



Hochschule Konstanz
Fakultät Bauingenieurwesen

Bachelorarbeit

Ausgangslage und Anforderungsprofil der klimabezogenen Stadtplanung: Prozesse und methodisch-modelltechnische Grundlegung



Markus Hövel

Hochschule Konstanz für Technik, Wirtschaft und Gestaltung

Fakultät Bauingenieurwesen

Konstanz, 2022

Ausgangslage und Anforderungsprofil der klimabezogenen Stadtplanung: Prozesse und methodisch-modelltechnische Grundlegung

CoKLIMAx

Bachelorarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Engineering (B. Eng.)

Verfasser: Markus Hövel
Matrikelnummer: XXXXXXXXXX
Studiengang: Bauingenieurwesen

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Michael Bühler
Hochschule: HTWG Konstanz
Alfred-Wachtel-Str. 8
78462 Konstanz

Abgabedatum: 31.01.2022

Anlage zur Bachelor-Thesis von

Markus Hövel

EIDESSTÄTTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorstehende Bachelor-Thesis selbständig angefertigt und die benutzten Hilfsmittel sowie die befragten Personen und Institutionen vollständig angegeben habe.

Konstanz, 29.01.2022
(Ort, Datum)


(Unterschrift)

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird die Ausgangssituation der klimabezogenen Stadtplanung in Konstanz in den Bereichen Wasser, Wärme und Vegetation im Hinblick auf die Anpassung an den Klimawandel untersucht. Diese dient als eine Grundlage für das Projekt CoKLIMAx.

Ziel dieses Projektes ist es, eine einfache Toolbox zu entwickeln, die Kommunen befähigt, mit Hilfe von Satelliten- und in-situ-Daten Klimaanalysen, erforderliche Gewichtungen und späteres Monitoring selbst durchführen zu können, um Entscheidungen für auf die langfristige Stadtentwicklung treffen zu können.

Für die Feststellung der Ausgangssituation in Konstanz wurden Mitarbeiter der Stadtverwaltung Konstanz befragt, ein Planungsprozess für die Klimaanpassung künftiger Bauprojekte entwickelt und eine Stakeholderidentifikation erstellt.

Zu Beginn der Arbeit werden die Ursachen für den Klimawandel und seine Auswirkungen erörtert, Anpassungsbeispiele anderer Städte betrachtet und die Funktionsprinzipien der verwendeten Satelliten und die Dienste des Copernicus-Programms erklärt.

Inhaltsverzeichnis

I	Abbildungsverzeichnis	VII
II	Tabellenverzeichnis	VIII
III	Abkürzungsverzeichnis	VIII
IV	Definitionen.....	IX
1	Einleitung	1
2	Klimawandel	2
2.1	Globaler Klimawandel.....	2
2.2	Lokaler Klimawandel.....	5
2.3	Auswirkungen des Klimawandels auf den Menschen und die Wirtschaft.....	9
2.3.1	Wirtschaftliche Folgen des Klimawandels.....	10
2.3.2	Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit der Menschen.....	12
2.3.2.1	Beispiele für direkte Auswirkungen.....	12
2.3.2.2	Beispiele für indirekte Auswirkungen.....	13
3	CoKLIMAx	14
4	Ausgangslage in Konstanz.....	15
4.1	Wasser.....	15
4.2	Wärme	19
4.3	Vegetation.....	24
4.4	Geoinformation in Konstanz.....	26
5	Prozesse klimabedingter Stadtplanung	28
5.1	Klimaschutz	28
5.2	Klimaanpassung	29
5.3	Vorgehen in Konstanz.....	32
5.3.1	Änderung des Bebauungsplans im Gewerbegebiet Unterlohn	32
5.3.2	Zukunftsstadt Konstanz	34
5.3.2.1	Modellprojekt „Am Horn“	34
5.3.2.2	Das LexiKON.....	35
5.3.3	Neuer Stadtteil Hafner	36

5.4	Prozessanpassung durch Satellitendaten und Digitalisierung	37
6	Ideen aus anderen Städten und Ländern für Konstanz	38
6.1	Wien: Europäische Ideenschmiede zur Klimaresilienz.....	38
6.2	Paris: grün blaue Oase Clichy Batignolles	39
6.3	Masdar-City: Musterprojekt für die Hitzeanpassung	40
6.4	Kopenhagen: Prinzip einer Schwammstadt erklärt	41
6.5	Karlsruhe: digitaler Rahmenplan für Klimaanpassung	43
6.6	Zusammenfassung:	43
7	Copernicus.....	44
7.1	Satelliten und Sensoren zur Erdbeobachtung.....	44
7.2	Copernicus Datenquellen.....	46
7.3	Copernicus Dienste.....	49
8	Stakeholderidentifikation.....	52
8.1	Stakeholderanalyse – eine Einführung	52
8.2	Identifikation von Stakeholdern für CoKLIMAx.....	53
9	Fazit	56
V	Literaturverzeichnis	i
VI	Anhang	viii

I **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Verlauf globaler Temperatur, CO ₂ -Konzentration und Sonnenaktivität.....	3
Abb. 2: Globale Temperaturveränderung 2081-2100 im Vergleich zu 1986-2005 für (a) ein gutes und (b) ein schlechtes Klimaszenario.....	4
Abb. 3: Die wärmsten Jahre in Deutschland.....	5
Abb. 4: berechnete Jahresmitteltemperatur in BW nach Daten vom Deutschen Wetterdienst	7
Abb. 5: Veränderung der Anzahl an Hitzetagen	8
Abb. 6: Prinzipielle Vorgehensweise zur Erstellung einer Stadtklimakarte nach Lohmeyer 2008.....	20
Abb. 7: Klimafunktionskarte ohne Maßstab mit Legende	22
Abb. 8: Ausschnitt Zukunftsszenarien	23
Abb. 9: mögliche Prozessstruktur zur Klimaanpassung.....	30
Abb. 10: Schritte zur Planung der Maßnahmen.....	31
Abb. 11: Prozessstruktur für das Gewerbegebiet Unterlohn.....	33
Abb. 12: Die 10 Handlungsfelder des LexiKONs	36
Abb. 13: (li) Sandbeton-Fassade (re) neuartiger Windturm in Masdar-City	40
Abb. 14: Beispiel für eine Schwammstadt, „Tasinge Plads“ Kopenhagen	42
Abb. 15: Satelliten seit 1985 zur Beobachtung des Meeresspiegels	45
Abb. 16: Darstellung der 6 Copernicus-Dienste.....	49
Abb. 17: Kategorien und Netzwerke	54
Abb. 18: Identifikation betroffener Bereiche.....	54

II Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Bewertung der Klimarisiken ohne Anpassung in 5 Stufen	10
Tab. 2: Anteil Abwasser in der Kläranlage in Konstanz 2020	17
Tab. 3: Übersicht über die verschiedenen Bänder des Multispektral Imagers	47
Tab. 4: Ablauf einer Stakeholderanalyse	53
Tab. 5: alternative Darstellung in interne und externe Stakeholder	55

III Abkürzungsverzeichnis

ASU	Amt für Stadtplanung und Umwelt
BauGB	Baugesetzbuch
CDS	Climate Data Store
DWD	Deutscher Wetterdienst
ESA	European Space Agency
GIS	Geografisches Informationssystem
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change (dt. Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen)
KSG	Klimaschutzgesetz
MIST	Masdar Institute of Technology
NASA	National Aeronautics and Space Administration
SWIR	Short Wave Infrared (dt. Kurzwellen Infrarot)
SWOT-Analyse	Analysis of Strength, Weakness, Opportunities, Threats (dt. Stärken-Schwächen-Chancen-Risiken-Analyse)

UHI	Urban Heat Island (dt. urbane Hitzeinsel)
VNIR	Visible and Near Infrared (dt. Sichtbar und Nahinfrarot)

IV Definitionen

Anthropogener Klimawandel	Fachbegriff für Beeinflussung des Klimas durch den Menschen
Autochthone Wetterlage	"eigenbürtige", durch lokale und regionale Einflüsse bestimmte Witterung, die durch ausgeprägte Tagesverläufe der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und der Strahlung gekennzeichnet ist
Bebauungsplan	verbindlicher Bauleitplan
CoKLIMAx	Nutzung von Copernicus-Daten zur klimaresilienten Stadtplanung am Beispiel Wasser, Wärme, und Vegetation
Eistag	Tag mit Maximaltemperatur unter 0°C
Flächennutzungsplan	vorbereitender Bauleitplan
Hitzeinsel	bestimmte Orte und Plätze in Städten, an denen die gefühlte Temperatur über dem Wohlfühlwert liegt
Hitzetag	Tag mit Maximaltemperatur von mindestens 30°C
Hitzewelle	mehrtägige Periode mit ungewöhnlich hohen Temperaturen
Hochwasser	zeitlich beschränkte Überflutung von normalerweise nicht mit Wasser bedecktem Land, ausgenommen sind Überschwemmungen aus Abwassersystemen

in-situ Daten	Daten, die anhand von Messungen vor Ort gewonnen werden
LiDAR	L ight D etection and R anging ist eine dem Radar verwandte Methode zur aktiven optischen Abstands- und Geschwindigkeitsmessung sowie zur Fernmessung atmosphärischer Parameter durch Laserscanning
Mischwassersystem	Schmutz- und Regenwasser in einem Kanal
Retentionsvolumen	Volumen, das ein stehendes Gewässer zusätzlich aufnehmen kann, um einen maximal zu erwartenden Zufluss speichern zu können
Rigole	unterirdisches Auffangbecken, das Regenwasser aufnehmen und versickern lassen kann
Stakeholder	eine Person oder Gruppe, die ein Interesse am Verlauf oder Ergebnis eines Prozesses oder Projektes hat, bzw. durch ein Vorhaben und dessen Auswirkungen betroffen sein könnte
Starkregen	große Niederschlagsmenge in kurzer Zeit gemäß Warnstufen des DWD
UHI-Effekt	Temperaturunterschied zwischen dem umliegenden Land und der Stadt

1 Einleitung

„Wir blasen unsere Kohleminen in die Luft. ... Es wäre leicht möglich, dass diese Veränderung den Planeten derart aufheizt, dass es jenseits aller menschlichen Erfahrungen läge.“¹

Schon zu Beginn der Industrialisierung gab es Menschen wie Svante Arrhenius, ein schwedischer Physiker und Chemiker, der das mögliche Ausmaß des anthropogenen Klimawandels erkannt hatte.

Mit dem Jahr 1881 begann die Zeit der systematischen Wetteraufzeichnungen. Heutzutage kann aus solchen Messungen eine aktuelle Vorhersage für ein paar Tage gewonnen werden. Infolge der Messungen über Jahrzehnte konnte man erstmals Durchschnittswerte bilden und so das Klima für einen Ort oder eine Region bestimmen. In den letzten Jahren stellt man fest, dass sich dieses Klima kontinuierlich verändert.

Mit Hilfe von Klimamodellen mit unterschiedlichen Vorgaben versuchen Wissenschaftler, die Klimaentwicklung für die nächsten Jahrzehnte zu prognostizieren. Unterdessen wird die Frage immer wichtiger, was die Menschheit zum Schutz des Klimas tun kann.

Auch in Städten wird sich das Klima langfristig ändern. Daher ist es wichtig, diese an den Klimawandel anzupassen und das mit möglichst allen verfügbaren Mitteln. CoKLIMAx soll genau dort ansetzen. Durch Aufbereitung und Verschneidung von Satelliten-Daten mit in-situ Messungen am Beispiel der Stadt Konstanz, soll eine digitale Toolbox geschaffen werden, durch die Maßnahmen zur Anpassung geplant werden können und der Prozess von Planungen vereinfacht wird.

Auf Grundlage von Gesprächen, die mit Mitarbeitern der Stadtverwaltung Konstanz geführt wurden, wird in dieser Bachelorarbeit die Ausgangslage in Konstanz im Hinblick auf die Klimaanpassung analysiert. Zudem werden Vorschläge zu zukünftigen Abläufen der Planung gemacht.

¹ Arrhenius (1859-1927)

2 Klimawandel

Das Klima auf der Erde ändert sich seit ihrer Entstehung immer wieder. Das Aussterben der Dinosaurier aufgrund der Folgen eines Meteoriteneinschlags oder die Eiszeit sind nur zwei „natürliche“ Beispiele. Seit der Mensch sesshaft geworden ist, hat er das Klima immer stärker beeinflusst: zunächst nur wenig durch Abholzung und Verbrennung; seit Beginn der Industrialisierung jedoch immer stärker durch extreme Emissionen von Treibhausgasen. Diesen anthropogenen Klimawandel einzudämmen, ist eine der größten Herausforderungen für die Menschheit.

2.1 Globaler Klimawandel

Einige Gase, u.a. Kohlendioxid und Methan, und Partikel in der Atmosphäre sorgen dafür, dass ein Teil der Sonnenenergie nicht direkt wieder abgestrahlt wird. Ohne diese Partikel wäre die Durchschnittstemperatur auf unserem Planeten, mit ca. -18°C , deutlich unterhalb des Gefrierpunktes und die Erde für uns Menschen unbewohnbar. Durch den natürlichen Treibhauseffekt stieg die Temperatur auf ca. 14°C an. Dieser ist wissenschaftlich seit 150 Jahren bewiesen.²

In Bohrkernen aus der Arktis und Antarktis kann man in tieferen Eisschichten eingeschlossene Luftblasen aus bis zu 800.000 Jahre alten Atmosphären finden und analysieren. Dadurch hat sich gezeigt, dass die damaligen Klimaänderungen sehr langsam über Zehntausende von Jahren abliefen. Durch weitere Untersuchungen wurden natürliche Ursachen für den aktuell starken Anstieg der Temperatur ausgeschlossen:³ Die Sonne zum Beispiel kann keine Ursache sein, da sie seit mehreren Jahrzehnten an Leuchtkraft verliert, der stärkste Anstieg der Temperaturen nachts gemessen wird und die größten Änderungen nicht am Äquator liegen, wo die Einstrahlung der Sonne am höchsten ist.⁴ Dennoch wurde in dieser Zeit der höchste Anstieg der globalen mittleren Temperatur verzeichnet, (siehe Abb. 1). Es ist zu erkennen, dass der Verlauf der Temperatur Parallelen zu Verlauf der CO₂-Konzentration aufweist, bei in etwa gleichbleibender Wirkung der Sonne. Die

² Was wir heute übers Klima wissen 2021, S.4

³ ebd.

⁴ Lesch 2018

Erkenntnis: der Temperaturanstieg ist hauptsächlich durch die menschliche Veränderung des Treibhauseffektes zu erklären.

Seit Beginn der Industrialisierung Ende des 18. Jahrhunderts geben die Menschen durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl und Erdgas) deutlich mehr Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre ab. Zudem werden auch immer noch Wälder (brand)gerodet und die Nutzung des natürlichen Bodens verändert, sodass darin weniger Kohlenstoff gespeichert werden kann. Auch die Trockenlegung von Mooren und das Auftauen der Permafrostböden vergrößert den Treibhauseffekt, da das darin gespeicherte Methan in die Atmosphäre entweicht.

Betrachtet man das Kohlendioxid, so ist sein Gasanteil an der Atmosphäre in den letzten 200 Jahren um ca. 50% gestiegen im Vergleich zu der Zeit vor der Industrialisierung. Besonders extrem waren die letzten drei Jahrzehnte.⁵ So hoch wie heutzutage lag die Konzentration Wissenschaftlern zu Folge noch nie in den vergangenen 800.000 Jahren.⁶

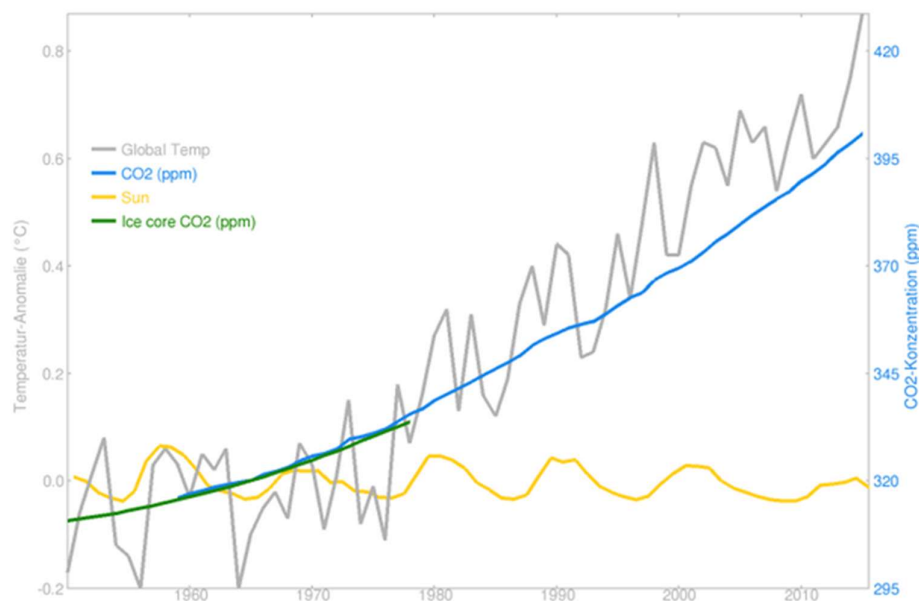


Abb. 1: Verlauf globaler Temperatur, CO₂-Konzentration und Sonnenaktivität⁷

⁵ Umweltbundesamt 2021

⁶ IPCC 2014, Kap. 1.2

⁷ unverändert übernommen aus Rahmstorf 2016

Abb. 2 zeigt die bis zum Ende des 21. Jahrhunderts prognostizierte Zunahme der Temperaturen auf der Welt für ein gutes und ein schlechtes Klimaszenario. Gut bedeutet die CO₂-Emissionen stark zu reduzieren und schlecht, dass der Klimawandel durch einen Anstieg an Treibhausgasen verschärft wird.

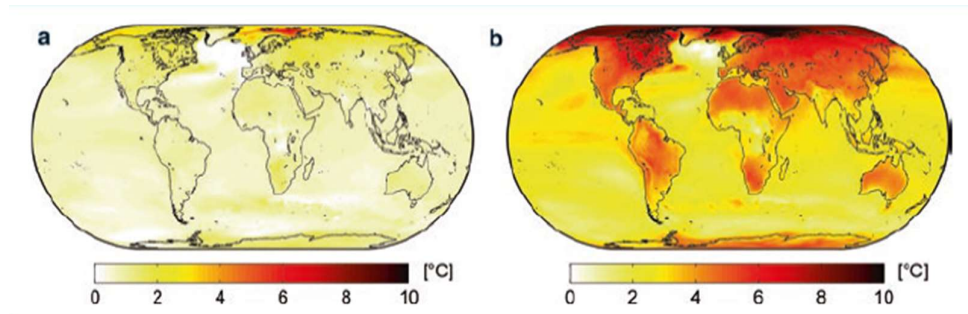


Abb. 2: Globale Temperaturveränderung 2081-2100 im Vergleich zu 1986-2005 für (a) ein gutes und (b) ein schlechtes Klimaszenario⁸

Orte, an denen sich der Klimawandel am stärksten manifestiert, sind die Polregionen. Anhand von Satellitenaufnahmen lässt sich beispielsweise für Grönland feststellen, dass die Insel heute schon ca. 300 km³ an Eismasse pro Jahr verliert, das entspricht etwa sechsmal der Füllmenge des Bodensees. Die Antarktis verliert etwa die Hälfte des Volumens an Eismassen. Das trägt zum Anstieg des Meeresspiegels bei. Durch Berechnungen von Klimaforschern wird festgestellt, dass der Meeresspiegel weltweit jährlich um ca. 3mm ansteigt. Außerdem werden die Gletscher in den Gebirgen durch die Erwärmung immer kleiner. Das wird in wenigen Jahrzehnten zu einem Problem der Wasserversorgung in bestimmten Gebieten der Erde führen können (z.B. der Himalaya in großen Teilen Asiens, oder die Anden, die als ein Hauptwasserspeicher für Peru gelten).

Außerdem beschleunigt sich dadurch der Temperaturanstieg noch einmal, da Land- bzw. Meerflächen weniger Strahlung reflektieren als Eisflächen.

⁸ unverändert übernommen aus Mission Erde, S.4

2.2 Lokaler Klimawandel

In Folge der globalen Erwärmung verändert sich das Wetter bereits auch in Deutschland. Experten stellen eine starke Zunahme an Extremereignissen fest.

Der Klimawandel fördert den Temperaturanstieg. Daher gibt es häufiger Tage mit hohen Temperaturen und weniger mit niedrigen Temperaturen geben. Durch normale Schwankungen kann es trotzdem noch zu kalten Winter- und milden Sommertagen kommen, die Wahrscheinlichkeit nimmt aber bei zunehmender globaler Erwärmung ab.

Deutschlands Temperaturanstieg liegt seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881 mit $+1,6^{\circ}\text{C}$ über dem globalen mit $1,2^{\circ}\text{C}$. Ein deutlicher Anstieg der gemittelten Temperatur ist seit den letzten 50 Jahren zu erkennen. Seit Beginn der Wetteraufzeichnung 1881 bis zum Jahr 2020 betrug der Anstieg jede Dekade auf den gesamten Zeitraum geschaut $0,12$ Grad Celsius. Werden nur die Jahre 1970-2020 betrachtet ist ein Anstieg von $0,38$ pro Jahrzehnt, also mehr als dreimal so hoch, zu erkennen.⁹ Zehn der wärmsten Jahre wurden im 21. Jahrhundert gemessen. Vergleicht man diese Temperaturen mit denen des Referenzzeitraums 1881-1910, so waren sieben Jahre über 2°C wärmer (siehe Abb. 3). Eine solch extreme Häufung an Rekordtemperaturen gab es in der Geschichte der Wetteraufzeichnung bisher noch nie.

