

**28. Oktober 2024**

Dipl. Umwelt- und Energietechniker/in HF

**KLIMASTRATEGIE  
FÜR DEN URBANEN RAUM**  
SITUATIONSANALYSE UND MASSNAHMENPLAN

PHILIP CYRIL LÜTHI  
SCHWARZTORSTR. 70  
3007 BERN

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.0</b>	<b>MANAGEMENT SUMMARY .....</b>	<b>3</b>
<b>2.0</b>	<b>AUTORENPORTRÄT .....</b>	<b>4</b>
2.1	<i>Beruflicher Lebenslauf .....</i>	4
2.2	<i>Schulische Bildung .....</i>	6
<b>3.0</b>	<b>PROJEKTDATEN.....</b>	<b>7</b>
3.1	<i>Aufgabenstellung.....</i>	7
3.2	<i>Pflichtenheft .....</i>	8
3.3	<i>Zieldefinition.....</i>	8
3.4	<i>Leitfragen.....</i>	9
3.5	<i>Projektbegrenzungen .....</i>	9
3.6	<i>Projektstrukturplanung .....</i>	10
3.7	<i>Ablaufplanung Soll / Ist.....</i>	11
<b>4.0</b>	<b>SITUATIONSANALYSE.....</b>	<b>14</b>
4.1	<i>Thematischer Einstieg.....</i>	14
4.2	<i>Übersicht Schweiz .....</i>	14
4.3	<i>Gefahren.....</i>	16
4.4	<i>Übersicht der Stadt Bern .....</i>	19
4.5	<i>Gefahren.....</i>	21
<b>5.0</b>	<b>ZUKUNFTSSZENARIEN.....</b>	<b>23</b>
5.1	<i>Erwärmung in der Schweiz allgemein.....</i>	23
5.2	<i>Die Folgen der Erwärmung.....</i>	24
5.3	<i>Voraussetzungen der Stadt Bern .....</i>	28
5.4	<i>Zukünftige Erwärmung der Stadt Bern.....</i>	30
5.5	<i>Wärmebelastung für den menschlichen Körper .....</i>	32
5.6	<i>Zukünftige Wasserbewirtschaftung in der Stadt Bern.....</i>	37
<b>6.0</b>	<b>MASSNAHMENPLAN .....</b>	<b>40</b>
6.1	<i>Grünräume entwickeln .....</i>	40
6.2	<i>Verkehrsinfrastruktur begrünen.....</i>	42
6.3	<i>Baumbestände im urbanen Siedlungsgebiet .....</i>	45
6.4	<i>Gebäudebegrünung &amp; -beschattung.....</i>	48
6.5	<i>Entsiegelung im urbanen Raum .....</i>	50
6.7	<i>Wasserrückhaltende Freiflächen.....</i>	53
6.8	<i>Zisternen &amp; andere unterirdische Wasserspeicher .....</i>	55
6.9	<i>Oberflächen im Siedlungsraum.....</i>	58
<b>7.0</b>	<b>VERZEICHNISSE .....</b>	<b>61</b>
7.1	<i>Literaturverzeichnis.....</i>	61
7.2	<i>Abbildungsverzeichnis .....</i>	65
<b>8.0</b>	<b>REFLEXION.....</b>	<b>67</b>
8.1	<i>Schlussfolgerung.....</i>	67
8.2	<i>Lesson learnt.....</i>	68
<b>9.0</b>	<b>SCHLUSSWORT.....</b>	<b>69</b>
9.1	<i>Danksagung.....</i>	69
9.2	<i>Eigenständigkeitserklärung.....</i>	69

## 1.0 Management Summary

Das Wetter ist in der Schweiz, das beliebteste Thema für den Smalltalk am Kaffeeautomaten oder im öffentlichen Verkehr. Es beschäftigt jede Person fast tagtäglich. Je nach Konfrontation mit der Natur mehr oder weniger intensiv. Es ist auch für unsere Landwirtschaft und den Tourismus massgeblich. Zudem sind alle existierenden Ökosysteme von Wetterverhältnissen abhängig. Das Wetter ist aber nur eine sehr kurzzeitige Periode. Es kann objektiv beurteilt und sehr unterschiedlich wahrgenommen werden. Deshalb sind Vergleiche von Wetterlagen z.B. an einzelnen Tagen nicht sehr aussagekräftig für klimatische Veränderungen. Diese müssen über eine längere Zeitperiode gemessen, in Verhältnis gesetzt und verglichen werden. Dabei wird in wissenschaftlichem Kontext eine Periode von mindestens 30 Jahren analysiert. Daraus ergeben sich vergleichbare Resultate, welche mit anderen Entwicklungen verglichen werden können. Die Klimaerwärmung wurde schon vor einiger Zeit wissenschaftlich belegt und wird mittlerweile auch von der Bevölkerung mehrheitlich wahrgenommen. Die Weltregionen müssen sich an verschiedenen Auswirkungen davon anpassen. In Zentraleuropa sind die langanhaltenden Trockenperioden und die Extremwetterereignisse in den letzten Jahren nachweislich häufiger geworden. Gerade in der Schweiz, mit ihrer einmaligen Landschaft und deren Ökosysteme, wird dadurch eine gesunde Entwicklung der natürlichen Umgebung immer mehr bedroht. Deshalb muss die Natur sich an die Auswirkungen anpassen, wie auch wir Menschen. In der Schweiz leben über 80% der Menschen in einer Umgebung mit städtischem Charakter. In diesen urbanen Siedlungsgebieten sind andere Gegebenheiten als in der natürlichen Umgebung anzutreffen. Die urbane geprägten Gebiete sind meist grossflächig versiegelt und weisen eine hohe Dichte von Baukörpern und Infrastrukturf lächen auf. In diesen ist nur wenig Raum für eine naturnahe Umgebung vorhanden. Deshalb werden diese Siedlungsgebiete übermässig erwärmt und die Auswirkungen von längeren Hochdruckwetterlagen sind für sämtliche Organismen ausgeprägter spürbar. Dabei werden diese, mit den Klimaszenarien des Bundesamtes für Umwelt, in Zukunft noch erheblich intensiver und länger. Um die Auswirkungen, welche bereits heute bemerkbar sind, zukünftig zu verringern, existieren bereits einige Lösungsansätze. Teilweise sind es sehr simple Möglichkeiten oder sie wurden bereits in der Historie verbreitet angewendet. Diese Arbeit befasst sich mit der heutigen und zukünftigen Situation von urbane geprägten Gebieten in der Schweiz. Weil die Veränderungen lokal sehr unterschiedlich sind, wurde als Analysegebiet die Stadt Bern ausgewählt. Dabei werden die zukünftigen Auswirkungen der Klimaveränderung, möglichst exakt aufgezeigt. Für die wichtigsten Folgen davon werden diverse Lösungsansätze definiert, welche in einem Massnahmenplan zusammengefasst dargestellt sind. Diese Massnahmen können zur Verbesserung des Siedlungsklimas beitragen und die Lebensqualität der urbane geprägten Gebiete möglichst erhalten.

## 2.0 Autorenporträt

Personalien Philip Cyril Lüthi  
23. Juli 1996

Kontaktdaten Schwarztorstr. 70  
3007 Bern  
[luthiphilip@yahoo.de](mailto:luthiphilip@yahoo.de)  
[philip.luethi@edu.teko.ch](mailto:philip.luethi@edu.teko.ch)  
0798543908



## 2.1 Beruflicher Lebenslauf

**Leiter Stv. - Mechanische Fertigung** bei SmartProduction AG, 3174 Thörishaus  
Juni 2024 - Heute

- Unterstützen und führen der mechanischen Fertigung mit fachlicher Betreuung und organisatorischer Unterstützung
- Kalkulieren von Produktions- und Verkaufspreisen und erstellen von Kundenangeboten
- Planung der Fertigungsprozesse in Absprache mit anderen Bereichen sowie sicherstellen der termin- und qualitätsgerechten Produktion
- Verwalten und beschaffen von Werkzeugen, Fertigungshilfsmittel, sowie Überwachung der Instandhaltung von Maschinen und Betriebsmittel
- Sicherstellen eines wirtschaftlichen Material-, Betriebsmittel- und Personaleinsatzes
- Sicherstellen der ordnungsgemässen Einarbeitung von neuen Mitarbeitenden, sowie Durchsetzung der Gesundheits- und Sicherheitsvorkehrungen

**Polymechaniker - Prototypenbau** bei SmartProduction AG, 3174 Thörishaus  
Juni 2019 - Juni 2024

- Konstruktion und Bau von Fertigungshilfsmittel und Prototypen für den Maschinenbausektor (mit CAD-Solidworks)
- Programmieren und Herstellen von Prototypenteilen, sowie Kleinserien auf Zyklusgesteuerten Fräs- / Bohr- und Drehmaschinen
- Unterstützung des Teams bei schwierigen Zerspanungsaufgaben mit eigenen Fertigungsideen

- Einarbeitung und Betreuung von neuen Mitarbeitern sowie Temporärem Personal
- Weitere Arbeiten in mechanischen Bereichen, wie die Montage von Baugruppen

**Polymechaniker**, Temporäre Anstellungen über Bärner Temporär

Bei den Firmen: SmartProduction AG (Thörishaus), Baumgartner Maschinenbau (Münchenbuchsee) und Herrli AG (Kerzers)

Mai 2018 - Mai 2019

- Programmieren und Herstellen von Prototypen, sowie Kleinserien auf Zyklusgesteuerten Fräs- / Bohr- und Drehmaschinen
- Konstruktion und Bau von Fertigungshilfsmittel und Prototypen für den Maschinenbausektor
- Selbständiges Einrichten und Programmieren von CNC Fräs- und Drehmaschinen
- Div. Arbeiten in der CNC-Fertigung sowie in der Qualitätssicherung
- Allgemeine Arbeiten im mechanischen Bereich

**Schweizer Militärdienst** in der Rekrutenschule, 3600 Thun

Januar 2018 - Mai 2018

- Ausbildung und Einsatz in der Instandhaltungsschule 43 als Waffenmechaniker

**Instandhaltungsmechaniker** beim Regionalverkehr Bern-Solothurn, 3076 Worb

August 2017 - Januar 2018

- Instandhaltungs- und Revisionsarbeiten im Bereich Rollmaterial
- Einführung und Betreuung von Personal in der CNC-Fertigung
- Stv. Betreuer Auszubildende
- Allgemeine Arbeiten im Metallbau- und Carrosseriebereich

**Lehre zum Polymechaniker** beim Regionalverkehr Bern-Solothurn, 3076 Worb

August 2013 - August 2017

- Programmieren und Herstellen von Kleinserien und Einzelteilen mit CNC gesteuerten Maschinen sowie NC-Maschinen
- Herstellen von Fertigungs- und Montagehilfsmittel für den Bereich Rollmaterial
- Durchführen von 3D-CAD Konstruktionsarbeiten (Autodesk, Solidworks)
- Weitere Arbeiten in mechanischen Bereichen, wie die Montage und Instandhaltung von Baugruppen

## 2.2 Schulische Bildung

**Dipl. Energie- und Umwelttechniker (HF)** an der höheren Fachschule TEKO in Bern  
September 2021 - Oktober 2024

- Technische Anlagen analysieren, projektieren, planen und optimieren, mit Schwerpunkt im Energie- und Umweltbereich
- Interne und externe Beratung, sowie Umsetzung und Überwachung von Umwelt- und Qualitätsmanagementsystemen empfehlen
- Analysen und Konzepte zur Energie-, Umwelttechnik, Sicherheit und Lebenszyklusbetrachtungen
- Optimierungen der Energiebilanz vornehmen, welche zur Kostensenkung und Effizienzsteigerung in Unternehmen beitragen
- Erwerben von Projekt-, Qualitäts- und Kompetenzmanagement, sowie Leadership-Kompetenz

**Sekundarschule** Moos, 3073 Gümligen

August 2009 - Juli 2013

Schulabschluss, Sek. Stufe

**Primarschule** Aebnit & Melchenbühl, 3073 Gümligen

August 2003 - Juli 2009

## 3.0 Projektdaten

### 3.1 Aufgabenstellung

Der Abschluss des Studiums bildet eine Diplomarbeit, welche jeweils in einem Themenbereich der Bereiche Energie oder Umwelt bearbeitet worden ist oder angegliedert werden kann. Die Absolventen des Studienganges Energie- und Umwelttechniker befassten sich in verschiedenen Modulen mit der Thematik des Klimawandels und deren Auswirkungen. Im Weiteren wurden viele Grundlagen im Bereich Projektmanagement vermittelt und angewendet.

Die hier vorliegende Diplomarbeit wird selbstständig erarbeitet und umfasst eine Dokumentation und Onlinepublikation zur Wissensvermittlung. Ebenfalls wird für den direkten Austausch eine Präsentation erarbeitet, sowie ein anschliessendes Fachgespräch mit einem Fachdozenten und einem neutralen Experten der höheren Fachschule TEKO gehalten. Die Arbeit wird von der Einreichung des Themas, bis zur Präsentation durch einen Fachdozenten betreut und dieser nimmt auch in den notwendigen Zeitpunkten korrigierende Massnahmen vor.

In dieser Dokumentation werden die verschiedenen Auswirkungen des Klimawandels genau dargestellt und mögliche Massnahmen im urbanen Raum analysiert. Genauer werden die dynamischen Prozesse in Bezug mit den Wettererscheinungen behandelt und analysiert. Diese werden ganzheitlich, als Makroklima für die gesamte Schweiz begutachtet, sowie anschliessend für die urbane Landschaft der Stadt Bern, als Mesoklima präzisiert analysiert. Es wird eine Zustandsanalyse mit Einbezug der wichtigsten Klimaelemente für die heutige Situation der urbanen Landschaft der Stadt Bern erstellt.

Darauf basierend wird eine Zukunftsanalyse der Klimaszenarien für die Schweiz, sowie für die Stadt Bern erarbeitet. Diese zeigt die wichtigsten klimabedingten Auswirkungen auf die Umwelt, welche sich in Zukunft ergeben werden. Daraus können die Entwicklungsmöglichkeiten mit dem grössten Potential ermittelt und dafür geeignete Lösungsansätze, sowie Massnahmen definiert werden. Diese werden anschliessend analysiert und dabei werden die positiven und negativen Aspekte erwähnt, sowie Kombinationsmöglichkeiten aufgezeigt. Auf diese Weise entsteht ein Massnahmenplan, um die zukünftigen klimatischen Verhältnisse möglichst erträglich für die Bevölkerung und die Entwicklung der Volkswirtschaft zu gestalten. Weil die Gegebenheiten und die Umsetzungsmöglichkeiten lokal sehr unterschiedlich sind, sind die Massnahmen jedoch nur für die urbane Landschaft der Stadt Bern gedacht. Diese könnten auch in anderen Siedlungen angewendet werden, haben jedoch überall unterschiedliche Dringlichkeiten und Nutzen. Deshalb sind die hier aufgeführten Lösungsansätze für die zukünftigen Herausforderungen der Stadt Bern definiert.

### 3.2 Pflichtenheft

Auftraggeber:	Höhere Fachschule TEKO Bern, Studiengang Umwelt- und Energietechnik
Student:	Philip Cyril Lüthi
Anlass:	Diplomarbeit, Themenbereich Klimatische Veränderungen
Fachdozent:	Georg Burri, Dozent TEKO Bern
Voraussetzungen:	Abschluss der Module des Studiums Energie- und Umwelttechniker Erwerben der Grundkenntnisse im Bereich Projektmanagement Bestätigung der Themeneingabe durch den Fachdozenten
Anforderungen:	Inhaltsgliederung gem. Dokument: Richtlinien Diplomarbeit Herbst 2024 Inhalt sprachlich und inhaltlich korrekt Logische Gliederung des Inhaltes Selbstständige Erarbeitung einer schriftlichen Dokumentation Publikation in schriftlicher sowie elektronischer Form Präsentation und Fachgespräch von je 15min
Themenabnahme:	1. Juli 2024
Einreichung der Dokumentation:	28. Oktober 2024

### 3.3 Zieldefinition

Die Grundlagen der Thematik Klimawandel untersuchen und dessen Auswirkungen auf die Gesellschaft erläutern.

- Recherchieren von klimatischen Veränderungen und deren Auswirkungen heute.
- Wissensaneignung von Massnahmen, welche die Auswirkungen einschränken oder verzögern können.

Eine Dokumentation der bestehenden klimatischen Veränderungen gemäss Vorgaben, in einer logischen Struktur erstellen.

- Eine Momentanalyse der relevanten und messbaren Auswirkungen, durch den Klimawandel in der Schweiz und der Stadt Bern erarbeiten.
- Zukünftige Veränderungen für die Schweiz und die Stadt Bern aufzeigen gem. dem aktuellen Wissensstandes der Forschung. Analysieren der Situation und 2-3 Schwerpunkte mit der grössten Dringlichkeit erwähnen.
- Dieser Dokumentationsteil sollte bis am 22. September 2024 erarbeitet werden.

Eine Übersicht von vielversprechenden Massnahmen gegen Auswirkungen der klimatischen Veränderungen aufzeigen und dessen Wirkung erklären und einschätzen.

- Analysierung der recherchierten Massnahmen und Pilotprojekten und min. 6 davon dokumentieren mit eigener Einschätzung der Wirkung.
- Erstellung eines Massnahmenplanes für die Stadt Bern, in den Bereichen Umgebungsabkühlung, Wasserkreislaufferhaltung und Bauliche Massnahmen.
- Bei jedem die Realisierbarkeit aufzeigen, sowie positive und negative Aspekte hervorheben. Die entstehenden Synergien und Kombinationsmöglichkeiten mit anderen Massnahmen aufzeigen.
- Resultatbilanz der erstellten Dokumentation, mit Schwerpunkt auf neuen Erkenntnissen erarbeiten. (Lessions-learned)
- Kontrolle über die Einhaltung der Ziele im Zielkatalog.
- Die Dokumentation dazu sollte bis am 20. Oktober erstellt sein.

Wissensvermittlung in Form einer Präsentation und einem Fachgespräch über die Themenbereiche der Dokumentation von je 15 Minuten.

### 3.4 Leitfragen


- Wie kann Bern für das Klima der Zukunft gerüstet werden?
- Welche Massnahmen sind in 25 Jahren oder mehr am effektivsten?
- Welche Lösungsansätze existieren bereits und welche Kombinationsmöglichkeiten würden sich ergeben?


### 3.5 Projektbegrenzungen

Diese Arbeit behandelt nur die klimatischen Bedingungen für den Teilkontinent Mitteleuropa, mit dem Schwerpunkt der urbanen Landschaft der Stadt Bern. Die klimatischen Veränderungen müssen immer im Bezug zum ganzen Erdklima betrachtet werden, deshalb werden nur lokale Lösungsansätze definiert. Diese können nicht den Klimawandel als Ganzes aufhalten, aber lokale Lösungen für die Verzögerung oder Linderung der Auswirkungen für die Stadt Bern aufzeigen. Die Daten und zukünftige Entwicklungen basieren auf dem Zustandsbericht «Klimawandel in der Schweiz» vom Bundesamt für Umwelt (BAFU), dem Bundesamt für Meteorologie, Klimatologie (MeteoSchweiz) und dem National Centre for Climate Services (NCCS) Bern, 2020. Dabei sind jegliche Kosten für die Erarbeitung solcher Massnahmen, sowie deren Einsparung für die gesamte Wirtschaft vernachlässigt. Die Einschätzung und die zukünftige Entwicklung würden nur eine auf Annahmen basierte Datenlage liefern, wobei grosse Abweichungen entstehen und der Nutzen davon kaum messbar wäre.

### 3.6 Projektstrukturplanung

	Zeit (h)	September			Oktober				Nov.		
			14.	21.	28.	5.	12.	19.	26.	2.	9.
Initialisierungsphase											
Initialisierung, Themeneingabe	1	★									
Planungsphase											
Start Diplomarbeit			★								
Projektstruktur & Ablaufplanung erstellen	3										
Pflichtenheft definieren inkl. Zielformulierungen	2										
Realisierungsphase											
Recherche allgemein	60										
Recherche Ökosystemdienstleistungen	30				★						
Definition Massnahmen	16										
Erstellung, komplettieren der Dokumentation	20										
Erstellung Präsentation, Vorbereitung Fachgespräch	12										
Projektkontrolle, Abschluss											
Kontrolle & Überarbeitung Dokumentation	16										
Terminkontrolle	4										
Kontrolle, Pufferzeit	8										
Abgabe Diplomarbeit										★	
Präsentation Diplomarbeit											★
Gesamtaufwand	Ca. 170h										

 Praxisaufgaben

 Kontrollaufgaben und Pufferzeit

 Meilensteine

### 3.7 Ablaufplanung Soll / Ist

Woche	Soll / Ist	Aufwand soll / ist (h)	Differenz (h)
1  26.08 - 1.09	<p><b>Start Diplomarbeit</b></p> <p><b>Soll:</b> Grundgerüst des Dokumentes definieren, Recherche über Klimaveränderungen und Anpassungen allgemein beginnen.</p> <p><b>Ist:</b> Grundgerüst entworfen und Recherche begonnen.</p>	10 / 12	+2
2  2.09 - 8.09	<p><b>Soll:</b> Recherche über Klimaveränderungen und Anpassungen im urbanen Umfeld. Übersicht Ablaufplanung erstellen.</p> <p><b>Ist:</b> Die Recherche über Veränderungen des Klimas ist ein fortlaufender Prozess und es gibt unzählige Studienberichte und Fachliteraturen mit interessanten Ansätzen dazu. Übersicht Ablaufplanung ungefähr definiert.</p>	21 / 20	-1
3  9.09 – 15.09	<p><b>Offizieller Start Diplomarbeit: 13.09.2024</b></p> <p><b>Soll:</b> Leitfragen zur Diplomarbeit erstellen und Abgrenzungen des Themas definieren. Detaillierte Literatur- und Quellensuche zu zukünftigen klimatischen Veränderungen und Massnahmen im urbanen Umfeld der Schweiz.</p> <p><b>Ist:</b> Als Eingrenzung wurde die Stadt Bern als Untersuchungsstandort definiert und dazu wurden die Leitfragen abgeleitet. Bei der Recherche umfassende Informationen von div. Behörden gefunden und viele Quellen definiert.</p>	20 / 24	+4
4  16.09- 22.09	<p><b>Soll:</b> Die Kapitel Einleitung und Projektdaten inkl. Zieldefinitionen erstellen und gesamte Dokumentstruktur mit Unterkapitel definieren.</p> <p><b>Ist:</b> Die Einleitung wurde erstellt und die gesamten Projektdaten inkl. Ziele wurden definiert und überarbeitet. Der Lebenslauf muss noch ergänzt werden. Dies kann aber erst später (Pufferzeit) erfolgen, wegen neuem Anstellungsverhältnis. Die Struktur wurde eher grob definiert, da spätere Anpassungen sehr wahrscheinlich nötig sind.</p>	5 / 3	-2

<p><b>5</b></p> <p>23.09 - 29.09</p>	<p><b>Soll:</b> Das Kapitel Situationsanalyse erstellen und fortlaufend in diesem Bereich Recherche betreiben. Die Analyse sollte gesamtschweizerisch, sowie für die Stadt Bern erfolgen.</p> <p><b>Ist:</b> Die Daten zur Analyse sind äusserst umfangreich. Zum Teil bestehen zu einzelnen Daten mehrere Quellen oder Berichte und diese müssen verglichen und ausgewertet werden. Dieses Kapitel ist sehr arbeitsintensiv und da sollte ich in der Pufferzeit nochmals Zeit aufwenden.</p>	<p><b>25 / 30</b></p>	<p><b>+5</b></p>
<p><b>6</b></p> <p>30.09 - 6.10</p>	<p><b>Soll:</b> Das Kapitel Zukunftsaussichten erarbeiten und dabei den Fokus auf das Siedlungsgebiet der Stadt Bern legen. Mögliche Massnahmen für den urbanen Raum definieren und deren Auswirkungen, sowie Umsetzungsmöglichkeiten einschätzen.</p> <p><b>Ist:</b> Das Kapitel Zukunftsaussichten wurde erstellt und dabei den Schwerpunkt auf die Stadt Bern gelegt. Die Datenlage dafür war ausreichend. Mögliche Massnahmen konnten ausgewählt werden und anschliessend erfolgt die Bestimmung geeigneter Lösungsansätze.</p>	<p><b>24 / 26</b></p>	<p><b>+2</b></p>
<p><b>7</b></p> <p>7.10 - 13.10</p>	<p><b>Soll:</b> Dokumentation der Massnahmen in einem Sinnvollen Ablauf erstellen. Dafür Massnahmenkataloge, Pilotprojekte, sowie gesamtschweizerische Vorgaben und Ideen auswerten und deren Umsetzungsmöglichkeiten für die Stadt Bern definieren. Aufzeigen von Kombinationsmöglichkeiten und Synergien anderer Massnahmen.</p> <p><b>Ist:</b> Der Massnahmenkatalog wurde erstellt und geeignete Lösungsansätze ausgewählt. Das Vergleichen der Ansätze und deren Umsetzungsmöglichkeit war wie erwartet herausfordernd. Es konnten zu jeder Massnahme Synergien, positive/negative Aspekte und eine Selektionsbegründung definiert werden.</p>	<p><b>21 / 24</b></p>	<p><b>+3</b></p>

<p><b>8</b></p> <p>14.10 - 20.10</p>	<p><b>Soll:</b> Kontrolle der bestehenden Dokumentation, sowie die Kapitel Reflexion und das Management Summary erstellen. Anhang überprüfen und komplettieren, sowie Zieldefinitionen überprüfen.</p> <p><b>Ist:</b> Die Kapitel Reflexion und Management Summary sind grösstenteils erstellt. Diese müssen anschliessend noch überprüft und korrigiert werden. Die gesamte Arbeit wurde korrigiert und die Quellenverzeichnisse wurden ebenfalls korrigiert und ergänzt. Jetzt bestehen noch einige Ergänzungen, welche in der Pufferzeit erfolgen.</p>	<p><b>8 / 7</b></p>	<p><b>-1</b></p>
<p><b>9</b></p> <p>21.10 - 27.10</p>	<p><b>Soll:</b> Überprüfung der gesamten Dokumentation, sowie Pufferzeit für Anpassungen und Ergänzungen.</p> <p><b>Ist:</b> Die Überprüfung wurde abgeschlossen und die nötigen Ergänzungen bei der Situationsanalyse und der gesamten Arbeit wurden vorgenommen. Den beruflichen Lebenslauf wurde ebenfalls ergänzt und das optische Erscheinungsbild optimiert.</p>	<p><b>22 / 25</b></p>	<p><b>+3</b></p>
	<p><b>Abgabetermin Diplomarbeit: 28.10.2024</b></p> <p><b>Kalkulation des Gesamtaufwandes</b></p>	<p><b><u>156h / 171h</u></b></p>	<p><b><u>+15h</u></b></p>

## 4.0 Situationsanalyse

### 4.1 Thematischer Einstieg

Das Wetter beeinflusst jedes Lebewesen auf der Erde jeden Tag. Es ist Auslöser für Wachstumsphasen der Pflanzen, Schaffung neuer Lebensräume und Bildung verschiedener Lebewesen. In den zahlreichen Klimazonen und den teilweise ausgeprägten Jahreszeiten gibt es eine unschätzbare Anzahl an Lebensräumen für die Vielfalt unserer Erde. Das Wetter ist ein tägliches Ereignis, welches mit grossen Unterschieden schwanken kann. Es bestimmt den Zustand unserer Atmosphäre sehr kurzzeitig und kann innerhalb von Minuten bis Wochen stark variieren. Klimatische Veränderungen sind im Gegensatz zum Wetter langfristige Phänomene, welche lange Zeitperioden über 30 Jahre beinhalten. (NCCS 2020) Klimatische Veränderungen sind daher nur langfristig festzustellen und berücksichtigen neben den Durchschnittswerten auch Extremwetterereignisse. Diese bilden die extremsten Abweichungen des Durchschnittes und sind ebenfalls relevant für sämtliche Messgrössen. Auch für den Menschen stellen solche Extremwetterereignisse ein grosses Problem dar. Diese werden dann häufig Jahrhundert- oder Jahrtausendereignisse genannt. Solche werden in den vergangenen Jahren, in verschiedenen Klimazonen immer mehr festgestellt. Aber auch Dürre- und Hitzeperioden, werden tendenziell länger und intensiver gemessen als früher. Solche Ereignisse strapazieren diverse Kreisläufe und Lebewesen. Es ist laut Experten und Forschern unumstritten, dass die globale Erwärmung der Hauptgrund für diese Veränderungen ist und die Bevölkerung der Erde diese verlangsamen muss. (BAFU 2020) Zumindest müssen alle Menschen und Organismen neue Lösungsansätze suchen, um mit den Auswirkungen besser umgehen zu können. Der nachfolgende Teil beschreibt die klimatische Situation in Mitteleuropa und der Schweiz, mit Priorität von der urbanen Landschaft der Stadt Bern. Im nächsten Unterkapitel wird die Situation mithilfe von Argumenten, Fakten und Berichten analysiert und begründet.

