentlichen Grünflächen vor, dies gilt besonders für das (historische) Stadtzentrum. Die Stadtviertel in der Nähe von Hängen bzw. die später entstandenen Wohnviertel in Europa-Neustift und Don Bosco verfügen über mehr Grünflächen als beispielsweise das historische Stadtzentrum oder das Industriegebiet im Süden und weisen eine erhöhte Begrünung mit Parks und Baumalleen auf. Die dichte Bebauung im historischen Zentrum ließ nur wenig Platz für Grünraum zu. Die Entwicklung der Grünflächen erfolgte vor allem entlang der drei Hauptgewässer, die auch zukünftig richtungsweisend sein werden bei der Entstehung neuer Grünräume innerhalb der Stadt. Bozen verfügt über ca. 0,7 km² Fläche an öffentlichen Parks und Grünanlagen und es finden sich rund 13.300 Bäume auf öffentlichen Flächen in Bozen. Von der Stadt Bozen wurde die Ausstattung der öffentlichen Grünflächen berechnet, aufbauend auf die Verordnung D.P.P. Nr. 17/2020, die 11,5 m² an öffentlichen Grünflächen pro Einwohner als Mindestnorm festlegt. Unter Berücksichtigung der ersten fünf der insgesamt acht Kategorien der öffentlichen Grünflächen sowie der Anzahl der EinwohnerInnen und TouristInnen wurde die Ausstattung des urbanen Raumes mit öffentlichen Grünflächen mit einem Wert von 7,24 m²/Einwohner für die Stadt Bozen berechnet. Dieser Wert liegt eindeutig unter dem gesetzlichen Mindeststandard von 11,5 m²/Einwohner. Laut Grünraumplan der Stadt Bozen, der als maßgebendes Instrument für die urbanistische Entwicklung der Stadt und als programmatischer Leitfaden für die Weiterentwicklung des urbanen Grünraums gilt (Stadtgemeinde Bozen 2022a: 6), sei Bozen heute aufgrund des Mangels an öffentlichen Grünflächen in einer ökologischen Notsituation (Stadtgemeinde Bozen 2022a: 103).

„Die [...] naturräumlich- und landschaftlichen Analysen zeigen, dass Bozen, obwohl es unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit eine Vorzeigestadt ist, heute aufgrund des Mangels an öffentlichen Grünflächen in einer ökologischen Notsituation ist.“

Grünraumplan der Stadt Bozen (2021)

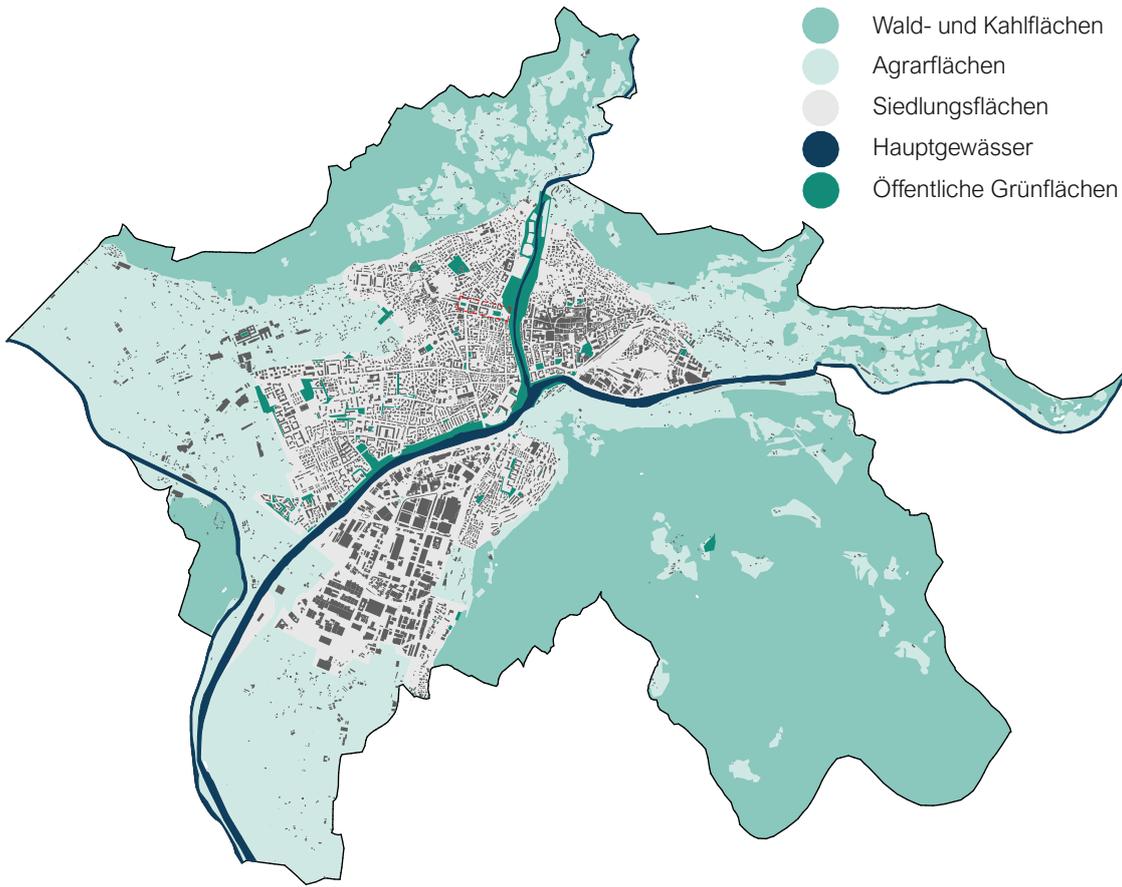


Abb. 42: Öffentliche urbane Grünflächen

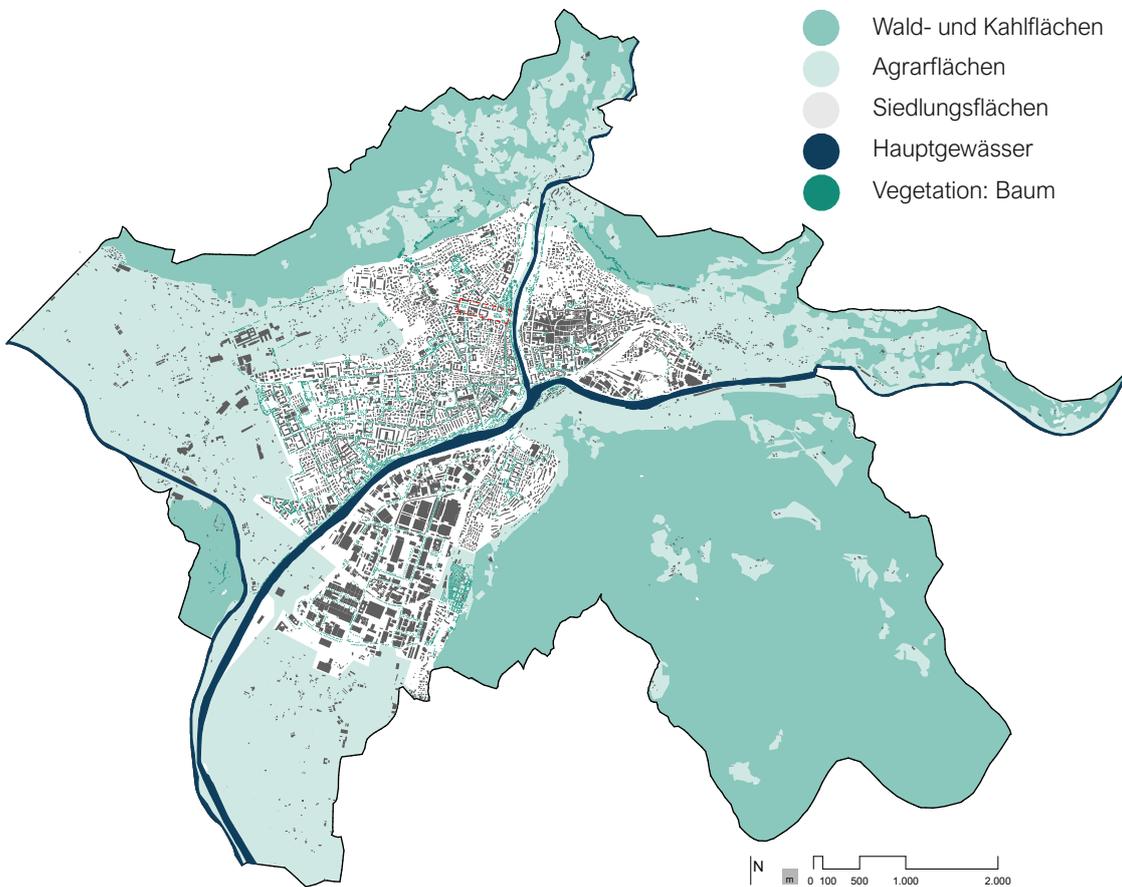
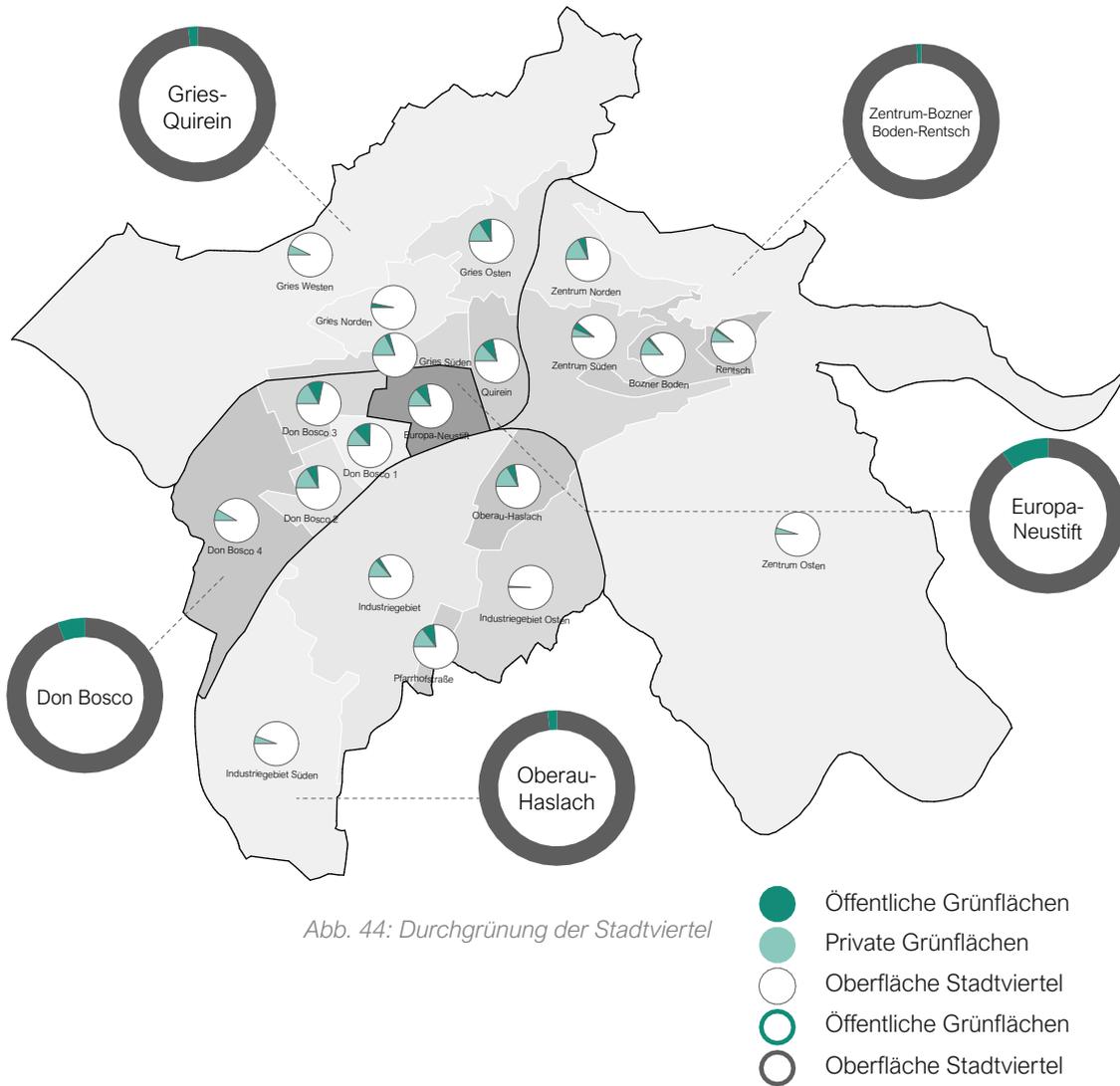


Abb. 43: Bäume auf öffentlichen Flächen in der Stadt



Ausstattung mit öffentlich zugänglichen Grünflächen je Einwohner



7.6.4 Gefahrenzonenplanung (GZP)

Der Gefahrenzonenplan (GZP) ist ein Planungsinstrument der Provinz Bozen-Südtirol, das hydrogeologische Gefahren ermittelt und so zum Risikomanagement verweist. Die Verordnung unterscheidet zwischen drei Arten von hydrogeologischen Gefahren: Massenbewegungen wie Stürze, Rutschungen, Einbrüche, Hangmuren, tiefgreifende gravitative Hangdeformationen, weiters Wassergefahren wie Überschwemmungen, Wildbachüberschwemmungen, Murgänge, Erosionen, und Lawinen wie beispielsweise Fließlawinen, Staublawinen oder Gleitschnee. Die Naturgefahrenarten werden weiters in drei Gefahrenstufen eingeteilt. Die Karte zeigt, dass Bozen von einigen hydrogeologischen Risiken gefährdet ist. Der Talkessel ist entlang der Gewässer, aber auch im Norden der Stadt, Wassergefahren wie Überschwemmungen ausgesetzt. Die Hänge am Stadtrand sind Rutschungen und Muren exponiert.

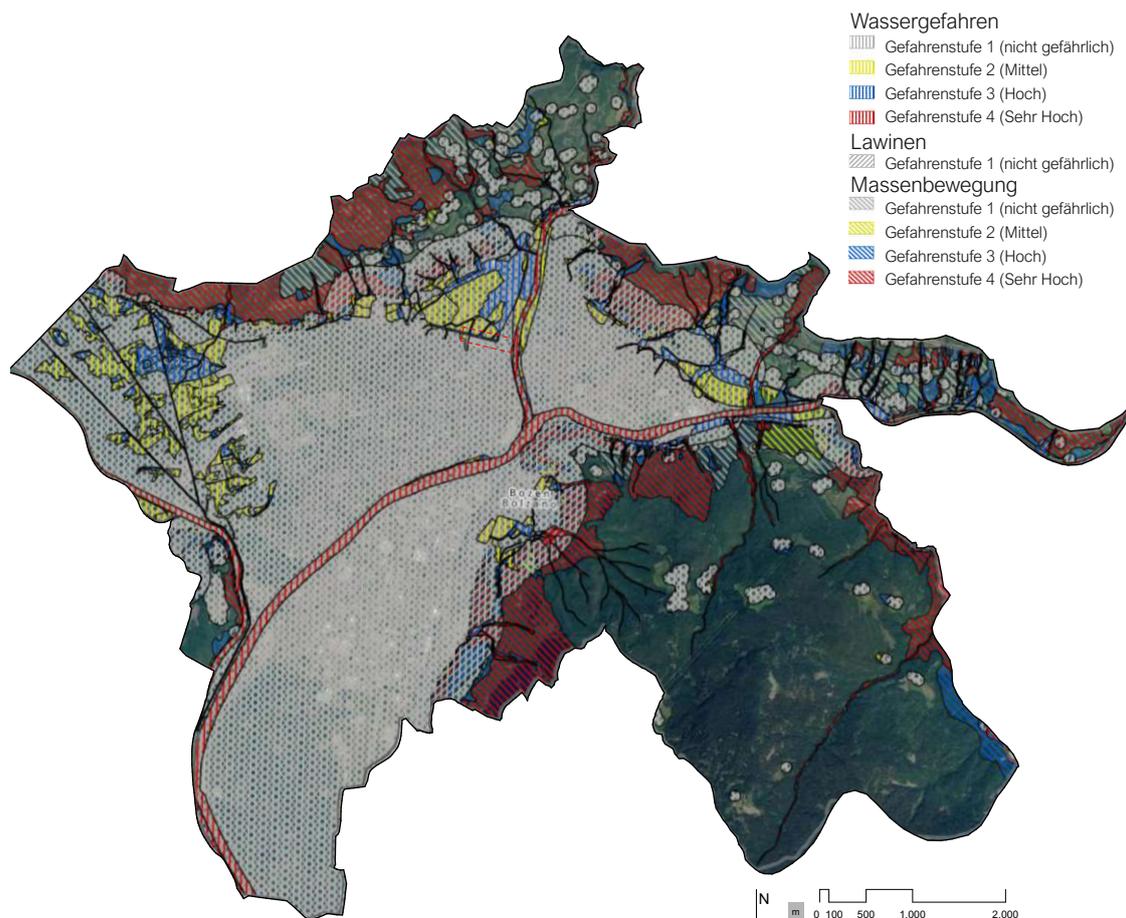


Abb. 45: Gefahrenzonenplan von Bozen

7.7 Das Klima von Bozen

Klimafakten zu Bozen:¹

TEMPERATUR

Jährliche Durchschnittstemperatur (seit 1956): 12,5 °C

Höchsttemperatur (Ø) (seit 1956): 18,3 °C

Mindesttemperatur (Ø) (seit 1956): 6,6 °C

16 Tropennächte² (Ø)

115 Sommertage³ (Ø)

NIEDERSCHLÄGE

Jährliche Niederschlagsmengen⁴ (Ø) (seit 1921): 722 mm

Jährliche Niederschlagshäufigkeit⁵ (Ø) (seit 1921): 80 Tage

Bozen hat ein mediterranes Klima mit besonders milden Temperaturen. Die jährliche Durchschnittstemperatur, die in Bozen seit 1956 gemessen wurde, beträgt 12,5°C. Die durchschnittliche Höchsttemperatur misst 18,3°C, die Mindesttemperatur 6,6°C. In Bozen wurden seit 1926 ebenso Extremwerte bei den Temperaturen gemessen, diese reichen von 40°C als Höchsttemperatur bis zu -17°C als Tiefsttemperatur. Steigende Temperaturen führen auch zu häufigeren Tagen mit Extremtemperaturen: Bozen zählt gegenwärtig im Durchschnitt 16 Tropennächte und 115 Sommertage, Tendenz steigend. Bozen kann trotz seiner nördlichen Lage in Italien als eine sehr heiße Stadt gesehen werden. Die bebaute Stadt liegt in einem Kessel umgeben von Bergen, in dem Hitze gestaut wird und so länger anhält als im Umland. Die dichte Bebauung trägt ebenso zur Wärmebelastung der Stadt bei. Der Luftaustausch findet dadurch nur begrenzt statt.

Die folgende Karte zeigt die mittlere jährliche Solarstrahlung in Bozen. Klar zu erkennen ist, dass sich die Wärme auf das gesamte bebaute Gebiet, aber vor allem auf das Stadtzentrum konzentriert. Nach MA 22 (2015: 8) könne davon ausgegangen werden, dass die Temperatur vom Stadtrand aus in Richtung Stadtmitte zunehme. Die besonders betroffenen Gebiete sind durch ihre zusätzliche Bebauungsdichte und befestigte Fläche das Bozner Zentrum, der Süd-Osten von Gries-Quirein sowie Europa-Neustift.

Der durchschnittliche Jahresniederschlag seit 1921 beträgt rund 722 mm, während die Niederschlagshäufigkeit 80 Tage zählt. In Bozen fallen jährlich rund 38 Mio. m³ Regenwasser, davon treffen rund 5,6 Mio. m³ allein auf versiegelte Fläche. Dies ist in etwa das Wasservolumen des Kalterer Sees (6 Mio. m³), das vom städtischen Abwassersystem gehandhabt werden muss.

1 Gemeinde Bozen, Amt für Statistik und Zeiten der Stadt

2 Tage mit $T_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$

3 Tage mit $T_{\max} > 20^{\circ}\text{C}$

4 Die jährliche bzw. monatliche Niederschlagssumme pro Flächeneinheit (in Liter pro Quadratmeter) entspricht der über das Jahr bzw. einen bestimmten Kalendermonat angesammelten gemessenen Niederschlagshöhe (in mm) im langjährigen Durchschnitt.

5 Die jährliche Anzahl der Niederschlagstage ist die Gesamtsumme der Tage mit einer Niederschlagsmenge von 1 mm oder mehr während eines ganzen Jahres.

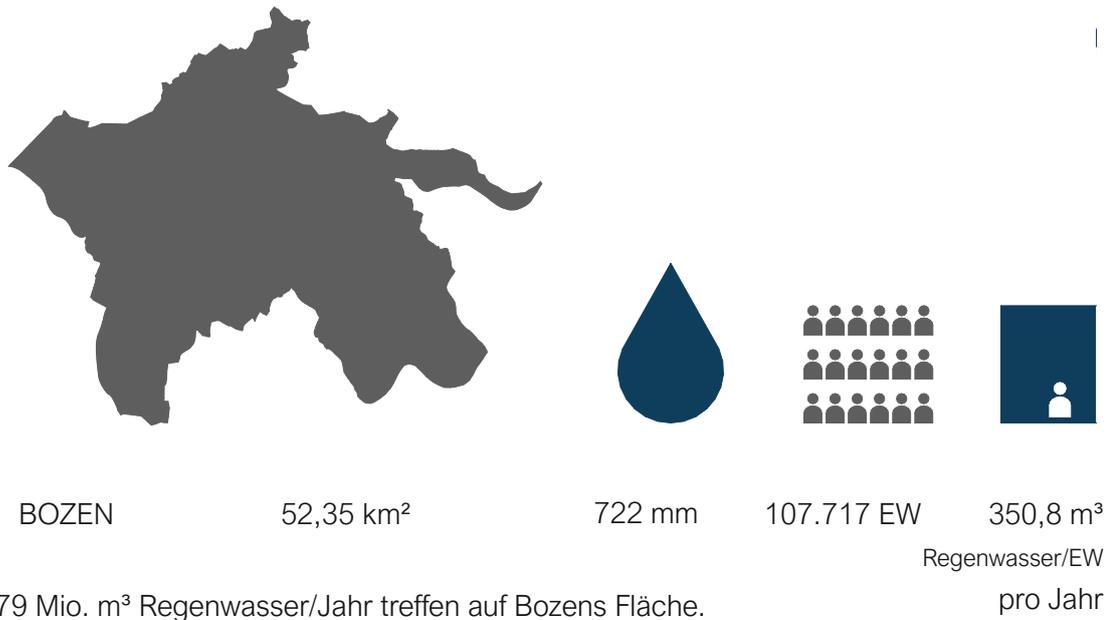


Abb. 46: Niederschlag

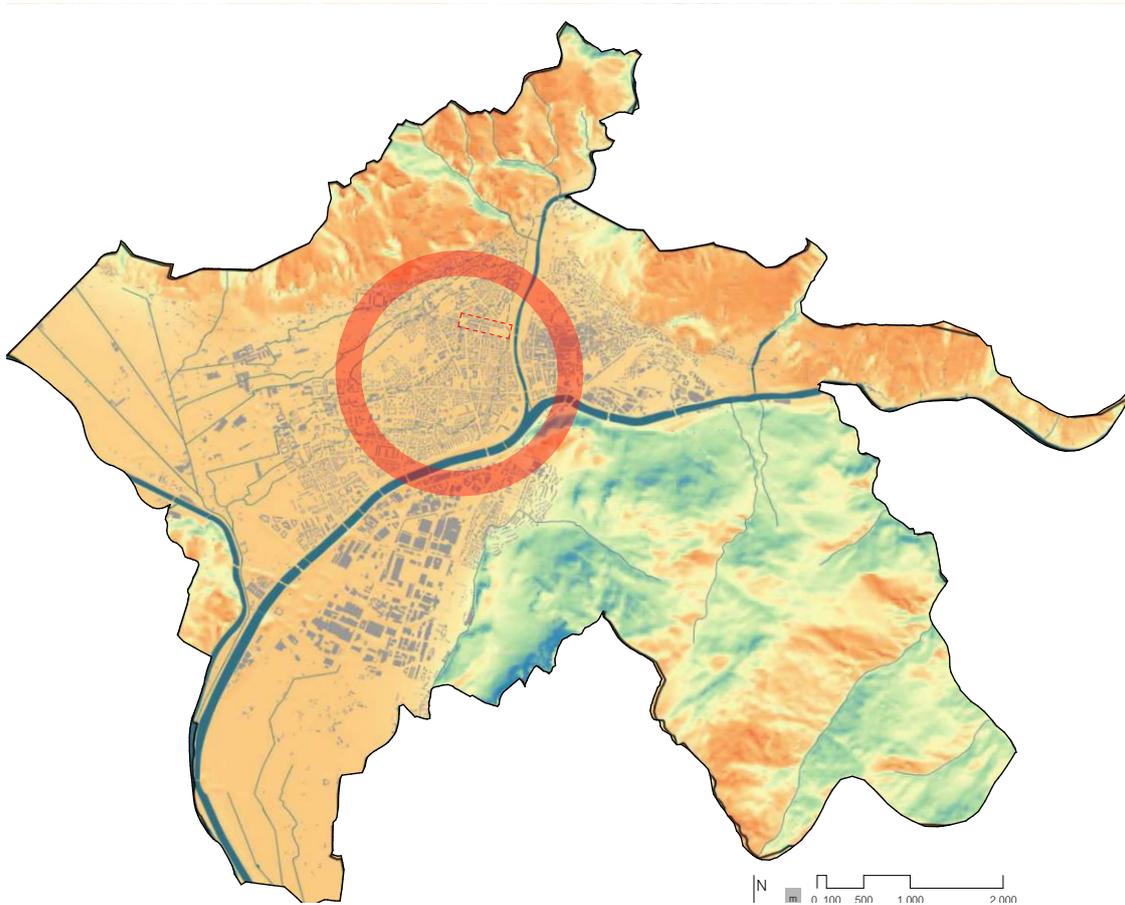


Abb. 47: Mittlere jährliche Solarstrahlung

Bozen ist eine wachsende Stadt mit zunehmender Bodenversiegelung, wasserdurchlässige Flächen sind in manchen Stadtvierteln nur schwer zu finden. Umso entscheidender war die Einführung des Beschränkungsindex der versiegelten Flächen (BVF), der die urbane Versiegelung des urbanen Raumes verlangsamen sollte. Beim BVF-Index handelt es sich um einen numerischen Wert der Umweltqualität, der für Bebauungsflächen verwendet wird und den Baueingriff hinsichtlich Versiegelung, Bodendurchlässigkeit und Grünflächen regelt. Kurz gesagt handelt es sich um das Verhältnis zwischen versiegelten und wasserdurchlässigen Flächen, welche durch Faktoren wie die Materialwahl, die Bewirtschaftung der Niederschläge oder die Bepflanzung bestimmt werden. Auf der Karte sieht man die doch sehr hohe Bodenversiegelung der Stadt Bozen, vor allem das historische Zentrum östlich der Talfer und das Industriegebiet im Süden sind stark versiegelt. Aber auch die dichten Wohnviertel von Europa-Neustift und Don Bosco sowie das Gebiet von Gries-Quirein im Stadtzentrum weisen eine erhöhte Bodenversiegelung auf. Bozens Siedlungsraum ist trotz des hohen Grünflächenanteils im Gemeindegebiet sehr stark versiegelt.