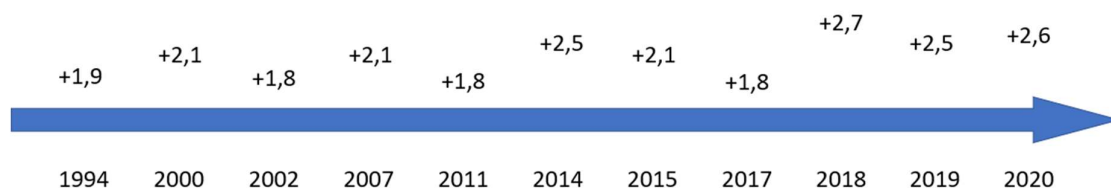


Abb. 3: Die wärmsten Jahre in Deutschland¹⁰

⁹ DWD 2020

¹⁰ Eigene Darstellung nach DWD

Dadurch hat sich auch die Anzahl der Hitzetage, über Deutschland gemittelt, seit den 50er Jahren von drei auf neun Tage pro Jahr verdreifacht.¹¹ Im gleichen Zeitraum haben die durchschnittlichen Eistage von 28 auf 19 Tage abgenommen.¹² 14-tägige lokale Hitzewellen, mit einem mittlerem Temperaturmaximum von über 30 Grad Celsius, waren früher sehr selten. In Hamburg zum Beispiel traten solche Ereignisse vor 1994 gar nicht auf, seitdem bereits aber sechs Mal und auch in anderen Regionen in Deutschland häufen sich solche Ereignisse.¹³ Bei gleichbleibender oder steigender CO₂-Emmission wird für 2031-2060 eine weitere Zunahme an Hitzetagen pro Jahr erwartet.

Durch den Anstieg der Temperaturen nimmt auch die Anzahl an Trockentagen zu. Zwar gehen Wissenschaftler nicht von einer Änderung der jährlichen Menge an Niederschlägen in Deutschland aus, jedoch prognostizieren sie aufgrund der verwendeten Klimamodelle, dass sich die Verteilung über das Jahr ändern wird. In den kalten Jahreszeiten werden sie zunehmen und im Frühjahr und Sommer abnehmen. Dadurch besteht die Gefahr, dass die Böden bis in tiefere Bereiche austrocknen und die Wasserstände von Grundwasser, Flüssen und Seen deutlich sinken. Dies hat für diverse Wirtschaftszweige, wie z. B. Schifffahrt, Landwirtschaft und Fischerei gravierende Folgen. Die Land- und Forstwirtschaft wird sich in Zukunft mit effizienter Bewässerung und geeigneter Baumartenwahl dem geringeren Wasservorkommen anpassen müssen.

In Baden-Württemberg war das Jahr 2020 eines der wärmsten seit dem Beginn der Wetteraufzeichnungen. Außerdem ist den Aufzeichnungen ein stetig steigender Trend der Temperaturen zu entnehmen. Der internationale Vergleichswert der Jahresmitteltemperatur, 8,1°C im Zeitraum von 1961-1990, wurde im letzten Jahr um 2,1°C übertroffen.¹⁴ Die Häufung von sehr milden Jahrestemperaturen hat in den letzten Jahren zugenommen (siehe Abb. 4). Der Anstieg beträgt ca. 1,5°C seit dem Jahr 1881. Vor allem die Wintermonate waren in Baden-Württemberg mit einer Durchschnittstemperatur von 3,6°C sehr mild. Infolgedessen gab es nur sechs Eistage im gesamten Winter gab.

¹¹ Extremwetterkongress 2021, S.7

¹² ebd.

¹³ ebd.

¹⁴ LUBW 2021, S.8

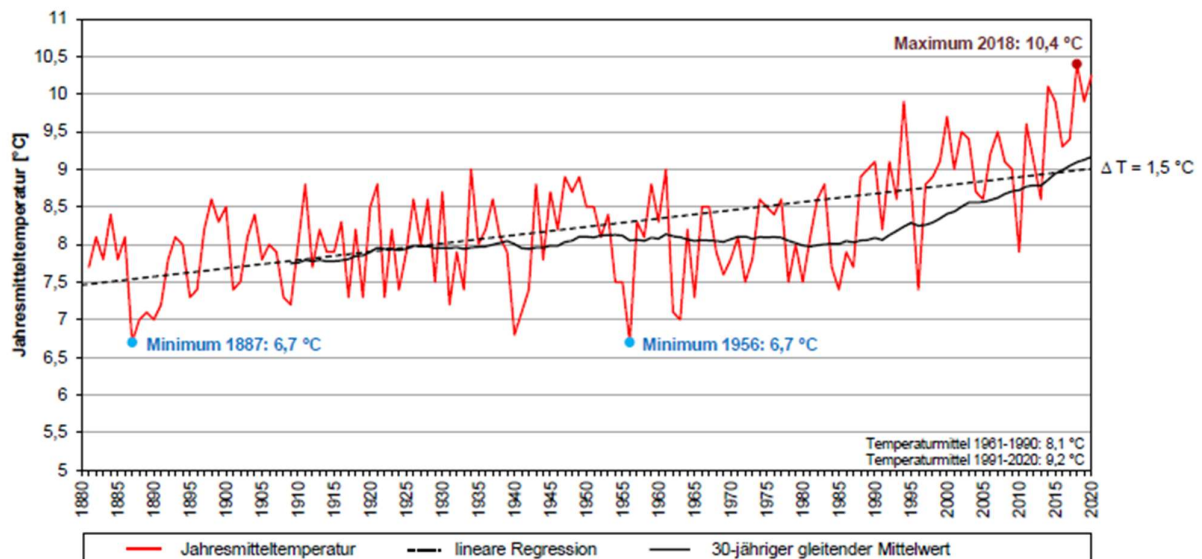


Abb. 4: berechnete Jahresmitteltemperatur in BW nach Daten vom Deutschen Wetterdienst¹⁵

Das bedeutet, dass die maximale Tagestemperatur den Gefrierpunkt nur an sechs Tagen unterschritten hat.¹⁶ Zum Vergleichszeitraum 1961-1990, der im Mittel 26,8 Eistage pro Jahr enthielt, waren das ca. 20 Tage weniger. In manchen Regionen Baden-Württembergs wurden sogar keine Eistage gemessen.

Betrachtet man die Sommermonate des Jahres 2020 ergibt sich ein erschreckendes Bild mit 13 Tagen, an denen die Maximaltemperatur über 30°C betrug. Durch Berechnungen mit Daten des DWD, kann man die Anzahl der Hitzetage in den Zeiträumen 1961-1990 und 1990-2019 gemittelt darstellen (siehe Abb. 5). Im Jahr 2003 gab es bisher die meisten Hitzetage, 27 Stück.

¹⁵ unverändert übernommen aus LUBW 2021, S.8

¹⁶ ebd.

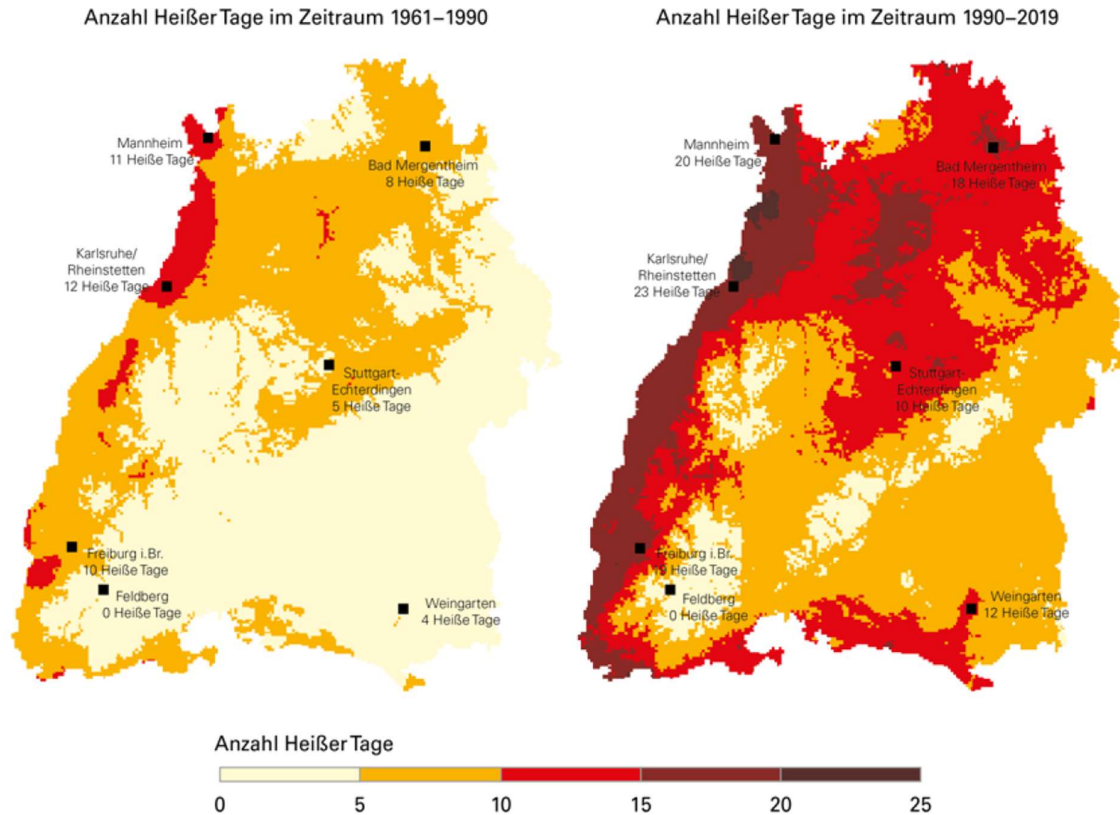


Abb. 5: Veränderung der Anzahl an Hitzetagen¹⁷

Man sieht, dass seit Anfang des 20. Jahrhunderts bis heute ein ungewöhnlicher Anstieg der Durchschnittstemperatur in Baden-Württemberg wie auch schon zuvor global oder deutschlandweit zu erkennen ist.

Extremwetterereignisse können sehr regional auftreten. Daher macht es Sinn sich auch in den Kommunen auf solche Ereignisse vorzubereiten. Der Sommer 2021 hat gezeigt, was Extremwetter, in diesem Fall Starkregen und Hochwasser, für lokale Schäden anrichten können. Das Ausmaß dieser hätte reduziert werden können, wenn die betroffenen Kommunen früher gehandelt hätten.

¹⁷ unverändert übernommen aus Monitoringbericht 2020, S. 17

2.3 Auswirkungen des Klimawandels auf den Menschen und die Wirtschaft

Schon seit Jahrzehnten warnen Meteorologen, andere Forscher und Institute vor den Folgen des anthropogenen Klimawandels. Diese bestehen im Wesentlichen in der Zunahme von Extremwetterereignissen (Hitze, Starkregen, Stürme, ...) in Bezug auf die Häufigkeit, die Dauer und besonders auch die Stärke. Dabei sind Regionen weltweit jedoch unterschiedlich betroffen. Zum Teil erstreckt sich die Auswirkung eines solchen Ereignisses nur auf eine eng begrenzte Region, wie beispielsweise Tornados oder stillstehenden Gewitterzellen (z.B. in Münster 09.06.2014), zum Teil auf ganze Länder wie bei den Dürren der letzten Jahre in Afrika.

Im Hinblick auf Deutschland hat das Umweltbundesamt im Jahr 2021 diese Risiken des Klimawandels auf unterschiedliche Bereiche in zwei Zukunftsszenarien über den Zeitraum 2031-2060 dargestellt: Im ersten Szenario bleibt die Temperaturzunahme bis 2050 auf 2,4°C im Vergleich zur frühindustriellen Zeit begrenzt (schwächerer Klimawandel); im zweiten erhöht sich der Jahresmittelwert der Temperatur im selben Zeitraum für Deutschland um 3°C (starker Klimawandel) (siehe Tab. 1).

Anhand der Prognosen ist zu erkennen, dass besonders die existentiellen Bereiche wie Landwirtschaft, Wald- und Forstwirtschaft, Fischerei, Küsten- und Meeresschutz, Wasserhaushalt und menschliche Gesundheit bei einer starken Erwärmung ohne Anpassungen sehr stark betroffen sein werden.

Tab. 1: Bewertung der Klimarisiken ohne Anpassung in 5 Stufen¹⁸

Handlungsfeld	Klimarisiken ohne Anpassung		
	Gegenwart	Mitte des Jahrhunderts	
		Schwächerer Klimawandel	Starker Klimawandel
Biologische Vielfalt	gering	mittel	mittel-hoch
Boden	gering-mittel	gering-mittel	mittel-hoch
Landwirtschaft	mittel	mittel	hoch
Wald und Forstwirtschaft	mittel	mittel	hoch
Fischerei	gering-mittel	mittel	hoch
Küsten- und Meeresschutz	mittel	mittel	hoch
Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft	mittel	mittel	hoch
Bauwesen	mittel	mittel	mittel-hoch
Energiewirtschaft	gering	gering	gering
Verkehr, Verkehrsinfrastruktur	gering-mittel	gering	mittel
Industrie und Gewerbe	mittel	gering	mittel
Tourismusbirtschaft	gering	gering	mittel
Menschliche Gesundheit	mittel	mittel	hoch

Es wird erwartet, dass durch Anpassungsmaßnahmen die Risiken laut dieser Untersuchung deutlich gesenkt werden, auch wenn sich die positiven Auswirkungen mancher Maßnahmen, zum Beispiel das Anpflanzen von Bäumen, erst in Jahrzehnten bemerkbar machen werden.

Die einzelnen Risiken werden im nächsten Kapitel näher betrachtet.

2.3.1 Wirtschaftliche Folgen des Klimawandels

Der Klimawandel führt zu immer stärker steigenden Kosten, sei es durch wachsende Gesundheitskosten, Vernichtung von Vermögenswerten, Beseitigung von Sturm- und Überschwemmungsschäden, Hilfsfonds für Betroffene hier und weitere Folgen weltweit.

Angesichts der Beschleunigung des Klimawandels ist es daher nötig, neben dem Klimaschutz auch in vielfältige Maßnahmen der Klimaanpassung zu investieren. Dabei

¹⁸ Umweltbundesamt KWRA 2021, S.9

ist zu bemerken, dass in den Weltregionen, in denen die Menschen am meisten unter dem Klimawandel leiden, kaum Geld investiert wird bzw. die finanziellen Möglichkeiten dort nicht vorhanden sind.

Letzteren soll der neuaufgelegte Klimafonds helfen, dem bisher 232 Millionen US-Dollar zugesagt wurden, davon 58 Millionen Dollar aus Deutschland.¹⁹ Betrachtet man allerdings die immensen Kosten der Zerstörungen in den betroffenen Regionen, so wird ein Vielfaches an regelmäßigen Spenden nötig sein. Dieses ist auch im Interesse der sogenannten Industrieländer, da sonst die Fluchtbewegungen in ihre Richtung noch weiter zunehmen, was wiederum auch die sozialen Kosten vergrößern wird.

In Deutschland finden Investitionen in die Klimaanpassung bisher noch nicht die erforderliche Akzeptanz in der breiten Bevölkerung. Es ist jedoch anzunehmen, dass sich das spätestens seit den Überschwemmungen im Sommer 2021 im Ahrtal geändert hat, zumal in der Situation viele Menschen umgekommen sind. Die Munich RE beziffert die materiellen Kosten der Sturzflut in Europa des Jahres 2021 auf ca. 46 Milliarden Euro, allein in Deutschland 33 Milliarden Euro.²⁰ Es sei das zweitteuerste Ereignis weltweit gewesen. Die Stürme in Amerika verursachten laut einer Studie der britischen Organisation Christian Aid als teuerstes Ereignis 88 Milliarden Dollar. Für die Überschwemmungen z.B. im Sudan gibt es keine Einschätzungen der finanziellen Kosten jedoch mussten mehr als 800 000 Menschen flüchten.²¹

Eine weitere Schwierigkeit in politischen Diskussionen ist, dass die Berechnung der durch den Klimawandel verursachten Schäden und die durch Anpassung vermiedenen Schadenskosten immer auf Modellrechnungen und Projektionen für die Zukunft beruhen – und somit unterschiedlich interpretierbar sind.

Vor allem durch die weltweiten Ereignisse im Jahr 2021 wird die Dringlichkeit deutlich, mit der Klimaanpassungsmaßnahmen verfolgt werden müssen: Sei es frühere Warnmöglichkeiten bei sich anbahnenden Starkregen- oder Hitzeereignissen, bis hin zu der Berücksichtigung von Klimagesichtspunkten sowohl bei Neubauprojekten, als vor allem auch eine Anpassung von bestehenden Gebäuden oder Stadtteilen an den

¹⁹ Germanwatch 2021

²⁰ Munich RE 2022

²¹ Christian Aid 2021, S. 6

Klimawandel durch energetische Sanierung, nachträgliche Begrünung, versickerungsfähige Beläge oder Ähnliches.

Um diese zusätzlichen Kosten aufbringen zu können, haben Städte und Kommunen unterschiedliche Möglichkeiten:

- Finanzierung aus dem eigenen Budget
- Aus Fördertöpfen von Land, Bund oder EU
- Durch Spenden

Neben Befürchtungen um hohe Kosten bieten Klimaschutz und -anpassung auch Chancen: eine bessere Umwelt, neue Lösungen in Industrie, Schaffung von neuen Arbeitsplätzen und ein anderes Bewusstsein für den Umgang mit der Umwelt.

2.3.2 Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit der Menschen

Bei den gesundheitlichen Folgen des Klimawandels kann man die direkten und indirekten Auswirkungen unterscheiden, die im Folgenden näher ausgeführt werden.

2.3.2.1 Beispiele für direkte Auswirkungen

Wie oben erläutert nehmen die jährlichen Hitzetage und Hitzewellen zu. Liegen die Temperaturen längere Zeit über 30°C und kühlt es auch nachts vor allem innerhalb der Städte nicht spürbar ab, so führt dies vermehrt zu akuten gesundheitlichen Belastungen v.a. in den vulnerablen Gruppen wie Säuglinge, Ältere und Vorerkrankte. Die Risiken für akute Kreislaufprobleme – auch aufgrund von Dehydrierung – steigen stark an und reichen bis zum Kreislaufkollaps und Tod. Die Hitzewellen über Kanada, den USA und Südeuropa im Sommer 2021 haben viele Opfer gefordert. Allein in Kanada werden Hunderte unerwartete Todesfälle im Sommer darauf zurückgeführt.²² In Berlin waren es in den Jahren 2018 -2020 fast 1400 laut dem Amt für Statistik Berlin-Brandenburg.²³

Auch die häufigeren Starkregen und Hochwasserereignisse führen zu mehr akuten Schäden, durch Ertrinken, schwere Verletzungen oder auch akuten Infektionen aufgrund der Verschmutzung durch Abwasser bei Überflutungen und Überlastung der Kanalisation.

²² ZDF 2021

²³ rbb 2021

2.3.2.2 Beispiele für indirekte Auswirkungen

Diese sind umfangreicher und auch nicht so sicher in Zahlen zu fassen. Sie zeigen sich v.a. auf drei Arten: Zunahme von Infektionskrankheiten, von Allergien, und auch von psychischen Erkrankungen.

Die Änderungen der klimatischen Bedingungen in Deutschland begünstigen die Verbreitung von Krankheitserregern aus wärmeren Ländern, die v.a. mit Insekten als blinden Passagieren in Transporten oder im Gepäck von Touristen mitreisen.

Aber auch bei heimischen Arten wie Zecken oder Mücken nimmt die Ausbreitung und die Lebensdauer im Jahr zu; damit auch die Gefahren für den Menschen, an z. B. der Borreliose zu erkranken. Auch Salmonellen vermehren sich bei höheren Temperaturen schneller und werden dadurch infektiöser. Es ist ein Anstieg an Erkrankten von 5-10% pro 1°C Temperaturzunahme zu beobachten.²⁴

Ebenfalls ist ein Anstieg von Allergien festzustellen. Durch Verschiebung der Vegetationsperioden verlängert sich der Zeitraum des Pollenflugs, einwandernde Pflanzen- und Käferarten reizen stark das Immunsystem, und im Sommer werden teilweise Binnengewässer gesperrt, weil sich Blaualgen explosionsartig vermehren, die Kontaktallergien auslösen können.

Nicht unterschätzt werden dürfen auch die negativen Folgen des Klimawandels auf die psychische Gesundheit der Betroffenen. Manche Menschen z.B. in Ulm, die von einem Starkregen am 31.5.2016 betroffen waren, reagieren seitdem mit Stress und Angst auf Wetterankündigungen von starken Regenfällen. Um die Folgen von diesen Ereignissen in Zukunft abzumildern, wurden dort in den letzten Jahren Maßnahmen ergriffen wie z. B. Flächen für Versickerungsmöglichkeiten zu schaffen.