### 4.2 Übersicht Schweiz

Das Klima veränderte sich schon immer und brachte verschiedene Eiszeiten, Wärmeperioden sowie einschneidende Veränderungen mit sich. An diese mussten sich Lebewesen gewöhnen und ihre Verhaltensmuster anpassen. Das Klima der Schweiz wird seit 1864 lückenhaft und seit 1911 monatlich festgehalten und dokumentiert. (MeteoSchweiz 2024) Die totalen Treibhausgas-emissionen sind bis 2005 in der Schweiz stetig gestiegen. Vorwiegend aufgrund des wirtschaftlichen Wachstums und der Industrialisierung, was anhand der Daten des nationalen Treibhausgasinventars erkennbar ist.

Das ist insbesondere besorgniserregend, weil dadurch die globale Erwärmung immer mehr gefördert wird. Und das Klima ist nicht nur auf eine Klimazone oder ein Kontinent beschränkt. Es spielen alle Faktoren der weltweiten Emissionen eine Rolle und diese sind längst nicht verlangsamt. Allein durch den Konsum in der Schweiz werden im Jahr 2015 um die 70%, der daraus entstehenden Treibhausgasemissionen im Ausland verursacht. (BAFU 2020) Weil es aber international gesehen, grosse gesetzliche und juristische Hürden gibt, wird in diesem Bericht nur auf die Situation in der Schweiz geachtet.

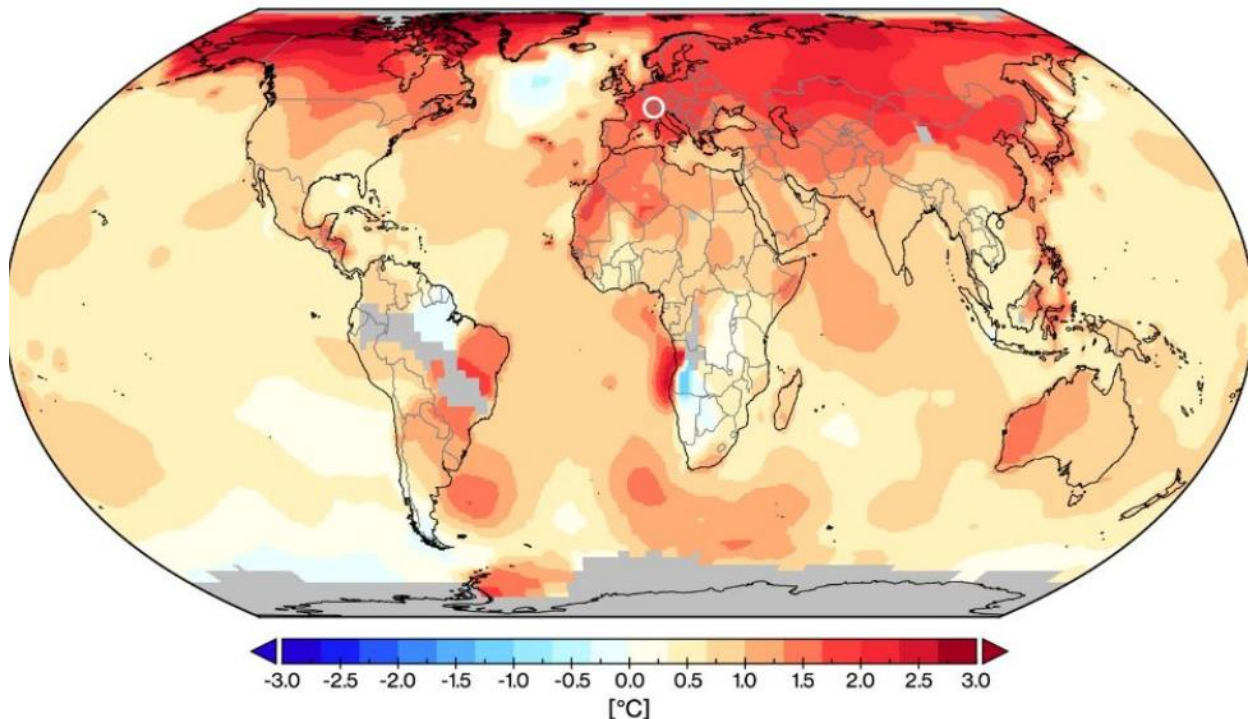


Abbildung 1: Gemessene durchschnittliche Erwärmung der Erde. Ersichtlich ist die Differenz zwischen den 30-jährigen Mittelwerten 1881-1910 und 1991-2020.

Die klimatischen Veränderungen betreffen die Schweiz relativ stark, weil sie eine Vielzahl von Mikroklimazonen aufweist. Teilweise sind diese sehr empfindlich und veränderten sich in den letzten 50 Jahren stark. Beispielsweise sind die Gletscherregionen immer schneller am Schwinden oder teilweise schon aufgetaut. Seit dem Jahr 1850 haben die Gletscher im Alpenraum über 60% ihres Volumens verloren. (ebd. BAFU 2020) Diese speichern saisonal und langfristig aber unser Süswasser, damit dieses ganzjährig besser verteilt ist. Die Erwärmung von durchschnittlich 2°C zur vorindustriellen Zeit ist in der Schweiz überdurchschnittlich, im Vergleich zur globalen Erwärmung. (ebd. BAFU 2020) Bei gleichbleibender Entwicklung werden sich sehr schwerwiegende Konsequenzen für unsere Natur und sämtliche Lebewesen ergeben. Diese Entwicklungen werden vom Bund im Klimaszenario\_CH2018 festgehalten und übersichtlich dargestellt. Die wichtigsten Ergebnisse davon werden im Kapitel 5.0 - Zukunftsszenarien aufgezeigt.

Momentan ist der Bund das Szenario aber am Überarbeiten und dabei wird im Jahr 2025 mit Ergebnissen gerechnet. (*Klima CH2025, 2024*) Das Klima in der Schweiz wird stark durch ihre Topografie und die Nähe zum Atlantik und Mittelmeer geprägt. Es gibt klar erkennbare Jahreszeiten und die Alpennord- und Südseite sind klimatisch unterschiedlich beeinflusst. (*Klima der Schweiz 2024*)

### 4.3 Gefahren

Mit einem ungebremten Klimawandel sind die grössten Herausforderungen für die Natur und den Menschen die Hitzeentwicklung und die Wasserverfügbarkeit. Der menschliche Körper wird durch die Umgebungstemperatur im Verhalten beeinflusst. Insbesondere Hitzewellen stellen für einige Gesellschaftsgruppen, wie Säuglinge oder ältere Menschen, eine grosse Gefahr dar. Dehydrierung und Einschränkung der Herz- und Lungenfunktionen sind dabei die kurzfristigen Folgen. Langfristig ist die Sterblichkeitsrate erhöht und chronische Krankheiten können häufiger entstehen. Im Hitzesommer 2003 war festzustellen, dass von Juni bis August 973 mehr Menschen als üblicherweise verstarben. Das war in geringerem Ausmass auch in den nachfolgenden Sommern mit erhöhter Durchschnittstemperatur und häufigeren Hitzeereignissen zu beobachten. (*BAFU 2020*) Dies führt zu einer Mehrbelastung unseres Gesundheitssystems und einer tieferen Lebenserwartung. Die Wärmeentwicklung in der Schweiz ist, global betrachtet überdurchschnittlich und wird in folgender Grafik gut aufgezeigt.

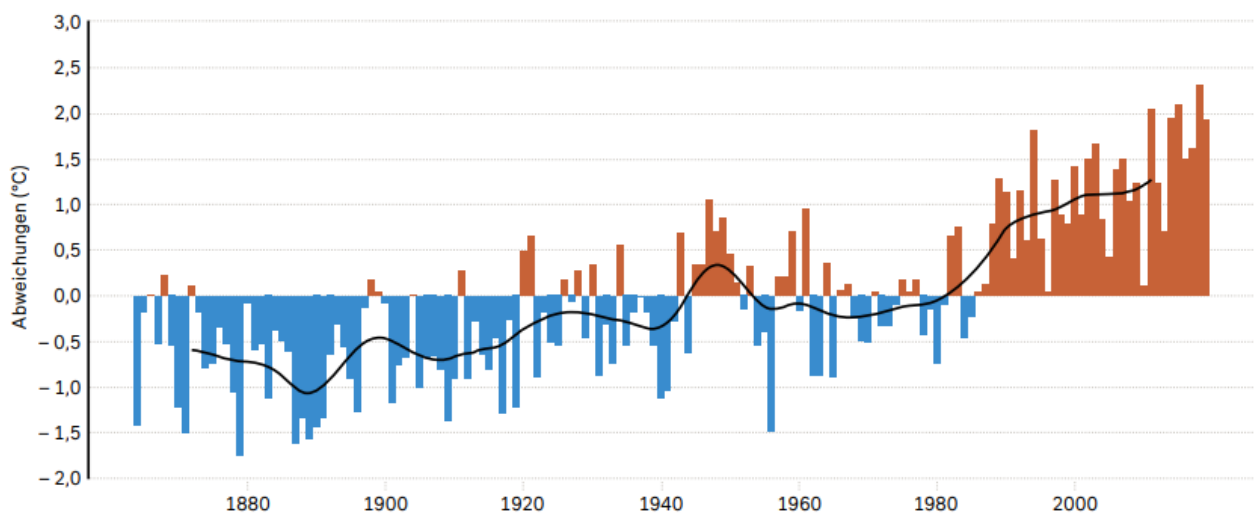


Abbildung 2: Langjähriger Verlauf der Jahrestemperatur, gemittelt über die ganze Schweiz.

Die erhöhte Durchschnittstemperatur und die Hitzeereignisse bergen aber nicht nur Gefahren für den menschlichen Körper, sondern sind auch für die Natur und deren komplexen Mechanismen eine Bedrohung.

Indirekt können diese dann auch zu Gefahren für den Menschen werden. Beispielsweise werden durch die steigenden Temperaturen invasive Tier- und Pflanzenarten gefördert und diese stellen dann ein Problem für das Gleichgewicht in der Natur dar. Aber auch die Trockenphasen werden immer intensiver und langanhaltender. Wegen den Temperaturen verdunstet das Wasser der Felder und Wälder vermehrt, deshalb benötigen diese dann mehr Wasser und sind anfälliger für Krankheiten oder für Extremwetterereignisse. All dies führt, neben Interessenskonflikten, zu einer grossen Bedrohung unserer lokalen Versorgungssicherheit und einer Minderung der Ökosystemdienstleistungen. Gerade diese Dienstleistungen sollten in Zukunft möglichst gefördert werden, weil die Auswirkungen des Klimawandels immer extremere Ereignisse aufweisen werden. Diese Dienstleistungen werden in verschiedene Kategorien unterteilt, wobei die Hauptgruppen aus bereitstellenden und regulierenden Leistungen bestehen. Bereitstellende Leistungen sind unmittelbar verfügbare Produkte, wie Holz, Wasser oder Energieträger. Regulierende Leistungen sind eher Nutzen, welche durch die Natur entstehen können, wie beispielsweise das Reinigen von Luft, Wasser und die allgemeine Klimaregulierung oder den Erosionsschutz durch Pflanzen. Diese bilden die Versorgungssicherheit der Menschen und erhalten Lebensräume. (ebd. BAFU 2020)

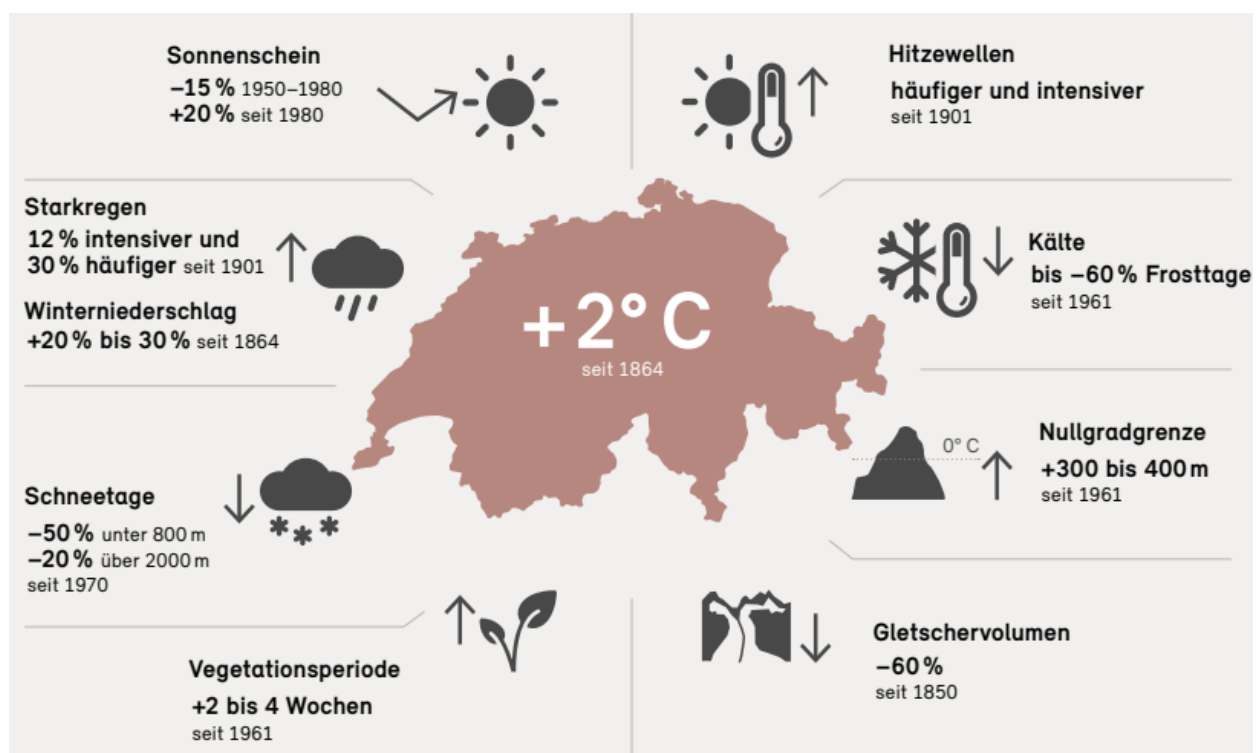


Abbildung 3: Übersicht der bisher feststellbaren Veränderungen des Schweizer Klimas. (Stand 2019)

Die Veränderung der Niederschlagsmengen in der Schweiz sind weniger ausgeprägt erkennbar. Es findet eine saisonale Verschiebung der Gesamtniederschlagsmenge in der ganzen Schweiz statt. Dabei ist zu erkennen, dass eine Zunahme des Niederschlages im Winter von 20% bis 30% (seit 1864) zu erkennen ist, wobei die restlichen Jahreszeiten keine grosse Änderung aufweisen. (*ebd. BAFU 2020*) Dieser tritt aber aufgrund der Verschiebung der Nullgradgrenze mehrheitlich als Regen auf, welcher weniger lange gespeichert wird als Schnee. Dies bedeutet, mit der Erwärmung eine erhöhte Wasserknappheit, weil der Verbrauch steigt und die Niederschlagsmengen gleichbleiben. Die Verteilung auf das Sommerhalbjahr ist begrenzt, weil das Wasser schneller abfließt und verdunstet. Dies führt wiederum zu einer Einschränkung von diversen Ökosystemleistungen. Damit sind Trockenperioden häufiger und langanhaltender. Gerade lokal kann die kurzzeitige Trockenheit, bereits heute gut festgestellt werden. Auch in den Gewässern ist eine erhöhte Jahrestemperatur feststellbar. Dies führt zu den gleichen Problemen, mit der Verdunstung des Wassers und der Förderung schädlicher Pflanzen und Tierarten. Allgemein betrachtet wird dies auf die erhöhte Nutzung des Menschen und auch auf die globale Erwärmung zurückgeführt. (*ebd. BAFU 2020*)

Niederschlagsmengen sind also fast gleichbleibend aber haben eine andere Verteilung als früher. Sie treten seltener, aber dafür mit einer grösseren Menge in kürzerer Dauer auf. Das bedeutet, dass die Wassermassen weniger gut im Boden versickern können und sie eher eine Gefahr für Menschen darstellen können. Zudem kann der Boden das Wasser weniger gut speichern, was wieder zu einem Mangel und grösserer Trockenheit führt. Niederschläge mit erhöhter Intensität werden ebenfalls durch den Klimawandel beeinflusst. Diese werden Starkniederschläge genannt und werden von den Extremniederschlägen unterschieden. Bei Starkniederschlägen ist eine Zunahme der Häufigkeit von durchschnittlich 30% seit 1901 zu erkennen. Auch die Intensität nahm im selben Zeitraum um ca. 12% zu. (*ebd. BAFU 2020*) Diese haben das Potential grossen Sachschaden zu verursachen, wie in der Schweiz durch Murgänge oder Erdrutsche in letzter Zeit immer häufiger zu beobachten ist. Das wird teilweise auch durch den fehlenden Erosionsschutz begünstigt. In den Alpen und Voralpen steigen die Temperaturen und somit auch die Nullgradgrenze. Dies ist gerade in der Schweiz mit ihrem einmaligen Lebensraum von grosser Bedeutung. Mit der Erwärmung verschieben sich Lebensräume von Pflanzen und Tieren und somit auch ihre Ökosystemleistungen. Untersuchungen ergaben, dass die Nullgradgrenze pro 1°C Erwärmung durchschnittlich um 150m – 200m ansteigt. Durch den Anstieg der Nullgradgrenze ist ebenfalls die Neuschneesumme, die Mächtigkeit der Schneedecke und die Schneedeckendauer erheblich zurückgegangen. Das führt wiederum dazu, dass die Wasserverfügbarkeit in den Sommermonaten eingeschränkt wird und die Temperaturen in den Voralpenregionen schneller steigen. (*ebd. BAFU 2020*)



Abbildung 4: Symbolbild der Stadt Bern, Zytglogge

#### 4.4 Übersicht der Stadt Bern

Die Schweiz ist nicht bekannt für grosse Metropolen mit Millionen von Einwohnern. Das urbane Landschaftsbild ist eher geprägt von kleinen, älteren Siedlungsgebieten, welche mit Gewerbe- und Industriearealen immer mehr erweitert wurden. Diese wuchsen weiter und heutzutage sind häufig die damaligen Agglomerationen auch ein Stadt- oder Vorstadtgebiet. Die kleinräumige Verdichtung bietet gewisse Vorteile, wie die einfachere Instandhaltung des Versorgungsnetzes oder die kurzen Distanzen für die Einwohner. Es treten aber auch grosse Nachteile, wie die alten Baustrukturen, das nicht einheitliche Versorgungsnetz oder die alten Bausubstanzen auf. Die Stadt Bern ist dabei keine Ausnahme. Die Gebäude der Altstadt sind fast ausschliesslich aus Sandstein und die Strassen aus Pflastersteinen gebaut. Dabei ist eine Mehrheit der Flächen vollständig oder teilweise versiegelt. Die Stadt ist aber auch mit einem Fluss, der Aare, durchzogen und beheimatet nebenbei eine Vielzahl von kleineren Gewässern. (Wikipedia 2024) Um die Aare bildet sich einen grünen Gürtel, bestehend aus einer fast typischen urbanen Vegetation. Die meisten Pflanzen wurden funktional für den Menschen angelegt und heute hat sich eine natürliche junge Vegetation darin gebildet. Im Weiteren sind im Einzugsgebiet der Stadt Bern verschiedene Wälder und auch künstlich angelegte Stadtgärten (Pärke) vorzufinden. Aber auch direkt im Stadtgebiet sind sogenannte Stadtbäume in Alleen oder auf Privatgebieten anzutreffen. Allein auf öffentlichem Grund sind es über 23`000 Bäume. (Stadtgrün Bern 2024) Diese ganze Vegetation bildet mit den Wasserläufen und -flächen die Blau-Grüne Infrastruktur des Gebietes.

Diese ist wichtig, um die Hitzebelastung und den Wärmeinsel-Effekt einzudämmen und die Verdunstung und Wasserspeicherung zu fördern. Die Blau-Grüne Infrastruktur ist allgemein definiert, als natürliche oder naturnahe Gebiete. Sie weisen häufig eine Vielzahl von Ökosystemdienstleistungen auf und verbessern die Biodiversität allgemein. Zu der grünen Infrastruktur zählen begrünte Fassaden und Dächer, sowie Wiesen oder Ruderalflächen. (brachliegende Pionierflächen) Diese weisen alle einen biologischen Mehrwert für Mensch und Tiere auf und müssen in urbanen Gebieten teilweise unterhalten werden oder entstehen z.B. bei Baustellen. (S. Tschäppeler, A. Haslinger 2021) Die graue Infrastruktur dagegen ist allgemein bekannt als jede Form von Gebäude- und Verkehrsinfrastruktur, welche keine naturnahen Indikatoren aufweist und daher künstlich erschaffen worden ist. Besonders ausgeprägt sind diese in urbanen Gebieten, wo eine grosse Einwohner- und Gebäudedichte herrscht. Wenn diese sehr ausgeprägt ist, kann die Wärme gut aufgenommen und gespeichert werden. Es existieren daher nur wenige Flächen, welche durch Wasserverdunstung oder durch natürliche Beschattung einen kühlenden Effekt aufweisen können. In urbanen Gebieten spielt auch die Flächenversiegelung eine grosse Rolle. Im ganzen Siedlungsgebiet der Stadt Bern beträgt der Versiegelungsgrad allerdings um die 55%, was im Verhältnis ca. 10% weniger ist als der Durchschnitt in den Siedlungsflächen der Schweiz. Dies ist auch auf die Blau-Grüne Infrastruktur zurückzuführen. (BFS 2024) Versiegelter Boden besteht aus einer wasserundurchlässigen Deckschicht und weist keinen Mehrwert für die Natur auf. Dafür kann sie äusserst belastbar sein und eignet sich gut für Verkehrsinfrastrukturflächen. (ebd. S. Tschäppeler, A. Haslinger 2021) Die meisten versiegelten Flächen sind allerdings ohne Rücksicht auf die Biodiversität oder die Wärmebelastung entstanden. Versiegelte Flächen weisen auch weitere Nachteile auf. Diese werden ab dem Kapitel 5.3 - Voraussetzungen der Stadt Bern detailliert aufgezeigt.