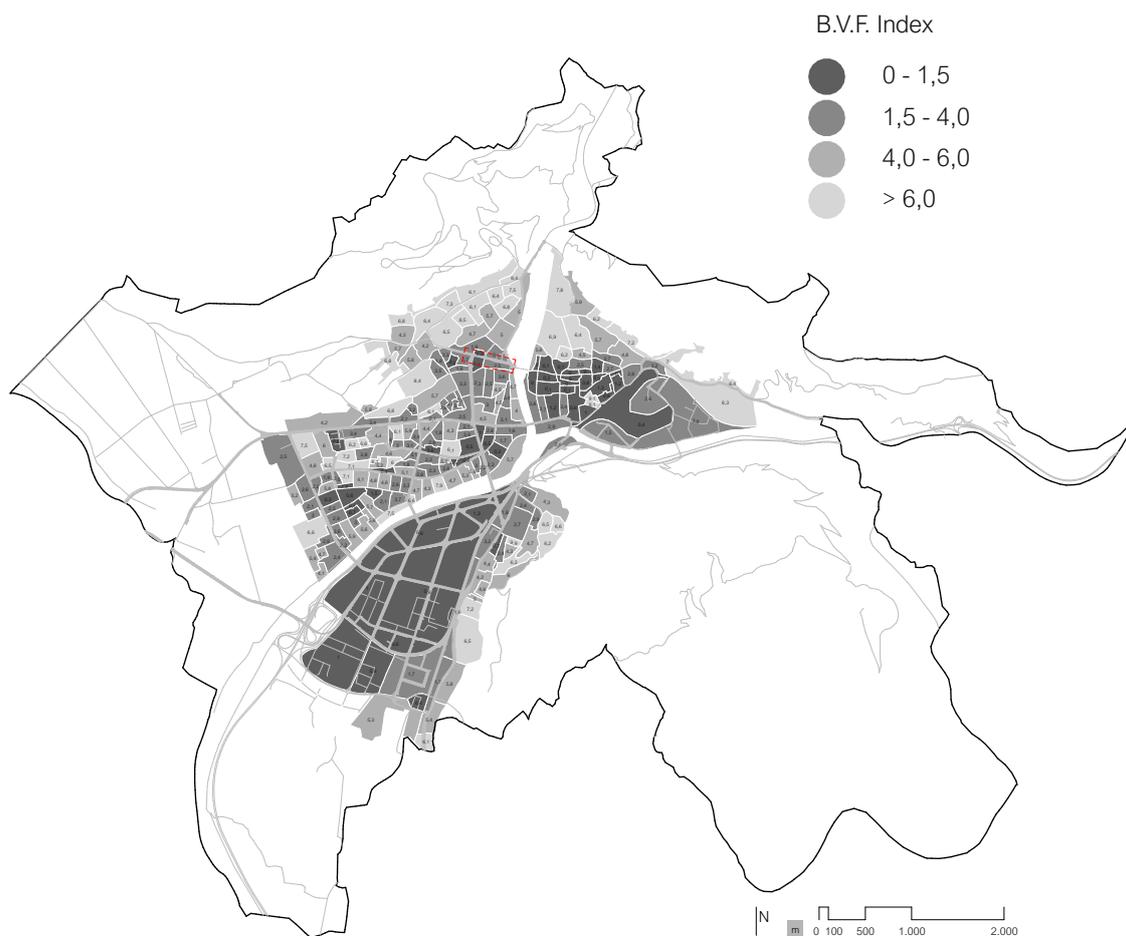


Abb. 48: Beschränkungsindex der versiegelten Flächen (BVF)

Südtirols Landeshauptstadt Bozen wird als dicht bebautes Gebiet die steigenden Temperaturen und häufigeren Hitzewellen stark zu spüren bekommen. Erhöhte Temperaturen in der Nacht wirken sich negativ auf den thermischen Komfort, das Wohlbefinden und die Gesundheit aus. Das zunehmende Risiko der Hitzewellen ist besonders problematisch, da in ganz Südtirol sowohl das Durchschnittsalter der Bevölkerung als auch die Anzahl der Einzelpersonenhaushalte zunimmt. Todesfälle aufgrund von Hitzewellen werden ansteigen. Als Folge der hohen Temperaturen haben sich Flora und Fauna in Bozen bereits verändert: Tiere und Pflanzen weichen in höher gelegene Gebiete, während sich in der Stadt neue Arten ausbreiten. Die höheren Temperaturen beeinträchtigen aber auch den Schneefall, weswegen es im Winter weniger Schnee, dafür mehr Regen geben wird. Folglich gibt es im Sommer weniger Wasser, die Stadt wird wärmer und trockener. Vor allem die Flüsse Etsch, Eisack und Talfer, die durch Bozen fließen, werden in den Sommermonaten weniger Wasser führen. Seit 1957 habe sich der Sommerabfluss der Etsch laut Zebisch et al. (2018: 10) um 20% verringert. Phasen der Trockenheit häufen sich zunehmend in Bozen und beeinflussen sowohl Natur als auch Gesellschaft. Bei höheren Temperaturen verdunstet mehr Wasser, eine erhöhte Gesamt-Evapotranspiration findet statt, als Folge nehmen die Niederschläge im Sommer ab. Dürren und Trockenheit beeinträchtigen und gefährden die Stadt sowie die Flora und Fauna. Weiter sinkt der Grundwasserspiegel. Der Konflikt ums Wasser wird sich zukünftig ausbreiten zwischen der Stadtbevölkerung, der Landwirtschaft, dem Tourismus und der Energieerzeugung. Ein Faktor, der die Hitze in Bozen noch weiter ankurbelt, ist die Bodenversiegelung, die weiterhin zunimmt. Undurchlässige Oberflächen lassen das Regenwasser nicht mehr versickern, wodurch es zur Überlastung der Kanalisation, geschädigten Infrastrukturen und Überflutungen in der Stadt kommt. Die häufigeren Gewitter und zunehmenden Starkregenereignisse tragen zu lokalen städtischen Überschwemmungen bei. Bei den Starkniederschlägen in Bozen im Juli 2017 fielen „[i]n kürzester Zeit über 50 Liter Regen auf 1m²“ (Zebisch et al. 2018: 84). Ein Artikel aus der Südtiroler Tageszeitung vom 25. Juni 2017 (O.A. 25.06.2017) berichtet folgendes:

„Fast im gesamten Stadtgebiet wurden Tiefgaragen und Aufzugsschächte von den Wassermassen überschwemmt. Die Auspumparbeiten gestalteten sich teilweise als sehr zeitintensiv, stellenweise wurde das Wasser über Stunden mit mehreren Tauchpumpen aus den tiefgelegenen Räumlichkeiten abgepumpt. [...] Das Abwassersystem der Stadt Bozen war aufgrund der innerhalb kürzester Zeit herabgehenden Niederschlagsmengen überfordert. Übermäßig große Wassermengen konnten nicht mehr abrinnen und Kanalabdeckungen der überfüllten Abwasserschächte wurden nach oben gedrückt.“

Die Folgen dieses Extremereignisses waren überschwemmte Garagen und beschädigte Sachgegenstände, abgeschnittene Wohngebiete vom Verkehrsnetz und Muren. Das Bozner Kanalnetz ist nicht ausreichend ausgelegt für solche heftige Regenereignisse. Was Bozen (und ganz Südtirol) betrifft, so stellen Muren, Rutschungen und Felsstürze besonders große Risiken für die Bevölkerung dar. Gebäude, Infrastrukturen und Verkehrsnetze können schwere Schäden davontragen. 2010 wurde von der Südtiroler Landesverwaltung die neue Ereignisklasse „urbane Flut“ anerkannt. Urbane Überschwemmungen sind jene Ereignisse, „[b]ei denen die Phänomene durch anthropische Eingriffe in die Morphologie der Abflusswege entstehen (Verrohrungen, Einengungen usw.)“ (Formaggioni et al. 2015: 5).

8 Mikroklimaadaptive Planung in Bozen

8.1 Wahl und Analyse des Planungsgebietes

Auf Grundlage der Analysen des Gesamtbildes der Stadt Bozen und aufbauend auf die vorherige Recherche folgt nun eine exemplarische Ausarbeitung bzw. ein Entwurf einer mikroklimatischen Anpassung eines urbanen (Frei-)Raumes in Bozen.



Abb. 49: Das Planungsgebiet im Stadtkontext

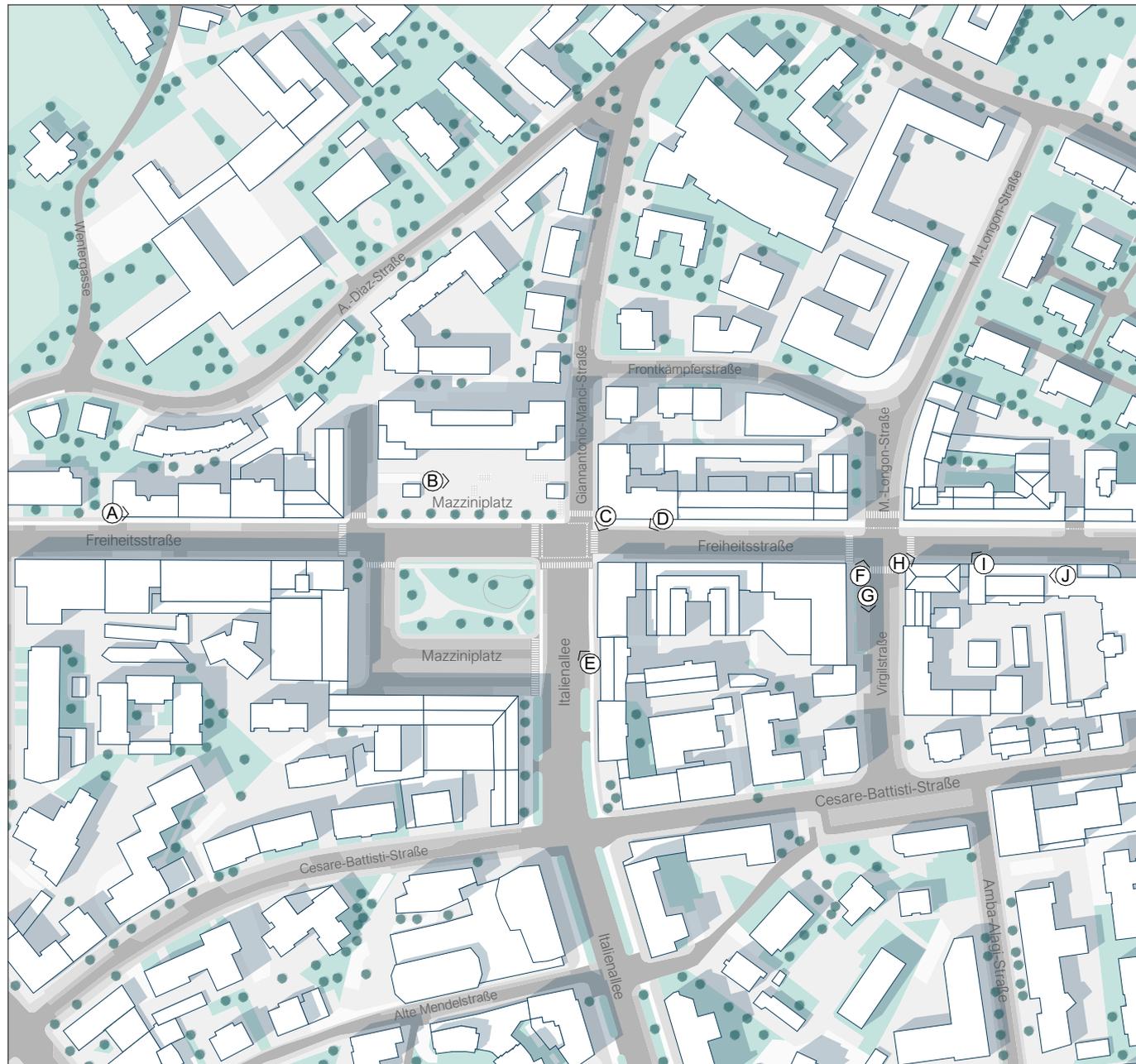
8.1.1 Der Standort

Das Planungsgebiet befindet sich an einem für die Stadt Bozen geschichtlich relevanten Ort. Nach dem Ersten Weltkrieg wurde die Brennergrenze Italien zugesprochen, ab 1920 gehörte Südtirol rechtskräftig zu Italien. Folglich wurde Südtirol im 20. Jahrhundert zum „Exerzierfeld italienischer Städtebauteorie“ (Dunajtschik, Steinacher 2008: 103). Man wollte „die Kriterien für eine neue italienische Architektur in einem nicht italienischen Gebiet schaffen“ (Dunajtschik, Steinacher 2008: 103). Das faschistische Regime wollte seine Macht und Kraft in der Architektur ausdrücken, Bozen stand dabei als Provinzhauptstadt im Mittelpunkt. Westlich des Talferbachs wurde während des Faschismus die „Città nuova“ errichtet, also die „neue Stadt“. Sie sollte die „Eliminierung sichtbarer Zeugnisse der deutschen Vergangenheit Bozens“ (Dunajtschik, Steinacher 2008: 105) aufweisen. Der faschistische Star-Architekt Piacentini wurde für den städtebaulichen Entwurf beauftragt. Das Siegesdenkmal sollte zum Mittelpunkt Bozens werden. Von diesem ausgehend entsprangen die beiden zentralen Achsen der Stadt. Nach Westen hin entstand der „Corso Littorio“ (auf Deutsch: faschistische Straße), der das Dorf Gries eingemeindete, und nach Osten wurde die Altstadtachse teilweise italianisiert. Die „Città nuova“ sollte also mit der Altstadt verbunden werden. Die Gebäude rund um den Siegesplatz und entlang des „Corso Littorio“ gleichen palazzoähnlichen Repräsentationsbauten im Stil des Rationalismus. Die fünf Meter hohen Laubengänge ziehen sich einheitlich durch das gesamte Gebiet. Am 9. Mai 1936 rief Benito Mussolini das italienische Imperium aus, woraufhin der „Corso Littorio“ zum „Corso IX Maggio“ umbenannt wurde. Nach der Befreiung vom Nazifaschismus 1945 wurde die Straße endgültig zum „Corso della Libertà“ umbenannt, der heutigen Freiheitsstraße. Das Planungsgebiet liegt in Bozen im Stadtteil Gries-Quirein, direkt angrenzend an den Talferbach. Es umfasst grob das Gebiet vom Mazzini-Platz im Westen über die Freiheitsstraße bis zum Siegesplatz im Osten. Mitbestimmend sind ebenso die Verbindung nach Westen zum Grieser Platz und der Übergang über die Talferbrücke in die historische Altstadt. Das Siegesdenkmal in Bozen hat eine verkehrstechnisch und historisch wichtige Lage, der Siegesplatz ist eine bedeutende Verkehrsdrehscheibe in der Stadt. Der Bereich um den Siegesplatz ist geprägt von starkem Verkehr, einer hohen Anzahl an Parkplätzen und überdurchschnittlich breiten Verkehrs- bzw. Straßenflächen. Rechts vom Siegesdenkmal verläuft die Freiheitsstraße, die in einer Achse mit der Bozner Altstadt liegt. Die Freiheitsstraße sowie der Siegesplatz sind geprägt von einer einheitlichen architektonischen Sprache und heben sich dadurch sehr stark als Stadtquartier hervor. Entlang der Freiheitsstraße finden sich eine Vielzahl an Geschäften, Lokalen und Dienstleistungen, die innerhalb der Arkadengänge

gefasst sind und das Viertel so lebendig machen. Der Mazzini-Platz ist die einzige größere „Öffnung“ der Straßenschlucht, die die Freiheitsstraße ist. Beim Mazzini-Platz treffen die beiden wichtigen Achsen Freiheitsstraße und Italienallee aufeinander. Der Platz ist geprägt von einem hohen Verkehrsaufkommen und sehr breiten Straßenzügen. Etwas weiter im Westen des Mazzini-Platzes, weiterhin entlang der Freiheitsstraße, folgt der Grieser-Platz, der mit seiner Struktur und Architektur sehr an einen Dorfplatz erinnert und damit ein neues Stadtviertel einleitet, das nicht mehr vom Faschismus geprägt ist. Die Talferbrücke im Westen des Planungsgebietes ist das verbindende Element zwischen dem Stadtteil Gries und der Bozner Altstadt. Getrennt sind beide Stätte durch den Talferbach, der mitten durch die Innenstadt fließt. Die Talferwiesen sind die bedeutendste Naherholungszone Bozens, da sie als Freizeitareal und öffentlicher Grünraum mitten in der Stadt liegen.

8.1.2 Potentiale des Gebietes

Das Planungsgebiet umfasst viele Potentialflächen, die gut weiterentwickelt werden können. Zudem passiert recht viel Kulturelles und Soziales, das erwähnenswert ist und die Atmosphäre des Gebietes beschreibt. Der nördliche Teil des Mazzini-Platzes beherbergt einmal wöchentlich jeweils am Dienstag einen Bauernmarkt. Der Markt ist gut besucht von Einheimischen und BewohnerInnen. Der südliche Teil umfasst einen Park, der von allen vier Seiten von Verkehrsflächen und Parkplätzen eingeschlossen wird. Er wird nicht sonderlich viel frequentiert, jedoch ist er ein wichtiger Grünraum auf dem sonst allzu urbanen Mazzini-Platz. Auf dem Parkplatz des Mazzini-Platzes befinden sich CarSharing-Abstellplätze mit jeweiligem Angebot an CarSharing-Autos. Diese Form der Mobilität ist in der restlichen Stadt noch sehr schwer zu finden und wirkt deswegen schon relativ zukunftsweisend. Die Lauben- bzw. Arkadengänge entlang der Freiheitsstraße schaffen eine besonders belebte und geschützte Erdgeschosszone, die bei jedem Wetter angenehm zu begehen ist. Die Laubengänge fungieren als hochwertiger Kommunikationsraum und dienen Restaurants und Cafés als erweiterte Lokalfäche im Freien bzw. Außenraum. Die Abstände zwischen den Häuserfronten entlang der Freiheitsstraße sind bemerkenswert. Die Straßenbreiten umfassen bis zu rund 20 Meter und erlauben damit eine weitgefächerte Gestaltung. In direktem Blickfeld der Freiheitsstraße liegt das Schulareal „Pascoli-Longon“ entlang der M.-Longon-Straße, einer nördlichen Seitenstraße der Freiheitsstraße. Das Schulareal ist schon seit Jahren nicht mehr im Gebrauch, auf dieser Fläche wurde nämlich das neue Bibliothekszentrum der Stadt Bozen geplant. Dieses soll drei Bibliotheken der Stadt vereinen und zu einem attraktiven Treffpunkt werden. Die Bibliothek soll demnächst umgesetzt werden, die Planung läuft schon seit rund zwei Jahrzehnten. Der Siegesplatz und seine angrenzenden Straßen, darunter die Cesare-Battisti-Straße, die Virgilstraße und Teile der M.-Longon-Straße, werden einmal die Woche für den Verkehr abgesperrt, da dort ein Wochenmarkt situiert ist. Jeweils am Samstag finden sich in diesem Gebiet allerlei Marktstände, die Lebensmittel, Kleidung und vieles weiteres anbieten. Viele Einheimische besuchen diesen Markt, aber auch TouristInnen mischen sich unter die Leute. Das ganze Viertel ist samstags besonders stark belebt. Mitten auf dem Siegesplatz und direkt hinter dem Siegesdenkmal befindet sich ein Park, der als öffentliche Grünfläche fungiert. Große und hohe Bäume prägen den Park und verstecken geradezu den Eingang in das Siegesdenkmal-Museum, das sich unterirdisch unter dem Siegesdenkmal befindet. Die angrenzenden Talferwiesen sind eines der Lieblings-Erholungsgebiete der BoznerInnen. Egal ob zum Spaziergehen, Gassigehen mit dem Hund, Skaten, Fußballspielen, Sonnenliegen, Spielen mit den Kindern oder als Treffpunkt, es finden sich immer Leute, die sich auf den Talferwiesen aufhalten.



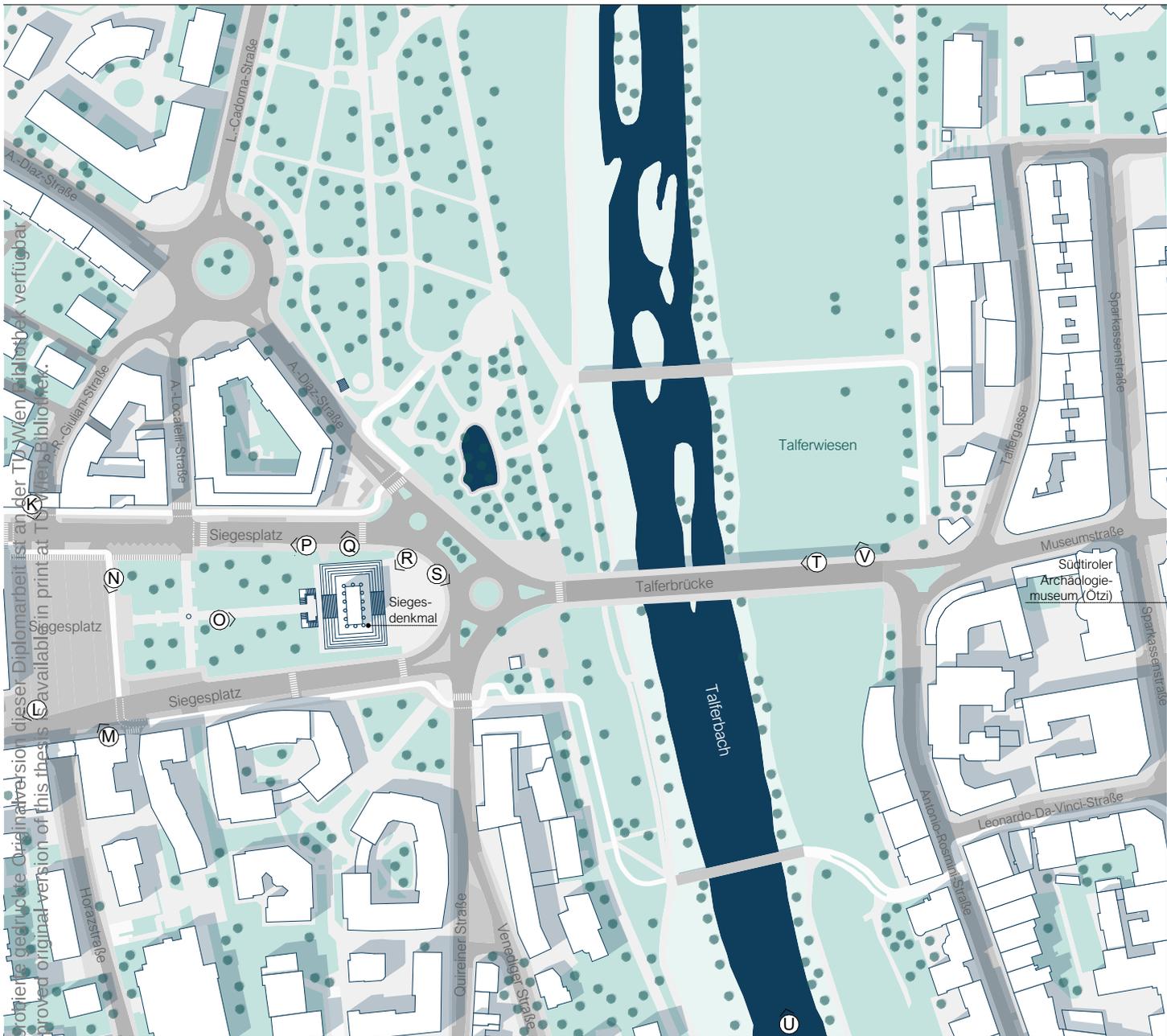


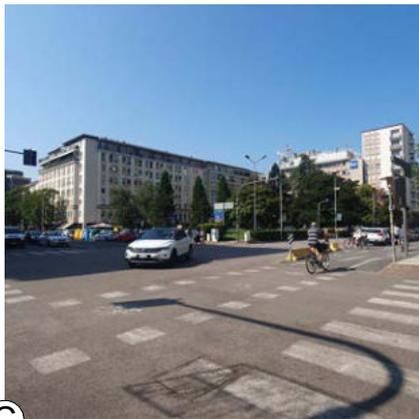
Abb. 50: Das Planungsgebiet (Bestand)



A Freiheitsstraße von Westen kommend



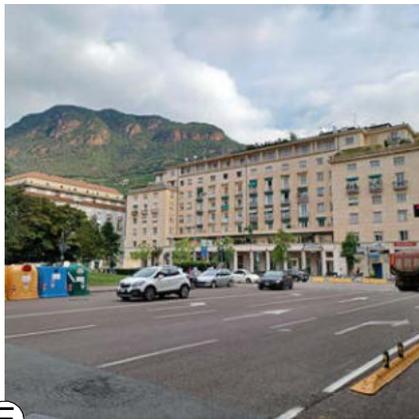
B Mazziniplatz



C Kreuzung Freiheitsstraße & Italienallee



D Freiheitsstraße nach Westen blickend



E Mazziniplatz



F Blick auf die M.-Longon-Straße



G Virgilstraße nach Süden blickend

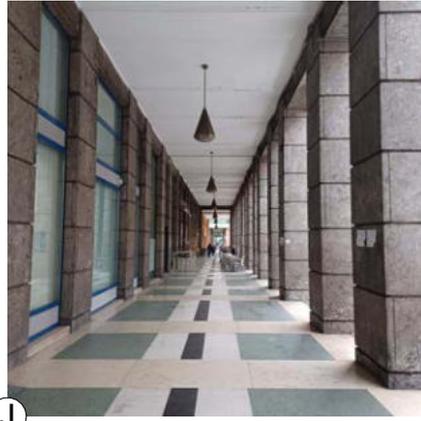


H Freiheitsstraße nach Osten blickend

Abb. 51: Impressionen des Planungsgebietes I



I Bushaltestelle Freiheitsstraße



J Laubengänge der Freiheitsstraße



K Parkplatz Siegesplatz



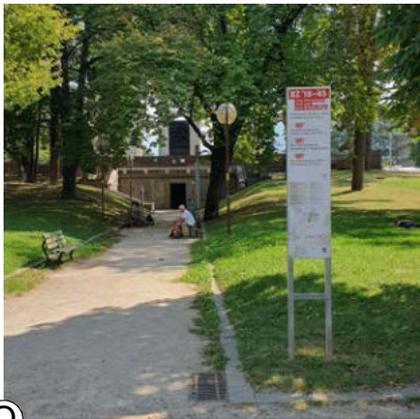
L Blick auf die Cesare-Battisti-Straße



M Parkplatz Siegesplatz



N Fahrradweg über Siegesplatz



O Park des Siegesplatzes



P Freiheitsstraße nach Osten blickend

Abb. 52: Impressionen des Planungsgebietes II



Q

Bushaltestelle & Parkplatz
beim Siegesplatz



R

Siegesdenkmal



S

Straßenkreuzung Siegesdenkmal



T

Blick auf Siegesdenkmal
von Talferbrücke aus



U

Brücken über den Talferbach



V

Talferwiesen

Abb. 53: Impressionen des Planungsgebietes III

*“HIC PATRIAE FINES SISTE SIGNA //
HINC CETEROS EXCOLVIMVS LINGVA LEGIBVS ARTIBVS”*

*„Hier an den Grenzen des Vaterlandes setze die (Feld-)Zeichen.
Von hier aus bildeten wir die Übrigen durch Sprache, Gesetze und Künste.“*