²⁴ Klimawandel in Deutschland 2017, S.142

3 CoKLIMAx

Das Projekt will große Mengen an Daten über das Klima für Kommunen nutzbar machen. Initiiert wird das Vorhaben am Beispiel der Stadt Konstanz und soll später auch für andere Kommunen verfügbar sein. Durch eine Förderung des Bundesforschungsministeriums konnte das Projekt im November vergangenen Jahres offiziell gestartet werden. Wissenschaftler der HTWG Konstanz, Forschende der Uni Stuttgart, der TU München, von GERICS, Hereon und Mitarbeiter der Stadtverwaltung Konstanz werden in den nächsten drei Jahren zusammen eine digitale Toolbox erstellen, welche die Verschneidung von Copernicus-Daten mit in-situ-Daten ermöglicht. Das soll die aktuelle Situation, dass Kommunen – wie eben auch Konstanz – klimarelevante Projekte an Fachfirmen vergeben müssen, ändern. Aktuell haben Kommunen nicht die Kapazitäten diese Analysen selbst durchzuführen und daher kann es einige Zeit dauern, bis man verwertbare Ergebnisse besitzt.

Die Auswirkungen der starken Regenfälle und des Hochwassers im Juli 2021 hätten durch Beachtung von Copernicus-Daten nicht so verheerend ausfallen müssen. „Unzählige europäische Forscher haben schon Tage vor der Flutkatastrophe mehr als 25 Warnungen auf Basis von Copernicus-Daten an die deutschen Behörden gerichtet.“²⁵

Die Daten von Copernicus reichen von der Vergangenheit in die Gegenwart bis hin zu Prognosen für die Zukunft. Daher ergibt sich ein Riesenvorteil, das durch Aufbereitung durch diese Toolbox brandaktuelle Daten für Projekte in der Klimaanpassungsplanung zukünftig genutzt werden können.

²⁵ Prof. Dr. Michael Bühler, 2021; im Südkurier vom 12.10.21

4 Ausgangslage in Konstanz

Die nachfolgende Ausgangslage in den Bereichen Wasser, Wärme und Vegetation in Konstanz wurde anhand von Gesprächen mit Mitarbeitern der Stadtplanung erstellt.

4.1 Wasser

Aufgrund der Lage von Konstanz direkt am Bodensee, der durch sein Volumen viel Wasser speichern kann, und dadurch, dass sich in der Landschaft um Konstanz keine großen Steillagen befinden, ist die Stadt im Vergleich zu anderen Städten relativ gut gegen Wasser in Form von Hochwasser geschützt. Starkregen kann jedoch in jeder Region auftreten und zu schwerwiegenden Folgen führen. Im Juli 2021 gab es auch in Konstanz beim Motorsportclub Konstanz am Bettenberg Überschwemmungen durch Starkregen. Die Gaststätte „Treffpunkt mit Herz“ stand unter Wasser.²⁶ Die Böden in der Region waren gesättigt und es hat längere Zeit ziemlich stark geregnet, sodass der Boden kaum Wasser mehr aufnehmen konnte. Gewässer mussten freigelegt und an gewissen Stellen die Vegetation rückgebaut werden, um den Abfluss erhöhen zu können. „Aufgrund dieser Erfahrung hat das Amt für Stadtplanung und Umwelt (ASU) nun vor in der freien Landschaft Retentionsvolumen zu schaffen. Das kommt zum einen dem Naturschutzgebiet mit vielen Biotopen zugute, welches das Wasser in trockenen Zeiten benötigt, aber man soll auch bei starkem Regen das Wasser in eine Flutmulde ableiten können, falls es von den topographischen Möglichkeiten her gegen ist.“

Für das ASU ist das Ziel das Wasser so gut wie möglich aus der Stadt zu halten. Bei Baugebieten, die in hochwassergefährdeten Gebieten neu erschlossen werden, wie zum Beispiel am Döbele ist die Planung so zu gestalten, dass ein 100-jähriges Hochwasser nicht in den Wohnbereich gelangen kann, sondern zum Beispiel in einer Flutmulde direkt in den Seerhein geleitet wird. Außerdem wird in Zukunft versucht die Kanalisation durch das System einer Schwammstadt (siehe Kapitel 6.4) zu entlasten.

Ein weiterer wichtiger Punkt im Aspekt Wasser ist die Kanalisation und das anfallende Abwasser.

²⁶ Südkurier, 2021

In Konstanz wird zu 70% im Mischwassersystem entwässert. Neue Baugebiete werden prinzipiell im Trennsystem erschlossen müssen jedoch je nach Lage an das bestehende Mischwassersystem angeschlossen werden. Insgesamt beträgt die Kanallänge 291,3km. Davon sind 173,4km Mischwasserkanäle, 68,1 Regenwasserkanäle, 36,6km Schmutzwasserkanäle und 13,2km Druckleitungen überwiegend mit Mischwasser. Die allgemeinen Bemessungen der Kanalisation lauten:

Die Bemessung von ca. 90 % der Hauptsammler und ein Großteil des bestehenden Kanalnetzes wurden nach den geltenden Bemessungsregeln der 1970er und 1980er Jahre geplant und gebaut. Der, nach den damals geltenden Bestimmungen, für die Berechnung der erforderlichen Kanalrohrdurchmesser angesetzte Bemessungsregen mit einer Dauer von 15 Minuten und einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von > 1 Jahr wurde seinerzeit für den Bereich Konstanz auf eine Abflussmenge von 130-150l/s pro Hektar befestigter Fläche festgelegt. Mit der Einführung der Europäischen Norm DIN EN 752 Ende der 1990er Jahre wurde die zulässige, jährliche Überschreitungshäufigkeit der Bemessungsregen wesentlich nach oben korrigiert. Das bedeutet, dass ein Versagen des Kanalnetzes wesentlich seltener auftreten darf.

Allerdings gelten diese neu eingeführten Bemessungsregeln nur für Neuplanungen. Die DIN EN 752 weist ausdrücklich darauf hin, dass daraus für Kommunen keine zwangsläufige Verpflichtung besteht, die vorhandenen Entwässerungsnetze an die neu geltenden Regeln anzupassen. Bestehende Systeme müssen grundsätzlich den Anforderungen genügen, die zum Zeitpunkt ihrer Erstellung Gültigkeit hatten.

Für die Bemessung des Kanalnetzes der Stadt Konstanz bedeutet das, dass neue Kanäle, z. B. in Baugebieten nach den derzeit geltenden Regeln bemessen werden. Bei der Erneuerung von bestehenden Kanälen wird die Größe des gewählten Bemessungsregens den örtlichen Gegebenheiten angepasst. Eine Aussage zur Netzdimensionierung für Extremregenereignisse macht wenig Sinn, da eine Bemessung auf diese extrem seltenen Ereignisse aus praktischen Gründen (Kanalbetrieb) und finanziellen Gründen (große Rohrdurchmesser) ausgeschlossen ist. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das Kanalnetz der Stadt in seinen Hauptteilen Starkregenereignisse mit der Wahrscheinlichkeit einer jährlichen Wiederholung von $n = 8-10$ Jahre ohne großflächiges hydraulisches Versagen ableiten kann.

Dennoch ist es schwierig eine pauschale Aussage über die Kanalisation zu treffen. Bezüglich der Mengen, die zur Kläranlage gelangen, ist folgende Tabelle aus dem Jahr 2020. Aus dem Zulauf zur Kläranlage lässt sich der Regenwasseranteil berechnen (siehe Tab. 2).

Tab. 2: Anteil Abwasser in der Kläranlage in Konstanz 2020²⁷

Auswertung ZKA KN + Mitbetreiber	Gleitendes Minimum	ZKA Gesamt	KN	Kreuzlingen	Tägerwilen- Gottlieben	ARV Östl. Bodanrück	Anteil Konstanz
Betriebsjahr 2020							berechnet aus ZKA- CH-ARV
Jahresabwassermenge	in m ³ /a	13.845.708		2.642.051	675.988	1.632.772	8.894.897
Jahresabwassermenge	in %	100,0		10,1	4,9	11,6	64,2
Jährl. Schmutzwasserabfluss	in m ³ /a	7.668.339		1.691.660	415.491	696.941	4.864.247
Ergebnis Jahresschmutzwassermenge	in m ³ /a	9.743.656		1.822.740	450.336	1.126.195	6.344.383
Ergebnis Fremdwasseranteil	in %	21,3		7,2	7,7	38,1	23,3
Berechneter jährl. Fremdwasserabfluss	in m ³ /a	2.075.421		131.249	34.662	428.973	1.480.536
Berechneter jährlicher Regenabfluss	in m ³ /a	4.191.948		819.142	225.825	596.858	2.550.114

Der Anteil entspricht aber nicht der gesamten Regenmenge in Konstanz und Umgebung. Es fehlen die versickerten Niederschläge, Mengen, die in einen Vorfluter geleitet werden und auch die Mischwasserabschläge bei Starkregen aus dem Mischwassersystem.

Die Entsorgungsbetriebe Konstanz haben im Jahr 2017 flächendeckend die gesplittete Abwassergebühr eingeführt. Die Abwassergebühr setzt sich aus Schmutz- und Niederschlagswasser zusammen. Es hat nicht nur einen finanziellen Vorteil, wenn man den Niederschlag versickern lässt, da die Gebühren im Abwasser entfallen, sondern

²⁷ Hertig, 2021

ist auch ökologisch von hoher Wertigkeit, da das Wasser dem Grundwasser zugefügt werden kann.

In Konstanz selbst gibt es keine Grundwassermessstelle. Dennoch kann man sagen in Rheinnähe entspricht der Grundwasserspiegel dem Spiegel des Rheins, entlang des Bodenseeufer dem des Bodensees. Die Hochwassermarken werden bei Neubauten am Rhein als Bemessungsmarkenspiegel festgelegt. Die Tendenz der Grundwasserabsenkung in Baden-Württemberg kann man nicht auf jeden Bereich des Landes übertragen, da deutliche Unterschiede in den Regionen vorhanden sind. Zudem kommt es darauf an, aus welcher Schicht das Grundwasser entnommen wird. Die oberste Schicht ist von Niederschlägen und Versickerung stark abhängig. Bis Dürren oder Trockenphasen sich in tieferen Schichten manifestieren benötigt es mehrere Jahre oder Jahrzehnte. Deshalb sind die Aussagen abzuwägen und mit Vorsicht zu genießen, da es ohne genaue Kenntnis der speziellen Situation schwierig ist konkrete Aussagen zu machen. Der Landkreis Konstanz kommt im Großen und Ganzen mit Hitzeperioden gut zurecht und die Stadt Konstanz durch Wasserentnahme aus dem Bodensee erst recht. Die Wasserversorgung in Konstanz ist demzufolge auch in extremen Situationen für die Bewohner der Stadt und umliegenden Stadtteilen gesichert.

Im Vergleich zu den Vorjahren kann man aber folgende Erkenntnisse für das Jahr 2021 gewinnen. Die Grundwasserneubildung und -abnahme hat sich klimabedingt im Jahresrhythmus verschoben. Die Grundwasserneubildung fand nicht mit der Schneeschmelze statt wie die letzten Jahre. Deshalb gab es eine Phase, in der der Grundwasserstand unterdurchschnittlich im Vergleich zu den Vorjahren war aber das war in dem Jahr zeitlich vor der Grundwasseranreicherung. Allgemein kann man daraus schließen, dass die Schneeschmelze nicht so starke Auswirkungen auf die Grundwasserneubildung hat, wie in den vergangenen Jahren.

4.2 Wärme

Hitzeinseln sind bestimmte Orte und Plätze in Städten, an denen die gefühlte Temperatur über dem Wohlfühlwert liegt. Dort staut sich die Hitze aufgrund von hohem Versiegelungsgrad, vielen Gebäuden, die sich stark aufheizen, und vergleichsweise wenig grüner und blauer Infrastruktur.

Nachts sind diese Orte am besten zu identifizieren, da sie im Gegensatz zum Umland aufgrund der angestauten Hitze nicht oder kaum abkühlen. Das wirkt sich wiederum auf die Gesundheit der Menschen aus, in Form von Schlafstörungen bis hin zu Kreislaufversagen oder Herzinfarkt.

Dabei sind vorhandene Frischluftströmungen aus den ländlichen Gebieten von besonders hoher Wichtigkeit. Doch diese müssen an die richtigen Orte geschleust werden. Deshalb ist es wichtig bei neuen Bauvorhaben oder Sanierungen die Luftschneisen nicht zu blockieren.

Der sogenannte UHI-Effekt gibt den Temperaturunterschied zwischen dem umliegenden Land und der Stadt an. Durch in Zukunft immer weiter wachende Städte wird der Effekt extremer, wenn man keine Maßnahmen zur Temperaturreduzierung in den Städten durchführt.

Die Klimaanalyse in Konstanz aus dem Jahre 2015 zeigt eindeutig, dass die Altstadt und das Industriegebiet Probleme mit Hitze haben. Im Vergleich zu anderen Städten, kommt die Lage von Konstanz am Bodensee wie auch schon in der vorherigen Kategorie Wasser dem Stadtklima zugute.

Die Grundlage der Untersuchung ist die Analyse des Ist-Zustandes. Dafür benötigte das Institut für Klima- und Energiekonzepte (INKEK) sehr detaillierte Daten, wie beispielsweise Höheninformation, Fließgewässer, Flächennutzung und Gebäudeinformationen, um eine möglichst genaue Analyse durchführen zu können (siehe Abb. 6).

Die Klimafunktionskarte, das Ergebnis der Analyse, wurde aus diversen Themenkarten erstellt. Außerdem wurde die Analyse in zwei Richtungen vollzogen.

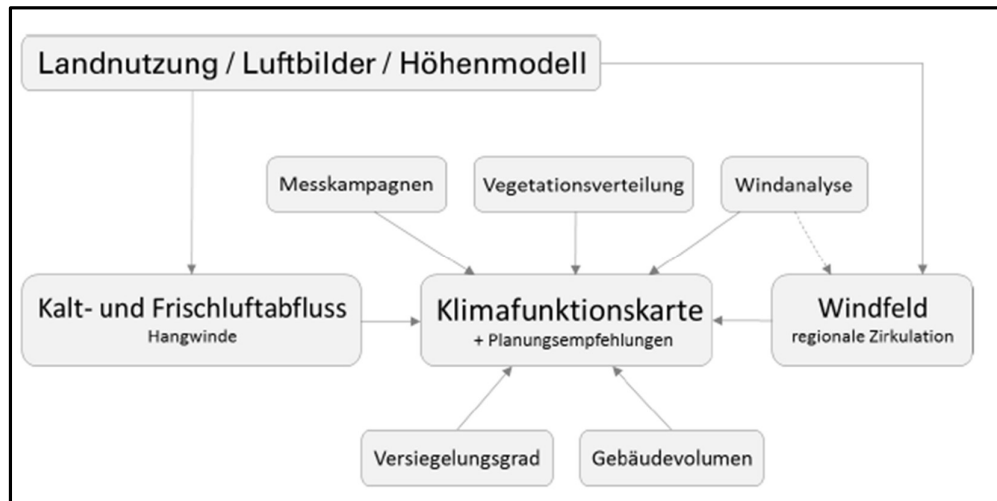


Abb. 6: Prinzipielle Vorgehensweise zur Erstellung einer Stadtklimakarte nach Lohmeyer 2008²⁸

Zu beachten ist, dass keine komplett automatisierte Erstellung trotz umfangreicher Daten möglich ist, da es sehr auf die Gewichtung dieser durch den Bearbeiter ankommt.

Das untersuchte Gebiet Konstanz hat eine Größe von ca. 5,6ha und beinhaltet sowohl das Stadtgebiet als auch die umliegenden Dörfer und Waldgebiete. Die Stadt Konstanz profitiert sehr von Land-See-Wind Phänomenen, welche zusätzlich zur Belüftung der Stadt beitragen. Der Bodensee hat sehr großen Einfluss auf das regionale Klima. Für die Analyse müssen anfangs die klimatischen Bedingungen festgelegt werden. Es sollte ein sommerliches Klima herrschen, das heißt hoher Luftdruck, geringe Windgeschwindigkeiten und geringe beziehungsweise kaum Bewölkung vorhanden sein²⁹. Das hat zur Folge, dass kein Luftaustausch stattfinden kann und dadurch die höchste klimatische Belastungssituation dargestellt werden kann.

Die Funktionsanalyse erfolgt danach in zwei unterschiedlichen Analysen, der dynamischen und der thermischen. Das Ziel dahinter ist eine Herausarbeitung klimafunktionaler Eigenschaften und deren Zusammenhänge im Untersuchungsgebiet. Aus der Zusammenführung der beiden Analysen können klimaökologische Faktoren, wie Potenziale, Defizite und Funktionen, entnommen werden. Um diese Zusammensetzung erfolgreich zu gestalten, müssen Kriterien und

²⁸ Unverändert übernommen aus Klimaanalyse Konstanz 2015, S.4

²⁹ Klimaanalyse Konstanz 2015, S.8

Gewichtungen gewählt werden, die die Realität und den gewünschten Schwerpunkt möglichst genau wiedergeben und dann in Kartenform dargestellt werden können.³⁰

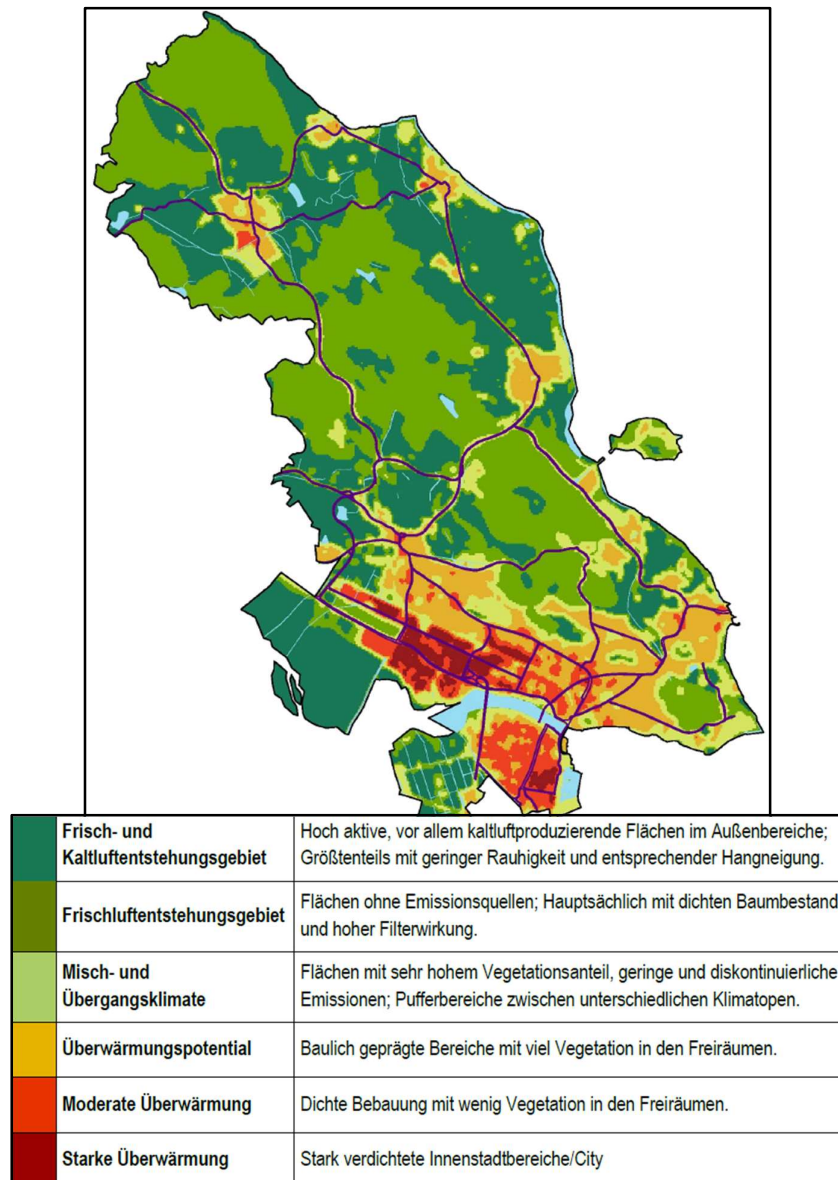
In der dynamischen Analyse werden die wesentlichen Funktionen des Lufttransports und -austauschs untersucht. Dazu gehören unter anderem das Land-See-Wind Phänomen, die Luftleitbahnen sowie Kaltluftabfluss und -stau. Die Untersuchung bezieht sich hauptsächlich auf autochthone Wetterlagen, um klimabedingte Problemwetterlagen besser darstellen zu können.

Die Grundlage der dynamischen Analyse ist die sogenannte Relieftypisierung. Auf Basis eines digitalen Geländemodells und topographischen Karten können klimarelevante Faktoren, wie Hangneigung und daraus entstehende Luftleitpotenziale identifiziert werden. Zusätzlich erfolgt die Typisierung der Struktur. Dabei wird die Oberflächenrauigkeit anhand von Luftbildern, die unterschiedlichen Nutzungen der Flächen und topographischen Karten, bestimmt. Durch die verwendeten Daten können potenzielle Barrieren durch die Bebauung gefunden und in die Klimaanalyse mit eingebracht werden. Daraus ergeben sich durch Berechnungen die Luftleitpotenziale und -bahnen mit Richtungen des Abflusses im Untersuchungsgebiet Konstanz.

Bei der thermischen Analyse werden die vorherrschenden thermischen Faktoren und Muster während autochthoner Wettersituationen betrachtet. Hierbei ist die Nutzungsart von Flächen die Grundlage der Untersuchung. Der Versiegelungsgrad hat großen Einfluss auf thermische Situationen. Da aber die Ausdehnung nach oben ebenfalls einen hohen Stellenwert hat, muss die Gebäudemasse und -dichte besonders beachtet und identifiziert werden. Dabei können durch Untersuchungen und Berechnungen zusätzliche potenzielle Überwärmungen bestimmt werden.