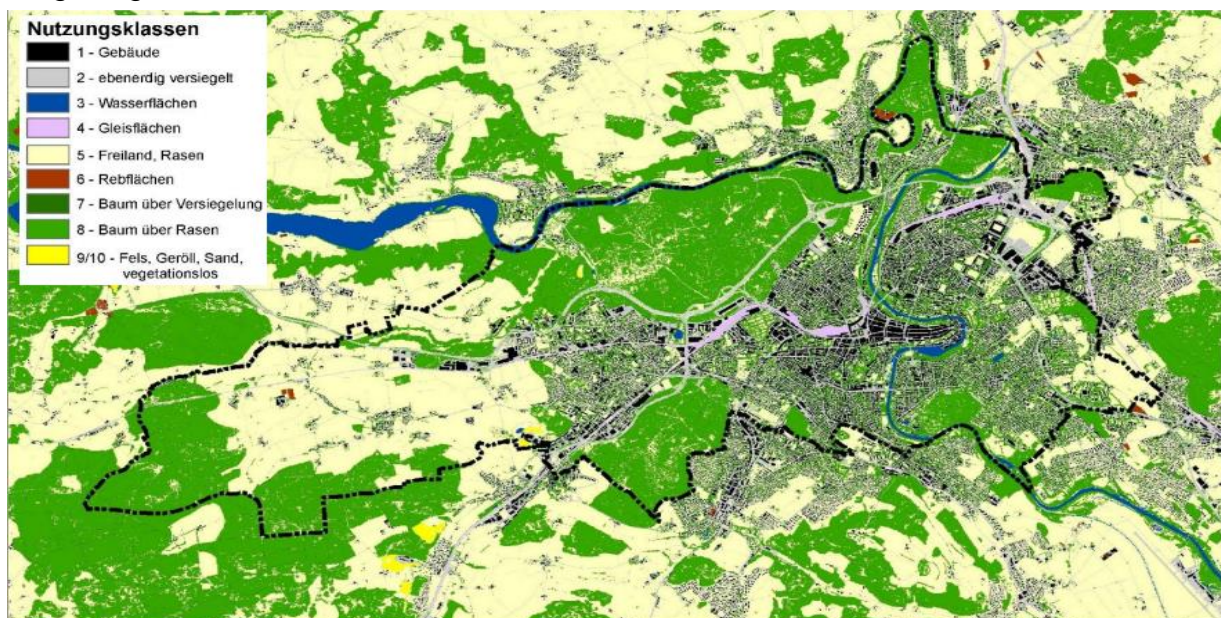


Abbildung 5: Nutzungsstruktur im Stadtgebiet der Stadt Bern

## 4.5 Gefahren

Die grössten Herausforderungen für Mensch und Natur sind auch im urbanen Umfeld die Wärmebelastung und die Wasserverfügbarkeit. Die Erwärmung wird im Durchschnitt in Zukunft tendenziell mehr zunehmen und die Hitzetage werden auch immer häufiger. Der Sommer 2023 war seit Messbeginn, schweizweit gesehen der fünftwärmste Sommer. Die Durchschnittstemperatur an der Messstation Bern Zollikofen entsprach genau 20°C, was eine Erwärmung von 1.9° zu der Messperiode 1991-2020 bedeutete. Mit der Durchschnittstemperatur nehmen aber auch die Hitzeextreme zu. An der Messstation Bern-Zollikofen wurden 2023 ganze 22 Hitzetagen gemessen. (Tage mit einer Maximaltemperatur von 30 °C und mehr) Diese ist aber nicht direkt im Stadtgebiet und deshalb nur bedingt aussagekräftig. Der Rekord liegt bei der Messstation Elfenau vom Jahr 2022, bei welcher 43 Hitzetage registriert wurden. Auch Tropennächte treten immer häufiger auf. (In diesen fällt die Temperatur nicht unter 20°C.) Diese Entwicklungen sind mit gewisser Besorgnis zu betrachten. (N. Wellinger und M. Burger 2023) Der menschliche Körper kann so lange mit Wärme und Hitze gut umgehen, wenn sich dieser auch wieder abkühlen kann. Besonders für betagte und körperlich geschwächten Menschen sind sie eine grosse Belastung. Dabei ist in den Städten der Wärmeinsel-Effekt von grosser Bedeutung. Deshalb sind in ländlichen Gebieten vom Schweizer Mittelland Tropennächte sehr selten und in städtischen Gebieten treten diese eher häufig auf. Die sommerlichen Nachttemperaturen der Städte sind im Vergleich durchschnittlich 2°C und bis zu 7°C höher als in den umliegenden Gebieten. (BAFU 2020)

Das ist auch in der untenstehenden Grafik erkennbar, welche die Tropennächte der Stadt Bern aufweist. Je dichter das Gebiet gebaut ist, umso mehr kann sich die Wärme in der Nacht speichern.

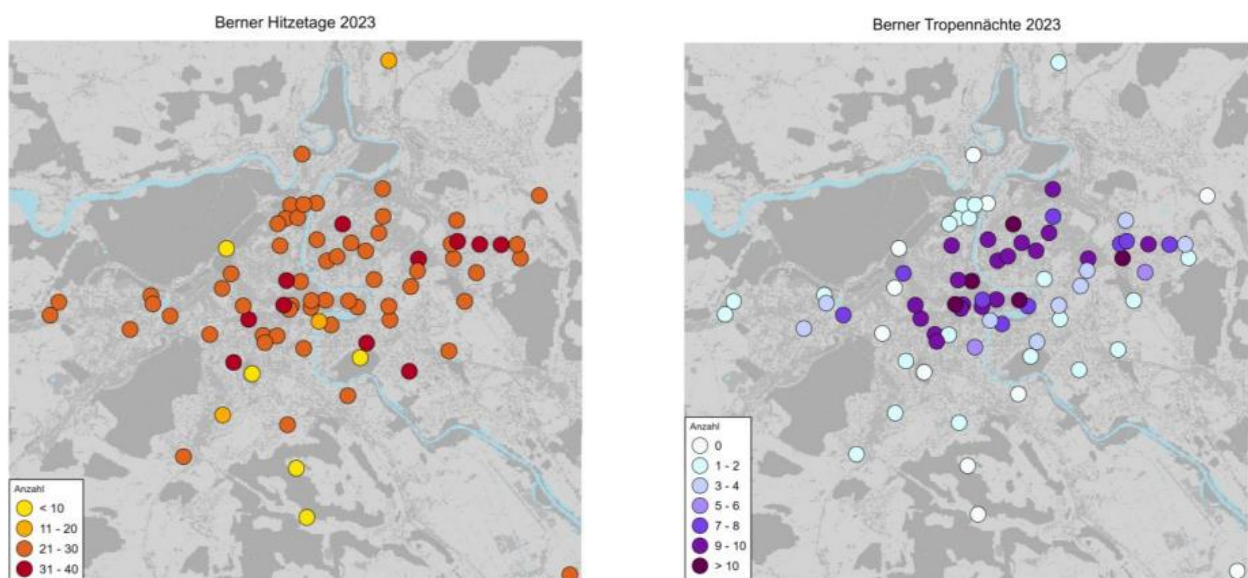


Abbildung 6: Aufzeichnung der registrierten Hitzetage und Tropennächte im Siedlungsgebiet der Stadt Bern. (2023)

Der städtische Wärmeinsel-Effekt ist also nicht zu vernachlässigen. Bei langanhaltenden Hitzewellen und Schönwetterperioden ist dieser besonders ausgeprägt. Der grösste Unterschied im Stadtgebiet wurde deshalb an den Stationen Bern Bundesplatz und Zollikofen im Jahr 2022 gemessen. Da betrug der Unterschied um 22 Uhr 3°C und gemittelt über die ganze Nacht 2.6°C. (N. Wellinger und M. Burger 2023) In dieser Phase war es wochenlang überdurchschnittlich heiss und es mangelte an Tiefdruckwetterlagen. Genau in diesen Perioden sind Menschen besonders gefährdet durch Hitzestress. Dieser entsteht, sobald der Körper über längere Zeit nicht richtig Abkühlen kann. In einigen stark verdichteten Stadtgebieten ist dies besonders zu spüren. Im August 2023 wurde beispielsweise im Stadtzentrum (Messstation Laupenstrasse) zwischen 22 – 23 Uhr eine Wochen-Durchschnittstemperatur von 29.1°C gemessen. Dies belastet den Körper erheblich und trägt auch zu schlechterer Schlafqualität bei. Im Umland bei der Station Köniz-Weiermatt betrug die Temperatur im selben Zeitraum durchschnittlich 22.7°C. (ebd. N. Wellinger und M. Burger 2023) An dieser Messstation befinden sich viel mehr Grünräume und naturnahe Gebiete, welche sich schneller abkühlen und auch weniger erwärmen können. Deshalb ist nur anhand dieses Beispiels der Hitzeinsel-Effekt klar erkennbar.

Die Wasserverfügbarkeit ist in den urbanen Räumen auch von besonderer Bedeutung. Weil die Niederschlagsmenge im Durchschnitt nur leicht zunimmt (+18% im Winter, sonst gleichbleibend) aber die Temperaturen sich allgemein erhöhen, wird die Ressource Wasser immer wertvoller. (BAFU 2020) Das Wasser zu speichern wird an Wert gewinnen, um in den wärmeren Monaten, genügend Wasser zur Verfügung zu haben. Die Natur braucht Wasser, um vital zu bleiben und ihre Dienstleistungen erbringen zu können. Es treten auch immer häufiger Starkniederschläge auf, wobei diese ebenfalls an Intensität zunehmen. Im Vergleich zum Jahr 1901 wurden sie im Jahr 2020 im Durchschnitt 30% mehr festgestellt und die Intensität erhöhte sich um ca. 12%. (ebd. BAFU 2020) Deshalb muss auch in der Stadt Bern das Wasser besser genutzt werden. In den letzten Jahren bestand auf dem Stadtgebiet zwar keinen Wassermangel, aber wie in der ganzen Schweiz, kann es auch in Siedlungsgebieten, zu lokalen Trockenperioden oder Wasserknappheit führen. (eawag 2024) Die Stadt Bern verfügt, nach heutigem Wissensstand, allgemein über genug Wasserreserven, um auch lange Trockenperioden zu überstehen. Das Trinkwasser wird zu 100% aus dem Grundwasser gewonnen, welches im Einzugsgebiet eine konstante Menge und gute Qualität aufweist. (WVRB 2023) Lokaler Wassermangel oder kurzzeitige Verschmutzungen können in Ausnahmefällen auch entstehen, dies ist in der Stadt Bern aber eher an der Verteilung und natürlichen Gegebenheiten geschuldet. Das Versorgungsnetz hat eine hohe Qualität aber gerade die Abwassernutzung sollte auch mit Betracht, zur Erhaltung des Wasserkreislaufes, optimiert und ausgebaut werden. (Wasserstrategie 2017)

Wasser sollte zunehmend dezentral gespeichert und in die Böden zurückgeführt, anstatt abgeleitet und aufbereitet zu werden. Aber zu diesem Handlungsfeld sind im Kapitel 5.0 – Zukunftsszenarien mehr Informationen aufgeführt.

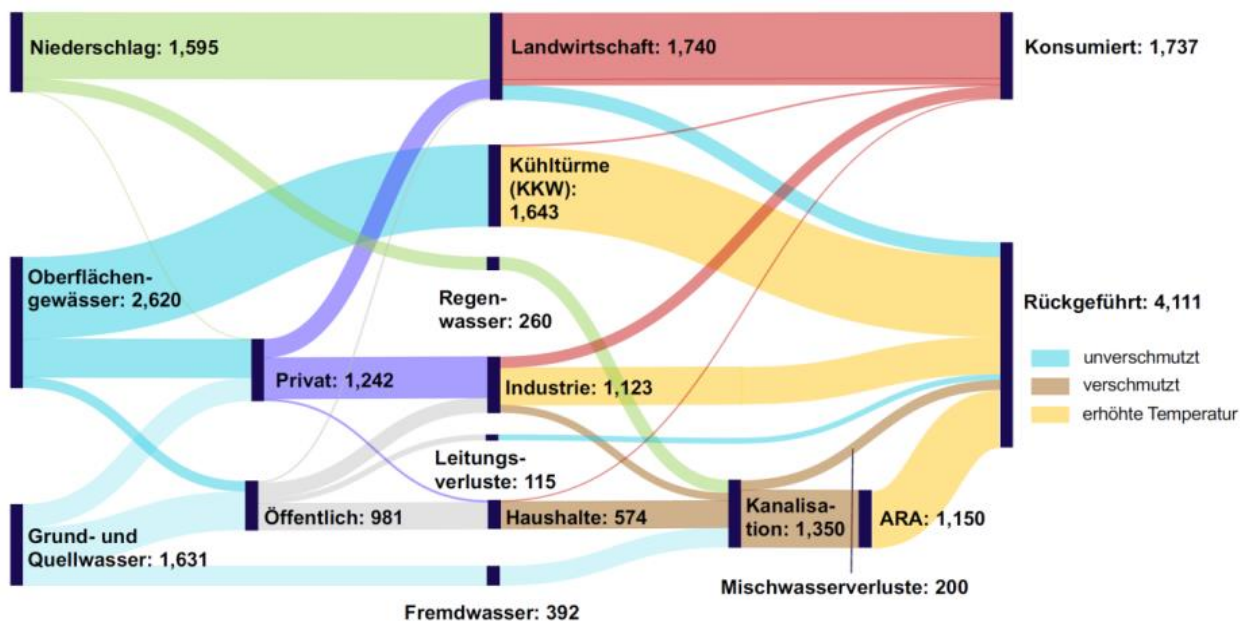


Abbildung 7: Gesamtübersicht der Schweiz; links die vorhandenen Wasserressourcen, rechts der Wasserbedarf nach verschiedenen Sektoren in Mio. m³ pro Jahr

## 5.0 Zukunftsszenarien

### 5.1 Erwärmung in der Schweiz allgemein

Die Schweiz ist den zukünftigen klimatischen Veränderungen, als Alpenland besonders ausgesetzt. Die Auswirkungen des Klimawandels bemerken wir schon heute, auch wenn noch nicht so ausgeprägt, wie in Zukunft. Das Ausmass der Veränderungen hängt massgeblich davon ab, wie stark die globale Erwärmung eingegrenzt werden kann und wie die Menschen mit den Folgen davon umgehen können. Auch wenn global die Erwärmung auf +2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau gehalten werden kann, wird die Schweiz sich anpassen müssen. (BAFU 2020) Um die Folgen davon besser zu verstehen und einschätzen zu können, hat das Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz und die ETH Zürich, im Auftrag des Bundes, zwischen 2015 und 2018 verschiedene Klimaszenarien entwickelt. Da die Treibhausgasemissionen und die folgende Erwärmung nur sehr schwer abzuschätzen sind, wurden diverse Annahmen getroffen. Diese bilden die Grundlagen für die verschiedenen Klimaszenarien der Schweiz. In Anbetracht der Arbeiten des Weltklimarates IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) wurden drei neue Klimaszenarien entwickelt, wovon in diesem Bericht zwei erläutert werden.

Das Szenario, welches voraussichtlich die Erwärmung auf +2°C zum vorindustriellen Niveau halten kann, wird RCP2.6 genannt. Bei diesem ist konsequenter Klimaschutz notwendig und alle global eingeleiteten Emissionen müssen auf praktisch null begrenzt werden. Dann könnte der Anstieg der Treibhausgasemissionen in ca. 20 Jahren gestoppt werden. Werden keine Klimaschutzmassnahmen umgesetzt, wird eher das Szenario RCP8.5 wahrscheinlicher. Darin sind weitere Emissionsanstiege und eine steigende Erwärmung enthalten. (ebd. BAFU 2020) Die Szenarien zeigen Einschätzungen zu den klimatischen Auswirkungen in diesem Jahrhundert. (bis ins Jahr 2099)

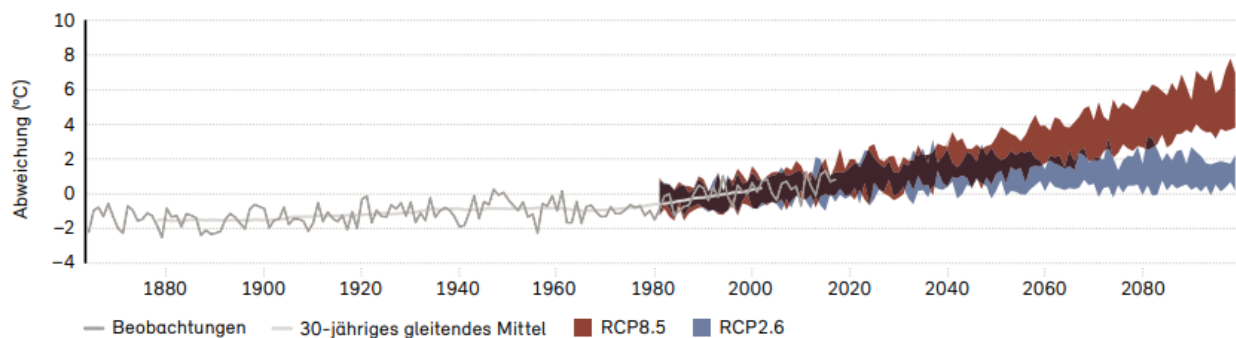


Abbildung 8: Übersicht der gemessenen und projizierten Jahresmitteltemperatur von 1864 bis 2099 in der Schweiz.

Der Klimawandel in der Schweiz lässt sich an verschiedenen Klimaindikatoren ablesen. Die Jahresmitteltemperatur ist für viele Auswirkungen der verschiedenen Umweltsphären massgeblich. Natürlich auch die Niederschlagsmenge und die Einflüsse der Bevölkerung. (ebd. BAFU 2020) Allgemein sind mehr Wetterextreme zu erwarten, wobei in der Schweiz saisonale und regionale Unterschiede feststellbar sein werden. Nur eine umfassende Reduktion der globalen Treibhausgasemissionen würde den Klimawandel in der Schweiz wirksam eingrenzen. Er würde weiter zunehmen, aber in geringerem Mass. Bis Ende des Jahrhunderts könnten geschätzt, zwei Drittel der erwarteten Veränderungen im Klima vermieden werden. Und damit auch die verbundenen Kosten und Auswirkungen. (ebd. BAFU 2020)

## 5.2 Die Folgen der Erwärmung

Anhand des Szenarios eines ungebremsten Klimawandels (RCP8.5) werden die Temperaturen allgemein zunehmen. Bis Mitte des Jahrhunderts könnte die Zunahme der Jahresmitteltemperatur durchschnittlich bis 6°C betragen. Die Trockenperioden werden länger und gerade im Sommer werden diese für die urbanen Gebiete zur Belastung. Es wird davon ausgegangen, dass die Niederschlagsmenge der Sommermonate im Extremfall bis zu 25% abnehmen wird. Es wird weniger Regentage geben und die Verdunstung in den Sommermonaten wird erheblich zunehmen.

Dafür werden in allen Monaten Starkniederschlagsereignisse häufiger und diese können weitere Probleme, wie z.B. Erosion verstärken. Das ist dann auch in den Städten bemerkbar, weil diese sich überdurchschnittlich erwärmen und der Wasserabfluss problematisch werden könnte. In den Alpen wird davon ausgegangen, dass die Nullgradgrenze um bis zu 650m steigen könnte. Deshalb wird der Niederschlag eher als Regen fallen und schneereiche Ereignisse werden immer seltener, sowie schneereiche Gebiete immer kleiner. (ebd. BAFU 2020)

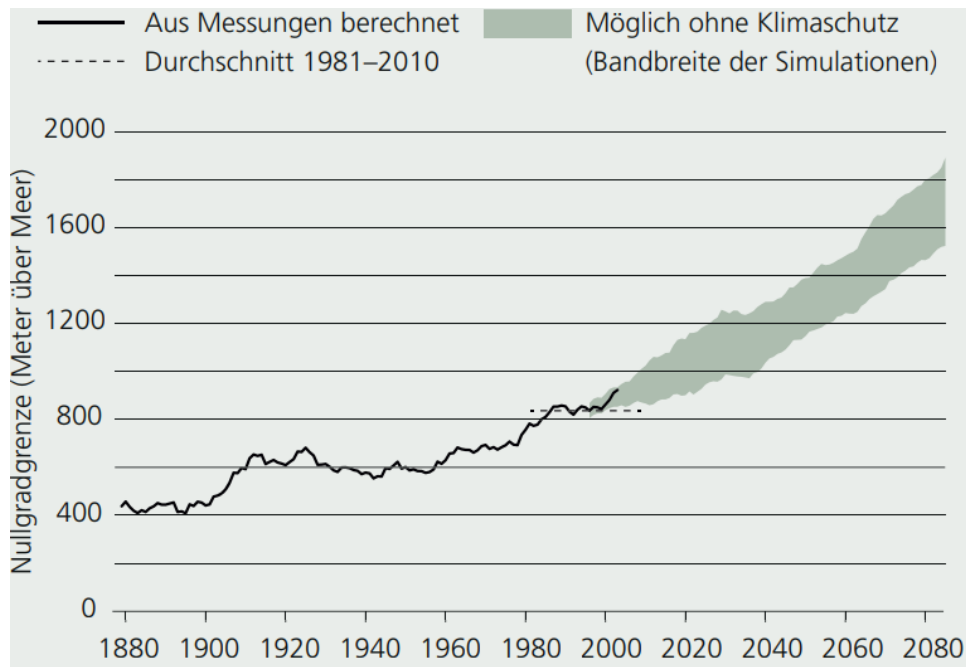


Abbildung 9: Nullgradgrenze in der Schweiz im Winter. (Durchschnittswert)

Auch die Kryosphäre ist vom Temperaturanstieg betroffen. (Wasser in gefrorenem Zustand wie Gletscher, Permafrost etc.) Der Gletscherschwund ist seit 30 Jahren schon feststellbar und dieser wird in Zukunft erheblich zunehmen. Damit verbunden ist auch die Abflussmenge der Flüsse in diesen Einzugsgebieten. (ebd. BAFU 2020) Diese wird durch verschiedene Faktoren bestimmt. Einerseits ist es der Zeitpunkt und Ausmass der Schnee- und Gletscherschmelze, sowie durch die Verdunstung und Niederschlag der Einzugsgebiete. Die Jahresmittelwerte der grossen Flüsse dürfte es kaum beeinflussen aber es werden saisonale Unterschiede erkennbar sein. Die Abflussmengen werden im Winter zunehmen und es wird voraussichtlich weniger Wasser für andere Jahreszeiten gespeichert werden. (ebd. BAFU 2020) Auch die Temperaturen steigen seit Messbeginn (ca. 1965) in den grossen Fliessgewässer stetig. Dies ist auf die globale Erwärmung aber auch auf das häufigere Einleiten durch den Menschen zurückzuführen. Die Temperatur könnte für sämtliche Lebewesen in der Hydrosphäre grosse Konsequenzen haben. Bereits heute haben diese, vorwiegend bei stehenden Gewässern, Probleme mit der Wassertemperatur und deren Auswirkungen.