Inschrift an der Ostseite des Siegesdenkmals



Bauernmarkt Mazziniplatz



belebte Erdgeschosszone



geplantes



Park beim Mazziniplatz



Car-Sharing-Angebot am Mazziniplatz



Wochenmarkt an



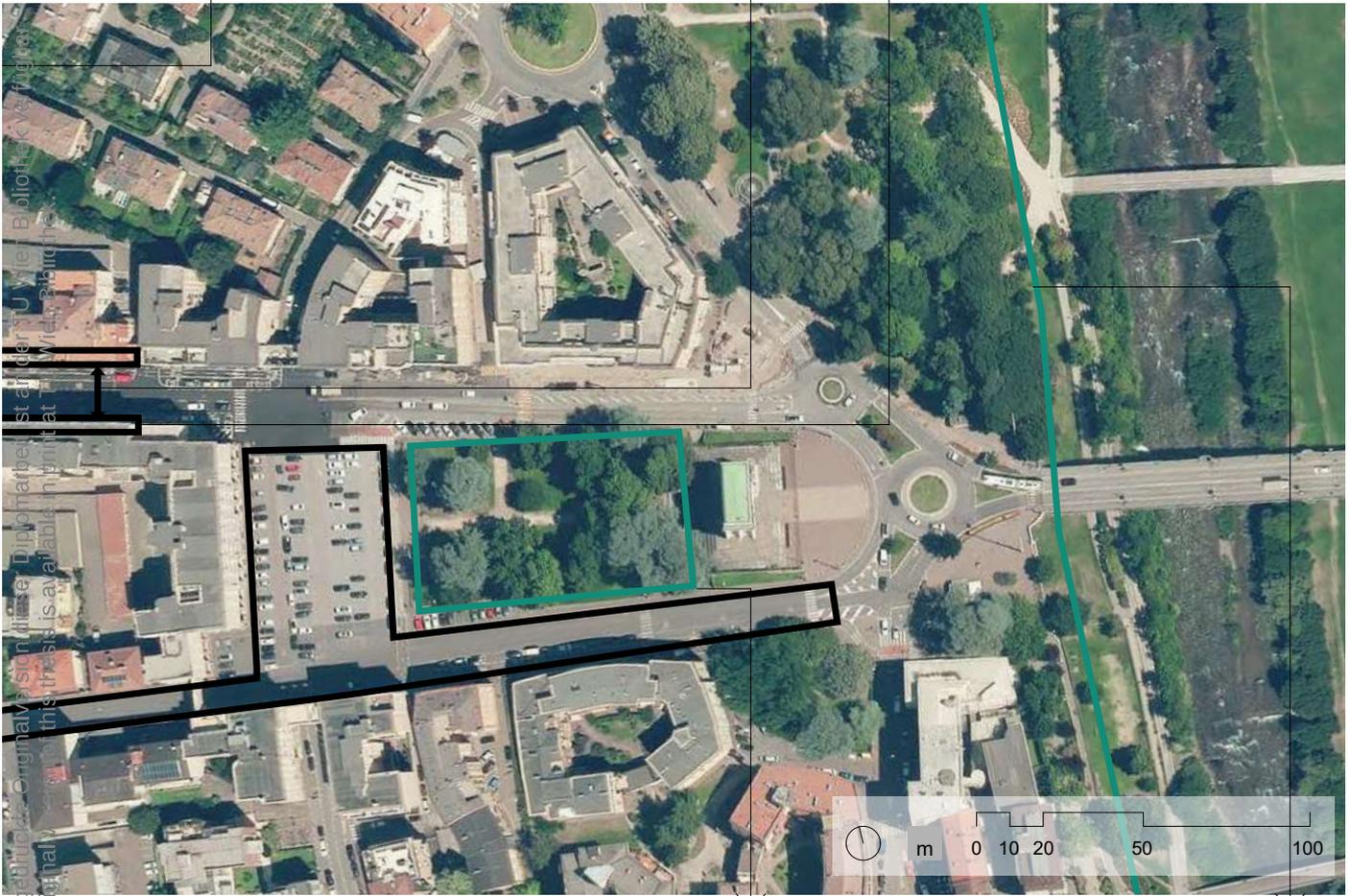
Bibliothekszentrum



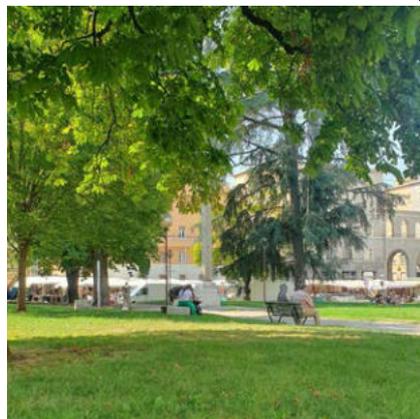
bemerkenswerte Straßenbreiten



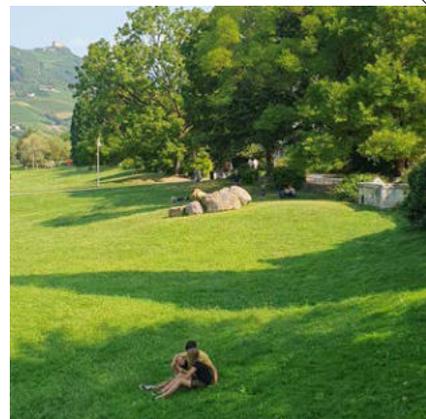
Laubengänge als Kommunikationsraum



Samstag



Park beim Siegesplatz



Talferwiesen

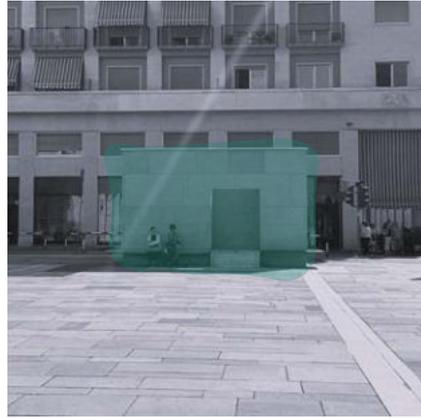
Abb. 54: Potentialflächen des Planungsgebietes

8.1.3 Mikroklimatische Analyse des Gebietes

Das Planungsgebiet ist geprägt von einem sehr starken Kontrast zwischen Grünraum und urbanem Raum. Auf der einen Seite liegt der Talferbach mit seiner Uferzone, der als ökologischer Korridor einen wichtigen Beitrag für das gesamte Stadtklima leistet. Auf der anderen Seite findet sich das städtische Gefüge um den Siegesplatz und entlang der Freiheitsstraße, das von versiegelten Flächen und massiven Gebäudekomplexen charakterisiert ist. Diese Grenze zwischen Stadt und Grün verläuft ohne Übergang. Betritt man von der Altstadt kommend über die Talferbrücke das Planungsgebiet, wird sofort das Gefühl eines sehr städtischen Raumes erweckt, besonders durch den strengen und ausdrucksvollen Städtebau. Die einzigen nennenswerten Grünflächen sind der Park beim Siegesplatz und jener beim Mazzini-Platz. Beide fungieren als öffentliche Grünflächen. Eine Analyse des Bozner Grünraumplans (Stadtgemeinde Bozen 2022a) hat sich die Qualität der öffentlichen Grünflächen in Bozen genauer angesehen. Die Bewertung erfolgte u.a. mittels eines Partizipationsprozesses der BewohnerInnen, die Bewertungsparameter waren Zugänglichkeit, Nutzbarkeit, Erhaltungszustand, Vegetationstyp und -qualität, sowie Ausstattungsart und -qualität. Bedeutend war, dass die „wahrgenommene Qualität“ (Stadtgemeinde Bozen 2022a: 96) bewertet werden sollte. Demnach wurde der Park beim Mazzini-Platz als „durchschnittlich“ und jener beim Siegesplatz als „schlecht“ eingestuft. Der nördliche Teil des Mazziniplatzes weist entlang der Straße Bäume auf, die jedoch sehr klein dimensioniert sind und nur direkt unter der Baumkrone Schatten spenden. Der Platz ist durchgehend versiegelt, Versickerung findet keine statt, da sich drunter eine Tiefgarage befindet. Inmitten des Platzes befindet sich ein Wasserbrunnen, der einzige innerhalb des gesamten Planungsgebietes. Jedoch ist dieser so minimalistisch konzipiert, dass er für keinerlei Abkühlung für Menschen sorgt. Auf dem Platz gibt es keine schattenspendende Elemente, Sitzbänke stehen in der prallen Sonne und sind so bei Extremtemperaturen nicht benutzbar. Zusammenfassend ist der nördliche, urbane Mazziniplatz vollflächig versiegelt, und weist keinerlei Aufenthaltsqualitäten auf. Der südliche Teil bietet wiederum einen großen Kontrast zwischen dem vollflächig versiegelten, öffentlichen Parkplatz und dem grünen Park. Der Park besitzt topografische Höhenunterschiede und eine Varietät an Bäumen, jedoch ist er durch seine kleine Größe und komplette Umrahmung von Verkehrsflächen nur sehr spärlich besucht. Die Freiheitsstraße zwischen Mazzini- und Siegesplatz ist eine durchgehend versiegelte Straßenschlucht ohne Straßenbegleitgrün, Straßenbäume oder begrünte Fassaden. Der Straßenkorridor erwärmt sich dadurch im Sommer besonders stark. Der rund 20 Meter breite Straßenquerschnitt weist an keiner einzigen Stelle Vegetation auf, sodass das gesamte Niederschlagswasser in diesem Bereich allein dem Abfluss über das urbane Kanalsystem überlassen wird, da keinerlei Versickerung stattfinden kann. Der westliche Teil des Siegesplatzes ist auf der gesamten Fläche versiegelt. Heute wird der Platz als öffentlicher Parkplatz verwendet. Es gibt keinerlei positiv klimatische Elemente, im Grunde ist es einfach ein riesengroßer versiegelter Platz, der wiederum in Kontrast steht mit dem angrenzenden Park beim Siegesplatz. Dieser hat aber nur sehr wenig Aufenthaltsqualitäten, man sieht und hört durchgehend den Verkehr um den Platz. Die großen, bestehenden Bäume bieten allerdings viel Schatten. Bemerkenswert ist, dass das Gebiet nördlich und südlich der Planungsgebietes recht gut durchgrünt ist und Straßenbäume sowie Grünflächen aufweist. Das Planungsgebiet an sich sticht in der Vogelperspektive deutlich hervor durch die sehr großen, fast übertriebenen Freiflächen in der Stadt und keinerlei Begrünung.



einzigster Wasserbrunnen
innerhalb des Planungsgebietes



schattensuchende BewohnerInnen



unbenutzte Sitzbänke
in der ausgesetzten Sonne



kleindimensionierte Bäume
am Mazziniplatz



Versiegelung des Mazziniplatzes



Versiegelung des gesamten
Querschnittes der Freiheitsstraße



Versiegelung des Siegesplatzes



Versiegelung der Freiheitsstraße

Abb. 55: Mikroklimatische Aspekte des Planungsgebietes

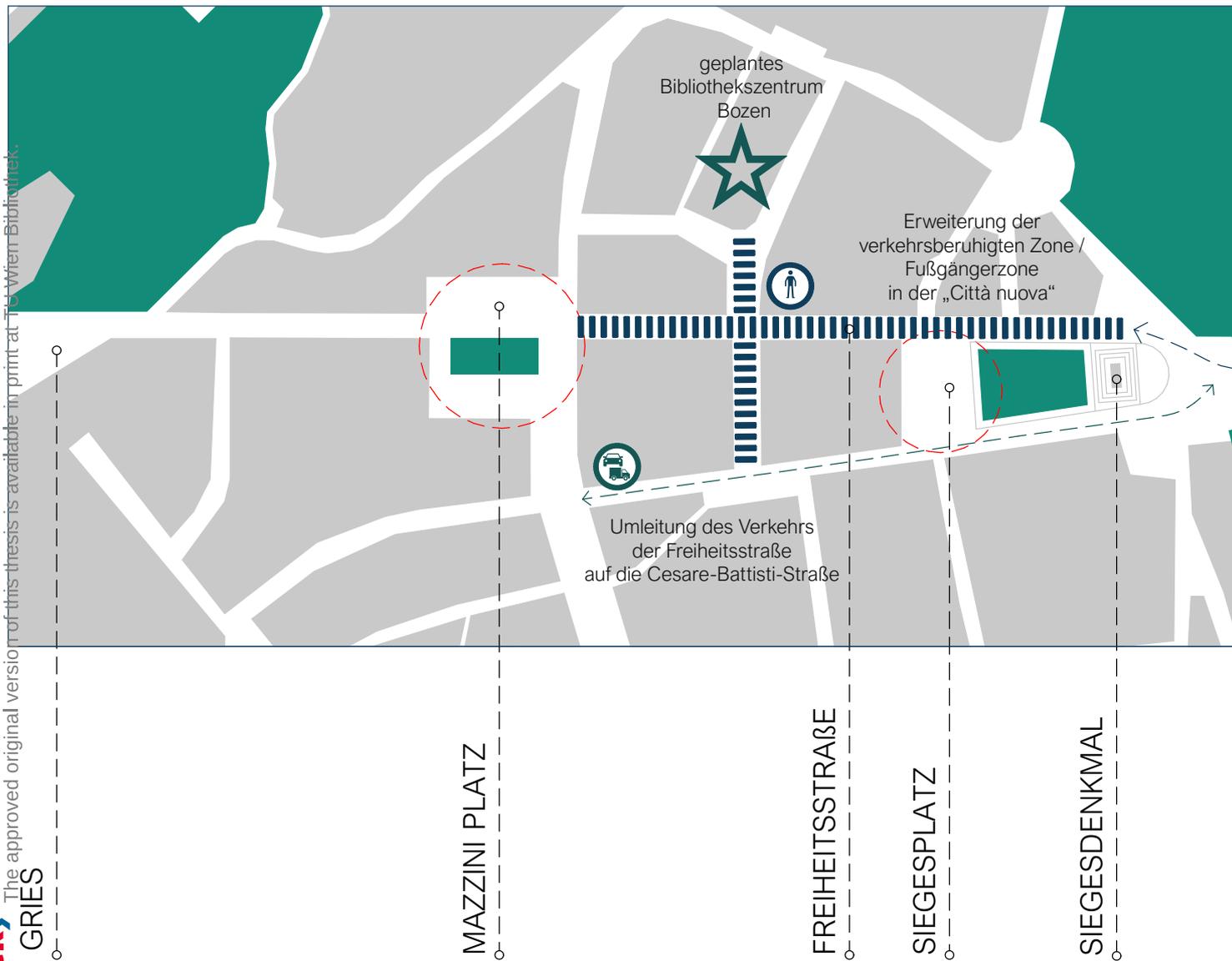
8.2 Das Entwurfskonzept

8.2.1 Städtebauliches Konzept

Die Freiheitsstraße stellt eine Mittelachse Bozens dar, die in einer Linie mit der Bozner Altstadt-Achse liegt. Die Altstadt ist geprägt von ihren historischen Laubengängen. Auch die Freiheitsstraße weist dieses architektonische Element auf, zwar in abgeänderter Form, jedoch kann es als Verbindungsmerkmal dieser zwei Stadtteile gesehen werden. Die städtebauliche Leitidee besteht darin, die „alte Stadt“ mit der „neuen Stadt“ zu verbinden und die zentrale Achse durch Bozen so zu stärken und zu erweitern. Der Siegesplatz wird zum Übergang zwischen altem und neuem Stadtkern, die beiden Stadtteile werden mehr miteinander verbunden. Die Freiheitsstraße mit ihren eindrucksvollen Laubengängen kann somit als Erweiterung der zentralen Achse der historischen Altstadt gesehen werden. Das Planungsgebiet wird stärker in das bestehende Stadtzentrum integriert. Mittels Aufhebung von Grenzen, Grünverbindungen und einem neuen Mobilitätskonzept wird das Planungsgebiet in das städtische Gefüge neu eingegliedert. Die verkehrsberuhigte Zone, die in der Bozner Altstadt zu finden ist, wird auf das Planungsgebiet erweitert. Die „Città nuova“ rechts des Talferbachs wird zur Fußgängerzone. Diese erstreckt sich ausgehend vom Siegesdenkmal entlang der Freiheitsstraße bis hin zum Mazziniplatz, wo sich Freiheitsstraße und Italienallee kreuzen. Die Nord-Süd-Achse Virgilstraße bis M.-Longon-Straße wird ebenso zur Fußgängerzone, letztere vor allem durch das geplante Bibliothekszentrum in Bozen, das damit stärker in das Stadtgeschehen miteingeschlossen wäre. Die Freiheitsstraße wird zur Hauptschlagader des Stadtviertels und die dort ansässigen Geschäfte, Gastronomielokale und Dienstleistungen erhalten eine deutliche Aufwertung. Mazziniplatz und Siegesplatz erhalten ebenso eine Aufwertung und werden zu qualitativ hochwertigeren städtischen Plätzen für die BewohnerInnen. Der Verkehr der Freiheitsstraße wird auf die Cesare-Battisti-Straße verlagert, klarerweise unter der Voraussetzung, dass sich die Mobilitätssituation vor Ort verändert (Genauerer wird beim Mobilitätskonzept erklärt). Trotz Errichtung dieser autofreien Zonen würde es verkehrstechnisch zu keinen größeren Schwierigkeiten kommen, da der Verkehrsfluss weiterhin in alle Richtungen möglich wäre.

8.2.2 Konzept der grünen Infrastruktur

Das Grünkonzept lässt sich vereinfacht erklären als Verbindung des Grünraums des Talferbaches mit den Wald- und Agrarflächen im Westen der Stadt. Die Uferzone des Talferbaches hat ein unglaublich großes Potenzial, da hier eine erhöhte Biodiversität und Artenvielfalt herrscht. Der Flusskorridor verläuft durch die Innenstadt und stellt ein Grundgerüst für die Entwicklung des Grünraums bzw. der Natur in der Stadt dar. Demnach ist es sinnvoll an dieser Uferzone anzusetzen. Ziel ist es einen durchgehenden Grünkorridor zu schaffen, der von Westen nach Osten, durch die sonst so dichte und versiegelte Innenstadt verläuft. Dabei werden die bestehenden Grünflächen miteinander verbunden. Die Hauptachse liegt entlang der Freiheitsstraße und läuft von der Uferzone des Talferbachs bis hin nach Gries im Westen, dabei werden der Park am Siegesplatz und am Mazziniplatz miteingeschlossen. Ein neuer ökologischer Korridor quer durch die Stadt soll entstehen, was massive Auswirkungen auf das städtische Klima hätte. Die Grünverbindungen sollten weiters in die Seitenstraßen der Hauptachse ausgebaut werden, damit ein möglichst großes Areal vom Grünkorridor profitieren kann. Das Gebiet nördlich der Freiheitsstraße von Mazziniplatz bis zum Talferbach ist eine der Schutzzonen des Grundwassers der Stadt Bozen. Durch dieses Gebiet verlaufen unterirdische Wasserläufe, wie man bereits in der Gesamtanalyse der Stadt Bozen erkennen konnte. Auf dem Mazziniplatz befindet sich im Park der Tiefbrunnen „Mazzini“, der 1965 errichtet wurde. Das Grundwasser in den Tiefbrunnen, das als Trinkwasser genutzt wird, steht unter besonderem Schutz. Nach dem Amt des Gewässerschutzes der Provinz Bozen-Südtirol ist dieser Tiefbrunnen eine Bannzone, was weiters heißt, dass die Zone als Grünzone erhalten bleiben muss. Demnach wird der Grünraum am Mazziniplatz erweitert und an den Grünkorridor entlang der Freiheitsstraße angeschlossen. Jener Hauptkorridor durch die Freiheitsstraße schließt im Osten direkt an den Park am Talferbach an und verläuft als Schwammstadtsystem durchgehend entlang dieser Hauptachse. Der Grünraum am Siegesplatz wird aufgewertet und knüpft ebenso am Grünkorridor an. Entlang der Straßen findet man nun lineare Baumformationen bzw. Baumallen und zusammenhängende Grünflächen, die als ökologische Korridore mit sehr unterschiedlichen Funktionen das städtische, aber auch lokale Klima maßgeblich beeinflussen. Gründächer werden vermehrt eingeplant, jedoch nur dort, wo sie wirklich umsetzbar sind. Entlang der Freiheitsstraße finden sich viele Flachdächer, weswegen es ein großes Potenzial für begrünte Dächer gibt.



TALFERWIESEN

SÜDTIROLER
ARCHÄOLOGIE-
MUSEUM (ÖTZI)

MUSEUMSSTRASSE

LAUBENGASSE

WALTHERPLATZ

RATHAUSPLATZ



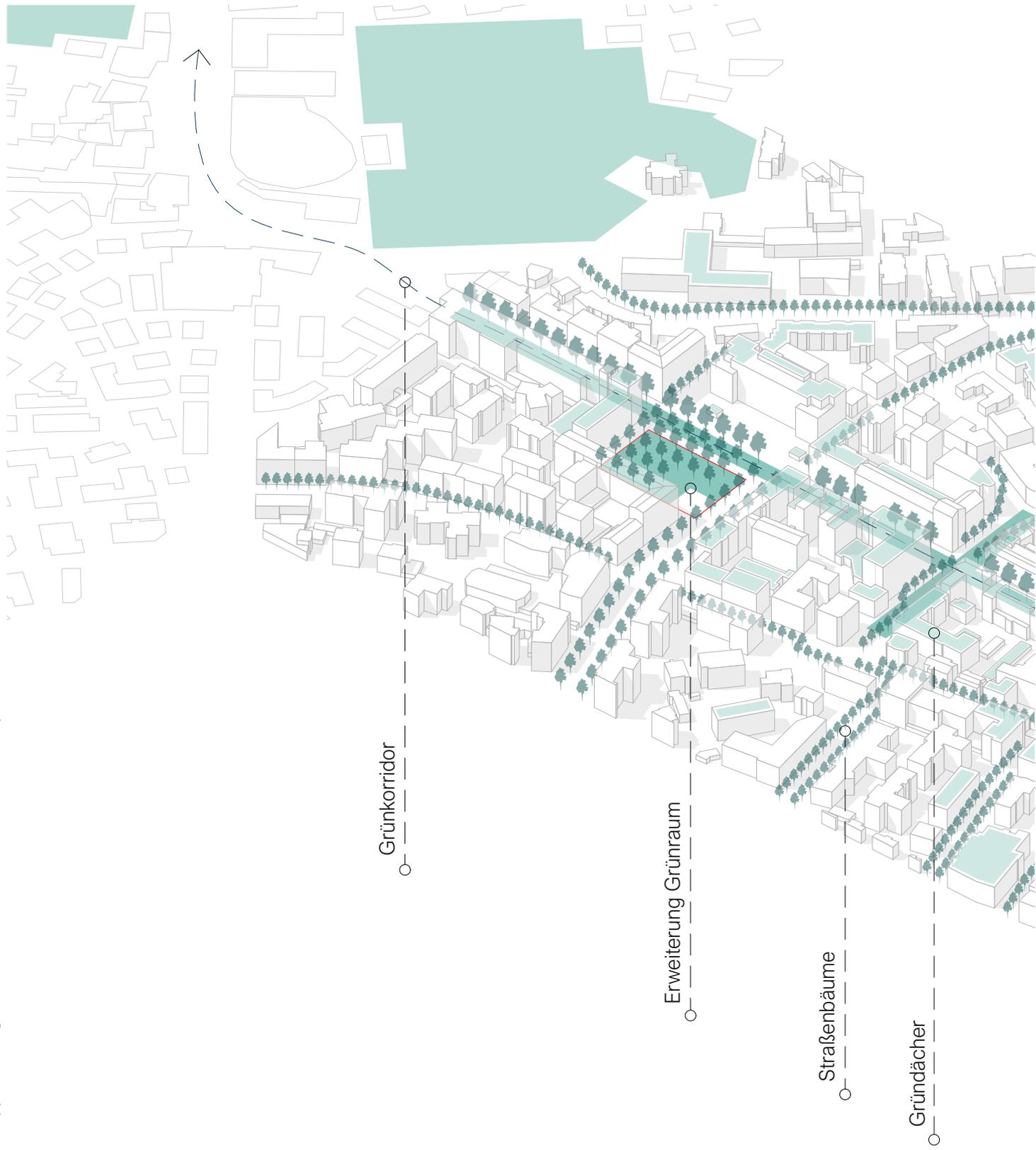
Abb. 56: Städtebauliches Konzept





- Siedlungsflächen
- Talferbach
- Schutzzonen des Grundwassers
- Wald- und Kahlf Flächen
- Agrarflächen
- öffentliche Grünflächen
- neue Grünverbindungen

Abb. 57: Konzept des Grünraums



Schwammstadtsystem

Aufwertung Grünraum

Schutz des Grundwassers von Bozen
und Errichtung der Bannzone
gemäß Landesgesetz Nr.63 vom 6.9.1973

TIEFBRUNNEN „MAZZINI“

Die Fassungsanlage (Bauparzelle 1980)
wurde im Jahr 1965 errichtet und
befindet sich in gutem Zustand.

Die Zone ist als Grünzone zu erhalten.



Abb. 58: Konzept der grünen Infrastruktur

8.2.3 Konzept der blauen Infrastruktur

Das Grundkonzept der blauen Infrastruktur besteht darin, das Regenwasser dort zu speichern, wo es anfällt, damit ein nachhaltiger Umgang mit Regenwasser gewährleistet wird. Das Wasser im Planungsgebiet wird dezentral bewirtschaftet und zu einem wichtigen Bestandteil des urbanen Freiraumes. Flachdächer werden begrünt, damit das Regenwasser gespeichert, versickern und abgeleitet werden kann. Das abgeleitete Regenwasser der Gründächer wird in das nächstgelegene Sammelbecken geleitet. Eine üppige Durchgrünung des Gebietes erlaubt die Versickerung vor Ort. Entlang der Hauptachse des Gebietes wird das Schwammstadtprinzip umgesetzt, wodurch das Regenwasser versickern aber auch zurückgehalten werden kann. Der südliche Teil des Mazzini-Platzes wird durch den erweiterten Grünraum zu einer großzügigen Versickerungsfläche. Die Sickermulde im südwestlichen Teil des Mazzini-Platzes ist eine flache Geländemulde, die das Niederschlagswasser versickern lässt. Bei Starkregenereignissen kann das Regenwasser dort ebenso temporär gesammelt werden und zu einem späteren Zeitpunkt versickern. Genau dieses Gebiet ist wie bereits vorher erwähnt eine Schutzzone des Grundwassers der Gemeinde Bozen, weshalb eine natürliche Versickerung förderlich ist. Der westliche Teil des Siegesplatzes erhält einen sogenannten Wasserplatz mit drei Sammelbecken, die bei Starkregenereignissen das Niederschlagswasser temporär zurückhalten können. Der aufgewertete Park beim Siegesplatz garantiert eine großflächige Versickerung. Das Überschusswasser des Niederschlags kann ebenso an der tiefsten Stelle (im Osten) temporär zurückgehalten werden. Das Element Wasser wird ebenso zu einem sichtbaren Element im Stadtviertel. Der nördliche, urbane Mazzini-Platz erhält einen großzügigeren Wasserbrunnen. Entlang der Virgilstraße und M.-Longon-Straße finden sich Wasserspiele und erlebbare Wasserelemente. Sie tragen sowohl zum Mikroklima als auch zum Erscheinungsbild des Gebietes bei.