Durch die Zusammenführung der beiden Analysen, der dynamischen und thermischen, lassen sich der tatsächliche Überwärmungsgrad und Kaltluftansammlungen örtlich bestimmen.

³⁰ Klimaanalyse Konstanz 2015, S.9

Abb. 7: Klimafunktionskarte ohne Maßstab mit Legende³¹

Auf der Klimafunktionskarte ist zu erkennen, dass die unbebauten Hangflächen in den Außenbereichen Kaltluft produzieren. Für die Klimaanpassung ist es wichtig, dass diese über Luftleitbahnen in die städtischen Bereiche geführt werden. Hierbei dürfen keine Behinderungen in Form von Bebauung vorhanden sein. Allgemein wurde anhand der Topografie herausgefunden, dass die Abflussrichtungen hangabwärts Richtung See beziehungsweise Rhein laufen.

³¹ unverändert übernommen aus Klimaanalyse Konstanz 2015, S. 14

An heißen, windarmen Tagen herrscht eine sommerliche Schwüle mit reduziertem Luftaustausch in den städtischen Gebieten, besonders in der Innenstadt und dem Industriegebiet. Dies kann zu gesundheitsgefährdeten Szenarien wie beispielsweise Hitzestress führen (vgl. Kapitel 2.3.2). Die Flächen mit hohem Versiegelungsgrad und oder dichter Bebauung sollten unter Berücksichtigung des Luftaustauschs klimatisch mit weiteren Maßnahmen angepasst werden. Dafür eignet sich vor allem Vegetation in Form von grünen Oasen für Verschattungsmöglichkeiten, Fassaden- und Dachbegrünung für ein angenehmeres Klima. Neben der Klimafunktionskarte wurden zwei Zukunftsszenarien anhand des Flächennutzungsplans und dem Klimawandel innerhalb der Analyse erstellt.

Das Szenario Flächennutzungsplan wurde für die Zukunftssituation im Jahr 2030 erstellt. Dabei wurden die Daten aus dem Flächennutzungsplan der Stadt Konstanz von 2015 benutzt. Demzufolge wurden die Auswirkungen der damaligen Flächennutzung dargestellt. Allerdings mussten dabei aufgrund der noch fehlenden Gebäudestruktur Mittelwerte den Flächen zugeordnet werden.

Das Szenario Klimawandel ist auf vorherige Prognose zum Flächennutzungsplan aufbauend und unter Berücksichtigung des mittleren Klimasignals für den Zeitraum 2021-2050 aus der Schriftreihe des LUBW „Zukünftige Klimaentwicklung in Baden-Württemberg“ erstellt worden. Die klimatischen Parameter wurden für eine neue Berechnung hinzugefügt.

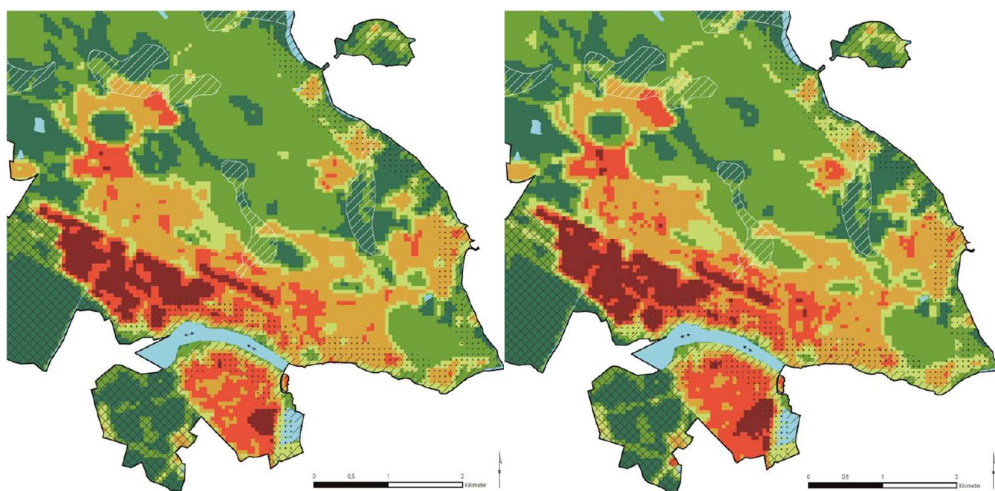


Abb. 8: Ausschnitt Zukunftsszenarien³²

³² Unverändert übernommen aus Klimaanalyse Konstanz 2015, S. 19, 21

Die Szenarien zeigen, dass durch Stadterweiterungen nördlich von Wollmatingen die vorher un bebauten Flächen und ihre Funktionen als Kaltluftentstehungsgebiete stark beeinträchtigt und herabgesetzt würden, was in südlicheren Stadtgebieten zu Überwärmungen führen würde. Zudem ist mit einer Veränderung des Klimas zu rechnen. Die Regionen reagieren unterschiedlich auf das prognostizierte Klima. Natürliche Bereiche werden weiterhin sehr wichtig sein und Gebiete mit hohem Verdichtungsgrad werden voraussichtlich stärker belastet werden, und nicht nur die sowieso schon stärker betroffenen Bereiche in der Innenstadt und dem Industriegebiet.

4.3 Vegetation

In Konstanz gibt es im erschlossenen Stadtgebiet ca. 16.000 Bäume im öffentlichen Raum. In den letzten Jahren haben einige Arten vermehrt unter der Klimaveränderung gelitten. Darunter fallen die Birken, Eschen, Buchen und der Ahorn. Die Thuja Bäume, welche gerne als Hecken verwendet werden waren besonders betroffen

Baumarten, wie die Eiche, Linde, Zedern, Kiefern sind mit den Hitzestress allerdings besser zurechtgekommen. Doch nicht nur das Klima ist ein Problem für die Vegetation, sondern auch der Borkenkäfer. Er befällt im Gegensatz zu früher nun auch Lärchen und Kiefern und breitet sich dadurch artübergreifend weiter aus, was bisher so noch nicht beobachtet worden war.

Das Jahr 2021 war im Vergleich zu den vorherigen Jahren deutlich kühler, was sich vordergründlich positiv auf das Absterben der Bäume auswirkt. In den vorherigen Jahren waren es im Durchschnitt rund 400 Bäume pro Jahr, 2021 bis Ende Oktober nur 170 Bäume, die gefällt werden mussten. Prozentual entspricht das einem Anteil von ca. 1 % der Bäume im Stadtgebiet. Es hatte seit Juli nicht mehr ausreichend geregnet, weshalb eine lang anhaltende Trockenphase herrschte. Diese machte sich durch ansteigendes Totholz bei Eichen bemerkbar, obwohl diese mit den Klimaänderungen zurecht kommen. Allgemein kann man sagen, dass der Prozess der Schädigung der Bäume die letzten 20 Jahre nicht durch ein einziges kühleres aufgefangen werden kann.

Einen starken Zuwachs verzeichnen auch Pilzerkrankungen an Bäumen. Pilze zersetzen trockenes Holz an und können sich sehr schnell an einem betroffenen Baum verbreiten, sodass etwa armdicke Äste innerhalb von einem halben Jahr abgebaut sein

können. Bei manchen Baumarten tritt dieser Pilz von oben ein. Da die regulären Kontrollen jedoch von unten her durchgeführt werden, kann das für Gefahren durch herabfallende Äste im Straßenraum sorgen. „Es kann sein, dass der Ast von unten noch optimal aussieht aber von oben her quasi schon zu zweidrittel durch den Pilz zersetzt wurde.“³³ Auch das Eschentriebsterben wird durch einen Pilz verursacht. Die Pilzsporen gelangen über die Blätter in die Triebe, wo diese sich ausbreiten und dafür sorgen, dass die Triebe absterben. Deshalb werden aktuell auch keine Eschen mehr gepflanzt, sondern Planungen mit Zedern als Ersatz durchgeführt.

In Konstanz wird darauf geachtet, dass bei Pflanzungen eine Mischung aus den heimischen Baumarten, die mit der Klimaänderung zurechtkommen, und südeuropäischen oder asiatischen Bäumen besteht. Dadurch wird auch auf die Biodiversität geachtet. Zum Beispiel werden oft der französische Ahorn, Zerreichen, Silberlinde, heimische Eichen und Schwarzpappeln zusammen gepflanzt. Der Standort spielt dabei aber auch eine wichtige Rolle. So wird am Gewässer eine andere Mischung an Gehölz benutzt als im Stadtgebiet.

Bei der Aktion Klimabäume in Konstanz konnten die Stadtbewohner einen Laub- oder Obstbaum aus 25 verschiedenen Baumarten für den eigenen Garten bestellen. Obstbäume sind meist aus dem Südeuropäischen Raum und dadurch gut geeignet als Zukunftsbaum. Nussbäume wachsen zum Beispiel sehr schnell, sind aber im Straßenraum weniger geeignet. Durch diese Aktion wurden ca. 100 neue Bäume gepflanzt.

Innerstädtisch sind neue Quartiere für Baumpflanzungen schwieriger zu organisieren, zumal die Innenstadt unter Denkmalschutz steht. Daher wäre ein Ansatz Parkplätze rückzubauen und daraus ein Baumquartier zu gestalten. Dabei sollte man mit Kosten in Höhe von durchschnittlich 5000€ pro Quartier rechnen, ohne die Kosten der Bäume mit einzubeziehen. Weitere Konkurrenzen ergeben sich aus den Leitungssystemen unter der Oberfläche. Allgemein sind die Suche und das Finden von geeigneten Quartieren in der Innenstadt schwierig und mühsam. Das Alter des Baumbestandes in Konstanz beträgt im Schnitt 45 Jahre. Dabei muss man davon ausgehen, dass Bäume bis 25 Jahre noch in die Kategorie der Jungbäume fallen. Das bedeutet die ersten

³³ Stocker, 2021

Jahre hat der Baum keine beziehungsweise kaum klimatische Wirkungen. Daher ist die wichtigere Strategie die vorhandenen Bäume wachsen zu lassen und den Wurzelraum bestmöglich zu optimieren. Ein ausgewachsener Baum benötigt ca. 100m³ bis 120m³. Im Stadtgebiet ist das aus verschiedenen Faktoren nicht möglich und der Wurzelraum wird auf etwa 1/10 sprich 10m³ bis 12m³ beschränkt.

In Konstanz soll der Bahnhofsvorplatz neugestaltet werden. Das anfallende Regenwasser wird von den umliegenden Dachflächen in Rigolen eingeleitet und somit die Regenwassernutzung entlastet. Über den Rigolen pflanzt man dann Bäume, die zu Verdunstung und Abkühlung des Stadtklimas sorgen sollen. Durch die Rigolen bekommen die Bäume mehr Wasser als andere Bäume im Stadtgebiet. Allgemein kann man sagen, dass man sich den ganzen Straßenraum anschauen muss. Das ist aufwendig, aber durch neue Planungen des Quartiers darf der Bestand nicht Leiden. Zum Beispiel muss gegen drückendes Wasser abgedichtet werden, damit keine Keller durch das zusätzliche Wasser im Erdreich geflutet werden. Die Altstadt ist sehr beengt und daher sind Maßnahmen für mehr grüne Quartiere in der Stadt oft nicht möglich. Da dieser Prozess eben sehr aufwendig ist wird nach kleinen öffentlichen Räumen geschaut, wo solche Vorhaben möglich sind.

4.4 Geoinformation in Konstanz

Das Amt für Geoinformation ist als die untere Vermessungsbehörde für Konstanz zuständig. Das bedeutet die Sachgebiete Vermessung, Liegenschaftskataster und GIS sind die einzelnen Sachgebiete des Amtes. Demnach besitzt die Geoinformation geobasierte Basisdaten, die für jede Baumaßnahme, öffentlich oder privat, in Konstanz verwendet werden. Diese Daten liefern Informationen zur Lage und Höhe und können auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden. Im amtlichen Liegenschaftskataster werden Flurstücke, Straßen und Gebäude mit Hausnummern geführt. Weitere Geoinformationen sind der digitale Stadtplan, die einzelnen Bebauungspläne, der Energienutzungsplan und das Baumkataster. Die Daten werden regelmäßig kontrolliert und überarbeitet. Das Baumkataster umfasst das städtische Gebiet, allerdings nicht das Umland von Konstanz. Außerdem bekommt man durch die Internetseite der Offenen Daten Konstanz³⁴ Zugang zu vielen relevanten Daten für

³⁴ Offene Daten Konstanz, <https://offenedaten-konstanz.de/>

Klimaanpassungen. Beispielsweise gibt es eine Auflistung historischer Wetterdaten (Jahresdurchschnittswerte ab 1947, tägliche Werte und alle 10 Minuten ab 1973 bis Ende 2019).

Die Geoinformation macht seit 2014 alle 3 Jahre Anfang April eine Orthobild-Befliegung und erstellt dadurch Senkrecht- und Schrägluftbilder mit einer Genauigkeit von 5 cm. Diese werden dann in das GIS eingefügt und visualisiert. Ebenfalls von Interesse ist das Digitale-Gelände-Modell (DGM). Dieses wurde vor kurzem überarbeitet und besitzt nun eine Genauigkeit von 25 cm. Das alte DGM war auf 1 m genau. Die LiDAR-Daten, auch Punktwolken genannt, sind ebenfalls in der Geoinformation vorhanden. Diese können im Rahmen des CoKLIMAx-Projekts beispielsweise zur Modellierung von herrschenden Luftströmungen verwendet werden.

Das Amt für Geoinformation besitzt viele Daten in ihrem GIS. Für Aussagen zum Fortschritt des Klimawandels in Konstanz müssen jedoch Analysen durchgeführt werden, welche für die Geoinformation aktuell nicht möglich sind. Bei einzelnen speziellen Projekten werden externe Verschneidungen und Analysen durch Fachbüros durchgeführt. Ein Beispiel dafür ist die Klimaanalyse (siehe Kapitel 4.2).

Bisher hat die Stadt Konstanz noch nicht mit Copernicus-Daten gearbeitet. Der Zugang zeigte sich als schwierig und bisher war es auch nicht notwendig. Die Daten können jedoch einen extremen Mehrwert für Planungen in einer Zeit besitzen, in der sich das Klima besonders in urbanen Gebieten schneller ändert.

Durch CoKLIMAx hofft die Stadt auf die Möglichkeit, in Zukunft Analysen, ein Monitoring des Bestandes und künftiger Maßnahmen durchführen zu können. Dazu sollte die Toolbox einfach zu verwenden sein und in die Geoinformation integriert werden.

5 Prozesse klimabedingter Stadtplanung

Der Klimaschutz gehört seit der 2011 novellierten BauGB zu den öffentlichen Belangen der Bauleitplanung.³⁵ Das bedeutet, dass die Gemeinden bei der Aufstellung der Bauleitpläne den Klimaschutz als öffentliches Interesse zu berücksichtigen haben. In §1a Absatz 5 wird festgesetzt, dass Maßnahmen gegen den Klimawandel Erfordernis für den Klimaschutz sind.

Darüber hinaus trägt das BauGB auch dem Ausbau der erneuerbaren Energien Rechnung. Gemeinden können in Bebauungsplänen verbindlich Flächen festsetzen, die für Anlagen zur Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von Strom oder Wärme aus erneuerbaren Energien genutzt werden sollen³⁶. Außerdem können Anlagen, Einrichtungen und sonstige Maßnahmen des Klimaschutzes oder solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, bereits im Flächennutzungsplan dargestellt werden.³⁷ Damit soll den zumeist eher informellen Aussagen zum städtebaulichen Klimaschutz sowie zum Ausbau der erneuerbaren Energien zusätzliches rechtliches Gewicht verliehen werden.³⁸

Es wurden bereits viele Empfehlungen an Kommunen gegeben aber dennoch fehlen klare Richtlinien, Anweisungen und Verordnungen. Das wird deutlich durch die im BauGB häufig verwendete Wortwahl „kann“.

5.1 Klimaschutz

Im Klimaschutz geht es darum Maßnahmen gegen den anthropogenen Klimawandel zu finden, um die Emission von Treibhausgasen und die Temperaturerhöhung zu begrenzen. Daher wird weiter an neuen Technologien zu Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien geforscht. Außerdem wird intensiv nach Maßnahmen gesucht, die Treibhausgase künftig binden zu können, beispielsweise durch Renaturierung von Mooregebieten.

³⁵ §1 Absatz 7 BauGB

³⁶ §9 Absatz 1, Nr. 23b BauGB

³⁷ §5 Absatz 2 BauGB

³⁸ Umweltbundesamt, 2019

Klimaschutz ist seit den 1990er Jahren Bestandteil der deutschen Politik. Beispielsweise war das Ziel des Klimaschutzprogramms von 2007 die Treibhausgase bis 2020 um 40% im Vergleich zum Jahr 1990 zu senken. Dieses Ziel konnte nur knapp, durch den pandemiebedingten Rückgang der Emissionen, eingehalten werden. Seit Ende 2019 gibt es nun das Bundes-Klimaschutzgesetz, das die deutschen Klimaschutzziele gesetzlich festsetzt. Grundlage für dieses Gesetz ist das Pariser Klimaabkommen von 2015, bei dem beschlossen wurde, dass der Anstieg der globalen Temperatur auf deutlich unter 2°C, möglichst 1,5°C, gegenüber der vorindustriellen Durchschnittstemperatur zu begrenzen ist, damit die Auswirkungen des Klimawandels möglichst geringgehalten werden.³⁹ Die nationalen Klimaschutzziele und Jahresemissionsmengen werden in Abschnitt 2 des KSG gesetzlich festgelegt. Die Verfahren bei Verfehlungen werden ebenfalls im KSG geregelt.

Seit dem Kyoto-Protokoll aus dem Jahr 1997 gibt es einen internationalen Handel mit Emissionszertifikaten. Das bedeutet, dass Länder, die ihre Klimaschutzziele „übererfüllen“, Zertifikate an andere Länder verkaufen können, die ihre Ziele sonst verfehlen würden. Auf dem Papier sieht es dann gut aus, aber in Realität hat man nicht den Beitrag geleistet, den man hätte erbringen müssen. Zudem wurde festgestellt, dass es in der Vergangenheit einige Länder gab, die ihre Ziele nur durch den Zukauf solcher erreichen konnten. Auch das Pariser Klimaabkommen lässt den Handel von Emissionszertifikaten weiterhin bis heute zu. Die Anzahl soll aber immer weiter begrenzt werden.

5.2 Klimaanpassung

Für die Anpassung an den Klimawandel gibt es keine direkten Vorgaben oder gesetzliche Festlegungen. Es wurden bereits viele Studien durchgeführt, um Möglichkeiten für Anpassungen aufzuzeigen. Da aber jede Stadt oder Kommune eine andere Betroffenheitssituation besitzt, ist es zu Beginn einer Studie wichtig, sich Wissen über das lokale Klima anzueignen und auch die verschiedenen Sichtweisen der Betroffenen zu beachten.

³⁹ §1 KSG

Klimaanpassung beinhaltet Maßnahmen, die kurzfristig eventuell noch keinen Nutzen haben, aber in Zukunft Klimafolgen abmildern. Durch die aktuellen Ereignisse im Jahr 2021 und die gesteigerte Medienpräsenz von Extremwetterereignissen aus der ganzen Welt steigt die Akzeptanz in der Bevölkerung für Investitionen in Klimaanpassung. Daher ist es wichtig, dass Kommunen ein Konzept für Klimaanpassung entwickeln.

Abb. 9 zeigt dafür einen möglichen Ablauf.

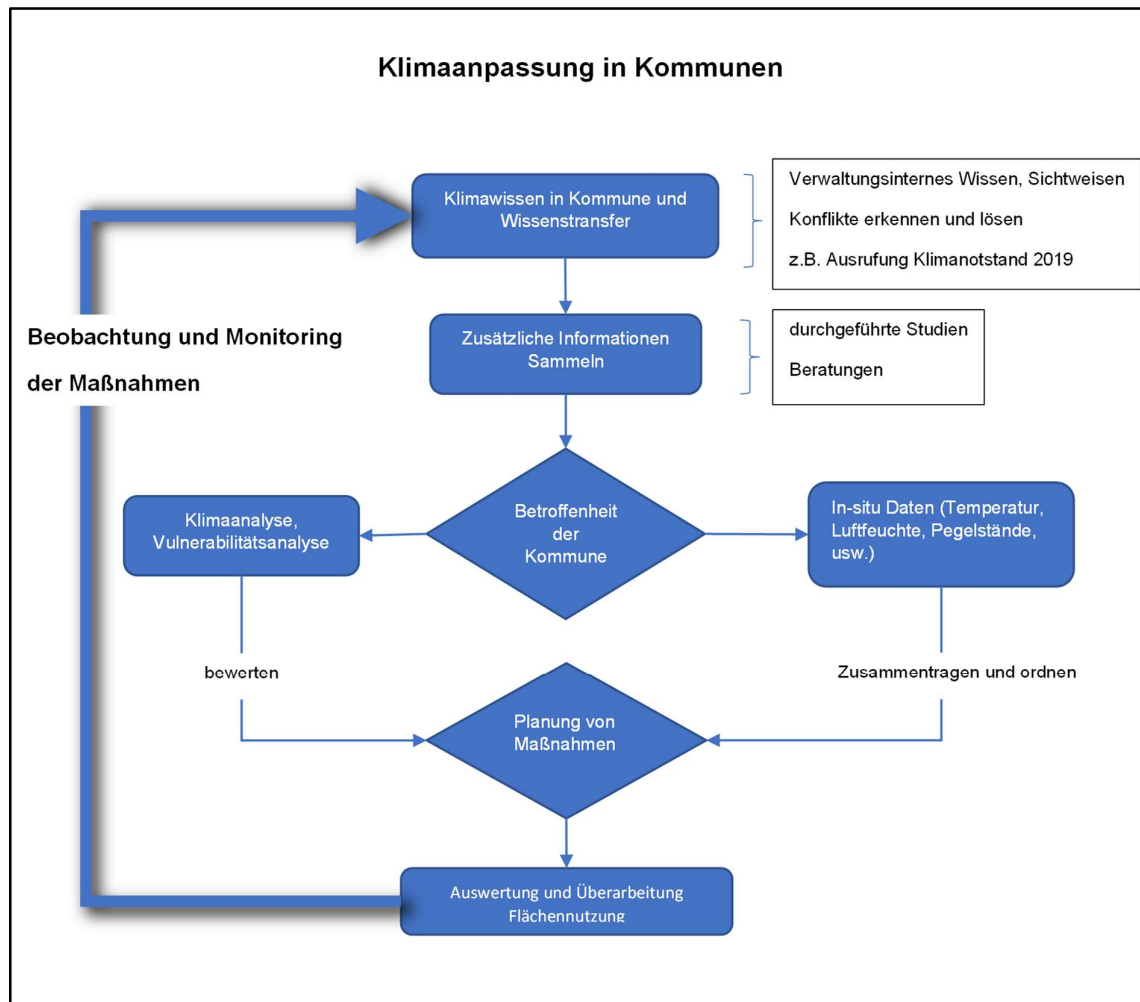


Abb. 9: mögliche Prozessstruktur zur Klimaanpassung

Für einen besseren Überblick sollten nach der Datenbeschaffung die Werte zu Temperaturen, Luftfeuchte, Pegelstände, Sonnenscheindauer, usw. in eine Datenbank eingefügt und strukturiert werden. Das hat den Vorteil, dass die Daten für jede Behörde schnell abrufbar sind. Diese in-situ-Daten sollten möglichst weit zurück

reichen, um dann durch Durchschnittsbildung genauere Prognosen erstellen zu können.