Bei ausgeprägter Aufwärmung kommt es zu einer Verminderung der Wasserdurchmischung und infolgedessen, zu einem Sauerstoffmangel in den unteren Schichten. Von den gleichen Folgen sind auch Lebewesen an Flussläufen betroffen. Bei diesen verändern sich ebenfalls die Nahrungs-, sowie Rückzugsgebiete. (ebd. BAFU 2020) Dies wird in Zukunft noch ausgeprägter bemerkbar sein und die komplexen Ökosysteme der Gewässer nachhaltig verändern. Bereits heute ist einen Artenschwund und Rückgang der Fisch- und Krebsarten zu beobachten. Auch dies wird infolge der Häufung von überdurchschnittlich warmen und trockenen Perioden immer stärker erkennbar sein. Eine solche Entwicklung wird weitere Konsequenzen für eine Vielzahl von Ökosystemen zur Folge haben. (ebd. BAFU 2020)



Abbildung 10: Steinlawine in Brienz (GR) am 16. Juni 2023

Eine weitere Gefahr für den Menschen wird die Bodenbeschaffenheit darstellen. Aufgrund der Häufung von Starkniederschlägen und längeren Trockenperioden werden lokal, kurzfristige Oberflächenabflüsse an Intensität gewinnen. Das führt in den letzten Jahren schon vermehrt zu Murgängen, Steinschlägen und Bodenerosion. Während Murgänge und Lawinen eine unmittelbare Gefahr für Mensch und Tier darstellen, ist Bodenerosion mittel- bis langfristig ein Problem. Der Verlust von nährstoffreichem Boden in Landwirtschafts- und Kulturland stellt ein grosser Verlust für das gesamte Ökosystem dar. Es muss mit einer Verminderung der Bodenfunktionen, der Bodenfruchtbarkeit und auch mit Auswirkungen in andere Ökosysteme gerechnet werden. Auf diese Weise werden z.B. angrenzende Gewässer mit Nähr- und Schadstoffen angereichert, welche dort weitere Konsequenzen auslösen können. Allgemein kann mit Sicherheit von einer Zunahme solcher Ereignisse ausgegangen werden. Wobei die Häufigkeit und die Intensität abhängig ist, von zukünftig getroffenen Anpassungsstrategien und den resultierenden Auswirkungen davon. (ebd. BAFU 2020)

In urbanen Gebieten stellen solche Starkniederschläge andere Probleme dar, dort werden beispielsweise die Abwasserreinigungsanlagen mit der Abflussmenge überfordert, weshalb dieses dann ungefiltert in natürliche Gewässer gelangt oder Gebäudeinfrastrukturen beschädigt. (BAFU/ARE 2022)

Weiter ist auch die Biosphäre mit all ihren Pflanzen und Lebewesen von den klimatischen Auswirkungen betroffen. Die Wachstumsphasen einzelner Pflanzen werden sich in Zukunft verschieben und die Ausbreitung, sowie die Häufigkeit werden sich verändern. Das ist auch schon heute feststellbar und dies wird sich je nach Szenario massiv verändern. Beispielsweise ist die Pflanzen- und Blütendichte im Alpengebiet in den letzten 100 Jahren nachweislich gewachsen. Pflanzen, welche ursprünglich in Voralpengebiete oder höheres Mittelland heimisch waren, passen sich der Temperaturveränderung an und breiten sich in höhere Lagen aus. (BAFU 2020) Auch die Ausbreitung von Neophyten wird durch den Temperaturanstieg weiter gefördert. Dies ist aber heute vorwiegend in tieferen Lagen im Mittelland, sowie in den Voralpen der Fall. (ebd. BAFU 2020) Die meisten Neophyten haben sich gut in unsere Fauna integriert und stellen teilweise sogar eine Bereicherung dar. Sie können aber auch eine Konkurrenz für einheimische Arten darstellen und diese verdrängen. Das ist vorwiegend nur bei sogenannten invasiven Neophyten der Fall. Diese können die Gesundheit von Menschen und Nutztieren beeinträchtigen und stellen in vielen Hinsichten ein Problem dar. Bei spezifischen Lebensräumen, wie beispielsweise Auenlandschaften, sind diese für das Aussterben zahlreicher Arten verantwortlich. (EFBS 2015)

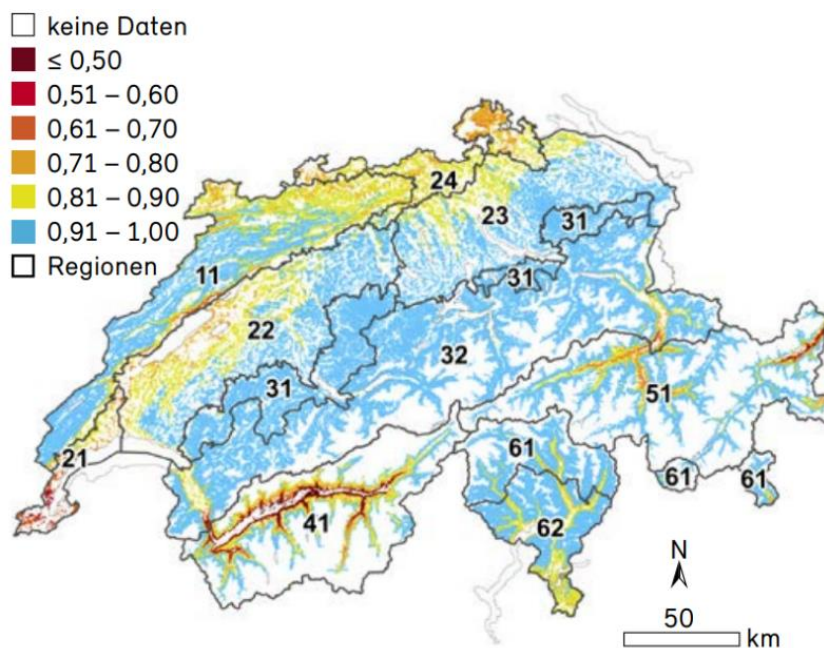


Abbildung 11: Durchschnittliche Sommertrockenheit in Schweizer Wäldern von 1981 bis 2018 (April - August)

Dies wird auch in Zukunft unvorhersehbare Änderungen in den Ökosysteme mit sich bringen. Eine Herausforderung ist der Klimawandel schon heute für die Waldflächen in der Schweiz. Knapp ein Drittel der Schweiz ist bewaldet. Die Zusammensetzung und Lage der Wälder werden sich aber mit dem Klimawandel erheblich verändern. Einen grossen Einfluss wird die Anpassung an die ändernden Vegetationsstufen sein. Bei diesen wird erwartet, dass sie bis Ende des 21. Jahrhunderts um 500 - 700m steigen werden. Also alle Standortgerechten Wälder und Bäume würden dann, ca. 600m weiter oben ideale Bedingungen vorfinden. (BAFU 2020) Einzelne Baumarten verdrängen schon heute trockenheitsempfindlichere Arten, welche früher weit verbreitet waren. Oder es gelingt ihnen immer seltener an einem Standort genügend gute Bedingungen vorzufinden. Beispielsweise stieg die Mortalität von Fichten in den trockenen Sommern 2003 und 2015 nachweislich. Aber auch wenn sie noch genügend akzeptable Bedingungen vorfinden, wenn sich die Bäume nicht mehr am idealen Standort befinden, können sie ihre Dienstleistungen nicht mehr optimal erbringen. So wird beispielsweise die Erosion in Voralpengebieten zusätzlich verstärkt. (ebd. BAFU 2020) Die Auswirkungen des globalen Temperaturanstiegs einzuschätzen sind also sehr komplex. Welche Konsequenzen dies für unsere Ökosysteme bedeutet und wie die Menschen diese am besten unterstützen können, ist heute nur sehr schwer abschätzbar.

### 5.3 Voraussetzungen der Stadt Bern

Häufig werden aber in Klimaszenarien, wie in CH2018, die Schweiz nur repräsentative ländliche Gebiete erfasst. Dies ist daraus abgeleitet, dass nur wenige Grossstädte existieren und diese, spezielle Rahmenbedingungen aufweisen. Deshalb befasst sich das folgende Kapitel mit dem Klimawandel und dessen Folgen für die Stadt Bern. In urban geprägten Umgebungen, wie der Stadt Bern, sind die Auswirkungen der Klimaerwärmung bereits heutzutage messbar. Dies wurde im Kapitel 4.0 - Situationsanalyse bereits näher beschrieben. Die Klimaerwärmung allgemein kann positive Effekte aufweisen, wie höhere Abendtemperaturen, welche zum draussen Verweilen einladen. Meistens weist sie aber eher negative Aspekte für Mensch und Umwelt auf. Der Hitzeinsel-Effekt ist in Zukunft von grosser Bedeutung. Die Bausubstanz, welche hervorragend als Wärmespeicher agiert oder schmale Strassenschluchten ohne Vegetation, welche die Durchlüftung verhindern, sind bestens geeignet, um Temperaturen möglichst zu speichern. Zusätzlich wird es noch verstärkt, durch den menschlichen Ausstoss von Schadstoffen oder Abwärme. (MeteoSchweiz 2024) Gerade der Bereich Raumplanung nahm in der Vergangenheit wenig Rücksicht auf die Temperaturentwicklung in urban geprägten Gebieten. Aber bereits 82.5% oder fast 7 Mio. der schweizer Bevölkerung leben in Gebieten mit städtischem Charakter. Und diese werden in Zukunft noch mehr unter den Einflüssen der Klimaerwärmung leiden.

Modellberechnungen von MeteoSchweiz zeigen, dass Hitzewellen Mitte des 21. Jahrhunderts bereits zehn Mal häufiger auftreten können als heute. Also Hitzesommer bald keine Ausnahme mehr darstellen. (BAFU 2018)

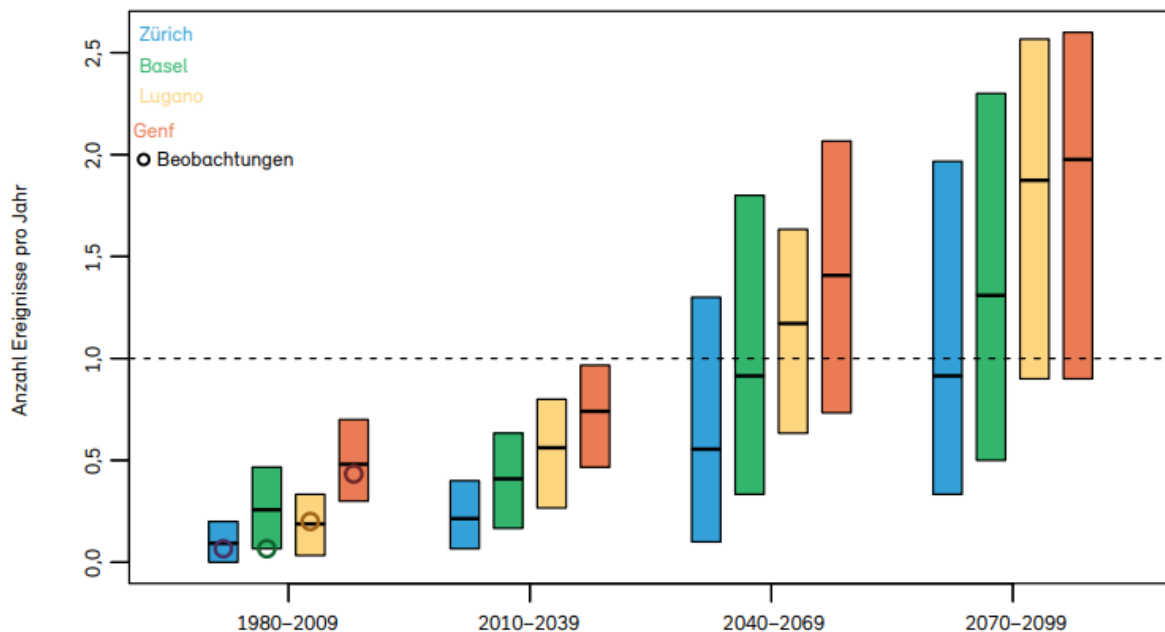


Abbildung 12: Gemessene und simulierte Anzahl an Hitzewellen im Jahr mit mehr als sieben aufeinanderfolgenden Hitzetagen.

Um die Situation spezifisch für die Stadt Bern zu erläutern, stützt sich diese Dokumentation an die Klimaanalyse der Stadt Bern vom Jahr 2023. Dabei wurde die momentane Situation (Jahr 2020) festgehalten und für eine Zukunftsanalyse, die bereits thematisierten Klimaszenarien des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) einbezogen. Die Stadt Bern hat aufgrund der globalen Erwärmung, welche in Zentraleuropa überdurchschnittlich steigt, bereits heute mit dem Hitzeinsel-Effekt zu kämpfen. (GEO-Net 2023) Für diesen Effekt ist aber neben der Erwärmung auch die ausstehende Windzirkulation hauptsächlich. Dieser wird für Klimaanalysen meistens als sogenannte Kaltluftströmungen festgehalten und eingezeichnet. Immer öfter trifft man im urbanen Siedlungsklima der Sommermonate auf austauscharme Hochdruckwetterlagen. Dies bedeutet, dass wenig Windzirkulation zwischen dem wärmeren Siedlungsgebiet und der umliegenden Vegetation besteht. Dieser Austausch ist unter anderem verantwortlich für die nächtliche Abkühlung der urbanen Gebiete. Wird dieser eingeschränkt, bleibt die Wärme im Gebiet und das städtische Gebiet kann sich immer mehr erwärmen. Auf diese Weise entsteht der Hitzeinsel-Effekt, welcher über längeren Zeitraum gesundheitsgefährdend werden kann. (ebd. GEO-NET 2023) Wenn die Situation in der Stadt Bern betrachtet wird, kann festgestellt werden, dass dank der Höhenunterschiede und natürlichen Windbahnen das Potenzial für Massnahmen besteht, um diese Kaltluftströmungen zu fördern.

Die natürlichen Windbahnen befinden sich vorwiegend in der Umgebung der Aare, weil diese im Verhältnis tiefer liegt und eine mässige Vegetationshöhe aufweist. Im Weiteren eignen auch Gleisräume, breit ausgebaute Strassenflächen und Friedhöfe als solche Windkorridore. Aber auch der Höhenunterschied kann sich positiv auf die Windzirkulation auswirken. Bei diesen entstehen in die tiefere Richtung, sofern sie die Voraussetzungen erfüllen, Kaltluftabflüsse. Die Voraussetzungen dafür sind eine möglichst flache Vegetation, geringe Baukörperdichte und eine genügend grosse Neigung. ( $\geq 1^\circ$ ) (ebd. GEO-NET 2023)

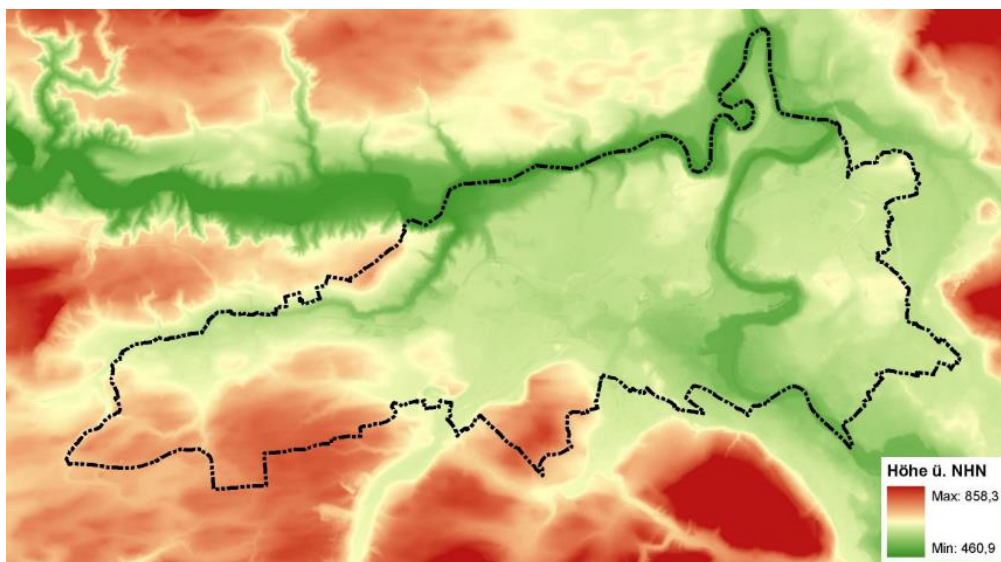


Abbildung 13: Geländehöhe der Stadt Bern (eingezeichnet) und dem Umland.

#### 5.4 Zukünftige Erwärmung der Stadt Bern

Weil im Gebiet der Stadt Bern solche Voraussetzungen bestehen, sollten diese in Zukunft mehr Beachtung bei der Raumplanung erhalten. Da in Zukunft nicht absehbar ist, wie sich die globale Erwärmung entwickelt, wurde bei der Klimaanalyse das «Worst-Case Szenario» mit dem RCP8.5 als Grundlage genommen. Dies würde heissen, dass die Jahresmitteltemperatur der Stadt Bern um ca.  $6^\circ\text{C}$  steigen würde bis zum Ende des Jahrhunderts. (BAFU 2020) Diese massgebliche Erwärmung hätte sehr viele Auswirkungen auf die Bewohnenden und die natürliche Umgebung der Stadt Bern. Weil aber die Auswirkungen und der Tagesverlauf der Lufttemperatur lokal sehr unterschiedlich sind, muss die Erwärmung und daher auch der Hitzeinsel-Effekt sehr lokal betrachtet werden. Erst in einem Gesamtbild können die Zusammenhänge und die Entwicklung für ein Quartier oder eine Stadt erkannt werden. Für eine sorgfältig durchgeführte Klimaanalyse, muss daher jeder Bereich einzeln analysiert werden. Die Temperaturabweichung gegenüber dem Umland eines urbanen Gebietes ist abhängig von der Überbauungsdichte und der Wärmespeicherkapazität der Gebäude und des Bodens.

Auch bei Grünflächen sind keine einheitlichen Temperaturen oder Temperaturunterschiede feststellbar. Diese richten sich ebenfalls an die thermischen Bodeneigenschaften und dessen Oberflächenbedeckung. (GEO-NET 2023)

An der Abbildung 14 ist das Temperaturfeld der Stadt Bern in einer sommerlichen Nacht mit Hochdruckwetterlage dargestellt. Die Uhrzeit wurde um 4 Uhr morgens festgelegt, weil dann statistisch die grösste Abkühlung messbar ist. Das Temperaturfeld zeigt aber grosse lokale Unterschiede, welche in der Klimamodellierung gut erkenntlich sind. Da wird auch ersichtlich, welchen Faktor die Bebauungsdichte und die Oberflächenstruktur aufweist. Die Lage und auch lokale Höhenunterschiede werden bei dieser Klimamodellierung bereits beachtet. Die Maximale Temperatur liegt in der Innenstadt beim Darstellungszeitpunkt bei ca. 21.5°C. Diese könnte sich aber bis ins Jahr 2060 um ca. 4°C erhöhen, wenn das Klimaszenario RCP8.5 eintritt. Die grösste Innenstädtische Abkühlung ist beim Rosengarten, östlich der Stadt zu erkennen. (Kreis) Die mittlere Lufttemperatur liegt hier bei 15.5°C bis 17°C, was der exponierten Lage und der verhältnismässig grossen Fläche zuzuordnen ist.

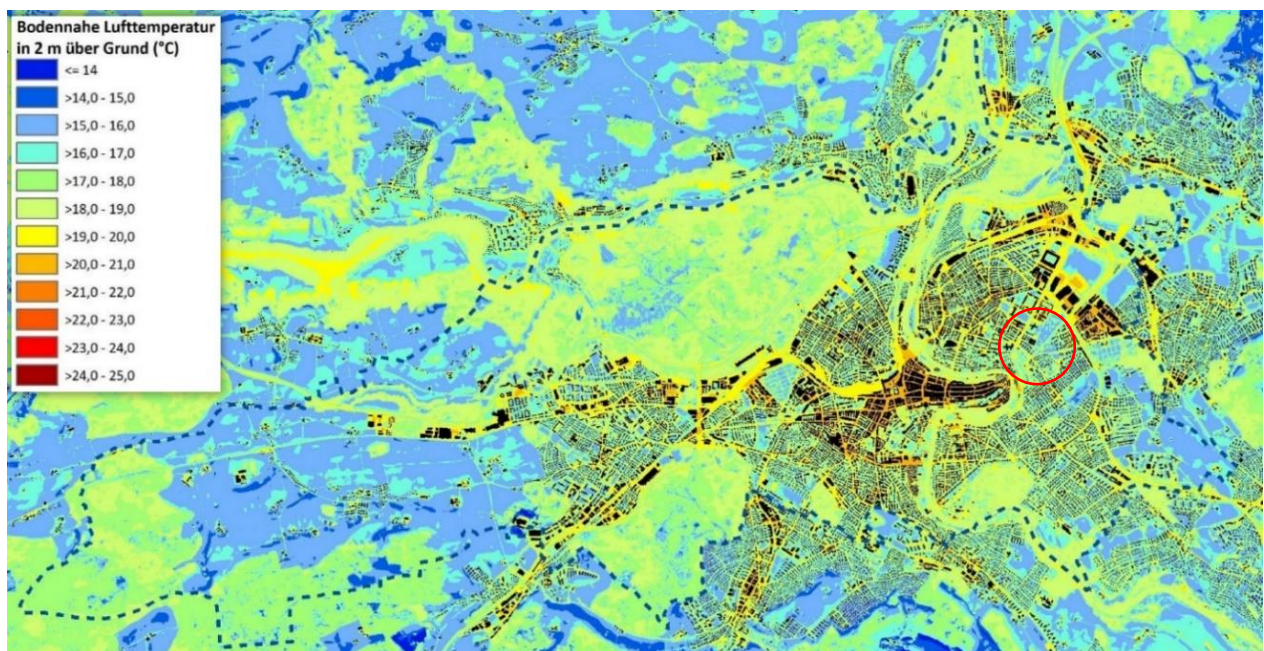


Abbildung 14: Klimamodellierung des Temperaturfeldes von der Umgebung der Stadt Bern um 4 Uhr morgens. (Jahr 2023)

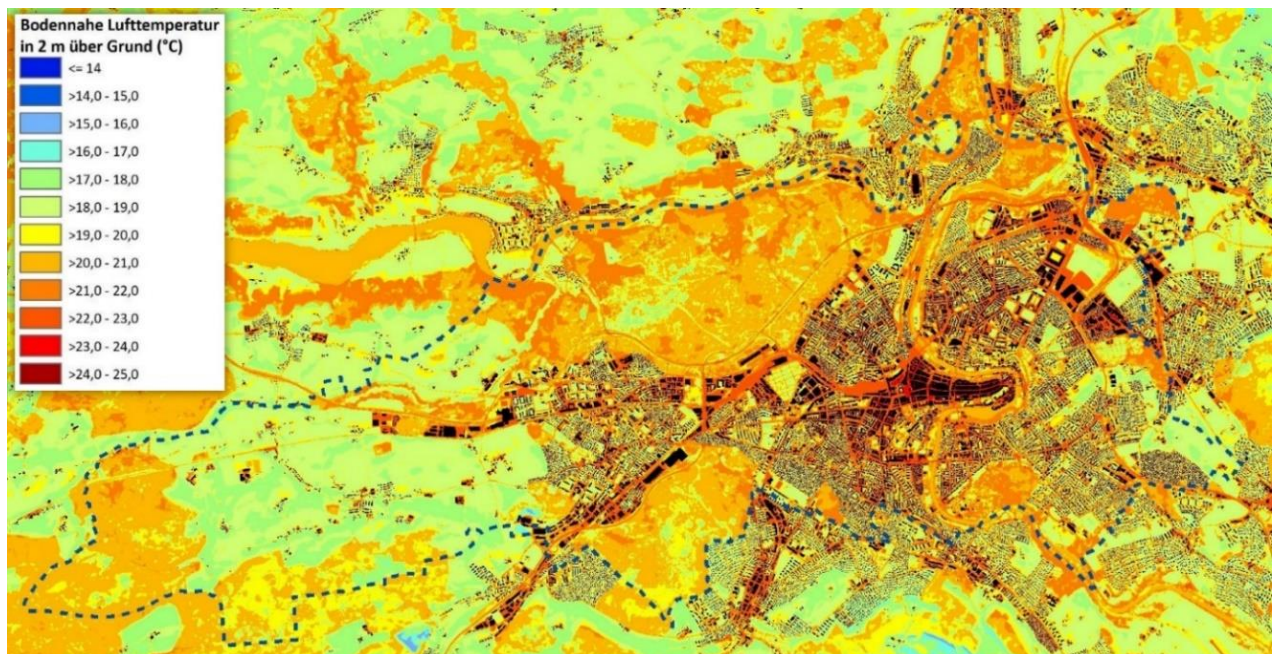


Abbildung 15: Klimamodellierung des Temperaturfeldes im Jahr 2060 von der Umgebung der Stadt Bern. (2m ü. Grund)

Zum Vergleich ist in Abbildung 15 die Modellierung für das Jahr 2060 dargestellt. Der Unterschied der nächtlichen Temperaturen ist gravierend. Welche Folgen dies für die Gesundheit der Menschen hat, wurde in dem Kapitel 4.0 – Situationsanalyse bereits erläutert. Die Auswirkungen auf die Natur und die Ökosystemdienstleistungen sind jedoch nur schwer einzuschätzen. Das Zukunftsszenario des Jahres 2060 zeigt, dass die begrünten Flächen im urbanen Umfeld lokal bis 20°C betragen können. Dies wäre beispielsweise im Rosengarten eine Zunahme von bis zu 4.5°C. Diese Flächen verdunsten zukünftig mehr Feuchtigkeit und benötigen dadurch mehr Pflege und Wasser, um die heutigen Dienstleistungen erbringen zu können. In Waldarealen, sowie grossflächigen Freiflächen des Umlands nimmt die Temperatur weniger stark zu. Es ist mit Werten von 2°C bis 2.5°C zu rechnen. (ebd. GEO-NET 2023)

### 5.5 Wärmebelastung für den menschlichen Körper

Die Auswirkungen auf den Menschen sind jedoch nicht nur von den Temperaturen abhängig. Zur Bewertung der Gefahr werden weitere Kenngrössen wie die Luftfeuchtigkeit, die Windgeschwindigkeit und diverse Strahlungseinflüsse analysiert. Zur Darstellung werden verschiedene Methoden verwendet, wobei die PET-Darstellung (Physiologisch Äquivalente Temperatur) eher einfach zu verstehen ist. Sie ist mit °C skaliert und kann daher gut verstanden werden. Diese ist in der Fachwelt der Klimamodellierung auch eine Standardmethode, um die Wärmebelastung auf den menschlichen Körper einfacher darzustellen. Mit der verbreiteten Methode lassen sich die Werte anderer Städte einfach untereinander vergleichen. Die PET-Skalierung ist sehr abhängig von der Strahlungsstärke, welche am Körper bei ausbleibendem Wind gut spürbar ist.

Sie ist also eine Darstellung, welche beim Aufenthalt im Freien die Belastung tagsüber abbildet. Die Werte sind am Tag um 14 Uhr modelliert, daher am Zeitpunkt mit der höchsten Strahlungsstärke.