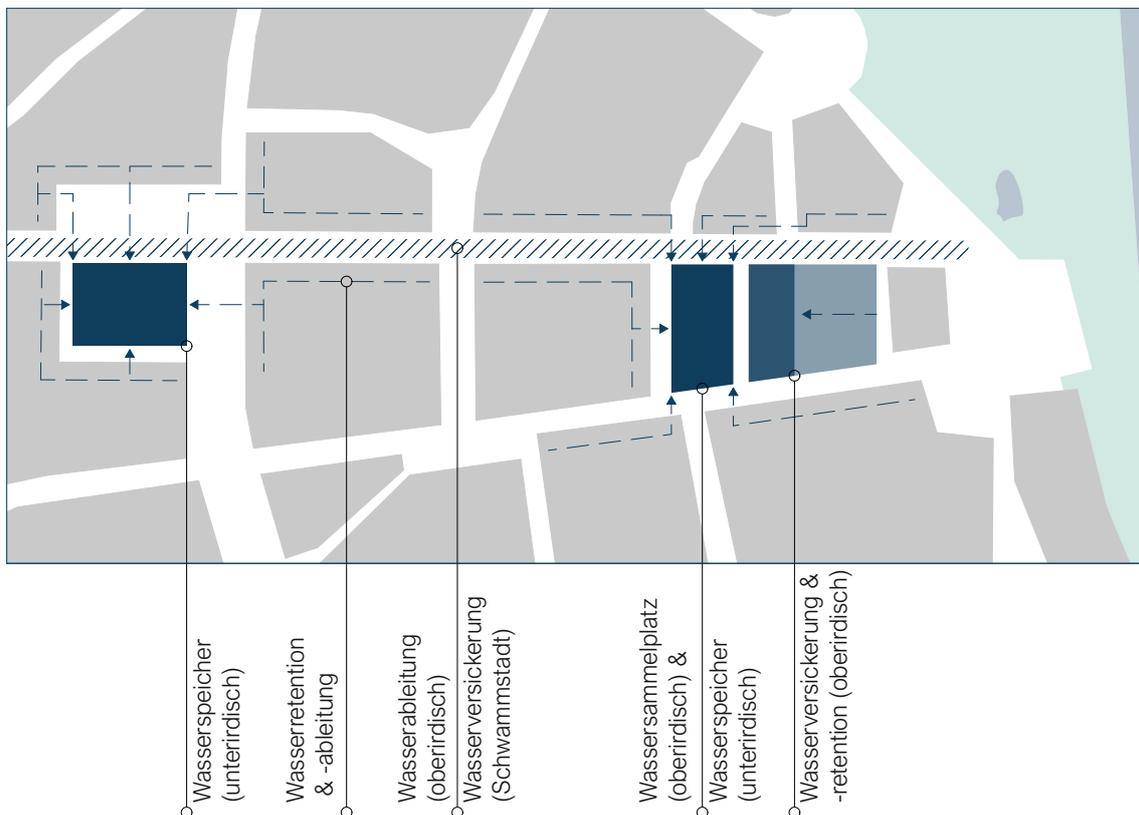
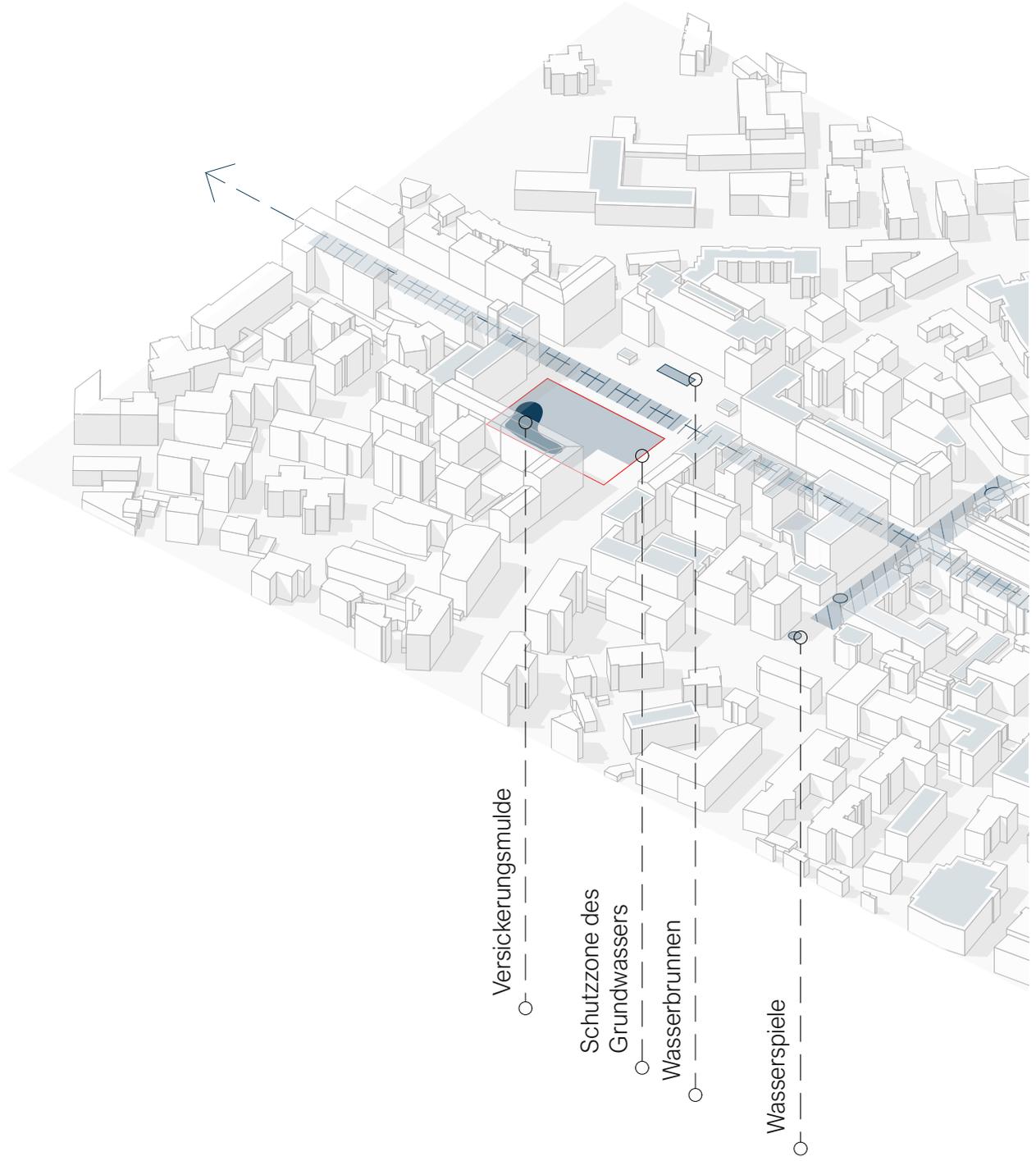
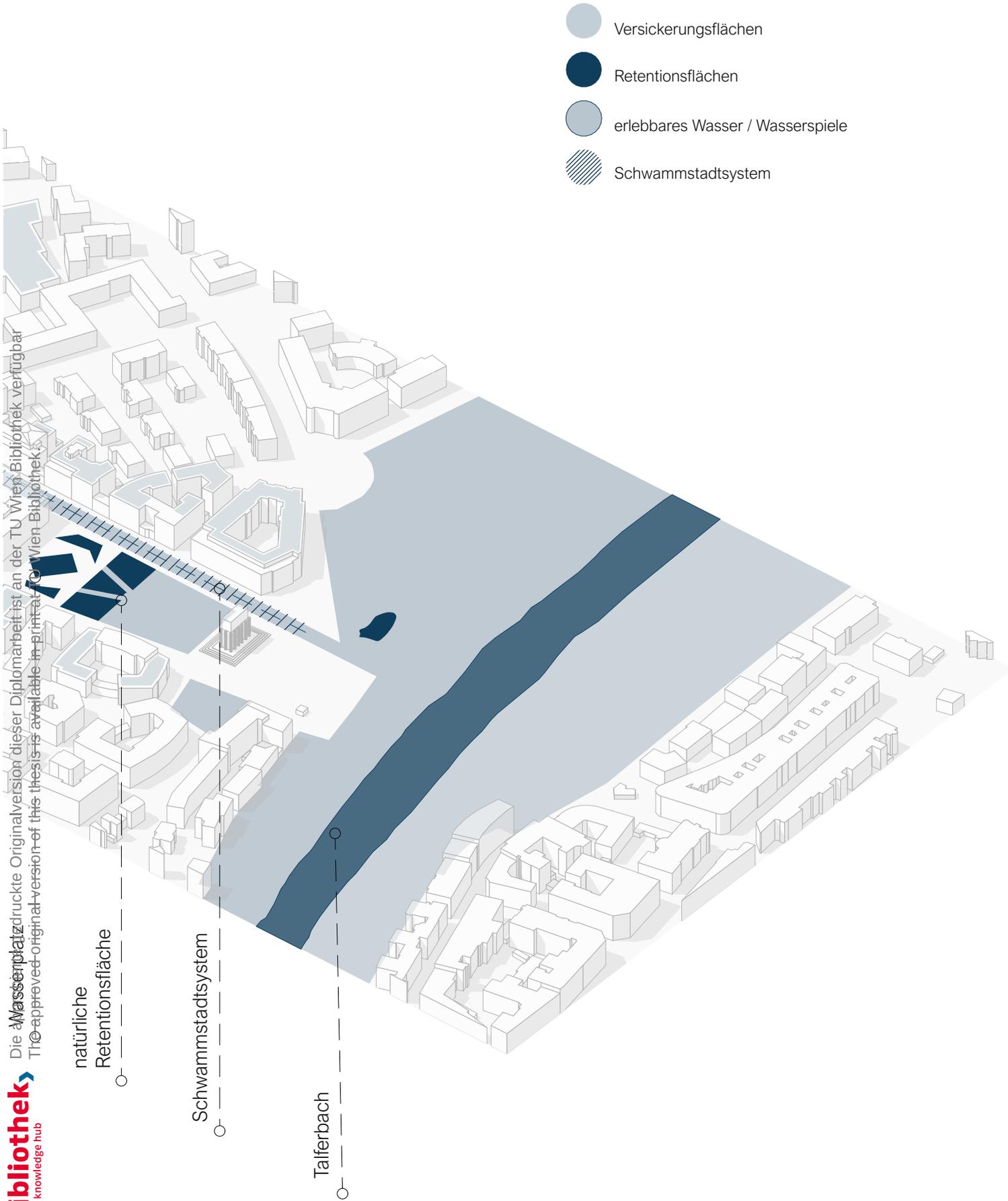


Abb. 59: Wassersensible Quartiersplanung

8.2.4 Mobilitätskonzept

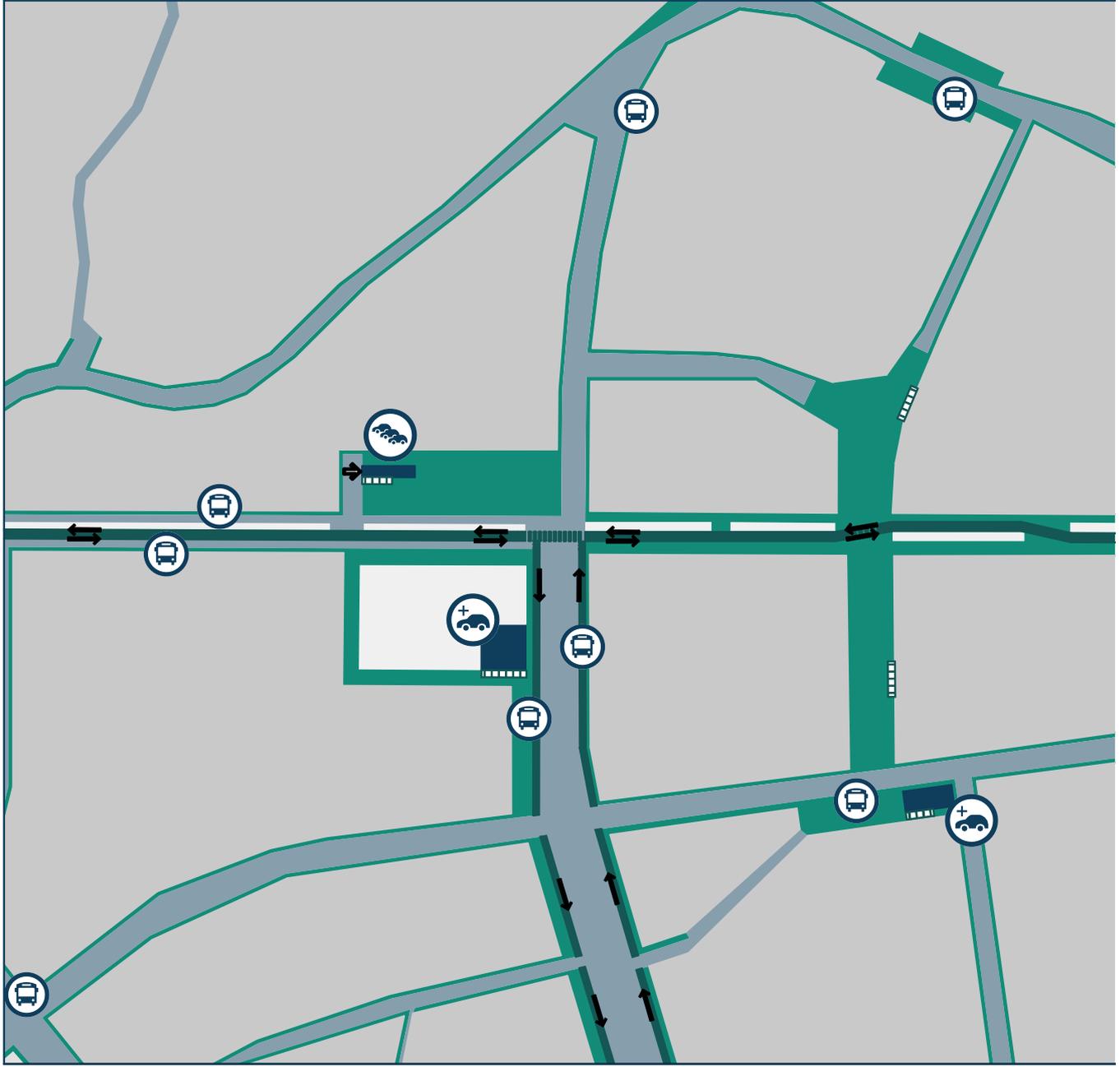
Im Planungsgebiet wird der Fußgänger dem motorisierten Verkehr gleich- bzw. übergestellt. Es findet eine komplette Neuordnung der Mobilität und der Verkehrsflächen statt. Der private Personenverkehr ist einer der größten Emissionsverursacher in Bozen, weswegen dieser in der Stadt deutlich reduziert werden sollte. Stattdessen sollten alternative Mobilitätslösungen gefördert werden, wie beispielsweise Carsharing. Im Planungsgebiet finden sich in gewissen Abständen zueinander Carsharing-Stationen mit jeweiligem Angebot, welche den BewohnerInnen zur Verfügung stehen. Ein Umdenken bzgl. Privatauto muss stattfinden. Die Freiheitsstraße zwischen Mazziniplatz und Siegesplatz wird zur autofreien Zone, ebenso wie die Virgilstraße und ein Teil der M.-Longon-Straße. Die Fußgängerzone durch die Altstadt wird somit nach Westen hin ausgeweitet. Auf das Privatauto soll größtenteils verzichtet, der Verkehr aus dem Stadtzentrum ferngehalten werden. Die bereits existierende Parkgarage im nördlichen Teil des Mazzini-Platzes bleibt aus Nachhaltigkeitsgründen weiterhin als Tiefgarage für AnrainerInnen bestehen. Allgemein verschwinden im Planungsgebiet die öffentlichen Parkplätze entlang der Straßen, die Verkehrsflächen werden dem motorisierten Individualverkehr weggenommen, sodass das Anfahren des Bozner Stadtzentrums über den Stadtteil Gries-Quirein unattraktiver wird. Für den westlichen Teil des Siegesplatzes ist nach Plänen der Stadt Bozen ein sechsstöckiges, unterirdisches Parkhaus geplant, das sowohl öffentliche Stellplätze als auch Garagen für AnrainerInnen beinhalten soll. Das Projekt dieser Tiefgarage am Siegesplatz existiert schon seit Jahren, jedoch wird die Umsetzung zeitlich immer weiter nach hinten verschoben. Der vorliegende Entwurf sieht die Nicht-Realisierung der Tiefgarage vor, da sie nicht mit den Mobilitäts-Visionen der Stadt und des Landes Südtirol übereinstimmt. Das Parkhaus würde durch seine zentrale Lage zusätzliche Privatautos in die Stadt anlocken, wodurch noch mehr innerstädtischer Verkehr entstehen würde, mit dem Bozen sowieso schon zu kämpfen hat. Stattdessen wird die Infrastruktur für aktive Mobilität, also zu Fuß gehen und Radfahren, priorisiert ausgebaut. Es werden bessere Bedingungen für Geh- und Radwege geschaffen, bestehende Radwege bleiben teilweise erhalten, werden teilweise verlegt und neu angelegt, um ein lückenloses und sicheres Radwegenetz zu schaffen. Die Fahrradmobilität entlang der Freiheitsstraße erhält mehr Platz und wird durch eine zentrale Vorzugsspur sicherer gestaltet. BikeSharing-Stationen befinden sich verteilt im ganzen Planungsgebiet. Allgemein müssen Sharing-Angebote der Mobilität der zukünftigen Stadt weiter ausgebaut werden. Die Neuordnung des öffentlichen Personennahverkehrs erfolgt durch zwei neue Bushaltestellen im Süden des Planungsgebietes. Entlang der Cesare-Battisti-Straße befindet sich jeweils eine Bushaltestelle beim Eingang zur Virgilstraße und direkt am neu angelegten Siegesplatz. Die Buslinien werden lediglich von der Freiheitsstraße auf die Cesare-Battisti-Straße umgeleitet. Die Qualität und Erreichbarkeit der öffentlichen Verkehrsinfrastruktur müssen weiterhin sichergestellt und ausgebaut werden. Die Verkehrsreduktion des privaten PKW-Verkehrs sichert eine verbesserte Luftqualität, verringerte CO₂-Emissionen, eine höhere Lebensqualität und Schutz der AnwohnerInnen.

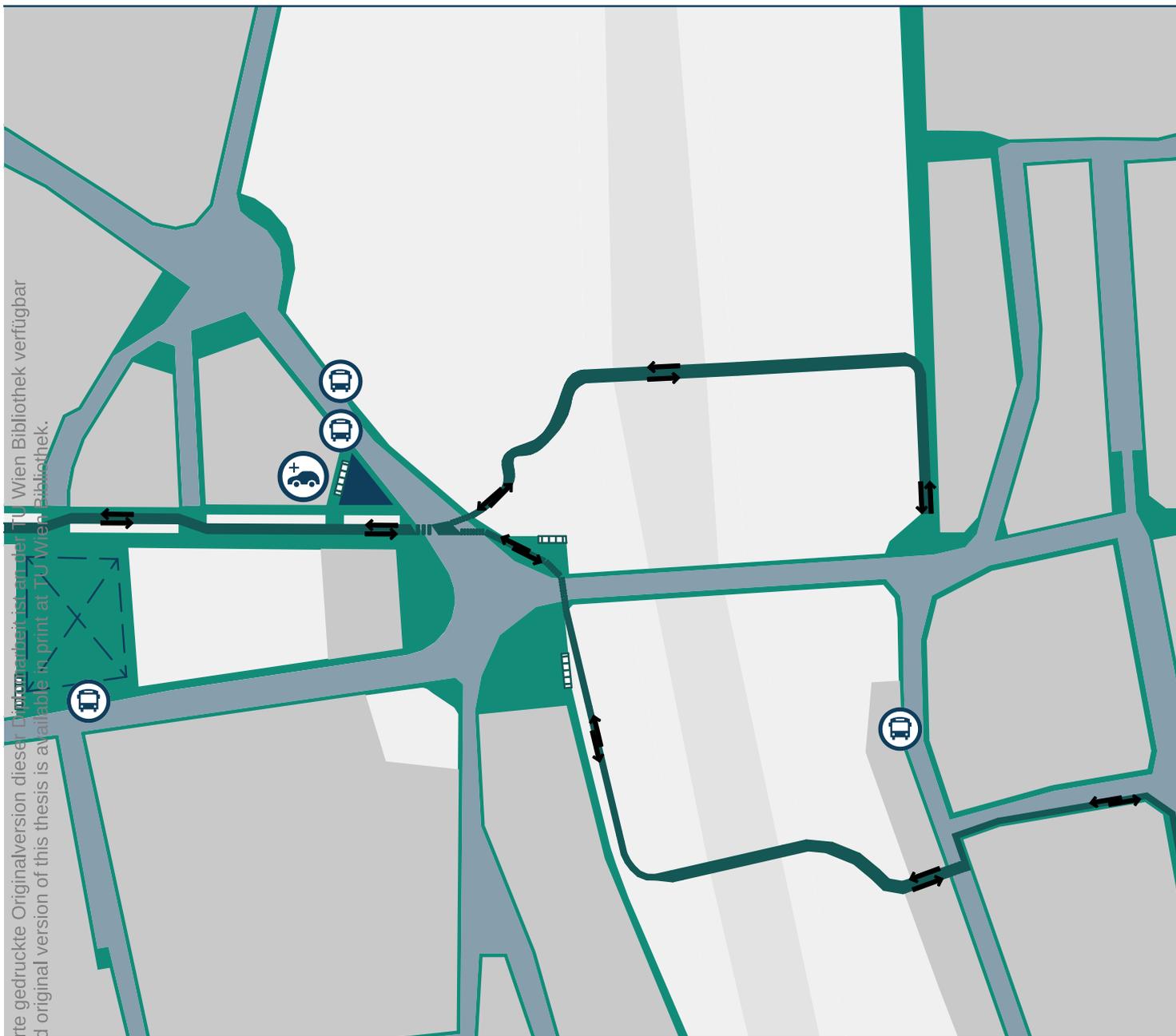




- Versickerungsflächen
- Retentionsflächen
- erlebbares Wasser / Wasserspiele
- Schwammstadtsystem

Abb. 60: Konzept der blauen Infrastruktur





- | | | | |
|--|-------------------------|--|--|
| | BikeSharing-Station | | Fußgängerzone |
| | AnrainerInnen-Parkplatz | | Fahrradwege |
| | CarSharing-Station | | PKW-Verkehrsflächen |
| | Bushaltestelle | | Nichtumsetzung der geplanten Tiefgarage am Siegesplatz |

Abb. 61: Mobilitätskonzept

8.3 Der mikroklimaadaptive Entwurf

Bozen soll lebenswert und zukunftsfähig bleiben, dafür braucht es eine klimagerechte und wassersensible Quartiersentwicklung. Beim Entwurf geht es darum, den urbanen Raum nicht nur ästhetisch aufzuwerten und funktioneller zu gestalten, sondern eine gewisse Klimaresilienz im Gebiet aufzubauen. Dies geschieht durch die Umsetzung klimaadaptiver Maßnahmen. Die Freiheitsstraße erweckt gegenwärtig den Eindruck einer reinen Verbindungsstraße zwischen dem Stadtviertel Gries und der Altstadt. Sie ist eine Durchzugsstraße, die relativ anonym wirkt. Die Neuplanung verleiht dem Planungsgebiet einen neuen Charakter und Wiedererkennungswert. Das Planungsgebiet soll sich von seiner Umgebung abheben, weshalb die Bebauung in ein dichtes Netz aus grüner und blauer Infrastruktur eingebettet wird. Grundlegend wird versucht, dem großen Defizit an innerstädtischem Grün entgegenzuwirken. Eine grüne Struktur bzw. Netzwerk zieht sich durch das gesamte Gebiet und ermöglicht den Menschen eine bessere Zugänglichkeit zu öffentlichen Grünflächen. Die Durchwegung durch das Gebiet ist eine Abfolge aus grünen Plätzen, Sitzgelegenheiten, Pflanzbeeten mit Gräsern und Stauden sowie Straßenbäumen. Der Baumbestand des Planungsgebietes wird durch Baumneupflanzungen erweitert, damit die Verdunstung zunimmt und das Gebiet klimatisch positive Auswirkungen verspürt. Die miteinander verbundenen Baumreihen schaffen einen einheitlichen und zusammenhängenden Raum. Die Bäume schaffen Sichtachsen im Gebiet, dienen zur Orientierung und stellen Raumgrenzen auf. Ihre Setzung ist nicht willkürlich, sondern bewusst gewählt. Der bestehende Zugang von der Altstadt ins Gebiet ist ziemlich dürftig und bescheiden, weswegen in einer größeren Geste nun der Straßenübergang von der Talferbrücke zum Siegesplatz erfolgt. Der Wasserplatz am Siegesplatz betont die Bedeutung des Wassers im Quartier. Die freie Platzgestaltung verbindet Freizeitangebote und lokale Regenwasserbewirtschaftung. Die Freiheitsstraße wird zum linearen Park umgewandelt. Die lange Straßenschlucht der Freiheitsstraße lässt Wind- und Luftkanäle durchziehen. Zusammen mit den Baumkronen sorgt der Durchzug für eine bessere Kühlung des Gebietes. Nach gewissen Abständen kommt es immer wieder zu Unterbrechungen der Baumalleen bzw. Baumkronen, damit das Gebiet besser durchlüftet werden kann. Das in der Fußgängerzone wiederzufindende Muster aus Kreisen betont die räumliche Einheit des Areal und soll die Aufenthaltsqualität der Orte widerspiegeln. Der Kreis symbolisiert den Wasserkreislauf (Niederschlag – Versickerung – Verdunstung – Kondensation). Der neu definierte Freiraum erhöht die Aufenthaltsqualität des neu geplanten Stadtviertels und schafft einen qualitativ wertvollen Raum für die umliegende Nachbarschaft. Die Fußgängerzone erlaubt die Entstehung einer stärkeren Gemeinschaft der StadtbewohnerInnen, da die Straßen nun multifunktional genutzt werden können. Die Freiräume werden zum Treffpunkt, Kommunikationsraum oder Ort des sozialen Austauschs. Die Fußgängerzone kann ebenso temporär als Marktplatz oder als Veranstaltungsort dienen. Mehr Vegetation und wasserdurchlässige bzw. offenere Oberflächenmaterialien tragen erheblich zum Mikroklima bei. Die bestehenden bzw. neu angelegten Autoabstellplätze erhalten eine wasserdurchlässige Oberfläche. Der Mazziniplatz wird zum mehrspurigen Korridor, die Freiheitsstraße mit der Baumreihe trennt den nördlichen und südlichen Teil des Platzes. Neue Bäume, Vegetation und zwischen dem Pflaster hervortretende Grasstreifen vermitteln das Gefühl einer Verschmelzung zwischen dem grünen Park und dem urbaneren Platz. Die neu entstandenen schattigen Orte auf dem Mazzini-Platz werden von der BewohnerInnen gerne genutzt. Der Wochenmarkt findet ebenso weiterhin statt.

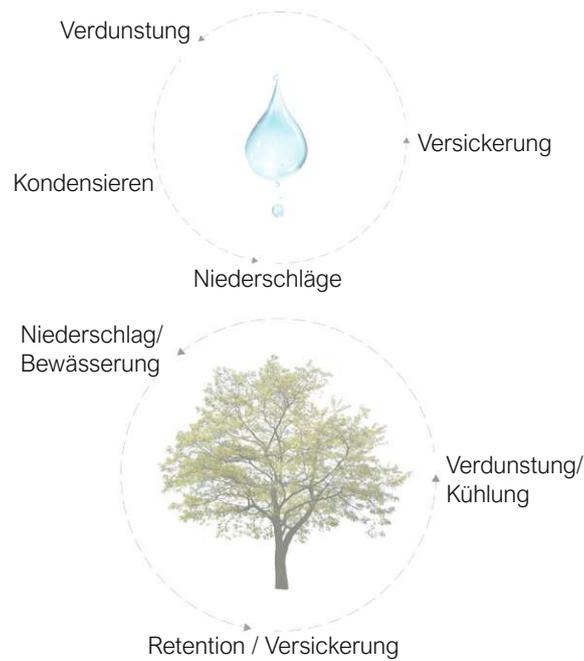
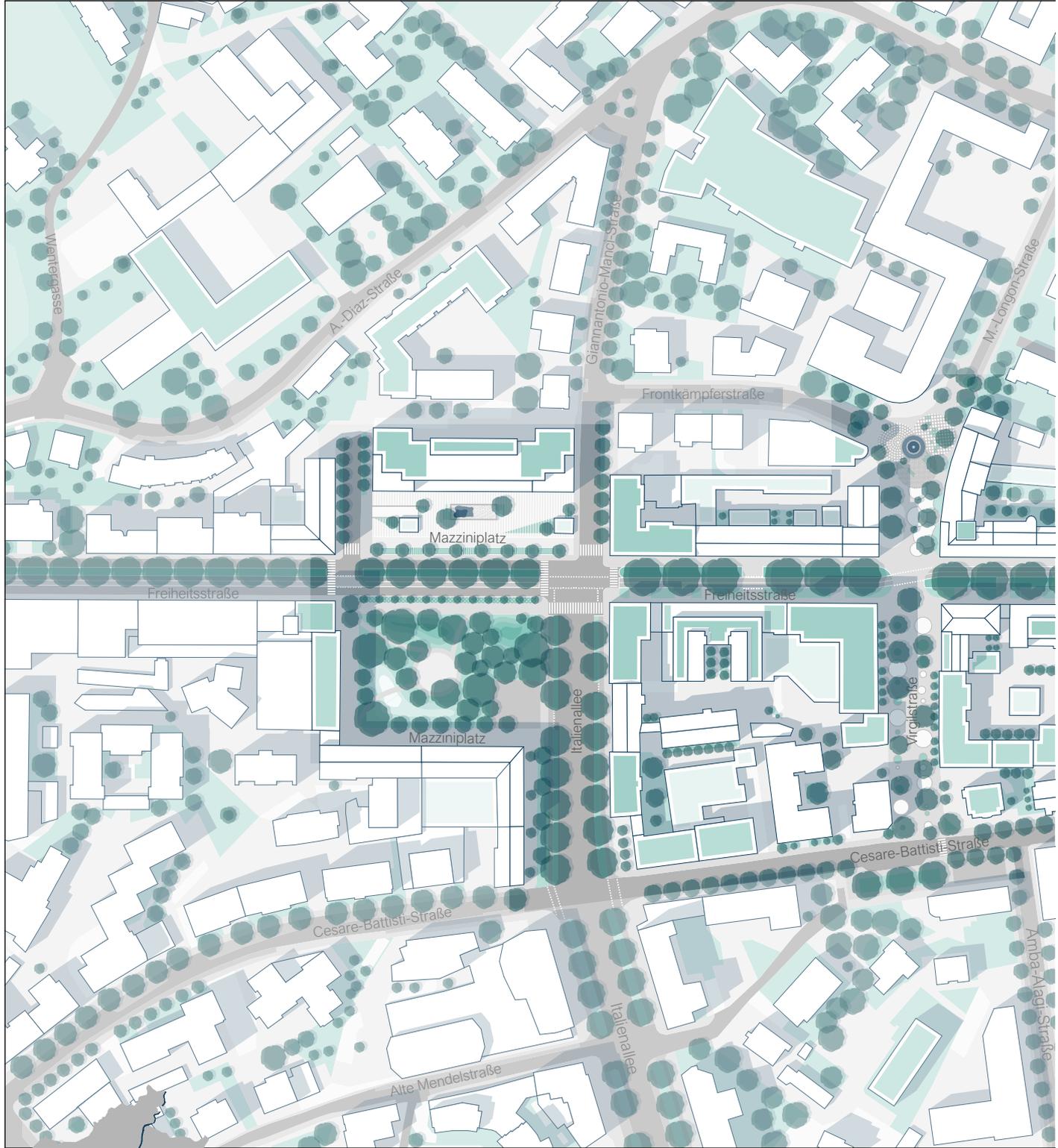


Abb. 62: Konzept zum Kreislauf

Bäume sind Anziehungspunkte im urbanen Raum und im Straßenbild. Der neu gestaltete Siegesplatz glänzt mit bestehenden und neu gepflanzten Bäumen und erweckt das Gefühl eines dichten Stadtwaldes. Die (fast) durchgehenden Baumkronen erschaffen eine besondere Atmosphäre, besonders für das Betreten des Siegesdenkmal-Museums, das über den Park erfolgt. Der Park des Siegesplatzes erhält aus wasserwirtschaftlicher Notwendigkeit teilweise eine neue Topographie. Der Park bleibt größtenteils gleich bestehen, wird aufgewertet und dichter mit Bäumen bepflanzt, der westliche Teil wird jedoch tiefergelegt. Während das Niederschlagswasser bei einem Normalregenereignis überall gleichmäßig versickern kann, kann bei Starkregen das Wasser, das zu viel ist, zur am tiefsten gelegenen Stelle fließen und im westlichen Teil des Parks temporär zurückgehalten werden und dann versickern. Der westliche Teil des Siegesplatzes erhält durch die Platzneugestaltung eine neue Identität und repräsentiert einen Ort, an dem die Nachbarschaft zusammenkommen kann. Der Wasserplatz im westlichen Teil des Siegesplatzes soll den urbanen, öffentlichen Raum bereichern und zu einem qualitativ wertvollen Freiraum werden. Der geplante Wasserplatz fungiert als oberirdisches Retentionsbecken, das bei Starkregenereignissen Wasser temporär zurückhalten kann und später verwendet bzw. abgeleitet werden kann. Den Großteil des Jahres sind die trockenen Becken als dynamischer und beispielbarer Freiraum nutzbar, aber einfach auch als Ort zum Verweilen. Das zentrale und größte Becken kann als Fußball-, Volleyball- oder Basketballfeld bespielt werden. Alle drei Becken sind mit Sitzstufen versehen, um dort zu verweilen bzw. das Treiben zu beobachten. Es können hier aber auch Veranstaltungen stattfinden. Der Platz kann je nach Regenwasserabfluss unterschiedlich inszeniert werden. Zwischen den Becken finden sich grüne Begrünungselemente, die für verschiedene Raumsituationen auf dem Platz sorgen. Bäume umhüllen den Platz und sorgen für ausreichend Schatten und Schutz. Das Regenwasser der angrenzenden Gebäude wird auf der Dachfläche aufgefangen und der unterirdischen Zisterne des Platzes zugeführt, wo es solange zwischengespeichert wird, bis es weiterabgeleitet oder verwendet wird zur Bewässerung der Parkbegrünung.