Bevor die Überarbeitung der Flächennutzung durchgeführt werden kann, ist die Empfehlung, einige organisatorische Regeln aufzustellen (siehe Abb. 10).

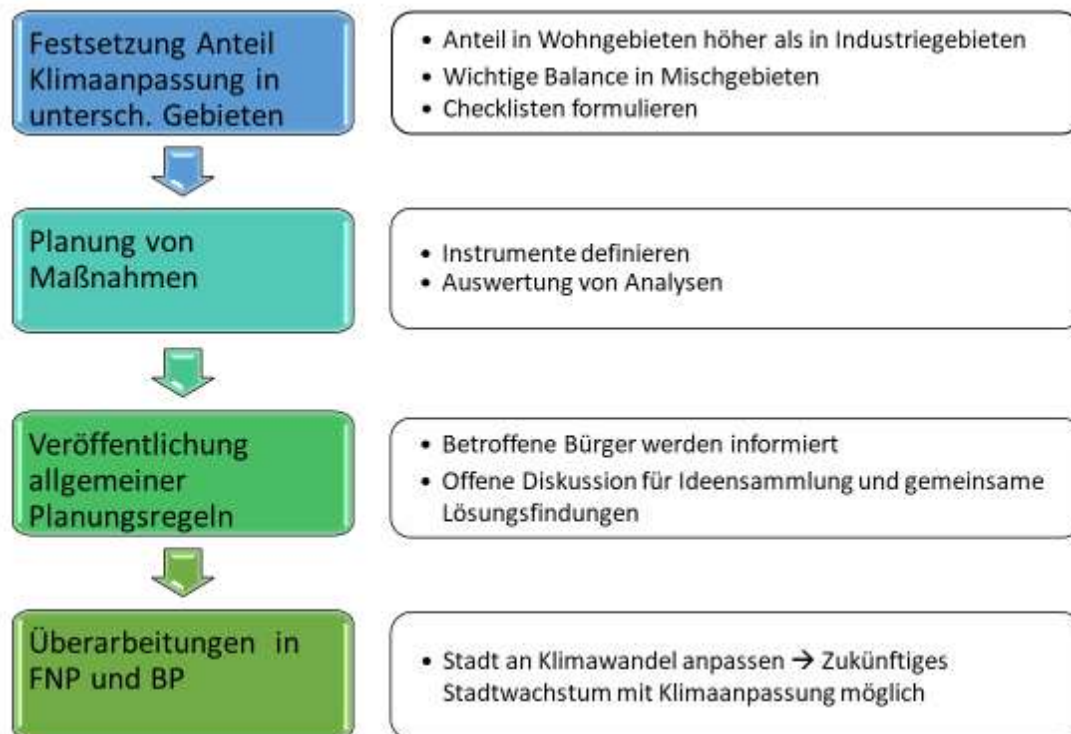


Abb. 10: Schritte zur Planung der Maßnahmen

Eine konkrete Festlegung des Anteils der Klimaanpassung in den unterschiedlichen städtischen Bereichen ist zu Beginn hilfreich. In einem Wohngebiet kann z. B. mehr Anpassung gemacht werden als in einem Industriegebiet. Anhand dieser Festlegungen können Checklisten für die unterschiedlichen Gebiete entworfen werden und durch Auswertung der Analysen können dann effektive Maßnahmen geplant werden (siehe Abb. 9).

Im Anschluss können diese veröffentlicht werden, um die betroffenen Bürger in die Planungsabläufe zu integrieren. Dadurch kann gemeinsam nach Lösungen gesucht werden, die Akzeptanz von Anpassungen wird gesteigert und in Diskussionen geben die Analysen zusätzliches Gewicht.

Da Zukunftsszenarien nur prognostiziert werden können, besitzen diese große Unsicherheiten und dienen als Tendenz der Klimaentwicklung. Daher ist es wichtig beschlossene und umgesetzte Maßnahmen zu beobachten und zu bewerten. Wie hat sich das urbane Klima durch die Anpassung verändert? Wie hat sich das Klima an sich entwickelt? Was für positive, als auch negative Erkenntnisse haben sich ergeben? Daraus ergibt sich ein iterativer Prozess (siehe Abb. 9). Das Monitoring der Maßnahmen wird eine der entscheidenden Aufgaben der Stadt- und Bauleitplanung werden und sollte fest in die Verwaltung integriert werden.

5.3 Vorgehen in Konstanz

Die Stadt Konstanz ist schon seit 1992 durch den Beitritt zum „Klimabündnis der europäischen Städte“ in Sachen Klimaschutz aktiv. Durch die Ausrufung des Klimanotstandes 2019 trägt Konstanz der Wichtigkeit dieses Themas Rechnung. Im November 2021 wurde nun die Klimaschutzstrategie für Konstanz durch das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) vorgestellt.

Im Jahr 2022 soll dann der Konstanzer Klimafonds umgesetzt werden, der Privatleuten und Unternehmen die Möglichkeit gibt, zweckgebunden zu spenden.⁴⁰

Nachfolgend werden verschiedene Vorhaben in Konstanz, die aktuell und in Zukunft geplant sind, auf Klimaanpassungsmaßnahmen untersucht.

5.3.1 Änderung des Bebauungsplans im Gewerbegebiet Unterlohn

Die Prozessstruktur für die Aufstellung des Bebauungsplans (siehe Abb. 11) wird auf Anpassungen an den Klimawandel analysiert. Der Prozess lässt sich in drei Phasen gliedern: Analyse der Bestandssituation, Entwicklung eines Leitbildes und die Konzeption des Strukturkonzeptes.

Den Unterlohn kann man heute so nicht mehr als reines Gewerbegebiet sehen. Inzwischen wurden in dieses Gebiet einige Wohnbereiche integriert, was die Definition für ein Mischgebiet ist. Daher gab es verschiedene Nutzungen, die eingangs in einer Bestandsanalyse zusammengefasst wurden. In die Bestandsaufnahme gingen die Nutzungen, Emissionen, Grundstücksausnutzung, die städtebauliche und

⁴⁰ Konstanzer Amtsblatt Januar 2022

Freiraumanalyse und die Erschließungsstruktur mit ein. Diese Untersuchungen wurden dann durch eine SWOT-Analyse (Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen) für das zu untersuchende Gebiet ausgewertet. Aus dem Ergebnis der Analyse wurden verschiedene Leitbilder, mit unterschiedlichen Fokussierungen, erstellt. Diese Vorschläge wurden anschließend zu einem Zonierungsplan für das Bauvorhaben zusammengefasst und mit dem städtebaulichen Leitbild abgeglichen (siehe Abb. 11).

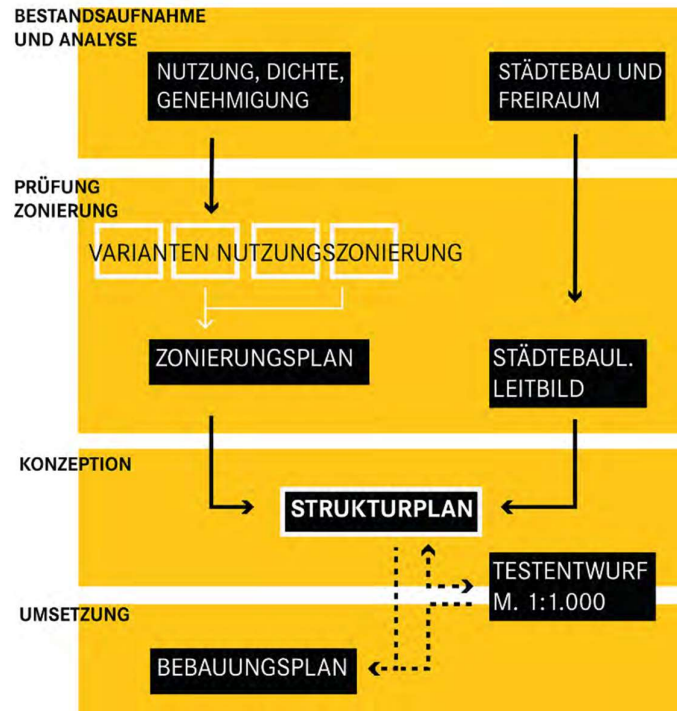


Abb. 11: Prozessstruktur für das Gewerbegebiet Unterlohn⁴¹

Der Zonierungsplan empfiehlt einen maximalen Gewerbeanteil und eine bestandsorientierte Nutzungsentwicklung. Der Kern des Gebietes entlang der Fritz-Arnold-Straße soll als stärker verdichteter Bereich ausgebildet werden, mit höherer Grundstücksausnutzung und durchschnittlich zwei Geschosse mehr im Vergleich zum bestehenden Baurecht. Um die Aufenthaltsqualität im Unterlohn zu steigern, sollen grüne Vorzonen auf den privaten Grundstücken und lineare Freiraumstrukturen in Form von Straßenbegleitgrün weiter ausgebildet werden, besonders entlang der nutzungsgemischten Bereiche. Durch die Aufwertung des öffentlichen Raums bietet das gesamte Quartier eine höhere Lebensqualität.⁴²

⁴¹ Unverändert aus Strukturkonzept Gewerbegebiet Unterlohn 2020

⁴² Strukturkonzept Gewerbegebiet Unterlohn 2020

Der Fokus der Planung liegt auf der Attraktivität des Gebietes und der durch mehr Grünflächen generierte Nebeneffekt von Klimaanpassung spielt in den Planungen kaum eine Rolle.

5.3.2 Zukunftsstadt Konstanz

Derzeit werden viele Maßnahmen zum Klimaschutz geplant und umgesetzt. Im Gegensatz dazu müssen die Strategien zur Klimaanpassung noch definiert und erstellt werden. Einige Maßnahmen wie beispielsweise Begrünung von Dächern und Fassaden, effiziente Flächennutzung, nachhaltiges Regenwasser- und Nutzwassermanagement, finden heute schon ihre Berücksichtigung in Planungen. Grundsätzlich müssen in Zukunft Klimaschutz und Klimaanpassung aufeinander abgestimmt werden. Ein wegweisendes Beispiel dafür ist das Modellprojekt der Zukunftsstadt Konstanz „Am Horn“ und das digitale Tool LexiKON, die im Folgenden näher erläutert werden.

5.3.2.1 Modellprojekt „Am Horn“

Das Modellprojekt „Am Horn“ dient der Umsetzung von nachhaltigen und klimafreundlichen Baumethoden, einer solchen Energiegewinnung und -nutzung. In Bezug auf die Klimaanpassung sind hier vor allem des Regenwassermanagement und klimagerechtes Bauen zu betrachten.

Das Quartier wird auf einem Gelände mit einem Höhenunterschied von ca. 9m errichtet, wobei es von Norden nach Süden abfällt. Der Boden ist eiszeitlich geprägt mit hohen Anteilen an Feinkorn und ab einer Tiefe von ca. 1m nicht versickerungsfähig. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, werden im Gebiet so wenig Flächen wie möglich versiegelt. Die anfallenden Regenmengen, sollen durch Retentionsbeete im Randbereich und auf den Dachaufbauten gespeichert werden, um sie bei einem Starkregenereignis gedrosselt abgeben zu können.

Das Oberflächenwasser von den befestigten Flächen und den Dächern soll in dezentralen Zisternen und dem Regenrückhalte-Biotop gespeichert werden. Es kann dann zur Bewässerung der Produktionsflächen, als Verwendung der Toilettenspülung und Wäsche genutzt werden. Möglichkeit und Lage einer Versickerungsanlage als Überlauf sind noch zu prüfen.

Die Handlungsfelder des LexiKONs umfassen alle Aspekte des klimagerechten Bauens. Über die zentrale Bedeutung des Holzbaus hinaus, sollen alle eingesetzten Materialien und Ressourcen nachhaltigen Kriterien genügen. Für den Außenraum bedeutet klimagerechtes Bauen beispielsweise: Die verwendeten Bodenbeläge sollen einen möglichst niedrigen Versiegelungsgrad haben und eine niedrige Klimabilanz aufweisen. Für Bänke, Spielgeräte aber auch Mauern und Sitzstufen sollen Naturmaterialien verwendet werden. Hier sind Holz und Trockenmauern, auch unter Berücksichtigung des Artenschutzes, bevorzugte Materialien. Die Auswahl der Gehölze erfolgt aus dem erarbeiteten Katalog „Klimabäume der Stadt Konstanz“. Bei der Verwendung von Saatmischungen sollen hohe Anteile von wilden Arten vorkommen.

Die Erkenntnisse aus den Planungen des Modellquartiers werden in das Lexikon mit einfließen und künftige Planungen unterstützen.

5.3.2.2 Das LexiKON

Das LexiKON ist ein in der Entwicklung befindliches digitales Tool aus dem Projekt Zukunftsstadt Konstanz. Allen interessierten Bürgern soll das LexiKON Themen wie, effiziente Nutzung der Fläche, Klimaresilienz und Umweltschutz inhaltlich vermitteln. Für Planungsbeteiligte dient es zudem zur Verbesserung der Kommunikation durch Digitalisierung und wird somit die Prozesse in der Stadtplanung unterstützen.

Die Anhand des Modellquartiers „Am Horn“ (siehe Kapitel 5.3.2.1) gewonnenen Erkenntnisse sollen in das LexiKON eingearbeitet und auf künftige Planungsprozesse übertragen werden.

„Mit der Entwicklung des LexiKONs wollen wir Konzepte der Stadt Konstanz, Erkenntnisse aus Projekten und Innovation aus der Konstanzer Hochschulen prozessorientiert und benutzerfreundlich für die Quartiersplanung aufbereiten.“⁴³ Im Januar 2022 wird das 1. LexiKON vorgestellt, welches aus 10 Handlungsfeldern besteht (siehe Abb. 12). Um ein Überblick bei der Vorstellung über das Tool zu bekommen, wurde das Handlungsfeld 7: Umweltschutz und Biodiversität bearbeitet und mit Empfehlungen zu prozessualen Maßnahmen zum Umweltschutz ausgestattet.

⁴³ Debert, <https://www.konstanz.de/zukunftsstadt/lexikon>

Bis zum Sommer 2022 soll das LexiKON in allen Handlungsfeldern vervollständigt werden.

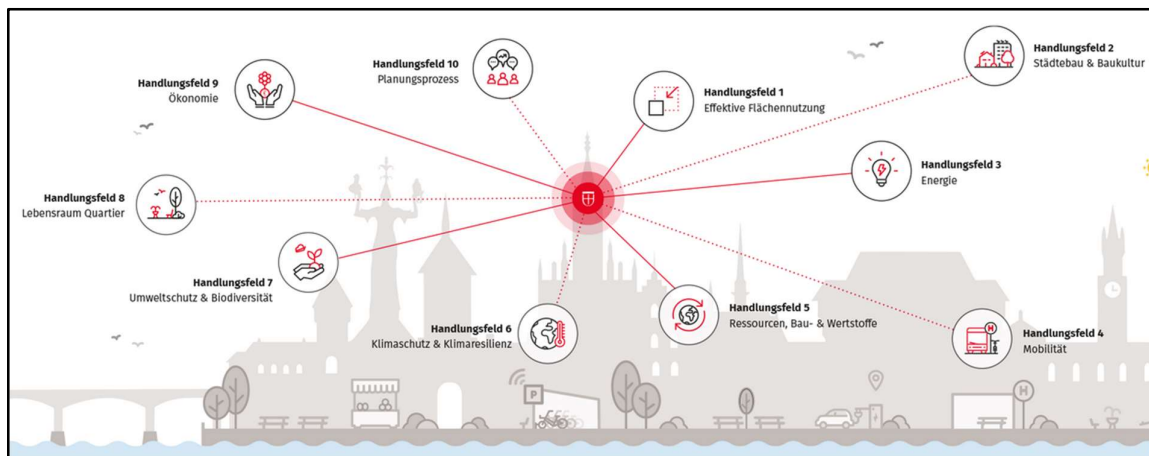


Abb. 12: Die 10 Handlungsfelder des LexiKONs⁴⁴

Zudem verfügt das Lexikon für die Öffentlichkeit über einen digitalen Stadtplan der Stadt Konstanz. Hier kann man spezifische, freigegebene projektbezogene Informationen aus allen Handlungsfeldern bekommen und diese geobasiert darstellen lassen.

5.3.3 Neuer Stadtteil Hafner

Ziel des neuen Stadtteils ist ein klimaneutrales Quartier zu entwickeln. Das bedeutet, dass alle Emissionen, die während des Baus ausgestoßen wurden, nach dem Bau von dem Quartier aufgenommen werden können.

Bereits in den 2017 durch den Gemeinderat beschlossenen Rahmenbedingungen wurde festgelegt, dass für den Stadtteil Hafner nach Möglichkeit Klimaneutralität und insbesondere eine in der Jahresbilanz klimaneutrale Energieversorgung angestrebt wird. Aktuell ist insbesondere die weitere Konkretisierung des Energiekonzepts von Relevanz, da die Energieversorgungsinfrastruktur zu Beginn des ersten Bauabschnitts, ab 2025, zur Verfügung stehen muss für weitere Förderungen.

⁴⁴ LexiKON

Bei künftigen Neubauten wird der Klimawandel berücksichtigt. In erster Linie ist auch hier wieder der Klimaschutz treibende Kraft, aber durch nachhaltige Bauweisen und an den Klimawandel angepasste Baumethoden wird auch die Resilienz gesteigert.

Klimaanpassung muss aber auch vor allem im Bestand stattfinden. Insgesamt ist es wichtig die Bürger zu informieren und zu überzeugen, damit Städte effizient geplant und angepasst werden können. Der gewählte Klima-Rat in Konstanz könnte in Zukunft weiterhin für Klimaschutz verantwortlich sein und um die Aufgaben der Klimaanpassung erweitert werden. Deshalb ist es wichtig verschiedene Akteure und Experten in diesem Bereich hinzuzufügen. Außerdem gibt es die Intention, einen Klima-Bürgermeister für die Stadt Konstanz zu wählen, das könnte aber noch etwas Zeit in Anspruch nehmen.

5.4 Prozessanpassung durch Satellitendaten und Digitalisierung

Klimaanalysen oder Vulnerabilitätsanalysen werden in Konstanz bisher von externen Fachbüros durchgeführt. Das hat für die Kommune den Nachteil, dass sie „nur“ das Ergebnis der Analyse bekommt, und keine Informationen wie die Daten eingearbeitet oder gewichtet wurden. Außerdem sind diese Prozesse sehr zeitaufwendig und daher dauern klimabedingte Planungen oft viele Jahre, bis sie umgesetzt werden können.

Um die Betroffenheit der Kommune (siehe Abb. 9) noch genauer darzustellen, ergibt es Sinn auf Copernicus-Daten zurückzugreifen und die Dienste von Copernicus in Anspruch zu nehmen. Mit der Toolbox des CoKLIMAx-Projekts soll dies künftig in der Verwaltung der Kommune machbar sein. Das spart zum einen Zeit aber auch Kosten. Auch das LexiKON wird die Zeiten von Prozessabläufen durch das Angebot von planerischen Maßnahmen in den Handlungsfeldern und der vereinfachten Kommunikation der Planungsbeteiligten reduzieren können.

Die Verknüpfung des LexiKONs mit dem CoKLIMAx-Tool könnte dann als erste digitale Datenbasis für zukünftige klimabedingte Stadtplanungen dienen.

Wie kann Konstanz seine Projekte und Überlegungen weiter an den Klimawandel anpassen? Durch Betrachten von anderen Städten sollen Ideen gesammelt werden, die auch in Konstanz angewendet werden können.