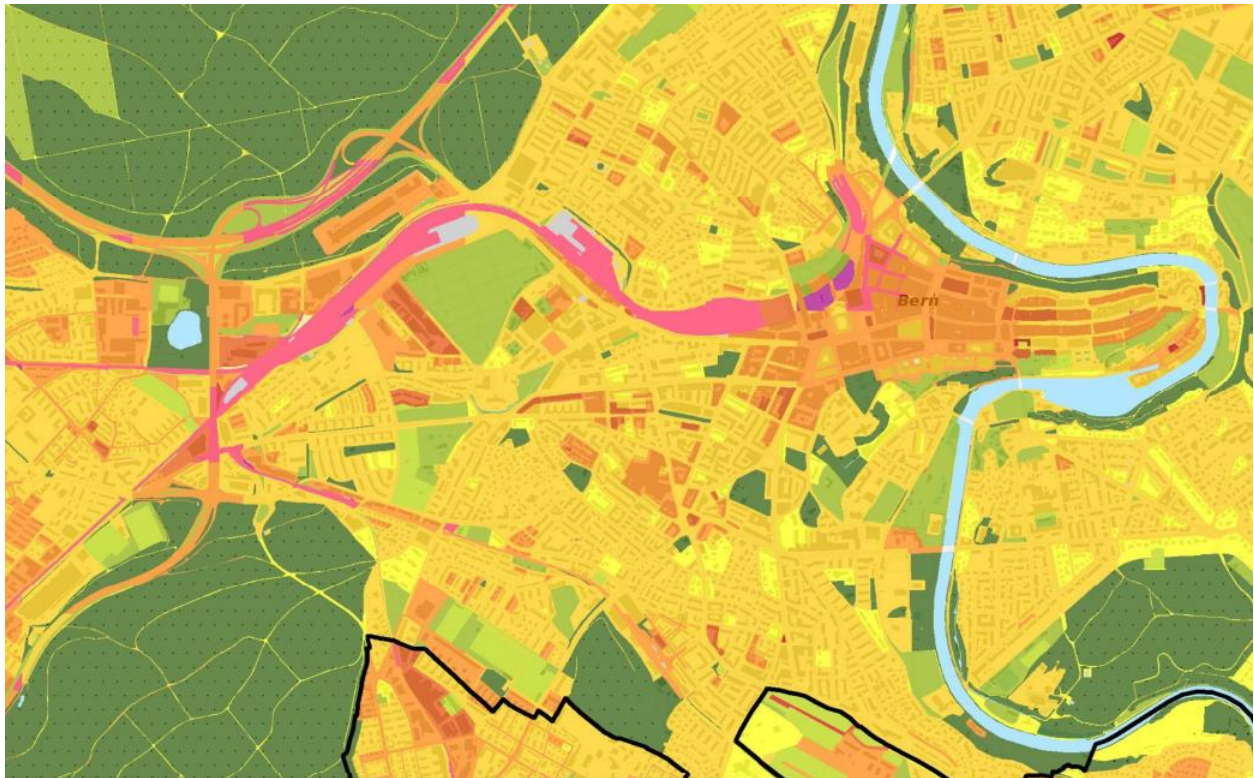


Abbildung 16: Wärmebelastung im Jahr 2023 um 14 Uhr, mit der PET-Methode dargestellt. (2m ü. Grund)



Abbildung 17: Gefahrenindex für die PET-Methode und die Aufenthaltsqualität der Freiflächen

Die Werte bis 23°C weisen keine Wärmebelastung für den Menschen auf. (Grün) Diese treten heutzutage häufig im Freiland oder in beschatteten Gebieten, wie Waldflächen auf. Bis 35°C (Gelb, Orange) sind es schwache und mässige Belastungen, welche für betagte Menschen mit Vorbelastungen bereits eine Gefahr darstellen können. Diese Wärmebelastung ist für vitale Menschen aber keine Gefahr, sie kann sogar in Innenstädten, als Gebiete mit hoher Aufenthaltsqualität betrachtet werden. In Abbildung 16 ist zu erkennen, dass in der Stadt Bern sich einige Gebiete als innenstadtnahe Grünflächen mit günstigen Aufenthaltsbedingungen erweisen.

Urban geprägte, sonnige Standorte mit gewissen Grünflächen zeigen eine höhere Strahlungswärme. Diese weisen Werte ab 35°C bis 41°C auf und in diesen ist eine starke Wärmebelastung zu erkennen. (Dunkelorange, Rosa)

Eine solche Belastung ist für jeglichen Organismus erheblich und auch im Alltag gut spürbar. Versiegelte und dicht bebaute Gebiete sind meistens stark besonnt und intensiv erwärmt. Bei diesen sind Werte ab 42°C erkennbar und da wird von extremer Belastung gesprochen, wo der Aufenthalt möglichst vermieden werden sollte. (Rot, Magenta)

Diese Auswirkungen sind bereits für das Jahr 2023 erkennbar, daher werden sich alle Werte für das Zukunftsszenario erheblich erhöhen, was in der Abbildung 18 erkennbar ist.

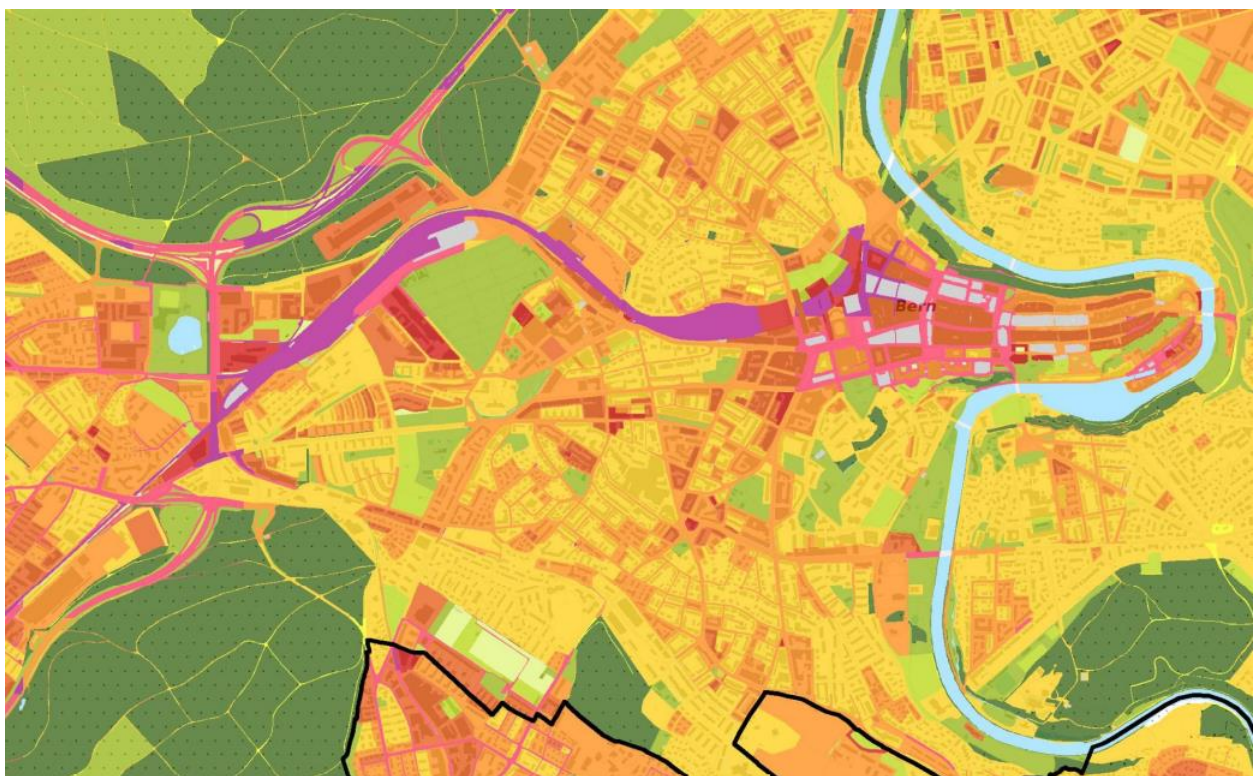


Abbildung 18: Zukunftsszenario für das Jahr 2060 in der PET-Methode dargestellt. (2m ü. Grund)

Im Zukunftsszenario sind Gebiete, welche zurzeit eine mässige Wärmebelastung aufweisen, von höherer Erwärmung und Strahlungsintensität geprägt. In diesen meist stark versiegelten Arealen steigt zukünftig die Belastung um durchschnittlich 2.5°C bis 3°C und diese werden zu Flächen mit starker Wärmebelastung. Auch Flächen mit extremer Belastung werden zunehmen und betreffen vorwiegend Gleis-, sowie Autobahninfrastrukturen. Aber auch Teile der westlichen Altstadt. Dagegen werden sich gut beschattete Gebiete, mit intensiver Vegetation auch zukünftig als Zonen mit höherer Aufenthaltsqualität erweisen. Diese erwärmen sich bedeutend weniger und werden auch an Tagen mit starker Wärmebelastung ein (potenziell) guter Rückzugsort darstellen.

Dies hebt die Bedeutung von siedlungsnahen Grünflächen für die zukünftige Entwicklung nochmals hervor. (*ebd. GEO-Net 2023*)

Auch Verkehrsstrukturen mit natürlicher Beschattung können auf die Umgebung eine kühlende Wirkung besitzen. In diesen ist die Strahlungsintensität durch vitale Baumbestände erheblich geringer.

Durch die Kühlung der Verkehrsflächen, kann die Erwärmung und die damit verbundene Wärmebelastung für die Menschen gesenkt werden. Die Baumbestände müssen natürlich auch an diese Verhältnisse angepasst werden, aber dazu ist im Kapitel 6.0 - Massnahmenplan mehr zu entnehmen. Eine Übersicht der klimatischen Verhältnisse können also je nach Bedarf unterschiedlich in Grafiken dargestellt werden. Werden jetzt die verschiedenen thematisierten Einflüsse kombiniert, entsteht eine sogenannte Klimaanalysekarte. Damit kann der Hitzeinsel-Effekt übersichtlich dargestellt werden. Darin enthalten sind die Klimamodellierung, die Kaltluftströmungen und die Strahlungsintensität. Das Klimamodell ist die Grundlage der Karte und dabei werden die Luftleitbahnen und dessen Richtungen einbezogen. In vegetationsreichen Flächen in Siedlungsnähe entstehen sogenannte Frischluftkorridore, welche als Ausgleichsflächen für den Hitzeinsel-Effekt dienen. Mit diesen kann der Luftaustausch der Ausgleichsräume und deren Abkühlung übersichtlich dargestellt werden.

Die Abbildung 19 zeigt die Situation in der Gegenwart, um 4 Uhr nachts und darin ist die Wirkung der Ausgleichsräume gut zu erkennen. In der Stadt Bern weisen die mit Wald bestandenen Hangbereiche lokal eine hohe Kaltluftentstehung auf. Zentral für den Luftaustausch sind auch solche Frischluftkorridore, wo die Luft ohne Widerstände (Überbauungen) nahe an die erwärmten Gebiete gelangen kann. Beispielsweise sind im Stadtteil Mattenhof-Weissenbühl die verbundenen Grünflächen Könizbergwald/Areal Schloss Holligen/Friedbühlanlage einen Mehrwert, weil diese das Kaltluftvolumen an die Innenstadt herantragen. (Pfeil 1) Im Bereich der unteren Altstadt ist das Aaretal einen wichtigen Frischluftkorridor. (Pfeil 2)

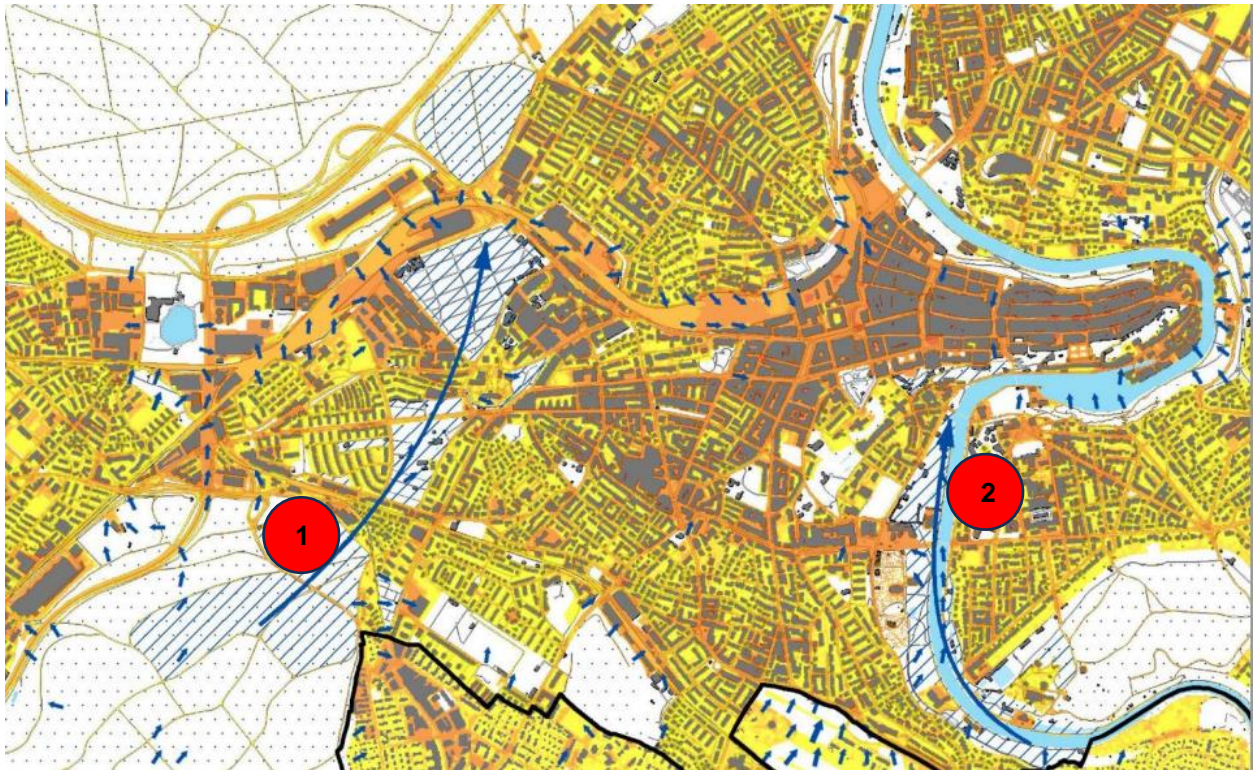


Abbildung 19: Klimaanalysekarte der Stadt Bern für die Gegenwart.

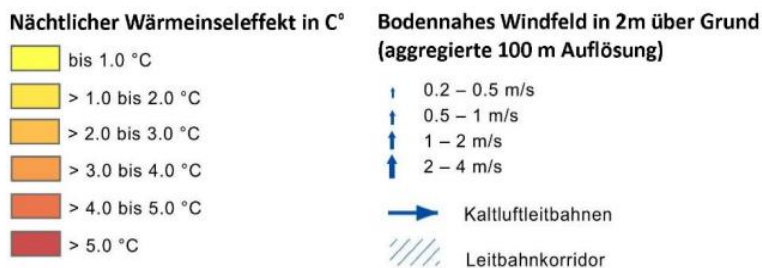


Abbildung 20: Index zu den Klimaanalysekarten der Abb. 19 und 21.

Für die Darstellung des Hitzeinsel-Effekts werden die modellierten bodennahen Lufttemperaturen, mit dem Temperaturmittel der umliegenden Grün- und Freiflächen verglichen. Der Unterschied wird dann als Abweichung dargestellt. In Gebieten mit mässiger Überbauung und Versiegelung ist dieser noch moderat, mit 2°C zu den umliegenden Freiflächen. Mit starker Überbauung und Versiegelung steigt dieser bereits heute um bis zu 4°C. In Zukunft wird mit dem erhöhten Temperaturniveau auch der Hitzeinsel-Effekt zunehmen. Wobei die Grün- und Freiflächen in Siedlungsnähe eine geringere Erwärmung und deshalb eine erhöhte Wichtigkeit aufweisen. Aber in dicht besiedelten Gebieten der Stadt Bern kann der Effekt um bis zu 3°C gegenüber heute zunehmen. Auch dieses Zukunftsszenario wurde für das Jahr 2060 entworfen und modelliert. Dabei ist auch erkennbar, dass die Luftleitbahnen und das gesamte Frischluftsystem ungefähr der heutigen Situation entsprechen werden. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass diese auch erhalten bleiben und auch zukünftig ihre Ökosystemdienstleistungen erbringen können. (ebd. GEO-NET 2023)

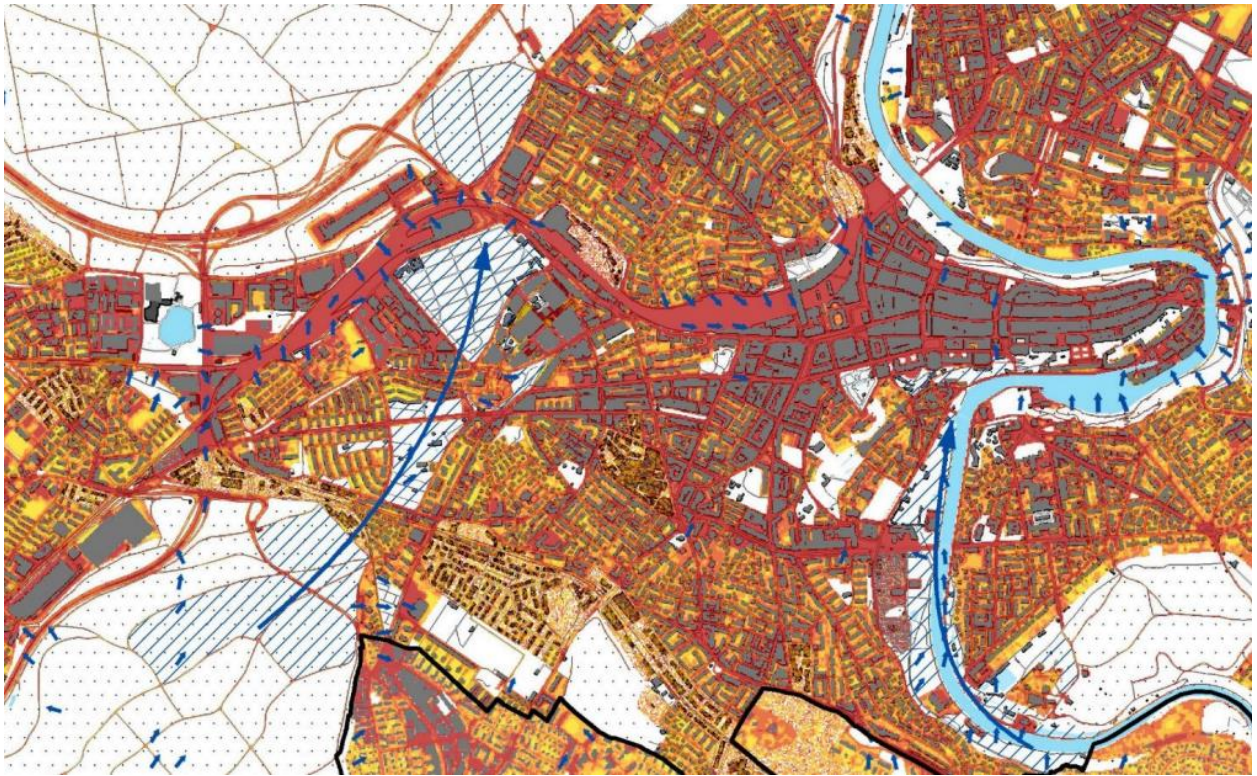


Abbildung 21: Klimaanalysekarte für das Jahr 2060 der Stadt Bern. (Index bei Abb. 20)

Diese Steigerung der Temperaturen und auch des Hitzeinsel-Effekts, ist eine massive Belastung für sämtliche urban geprägte Gebiete, welche hier anhand der Stadt Bern dargestellt wird. Weil die Auswirkungen, die lokalen Klimaverhältnisse und zukünftige Entwicklung der Städte grosse Unterschiede aufweisen, können die Daten nicht auf andere Gebiete übertragen werden. Die Folgen davon können aber mit anderen Städten innerhalb der Schweiz verglichen werden. Wobei die Auswirkungen für die menschliche Gesundheit und die Ökosysteme die höchste Bedeutung haben müssen.

## 5.6 Zukünftige Wasserbewirtschaftung in der Stadt Bern

Neben der Temperaturerhöhung ist in Zukunft auch die Wasserwirtschaft von grosser Bedeutung für eine klimaangepasste Städteplanung. Wie im Kapitel 4.0 - Situationsanalyse erläutert, wird die Ressource Wasser in Zukunft immer wichtiger werden. In unseren Breitengraden ist aber nicht primär der Wassermangel die grösste Herausforderung, sondern vielmehr die Wasserverteilung und -speicherung. Lokal entstehen zwar schon heutzutage bei längeren Warmwetterperioden Wasserknappheiten. So mussten im August 2018 in sechs Kantonen Notversorgungsmaßnahmen ergriffen werden. (BAFU 2020) Das ist heutzutage eher eine Seltenheit aber in Zukunft werden diese Ereignisse auch zunehmen. Diese Wasserknappheiten wirken sich zurzeit primär auf die Landwirtschaft und die Ökosysteme der Wasserflächen aus.

Deshalb wird in Zukunft der Unterhalt und die Erweiterung der Versorgungsnetze an Wichtigkeit gewinnen. Für urban geprägte Gebiete, wie die Stadt Bern, sind Engpässe eher bei der umliegenden Vegetation bemerkbar. Weil die Stadt Bern, wie im Kapitel 4.0 – Situationsanalyse beschrieben, das Trinkwasser ausschliesslich aus Grundwasser bezieht, wird diese Situation für den Menschen auch in diesem Jahrhundert wahrscheinlich nicht gesundheitsbedrohlich. Für die urbane Entwicklung der Stadt Bern ist die Wasserwirtschaft trotzdem ein wichtiger Faktor. In den letzten Jahren (seit 1901) nahmen die Anzahl an Starkniederschlägen und deren Intensität um 30% bzw. 12% zu. (ebd. BAFU 2020) Diese werden in Zukunft noch häufiger und zeitgleich wird die Trockenheit aufgrund der Temperaturerhöhung zunehmen. Vorwiegend die innenstädtische Begrünung, sowie deren Versorgung müssen an die klimatischen Bedingungen angepasst werden. Sonst werden sie in Zukunft ihre Dienstleistungen nicht mehr erbringen können. Auch die Wasser-, insbesondere die Altwasserinfrastruktur muss an die Herausforderungen der Zukunft angepasst werden. Bei einem Klimawandel mit dem Szenario RCP8.5 wird erwartet, dass die Häufigkeit von Starkniederschlägen, mit einer Dauer von bis zu einem Tag, bis Ende des Jahrhunderts im Sommer um die 10% und im Winter bis zu 20% zunehmen wird. Zusätzlich wird im Sommer der Regen, in allen Regionen der Schweiz, auf weniger Tage verteilt werden. (BAFU 2022)

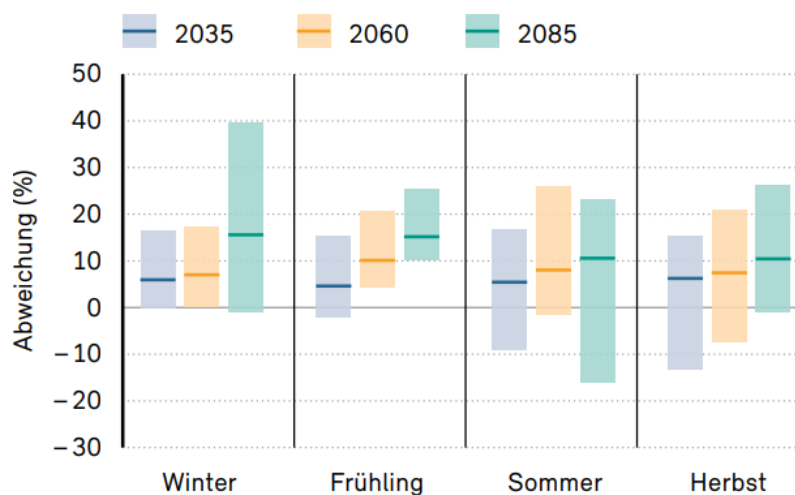


Abbildung 22: Erwartete Änderungen des 1-Tages-Niederschlags.

Die zukünftige Wasserwirtschaft der Stadt Bern wird mit den Starkniederschlägen umgehen müssen. Aber auch die lokale Wasserspeicherung von schwachen und mittleren Niederschlagsereignissen muss erhöht werden. Wie im Kapitel 4.0 - Situationsanalyse erwähnt, werden bereits heute kurzzeitig die Abwasserreinigungsanlagen und deren Systeme bei Niederschlägen überfordert. Um diese in Zukunft zu entlasten, und um lokale Trockenheit vorzubeugen, muss das Wasser lokal gespeichert werden. Damit kann auch der natürliche Wasserkreislauf besser umgesetzt und unterstützt werden.