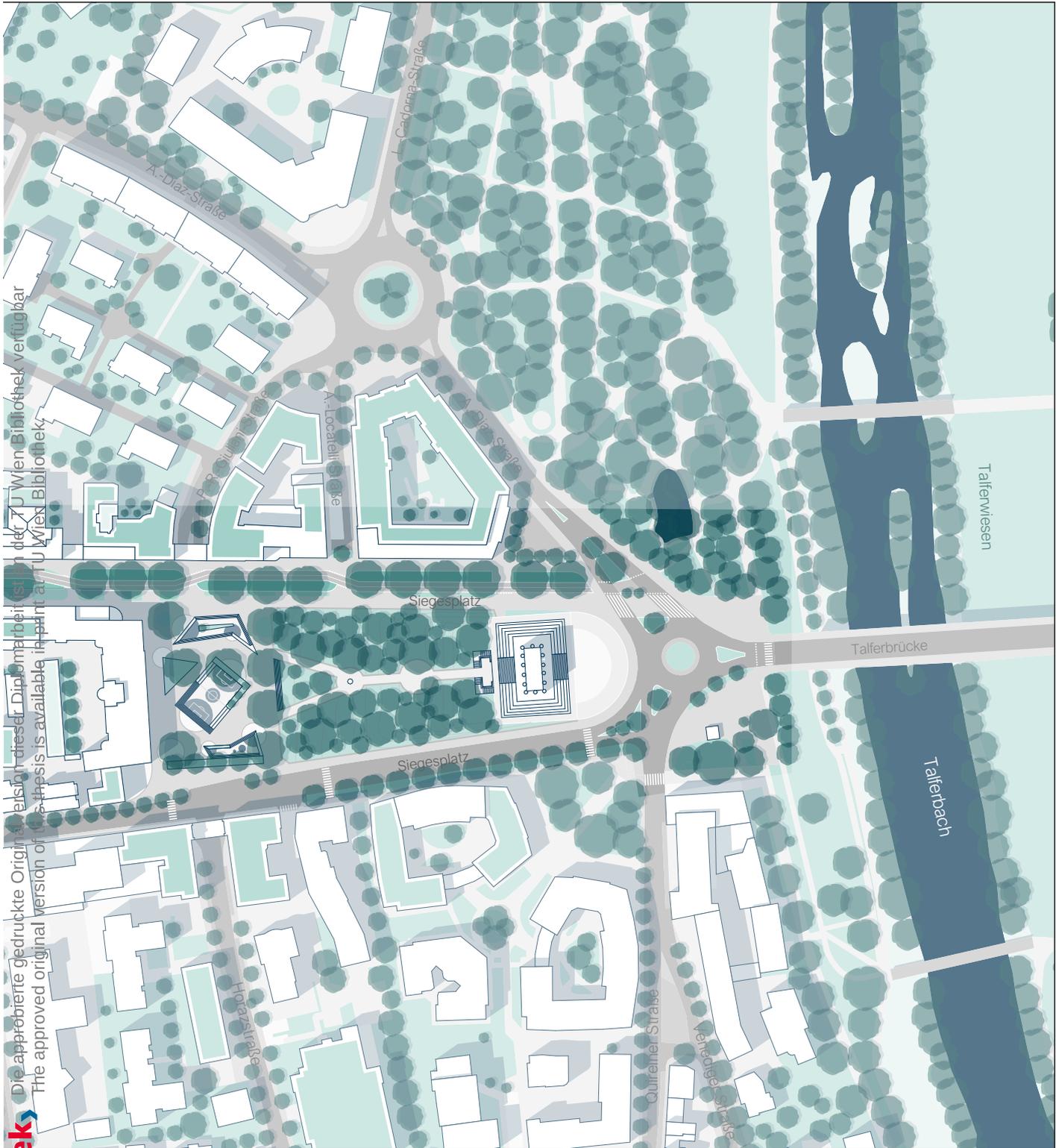


Abb. 63: Der Masterplan

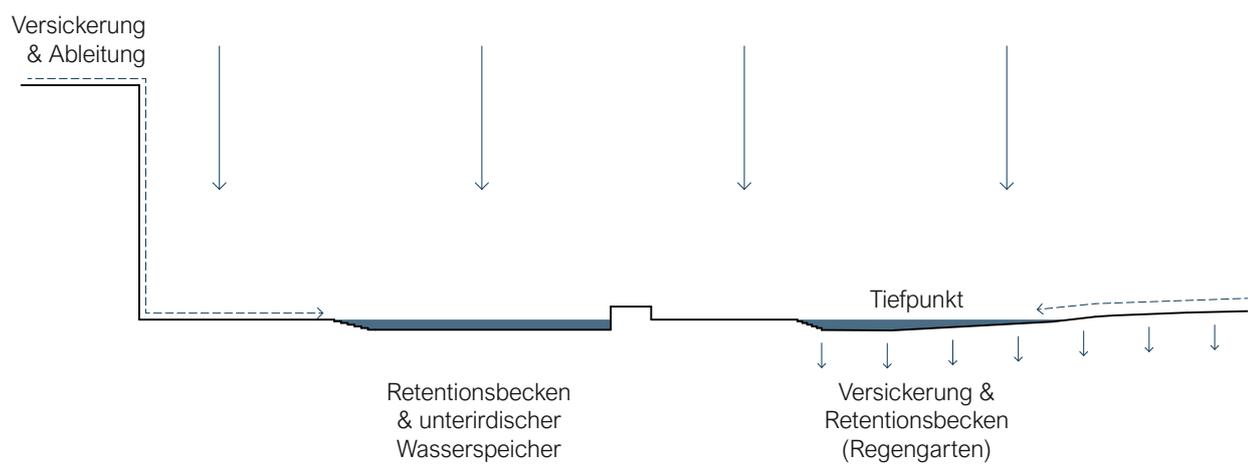




Abb. 64: Schnittansicht des Siegesplatzes

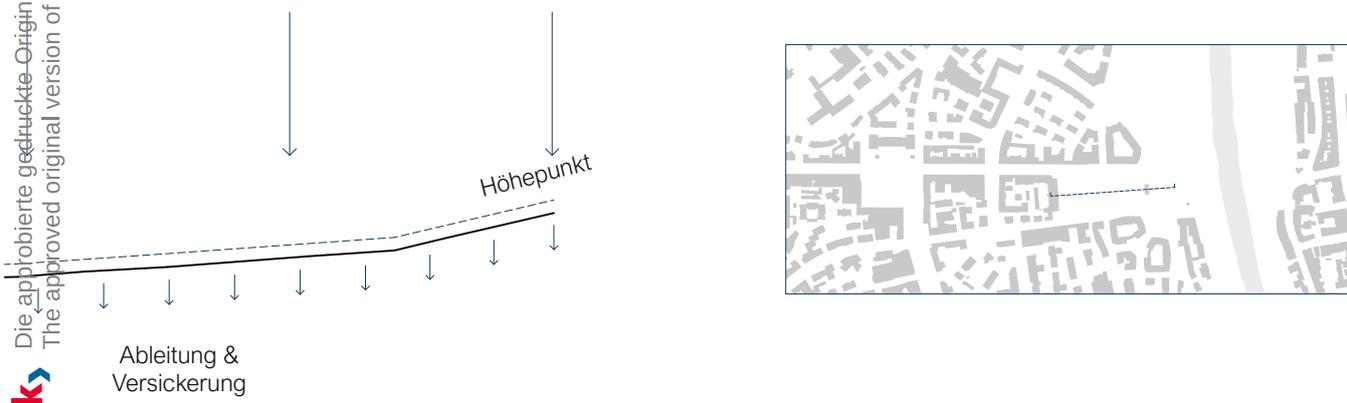


Abb. 65: Funktionsschnitt des Siegesplatzes

Die approbierte gedruckte-Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Library

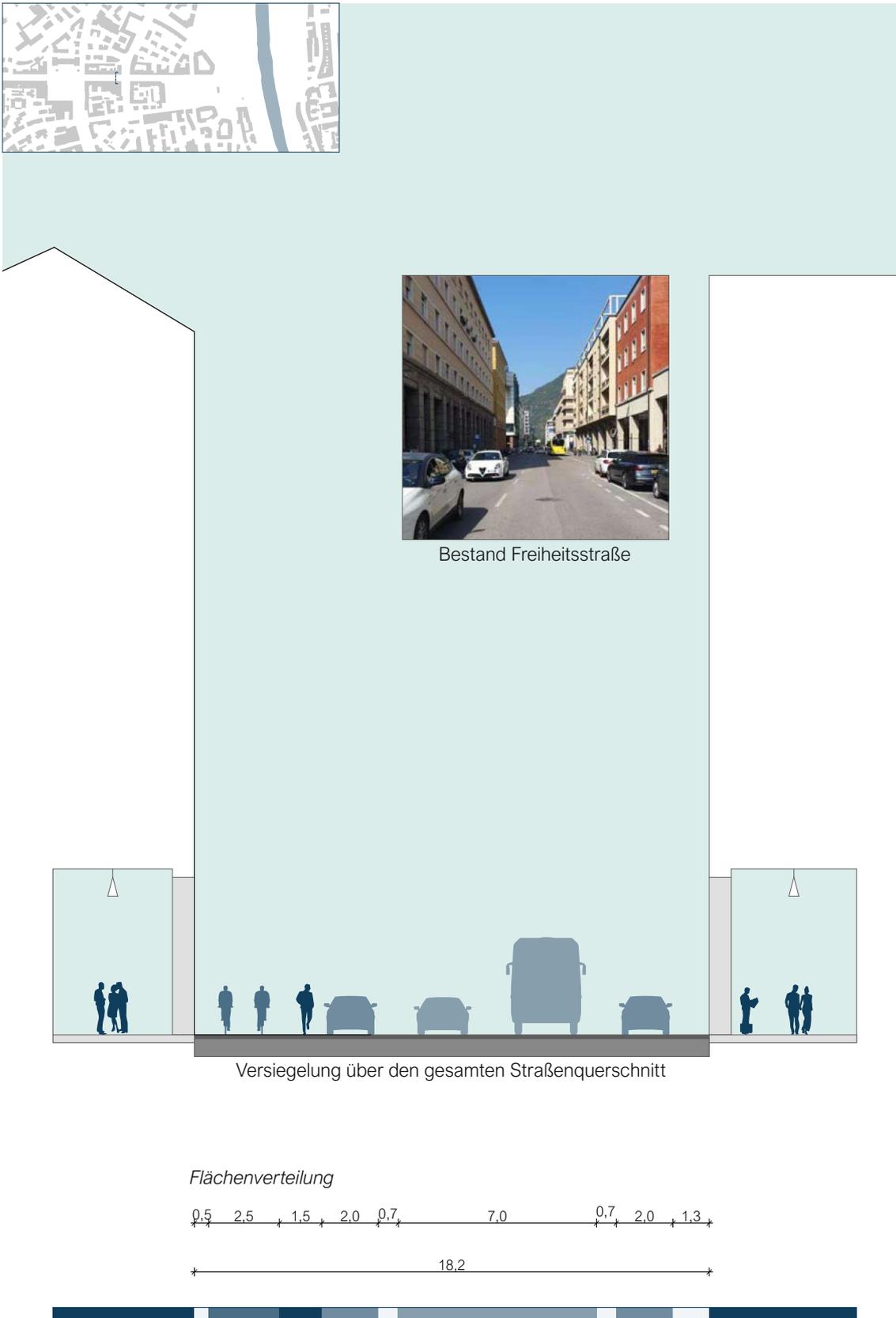


Abb. 66: Straßenquerschnitt Freiheitsstraße (Bestand)

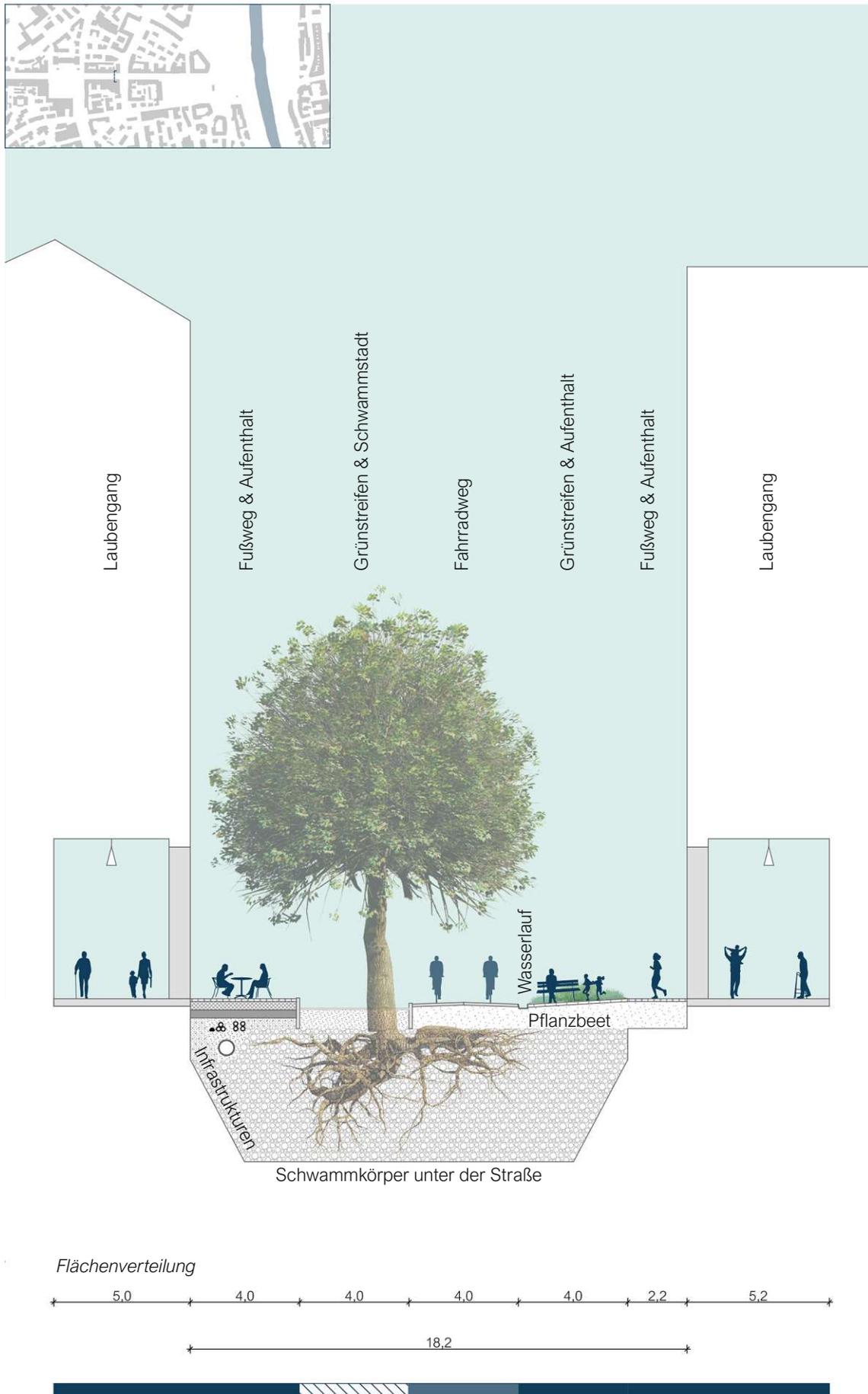


Abb. 67: Straßenquerschnitt Freiheitsstraße (Neuplanung)

Der bestehende Straßenquerschnitt der Freiheitsstraße zeigt die drastische Situation vor Ort auf. Eine durchgehende Versiegelung über den gesamten Querschnitt herrscht vor, der Straßenraum gehört fast ausschließlich dem motorisierten Verkehr und es lässt sich keinerlei Begrünung vorfinden. Mit einer Straßenbreite von rund 20 Metern gibt es viel Spielraum für eine klimaadaptive Neugestaltung. Durch den Straßenraum erlebt der Mensch die Stadt, weswegen sich die Straßen unbedingt dem Klima anpassen müssen. Die Straßen vereinen ökologische Nachhaltigkeit, wirtschaftliche Aktivitäten, Kultur, Gesundheit und Kommunikation. Die Neuplanung des Querschnitts der Freiheitsstraße reduziert den Verkehr- und Parkraum auf Null, richtet einen geschützten und großzügigen Fahrradweg ein, vergrößert die Gehwege und Fußgängerzone auf ein Maximum, inkludiert Grünräume und stellt den lokalen Handels- und Gastrobetrieben zusätzlichen Raum zur Verfügung. Cafés und Restaurants können weitere Bänke und Tische im öffentlichen Freiraum platzieren und so ihr Lokal erweitern. Bäume sind, wie mehrfach erwähnt, eine der effektivsten Maßnahmen zur Klimaanpassung. Es muss jedoch auf die städtische Infrastruktur, also vorhandene Rohre und Kabel im Untergrund, geachtet werden. Im Querschnitt sieht man die bestehende städtische Infrastruktur, die an der Nordseite der Straße verläuft. Die Bäume werden deswegen etwas zurückgesetzt von der Nordseite gepflanzt, unter der Bedingung, dass sie immer noch genügend Sonne erhalten und Schatten für die Südfassaden bieten. Die Straßenbäume spenden Schatten und Kühlung, wodurch der urbane Raum auch im Sommer begehbar ist und die Fortbewegung in der Stadt ertragbar bzw. angenehm. Die vorliegenden Bäume sind im Schwammstadtprinzip angelegt. Tatsächlich befindet sich der gesamte Schwammkörper unter der Straße. Das Schwammstadtsystem hält das Regenwasser lokal zurück und hilft der Stadt sowohl bei Starkregen durch die Retention als auch bei Dürreperioden durch die gesicherte Wasserversorgung. Ebenso wird das Baumwachstum dadurch langfristig gesichert und die Bewässerungskosten sind niedriger. Der begrünte Radweg wird als sicherer und geschützter wahrgenommen und regt damit zum Fahrradfahren an.

Der Ausschnitt der gegenwärtigen Erdgeschosszone zeigt die drastische Situation, wie fast der gesamte Freiraum dem motorisierten Verkehr gehört. Ebenso erschreckend ist der Versiegelungsgrad. Im Neuentwurf wird die Straße zu einem öffentlichen Raum verwandelt, der eben nicht nur für den Verkehr oder zum Parken genutzt werden kann. Die neu geplante, autofreie Fußgängerzone führt zur Belebtheit des Stadtviertels. Die klimaadaptiven Maßnahmen erzielen nicht nur eine ästhetisch ansprechende Gestaltung des urbanen Freiraums, sondern sie sollen auch das Alltagsleben bereichern und neu anregen. Die Neugestaltung des Planungsgebietes zielt auf die soziale Interaktion und Kommunikation der Bevölkerung. Der urbane Raum wird attraktiver zum Konsumieren und Verweilen, da sämtlicher motorisierter Verkehr verbannt wurde. Der qualitative Freiraum nimmt zu, Restaurants und Cafés können auch den Freiraum beispielsweise als Terrasse nutzen. Die vorgeschlagene vollflächige Materialerneuerung sieht eine Entfernung des bisherigen Bestandes vor. Ein wasserdurchlässiger bzw. versickerungsfähiger Belag trägt zum natürlichen Wasserkreislauf bei. Die Fußgängerzone erhält eine wasserdurchlässige Pflasterung, wodurch das Regenwasser im Boden zurückgehalten werden kann. Hinterhöfe werden in kleine Parks verwandelt, sogenannte Pocket-Parks, und mit einer wasserdurchlässigen Pflasterung versehen. Der Freiraum ist geprägt von Versickerungselementen wie Versickerungsbeeten und temporären Rückhaltebecken.

Regengärten sind Hoch- und Tiefbeete mit Vegetation, die Dachabflüsse speichern, verdunsten und verzögert ableiten. Der Regenwasserabfluss entlang der Straße lässt sich mit Wasserrinnen und Gräben beliebig umherleiten. Wasserinstallationen führen nicht nur zur lokalen Kühlung der Umgebung, sondern fungieren ebenso zur Abkühlung der BewohnerInnen. Mehr Grünflächen fördern ebenso die aktive Mobilität, nämlich zu Fuß gehen oder mit dem Fahrrad fahren. Durch die öffentliche Darlegung der klimaadaptiven Maßnahmen im städtischen Raum wird sich die Bevölkerung der Thematik bewusster und versteht vor Ort, was geschieht.

Der Entwurf stellt eine ganzheitliche Vision für städtische Wasserstrukturen dar. Die lokale Bewirtschaftung des Regenwassers lässt sich aus den nachfolgenden Grafiken ablesen. Der urbane Raum lässt nun eine großflächige Versickerung des Wassers zu. Bei Starkregenereignissen wird der Straßenquerschnitt selbst zum temporären Retentionsbecken, bis die Abflüsse im Boden versickern oder abgeleitet werden können.

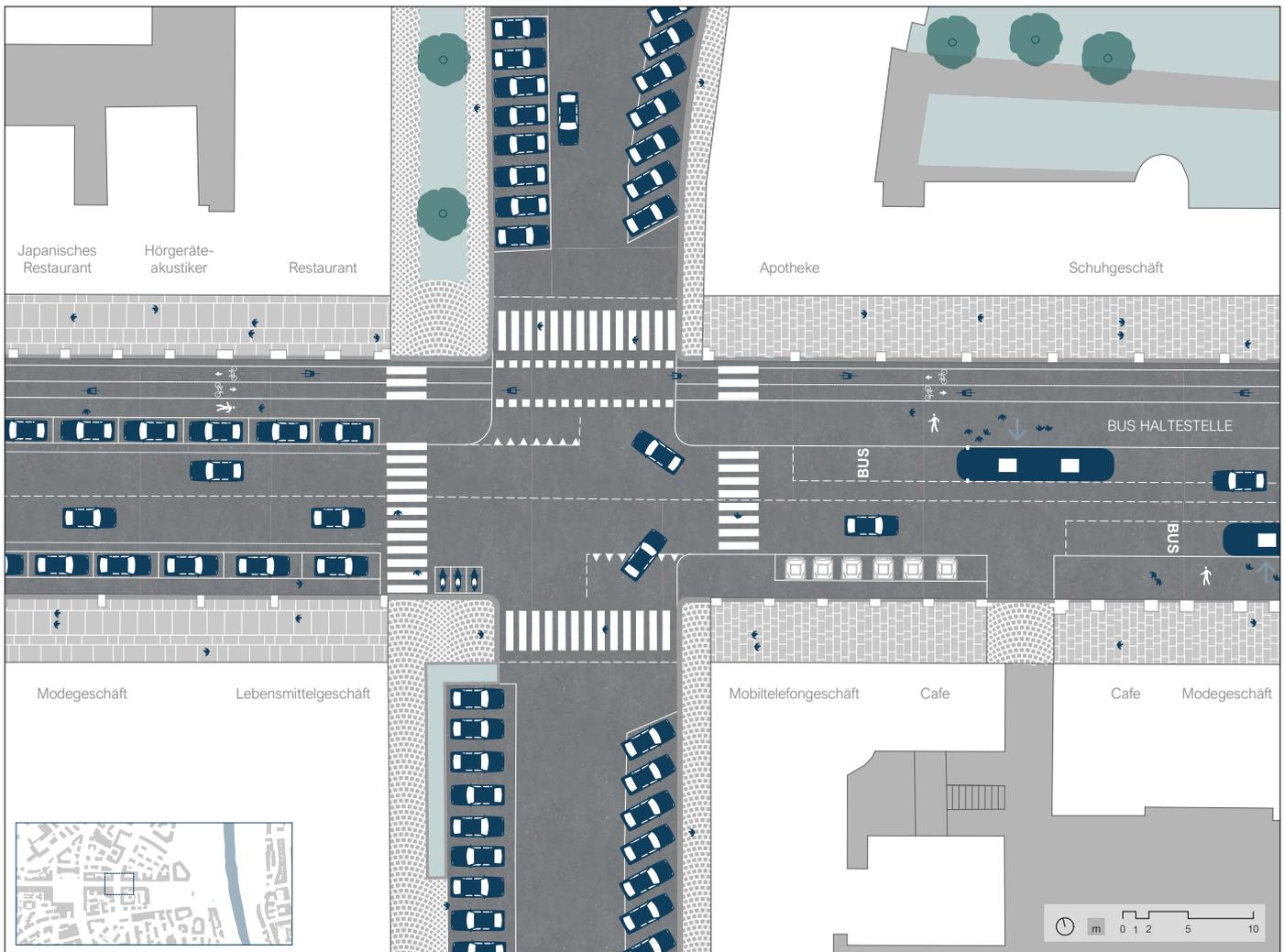


Abb. 68: Erdgeschosszone Zoom-In (Bestand)