6 Ideen aus anderen Städten und Ländern

Die folgenden Kapitel zeigen internationale Beispiele für die Anpassung an den Klimawandel auf und untersuchen wie die Maßnahmen auf das Stadtgebiet in Konstanz angewendet werden könnten.

6.1 Wien: Europäische Ideenschmiede zur Klimaresilienz

Auch in der Anpassung an den Klimawandel ist Wien seit Jahren aktiv, denn die Stadt Wien war schon frühzeitig gezwungen sich z. B. durch Überlaufen der Donau an Extremsituationen anzupassen. Schon im Jahr 1987 wurde das Projekt „Neue Donau“ fertiggestellt, welches heute noch einen hohen Beitrag zum Hochwasserschutz leistet.⁴⁵ Deshalb hat die Stadt längst eine breite Datengrundlage, die Studien, Geo- und Klimadaten beinhaltet erarbeiten können und konnten bereits einige Projekte zur Anpassung an den Klimawandel planen und umsetzen. Aus diesen können wichtige Erkenntnisse auch für Konstanz abgeleitet werden.

Nach Teilnahme an dem Europa-Projekt Urban Heat Islands (UHI) zusammen mit weiteren europäischen Städten erstellte die Wiener Stadtverwaltung ein Programm für die infrastrukturelle Anpassung an den Klimawandel (InKA 2018). Darin sind verschiedene Projekte der städtischen Ämter zur klimaresilienten Stadtplanung enthalten ebenso wie essenzielle Grundlagen für Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel.

Projekte sind z. B.:⁴⁶

- Klimaresiliente Stadtplanung
- Maßnahmen in der Bestandsstadt
- Bauwerksbegrünung
- Erweiterung/Aufwertung Grün- und Freiräume
- Umsetzung nachhaltiger urbaner Platz
- Wasser in der Stadt

⁴⁵ „Neue Donau“ 2021

⁴⁶ Projekte InKA, Wien

Durch dieses Projekt soll die Wirkung von Planungsmaßnahmen gegen Hitze, beispielsweise Fassadenbegrünung oder Baumaterialien, in der Stadt Wien wissenschaftlich untersucht werden und dann als Planungsempfehlung für die Stadtplanung dienen. Die Erkenntnisse aus dem EU-Projekt wurden in weiteren Projekten zur Anpassung an die Hitze verwendet, z. B. „Wiener Schatten“.

Dieses Projekt bezieht sich auf die Entwicklung von Verschattungsmöglichkeiten. Diese sollen Plätze und Straßen abkühlen, jedoch ohne dem Wiener Stadtbild zu schaden. Einige Maßnahmen werden bereits seit 2020 umgesetzt. Dabei wurden Bürger in die Planungen involviert.

In der Broschüre „Wiener Hitzerratgeber“ werden die Bürger über alle Themen zum Umgang mit Hitze informiert und ihnen Tipps gegeben.

6.2 Paris: grün blaue Oase Clichy Batignolles

Die Clichy Batignolles in Paris sind ein sehr gutes Beispiel, wie man einen Stadtbezirk nicht nur aufwerten, sondern gleichzeitig auch an ein sich änderndes Klima anpassen kann.

Ein früherer Abstellbahnhof für Güterzüge wurde in den letzten Jahren zu einer grün blauen Oase umgebaut. Das erschlossene Stadtviertel, mit einer Größe von ca. 54ha, soll als ein Modell der nachhaltigen Stadtentwicklung dienen. Dabei waren folgende Ziele zur Klimaanpassung zu beachten: energieeffiziente Bauweise, Nutzung erneuerbarer Energien, Verwendung von Pflanzen und ein ca. 10ha großer Naturpark.

In dem gesamten Gebiet müssen mindestens 30% der Dachflächen begrünt werden. Das daraus gewonnene Regenwasser wird zur Bewässerung von Pflanzen und als Toilettenwasser verwendet. Auch durch den Park bleibt Regenwasser für den natürlichen Wasserkreislauf erhalten und wird in den öffentlichen Bereichen zum Großteil zurückgehalten. Überschüssiges Wasser wird in Zisternen gespeichert und kann an wärmeren Tagen zur Bewässerung genutzt werden. Da der Anteil an versiegelter Fläche im ganzen Viertel zudem nur 12% der gesamten Fläche beträgt, gelangt weniger Regenwasser in die Kanalisation.⁴⁷

⁴⁷ The Eco-District (2016), S. 13

Durch Neubauten von Niedrigenergiehäusern, die an ein Netz aus geothermaler Energie angeschlossen sind, sind die CO₂-Emissionen sehr niedrig. Unter Geothermie versteht man die Nutzbarmachung der innerhalb der Erde gespeicherten thermischen Energie.⁴⁸

In Paris wurde ein vorher stark versiegeltes Gebiet in ein ökologisch nachhaltiges Viertel umgewandelt, welches einem klimaresilienten Stadtbild entspricht. Die Einbindung nicht nur der Pflanzen, sondern auch blauer Infrastrukturen wird hier in den Vordergrund gehoben. Für Bereiche in Konstanz, die nicht unmittelbar am Bodensee oder dem Rhein liegen ist dies ein Beispiel für Klimaanpassung.

6.3 Masdar-City: Musterprojekt für die Hitzeanpassung

Das Klima in Masdar-City ist ein Wüstenklima, das heißt sehr hohe Temperaturen, Trockenheit und kaum Niederschlag. Dennoch soll eine Stadt mit Wohlfühlambiente geschaffen werden durch die Kombination von traditioneller Bauweise und moderner Technik. Die traditionelle Bauweise beinhaltet Schattenkonzepte, die Ausrichtung der Stadt nach der Hauptwindrichtung und Windtürme (siehe Abb. 13 (re)). Das Prinzip hinter dem Windturm ist sehr einfach. Oben strömt kühle Luft durch Öffnungen in den Turm. Diese werden eingefangen und durch das thermische Prinzip im Turm sinkt die kühlere Luft ab und die warme angestaute Luft steigt nach oben auf. Dadurch kommt es zu einem natürlichen Kühlungseffekt durch kalte Fallwinde ohne Energieaufwand.



Abb. 13: (li) Sandbeton-Fassade (re) neuartiger Windturm in Masdar-City⁴⁹

⁴⁸ Verivox

⁴⁹ <http://www.dw.de/masdar-city-%C3%B6kostadt-erwacht-zu-neuem-leben/a-16639495>;
http://www.detail.de/uploads/pics/192_1000_931.jpg

Die Fassadenelemente sind aus Sandbeton und die Form der Fassade ist an den Sonnenverlauf angepasst (siehe Abb. 13 (li)). Zudem sind die Elemente durch Schlitze lichtdurchlässig und schützen die dahinterliegenden balkonähnlichen Bereiche, sodass diese auch tagsüber nutzbar sind. Dadurch erfolgt gleichzeitig eine Durchlüftung der Wohnräume und sorgt für einen höheren Wohlfühlfaktor. In den Gebäuden werden unter anderem auch neuere Materialien wie zum Beispiel Kunststoffe die Hitzeanpassung weiter unterstützen.

Masdar-City ist ein 6-7 km² großes Pilotprojekt in der Wüste nahe Abu Dhabis. Das Konzept der Stadt soll sehr umweltfreundlich und nachhaltig sein. Die Energieversorgung soll hauptsächlich aus erneuerbaren Energien bestehen. Deshalb wurde außerhalb des Stadtgebiets ein großer Solarpark mit Photovoltaikanlagen errichtet. Die Wasserversorgung soll durch eine eigene Entsalzungsanlage und Wasserrecycling gesichert werden. Insgesamt wird nach einer sehr energieeffizienten Lebensweise gesucht. Zurzeit ist noch nicht absehbar, wie und wann die Stadt fertiggestellt werden kann, aber anhand der bereits umgesetzten Baumaßnahmen des Masdar Institute of Science and Technology (MIST), kann man zeigen wie diese aussehen können.

Für Konstanz wäre künftig eine Erhöhung der Schattenräume für ein angenehmeres Stadtklima von Vorteil. Auch das Prinzip des Windturms könnte in stark hitzebelasteten Bereichen eine mögliche Lösung sein.

6.4 Kopenhagen: Prinzip einer Schwammstadt

Städte haben durch den hohen Versiegelungsgrad nicht die Fähigkeit Wasser zu speichern. Durch die Kanalisation wird das Oberflächenwasser direkt abgeleitet. Das kann bei extremen Regenereignissen zu einer Überlastung des Kanalisationssystems führen und schwerwiegende, kostspielige Folgen haben. Doch nicht nur bei Regen ist das System der Schwammstadt sinnvoll. Wie der Name schon sagt, soll in Städten der Versiegelungsgrad verringert werden und es soll mehr Wasser versickern können. Die natürlichen Flächen saugen das Wasser auf wie ein Schwamm (siehe Abb. 14). Bei einer Hitzeperiode kann das Wasser im Boden durch Verdunstung zur Kühlung der Stadt enorm beitragen. Weltweit ist das System gerade durch den Klimawandel ein Muss-Thema für Stadtplaner. Hinzu kommt, dass Dachbegrünungen die Kanalisation zusätzlich entlasten.

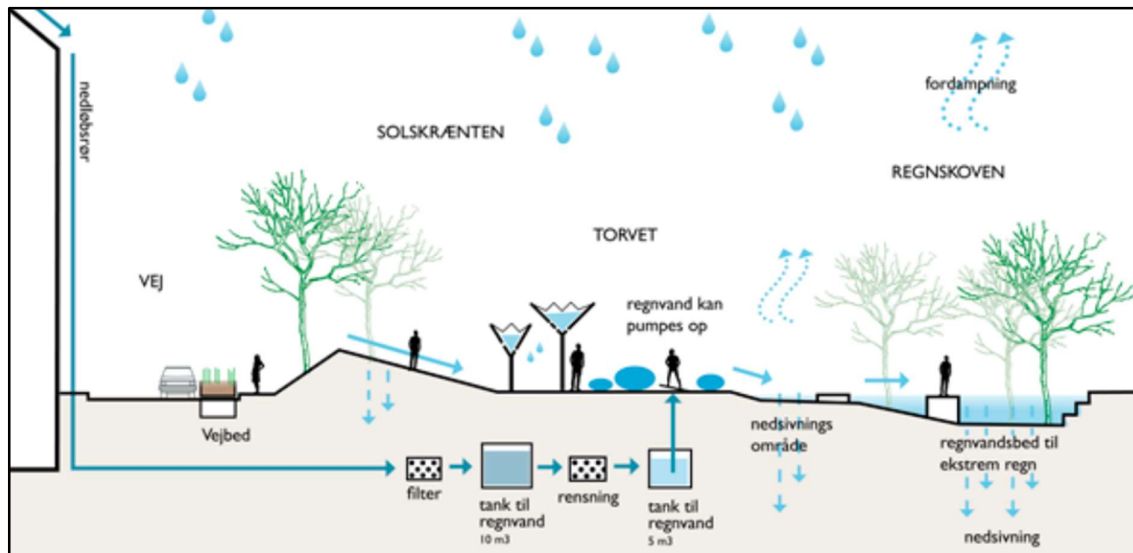


Abb. 14: Beispiel für eine Schwammstadt, „Tasinge Plads“ Kopenhagen⁵⁰

In Kopenhagen wurde nach schweren Regenereignissen im Jahr 2011 vor allem an dem Thema Regenwassermanagement geforscht. Der „Tasinge Plads“ ist der erste Ort im städtischen Raum, der in dieser Weise an den Klimawandel angepasst wurde. Der Platz kann viel Wasser speichern (siehe Abb. 14). Durch eine Neigung des Geländes wird das Regenwasser bei Starkregenereignissen in Richtung Parkmitte, den natürlichen Flächen, geleitet, wo es langsam versickern kann. Durch versickerungsfähige Beläge kann das Wasser aber auch bei normalen Regenereignissen direkt im Boden versickern. Das auf den Dachflächen gesammelte Wasser wird durch Leitungen in Tanks geleitet, wo es dann wiederum für Wasserpumpen im Park genutzt werden kann.

In Konstanz wird das Konzept der Schwammstadt bereits vor allem mit effizienter Flächennutzung und Entsiegelung von Flächen in Verbindung gebracht. Dennoch zeigt Kopenhagen, dass zum Beispiel durch die Änderung des Geländeprofiles mehr erreicht werden kann als durch die reine Entsiegelung von Flächen, um sich an Starkregen anpassen zu können.

⁵⁰ unverändert übernommen aus Klimakvarter 2015,

6.5 Karlsruhe: digitaler Rahmenplan für Klimaanpassung

In Karlsruhe wurden alle für die Stadtplanung relevanten Pläne und Informationen digital aufgearbeitet und in einem Geoinformationssystem zusammengetragen.⁵¹ Das Besondere ist der Rahmenplan für die Klimaanpassung, der ebenfalls hinzugefügt wurde.

Ebenso wie Wien nahm man dann an dem Europäischen Projekt „Urbane Hitzeinseln“ teil und hat schon einiges an Vorgaben in die Verwaltung implementiert.

Von 2012-2014 wurde die gesamte Stadt auf Auswirkungen durch das Klima untersucht. Die Ausarbeitung und Fertigstellung der daraus entwickelten Maßnahmenvorschläge zum UHI-Problem wurde zu der offiziellen Grundlage der städtebaulichen Entwicklung von Karlsruhe.⁵² Das Projekt kostete etwa 80.000€ für die Bearbeitung durch ein externes Fachbüro und wurde durch das Förderprogramm KLIMOPASS des Landes Baden-Württemberg gefördert.

Die Daten besitzt die Stadt Konstanz bereits, aber bisher fehlt es an Personal. Das Thema Digitalisierung und Klimaanpassung wird nun unter anderem durch das CoKLIMAx-Projekt unterstützt und vorangetrieben.

6.6 Zusammenfassung:

Aus durchgeführten Studien können Informationen für die Stadt Konstanz gesammelt und technisch übertragen bzw. neu formuliert werden. Die Ansätze anderer Städte zeigen wichtige Faktoren zur Anpassung an den Klimawandel in den Bereichen Wasser, Wärme und Vegetation auf. Nun gilt es eine Strategie zur Anpassung zu entwickeln, wie es aktuell für den Klimaschutz getan wird.

⁵¹ Bürger-GIS Karlsruhe

⁵² Klimaanpassungsstrategie Karlsruhe, SP-4

7 Copernicus

Für die Erstellung der CoKLIMAx-Toolbox wird auf die Benutzung von Copernicus-Daten und -Diensten zurückgegriffen. Copernicus ist ein europäisches Erdbeobachtungsprogramm, welches mit seinen Diensten viele wissenschaftliche Aufgaben unterstützt, insbesondere die Klimaforschung, und diese Information für Jedermann kostenlos zur Verfügung stellt. Copernicus besitzt ein eigenes System bestehend aus Satelliten, Bodenstationen, Datenzentren und weiteren In-Situ Datenquellen. 1998 wurde das Programm unter dem Namen „GMES – Global Monitoring for Environment and Security“ von der Europäischen Kommission und der ESA ins Leben gerufen und 2012 in Copernicus umbenannt. Es liefert seit 2014 für jeden Menschen einen freien Datenzugang mit aktuellen Informationen über Umwelt und Sicherheit.⁵³

Bevor näher auf Copernicus eingegangen wird, folgt eine kurze Einführung in Satellitenfunktionen.

7.1 Satelliten und Sensoren zur Erdbeobachtung

Die ersten Satellitenprogramme wurden in den 50er Jahren gestartet, getrieben vom technologischen und militärischen Wettlauf der Vereinigten Staaten und der Sowjetunion. Sputnik 1 war 1957 der erste in eine Umlaufbahn um die Erde gebrachte künstliche Satellit, mit einem einfachen Sender ausgerüstet, der Signale zur Erde funken konnte. 1960 hat die NASA dann ihren ersten geodätisch nutzbaren Satelliten Echo 1 gestartet. Durch eine weltweite Kampagne des National Geodetic Survey (NGS), konnte die Erde zum ersten Mal bis auf etwa 4 Meter genau vermessen werden.

Für die Beobachtung der Veränderungen des globalen Meeresspiegels war die Satellitentechnik bahnbrechend. Man konnte nun nicht nur in der Nähe von Küsten sondern auch auf dem offenen Ozean durch die sogenannte Satellitenaltimetrie den Stand des Meeresspiegels zentimetergenau bestimmen. Das Prinzip dahinter ist: Radarimpulse werden senkrecht nach unten gesendet, die dann von der

⁵³ Copernicus, Internetseite

Wasseroberfläche reflektiert und zurückgeschickt. Der Satellit empfängt die Daten und aus der Auswertung der zeitlichen Differenz lässt sich der Abstand vom Satelliten und der Meeresoberfläche genauestens bestimmen. Seit 1985 sind bis heute 15 weitere Satelliten mit dieser Technik zur Überwachung der Meeresoberfläche gestartet (siehe Abb. 15).

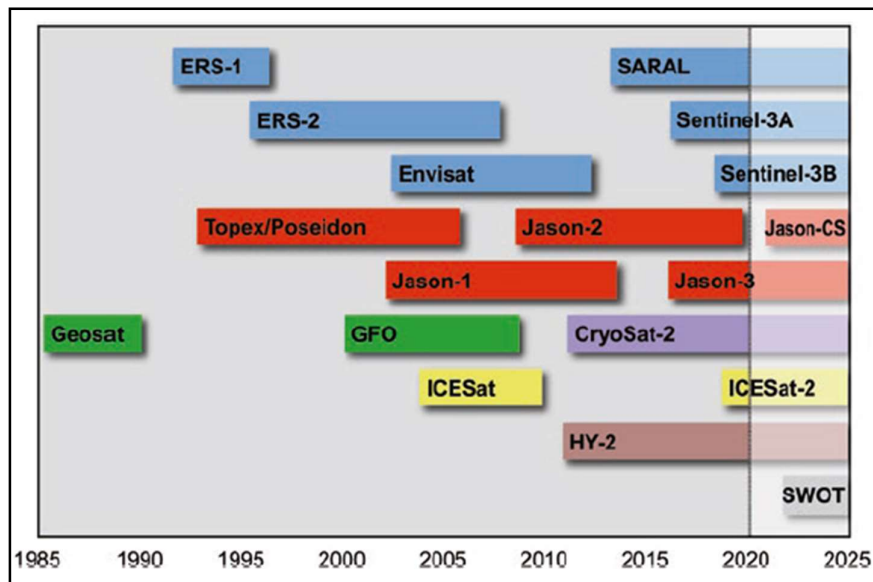


Abb. 15: Satelliten seit 1985 zur Beobachtung des Meeresspiegels⁵⁴

In den darauffolgenden Jahrzehnten hat der technologische Fortschritt auch im Bereich der Satelliten und deren Sensoren Einzug gehalten und sie wurden zu den leistungsfähigen Satelliten, die heute die Erde umkreisen und uns Menschen mit den unterschiedlichsten Daten und Informationen für unterschiedlichste Anwendungen versorgen. Diese reichen von Rundfunk und Kommunikation über Navigation und Weltraumforschung, Geodäsie und Wetter bis hin zur Erdbeobachtung.

Die Sensoren, die heutzutage in Satelliten verwendet werden, nutzen vielfältige technische Verfahren, sei es aktive oder passive Sensorik, über alle Spektralbereiche.

Mikrowellen- und Laseraltimeter werden genutzt zur Höhenmessung, auch der Meereshöhe. LiDAR findet hier Anwendung bei der Analyse der Atmosphäre, Untersuchung von Aerosolen und Wolken. Radar als bildgebendes Verfahren liefert Daten von Oberflächenstrukturen mit Auflösungen bis in den cm-Bereich wie auch

⁵⁴ unverändert übernommen aus Mission Erde, S. 105

ergänzende Information wie beispielsweise Wassergehalt von Vegetation. Spektrale Scanner, die mehrere spektrale Bänder abdecken können, sind die meistverwendeten Sensoren für verschiedenste bildgebende Abbildungsverfahren sowie für die spektrale Analyse der Atmosphäre und der Ozeane. Durch die fortschreitende Miniaturisierung und Digitalisierung sind diese Sensoren im Laufe der letzten 10-20 Jahre immer ausgereifter und sehr leistungsstark geworden.

Von den weit über 100 Erdbeobachtungssatelliten, die seit den 60er Jahren gestartet wurden, sind die bekanntesten die Meteosat Wettersatelliten sowie die Satellitenfamilien Landsat (USA) und Sentinel (EU) bei der Erdbeobachtung.

Betreiber der Satelliten sind unterschiedliche Erdbeobachtungsorganisationen, die die vielen Missionen durchführen, den Betrieb gewährleisten und die Messungen und Daten zur Verfügung stellen: Earth Observing System, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) der USA, SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) von der französischen Weltraumagentur CNES, sowie Copernicus, das Programm der EU und ESA als Beispiele.

7.2 Copernicus Datenquellen

Copernicus bezieht und integriert Umweltdaten aus verschiedenen Quellen. Primär werden Daten von den eigenen Sentinel-Satelliten genutzt. Weitere Daten die aus anderen Satellitenprogrammen zur Verfügung gestellt oder zugekauft werden sowie von Bodenstationen werden in Datenzentren gesammelt.

Die Sentinel-Satelliten sollen für die Erdbeobachtung die Hauptdatenquelle sein und für die Umweltbeobachtung und Sicherheit neue Standards setzen. Insgesamt gibt es sechs Satellitengruppen.