Eine dezentrale Wasserbewirtschaftung ist dabei von grosser Bedeutung. Die Entsiegelung von urbanen Gebieten kann dabei für viele Interessensgruppen eine einfach umsetzbare Möglichkeit sein. Die Verdunstung und Versickerung von Regenwasser kann einen abkühlenden Einfluss auf die Umgebung haben und speist auch das Grundwasser. Zusätzlich wird der Oberflächenabfluss minimiert, was zu weniger Gefahr für Wasser- und Gebäudeinfrastrukturen führt. Dabei ist die Entsiegelung von Flächen im urbanen Gebiet ein Bestandteil des Konzepts Schwammstadt. Dieses weist viele Synergien in den Bereichen Siedlungsentwässerung und klimaangepasste Entwicklung auf, wobei das Konzept anhand von diversen konkreten Massnahmen im Kapitel 6.0 - Massnahmenplan noch genauer erläutert wird.

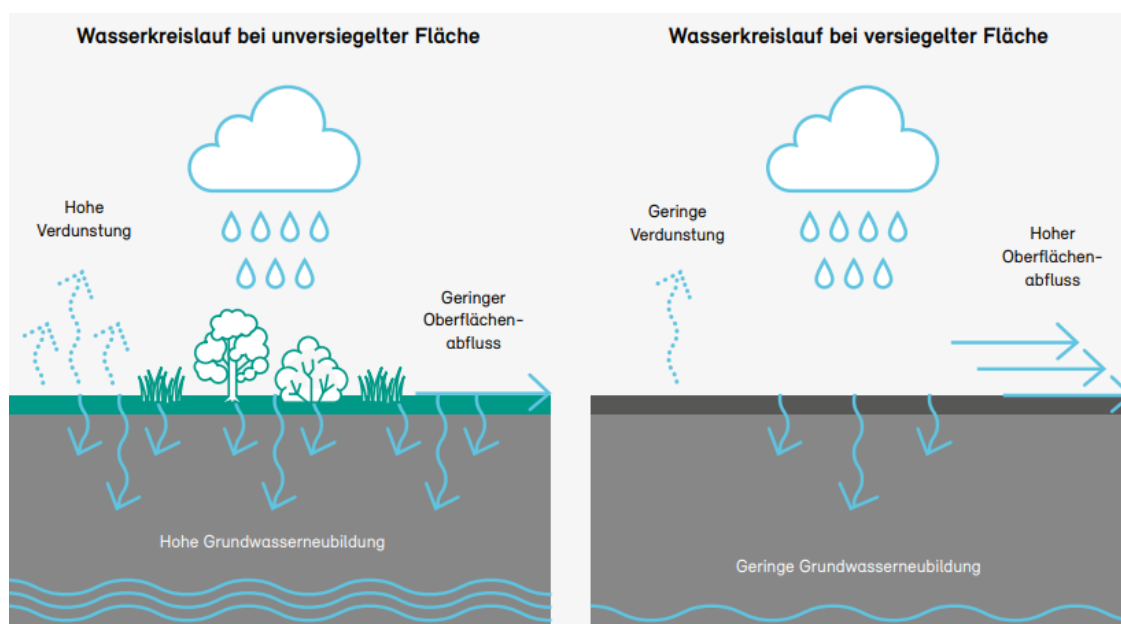


Abbildung 23: Übersicht des Wasserkreislaufs bei versiegelter und unversiegelter Fläche.

In der Stadt Bern bestehen bereits einige Pilotprojekte zu diesem Thema. Diese werden in Zukunft noch mehr in den Fokus rücken müssen und befinden sich zurzeit in Planungs- oder Pilotphasen. Deren Umsetzung beinhaltet aber auch die Zusammenarbeit von verschiedenen Ämtern und Interessensgruppen. Dies ist auch sehr wichtig, um dabei möglichst vorausschauende und allumfassende Lösungsansätze zu generieren. Der Schwerpunkt liegt dabei momentan, bei den Baumbeständen der Stadt, wo ein grosses Potenzial ersichtlich wurde. (Stadt Bern 2024) Ansonsten wird der Zustand der Gewässer im Stadtgebiet von Bern vorwiegend vom Menschen bedroht. Die Landwirtschaft im Aaretal, sowie in der Nähe der Zuflüsse bereichern die Gewässer unnötig und dies muss in Zukunft eingeschränkt werden. Auch die Verwendung von vielfältigen Chemikalien und Mikroplastik stellen eine grosse Bedrohung der Gewässer dar. (ebd. Stadt Bern 2024) Dies ist aber ein gesamtschweizerisches Unterfangen, welches auf Bundes- und Kantonebene im Bereich Gewässerschutz angegangen werden muss.

## 6.0 Massnahmenplan

Die Bevölkerung in der Stadt Bern, sowie in sämtlichen urbanen Gebieten der Schweiz, werden in Zukunft mit vielen klimatischen Herausforderungen konfrontiert werden. Der zunehmende Hitzestress, als Folge des Hitzeinsel-Effekts, wird dabei für die Menschen und Ökosysteme eine zentrale Rolle einnehmen. Für die Förderung der menschlichen Gesundheit wird die Prävention der Hitzebelastung ein wichtiger Faktor sein. In dieser Arbeit wird eine Auswahl von klimaökologisch wirksamen Massnahmen für das Siedlungsgebiet der Stadt Bern definiert und analysiert. Alle aufgeführten Lösungsansätze dienen der Anpassung an die stadtklimatischen Belastungen der Zukunft. Einige der nachfolgenden Massnahmen können auch in einem sogenannten Schwammstadt-Konzept zusammengefasst werden. Dieses umfasst die Begrünung sämtlicher Oberflächen, die Entsiegelung von möglichen Flächen und die temporäre, dezentrale Wasserspeicherung für Trockenperioden. Die ausgewählten Massnahmen werden beschrieben und ihren Wirkungsbereich aufgezeigt. Anschliessend werden mögliche Synergien mit anderen Lösungsansätzen erläutert und ihre Auswahl begründet. Die Wirkung von diesen ist aber stark von der konkreten Ausgestaltung und deren Lage im Stadtgebiet abhängig. Es sind alle Anpassungsvorschläge geeignet, um die Belastung der klimatischen Bedingungen, für die Bevölkerung direkt oder indirekt zu reduzieren und zur Erreichung eines vitalen Siedlungsklimas beizutragen. Viele der aufgelisteten Massnahmen sind aber auch kombiniert oder einzeln anwendbar. Deshalb sind die jeweiligen Auswirkungen objektiv betrachtet und mit Fakten hinterlegt dargestellt.

### 6.1 Grünräume entwickeln

#### **Selektionsbegründung**

Grünräume sind in jedem Gebiet wichtige Ausgleichsräume für die Bevölkerung. Sie dienen zu jeder Jahreszeit, als Erholungs- und Freizeitgebiet für die Bevölkerung. Aber auch für Tiere und Pflanzen können sie als wertvolle Rückzugsgebiete erachtet werden. Im urbanen Umfeld fördern grössere Grünräume zudem den Luftaustausch und tragen zur Luftzirkulation bei. Sie haben eine zentrale Bedeutung für die klimaökologische Entwicklung. Im Stadtgebiet von Bern sind solche Flächen zwar vorhanden, aber sie müssen weiter gefördert und ausgebaut werden. Die Grünräume müssen zusammenhängend und vielseitig für alle Interessengruppen gestaltet werden. Dies muss einheitlich in der Siedlungsentwicklung beachtet und mit Fördermassnahmen beschleunigt werden. Wegen dieser zentralen Rolle wird die Massnahme in dieser Arbeit beschrieben und deren Aspekte aufgezeigt.



Abbildung 24: Der Holligenpark bei der Übergabe an die Bevölkerung. (Juni 2024)

## Beschreibung

Grossflächige Grünräume wie Parks, Gärten, Wälder und Friedhöfe sind im urbanen Klima von grosser Bedeutung. Gerade als Rückzugs- und Freizeitort sind sie sehr wertvoll für die Stadtbewohner. Mit einer Ausgestaltung der bestehenden Freiflächen und der Förderung des flexiblen Nutzens können solche Räume zusätzlich aufgewertet werden. Beispielsweise mit einer vielseitig nutzbaren Möblierung eines Parks oder der Pflanzung von Baumgruppen an Spielplätzen oder Friedhöfe. Es muss aber auch genügend Freiraum für die Entwicklung der natürlichen Vielfalt von Flora und Fauna vorhanden sein. Beispielsweise mit einer halbhohen Heckenbepflanzung, als Abgrenzung der Freifläche zu einer Baumgruppe, wo sich die Vegetation selbständig entwickeln kann. Solche grossflächige Grünräume haben in der klimaangepassten Entwicklung einen wertvollen Nutzen. Sie sind, wie im Kapitel 5.0 - Zukunftsszenarien beschrieben, wichtige Ausgleichsräume für die Luftzirkulation und deren Qualität. Mit der Beschattung und der Verdunstung in Wärmeperioden, kühlen sie das Umgebungsklima tagsüber merkbar ab. Sie können bei zusammenhängender Ausrichtung als sogenannte Kaltluftkorridore dienen. Die weniger ausgeprägte Erwärmung und die Kaltluftproduktion auf Grünflächen fördern die Luftzirkulation in der Nacht zusätzlich. Somit sind sie auch für die Eingrenzung des Hitzeinsel-Effekts sehr nützlich. (BAFU 2018) In der Stadt Bern bestehen zwar einige solcher Grünräume, aber diese müssen erhalten und entwickelt werden. Mit dem Gebiet an der Aare und des Gebiets Könizbergwald/Holligen bestehen solche Korridore. Diese müssen aber zusätzlich durch kleinere und grössere «Trittsteine» ergänzt werden, damit die Entwicklung solcher Kaltluftkorridore weiter gefördert wird.

Als solche dienen in der Stadt Bern die bestehenden Parks und Grünflächen, welche ausgebaut und naturnaher gestaltet werden müssen. Aber auch bei zukünftigen Projekten der Siedlungsentwicklung, müssen solche Freiräume gefördert werden. Ein Vorzeigeprojekt ist dabei der Holligenpark im Stadtteil Holligen-Nord. Dieser ist als vielfältig nutzbaren Park gestaltet, mit Sport- und Begegnungszonen, sowie Wasser- und naturnahen Grünflächen. (Stadt Bern 2024)

### **Synergien & Vor- / Nachteile**

Die Erhöhung des Grünanteils im gesamten Siedlungsgebiet, sowie in thermisch belasteten Gebieten, kann die Aufenthaltsqualität erhöhen und wirkt sich positiv auf das Umgebungsklima aus. Es ist eine sehr vielseitig nutzbare Massnahme, bei welcher die Schwerpunkte in jeder Anwendung neu definiert werden müssen. Die naheliegendsten Synergien, welche auch mit anderen Massnahmen kombiniert werden können, sind: die Gestaltung von Rückzugsräumen, die Beschattung und Regulierung vom urbanen Klima, die Förderung von Wasserflächen, die Regenwasserbewirtschaftung durch die Erschaffung von Wasserdurchlässigen und flutbaren Freiflächen und die Förderung der naturnahen Biodiversität. Solche Räume müssen allerdings für die gesamte Bevölkerung zugänglich gemacht sein, damit sie als attraktiv gelten. Zusätzlich ist das eingeschränkte Platzangebot in der Stadt Bern und die konkurrierenden Nutzungsansprüche eine Herausforderung. Auch die Abwägung zwischen Naherholungsräumen und des Natur- und Artenschutzes, muss gut durchdacht und lokal verschieden angewendet werden. Wenn diese Herausforderungen allerdings gut analysiert und deren Umsetzung optimal für das jeweilige Gebiet ausgestaltet werden, können Grünräume einen erheblichen Mehrwert für sämtliche Interessensgruppen darstellen. Gerade die Bildung von Kaltluftkorridoren wird für die zukünftige Siedlungsentwicklung von grosser Wichtigkeit sein. Generell hat die Beschattung und Verdunstung von Feuchtigkeit ein grosser Anteil an einem gesunden Stadtklima. Auch die Erschaffung von naturnahen Wasserflächen und Wasserrückhalteflächen werden in Zukunft eine noch grössere Bedeutung aufweisen. Diese tragen genauso vielfältig für die Abkühlung des urbanen Klimas, sowie die Entlastung von Abwasserinfrastruktur bei. Für die Bevölkerung bieten diese Grünflächen einen attraktiven Mehrwert, welcher für die Attraktivität der Stadt selbst von Vorteil sein wird.

## **6.2 Verkehrsinfrastruktur begrünen**

### **Selektionsbegründung**

Die Überhitzung von Verkehrsinfrastruktur in Siedlungsgebieten trägt massgeblich zur Förderung des Hitzeinsel-Effekts bei. Neben Gebäuden sind Strassen- und Gleisräume die Flächen, welche am besten die Wärme aufnehmen und speichern können.

Das Begrünen von Verkehrs- und Parkflächen trägt massgeblich zur Verringerung der Wärmeabstrahlung und dessen Aufheizen in Wärmeperioden bei. (BAFU 2018) In der Stadt Bern sind einige Alleen mit monotoner Bepflanzung zu finden. Ansonsten wurden Verkehrsflächen früher immer sehr zurückhaltend begrünt. In diesem Thema wird das grosse Entwicklungspotential von dieser Massnahme beschrieben, sowie deren Ausgestaltungsmöglichkeiten in der Stadt Bern. Die Wichtigkeit und die vielseitigen Möglichkeiten bieten eine genügend grosse Relevanz.



*Abbildung 25: Ein begrüntes und beschattetes Gleistrasse der Glattalbahn.*

### **Beschreibung**

Verkehrsinfrastruktur beinhaltet Strassen, Autobahnen, Parkplätze, sowie Gleistrassen und selbst Begegnungszonen in Quartieren. Diese müssen ausserordentlich belastbar sein und langfristig bestehen. Trotzdem besteht ein grosses Entwicklungspotential, weil meist nur eine gewisse Fläche diese Anforderungen erfüllen muss. Die freistehende Fläche kann somit entweder begrünt, entsiegelt oder beschattet werden. Daraus resultieren auch Synergien mit dem Wassermanagement und der Erhöhung des Erscheinungsbildes.

Beispielsweise sind in der Stadt Bern viele Tramgleise vorhanden. Eine Vielzahl von diesen befinden sich in der Innenstadt, allerdings auf befahrenen Strassen, um die Verkehrsinfrastruktur effizienter zu nutzen. Da ist wenig Entwicklungspotential mit entsiegeln vorhanden. Aber die Beschattung durch Bäume und Bildung von Baumrigolen können einen Mehrwert generieren.

In den angrenzenden Siedlungsgebieten sind aber einige freistehende Tramgleisstrassees vorhanden, welche unter Berücksichtigung der Sicherheitsaspekte mit wenig Aufwand begrünt werden könnten. Auch Gleisflächen von den Schweizerischen Bundesbahnen bieten grosses Potential. Eine Begrünung bringt neben der Entsiegelung und naturnahen Aufwertung auch die Förderung von der Biodiversität mit. Diese sollte neben Ruderalvegetation, (z.B. in Gleisnähe) auch aus bodendeckenden Büschen und schattenspendenden Bäumen bestehen. Wenn möglich sollten diese Vegetationszonen miteinander verbunden oder untereinander vermischt werden. So kann deren Nutzung erhöht und die Wirkungen kombiniert werden. Auf das Thema Bäume in Siedlungsgebieten, wird in der folgenden Massnahme näher eingegangen.

### **Synergien & Vor- / Nachteile**

Das Begrünen von Strassen- und Gleisinfrastruktur bietet eine Vielzahl von Vorteilen und Kombinationsmöglichkeiten. Durch die Beschattung wird die Wärmespeicherung und die Wärmeabstrahlung vermindert. Das kann auch in Warteräumen (Bus, Tram) oder bei Parkplätzen zur Anwendung kommen. Durch die Entsiegelung wird die Verdunstungskühlung gefördert, welche durch die Vegetation zusätzlich gefördert werden kann. Die Kombination mit der Vegetation kann eine höhere Transpiration aufweisen und diese könnte auch mit vertikaler Begrünung ergänzt werden. Zusätzlich wird mit der Entsiegelung auch die Synergie mit dem Regenwassermanagement gefördert. Durch die Zurückhaltung und Verdunstung im Boden, werden unter anderem die Abwasserinfrastrukturen entlastet. Allgemein können auch bei solchen Begrünungen wasserrückhaltende Elemente eingebaut werden, welche bei Starkregenereignissen wichtig sein können. (*ebd. BAFU 2018*)

Eine weitere Synergie ist die Erhaltung und Förderung der Biodiversität. So können sich an Gleisstrassees eine Vielzahl von Pflanzen entwickeln, welche Magerstandorte bevorzugen, mehrere Amphibienarten eine geschützte Umgebung bieten (*SBB 2024*) oder auch in Bäumen Rückzugsorte für Fledermäuse entstehen. (*BAFU 2018*) Die grössten Nachteile oder Herausforderungen bestehen in der Raumaufteilung. Die bestehenden Strassen und Wege müssen genügend Platz bieten für alle und jegliche Sicherheitsvorgaben müssen eingehalten werden. Auch die Belastungen für die Vegetation muss beachtet werden. Gerade der Wassermangel in Hitzeperioden, der Schadstoffausstoss und die Streusalzverteilung bringen gewisse Herausforderungen bei der Umsetzung dieser Massnahme mit sich. Da gibt es aber für eine nachhaltige Entwicklung bereits Lösungsansätze, wovon anschliessend einige vielversprechende thematisiert werden.

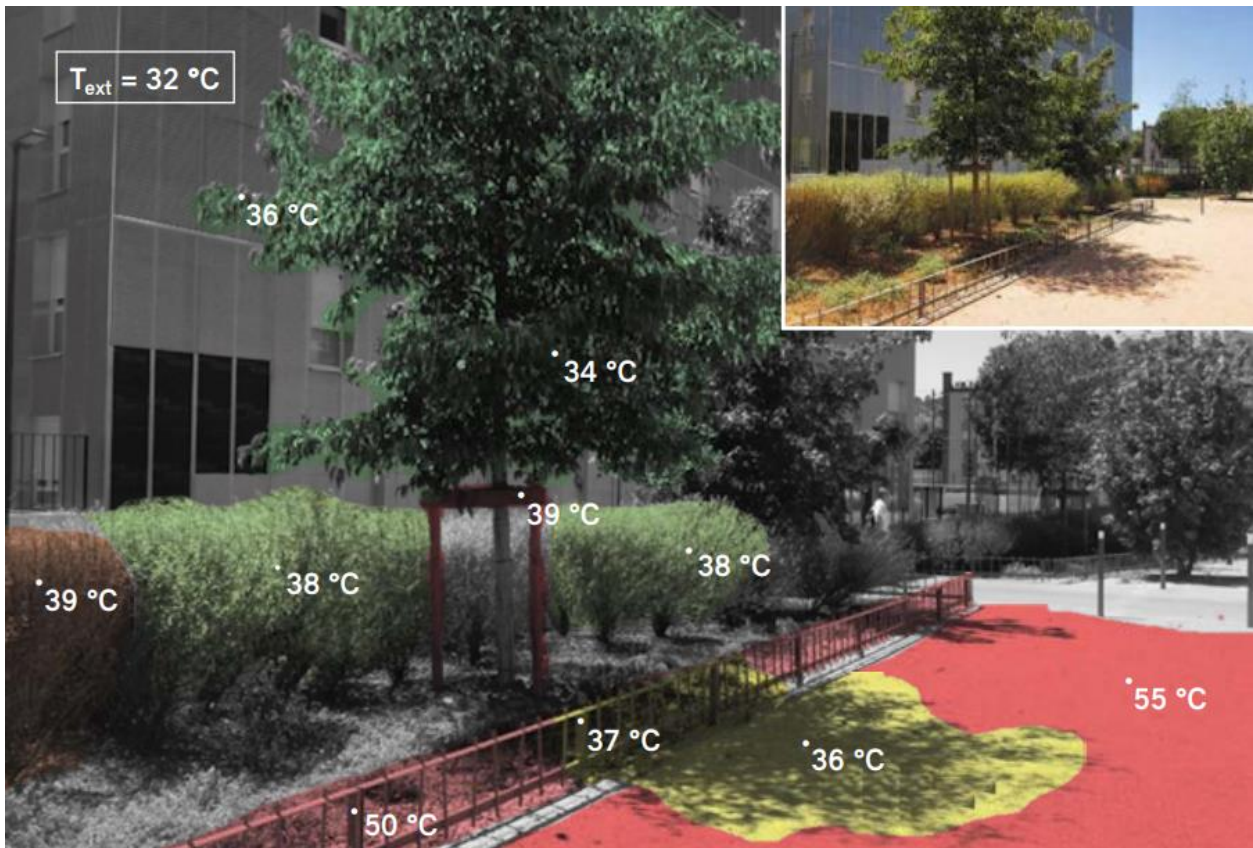


Abbildung 26: Einfluss von Vegetation und Beschattung auf die Oberflächentemperatur in Siedlungsräumen. (Lyon)

### 6.3 Baumbestände im urbanen Siedlungsgebiet

#### Selektionsbegründung

Für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung sind vitale Baumbestände eine effektive und gut kombinierbare Massnahme. Sie können vielfältig in Strassenräumen, an Gleistrassees oder auf Freiflächen zum Einsatz kommen. Tagsüber beschatten sie Verkehrsflächen und Gebäude und mit der Transpiration von mehreren hundert Liter Wasser am Tag wird die klimaregulierende Wirkung verstärkt. In der Nacht ist die Wärmeabstrahlung des Strassenraums ebenfalls reduziert und so tragen Sie zur lokalen nächtlichen Kaltluftzirkulation bei. Wegen dem vielfältigen Einsatzgebiet und der nachgewiesenen hohen Wirkung wurde dem Thema eine eigene Massnahme zugewiesen. Auf diese Weise kann ihre Wirkung aufgezeigt und die benötigten Umstände für einen vitalen Baumbestand besser erklärt werden.

#### Beschreibung

Bäume dienen als Schattenspender, Klimaregulierer, und Rückzugsort für diverse Tier- und Pflanzenarten. Im urbanen Siedlungsraum sind sie deshalb von besonderer Bedeutung. (BAFU 2018) In der Stadt Bern existieren wie bereits erwähnt, nur auf öffentlichem Grund über 23`400 Bäume. Über die Hälfte von ihnen steht in öffentlichen Parkanlagen. Die restlichen sind in Friedhöfen oder in Strassenräumen zu finden.

Dabei sind die häufigsten Baumgattungen: Ahorn, Linden und Rosskastanien. (Stadt Bern 2024) Diese Baumbestände müssen an die klimatischen Veränderungen der Zukunft angepasst werden. Deshalb ist es notwendig, zu beachten welche Zustände ein Baum im Siedlungsraum effektiv braucht. Erst ein ausgewachsener, gesunder Baum mit grosser Baumkrone kann die volle Wirkung erzielen. Darum ist es umso wichtiger alte Baumbestände zu erhalten und mit anderen Massnahmen ihre Lebensdauer zu erhöhen. Wobei in der Stadt die Lebenserwartung generell bis zu 25% niedriger ist als bei optimalen Wachstumsbedingungen. Gerade die Trockenheit, die Hitze-, sowie Schadstoffbelastung ist zu beachten. Daher ist für Neupflanzungen eine Baumart mit grösserer Toleranz in diesen Bereichen sehr wichtig. Auch die Berücksichtigung von Baumarten mit grosser Baumkrone ist für die Beschattung massgeblich. Auch für viele weitere Organismen, Moose und Flechten sind Baumbestände im urbanen Gebiet wertvoll. (BAFU 2018) Beim Unterhalt und Entwicklung der vorhandenen Baumbestände sind folgende Lösungsansätze zu beachten: Vergrösserung der Wurzelräume, Entsiegelung der Oberflächen, Verbindungen der Wurzelräume von einzelnen Bäumen (Baumgruppen bilden) und überbaubare Substrate nützen. Bei diesen können die Wurzelräume beispielsweise unter Parkplätzen oder Gehwegen erweitert werden. Zusätzlich können Baumrigolen und weitere Arten von Versickerungs- oder Wasserrückhaltesystemen eingebaut werden, um die Wurzelräume vor Trockenheit zu schützen und das Abwassersystem zu entlasten. (Genauere Informationen darüber in der Massnahme Wasserrückhaltende Freiflächen). Dies ist auch ein Bestandteil des Konzepts Schwammstadt. In der Stadt Bern wird derzeit einen Wurzelraum von 36m<sup>3</sup> und eine Baumscheibe von 10m<sup>2</sup> vorgeschrieben. Wenn immer möglich, sollten die Bäume mit anderen Blau-Grünen Elementen, wie Bodenbegrünung, Retentionsfläche (Wasserspeicherung) oder oberflächige Längsrinnen ergänzt werden. (TVS Bern 2024)

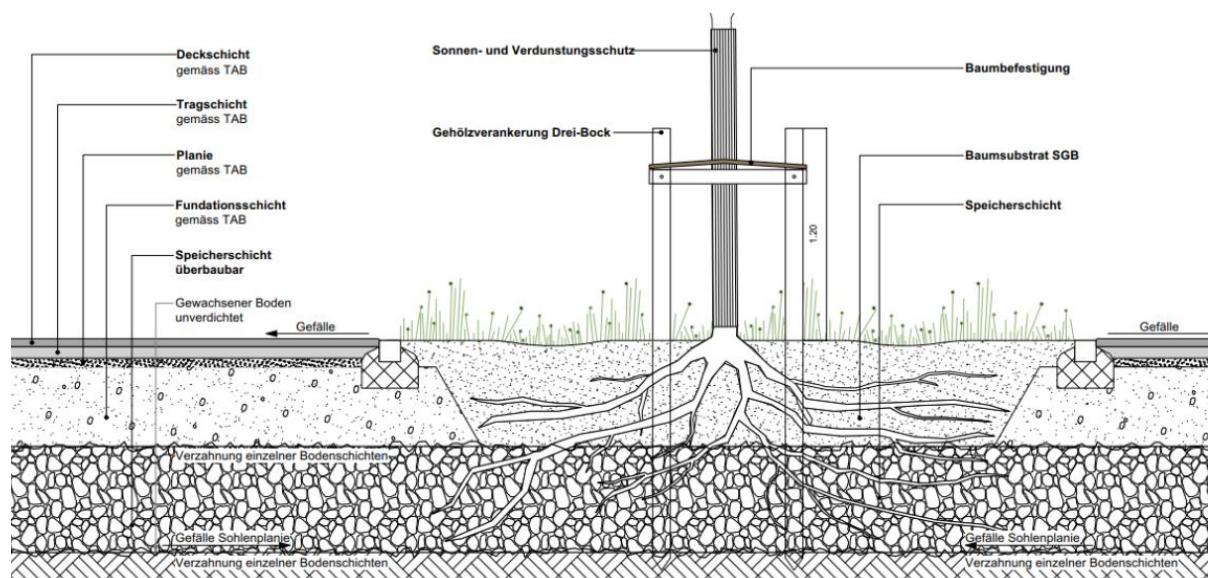


Abbildung 27: Schematischer Aufbau einer belastbaren Baumgrube ohne Einleitung von Strassenwasser.