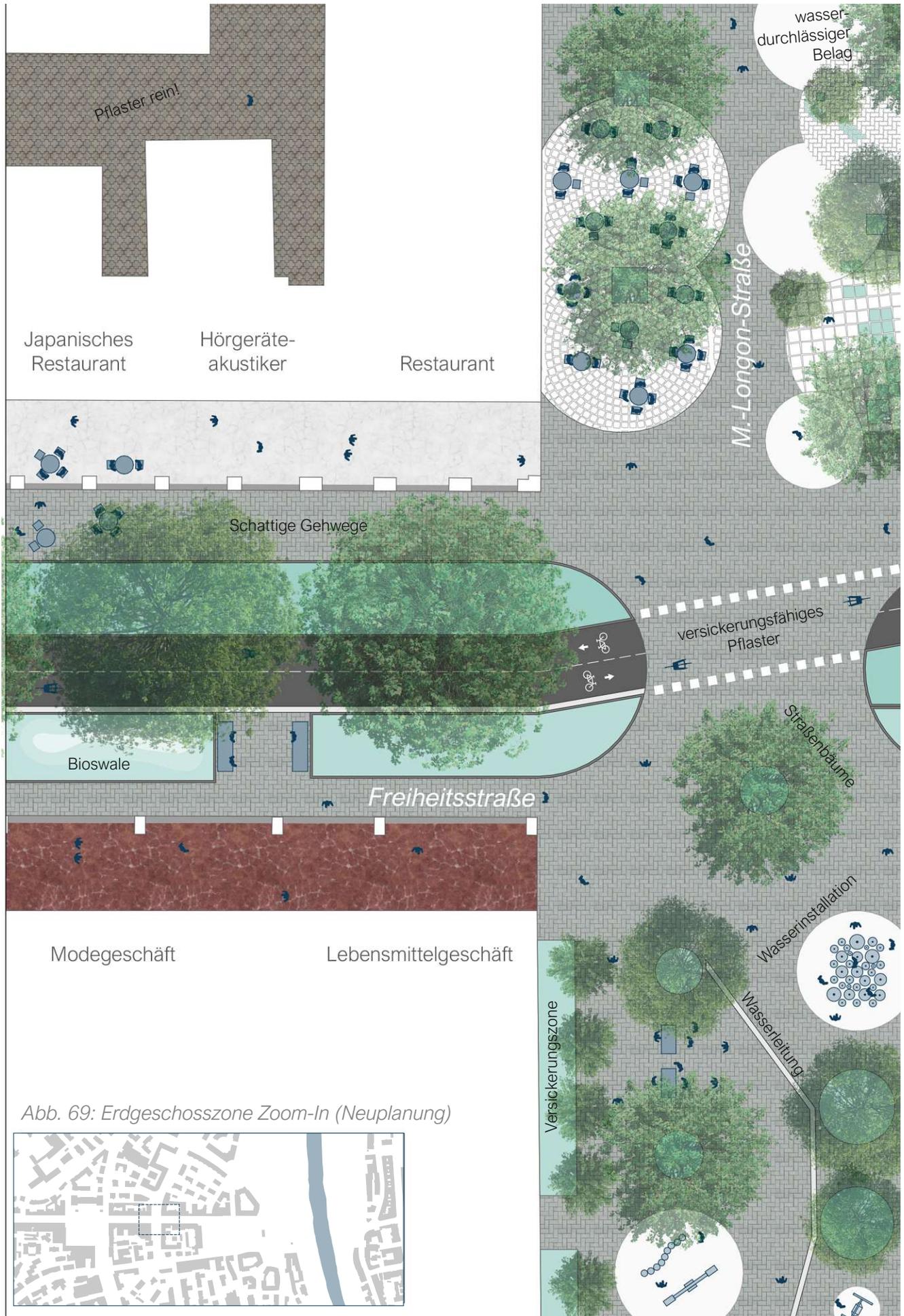
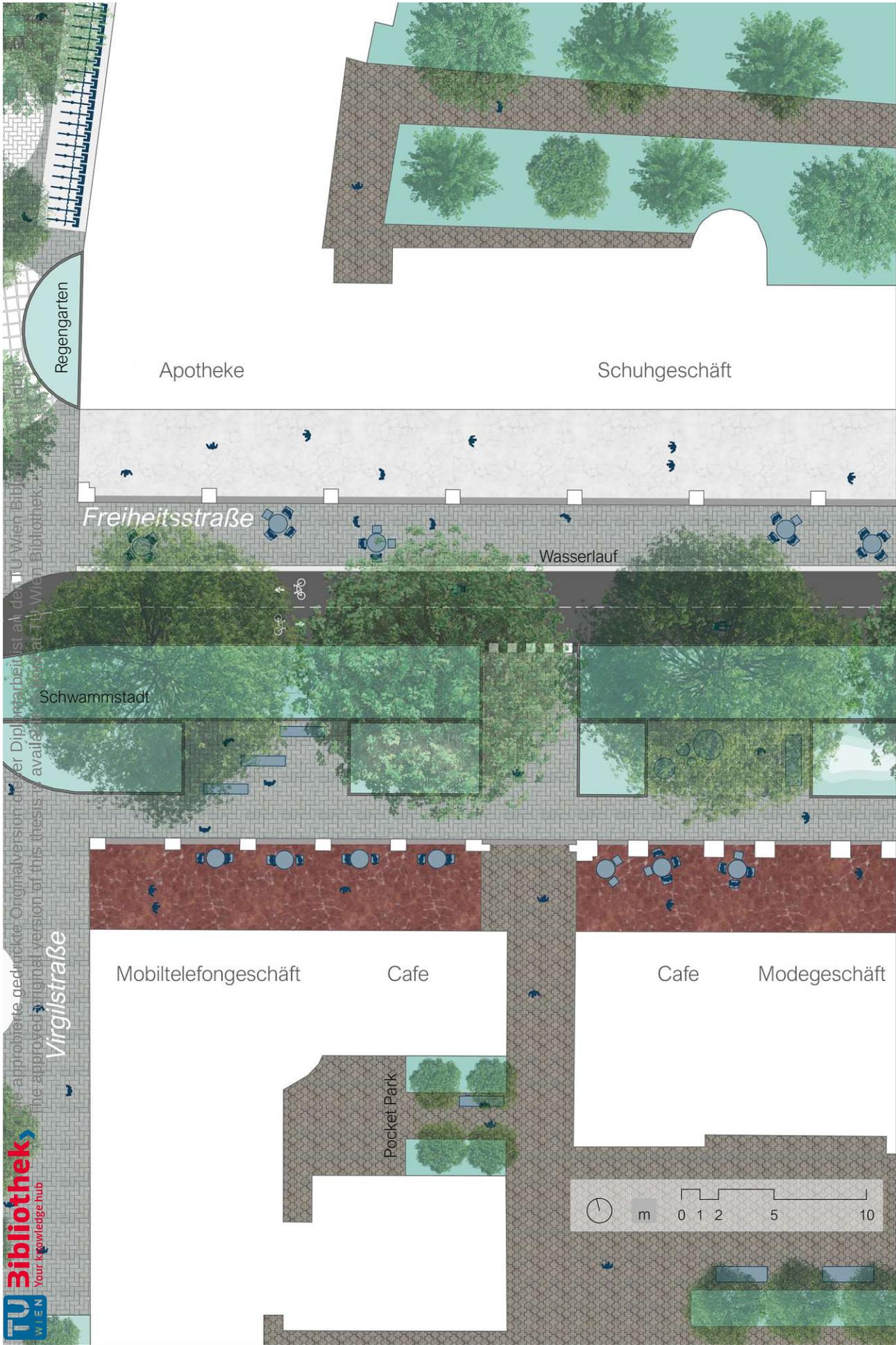


Abb. 69: Erdgeschosszone Zoom-In (Neuplanung)



TU BIBLIOTHEK WIEN Your knowledge hub
 TU Wien Bibliothek ist als der TU Wien Bibliothek available at TU Wien Bibliothek

Proof of Concept

Regenwasserbewirtschaftung bei einem alltäglichen Regenfall

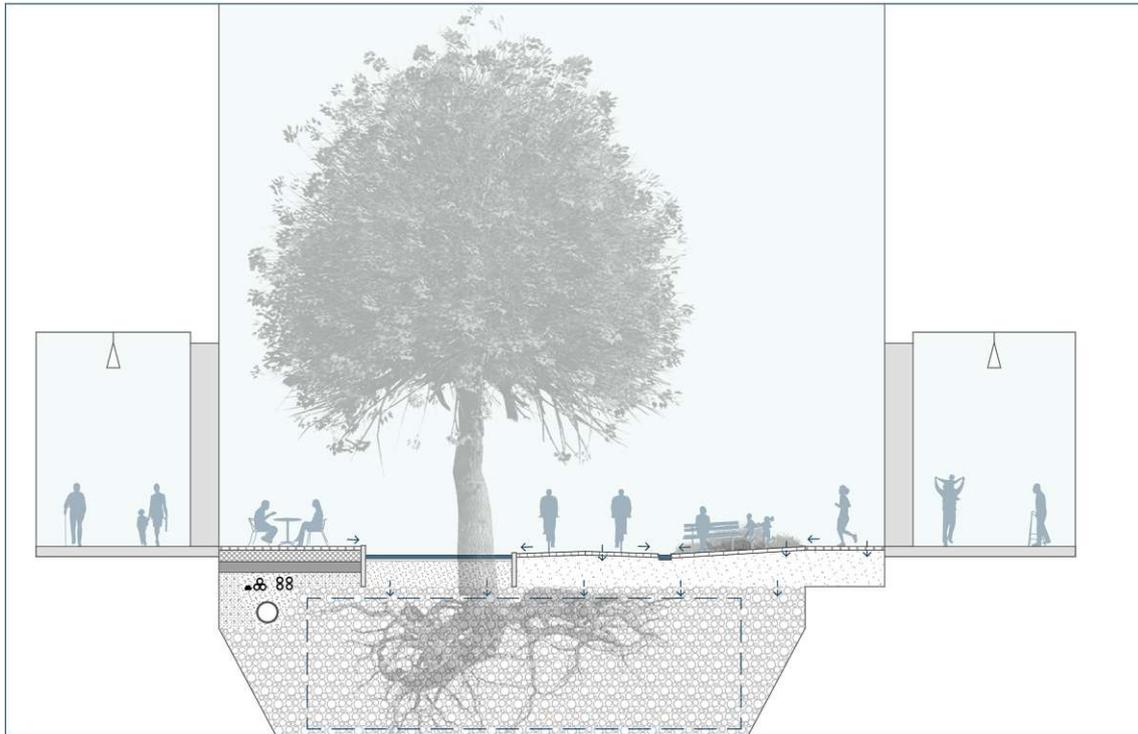


Abb. 70: Straßenquerschnitt Freiheitsstraße (Neuplanung bei Regenereignis)

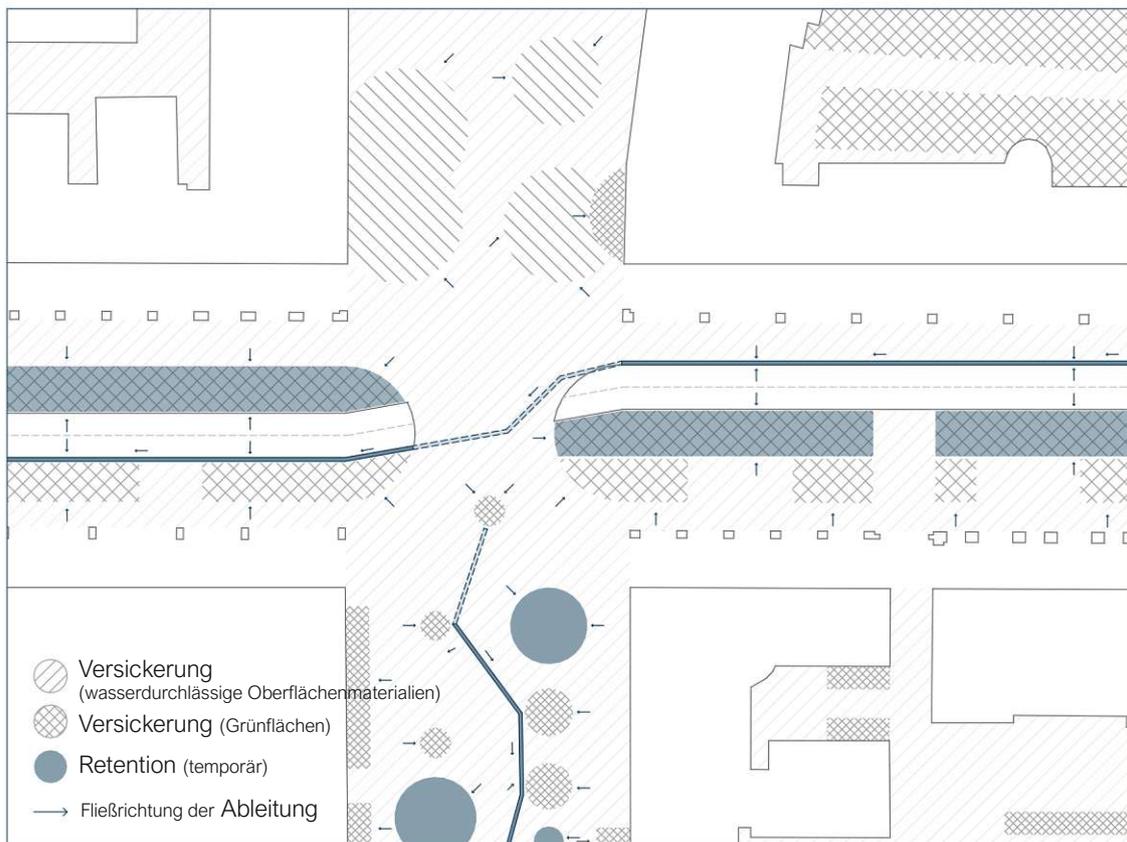


Abb. 71: Wassersensible Erdgeschosszone (Regenereignis)

Proof of Concept

Regenwasserbewirtschaftung bei einem Starkregenereignis

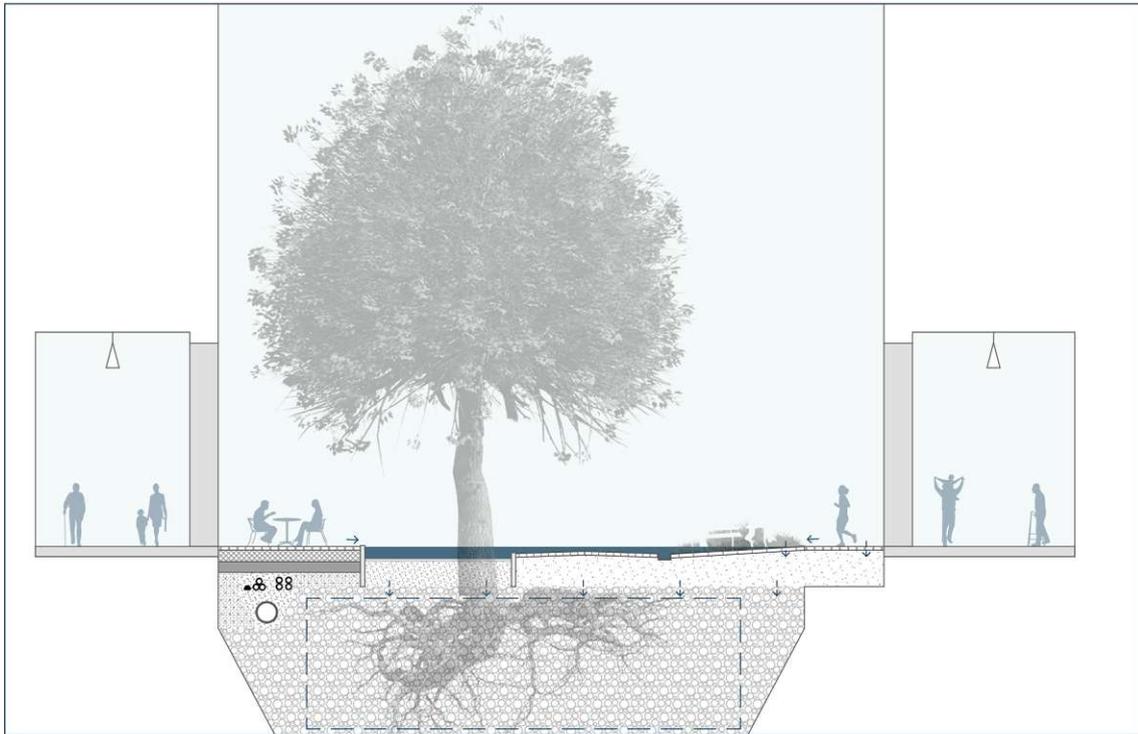


Abb. 72: Straßenquerschnitt Freiheitsstraße (Neuplanung bei Starkregenereignis)

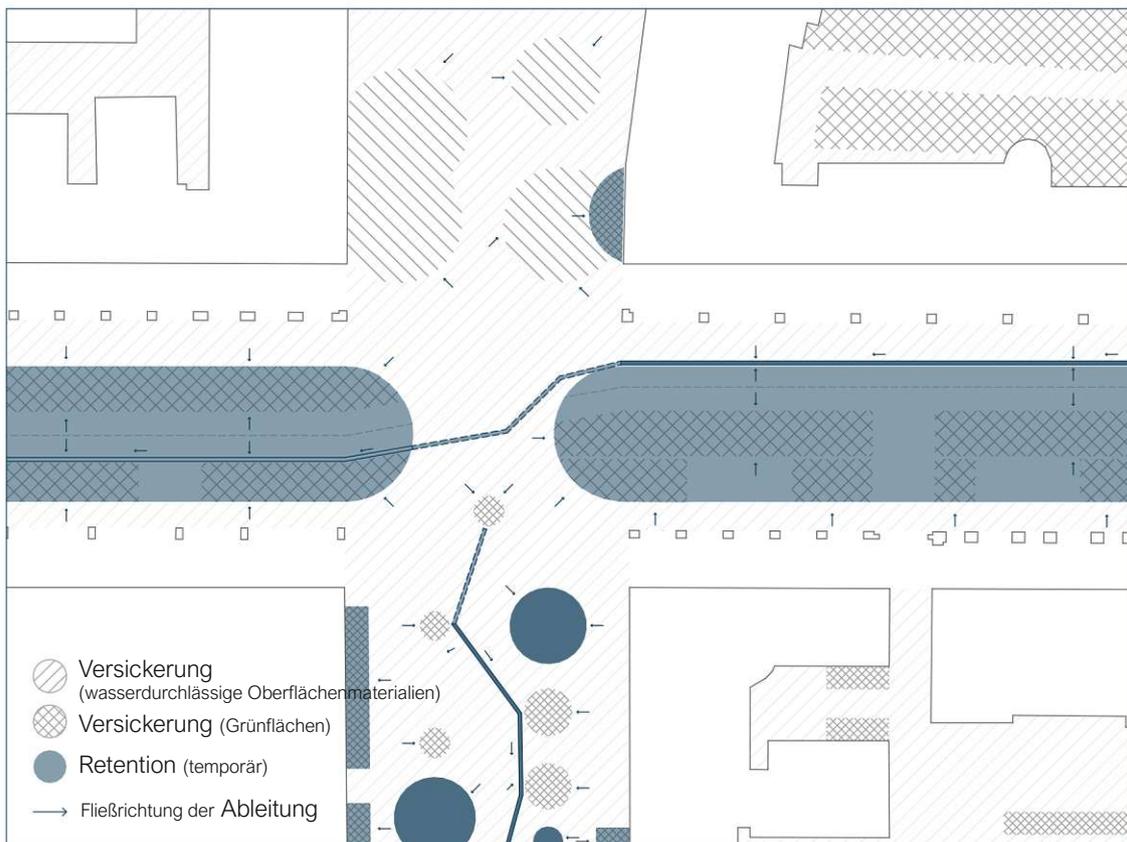


Abb. 73: Wassersensible Erdgeschosszone (Starkregenereignis)

8.4 Umsetzung der rechtlichen und gesetzlichen Vorgaben

Das folgende Kapitel zitiert Auszüge aus rechtlichen und gesetzlichen Vorgaben, aber auch aus Leitdokumenten der Provinz Bozen - Südtirol und der Stadt Bozen, die die zukünftige Vision der Stadt im Hinblick auf den Klimawandel betreffen und im Entwurf so gut wie möglich versucht wurden umzusetzen.

„**Ausbau städtischer Grünräume.** [...] Aufwertung der Grünräume als grüne Lungen innerhalb der einzelnen Stadtviertel, auch unter Berücksichtigung von Erfordernissen, die sich durch den Klimawandel ergeben (z.B. hitzeresistente Baumarten).“

(Aus: „MyBZ – Bozen in Bewegung“ (2021), Eurac Research)

„Die Ziele des Bozner Grünraumplans: **Mehr öffentliche Grünflächen** und die Bereitstellung von öffentlichen Grünflächen. Höhere Zugänglichkeit der Grünflächen für die Bürger, Verringerung der Entfernungen zwischen Bauwerken und öffentlichen Grünflächen. **Die Schaffung eines dichten grünen Netzes, das ausgehend von den Flüssen,** die das Lebenselixier darstellen, die Stadt durchdringt und das Bestehende zukünftigen neuen Grünräumen und Orten der Begegnung verbindet.“

(Aus: Grünraumplan der Gemeinde Bozen, Beschluss des Gemeinderats Nr. 9 vom 15.03.2022)

„Das **Netz öffentlicher Grünräume,** die größtenteils **unversiegelt und versickerungsfähig** auszugestalten sind, besteht aus Flächen unterschiedlicher Funktion mit hoher Aufenthaltsqualität [...]“

(Aus: Dekret des Landeshauptmanns vom 7. Mai 2020, Nr. 17 „Mindeststandards für die Ausstattung öffentlicher Räume von Allgemeininteresse und privater Räume von öffentlichem Interesse [...]“, Art. 10.2)

„Die **Bodenversiegelung wird auf ein Minimum beschränkt,** um den Oberflächenabfluss zu begrenzen und die Infiltration des Niederschlagswassers im Untergrund zu fördern.“

(Aus: Dekret des Landeshauptmanns vom 21. Jänner 2008, Nr. 6. Durchführungsverordnung zum Landesgesetz vom 18. Juni 2002, Nr. 8, betreffend „Bestimmungen über die Gewässer“ im Bereich Gewässerschutz, Art. 41)

„Die Gemeinde fördert die Vielfalt an Tier- und Pflanzenarten im Siedlungsgebiet durch Maßnahmen wie: die Erhaltung, Schaffung, Aufwertung und **Vernetzung vielfältiger Grünflächen** und naturnaher Rückzugsbereiche im Siedlungsgebiet als Lebensgrundlage für Tier- und Pflanzenarten, mit Anbindung an außerörtliche und übergeordnete Grünstrukturen bzw. ökologisch wertvolle Flächen; [...] die Minimierung der Bodenversiegelung und die Berücksichtigung der Bodendurchlässigkeit bis zum Grundwasser, die Verwendung wasserdurchlässiger Bodenbeläge und **Entsiegelung bestehender Beläge;** [...] den Einsatz **naturnaher Niederschlagswasserbewirtschaftungssysteme;** [...] **Dachbegrünungen** bei Dächern mit Neigung unter 15°; [...] die Ausstattung von Plätzen – auch für ein besseres Mikroklima - mit Baumpflanzungen, sowie **straßenraumbegleitende Begrünung innerorts,** unter anderem mit Alleinpflanzungen-Baumpflanzungen [...]“

(Aus: Dekret des Landeshauptmanns vom 7. Mai 2020, Nr. 17 „Mindeststandards für die Ausstattung öffentlicher Räume von Allgemeininteresse und privater Räume von öffentlichem Interesse [...]“, Art. 4.7)

„**Grün- und Freiräume** gewährleisten im Allgemeininteresse folgendes: Raum für Alltags- und Freizeitaktivitäten, einschließlich der Mobilität mit dem Rad oder zu Fuß, Raum für soziale Kontakte und Kommunikation sowie für die Freizeitgestaltung und Erholung; [...] **ökologische Funktionen mit Auswirkungen auf die Artenvielfalt, das Klima der Siedlung** wie beispielsweise Abkühlungseffekte, die Sauberkeit der Luft und den **Wasserhaushalt**; [...] die Erhaltung der Naturräume, mit positiven Auswirkungen auf die Lebensräume der Tiere und Pflanzen, den Biotopverbund und den Schutz der Ökosysteme.“

(Aus: Dekret des Landeshauptmanns vom 7. Mai 2020, Nr. 17 „Mindeststandards für die Ausstattung öffentlicher Räume von Allgemeininteresse und privater Räume von öffentlichem Interesse [...]“, Art. 10.1)

„Die **Niederschlagswasserbewirtschaftung** [...] folgt dem Grundsatz, dass – von technisch begründeten Ausnahmefällen abgesehen – das gesamte auf einem Grundstück anfallende Niederschlagswasser auf diesem Grundstück gespeichert und wiederverwendet werden muss oder versickern muss. [...]“

(Aus: Dekret des Landeshauptmanns vom 7. Mai 2020, Nr. 17 „Mindeststandards für die Ausstattung öffentlicher Räume von Allgemeininteresse und privater Räume von öffentlichem Interesse [...]“, Art. 4.9)

„Um den Verbrauch von wertvollen Wasserressourcen für bestimmte Nutzungen zu verringern und den Oberflächenabfluss von bebauten Gebieten einzuschränken sowie um die Grundwasserneubildung zu fördern, werden die **Sammlung und die Wiederverwendung des Niederschlagswassers** und, zweitrangig, die **Versickerung des Niederschlagswassers** im Boden vorgesehen.“

(Aus: Dekret des Landeshauptmanns vom 21. Jänner 2008, Nr. 6. Durchführungsverordnung zum Landesgesetz vom 18. Juni 2002, Nr. 8, betreffend „Bestimmungen über die Gewässer“ im Bereich Gewässerschutz, Art. 37)

„Zur Gewährleistung der städtebaulichen Qualität und der Umweltqualität der Siedlungsgebiete sowie einer langfristigen Funktionalität dieser Gebiete sind in der Planungsphase insbesondere folgende Aspekte zu berücksichtigen: **Gestaltung der nachhaltigen Mobilität**, Biodiversität, **Handhabung der Grünflächen**, Abwasserbehandlung, **Niederschlagswasserbewirtschaftung**, Planung der Parkplätze für Kraftfahrzeuge und Fahrräder, Planung der Außenanlagen, Handhabung noch unbebauter Flächen.“

(Aus: Dekret des Landeshauptmanns vom 7. Mai 2020, Nr. 17 „Mindeststandards für die Ausstattung öffentlicher Räume von Allgemeininteresse und privater Räume von öffentlichem Interesse [...]“, Art. 4.6)

„Ein Netz aus kleinstrukturierten, heterogenen Räumen soll die Qualität öffentlicher Freiräume steigern; dazu zählen **öffentliche Plätze, verkehrsberuhigte Zonen, Fußgängerzonen, Spielstraßen, Bewegungs- und Aufenthaltsbereiche, Sitzgelegenheiten, bepflanzte Straßenräume, Alleen, raumbegrenzende Baumstandorte** usw. Diese Freiräume tragen zur Belebung der Ortschaften bei und sind in einem auf den Menschen zugeschnittenen Siedlungsgebiet in fußläufig erreichbaren Abständen vorzusehen.“

(Aus: Dekret des Landeshauptmanns vom 7. Mai 2020, Nr. 17 „Mindeststandards für die Ausstattung öffentlicher Räume von Allgemeininteresse und privater Räume von öffentlichem Interesse [...]“, Art. 10.3)

„BZ strebt mehr Mobilität bei weniger Verkehr an. Im Bozen von morgen könnte das **Privatauto überholt sein.**“

(Aus: „MyBZ – Bozen in Bewegung“ (2021), Eurac Research)

„Ausweitung autofreier und verkehrsberuhigter Zonen“

(Aus: „MyBZ – Bozen in Bewegung“ (2021), Eurac Research)

„Ziel: **Reduktion der Ortswechsel mit dem privaten PKW innerhalb der Stadt um 40%**“

(Aus: Nachhaltiger Mobilitätsplan der Stadt Bozen, Beschluss des Gemeinderats Nr. 18 vom 10.05.2022)

„Ziel: **Reduktion des motorisierten Individualverkehrs um 40%**“

(Aus: Klimaplan Südtirol 2040 (2022))

„Förderung alternativer Verkehrskonzepte, die eine gemeinschaftliche Fahrzeugnutzung ermöglichen und den Anteil an motorisiertem Individualverkehr reduzieren, wie **Carsharing, Carpooling, [...]**.“

(Aus: Dekret des Landeshauptmanns vom 7. Mai 2020, Nr. 17 „Mindeststandards für die Ausstattung öffentlicher Räume von Allgemeininteresse und privater Räume von öffentlichem Interesse [...]“, Art. 5.4)

„Fertigstellung und **Ausbau des Radwege-Netzes** auch in Bezug auf die Sicherheit“

(Aus: „MyBZ – Bozen in Bewegung“ (2021), Eurac Research)

„Im Sinne einer nachhaltigen Mobilität, die im italienischen Sprachraum oft auch als „mobilità dolce“ charakterisiert wird, wird die Einrichtung von bequemen **Bike-Sharing-Systemen** angestrebt.“

(Aus: Regierungsprogramm 2018 – 2023 für ein nachhaltiges & innovatives Südtirol (2018))

„Im Sinne der Nachhaltigkeit werden folgende Hauptziele verfolgt: [...] den **Ausbau der Fahrradinfrastruktur** durch Schaffung eines sicheren, komfortablen, flächendeckenden und durchgehenden Radwegenetzes, möglichst getrennt vom Fahrzeugverkehr [...]; die Anlage eines sicheren, komfortablen, flächendeckenden und durchgehenden Fußwegenetzes, einer attraktiven Umgebung und **verkehrsberuhigter Zonen wie Fußgängerzonen**; [...] Maßnahmen, die dem motorisierten Individualverkehr entgegenwirken und den Umstieg auf öffentliche oder kollektive Verkehrsmittel erleichtern und dazu anregen, die Wege mit dem Rad oder zu Fuß zurückzulegen; u.a. Einschränkung der privaten Parkplätze, **Einschränkung der Parkmöglichkeiten im Zentrum, [...]**.“

(Aus: Dekret des Landeshauptmanns vom 7. Mai 2020, Nr. 17 „Mindeststandards für die Ausstattung öffentlicher Räume von Allgemeininteresse und privater Räume von öffentlichem Interesse [...]“, Art. 5.1)

8.5 Conclusio

Diese Arbeit weist auf die zukünftigen Herausforderungen der Stadt Bozen, denen sie sich durch erhebliche Klimaveränderungen stellen muss. Die derzeitige Gestaltung des urbanen Raumes (bzgl. Klimaanpassung) in Bozen ist kaum bzw. nur teilweise auf die vorhergesagten Klimarisiken vorbereitet. Allgemeine Lösungsansätze wurden in der Arbeit genannt, sowie wurde auf den Umgang anderer europäischer Städte verwiesen. Es wurde dargestellt, welche Chancen eine Klimaadaptation für die Stadt Bozen bieten könnte und welche gesetzlichen und rechtlichen Planungsinstrumente bereits zur Verfügung stehen. Genaue Klimavorhersagen können nicht gemacht werden, jedoch sollten fortlaufend Maßnahmen gesetzt werden, um die Lebensqualität und Sicherheit der Bevölkerung aufrecht zu erhalten. Nationale und regionale Klimaanpassungspläne beinhalten stets nur allgemeine Maßnahmen, die als weiteren Schritt in den jeweils lokalen Kontext eingearbeitet werden müssen. Deswegen müssen lokale Pläne mit angepassten Maßnahmen zur Bewältigung der Klimafolgen für den urbanen Raum ausgearbeitet werden. Es wurde versucht das Potenzial der Klimaanpassung des ausgewählten Planungsgebietes in Bozen umzusetzen, immer im Hinblick auf die zukünftigen Klimaszenarien im lokalen Kontext. Beim Entwurf wurde ebenso auf die Umsetzung gesetzlicher und rechtlicher Anforderungen geachtet. Der urbane Raum verbessert die Lebensqualität in Städten durch Erfüllung zahlreicher Funktionen, darunter auch der Anpassung an den Klimawandel. Urbane Räume schützen die Biodiversität und Artenvielfalt, unterstützen das Regenwassermanagement, reduzieren die Luftverschmutzung, verbessern das urbane Mikroklima, steigern den thermischen Komfort der Menschen im Freien, fördern die öffentliche Gesundheit und das soziale Leben in der Stadt. Investitionen in eine klimaadaptive Stadtplanung von Bozen können langfristig einen wirtschaftlichen Gewinn für die Gesellschaft sicherstellen, ebenso werden sie belohnt mit der Sicherheit und Zufriedenheit der BewohnerInnen und einer massiven Erhöhung an Lebensqualität.