Die ersten 3 Gruppen (Sentinel 1, 2 und 3) bestehen jeweils aus zwei baugleichen Satelliten. Sie liefern hochauflösende Radar- und Multispektralaufnahmen sowie Temperatur und Höhenmessungen für Land- und Meeresüberwachung

Sentinel 1 liefert allwetter Tag- und Nachtaufnahmen mit Hilfe von Radar.

Die Sentinel 2 Satelliten sind mit einem Multispektral Imager ausgestattet. Dieser arbeitet auf 13 Bändern im sichtbaren, Nahinfrarot (VNIR) und Kurzwellen Infrarot (SWIR) Bereich.

Tab. 3: Übersicht über die verschiedenen Bänder des Multispektral Imagers⁵⁵

Band	Auflösung [m]	Wellenlänge [nm]	Beschreibung
<i>B1</i>	60	443	Ultra Blau
<i>B2</i>	10	490	Blau
<i>B3</i>	10	560	Grün
<i>B4</i>	10	665	Rot
<i>B5</i>	20	705	VNIR
<i>B6</i>	20	740	VNIR
<i>B7</i>	20	783	VNIR
<i>B8</i>	10	842	VNIR
<i>B8a</i>	20	865	VNIR
<i>B9</i>	60	940	SWIR
<i>B10</i>	60	1375	SWIR
<i>B11</i>	20	1610	SWIR
<i>B12</i>	20	2190	SWIR

Durch Satellitenaufnahmen können Analysen über das sichtbare Phänomen hinaus durchgeführt werden indem zum Beispiel das Stresslevel eines Waldes bestimmt wird. Durch verschiedene Kombinationen der Bänder können Bilddaten und Information für unterschiedlichste Interessensbereiche, in einer Auflösung von 10m bis 60m, produziert werden (siehe Tab. 3).

⁵⁵ Eigene Darstellung nach GISgeography

Bei den natürlichen Farben handelt es sich um den sichtbaren Bereich, also B2, B3 und B4. Die Satellitenaufnahme zeigt, wie es in echt aussieht, zum Beispiel gesunde Pflanzen in grün und Wasser in blau.

Durch weitere Kombinationen ist man sogar in der Lage zwischen verschiedenen Pflanzenarten zu unterscheiden, Laubbestand zu untersuchen sowie Chlorophyll- und Wassergehalt von Pflanzen darzustellen.

Infrarot (B8) in Kombination mit grün (B3) und rot (B4) aus dem sichtbaren Bereich, ermöglicht es den Gesundheitszustand von Pflanzen zu bestimmen. Das Infrarot reflektiert den Chlorophyllgehalt in den Pflanzen, weshalb gesunde Pflanzen in dieser Kombination rot dargestellt werden, während urbane Flächen weiß erscheinen.

Diese Fähigkeiten sind besonders für die Überwachung der Auswirkungen des Klimawandels auf Vegetation sehr hilfreich.

Die Sentinel 3 Satelliten sind mit Radarhöhenmessern und Infrarot-Radiometer ausgestattet, und werden zur Beobachtung der Meere genutzt, insbesondere für Wellengang und Strömung in Küstennähe.

Sentinel 4 (ab 2023) und Sentinel 5 stellen Daten zur Überwachung der Atmosphäre bereit.

Sentinel 6 befindet sich in einem polaren Orbit und liefert Radarhöhendaten der Polregionen.

Mit Satellitendaten aus weiteren Missionen wird sichergestellt, dass die gesamte Breite an Beobachtungsanforderungen abgedeckt wird. Aktuell gibt es in etwa 30 solcher Missionen.⁵⁶

⁵⁶ Beitragende Missionen, <https://www.copernicus.eu/de/beitragende-missionen>

7.3 Copernicus Dienste

Unter dem Slogan „Europas Auge für die Erde“⁵⁷ stellt Copernicus Informationen in sechs Kerndiensten zur Verfügung. Diese sind für alle Nutzer über entsprechende Portale kostenfrei zugänglich.

Die Dienste decken die sechs Bereiche Atmosphäre, Meeresumwelt, Landüberwachung, Klimawandel, Sicherheit und Katastrophen- und Krisenmanagement ab (siehe Abb. 16).

Im Folgenden sind die Dienste kurz beschrieben und die für CoKLIMAx wichtigsten Seiten aus der Copernicus Internetpräsenz im Anhang aufgeführt (Stand Januar 2022), insbesondere aus den Diensten Landbeobachtung, Klimawandel und Katastrophen- und Krisenmanagement.

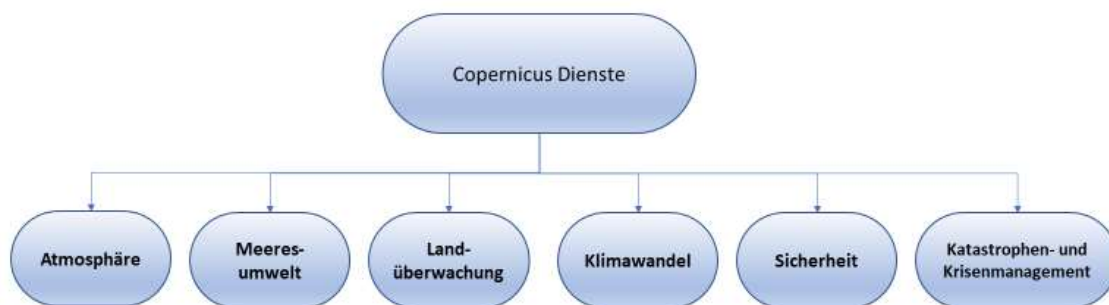


Abb. 16: Darstellung der 6 Copernicus-Dienste

„Der Atmosphäre“-Dienst bietet kontinuierliche Information über die Zusammensetzung der Atmosphäre und konzentriert sich dabei auf Luftqualität (chemische Spezies, Aerosole, Treibhausgas-Konzentration), UV-Index-Vorhersage, Emissionen (z. B. Schiffsverkehr, Waldbrände), Sonneneinstrahlung und klimatische Einflüsse.

Der Dienst Meeresumwelt liefert systematische Informationen über den Zustand der Meere, Oberflächentemperatur, Salzgehalt, Sauerstoff- und Nährstoffgehalt, Plankton, Trübung, Strömung, Wellenhöhe, Wind, ... und unterstützt Anwendungen im Bereich Sicherheit auf See, Ressourcen, Umwelt und Wetter.

⁵⁷ Homepage von Copernicus

Besonders der Dienst Landüberwachung ist für die Stadtplanung von Interesse, da er vielfältige geographische Informationen zur Bodenbedeckung und deren Veränderung zur Verfügung stellt. Landnutzung, Vegetationszustand und Wasseroberflächen sind hier wichtige Aspekte.

Informationen über das vergangene, gegenwärtige und zukünftige Klima werden im Dienst Klimawandel aufbereitet und allen Nutzern über den Climate Data Store (CDS) kostenfrei zur Verfügung gestellt. Der CDS bietet über diesen durchsuchbaren Katalog Zugang zu einer Vielzahl von Klimadatensätzen. Es steht eine Online-Toolbox zur Verfügung, mit der Benutzer Arbeitsabläufe und Anwendungen erstellen können, die auf ihre Vorhaben zugeschnitten werden können. In der Application Gallery kann man auch ohne Registrierung verschiedene programmierte Daten und deren Quelltext betrachten.

Der Sicherheit-Dienst ist ausgerichtet auf Grenzüberwachung und Maritime Überwachung zur Unterstützung der EU-Außenpolitik

Der Dienst „Katastrophen- und Krisenmanagement“ versorgt Akteure mit Informationen rund um Hochwasserkartierung und -vorhersage, Waldbrand- und Dürreinformation und liefert Referenz- und Schadenskarten in Katastrophengebieten.

Durch diese Vielzahl an Diensten und Datenquellen unterstützt Copernicus vielfältige Anwendungsbereiche für die unterschiedlichsten Kunden und Nutzer. Insbesondere für die Stadtplanung kann Copernicus Informationen zu Landnutzung, Stadtwachstum und Veränderung, Grünflächen, Versiegelung, Temperaturprofile und dergleichen mehr zur Verfügung stellen, die jegliche Aspekte der Stadtplanung unterstützen können. Im Folgenden wird ebenfalls auf CODE-DE eingegangen.

CODE-DE:

CODE-DE ist eine Plattform, die den Nutzern in Deutschland einen einfachen Zugang zu den Daten der Sentinel-Satelliten sowie den Copernicus Kerndiensten ermöglicht und virtuelle Arbeitsmaschinen für Prozessierungen der Daten besitzt. Die Plattform bietet die Möglichkeit sich diese Daten online anzuschauen und herunterzuladen. Man muss sich dafür jedoch registrieren. Ein Großteil der über CODE-DE verfügbaren Datenprodukte stammt aus dem CDS. Für den Zugang gibt es verschiedene Berechtigungsstufen: Unter die Kategorie 1 fallen deutsche Bundesbehörden und

deren Auftragnehmer, Kategorie 2 besteht aus den Landesbehörden, Kommunen und deren Auftraggeber, Kategorie 3 sind deutsche Forschungseinrichtungen und andere nicht kommerzielle Organisationen und in die 4. Kategorie gehören alle die in keine der ersten drei fallen, zum Beispiel Studenten oder Privatpersonen.

In der Kategorie 4 ist CODE-DE eine gute Möglichkeit sich mit Satellitendaten vertraut zu machen. Der Mehrwert ist erkennbar, aber man muss als Leihe dennoch einige Zeit investieren um sich zurechtzufinden.

Im Rahmen des CoKLIMAx-Projekts wird die Plattform von CODE-DE für den Zugang zu den Daten benutzt. Auch die Produkte aus den CDS werden in die Planungen mit einfließen. Die Verschneidung dieser Daten mit feineren in-situ Daten wird eine der großen Aufgaben in dem Projekt sein.

Vor dem Start des Projekts müssen allerdings erst einmal alle beteiligten und betroffenen Personen identifiziert und ihre Motivationen analysiert werden.

8 Stakeholderidentifikation

Für das Gelingen eines jeden Projektes ist es entscheidend, alle in irgendeiner Weise dadurch Betroffenen oder daran Beteiligten (Einzelpersonen, Gruppen, Institutionen und Firmen) mit ihren Interessen, Prioritäten und Vorstellungen klar zu erkennen und zu definieren.

8.1 Stakeholderanalyse – eine Einführung

Eine solche Stakeholderanalyse besteht im Wesentlichen aus drei Teilen:

einer ausführlichen Datenerhebung zu Beginn, der eigentlichen Analysephase und einem kontinuierlichen Management der Stakeholder während des gesamten Projektzeitraums. Zum Abschluss wird eine Bestandsaufnahme und Evaluation durchgeführt (siehe Tab. 4).

Im ersten Teil, nach der Identifikation der Stakeholder, geht es darum herauszufinden, welche Interessen, Forderungen und Ansprüche die einzelnen Stakeholder in Bezug auf das Vorhaben besitzen aber auch welche Einflussmöglichkeiten ihnen zur Verfügung stehen. Dazu eignen sich z.B. spezifische Fragebögen.

Damit wird für jeden ein Anfangsprofil erstellt, das im zweiten Schritt im Hinblick auf die Einstellung zum Projekt, mögliche Koalitionen untereinander genauso wie auf Konfliktpotentiale untersucht, ergänzt und in eine Reihenfolge gebracht wird.

Im dritten Schritt gilt es für das Projektleiterteam, ein eigenes, angepasstes Handlungskonzept zu entwickeln, das eine erfolgreiche Durchführung des Projekts ermöglicht. Dabei müssen während der gesamten Laufzeit die Stakeholder, ihre Interessen und Koalitionen ständig im Blick behalten, neu bewertet und moderiert werden, da immer die Möglichkeit besteht, dass sich darin etwas verändert.

Nach Beendigung des Projekts erfolgt eine interne Evaluation, in der der komplette Prozess noch einmal ausgewertet wird.

Tab. 4: Ablauf einer Stakeholderanalyse⁵⁸

Daten- erhebung	STUFE 1: Identifikation der Stakeholder <ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifikation von Individuen, Gruppen und Koalitionen aus dem Umfeld einer Projektentwicklung ▪ Einschränkungen in der Tiefe durch Gruppierung möglich, nicht in der Breite (interne <u>und</u> externe)
	STUFE 2: Identifikation der Ziele und Interessen der Stakeholder <ul style="list-style-type: none"> ▪ Systematische Erfassung der auf ein Projekt gerichteten Ziele und Vergleich mit Projektzielen
	STUFE 3: Identifikation der Eigenschaften der Stakeholder <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ermittlung der Legitimität, Macht sowie Dringlichkeit (Aktivität/Engagement) der Stakeholder
Analyse	STUFE 4: Analyse der Stakeholder und Priorisierung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Individuelle Analyse der Stakeholder: Ermittlung der Einstellung (Gegner/Unterstützer/neutral) ▪ Vergleichende Analysen und Priorisierung der Stakeholder in Abhängigkeit von ihrer Bedeutung
	STUFE 5: Analyse von möglichen Koalitionen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ermittlung potentieller Koalitionen anhand wechselseitiger Akzeptanz verschiedener Stakeholder ▪ Prüfung der Mobilisierungswahrscheinlichkeit und Plausibilität von möglichen Koalitionen
	STUFE 6: Analyse der Strategien der Stakeholder Ermittlung der gegenwärtigen und potentiellen Strategien, die von Stakeholdern gewählt werden
Auswertung/ Ziel	STUFE 7: Festlegung von Strategien und Auswertung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inhalt dieses Analyseschritts stark abhängig von den Adressatengruppen der Stakeholderanalyse ▪ Projektentwickler: Stakeholdermanagement, Projektanpassung (explorative Funktionen) ▪ Öffentlichkeit/Stakeholder: Überblick über Situation und Partizipation (Dokumentationsfunktion) ▪ Stakeholder: Entwicklung von Strategien gegenüber einem Projekt (Tausch der Stufen 6 und 7)
	STUFE 8: Monitoring <ul style="list-style-type: none"> ▪ Berücksichtigung von Dynamiken durch iterative Durchführung der Analysestufen 1-7
	STUFE 9: Überprüfung der Zielerreichung

8.2 Identifikation von Stakeholdern für CoKLIMax

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wird ausschließlich auf die Stufe 1 in Tab. 4 eingegangen in Bezug auf das CoKLIMax-Projekt.

Abb. 17 zeigt mögliche beispielhafte Vernetzungen und Abhängigkeiten von Allianzen in Bezug auf die Stadt Konstanz. Wer gibt Vorgaben und wie könnten die interaktiven Beziehungen sein, um möglichst viele Daten zur Erstellung des Tools zusammentragen zu können?

⁵⁸ unverändert nach Krips 2017, S.12

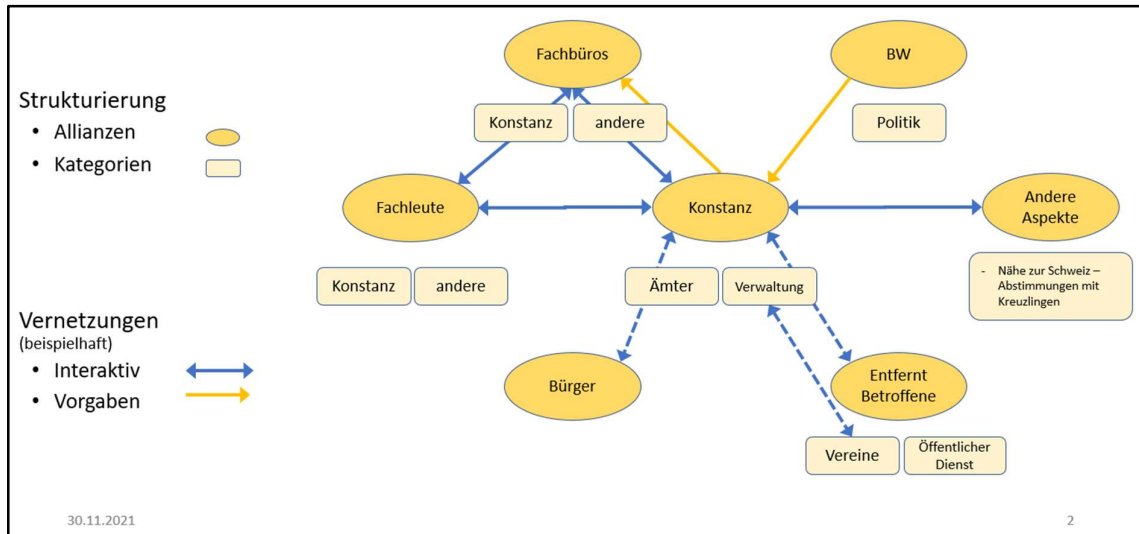


Abb. 17: Kategorien und Netzwerke

Im nächsten Schritt (siehe Abb. 18) wurde nach den betroffenen Bereichen gesucht, um möglichst viele potenzielle Stakeholder identifizieren zu können. Örtliche Klimaexperten oder frühere Projektpartner der Stadtverwaltung, wie beispielsweise die Firma INKEK, die die Klimaanalyse von 2015 durchgeführt hat, könnten wichtige Stakeholder für CoKLIMax sein, um an örtliche Klimadaten zu kommen.

Außerdem wurden die Bereiche in die Kategorien Kern, Übergeordnete und Diverse eingeordnet, um erst einmal spezifische Fragebögen für den Kern und übergeordnete Institutionen erstellen zu können. Zu einem späteren Zeitpunkt des Projektes ist es von Vorteil eine anonyme Befragung der Bürger und entfernter Betroffener, wie Vereine oder öffentlicher Dienste durchzuführen, um die Erwartungen möglichst vieler Beteiligten kennenzulernen.

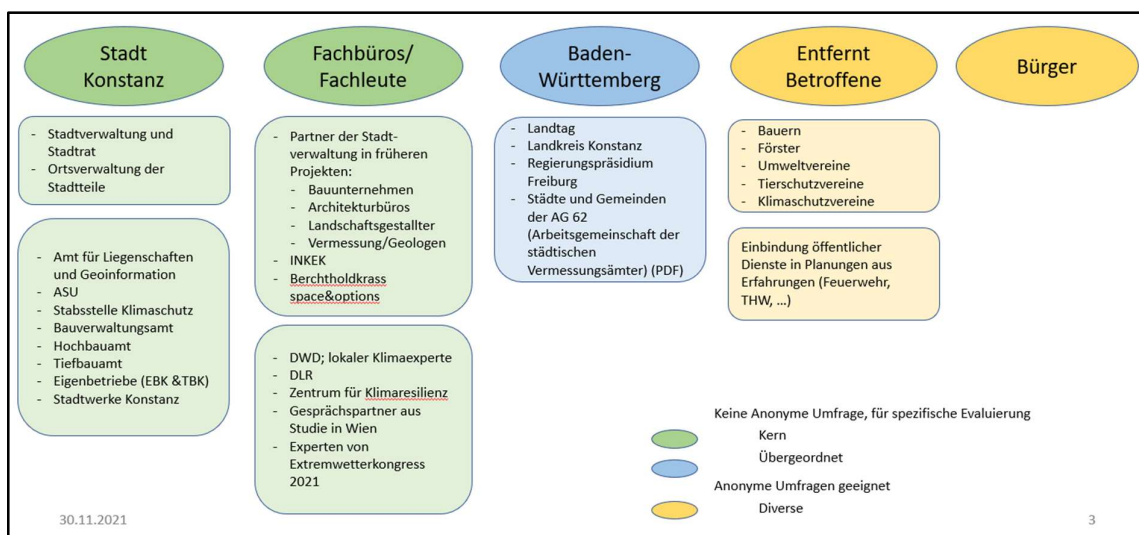


Abb. 18: Identifikation betroffener Bereiche

Nach der Identifikation der betroffenen Bereiche wurde eine Unterteilung in Kategorien interner und externer Stakeholder vorgenommen (siehe Tab. 5). Dabei wurde darauf geachtet, welche Allianzen zum Projektkern gehören und welche nicht. Eine weitere Unterteilung erfolgt in öffentliche und private Stakeholder. Die Auflistung dient als genauere Kategorisierung der Stakeholder, die in Folge nun im Projekt weiter vervollständigt und abgesprochen wird. Für potenzielle Stakeholder wurde zudem eine Datenbank angefertigt, die im Laufe des Projekts stetig erweitert werden kann.

Tab. 5: alternative Darstellung in interne und externe Stakeholder

Kategorie	Stakeholder-Allianz	Stakeholder-Gruppe	Akteure; Individuen
Interne öffentliche Stakeholder	Stadt Konstanz	<ul style="list-style-type: none"> - Amt für Liegenschaften und Geoinformation - ASU - Stabsstelle Klimaschutz - Bauverwaltungsamt - Hochbauamt - Tiefbauamt - Eigenbetriebe (EBK & TBK) - Stadtwerke Konstanz 	<ul style="list-style-type: none"> - Thöni, in het Panhuis - Horvath, Kratz
Interne private Stakeholder		<ul style="list-style-type: none"> - Tejada, structure, GERICS - HTWG, Uni Stuttgart 	
Externe öffentliche Stakeholder	Land BW	<ul style="list-style-type: none"> - RP Freiburg - Landtag - Städte und Gemeinden der AG 62 	
	Medien	<ul style="list-style-type: none"> - Fernsehen, Marketing - Presse 	<ul style="list-style-type: none"> - Südkurier, Reporter für Umwelt
Externe private Stakeholder	Vereine	<ul style="list-style-type: none"> - Tierschutzverein, Klimaschutzverein, usw. 	
	Bürger		
	Fachbüros	<ul style="list-style-type: none"> - Klimaanalysenplanung - Bauunternehmen, Architekturbüros, Geologen, 	<ul style="list-style-type: none"> - INKEK - Berchtholdkrass
Weitere: DWD, DLR, THW, Feuerwehr, Förster und andere in Datenbank angelegt			
30.11.2021			4

Die Tabelle soll zudem auch Akteure der einzelnen Kategorien veranschaulichen. Beispielsweise für den externen öffentliche Stakeholder die Presse, mit dem Südkurier, eine der meistverkauften Zeitschriften in Konstanz und im Landkreis.