## Synergien & Vor- / Nachteile

Baumbestände können vielfältig für die klimatische Aufwertung der Umgebung wirken. Aber ebenso kann der Wurzelraum und dessen Oberfläche vielfältig für mehrere Zwecke genutzt werden. Mit der Wasserbewirtschaftung gibt es eine Vielzahl von Synergien. Gerade durch die Verdunstung, die Speicherung und die Reinigung des Regenwassers können Baumsubstrate einen hohen Mehrwert aufweisen. Dabei können diese sogar belastbar gestaltet werden, wie in Abbildung 27 erkennbar ist. Die Bäume dienen zudem als Schattenspender und kühlen die Umgebung ab. Sie bieten gute Voraussetzungen für andere Tiere und Pflanzen (ober- wie unterirdisch) und leisten deshalb einen Beitrag zur Biodiversitätsförderung im Siedlungsgebiet.

Herausforderungen für die Umsetzung dieser Massnahme ist sicherlich der ober- und unterirdische Flächenbedarf. Dabei müssen sämtliche Sicherheitsvorschriften im Strassenverkehr, sowie für die Infrastruktur (Elektrizität, Wasser, Gas etc.) beachtet werden. Bei der Versickerung müssen auch die Gewässerschutzvorschriften beachtet werden. Dies schränkt die Anwendung in gewissen Bereichen ein aber wegen der Ausgestaltungsvielfältigkeit, sollten meistens einzelne Lösungsansätze angewendet werden können. (BAFU 2018) Die umfassende Anpassung der Baumbestände wird für eine klimaökologische Siedlungsentwicklung massgebend sein.



Abbildung 28: Zusammenhängende offene Baumreihe mit Bodenpassage und Grünstreifen. (Allmendstr. Zürich)

## 6.4 Gebäudebegrünung & -beschattung

### Selektionsbegründung

Die Gebäudeinfrastruktur trägt, wie erwähnt, massgeblich zur Erwärmung des Siedungsklimas bei. Sie besitzt ein grosses Wärmespeichervolumen, strahlt diese in der Nacht wieder ab und bietet nicht viel Schutz gegen die Sonneneinstrahlung. Bauliche Massnahmen sind in der Stadt Bern vorwiegend nur bei Neubauten oder Komplettrenovierungen umzusetzen. Dabei haben Dach- und Fassadenbegrünungen einen hohen Stellenwert bei der Hitzeprävention von Baukörpern. Sie wirken sich positiv auf die Wärmespeicherung und das Innenraumklima der Gebäude aus. Dabei gibt es einfach umsetzbare Ansätze, wie das Bewachsen einer Fassade durch Kletterpflanzen. Es gibt die kleinräumigen Anpassungen, wie das Begrünen der Balkone oder (Dach-) Terrassen, welche sich vorwiegend auf das lokale Mikroklima auswirken. Oder das Beschatten der Baukörper durch Baumbestände, hohe Sträucher und Hecken. Diese Massnahmen sind einfach umzusetzen und können bereits einen Einfluss auf die Erwärmung haben. Deshalb wird dieser Ansatz erwähnt und erklärt. Auch entstehen in der Stadt Bern, objektiv gesehen, solche Lösungen vermehrt durch private Initiative, was begrüssenswert ist, aber nur kleine Veränderungen ohne Zusammenhang entstehen lässt.

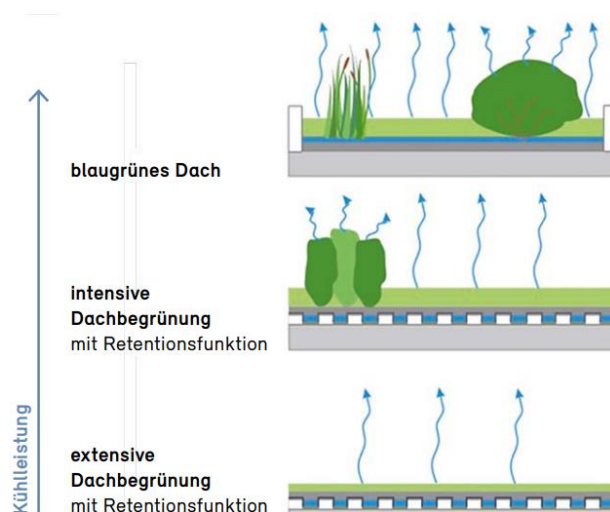


Abbildung 29: Möglichkeiten von Dachbegrünungen mit Retentionsfunktion und deren Kühlleistung.

### Beschreibung

Wie in der Begründung erwähnt, gibt es eine Vielzahl von Lösungsansätze. In der Stadt Bern sind objektiv betrachtet kleinräumige Anpassungen, wie Balkonbepflanzungen, Dachbegrünungen oder Vegetationskisten am häufigsten anzutreffen. Diese sind erfreulich, aber bieten keinen planerischen Zusammenhang. Für die zukünftige Siedlungsplanung sind Begrünungen und Beschattungen von Baukörpern eine eher einfache Massnahme das Klima im urbanen Gebiet anzupassen.

Bei Dachbegrünungen unterscheidet man zwischen systemgebundenen (Dachbegrünung) und systemunabhängigen (Pflanzkisten) Ansätzen. Dabei werden die Dachbegrünungen in extensive und intensive Begrünungen eingeteilt. (Abbildung 29) Extensive Systeme haben eine dünne Substratschicht, welche häufig dem Spontanbewuchs überlassen wird. Das System eignet sich, um es nachträglich auf bestehende Bauten zu installieren. Intensive Systeme haben die Möglichkeiten mit üppiger Vegetation bewachsen zu werden, welche bis zu Sumpfbzonen oder Teiche reichen können. So bieten sie auch einen hohen Mehrwert zur Biodiversitätsförderung lokalen Wasserbewirtschaftung.

Bei Fassadenbegrünungen unterscheidet man ebenfalls unter system- oder bodengebundenen Möglichkeiten. Die bodengebundenen Systeme sind relativ pflegeleicht und bestehen meist aus Rank- oder Kletterpflanzen. Die systemgebundenen Begrünungen können entweder horizontal (Vegetationskisten) oder vertikal (Substratmodulen) erfolgen. Sie sind Pflegeintensiver und wegen einigen Denkmal- und Bauvorschriften, auch nicht überall geeignet. Aber im Vergleich mit Dachbegrünungen, sind solche Fassadenbegrünungen für die Hitzevorsorge wirksamer. Die grössere Fläche der Fassade, die Belaubung, sowie die Transpiration am Blattwerk haben positiven Einfluss auf das Umgebungs- und Innenraumklima des Gebäudes. Im Winter wirken sie zusätzlich wärmedämmend. Eine weitere Lösung, für die Reduzierung der Wärmeabstrahlung ist das Beschatten durch Bäume. In der Stadt Bern ist diese Möglichkeit wenig verbreitet. Es ist keine kurzfristige, dafür später umso effektivere Lösung. Sobald die Baumbestände genügend hoch sind, können sie den Baukörper durch Beschattung direkt abkühlen. Indirekt wirken sie auch bei diffuser Lichtabstrahlung und durch die Transpiration für das Mikroklima kühlend. (ebd. BAFU 2018)

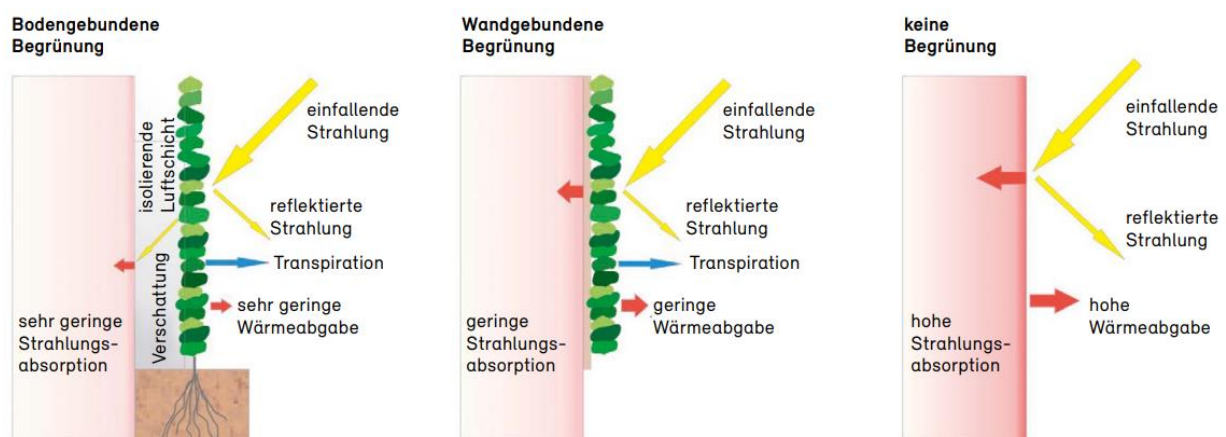


Abbildung 30: Darstellung der div. Fassadenbegrünungen mit deren klimatischen Auswirkungen.

## **Synergien & Vor- / Nachteile**

Die grössten Herausforderungen bei der Begrünung und Beschattung von Baukörpern sind die gesetzlichen Vorschriften. Gerade in der Stadt Bern ist der Denkmalschutz verbreitet. Bei diesem muss auf kleinräumigere oder ganz andere Lösungsansätze zurückgegriffen werden. Vegetationskisten könnten nach Abklärung mehrheitlich eingesetzt werden. Für eine wirkungsvolle Dachbegrünung sind mehrere Anpassungen notwendig. Das Dach muss gegenüber dem Substrat langfristig abgedichtet sein, die Dachneigung sollte den Umsetzungsvorgaben entsprechen und der öffentliche Einfluss wird vielerorts eingeschränkt, wegen privaten Besitzerverhältnissen. Dies gilt auch bei Fassadenbegrünungen. Auch sollte der Baukörper in gutem, tragfähigem Zustand sein, um die Massnahmen umsetzen zu können. Bei der Ausführung können aber verschiedene Synergien genutzt werden. Um den lokalen Wasserbedarf zu decken und die Abwassersysteme zu entlasten, können Wasserrückhaltebehälter installiert werden. Eventuell können diese sogar für Pflanzen oder Tiere zugänglich gemacht sein. Aber auch ohne, bieten die Begrünungen einen Mehrwert für die Biodiversität. Es entstehen zurzeit sogar Projekte, welche einen Wasserkreislauf lokal herstellen wollen. So wird das Wasser durch das Substrat und Aktivkohle gefiltert und anschliessend als Brauchwasser den Wohnungen oder der Industrie zugeführt. *(Stadt Bern-Projekte 2024)* Auch positiv wirken sie auf die Luftqualität, die Lärmentwicklung und die Erscheinung im Stadtbild. Begrünungen können aber auch mit Photovoltaiksystemen kombiniert werden, welche die Baukörper zusätzlich beschatten. Der grösste positive Effekt besitzt die Begrünung und Beschattung durch ihre kühlende Wirkung. Diese wirken präventiv auf die Erwärmung des Baukörpers aus und helfen somit den Hitzeinsel-Effekt einzudämmen. *(BAFU 2018)*

## **6.5 Entsiegelung im urbanen Raum**

### **Selektionsbegründung**

Die Entsiegelung ist in dieser Arbeit und im Alltag ein weitverbreitetes Thema. Sie hat aber auch grosse Auswirkungen auf das urbane Klima heute und zukünftig. Es ist einer der Hauptfaktoren für die Hitzebelastung der Strassenräume und für Überflutungen bei Starkregen. Wegen diesen schwerwiegenden Auswirkungen, der weitläufigen Verbreitung und den Kombinationsmöglichkeiten der Massnahme, wird sie in dieser Arbeit einzeln erwähnt und ihre Wirkung hervorgehoben. Die Schadensausmasse an der Infrastruktur und der Natur durch Überschwemmungen, konnten in der Stadt Bern schon mehrmals erlebt werden. Die Überlastung von Abwassersystemen und grössere Oberflächenabflüsse wirken sich zusätzlich auf die bereits ausgelasteten Zuflüsse der Aare aus. Deshalb wäre eine grossflächig umgesetzte Entsiegelung für viele Bereiche eine Entlastung.



Abbildung 31: Beispiel einer erfolgreichen Entsiegelung anhand des Microforest am Rosalia-Wenger-Platzes.

## Beschreibung

Die versiegelten Flächen in den urbanen Gebieten haben viele Vorteile. Sie sind langlebig, stabil gebaut und können höchst belastbar gestaltet werden. In der Vergangenheit wurde eher zu grossflächig versiegelt, was einige Nachteile mit sich brachte. Die Bodenerwärmung, sowie die Wärmespeicherung und -abstrahlung ist bei den erwarteten Klimaszenarien in Zukunft ein grosses Problem für die Lebensqualität im urbanen Umfeld. Bei entsiegelten oder teilentsiegelten Flächen wird das lokale Klima, durch die Verdunstung massgeblich abgekühlt und wegen der Oberflächenbeschaffenheit tagsüber weniger aufgeheizt. Für Teilentsiegelungen bieten sich verschiedene Lösungen, wie Rasengittersteine, Fugenpflaster oder Chaussierungen (wasserdurchlässige Flächen) an. Diese eignen sich beispielsweise bei Parkflächen oder nicht genutzten Oberflächen im Strassenraum. (z.B. das Zentrum der Kreisverkehrsfläche.) Eine Teilentsiegelung mit zusätzlicher Begrünung ist von Vorteil und verbindet Synergien. Dabei werden auch die nächtliche Kaltluftsysteme gefördert. Eine vollständige Entsiegelung ist effektiver, aber kann auch nur begrenzt belastet werden. Dabei sollte in der Planung nur eine Versiegelung bei den absolut notwendigen Flächen angewendet werden und eine gute Abwägung der Interessen stattfinden.






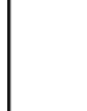
Befahrbarkeit <							<b>Asphalt</b>
							<b>Durchlässiger Betonbelag</b>
							<b>Wasser-gebundene Deckschicht</b>
							<b>Gitter-rasen</b>
							<b>Schotter-rasen</b>
							<b>Rasen</b>
	<i>Versiegelungsgrad</i> <						
	<i>Durchlässigkeit</i> >						
	<i>Kühleffekt</i> >						

Abbildung 32: Vergleichsdarstellung der häufig vorkommenden Bodenbeläge und dessen Versiegelungsgrad.

### Synergien & Vor- / Nachteile

Das Entsiegeln von Flächen im urbanen Umfeld trägt massgeblich zu einer klimaangepassten Entwicklungsstrategie bei. Es hat grosse Vorteile aber auch einige Herausforderungen, welche beachtet werden müssen. Bei Flächen, welche begrenzt belastbar sein müssen, gibt es mittels Chaussierung, sickerfähige Beläge oder Rasengittersteine genügend gute Möglichkeiten. Bei der Planung muss frühzeitig das Wassermanagement einbezogen werden. Dabei muss der Untergrund und die möglichen Bauvorschriften beachtet werden. Wenn der Untergrund es nicht zulässt, muss das Wasser unterirdisch aufgefangen und beispielsweise in naheliegende Versickerungsmulden abgeleitet werden. Auch bei Wasserschutzgebieten oder naheliegender Grundwasser muss die Machbarkeit abgeklärt werden. Beim Zuführen in das Grundwasser, muss die Schadstofffilterung gesichert werden. Dafür gibt es verschiedene, teilweise natürliche Filterungs- und Auffangmethoden. Diese können auch mit vitalisierenden Massnahmen ergänzt werden. Und bei genügender Reinigung, wird das Grundwasser natürlich angereichert. Allgemein entstehen bei der Entsiegelung eine Vielzahl von Synergien. Allein durch die Anwendung kann der Hitzeinsel-Effekt bei Wärmeperioden und die Oberflächenabflüsse bei Starkregenereignissen massgeblich reduziert werden.

Auch die Verdunstung und die damit entstehende Abkühlung wird dadurch gefördert. Mit dem zusätzlichen Begrünen von entsiegelten Flächen entsteht einen Beitrag zur Förderung der Biodiversität. Die Wirkung von entsiegelten Flächen ist also immer von den lokalen Möglichkeiten und der Art der Umsetzung abhängig. Sie trägt aber in jeder Umsetzungsart, einen wesentlichen Teil zur Verbesserung des Mikroklimas bei. Und es entstehen aber fast überall Gelegenheiten einen Teilbereich zu entsiegeln. (ebd. BAFU 2018)

## 6.7 Wasserrückhaltende Freiflächen

### Selektionsbegründung

Für urbane geprägte Gebiete ist, neben der Überhitzung der Umgebung, in den zukünftigen Klimaszenarien den lokalen Wassermangel einen Schwerpunkt. Gleichzeitig werden, wie bereits im Kapitel 4.0 – Situationsanalyse beschrieben, die Starkregenereignisse zunehmen. Zukünftig muss also das Wasser lokal gespeichert und wieder nutzbar gemacht werden können. Ein dezentrales Wassermanagement ist eine Lösung dafür. Bei Freiflächen kann es sich um künstlich oder natürlich entstandene Mulden, Bachläufe oder Gräben handeln. In diesen kann das Wasser kurz- bis mittelfristig gespeichert und wieder am natürlichen Kreislauf zugeführt werden. Diese Freiflächen sind im Siedlungsgebiet von besonders grosser Bedeutung. Zusätzlich kann das Wasser, bei Starkregenereignissen für die Bewohner nicht mehr als Gefahr, sondern als attraktiv erscheinen. In der Stadt Bern gibt es aufgrund der Topografie wenig solche Flächen. Es wäre aber in Zukunft von Bedeutung, wenn die Wasserbewirtschaftung dezentral funktionieren würde. Damit würden die Abwasserinfrastruktur entlastet und die Wasserverfügbarkeit gefördert werden. Um die Kombinationsmöglichkeiten aufzuzeigen, wird diese Massnahme und deren Bedeutung erwähnt.



Abbildung 33: Offener Graben zur Verdunstung und Ableitung von Wasser im Opflikerpark.

## Beschreibung

Der Wasserkreislauf hat für unsere Umwelt eine besondere Bedeutung. Er ist existenziell für eine Vielzahl von Ökosystemen. In urbane geprägten Siedlungen sind diese Systeme ohnehin eingeschränkt. In Zukunft werden diese lokalen Systeme und deren Dienstleistungen vermehrt bedroht. Deshalb sollte der Wasserkreislauf auch lokal gefördert oder wiederhergestellt werden. Bei versiegelten Flächen von Strassenräumen oder Gebäuden können in direkter Umgebung bepflanzte Geländevertiefungen entstehen. In diese sollte das Wasser abgeleitet werden, damit es dezentral versickern und verdunsten kann. Solche Auffangmulden oder -gräben sind normalerweise dauerhaft begrünt und dienen auch der Biodiversität. Bei zu wenig genügender Filterung des Wassers, werden sie auch unten abgedichtet, damit die Versickerung verhindert werden kann. Im Extremfall könnten auch grosse Grünflächen, wie Parkanlagen oder Sportplätze geflutet werden. Diese besitzen ein grosses Potential für die kurzzeitige Wasserspeicherung und können ansonsten uneingeschränkt benutzt werden. (BAFU/ARE 2022) Es existieren auch in der Stadt Bern eine Anzahl von (meist) unterirdischen Wasserläufen. (Gewässernetz Bern 2024) Einige wurden bereits geöffnet und als Wasserrückhalteflächen genutzt. Diese können unterirdisch ihre Drosselungs- und Übergangsspeicherung nicht wahrnehmen und deshalb werden sie zugänglich gemacht und natürliche Einstaubereiche erschaffen. Dies ermöglicht einen abkühlenden, sowie wasserspeichernden Effekt. (Stadt Bern 2021) Bei engen Platzverhältnissen im Strassenraum, kann das Wasser auch in Baumrigolen abgeleitet werden. Diese dienen als zusätzlichen Wasserspeicher für die Bäume und können je nach Bauart verschieden abgedichtet sein. Gerade im Sommer besitzen die Bäume im urbanen Gebiet einen hohen Wasserbedarf und dabei hilft die unterirdische Speicherung von Regenwasser massgeblich. Weitere unterirdische Rückhaltebecken werden in der Massnahme Zisternen & andere unterirdische Wasserspeicher beschrieben.

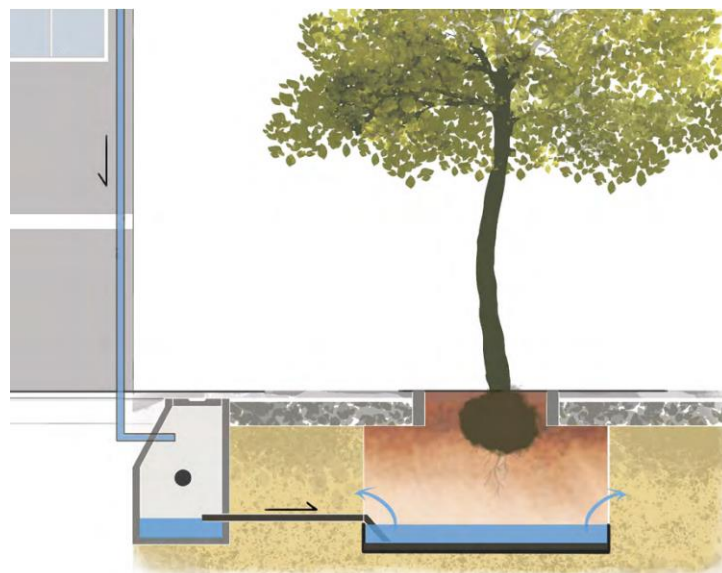


Abbildung 34: Schematischer Aufbau einer Baumrigole mit direkter Verbindung zum Dachwasserabfluss.

## **Synergien & Vor- / Nachteile**

Die Synergien bei wasserrückhaltenden Freiflächen sind offensichtlich. Der Kühlungseffekt auf das Umgebungsklima, durch die Verdunstung, Entsiegelung und die Transpiration ist von grosser Bedeutung. Weil auch gleichzeitig eine dezentrale Wasserbewirtschaftung entstehen kann, gelten diese Massnahmen als Teil des Schwammstadt-Konzepts. Durch die Versickerung und Verdunstung wird dem Grundwasser und dem natürlichen Kreislauf, Wasser hinzugeführt. Durch die begrünten Freiflächen kann zusätzlich, je nach Ausgestaltung, einen grossen Beitrag zur Biodiversitätsförderung geleistet werden. Bei temporären Wasserspeicherungen können Amphibien, wie auch Insekten einen Rückzugsort und eine Nahrungsquelle darin finden. Auch für unterirdische Organismen sind diese Flächen von grosser Bedeutung. Bei trockenem Zustand können andere Tier- und Pflanzenarten die Flächen vitalisieren oder bei Park- oder Sportanlagen können sie durch den Menschen uneingeschränkt genutzt werden. Natürlich müssen solche Flächen nach Flutungen wieder gereinigt und instand gestellt werden, aber im Verhältnis zum möglichen Schaden bei Überflutungen, sind solche Arbeiten kostengünstig. Bei Gräben oder Mulden müssen eventuelle Abflüsse auch wieder begutachtet werden. Es besteht also einen erhöhten Unterhalt, je nach Art der Anwendung und Umsetzung. Zusätzlich muss im Siedlungsgebiet die Sicherheit solcher Flächen und ihre sinnvolle Integration beachtet werden. Es sind viele Möglichkeiten in dieser Massnahme kombiniert erwähnt. Sie haben allerdings zukünftig eine erhöhte Relevanz für verschiedene Funktionen in der lokalen Wasserspeicherung und Umgebungskühlung. Ob für kleine Wasserspeicher im Stadtgarten, für Wasserrückhalte- oder Ableitungsflächen in Neubausiedlungen oder für temporär flutbare Grünflächen im Extremfall, es wird mehr solche Lösungen mit den Klimaszenarien der Zukunft brauchen. (BAFU/ARE 2022)

## **6.8 Zisternen & andere unterirdische Wasserspeicher**

### **Selektionsbegründung**

In Siedlungsgebieten sind die Böden bereits mehrheitlich stark beansprucht. Deshalb ist es häufig schwierig Lösungen zu generieren, bei denen der Aufwand und die Kosten in einem akzeptablen Verhältnis mit dem Nutzen sind. Auch in der Stadt Bern hat sich das Siedlungsgebiet und die unterirdische Infrastruktur immer weiterentwickelt. Auf diese Weise entstanden mehrschichtig beanspruchte Bodenpassagen und nicht optimal genutzte Flächen. Zusätzlich sind viele Bodenstrukturen, wie im Quartier Länggasse-Felsenau, durch ihre Beschaffenheit nahezu sickerunfähig. (Stadtplanungsamt Bern 2020) In solchen Fällen können andere Lösungsansätze besser umsetzbar sein. Bei Platzmangel oder bei einem hohen Grundwasserstand sind solche unterirdische Wasserspeicher teilweise einfacher zu gestalten als oberirdische Lösungen. Aber dabei ist der Nutzen massgeblich von der Umsetzung und der Umgebung abhängig.