Literaturverzeichnis

Kontakt aufgenommen mit folgenden Personen/Institutionen:

Amtsdirektor Dr.Ing. Stefano Stringari, Amt für Infrastrukturen und Freiraumgestaltung, Gemeinde Bozen.
> *Persönliches Gespräch im Februar 2023*

Amtsdirektor Dr.Ing. Ivan Moroder, Amt für Mobilität, Gemeinde Bozen.

Bücher & Zeitschriften

Dagenbach. 2015. Modern European landscape design. London: Design Media Publishing (UK) Limited.

Hoffmann-Kuhnt, T. 2008. Straßen und Plätze. 1. Aufl. Freiburg i. Br: Wettbewerbe aktuell.

Kruse. 2015. Integriertes Regenwassermanagement für den wassersensiblen Umbau von Städten: großräumige Gestaltungsstrategien, Planungsinstrumente und Arbeitsschritte für die Qualifizierung innerstädtischer Bestandsquartiere. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verl.

Palutikof. 2015. Applied studies in climate adaptation. 1. publ. Chichester: Wiley Blackwell.

Rinaldi and Tan. 2019. Urban landscapes in high-density cities: parks, streetscapes, ecosystems. Basel: Birkhäuser.

Talebitari, B. 2016. Regenwasser-Management: dezentrale Regenwassermaßnahmen für Gebäude, Grundstücke und Verkehrsflächen: Innovationen im Regenwasser-Management für private und öffentliche Bauprojekte: alternative Nutzung von Dächern und Regenauffangflächen z.B. Dachbegrünung etc.: Wasserrecycling / Regenwasser- und Grauwassernutzung: Regenwasserspeicher aus Beton, Stahl und Kunststoff: Versickerungs- und Rückhaltesysteme: Software zur Regenwassernutzung. Berlin: Ernst & Sohn.

Talebitari, B. 2017. Regenwasser-Management : dezentrale Regenwassermaßnahmen für Gebäude, Grundstücke und Verkehrsflächen ; neue Konzepte zur Regenwasserbehandlung ; Versickerungssysteme, Grundwasserschutz, Speichersysteme ; Retention: Dach- und Gebäudebegrünung, neue Rückhaltesysteme ; dezentraler Wasserrückhalt - ein Blick in die Geschichte ; Vorsorge gegen urbane Starkregenereignisse ; Regenwassernutzung, Betriebswasser, Grauwasser ; aktuelle Forschungsprojekte ; Rohr- und Dichtungssysteme ; Pumpensysteme ; Veranstaltungen 2017. Berlin: Ernst & Sohn.

Uffelen. 2013. Green city spaces: urban landscape architecture. 1. ed. [Salenstein]: Braun Publ.
Urban renewal design: sustainable design: artistic regeneration: historical cultural heritage (2018). London: Design Media Publishing.

Zeitungsartikel

Hunter, Kala. 2021. Barcelona Eixample - District Takes On Green Space: Applying Learnings From COVID-19. [online] In: Deeproot. Abgerufen unter: <https://www.deeproot.com/blog/blog-entries/barcelona-eixample-district-takes-on-green-space-applying-learnings-from-covid-19/> (Zugriff am 25.07.2023).

Jot. 2022. Wärmstes Jahr in Südtirol. [online] In: Stol. Abgerufen unter: <https://www.stol.it/artikel/chronik/2022-waermstes-jahr-in-suedtirol-seit-messbeginn> (Zugriff am 19.04.2023).

Lang, Raimund. 2021. Die Wiener Seestadt wird zur Schwammstadt. [online] In: Der Standard. Abgerufen unter: <https://www.derstandard.de/story/2000129828404/die-seestadt-wird-zur-schwammstadt> (Zugriff am 22.07.2023).

O.A. 2016. Urban Heat Island Strategieplan. [online] In: architektur-online. Abgerufen unter: <https://www.architektur-online.com/magazin/urban-heat-island-strategieplan> (Zugriff am 24.07.2023).

O.A. 2017. Schwere Gewitter in Bozen. [online] In: Die Neue Südtiroler Tageszeitung vom 25.06.2017. Abgerufen unter: <https://www.tageszeitung.it/2017/06/25/schwere-gewitter-in-bozen/> (Zugriff am 15.06.2023).

O.A. 2022. Plattform Land schlägt Alarm: Flächenverbrauch nimmt in Südtirol weiter zu. [online] In: Südtirol News. Abgerufen unter: <https://www.suedtirolnews.it/wirtschaft/flaechenverbrauch-nimmt-in-suedtirol-weiter-zu> (Zugriff am 20.04.2023).

Wiener Umweltschutzabteilung/brs. 2016. Wien entwickelt Strategieplan gegen städtische Hitzeinseln. [online] In: Neue Landschaft 05/2016. Abgerufen unter: <https://neuelandschaft.de/artikel/wien-entwickelt-strategieplan-gegen-staedtische-hitzeinseln-2294> (Zugriff am 22.07.2023).

Rechtliche Gesetzestexte & Politische Richtlinien

Autonome Provinz Bozen - Südtirol, Amt für Gewässerschutz. 1983. Beschluss des Landesausschusses Nr. 5922 vom 17.10.1983. Schutz des Grundwassers von Bozen und Errichtung der Bannzone L.G. 6.9.73N.63. Abgerufen unter: https://ambiente.provincia.bz.it/acqua/ricerca-aree-tutela.asp?publ_action=300&publ_image_id=78309 (Zugriff am 18.07.2023).

Autonome Provinz Bozen – Südtirol. 1972. Autonomiestatut Autonome Provinz Bozen. Abgerufen unter: <https://assets-eu-01.kc-usercontent.com/f6962ad0-581f-014c-d417-008ef1986434/dd45d67d-307b-4ba6-85a3-c49e3f0ae5f7/S%C3%BCdtirol%20Handbuch%20mit%20Autonomiestatut.pdf> (Zugriff am 16.04.2023).

Autonome Provinz Bozen – Südtirol. 2008. Dekret des Landeshauptmanns vom 21. Jänner 2008, Nr. 6. Durchführungsverordnung zum Landesgesetz vom 18. Juni 2002, Nr. 8, betreffend „Bestimmungen über die Gewässer“ im Bereich Gewässerschutz. Abgerufen unter: http://lexbrowser.provinz.bz.it/doc/de/dpgp-2008-6/dekret_des_landeshauptmanns_vom_21_j_nner_2008_nr_6.aspx (Zugriff am 15.06.2023).

Autonome Provinz Bozen – Südtirol. 2018a. Agenda Bozen. Abgerufen unter: https://opencity.gemeinde.bozen.it/ocmultibinary/download/85610/1067097/16/0bd1ddc45b297ac7c070c6b6587f9512.pdf/file/18092019_Agenda_Bolzano_Bozen.pdf (Zugriff am 16.04.2023).

Autonome Provinz Bozen – Südtirol. 2018b. Dekret des Landeshauptmannes vom 22. November 2018, Nr. 31. Anwendungsrichtlinien zur Einschränkung des Bodenverbrauchs. Abgerufen unter: http://lexbrowser.provinz.bz.it/doc/de/214659/dekret_des_landeshauptmanns_vom_22_november_2018_nr_31.aspx (Zugriff am 16.04.2023).

Autonome Provinz Bozen – Südtirol. 2018c. Landesgesetz Nr. 9/2018 „Raum & Landschaft“. Abgerufen unter: <https://www.provinz.bz.it/natur-umwelt/natur-raum/neues-landesgesetz-raum-und-landschaft.asp> (Zugriff am 15.06.2023).

Autonome Provinz Bozen – Südtirol. 2018d. Regierungsprogramm 2018 – 2023 für ein nachhaltiges & innovatives Südtirol. Abgerufen unter: https://www.provinz.bz.it/land/landesregierung/downloads/regierungsprogramm-2018-2013_20190117.pdf (Zugriff am 16.04.2023).

Autonome Provinz Bozen – Südtirol. 2019. Dekret des Landeshauptmanns vom 10. Oktober 2019, Nr. 23. Gefahrenzonenpläne. Abgerufen unter: http://lexbrowser.provinz.bz.it/doc/de/217759/dekret_des_landeshauptmanns_vom_10_oktober_2019_nr_23.aspx?view=1 (Zugriff am 15.06.2023).

Autonome Provinz Bozen – Südtirol. 2020. Dekret des Landhauptmanns vom 7. Mai 2020, Nr. 17. Mindeststandards für die Ausstattung öffentlicher Räume von Allgemeininteresse und privater Räume von öffentlichem Interesse sowie Kriterien zur Bestimmung von Hofstellen landwirtschaftlicher Betriebe. Abgerufen unter: http://lexbrowser.provincia.bz.it/doc/de/219619/dekret_des_landeshauptmanns_vom_7_mai_2020_nr_17.aspx?view=1 (Zugriff am 15.06.2023).

Autonome Provinz Bozen – Südtirol. 2021. Nachhaltigkeitsstrategie „Everyday for future“. Abgerufen unter: https://www.klimaland.bz/wp-content/uploads/Nachhaltigkeitsstrategie_de.pdf (Zugriff am 12.03.2023).

Autonome Provinz Bozen – Südtirol. 2023. Performanceplan Südtirol 2023-2025. Abgerufen unter: https://www.ras.bz.it/fileadmin/user_upload/Transparente_Verwaltung/Performance/2022-11-28_RAS_Performanceplan_2023-2025.pdf (Zugriff am 12.03.2023).

Castellari S., Venturini S., Ballarin Denti A., Bigano A., Bindi M., Bosello F., Carrera L., Chiriaco M.V., Danovaro R., Desiato F., Filpa A., Gatto M., Gaudio D., Giovanardi O., Giupponi C., Gualdi S., Guzzetti F., Lapi M., Luise A., Marino G., Mysiak J., Montanari A., Ricchiuti A., Rudari R., Sabbioni C., Sciortino M., Sinisi L., Valentini R., Viaroli P., Vurro M., Zavatarelli M. (Hrsg.). 2014. Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici in Italia. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma. Abgerufen unter: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/snacc_2014_rapporto_stato_conoscenze.pdf (Zugriff am 15.04.2023).

Castellari S., Venturini S., Giordano F., Ballarin Denti A., Bigano A., Bindi M., Bosello F., Carrera L., Chiriaco M.V., Danovaro R., Desiato F., Filpa A., Fusani S., Gatto M., Gaudio D., Giovanardi O., Giupponi C., Gualdi S., Guzzetti F., Lapi M., Luise A., Marino G., Mysiak J., Montanari A., Pasella D., Pierantonelli L., Ricchiuti A., Rudari R., Sabbioni C., Sciortino M., Sinisi L., Valentini R., Viaroli P., Vurro M., Zavatarelli M. 2014. Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma. Abgerufen unter: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/snacc_2014_elementi.pdf (Zugriff am 25.04.2023).

Comitato nazionale per la transizione ecologica. 2022. Piano per la transizione ecologica. Abgerufen unter: https://asvis.it/public/asvis2/files/Eventi_ASViS/PTE_definitivo.pdf (Zugriff am 27.03.2023).

Europäische Kommission. 2009. COM (2009) 147 final. Weissbuch. Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen. Abgerufen unter: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:EN:PDF> (Zugriff am 25.03.2023).

Europäische Kommission. 2013. COM (2013) 216 final. Eine EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Abgerufen unter: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0216:FIN:DE:PDF> (Zugriff am 25.03.2023).

Europäische Kommission. 2019. COM (2019) 640 final. Der europäische Grüne Deal. Abgerufen unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640> (Zugriff am 25.03.2023).

Europäische Kommission. 2020. A climate resilient Europe: prepare Europe for climate disruptions and accelerate the transformation to a climate resilient and just Europe by 2030. Abgerufen unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/69766> (Zugriff am 25.03.2023).

Europäische Kommission. 2021a. COM (2021) 82 final. Ein klimaresilientes Europa aufbauen - die neue EU-Strategie für die Anpassung an den Klimawandel. Abgerufen unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0082> (Zugriff am 25.03.2023).

Europäische Kommission. 2021b. Verordnung (EU) 2021/1119 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Juni 2021 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999 („Europäisches Klimagesetz“). Abgerufen unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119> (Zugriff am 25.03.2023).

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. 2015. Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Abgerufen unter: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/PNACC_versione_dicembre2022.pdf (Zugriff am 27.03.2023).

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. 2018. Strategia nazionale del verde urbano. Abgerufen unter: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/comitato%20verde%20pubblico/strategia_verde_urbano.pdf (Zugriff am 27.03.2023).

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. 2014. Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. Abgerufen unter: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/snacc_2014_rapporto_stato_conoscenze.pdf (Zugriff am 27.03.2023).

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. 2019. Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030. Abgerufen unter: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-01/it_final_necp_main_it_0.pdf (Zugriff am 27.03.2023).

Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Next Generationen EU. 2021. Piano nazionale di ripresa e resilienza. Abgerufen unter: <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf> (Zugriff am 27.03.2023).

Stadtgemeinde Bozen, Assessorat für Urbanistik. 2006a. Beschluss der Landesregierung Nr. 3477 vom 15.10.2007. Ensembleschutz. Beschreibend-normative Kartei 01-87. Abgerufen unter: <https://opencity.gemeinde.bozen.it/ocmultibinary/download/52148/910590/21/3f795c44b25b4cd44bce7f9c6ce5329f.pdf/file/Tutela+insiemi+-+schede+-+TED.pdf> (Zugriff am 15.06.2023).

Stadtgemeinde Bozen, Assessorat für Urbanistik. 2006b. Ensembleschutzplan der Stadt Bozen. Abgerufen unter: https://opencity.gemeinde.bozen.it/ocmultibinary/download/52148/910590/21/81c60c80c456e39d68718d55933a36e0.pdf/file/Tutela+degli+insiemi+-+mappa+1_10.000+bilingue+%28%29.pdf (Zugriff am 15.06.2023).

Stadtgemeinde Bozen, Autonome Provinz Bozen – Südtirol. 1995. Beschluss der Landesregierung Nr. 1650 vom 03.04.1995, angepasst an die einheitliche Legende durch den Beschluss der Landesregierung Nr. 675 vom 21.06.2016. Gemeindeplan für Raum und Landschaft. Abgerufen unter: <https://newplan.civis.bz.it/?lang=de&search-type=1&plan=1&ambito-type=1&ambito=CA-21008> (Zugriff am 15.06.2023).

Stadtgemeinde Bozen, Autonome Provinz Bozen Südtirol. 1998. Dekret des Landeshauptmanns Nr. 377/28.1 am 30.04.1998, Landschaftsplan der Gemeinde Bozen. Abgerufen unter: <https://newplan.civis.bz.it/?lang=de&search-type=1&plan=2&ambito-type=2&ambito=PPC-21008> (Zugriff am 15.06.2023).

Stadtgemeinde Bozen. 2009a. Masterplan der Stadt Bozen. Nichttechnische Zusammenfassung des Umweltberichtes. Abgerufen unter: https://opencity.gemeinde.bozen.it/ocmultibinary/download/70892/996456/20/3ae4d63f98543d0894c2abcc0f7cbfbb.pdf/file/Masterplan2009_A03_TED_rid.pdf (Zugriff am 15.06.2023).

Stadtgemeinde Bozen. 2009b. Vorprojekt zum Grünordnungsrahmenplan von Bozen. Abgerufen unter: https://opencity.gemeinde.bozen.it/ocmultibinary/download/70892/996456/20/ae636e800c0a5e5e339e7b5fe0bc0f6a.pdf/file/14+compresso+Piano_ssdel_verde_ita_dt_compressed.pdf (Zugriff am 15.06.2023).

Stadtgemeinde Bozen. 2022a. Beschluss des Gemeinderats Nr. 9 vom 15.03.2022. Der Grünraumplan der Gemeinde Bozen. Abgerufen unter: https://opencity.gemeinde.bozen.it/ocmultibinary/download/62642/951851/10/676d4a3651bb128bdae022b812397419.pdf/file/Fase+1_Analyse+und+%C3%9Cberblick.pdf (Zugriff am 17.06.2023).

Stadtgemeinde Bozen. 2022b. Beschluss des Gemeinderats Nr. 18 vom 10.05.2022. Nachhaltiger Mobilitätsplan. Allgemeiner Bericht. Abgerufen unter: https://opencity.gemeinde.bozen.it/ocmultibinary/download/69011/976128/67/c15927b03eca0ddb291081f8d94886bf.pdf/file/1+-+BZ_PUMS_Review_relazione_DE_.pdf (Zugriff am 17.06.2023).

Stadtgemeinde Bozen. 2022c. Beschluss des Gemeinderats Nr. 18 vom 10.05.2022. Nachhaltiger Mobilitätsplan. Zusammenfassende Darstellung der Funktionsweise des aktuellen Mobilitätssystems. Abgerufen unter: https://opencity.gemeinde.bozen.it/ocmultibinary/download/69011/976128/67/44297bbbf54d5a0c10750ac9a2a9b874.pdf/file/2+-+PUMS_BZ_Wissensrahmen_DE.pdf (Zugriff am 17.06.2023).

Stadtgemeinde Bozen. o.J. Städtischer Verkehrsplan – Klassifizierung der Straßen. Abgerufen unter: https://opencity.gemeinde.bozen.it/ocmultibinary/download/85016/1065547/18/f795aebab70b1dde9d151accd83db735.pdf/file/classificazione_strade-Strassenklassifizierung.pdf (Zugriff am 17.06.2023).

Südtiroler Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz. 2022. Klimaplan Südtirol 2040. Abgerufen unter: https://umwelt.provinz.bz.it/publikationen.asp?publ_action=300&publ_image_id=619793 (Zugriff am 10.03.2023).

Vereinte Nationen. 1992. UNFCCC. (United Nations Framework Convention on Climate Change). Abgerufen unter: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (Zugriff am 10.03.2023).

Vereinte Nationen. 2015. Pariser Klimaabkommen. (Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change). Abgerufen unter: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/parisagreement_publication.pdf (Zugriff am 12.03.2023).

Vereinte Nationen. 2016a. Neue Urbane Agenda. Abgerufen unter: <https://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-German.pdf> (Zugriff am 26.05.2023).

Vereinte Nationen. 2016b. Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. (Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development.) Abgerufen unter: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf> (Zugriff am 15.03.2023).

Wissenschaftliche Artikel & Berichte

Bassolino, Eduardo. 2019. The impact of climate change on local water management strategies. Learning from Rotterdam and Copenhagen. Abgerufen unter: https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Bassolino/publication/336103233_The_impact_of_climate_change_on_local_water_management_strategies_Learning_from_Rotterdam_and_Copenhagen/links/5d8e0bf4299bf10cff13cbf6/The-impact-of-climate-change-on-local-water-management-strategies-Learning-from-Rotterdam-and-Copenhagen.pdf (Zugriff am 26.04.2023).

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.). 2005. Naturnahe Entwässerung von Verkehrsflächen in Siedlungen. München. Abgerufen unter: <https://www.landkreis-kronach.de/media/7319/naturnaheentwaesserungsverkehrsflaechen.pdf> (Zugriff am 27.05.2023).

Beschluss der deutschen Bundesregierung. 2008. Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Abgerufen unter: https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaanpassung/das_gesamt_bf.pdf (Zugriff am 27.05.2023).

Bowyer, P., Bender, S., Rechid, D., Schaller, M. 2014. Adapting to Climate Change: Methods and Tools for Climate Risk Management, Climate Service Center, Germany, 124 pages. Abgerufen unter: https://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/csc_report17.pdf (Zugriff am 17.03.2023).

City of Barcelona. 2017. Master Plan for Barcelona's Trees 2017 – 2037. Abgerufen unter: <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Pla-director-arbrat-barcelona-ENG.pdf> (Zugriff am 01.08.2023).

City of Copenhagen. 2011. Copenhagen Climate Adaptation Plan. Abgerufen unter: https://en.klimatilpasning.dk/media/568851/copenhagen_adaption_plan.pdf (Zugriff am 15.06.2026).

City of Copenhagen. 2012. Cloudburst Management Plan. Abgerufen unter: https://en.klimatilpasning.dk/media/665626/cph_-_cloudburst_management_plan.pdf (Zugriff am 15.06.2023).

City of Rotterdam. 2013. Rotterdam - Climate Change Adaptation Strategy. Abgerufen unter: https://www.urbangreenbluegrids.com/uploads/RCI_-RAS_UK_-DEF.pdf (Zugriff am 15.06.2023).

Climate Service Center Germany (GERICS) and KfW Development Bank. 2015. Climate Focus Paper: Cities and Climate Change, Hamburg and Frankfurt am Main. Abgerufen unter: https://www.climate-service-center.de/cms21/products_and_publications/fact_sheets/climate_focus_paper/cities/order_cities/index.php.de (Zugriff am 27.05.2023)

Climate-ADAPT. 2018. 10 case studies. How Europe is Adapting to climate change. European Environment Agency. Abgerufen unter: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/about/climate-adapt-10-case-studies-online.pdf> (Zugriff am 28.07.2023).

Dunajtschik, Harald. Steinacher, Gerald. 2008. Die Architektur für ein italienisches Südtirol. 1922-1943. In: Geschichte und Region/Storia e regione, 2008/1, 17, 101 – 137. Abgerufen unter: https://storiaeregione.eu/attachment/get/up_90_16520957026012.pdf (Zugriff am 20.10.2023).

EEA. 2016. Urban adaptation to climate change in Europe 2016: Transforming cities in a changing climate. Report Nr. 12/2016. doi:10.2800/021466. Abgerufen unter: https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-2016/at_download/file (Zugriff am 15.04.2023).

EEA. 2017. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. Report Nr. 1/2017. doi:10.2800/534806. Abgerufen unter: https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016/at_download/file (Zugriff am 15.04.2023).

EEA. 2018. Climate-ADAPT: 10 case studies. How Europe is Adapting to climate change. Abgerufen unter: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/about/climate-adapt-10-case-studies-online.pdf> (Zugriff am 15.04.2023).

EEA. 2020. Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change. Report Nr. 12/2020. doi:10.2800/324620. Abgerufen unter: https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-in-europe/at_download/file (Zugriff am 15.04.2023).

Esch, Marjolein. 2015. Designing the Urban Microclimate. A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process. A+BE: Architecture and the Built Environment. 5. 10.7480/abe.2015.6. Abgerufen unter: https://www.researchgate.net/publication/308884734_Designing_the_Urban_Microclimate_A_framework_for_a_design-decision_support_tool_for_the_dissemination_of_knowledge_on_the_urban_microclimate_to_the_urban_design_process (Zugriff am 04.03.2023).

Fichtinger G. (Inhalt). Amt der NÖ Landesregierung, NÖ Straßendienst ST1-BI (Herausgeber). (o.J.). Das Schwammstadt-Prinzip: Ökologisches Regenwasser-Management im Straßenraum. Abgerufen unter: https://www.no.e.gv.at/noe/Autofahren/Schwammstadt_DRUCKVORLAGE_20210512.pdf (Zugriff am 18.07.2023).

Formaggioni, O.; Macconi, P.; Sperling, M. 2015. ED30 Report 2015 – Abschlussbericht der Ereignisdokumentation. Autonome Provinz Bozen-Südtirol (Hrsg.). Abgerufen unter: http://www.provinz.bz.it/sicherheit-zivilschutz/wildbach/downloads/Report_ED30_2015_DE.pdf (Zugriff am 18.06.2023).

Gill, Susannah & Handley, J.F. & Ennos, Roland & Pauleit, Stephan. 2007. Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. Built Environment. 33. 115-133. 10.2148/benv.33.1.115. Abgerufen unter: <https://www.researchgate.net/publication/253064021> (Zugriff am 14.03.2023).

HLFA Schönbrunn, Schmidt S., Selinger J. 2019. Das Schwammstadt-Prinzip für Stadtbäume. Abgerufen unter: https://tripen.unileoben.ac.at/fileadmin/shares/tripen/docs/add-info/schwammstadt_Strassenbau_20191217_002.pdf (Zugriff am 18.07.2023).

ICLEI. 2015. Resilient Cities Report 2015: Global developments in urban adaptation and resilience. Abgerufen unter: https://www.cakex.org/sites/default/files/documents/RC2015__Congress_Report__Final.pdf (Zugriff am 15.04.2023).

IPCC. 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 582 pp. Abgerufen unter: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX_Full_Report-1.pdf (Zugriff am 15.04.2023).

IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. Abgerufen unter: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf (Zugriff am 17.03.2023).

IPCC. 2013/2014: Klimaänderung 2013/2014: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger. Beiträge der drei Arbeitsgruppen zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Deutsche Übersetzungen durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Österreichisches Umweltbundesamt, ProClim, Bonn/Wien/Bern, 2016. Abgerufen unter: https://www.de-ipcc.de/media/content/AR5-WGI_SPM.pdf (Zugriff am 09.10.2023).