Im weiteren Verlauf des Projekts sollen die unterschiedlichen Gruppen und Akteure nach Bedeutsamkeit priorisiert und analysiert werden.

9 Fazit

Wie global werden auch regional die Temperaturen weiterhin steigen und Extremwetterereignisse an Intensität zunehmen. Es sind bereits umfangreiche Studien zu Anpassungen an den Klimawandel vorhanden. Es gilt, diese Erkenntnisse nun schnellstmöglich in die Praxis umzusetzen durch zum Beispiel:

- Änderung der politischen und gesetzlichen Rahmenvorgaben von Bund, Ländern und Kommunen
- Verstärkte Öffentlichkeitsarbeit und Einbindung der Bürger
- Erhöhung der Fördermaßnahmen für Klimaanpassungsstrategien seitens Bund, Ländern und Kommunen

Bisher hatte die Stadt Konstanz auf Grund der Lage der Stadt nicht die Dringlichkeit Anpassungen machen zu müssen. Daher war bisher die Priorität der Klimaschutz, was auch durch die Ausrufung des Klimanotstandes 2019 verdeutlicht wird. Bei Planungen für Neubauten in Konstanz wird der Klimawandel berücksichtigt. In erster Linie ist der Klimaschutz auch hier treibende Kraft, aber durch nachhaltige Bauweisen und an den Klimawandel angepasste Strategien wird die Resilienz in urbanen Gebieten gesteigert. Klimaanpassung muss aber auch vor allem im Bestand stattfinden. Insgesamt ist es wichtig die Bürger zu informieren und in die Planung zu integrieren damit Städte effizient geplant und angepasst werden können.

Durch das LexiKON schafft sich die Stadt Konstanz bereits eine digitale Planungsstruktur, die durch neue Projekte erweiterbar sein wird. Die Toolbox des CoKLIMAx-Projekts kann beispielsweise im Handlungsfeld der Klimaresilienz integriert werden. Die Stadt erhofft sich durch diese Toolbox in den Bereichen Wasser, Wärme und Vegetation einen einfachen Datenabruf und Verschneidung von Daten, aus denen Analysen bezüglich des Klimas und der Vulnerabilität in städtischen Bereichen erstellt werden und durch Monitoring durchgeführte Maßnahmen überwacht werden können. Dadurch wird die Stadt weniger Zeit für die Erstellung eines Anpassungskonzepts benötigen. Neben Konstanz wird die Toolbox künftig weitere Kommunen bei der klimabezogenen Stadtplanung unterstützen.

V Literaturverzeichnis

- Alles Wissen (2021): Fernsehbeitrag vom 28.10.21 im Hessischen Rundfunk, URL: <https://www.ardmediathek.de/video/alles-wissen/alles-wissen-vom-28-10-2021/hr-fernsehen/Y3JpZDovL2hyLW9ubGluZS8xNTMxNDE/>
- Angermann D., Pail R., Seitz F., Hugentobler (2021): *Mission Erde*; Kapitel 1, 3, 4, Springer-Verlag, ISBN 978-3-662-62337-4, München
- Amt für Stadtplanung und Umwelt Konstanz (ASU) (2021): *Modellquartier am Horn – Städtebaulicher Rahmenplan Entwurf*, Konstanz, URL: https://www.konstanz.de/site/Konstanz-Karriere/get/documents_E1143077504/konstanz/Dateien/Stadt%20gestalten/Zukunftsstadt/Alle%20Bilder/Anlage2_Rahmenplan_Text%20%282%29_compr.pdf
- Architektenkammer Baden-Württemberg (2015): *Erfolgreich Stadt planen, Stadtplanung in Baden-Württemberg*, URL: https://www.akbw.de/fileadmin/download/dokumente_datenbank/AKBW_Broschueren/Bauherreninformationen/Erfolgreich_Stadt_planen_BrA4_Einzelseite_n.pdf
- Bundeszentrale für politische Bildung, Ungerer C. Oppold D. (2021): „Klimaschutz als Aufgabe für Politik und Gesellschaft“ (Artikel vom 08.07.2021), Zugriff am 24.01.22, URL: <https://www.bpb.de/izpb/klima-347/336241/klimaschutz-als-aufgabe-fuer-politik-und-gesellschaft>
- Brasseur G., Jacob D., Schuck-Zöller S. (2017): *Klimawandel in Deutschland*; Kapitel III (14, 22, 25) und Kapitel V, Springer-Verlag, ISBN 978-3-662-50396-6, Hamburg
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMVU): *Gesundheit im Klimawandel*, Zugriff am 12.12.21, URL: <https://www.bmu.de/themen/gesundheitschemikalien/gesundheitschemikalien-im-klimawandel>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMVU): *Klimaanpassung*, URL: <https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaanpassung>
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2011): *Klimagerechte Stadtentwicklung, Forschungen Heft 149*, Kapitel 3, Berlin
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2010): „StadtKlima: Kommunale Strategien und Potenziale zum Klimawandel“, Berlin
- Bundesregierung, BMVU (2008): *Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel*, Kapitel 3.2.2; Kapitel 5

- Bürger-GIS Karlsruhe, letzter Abruf 12.01.22, URL:
<https://geoportal.karlsruhe.de/buergergis/index.html?webmap=230d75ecc45b4f19b9984e794cfc0cc4>
- CODE-DE: letzter Zugriff am 22.12.21, URL: <https://code-de.org/de/>
- Christian Aid, Dr. Kramer K, Ware J (2021): „Counting the cost 2021 – a year of climate brakedown“, London, URL:
<https://www.christianaid.org.uk/sites/default/files/2021-12/Counting%20the%20cost%202021%20-%20A%20year%20of%20climate%20breakdown.pdf>
- Deutsches Institut für Urbanistik (Difu) (2014): „KommAKlima“ Hinweise für Kommunen: Betroffen durch den Klimawandel? – ein Einstieg in für Kommunen
- Deutsches Institut für Urbanistik (Difu) (2021): „Klimaschutz, erneuerbare Energien und Klimaanpassung in Kommunen“, Kapitel 3
- Deutsches Klima-Konsortium, Deutsche Meteorologische Gesellschaft, Deutscher Wetterdienst, Extremwetterkongress Hamburg, Helmholtz-Klima-Initiative (2021): *Was wir heute übers Klima wissen*, Offenbach am Main
- Deutscher Wetterdienst / Extremwetterkongress (2021): *Was wir heute über das Extremwetter in Deutschland wissen*, Offenbach am Main
- Deutscher Wetterdienst Zeitreihen und Diagramme: Abruf am 10.10.21, URL:
<https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html#buehneTop>
- Entsorgungsbetriebe Konstanz (EBK) (2017): Gesplitterte Abwassergebühr, URL:
https://www.konstanz.de/site/Konstanz-Microsites/get/documents_E1478862034/konstanz/Dateien/Leben%20in%20Konstanz/EBK/Planung/2021_EBK_GAG.pdfEckert W.,
- ESA: Die Copernicus Dienste, Zugriff am 14.10.21, URL:
https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Die_Copernicus-Dienste
- Extremwetterkongress (2021): Vortrag von Christian Behrens, einem Betroffenen des Hochwassers (YouTube Livestream vom 24.09.21) (1:02:00-1:32:50), Zugriff am 28.09.21, URL: https://www.youtube.com/watch?v=q0tfoo0_RjQ
- Fränkische Deutschland: „Klimagerechte Stadtentwicklung: Verdunstungs-Konzept gegen urbane Hitzeinseln und Überflutungen“ (YouTube-Video vom 16.04.21); Zugriff am 24.09.21, URL: <https://www.youtube.com/watch?v=BS03hUh0v10>
- Germanwatch (2021): „Geber erleichtern endlich Finanzierung von Klimaanpassung in ärmeren Ländern“ (Artikel vom 09.11.2021), Zugriff am 10.01.2022 URL:
<https://www.germanwatch.org/de/21140>
- GISGeography (2021): Sentinel 2 Bands and Combinations (letztes Update am 29.10.2021); zuletzt abgerufen am 10.01.22, URL:
<https://gisgeography.com/sentinel-2-bands-combinations/>

- ifeu (2021): „Klimaschutzstrategie Konstanz Endbericht“; letzter Zugriff am 09.01.22, Heidelberg
- IPCC (2014): Klimaänderung 2014; Kapitel 1.2, URL: https://www.de-ipcc.de/media/content/IPCC-AR5_SYR_barrierefrei.pdf
- Klimakvarter (2015): Tasinge Plads (Faltblatt), abgerufen am 28.12.21, Kopenhagen, URL: http://klimakvarter.dk/wp-content/uploads/2015/06/T%C3%A5singeplads_pixi_2015_UK_WEB.pdf
- Klimasensible Stadtentwicklung 2020, Wien, URL: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008568.pdf>
- KLIVO-Portal Homepage: Abruf am 22.11.21, URL: https://www.klivoportal.de/DE/Home/home_node.html
- Konstanzer Amtsblatt vom 12.01.2022
- Krips D. (2017): „Stakeholdermanagement Kurzanleitung“ Heft 5, 2. Auflage, Duisburg
- LexiKON Website, Zugang vorab erhalten am 15.12.21, letzter Zugriff 17.01.22, noch nicht für freien Zugang freigeschaltet
- LUBW (2021): „Hohe Temperaturen und Trockenheit hinterlassen ihre Spuren“; Karlsruhe
- LUBW Klimawandel und Anpassung: Bodensee, Zugriff am 05.09.21, URL: <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/klimawandel-und-anpassung/bodensee>
- LUBW Klimawandel und Anpassung: Stadt und Raumplanung, Zugriff am 05.09.21, URL: <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/klimawandel-und-anpassung/stadt-und-raumplanung>
- LUBW (2020): *Monitoringbericht 2020 zur Anpassungsstrategie an den Klimawandel in Baden-Württemberg*, Stuttgart
- Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung (2015): Urban Heat Islands, Strategieplan Wien, URL: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan-druck.pdf>
- Magistrat der Stadt Wien: „Die Projekte – InKA“, letzter Zugriff am 25.01.22, URL: <https://www.wien.gv.at/umwelt/klimaschutz/inka/projekte.html>
- Mairie de Paris (2016): The Eco-District – a refernece in sustainable urban developments in Paris; Clichy Batignolles, Paris, URL: https://www.paris-metropole-amenagement.fr/sites/default/files/2018-11/BD_CB_DossierPress_En_060317.pdf
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft (2015): „Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg“ Kapitel 2, 3.8, 3.9, 4, Stuttgart

- Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (2012): *Städtebauliche Klimafibel – Hinweise für Bauleitplanung*, Kapitel 6, Stuttgart
- Mos S. (2019): „Stakeholdermanagement – in 5 Schritten zu besseren Beziehungen und erfolgreichen Projekten“ Part 1 und 2; Zugriff am 10.11.21, URL: <https://medium.com/@soniamos/stakeholdermanagement-in-5-schritten-zu-besseren-beziehungen-und-erfolgreichen-projekten-1-3-a2f92677e84a>
- Munich RE (2022): „Hurrikane, Kältewellen, Tornados: Wetterkatastrophen in USA dominieren Naturkatastrophen-Schadenstatistik 2021“ (Artikel vom 10.01.22), letzter Zugriff am 23.01.22, URL: <https://www.munichre.com/de/unternehmen/media-relations/medieninformationen-und-unternehmensnachrichten/medieninformationen/2022/bilanz-naturkatastrophen-2021.html>
- Pfadenhauer K., BR24: „Klima-Resilienz: so könnte Bayern der Erderwärmung trotzen“, Artikel vom 23.07.21; Zugriff am 24.09.21, URL: <https://www.br.de/nachrichten/bayern/klima-resilienz-so-koennte-bayern-der-erderwaermung-trotzen,SdugCsk>
- Planet Wissen (2020): Klimawandel, Erstveröffentlichung 2009 letzte Aktualisierung 18.06.2020 abgerufen am 05.09.2021, URL: <https://www.planet-wissen.de/natur/klima/klimawandel/index.html>
- Promet vom DWD (2008): *Meteorologie und Versicherungswirtschaft*, Kapitel 6, URL: https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_promet/pdf_promethefte/34_1_2_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- Rahmstorf S. (2016): „Rekordwärme auf der Erde trotz kalter Sonne“, Artikel vom 08.09.2016; Zugriff am 14.09.2021, URL: <https://scilogs.spektrum.de/klimalounge/rekordwaerme-auf-der-erde-trotz-kalter-sonne/>
- Ramboll Studio Dreiseitl (2020): „Resiliente und lebendige Städte durch neuen Umgang mit Regenwasser“ (Präsentation); Zugriff am 23.09.21, URL: <https://docplayer.org/186261656-Resiliente-und-lebendige-staedte-durch-neuen-umgang-mit-regenwasser.html>
- rbb (2021): „Zahl der Hitzetoten steigt kontinuierlich in Berlin und Brandenburg“ (Artikel vom 22.07.2021), Zugriff am 27.12.21, URL: <https://www.rbb24.de/panorama/beitrag/2021/07/temperaturanstieg-hitzetote-berlin-brandenburg-klimawandel-hitzewellen-wetter.html>
- Sieker: Das Konzept der Schwammstadt; Zugriff am 20.11.21, URL: <https://www.sieker.de/fachinformationen/umgang-mit-regenwasser/article/das-konzept-der-schwammstadt-sponge-city-577.html>
- Stadt Konstanz, Hoffschroder H., Deckel F., Windbergs, L. (2020): *Strukturkonzept Gewerbegebiet Unterlohn*, Konstanz/Dortmund/Aachen, URL: https://www.konstanz.de/site/Konstanz/get/documents_E-315305562/konstanz/Dateien/Stadt%20gestalten/ASU/Bauleitpl%C3%A4ne/U

- nterlohn,%207.%C3%84_2.amtl.%20Bekanntmachung/10_Strukturkonzept.pdf
- Süddeutsche Zeitung (2020): „Wie der Bundestag den Klimawandel verdrängte“, Artikel vom 05.03.2020, Zugriff am 30.09.21, URL: <https://www.sueddeutsche.de/projekte/artikel/politik/wie-der-bundestag-ueber-klimapolitik-spricht-e704090/>
- Südkurier (2021), Artikel vom 13.07.2021, Zugriff am 07.09.21, URL: <https://www.suedkurier.de/region/kreis-konstanz/konstanz/wirt-maex-kessler-kann-wieder-lachen-er-bedankt-sich-fuer-die-riesige-hilfsbereitschaft-nach-der-ueberschwemmung-seiner-konstanzer-gaststaette;art372448,10858292>
- Südkurier, Waid E. (2021): „HTWG will mit Satelliten gegen Klimafolgen vorgehen“ (Artikel vom 12.10.21), Konstanz
- SWR (2021): „Ulmer Konzept zum Schutz vor Starkregen“ (Artikel vom 09.07.21); Zugriff am 17.09.21, URL: <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/ulm/starkregenkonzept-in-ulm-100.html>
- SWR (2021): „Die wichtigsten Fragen rund ums Klima, (Artikel vom 31.10.21), Zugriff am 02.11.21, URL: <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/klima-fragen-101.html>
- Technik aufs Ohr (28.01.21): „Urbane Klimawandel: Welche Anpassungen müssen Städte vornehmen?“ (Podcast vom 28.01.21), abgerufen am 23.11.21, URL: <https://technikaufsohr.podigee.io/39-urbaner-klimawandel>
- Taubenböck H., Wurm M., Esch T., Dech S. (2015): *Globale Urbanisierung – Perspektive aus dem All*, Kapitel III (21,22), IV (23), V (29,32,34), Springer-Verlag, ISBN 978-3-662-44840-3, Berlin Heidelberg
- Umweltbundesamt (2014): „Klimaanpassung in der räumlichen Planung“, Kapitel 4, URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/klimaanpassung_in_der_raeumlichen_planung_praxishilfe_02-2020.pdf
- Umweltbundesamt (2019): „Öffentliches Baurecht“ (Artikel vom 21.10.19), Zugriff am 10.01.2022, URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeitsstrategien-internationales/umweltrecht/umweltschutz-im-fachrecht/oeffentliches-baurecht#bauleitplanung>
- Umweltbundesamt (2021): „Atmosphärische Treibhausgas-Konzentration“ (Artikel vom 26.05.2021), Zugriff am 14.09.2021, URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/atmosphaerische-treibhausgas-konzentrationen#kohlendioxid->
- Umweltbundesamt (2021): „Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland“ Kapitel 6.3.1, Dessau-Roßlau
- Umweltbundesamt (2022): „Gesundheitsrisiken durch Hitze“ (Artikel vom 07.01.22), Zugriff am 10.01.22, URL: <https://www.umweltbundesamt.de/node/57569#indikatoren-der-lufttemperaturheisse-tage-und-tropennachte>

- Umweltbundesamt, Fachgebiet I1.6 KomPass (2021): Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland (KWRA 2021), URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/kurzzusammenfassung_kwra_2021_.pdf
- Venema H., International Institute for Sustainable Development (2017): „Eight ways cities are building climate resilience“ (Artikel vom 22.03.2017), Zugriff am 26.09.21 URL: <https://www.iisd.org/articles/building-a-climate-resilient-city>
- Verivox: Geothermie, letzter Zugriff am 04.01.22, URL: <https://www.verivox.de/strom/themen/geothermie/>
- WELT (2019): „Organisation sieht Deutschland unter den Top drei bei Klimaschäden“ (Artikel vom 04.12.2019), Zugriff am 04.10.21, URL: <https://www.welt.de/wissenschaft/article204032282/Hitzewelle-Sturm-Duerre-Organisation-sieht-Deutschland-unter-den-top-drei-bei-Klimaschaeden.html>
- Wien Geschichte Wiki (2021): „Neue Donau“, Zugriff am 27.01.22 URL: https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Neue_Donau
- WWF (2021): Hochwasser (Stand 27.10.21), letzter Zugriff 17.01.22, URL: <https://www.wwf.de/themen-projekte/fluesse-seen/hochwasser/hochwasser>
- ZDF (2021): „Hunderte Tote während Hitzewelle in Kanada“ (Artikel vom 01.07.2021), Zugriff am 27.12.21, URL: <https://www.zdf.de/nachrichten/panorama/kanada-hitzewelle-tote-100.html>

Gesprächspartner:

Vielen Dank an all die Personen, mit denen ich ein Gespräch beziehungsweise ein Interview für das Erarbeiten meiner Thesis führen durfte. Die einzelnen Personen sind nachfolgend alphabetisch aufgeführt:

Baier E., Abteilung Statistik und Steuerungsunterstützung Stadt Konstanz

Debert S., ASU: Projektkoordinatorin Zukunftsstadt Konstanz

Hertig U., EBK: Betriebsleitung

Horvath I., Mitarbeiterin im ASU Konstanz

In het Panhuis G., Ansprechpartner für GIS Stadt Konstanz

Klostermeier A., Ansprechpartner Bauleitplanung, Bezirksbetreuung Industriegebiet

Kratz M., ASU: Ansprechpartner zum Thema Stadtentwicklung

Kuppel G., Landratsamt Konstanz: Amt für Baurecht und Umweltschutz

Schöbel C., Mitarbeiterin im ASU Konstanz

Stocker C., TBK: Ansprechpartner im Sachgebiet Bäume

Thöni K., Abteilungsleiterin Geoinformation Stadt Konstanz

Mein besonderer Dank geht an Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael Bühler und an Herrn Konstantin Scheffczyk, die mich während der Erarbeitung meiner Bachelorarbeit tatkräftig unterstützt und beraten haben.

VI Anhang

Internet-Links zu Copernicus-Diensten:

Copernicus Homepage:

<https://www.copernicus.eu/de>

Homepage Dienst Atmosphäre:

<https://www.copernicus.eu/de/dienste/atmosphaere>

Broschüre:

https://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus_AtmosphereMonitoring_Feb2017.pdf

Data Store:

<https://atmosphere.copernicus.eu/data>

Produktkatalog:

<https://atmosphere.copernicus.eu/catalogue#/>

Homepage Dienst Landüberwachung

<https://www.copernicus.eu/de/dienste/land>

<https://land.copernicus.eu/de>

Broschüre:

<https://www.copernicus.eu/sites/default/files/Copernicus%20Land%20Monitoring%20Service%20factsheet%20status%20October%202018.pdf>

Product Access:

<https://land.copernicus.eu/global/access>

Homepage Dienst Klimawandel:

<https://www.copernicus.eu/de/dienste/klimawandel>

CDS:

<https://cds.climate.copernicus.eu#!/home>

Toolbox:

<https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/toolbox>

Training:

<https://climate.copernicus.eu/user-learning-services>

Support:

<https://climate.copernicus.eu/help-and-support>

Homepage Dienst Meeresumwelt

<https://www.copernicus.eu/de/dienste/meeresumwelt>

Broschüre:

https://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus_MarineMonitoring_Feb2017.pdf

Homepage Dienst Sicherheit:

<https://www.copernicus.eu/de/dienste/sicherheit>

Homepage Dienst Katastrophen- und Krisenmanagement:

<https://www.copernicus.eu/de/dienste/katastrophen-und-krisenmanagement>