IPCC. 2014. Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016. Abgerufen unter: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/IPCC-AR5_SYR_barrierefrei.pdf (Zugriff am 18.04.2023).

IPCC. 2018. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: 1,5 °C globale Erwärmung. Ein IPCC-Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut. Deutsche Übersetzung auf Basis der Version vom 8.10.2018 und unter Berücksichtigung von Korrekturmeldungen des IPCC bis zum 14.11.2018. Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, ProClim, Österreichisches Umweltbundesamt, Bonn/Bern/Wien, November 2018. Abgerufen unter: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/07/SR1.5-SPM_de_barrierefrei.pdf (Zugriff am 18.04.2023).

IPCC. 2021a. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi:10.1017/9781009157896 (Zugriff am 13.04.2023).

IPCC. 2021b. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3032, doi:10.1017/9781009157896.001 (Zugriff am 13.04.2023).

IPCC. 2022a. Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–33, doi:10.1017/9781009325844.001 (Zugriff am 13.04.2023).

IPCC. 2022b. Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem (Hrsg.)]. In: Klimawandel 2022: Folgen, Anpassung und Verwundbarkeit. Beitrag der Arbeitsgruppe II zum Sechsten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (Hrsg.)]. Deutsche Übersetzung auf Basis der Version vom Juli 2022. Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn; Die Luxemburger Regierung, Luxemburg; Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Wien; Akademie der Naturwissenschaften Schweiz SCNAT, ProClim, Bern; Oktober 2022. DOI 10.48585/nx04-e135 (Zugriff am 13.04.2023).

IPCC. 2022c. Bednar-Friedl, B., R. Biesbroek, D.N. Schmidt, P. Alexander, K.Y. Børsheim, J. Carnicer, E. Georgopoulou, M. Haasnoot, G. Le Cozannet, P. Lionello, O. Lipka, C. Möllmann, V. Muccione, T. Mustonen, D. Piepenburg, and L. Whitmarsh, 2022: Europe. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1817–1927, doi:10.1017/9781009325844.015 (Zugriff am 18.03.2023).

IPCC. 2022d. Dodman, D., B. Hayward, M. Pelling, V. Castan Broto, W. Chow, E. Chu, R. Dawson, L. Khirfan, T. McPhearson, A. Prakash, Y. Zheng, and G. Ziervogel, 2022: Cities, Settlements and Key Infrastructure. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 907–1040, doi:10.1017/9781009325844.008 (Zugriff am 18.03.2023).

IPCC. 2022e. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.001 (Zugriff am 18.03.2023).

IPCC. 2022f. Lwasa, S., K.C. Seto, X. Bai, H. Blanco, K.R. Gurney, Ş. Kilkış, O. Lucon, J. Murakami, J. Pan, A. Sharifi, Y. Yamagata, 2022: Urban systems and other settlements. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.010 (Zugriff am 17.03.2023).

Isetti, G., Ferraretto, V., Habicher, D., Scuttari, A., Erschbamer, G., Pechlaner, H., von Miller, V., Mariotti, P., Iokhno, I. 2021. MyBZ – Bolzano in movimento | Bozen in Bewegung – Abschließender Projektbericht. Bozen, Eurac Research. Abgerufen unter: <https://webassets.eurac.edu/31538/1623352374-mybzdeu.pdf> (Zugriff am 18.07.2023).

Kratz, M., Beermann, B., Berchtold, M., Baumüller, J., Gross, G. 2014. Städtebaulicher Rahmenplan Klimaanpassung für die Stadt Karlsruhe (Teil II). Abgerufen unter: https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/66635-St%C3%A4dtebaulicher_Rahmenplan_Klimaanpassung_f%C3%BCr_die_Stadt_Karlsruhe_%28Teil_II%29.pdf (Zugriff am 15.05.2023).

Liu, Z., Zhan, W., Bechtel, B. et al. 2022. Surface warming in global cities is substantially more rapid than in rural background areas. *Commun Earth Environ* 3, 219. Abgerufen unter: <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00539-x> (Zugriff am 29.03.2023).

MA 22 – Umweltschutz. 2010a. Integratives Regenwassermanagement – Beispielsammlung. Herausgegeben vom Magistrat der Stadt Wien. Abgerufen unter: <https://www.digital.wienbibliothek.at/wbrup/download/pdf/3831007?originalFilename=true> (Zugriff am 19.06.2023).

ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik), Abteilung Brand- und Zivilschutz - Autonome Provinz Bozen, Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV) (Hrsg.). 2015. Das Klima von Tirol – Südtirol – Belluno. Abgerufen unter: http://www.3pclim.eu/images/Das_Klima_von_Tirol-Suedtirol-Belluno.pdf (Zugriff am 05.03.2023).

ZAMG. 2017. ZAMG Urban Modelling - Wissenschaftliche Basis klimasensitiver Stadtplanung. Abgerufen unter: https://www.zamg.ac.at/cms/de/dokumente/klima/dok_news/2017/zamg_broschuere_stadtklima_20170421/at_download/file (Zugriff am 17.04.2023).

Zebisch M., Vaccaro R., Niedrist G., Schneiderbauer S., Streifeneder T., Weiß M., Troi A., Renner K., Pedoth L., Baumgartner B., Bergonzi V. (Hrsg.). 2018. Klimareport – Südtirol 2018, Bozen, Italien: Eurac Research. Abgerufen unter: <https://webassets.eurac.edu/31538/1618826782-klimareport-2018-de.pdf> (Zugriff am 05.03.2023).

Internetquellen

Amsterdam Rainproof (a). Abgerufen unter: https://www.rainproof.nl/app/uploads/2022/12/rainproof_vouwfolder_a2_engels_infographic.pdf (Zugriff am 02.06.2023).

Amsterdam Rainproof (b). Abgerufen unter: <https://www.rainproof.nl/english> (Zugriff am 02.06.2023).

Arbeitskreis Schwammstadt. Das Schwammstadt-Prinzip für Bäume. Abgerufen unter: <https://www.schwammstadt.at/> (Zugriff am 03.06.2023).

Bozen 2022 – Die Stadt in Zahlen. Abgerufen unter: <https://opencity.gemeinde.bozen.it/ocmultibinary/download/78449/1042395/8/dd9169ae7f06f1010985e3aace72f699.pdf/file/Opuscolo+Bolzano+in+cifre+2022+ted.pdf> (Zugriff am 19.04.2023).

Bozen Geographie. Abgerufen unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Bozen#Geographie> (Zugriff am 25.07.2023).

Climate-ADAPT. Abgerufen unter: https://climate-adapt.eea.europa.eu/?set_language=de (Zugriff am 20.04.2023).

Climate-ADAPT. 2016a. Supporting urban greening and social justice in the city of Barcelona. European Environment Agency. Abgerufen unter: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/barcelona-trees-tempering-the-mediterranean-city-climate> (Zugriff am 30.05.2023).

Climate-ADAPT. 2016b. The economics of managing heavy rains and stormwater in Copenhagen – The Cloudburst Management Plan. Abgerufen unter: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/the-economics-of-managing-heavy-rains-and-stormwater-in-copenhagen-2013-the-cloudburst-management-plan> (Zugriff am 20.07.2023).

Ein Schwamm für das Regenwasser in der Seestadt Aspern. 2021. Abgerufen unter: <https://www.energie-bau.at/branchennews/3770-ein-schwamm-fuer-das-regenwasser-in-der-seestadt-aspern> (Zugriff am 22.07.2023).

EU Mission: Adaptation to Climate Change. Abgerufen unter: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/adaptation-climate-change_en (Zugriff am 25.04.2023).

EU Missions in Horizons Europe. Angerufen unter: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe_en (Zugriff am 25.04.2023).

Flächenstatistik der Realnutzungskarte auf Gemeinde- und Bezirksebene (Bozen). Abgerufen unter: https://assets-eu-01.kc-usercontent.com/e90ea1ed-9101-0155-579f-5243d49e1f43/acabb5e0-003e-4453-a587-49d077cfdc54/Landuse_proGemeinde.xls (Zugriff am 04.08.2023).

Ideas contest to design the Barcelona Superblock resolved. 2021. Abgerufen unter: https://www.barcelona.cat/infobarcelona/en/tema/urban-planning-and-infrastructures/ideas-contest-to-design-the-barcelona-superblock-resolved_1045200.html (Zugriff am 25.07.2023).

IPCC. Abgerufen unter: <https://www.ipcc.ch/about/> (Zugriff am 25.04.2023).

Kalterer See. Abgerufen unter: https://umwelt.provinz.bz.it/wasser/zustand-suedtiroler-seen.asp?news_action=4&news_article_id=626310 (Zugriff am 13.09.2023).

Klimaland Südtirol. Abgerufen unter: <https://www.klimaland.bz/ueber-klimaland/> (Zugriff am 16.03.2023).

Klimawandel Monitoring – Bodenversiegelung. Abgerufen unter: <https://www.eurac.edu/de/data-in-action/klimawandel-monitoring/bodenversiegelung> (Zugriff am 17.04.2023).

Klimawandel Monitoring – Folgen. Abgerufen unter: <https://www.eurac.edu/de/data-in-action/klimawandel-monitoring/cat/folgen> (Zugriff am 14.06.2023).

Klimawandel Monitoring – Jahresmitteltemperatur. Abgerufen unter: <https://www.eurac.edu/de/data-in-action/klimawandel-monitoring/jahresmitteltemperatur> (Zugriff am 17.04.2023).

Klimawandel Monitoring – Niederschläge. Abgerufen unter: <https://www.eurac.edu/de/data-in-action/klimawandel-monitoring/niederschlaege> (Zugriff am 17.04.2023).

Klimawandel Monitoring – Starkniederschläge. Abgerufen unter: <https://www.eurac.edu/de/data-in-action/klimawandel-monitoring/starkniederschlaege> (Zugriff am 17.04.2023).

Klimawandel Monitoring – Trockenheit. Abgerufen unter: <https://www.eurac.edu/de/data-in-action/klimawandel-monitoring/trockenheit> (Zugriff am 14.06.2023).

Klimawandel Monitoring – Tropennächte. Abgerufen unter: <https://www.eurac.edu/de/data-in-action/klimawandel-monitoring/tropennaechte> (Zugriff am 17.04.2023).

Management of trees. Abgerufen unter: <https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/en/services/the-city-works/urban-management/coordinating-improvement-measures-in-public-areas/management-of-trees> (Zugriff am 26.07.2023).

NachhaltigkeitsPakt – Für unser Land. Abgerufen unter: <https://news.provinz.bz.it/de/news-archive/628713> (Zugriff am 01.05.2023).

Niedrist, G., Zebisch, M., Crespi, A., Iacopino, T., Fritsch, U., Barandun, M., Bertoldi, G., Bottarin, R., Hoffmann, C., Jacob, A., Marin, C., Mariz, C., Notarnicola, C., Obojes, N., Premier, V., Renner, K., Sparber, W., Vaccaro, R., & Ventura, B. 2022. Climate Change Monitoring South Tyrol. Eurac Research. Abgerufen unter: <https://doi.org/10.57749/8ZPX-HM12> (Zugriff am 20.03.2023).

PNACC. Abgerufen unter: <https://www.mase.gov.it/pagina/piano-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici-pnacc> (Zugriff am 27.04.2023).

PNIEC. Abgerufen unter: <https://www.energia.enea.it/glossario-efficienza-energetica/lettera-p/piano-nazionale-integrato-per-l-energia-e-il-clima-2030-pniec.html> (Zugriff am 27.04.2023).

PNRR. Abgerufen unter: <https://www.mise.gov.it/it/pnrr/piano> (Zugriff am 27.04.2023).

PTE. Abgerufen unter: <https://www.mase.gov.it/pagina/piano-la-transizione-ecologica> (Zugriff am 27.04.2023).

RCP-Szenarien. Abgerufen unter: <https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/RCP-Szenarien> (Zugriff am 02.05.2023).

Schwammstadt. Quartier: Quartier "Am Seebogen". Abgerufen unter: <https://www.iba-wien.at/projekte/projekt-detail/project/schwammstadt> (Zugriff am 22.07.2023).

Schwammstadt-Prinzip macht Bäume für den Klimawandel fit. Stadt Wien. Abgerufen unter: <https://www.wien.gv.at/umwelt/parks/schwammstadt.html> (Zugriff am 22.07.2023).

Schwemmfächer. Abgerufen unter: <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/schwemmfacher/14576> (Zugriff am 11.09.2023).

Schwemmkegel. Abgerufen unter: https://de.wikipedia.org/wiki/Schwemmkegel#cite_note-0-1 (Zugriff am 11.09.2023).

SDG 11. Abgerufen unter: <https://unric.org/de/17ziele/sdg-11/> (Zugriff am 24.04.2023).

SDGs. Abgerufen unter: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals> (Zugriff am 24.04.2023).

Siegesdenkmal (Bozen). Abgerufen unter: [https://de.wikipedia.org/wiki/Siegesdenkmal_\(Bozen\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Siegesdenkmal_(Bozen)) (Zugriff am 18.10.2023).

SNAC. Abgerufen unter: <https://www.mase.gov.it/notizie/strategia-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici-0> (Zugriff am 27.04.2023).

Stadtklima (a). Abgerufen unter: <https://www.wetter.net/wetterlexikon/eintrag/stadtklima> (Zugriff am 14.06.2023).

Stadtklima (b). Abgerufen unter: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/forschung/klima/stadtklima/sissi> (Zugriff am 12.06.2023).

Tåsinge Plads (a). Abgerufen unter: <https://klimakvarter.dk/en/projekt/tasinge-plads/> (Zugriff am 02.06.2023).

Tåsinge Plads (b). Abgerufen unter: http://klimakvarter.dk/wp-content/uploads/2015/06/T%C3%A5singeplads_pixi_2015_UK_WEB.pdf (Zugriff am 20.07.2023).

Tree Master Plan – Ajuntament Barcelona. Abgerufen unter: <https://una.city/nbs/barcelona/tree-master-plan> (Zugriff am 26.07.2023).

UN-Ziele. Abgerufen unter: <https://unric.org/de/17ziele/> (Zugriff am 25.04.2023).

UNEP. Abgerufen unter: <http://bfw.ac.at/rz/wlv.lexikon?keywin=3387> (Zugriff am 25.04.2023).

UHI - Urbane Hitze Inseln. Stadt Wien. Abgerufen unter: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/uhi.html> (Zugriff am 24.07.2023).

Urban Heat Islands (UHI) - Strategieplan Wien. Stadt Wien. Abgerufen unter: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/uhi-strategieplan.html> (Zugriff am 24.07.2023).

Urbane Hitzeinseln – die Wiener Strategie. Abgerufen unter: <https://www.klimawandelanpassung.at/newsletter/nl20/kwa-uhi> (Zugriff am 24.07.2023).

Wetter Südtirol – Download Messdaten. Abgerufen unter: <https://wetter.provinz.bz.it/download-messdaten.asp> (Zugriff am 15.06.2023).

WMO. Abgerufen unter: <https://public.wmo.int/en/about-us> (Zugriff am 25.04.2023).

Planmaterialien

Geokatalog - Stadt Bozen. Verarbeitung von GIS-Daten. Abgerufen unter: <http://geokatalog.buergernetz.bz.it/geokatalog/#!home>.

Geobrowser - Stadt Bozen. Verarbeitung von GIS-Daten. Abgerufen unter: <https://maps.civis.bz.it/>.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Globale Risiken geordnet nach Schweregrad auf kurze und lange Sicht.
Quelle: World Economic Forum 2023: 6. World Economic Forum Global Risks Perception Survey 2022-2023.
- Abb. 2: Szenarien zur zukünftigen Entwicklung der globalen Treibhausgasemissionen.
Quelle: Zebisch et al. 2018: 20.
- Abb. 3: Veränderung der Temperatur der nahen Oberfläche im Zeitraum 2021–2050, berechnet aus dem Durchschnitt der Euro-Cordex RCP4.5 Ensemble Szenarien.
Quelle: Zebisch et al. 2018: 24.
- Abb. 4: Bodenversiegelung (in Rot) in und um die Gemeinde Bozen im Jahr 2020.
Quelle: Eurac Research. <https://webassets.eurac.edu/31538/1658135356-bodenversiegelung-bozen.jpg?auto=format&fit=clip&fm=jpg&w=1920> (Zugriff am 28.04.2023).
- Abb. 5: Temperaturabweichung Bozen 1850-2022.
Quelle: https://s3-images.stol.it/_images/scale/1280x850/img/2022/12/der-trend-ist-eindeutig.jpg (Zugriff am 23.04.2023).
- Abb. 6: Karten der Jahresmitteltemperaturen für Südtirol, dargestellt als 30-Jahres-Mittelwerte für den historischen Zeitraum 1981-2010, 2041-2070 und 2071-2100 gemäß den Emissionsszenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.
Quelle: Eurac Research. https://webassets.eurac.edu/31538/1658821864-temperatura_media_annuale_proiezioni.png?auto=format&fit=clip&fm=jpg&w=1920 (Zugriff am 28.04.2023).
- Abb. 7: Erwärmung in Bozen im Sommer und Winter und mögliche Temperaturentwicklung für die RCP-Szenarien 4.5 und 8.5.
Quelle: Zebisch et al. 2018: 23.
- Abb. 8: Verteilung der jährlichen Tropennächte in Südtirol, dargestellt als 30-Jahres-Mittelwerte für den historischen Zeitraum 1981-2010, 2041-2070 und 2071-2100 gemäß den Emissionsszenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.
Quelle: Eurac Research. <https://webassets.eurac.edu/31538/1655448762-notti-tropicali-spacial-distribution-south-tyrol.jpg?auto=format&fit=clip&fm=jpg&w=840> (Zugriff am 28.04.2023).
- Abb. 9: Niederschläge pro Saison in Bozen.
Quelle: Zebisch et al. 2018: 25.
- Abb. 10: Karten der jährlichen Starkniederschlagswerte für Südtirol, dargestellt als 30-Jahres-Mittelwerte für den historischen Zeitraum 1981-2010, 2041-2070 und 2071-2100 gemäß den Emissionsszenarien RCP 4.5 und RCP 8.5.
Quelle: Eurac Research. <https://webassets.eurac.edu/31538/1656585278-precipitazione-intensa-scenario.jpg?auto=format&fit=clip&fm=jpg&w=840> (Zugriff am 28.04.2023).
- Abb. 11: Anzahl von extremen Monaten in einer 30-jährigen Periode in Bozen.
Quelle: Zebisch et al. 2018: 26.
- Abb. 12: Städte als Hotspots des Klimawandels.
Quelle: IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/figures/IPCC_AR6_WGI_FAQ_10_2_Figure_1.png (Zugriff am 23.04.2023).
- Abb. 13: Oberflächen- und Lufttemperaturen für verschiedene Gebiete.
Quelle: EPA. https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-07/heat_island_effect_diagram.jpg (Zugriff am 25.05.2023).
- Abb. 14: Die Parameter, die den thermischen Komfort im Freien beeinflussen.
Quelle: World Bank 2020: 35.
- Abb. 15: Ursachen des UHI-Effektes.
Quelle: Esch 2015: 130.

- Abb. 16: Thermische Auswirkungen einer Gründacheindeckung. Es ist zu erkennen, dass die Isolinien in Abständen von mehreren Metern vom Dach Reduzierungen von sogar eineinhalb Grad anzeigen, was auf einen starken Abschwächungseffekt hinweist, der sich auf die umgebende städtische Umgebung auswirkt.
Quelle: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 2018: 106.
- Abb. 17: Nachhaltiges Regenwassermanagement.
Quelle: https://www.klimawandelanpassung.at/fileadmin/_processed_/1/4/csm_versickerung_retention_verdunstung_f375cfaff2.jpg (Zugriff am 03.10.2023).
- Abb. 18: Schwammstadt-Prinzip für Bäume
Quelle: https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5e542dfc3ae4d11882bfd92/1617116547752-ZFILQO149QKBOCCYMYHV/%2528c%25293zu0%2BLandschaftsarchitekt_ur_Schwammstadt%2BRezept.jpg?format=1500w (Zugriff am 03.10.2023).
- Abb. 19: Tasinge Plads, Kopenhagen.
Quelle: https://urban-waters.org/sites/default/files/uploads/projektbilder/tasinge_plads.jpg (Zugriff am 03.10.2023).
- Abb. 20: Water Square Benthemplein, Rotterdam.
Quelle: <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5f082078d610926644d22e00/b1e17793-4161-48db-bc4a-9f352b8d6a42/01+Water+square++Benthemplein+.jpg?format=1000w> (Zugriff am 03.10.2023).
- Abb. 21: Das Schwammstadt-Prinzip in der Seestadt Aspern I.
Quelle: https://www.iba-wien.at/fileadmin/user_upload/galleries/003_IBA_Projekte_u_Gebiete/02_Quartiere/Quartier_Am_Seebogen/Schwammstadt/Update_2022/R-01-12_Schwammstadt__c__Wien_3420_Luiza_Puiu_03.jpg (Zugriff am 03.10.2023).
- Abb. 22: Das Schwammstadt-Prinzip in der Seestadt Aspern II.
Quelle: https://www.iba-wien.at/fileadmin/user_upload/galleries/003_IBA_Projekte_u_Gebiete/02_Quartiere/Quartier_Am_Seebogen/Schwammstadt/Update_2022/R-01-12_Schwammstadt__c__Wien_3420_Luiza_Puiu_02.jpg (Zugriff am 03.10.2023).
- Abb. 23: Die grüne Vision von Barcelona für den Stadtbezirk Eixample.
Quelle: https://ajuntament.barcelona.cat/superilles/sites/default/files/styles/large/public/placa_rocafort_2_0.jpg?itok=0KcKIISp (Zugriff am 03.10.2023).
- Abb. 24: Klimaplan Südtirol 2040.
Quelle: https://umwelt.provinz.bz.it/images/energia_12_Titolo_Piano_clima_2022_DE.jpg (Zugriff am 10.10.2023).
- Abb. 25: Bozen.
Quelle: <https://img2.oastatic.com/img2/61276243/max/bozen.jpg> (Zugriff am 10.08.2023).
- Abb. 26: Geographische Lage von Bozen.
Eigene Darstellung.
- Abb. 27: Zusammenfluss von Talfer und Eisack.
Quelle: Stadtgemeinde Bozen 2022a: 3.
- Abb. 28: Hauptinfrastruktursystem.
Eigene Darstellung. Daten aus: Stadtgemeinde Bozen 2022a: 45.
- Abb. 29: Stadtviertel.
Eigene Darstellung.
- Abb. 30: Bevölkerungsdichte.
Eigene Darstellung. Daten aus: <https://opencity.gemeinde.bozen.it/ocmultibinary/download/100858/1124136/77/c7afc988bfb2e2fcf8b9d2da571eaac.jpg/file/Densit%C3%A0+Abitativa+per+ha++Bev%C3%B6lkerungsdichte+je+ha+%281%29.jpg> (Zugriff am 02.08.2023).

- Abb. 31: Flächenaufteilung von Bozen.
Eigene Darstellung. Daten aus: https://assets-eu-01.kc-usercontent.com/e90ea1ed-9101-0155-579f-5243d49e1f43/acabb5e0-003e-4453-a587-49d077cfdc54/Landuse_proGemeinde.xls (Zugriff am 04.08.2023)
- Abb. 32: Wasserflächen | Siedlungen | Agrarflächen | Waldgebiet in Bozen.
Quelle: Stadtgemeinde Bozen 2022a: 41.
- Abb. 33: Zonierung von Bozen.
Eigene Darstellung. Daten aus: <https://www.researchgate.net/publication/350644484/figure/fig1/AS:11431281175898205@1689938689760/a-Position-of-the-city-of-Bolzano-in-the-northeastern-Italian-Alps-background-map-from.png> (Zugriff am 01.08.2023).
- Abb. 34: Handelstätigkeiten pro km².
Eigene Darstellung. Daten aus: Stadtgemeinde Bozen 2022b: 117.
- Abb. 35: Parkplatzangebot und -nachfrage.
Eigene Darstellung. Daten aus: Stadtgemeinde Bozen 2022c: 64.
- Abb. 36: Öffentlicher Personennahverkehr.
Eigene Darstellung. Daten aus: Stadtgemeinde Bozen 2022c: 74.
- Abb. 37: Modal Split.
Eigene Darstellung. Daten aus: Bozen 2022 – Die Stadt in Zahlen.
- Abb. 38: Landschaftstypen und Hydrologie.
Eigene Darstellung. Daten aus: Stadtgemeinde Bozen 2022a: 40. Geobrowser - Stadt Bozen.
- Abb. 39: Das Umweltsystem.
Eigene Darstellung. Daten aus: Stadtgemeinde Bozen 2022a: 61. Stadtgemeinde Bozen 2009a: 37.
- Abb. 40: Der Talferbach.
Quelle: Stadtgemeinde Bozen 2022a: 7.
- Abb. 41: Flora und Fauna.
Quelle: Stadtgemeinde Bozen 2022a: 63.
- Abb. 42: Öffentliche urbane Grünflächen.
Eigene Darstellung. Daten aus: Stadtgemeinde Bozen 2022a: 74.
- Abb. 43: Bäume auf öffentlichen Flächen in der Stadt.
Eigene Darstellung. Daten aus: Stadtgemeinde Bozen 2022a: 81.
- Abb. 44: Durchgrünung der Stadtviertel.
Eigene Darstellung. Daten aus: Stadtgemeinde Bozen 2022a: 73.
- Abb. 45: Gefahrenzonenplan von Bozen.
Quelle: Geobrowser - Stadt Bozen.
- Abb. 46: Niederschlag.
Eigene Darstellung.
- Abb. 47: Mittlere jährliche Solarstrahlung.
Quelle: Stadtgemeinde Bozen 2022a: 66.
- Abb. 48: Beschränkungsindex der versiegelten Flächen (BVF).
Eigene Darstellung. Daten aus: Stadtgemeinde Bozen 2009b: 19.
- Abb. 49: Das Planungsgebiet im Stadtkontext.
Eigene Darstellung.
- Abb. 50: Das Planungsgebiet (Bestand).
Eigene Darstellung.

- Abb. 51: Impressionen des Planungsgebietes I.
Eigene Fotos.
- Abb. 52: Impressionen des Planungsgebietes II.
Eigene Fotos.
- Abb. 53: Impressionen des Planungsgebietes III.
Eigene Fotos.
- Abb. 54: Potentialflächen des Planungsgebietes.
Eigene Fotos. Quelle „geplantes Bibliothekszentrum“: http://www.ritsch-architekten.com/wp-content/uploads/2017/03/WB_Bib_Bozen_aussenTag5_Rendering.jpg (Zugriff am 21.10.2023).
- Abb. 55: Mikroklimatische Aspekte des Planungsgebietes.
Eigene Fotos.
- Abb. 56: Städtebauliches Konzept.
Eigene Darstellung.
- Abb. 57: Konzept des Grünraums.
Eigene Darstellung.
- Abb. 58: Konzept der grünen Infrastruktur.
Eigene Darstellung.
- Abb. 59: Wassersensible Quartiersplanung.
Eigene Darstellung.
- Abb. 60: Konzept der blauen Infrastruktur.
Eigene Darstellung.
- Abb. 61: Mobilitätskonzept.
Eigene Darstellung.
- Abb. 62: Konzept zum Kreislauf.
Eigene Darstellung.
- Abb. 63: Der Masterplan.
Eigene Darstellung.
- Abb. 64: Schnittansicht des Siegesplatzes.
Eigene Darstellung.
- Abb. 65: Funktionsschnitt des Siegesplatzes.
Eigene Darstellung.
- Abb. 66: Straßenquerschnitt Freiheitsstraße (Bestand).
Eigene Darstellung.
- Abb. 67: Straßenquerschnitt Freiheitsstraße (Neuplanung).
Eigene Darstellung.
- Abb. 68: Erdgeschosszone Zoom-In (Bestand).
Eigene Darstellung.
- Abb. 69: Erdgeschosszone Zoom-In (Neuplanung).
Eigene Darstellung.
- Abb. 70: Straßenquerschnitt Freiheitsstraße (Neuplanung bei Regenereignis).
Eigene Darstellung.
- Abb. 71: Wassersensible Erdgeschosszone (Regenereignis).
Eigene Darstellung.

Abb. 72: Straßenquerschnitt Freiheitsstraße (Neuplanung bei Starkregenereignis).
Eigene Darstellung.

Abb. 73: Wassersensible Erdgeschosszone (Starkregenereignis).
Eigene Darstellung.