Da in der Stadt Bern solche Umstände existieren und es nicht immer möglich ist, andere Lösungsansätze anzuwenden, werden hier einige Ansätze aufgelistet. Auch weil in Zukunft die dezentrale Speicherung von Wasser und die effizientere Nutzung dessen an Bedeutung gewinnt, wird diese Massnahme beschrieben.

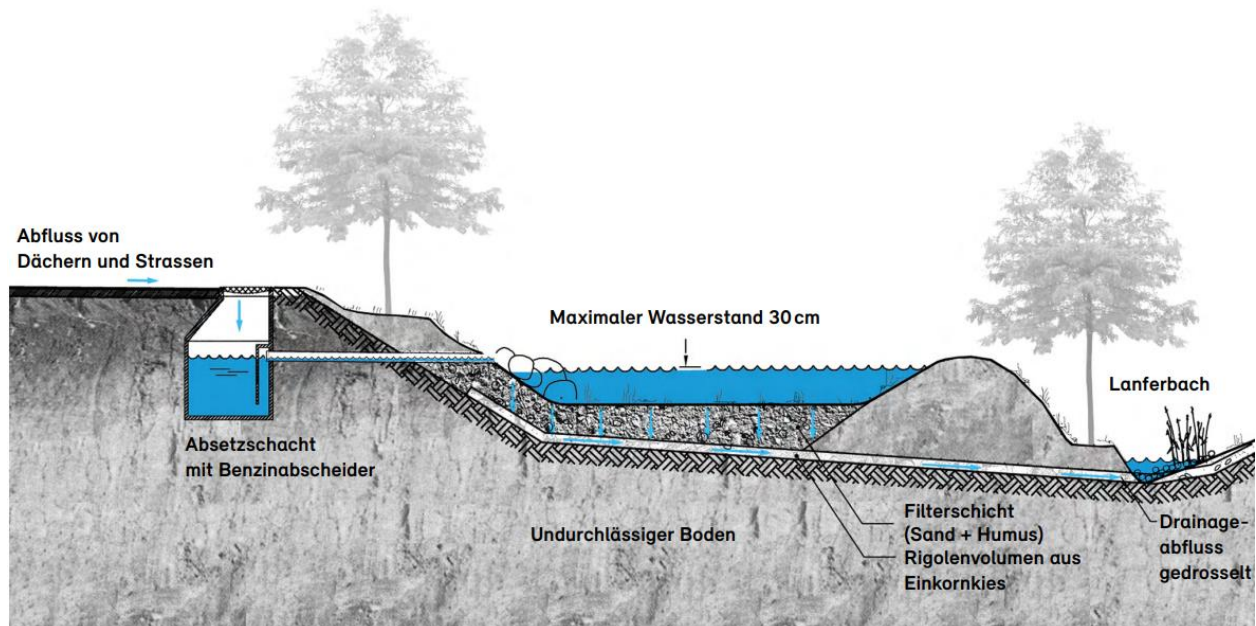


Abbildung 35: Kombiniertes System aus: Rigole, Mulde und Abfluss.

## Beschreibung

Eine Möglichkeit der Speicherung sind Rigolen, welche als flexible, temporäre Zwischenspeicher funktionieren. Wie in Abbildung 35 dargestellt, werden diese häufig mit oberirdischen Lösungen, wie Auffangmulden kombiniert und sind komplett abgedichtet. In diesen kann das Regenwasser gesammelt, gereinigt und bei Bedarf weitergegeben werden. Solche entstehen häufig aus Platzmangel oder bei nicht sickerfähigen Bodenstrukturen und sind für kleinere Überbauungen geeignet. (BAFU/ARE 2022) In Bern wurden solche Rigolen beim Umbau des Monbijouparks in den Boden eingebaut, um das Regenwasser zu speichern und dem Park bei Bedarf zu bewässern. Das Wasser stammt von angrenzenden Gebäuden des Oberzollamts. (Bern 2022) Eine ähnliche Lösung sind unterirdische Auffangbecken, welche künstlich angelegt worden sind. Solche sind aber für grössere Starkregenereignisse ausgelegt und können ein Vielfaches von üblichen Rigolen aufnehmen. Diese brauchen viel mehr Volumen im Boden aber können dadurch Schäden an tieferen oder umliegenden Gebäudeinfrastrukturen bei Extremniederschlägen verhindern. Sie können aber auch mit anderen Anwendungen kombiniert werden, wie mit einer Tiefgarage als Notfallspeicher. Oder in Einzelfällen können nicht mehr benutzte Infrastrukturen, wie Strassenunterführungen umgenutzt werden. Bei Starkregen gefüllte Auffangbecken lassen das Wasser anschliessend wieder gedrosselt ab, sodass keine Abwasserinfrastruktur überlastet wird.

Gerade bei grossflächigen Infrastrukturen, wie Museumsanlagen, Spitalüberbauungen oder ähnliches, können Anwendungsmöglichkeiten entstehen. In der Stadt Bern existiert ein solches beispielsweise unter dem Areal des Inselspitals. Es wurde bereits 1974 gebaut, weil die Zuflüsse von dem Areal, die Kapazität der Abwasserinfrastruktur um ein Vielfaches überschreitet. Es ist für ein 10-jährliches Regenereignis ausgelegt.



Abbildung 36: Wasserrückhaltebecken unter dem Areal des Inselspitals an der Zieglerstrasse.

Eine andere Lösung Regenwasser zu Speichern sind Zisternen. Diese dienen als längerfristige Speicher und können das Regenwasser in Trockenperioden weiterleiten. Das Wasser kann auch im Haushalt, als Brauchwasser oder die Bewässerung der künstlich erstellten Vegetation genützt werden. Weil diese an Gebäudehüllen oder auf Tiefgaragen immer mehr zunehmen, werden solche langfristige Wasserspeicher in Zukunft an Bedeutung gewinnen.

### **Synergien & Vor- / Nachteile**

Solche Bauwerke brauchen meist ein grosses Volumen im Boden. Dieses muss berücksichtigt und früh geplant werden. Die Erstellung von solchen Systemen ist zudem sehr kostenintensiv. Dabei muss beachtet werden, dass diese nur umgesetzt werden sollten, wenn alle anderen Möglichkeiten ausgeschöpft wurden oder deren Umsetzung nicht durchführbar ist. Wenn möglich sollten Synergien mit bestehenden Bauwerken genutzt werden, wie alte unterirdische Bauwerke wieder als Wasserspeicher umzufunktionieren. Der Einbau von grossen Wasserrückhaltebecken sollte als Notfallmassnahme erachtet werden. Die Umsetzung deren ist nur sinnvoll, wenn die umliegende Infrastruktur in Extremsituationen geschützt werden muss.

Kleinere Wasserspeicher wie Zisternen oder Rigolen können in Zukunft jedoch durchaus eine Anwendung finden. Gerade im Siedlungsgebiet können sie mit anderen Massnahmen kombiniert werden und so die Effizienz des klimaangepassten Systems gesteigert werden. (BAFU/ARE 2022) In der Stadt Bern ist dies wegen den natürlichen Umständen durchaus denkbar, ob als Regenwasserspeicher, Notfallrückhaltebecken oder mit anderen Massnahmen kombiniert. Es wird zurzeit auch in mehreren Projekten auf dem Siedlungsgebiet als Möglichkeit erachtet, solche Wasserspeicher zu ergänzen oder einzubauen. (Projekt Viererfeld, Holliger Bern, Wifag-Areal) (Stadt Bern Projekte 2024)

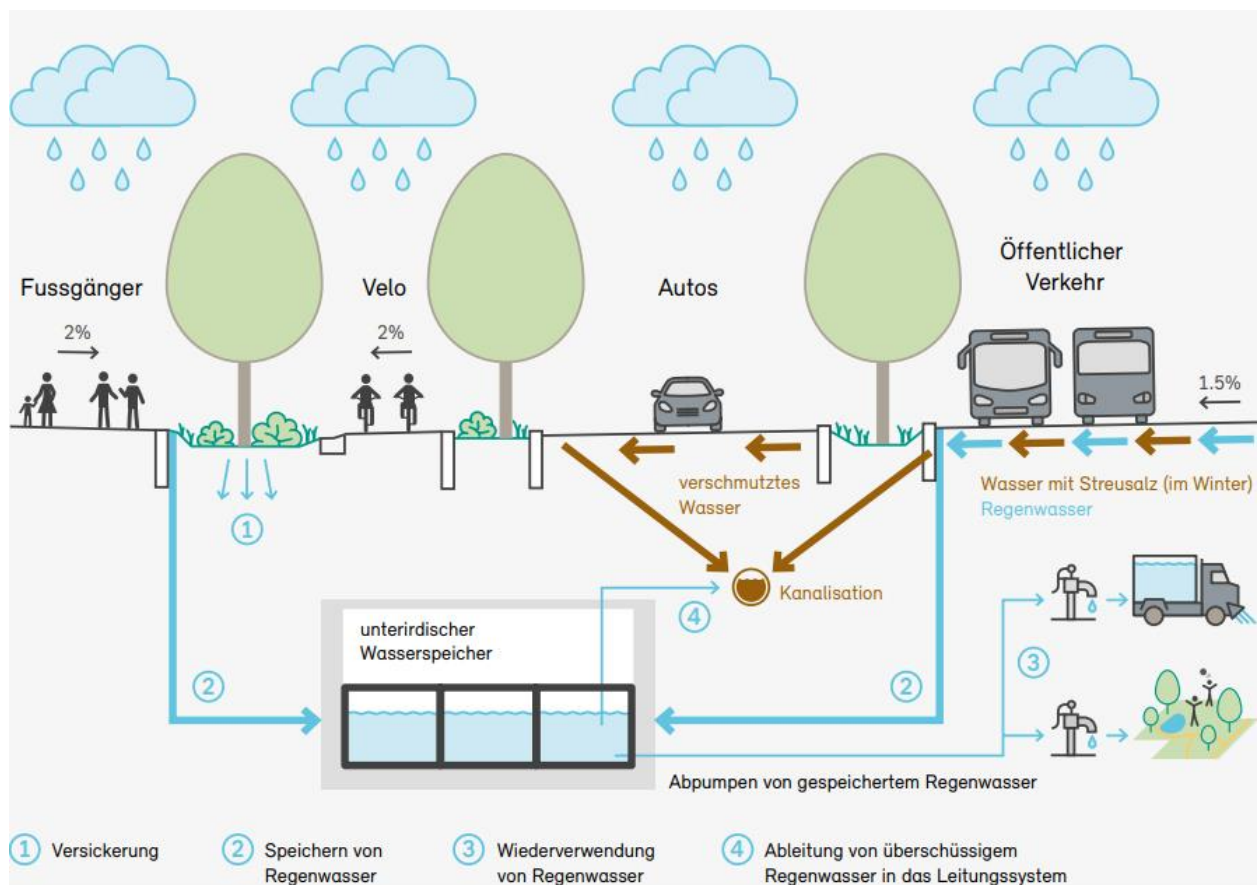


Abbildung 37: Darstellung eines Wasserrückhaltebeckens im urbanen Umfeld.

## 6.9 Oberflächen im Siedlungsraum

### Selektionsbegründung

Durch den voranschreitenden Klimawandel nimmt die Erwärmung in Siedlungsgebieten, wie im Kapitel 4.0 - Situationsanalyse erklärt, überdurchschnittlich zu. Durch die Verdichtung, die Versiegelung und die oberflächennahen Strukturen kann viel Energie und dadurch Wärme aufgenommen und gespeichert werden. Dieser Effekt wird auch durch die Oberflächenstrukturen begünstigt. Die Siedlungsgebiete bestehen hauptsächlich aus versiegelten Oberflächen, wie Strassen, Plätze und Gebäuden.

Nebenbei wird das Erscheinungsbild durch dunkle Materialien geprägt. Diese besitzen kein hohes Reflexionsvermögen (Albedo) und speichern die daraus entstehende Wärme eher. Eine tiefe Wärmekapazität und hohe Wärmeleitfähigkeit sind zusätzlich für die Wärmespeicherung verantwortlich. Es ist nicht in jeder Anwendung möglich, auf versiegelte Flächen zu verzichten. Die Auswahl der Materialien für solche Flächen ist aber ein entscheidender Faktor für die Milderung des Hitzeinsel-Effekts im Siedlungsraum. Auch in der Stadt Bern ist dieses Problem vorhanden. Dank der vorwiegend aus Sandstein erbauten Innenstadt, liegt das Problem objektiv betrachtet, mehrheitlich an den versiegelten Flächen und Strassen. Dabei ist eine Entseiegelung und Begrünung vorzuziehen aber die Veränderung von Strassenbelägen und Gebäudefassaden, kann ebenso die Wärmespeicherung abschwächen. Trotz des weniger entscheidenden Einflusses sollte dieses Themengebiet erfasst werden. Mit Einbezug von anderen Massnahmen, kann daraus mit den geeigneten Materialien ein effektiveres System entstehen und eine zukünftige Zunahme des Hitzeinsel-Effekts abschwächen.

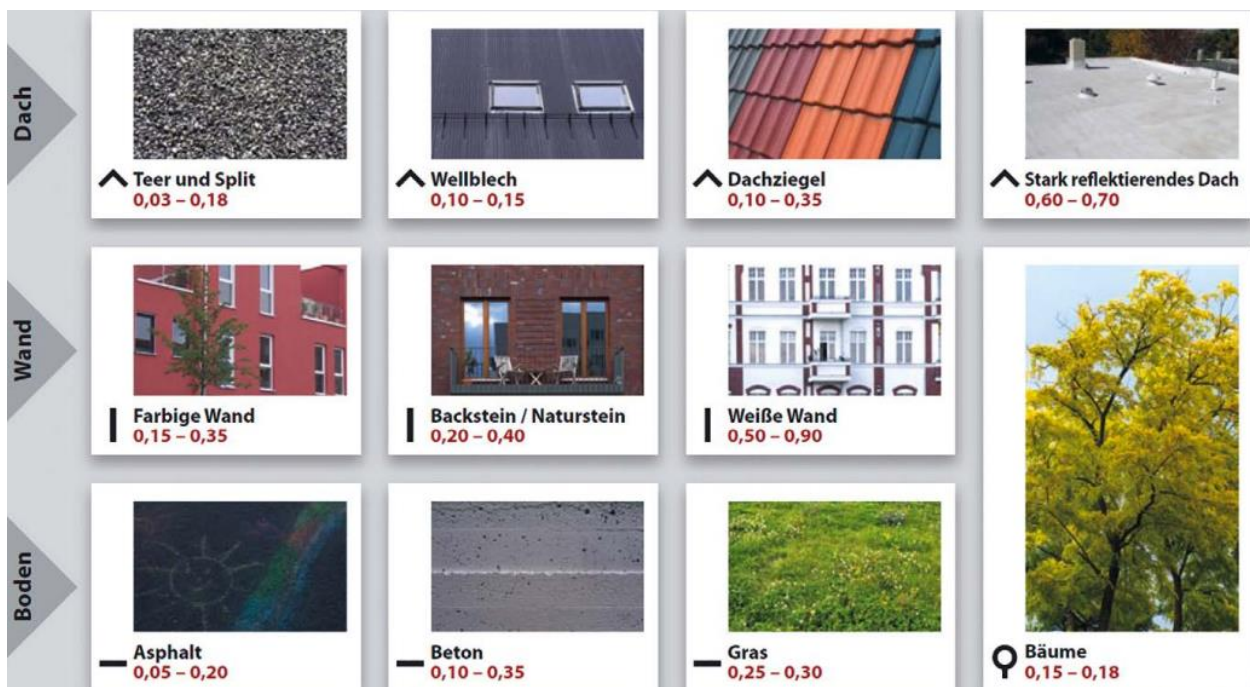


Abbildung 38: Übersicht von verschiedenen Materialien im Siedlungsgebiet, verglichen mit ihren Albedowerten.

## Beschreibung

In der Stadt Bern ist ein Teil der inneren Altstadt durch die Denkmalpflege geschützt. Aber in neuerbauten Quartieren und bei Verdichtungsbauten können die verwendeten Materialien eine Milderung des zukünftigen Hitzestresses bewirken. Allgemein sind natürliche und helle Materialien weniger geeignet, um Wärme zu speichern. Sie besitzen eine höhere Reflexion und können die Lichtstrahlen besser ableiten.

Eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung sollte daher die Berücksichtigung solcher Baumaterialien beinhalten, um die zukünftige Oberflächengestaltung umsichtig zu gestalten. Dunkle Oberflächen wie Asphalt und Metall besitzen einen tiefen Albedowert und speichern die Wärme gut. Wie in Abbildung 38 dargestellt, besitzen auch natürliche Materialien teilweise einen tiefen Albedowert. Diese tragen aber durch die Verdunstung oder Begrünung zu einem stärkeren Abkühlungseffekt der Umgebung bei. (BAFU/ARE 2022) Das Problem mit den Strassenbelägen wurde zudem vom Bund erkannt und dieser hat dazu im Jahre 2021 ein Pilotprojekt veranlasst. Durch alternative Strassenbeläge oder Veränderungen am Deckbelag wurden verschiedene Verbesserungen und Erkenntnisse festgestellt. Die Schlussfolgerungen sind, dass mit geringen Zusatzkosten etwas bewirkt werden kann. Beispielsweise kann ein helleres Gestein im oder auf dem Deckbelag die Albedowerte erheblich verbessern. Auch verschiedene Farbanstriche und -beläge wurden untersucht, wobei die Festigkeit und die ökologischen Auswirkungen nicht mit den Mehrkosten in einem Verhältnis waren. Auch die erhöhte Porosität des Gesteins war ausschlaggebend. Gerade die Wärmespeicherung in der Nacht reduzierte sich und dies kann sich positiv auf das Siedungsklima auswirken. Zudem kann mehr Feuchtigkeit zur Verdunstung gespeichert und die Lärmbelastung vermindert werden. Die höchste Effektivität insgesamt hatte laut der Studie das Ersetzen des Deckbelags mit geschliffenem, hellem Gestein. Dieses weist auch eine höhere Porosität auf. (Grolimund + Partner AG 2021)

Technologieart	Farbanstrich	Abstreuerung	Farbbelag	Kornersatz
<b>Empfohlen wenn</b>	Strasseninfrastruktur intakt, dichter Belag (z. B. AC), Oberfläche nicht übermässig aufgeraut	Deckschichternewerung erforderlich, auf Strassen ohne Lärmproblem	Neugestaltung von Platz/Fussgängerzonen, als gestalterisches Element	Deckschichternewerung erforderlich, auf lärmarmen Strassen
<b>Kosten</b>	Mehrkosten: 60-90 CHF/m <sup>2</sup>	Mehrkosten: 2-8 CHF/m <sup>2</sup>	Mehrkosten: 40-70 CHF/m <sup>2</sup>	Mehrkosten: 10-50 CHF/m <sup>2</sup>
<b>Bauweise</b>	AC 8 + Farbanstrich	SMA 8 + Abstreuerung helles Gestein	AC 8 (Farbbitumen, farbiges Gestein)	SDA 4-16 Ersatz der Kornfraktion mit hellem Gestein
<b>Ausführung</b>	Hellgrau	Mit oder ohne Vorumhüllung (650-900gr)	Hellgrau	50-100% helles Gestein, geschliffen oder wassergestrahlt
<b>Kühlende Wirkung (an Oberfläche)</b>	-6 °C (ø24h: -1.5 °C)	-9.5 °C (ø24h: -5.5 °C)	-5.5 °C (ø24h: -2 °C)	-12 °C (ø24h: -7 °C)
<b>Lärminderung (nach Einbau)</b>	-7 dB	-4.5 bis -2.5 dB	-3 dB	-8 bis -6.5 dB

Abbildung 39: Vergleichstabelle der ausgewählten Testbeläge der Pilotstudie von 2021.

## Synergien & Vor- / Nachteile

Oberflächen sind gerade in künstlich erschaffenen Siedlungsgebieten ausschlaggebend für die Wärmespeicherung. Durch den hohen Versiegelungsanteil und mehrheitlich dunklen Materialien, wird der Hitzeinsel-Effekt zusätzlich verstärkt. Die Erschaffung von Begrünungen oder Wasserflächen ist dabei immer vorzuziehen. Wenn diese Massnahmen aber nicht umgesetzt werden können, kann auch die Berücksichtigung von natürlichen und hellen Oberflächenmaterialien an Baukörpern oder Infrastrukturflächen, die Erwärmung eindämmen. Ebenfalls können Synergien mit der dezentralen Wasserspeicherung, durch natürlichere Fassaden oder Bodenmaterialien erreicht werden. Diese wirken sich, durch die anschliessende Verdunstung, wieder positiv auf die Umgebungstemperatur aus. Diese können auch für Mikroorganismen, Moose oder Flechten eine geeignete Oberfläche sein, was sich positiv auf die Biodiversität auswirkt. Herausforderung für die Anpassung der Oberflächen sind in den Innenstädten die gesetzlichen Grundlagen, wie der Denkmalschutz. Auch negativ könnte die Haltbarkeit und die damit verbundenen Unterhalts- und Anschaffungskosten sein. Kombiniert mit anderen Massnahmen, hat die Veränderung der Oberflächenstruktur aber einen positiven Einfluss auf die Umgebungstemperatur. (BAFU 2018)

## 7.0 Verzeichnisse

### 7.1 Literaturverzeichnis

- NCCS 2020: Was ist das Klima? Was ist das Klima? (admin.ch); (Zugriff am 23.09.2024)
- BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz. Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 7
- MeteoSchweiz 2024: Wetterarchiv der Schweiz - MeteoSchweiz (admin.ch) (Zugriff 23.9.2024)
- BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz. Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 30
- BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz. Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 29
- Klima CH2025 2024: Klima CH2025 - MeteoSchweiz (admin.ch) (Zugriff 23.9.2024)
- Klima der Schweiz 2024: Klima der Schweiz - MeteoSchweiz (admin.ch) (Zugriff 23.9.2024)
- BAFU 2020: Ökosystemdienstleistungen, Ökosystemleistungen (admin.ch) (Zugriff 23.9.2024)

- BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 29
- BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 7
- BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 37
- BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 40
- Wikipedia 2024: Bern – Wikipedia (Zugriff 21.10.2024)
- Stadtgrün Bern 2024: Flyer Baumausstellung 2024  
Hrsg.: Stadtgrün Bern, S. 2
- BFS 2024: Bundesamt für Statistik, Versiegelungsgrad (Zugriff 30.9.2024)
- S. Tschäppeler, A. Haslinger 2021: Praxishandbuch Biodiversität - Natur braucht Stadt 2021, Hrsg.: Stadtgrün Bern, S. 94
- S. Tschäppeler, A. Haslinger 2021: Praxishandbuch Biodiversität - Natur braucht Stadt 2021, Hrsg.: Stadtgrün Bern, S. 106
- N. Wellinger und M. Burger 2023: Stadtklima Bern im Sommer 2023  
Hrsg.: Projekt Urban Climate Bern, Gruppe für Klimatologie, Geographisches Institut und Oeschger Zentrum für Klimaforschung der Universität Bern, S. 2
- BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), MeteoSchweiz und dem National Centre for Climate Services (NCCS) Bern, 2020, S. 33
- N. Wellinger und M. Burger 2023: Stadtklima Bern im Sommer 2023  
Hrsg.: Projekt Urban Climate Bern, Gruppe für Klimatologie, Geographisches Institut und Oeschger Zentrum für Klimaforschung der Universität Bern, S. 4
- N. Wellinger und M. Burger 2023: Stadtklima Bern im Sommer 2023  
Hrsg.: Projekt Urban Climate Bern, Gruppe für Klimatologie, Geographisches Institut und Oeschger Zentrum für Klimaforschung der Universität Bern, S. 5
- BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 36
- BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 37
- Eawag 2024: Abschlussbericht Wasserwiederverwendung in der Schweiz  
Hrsg.: Eawag, das Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs, S. 11
- WVRB 2023: Messwerte des Wasserverbands Region Bern AG  
Hrsg.: SVGW; trinkwasser.ch-Messdaten
- Wasserstrategie 2017: Grundlagenbericht zur Wasserstrategie des Kantons Bern  
Hrsg.: AWA; Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern, S. 8
- BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.

- Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 42
- BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 42
  - BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 44
  - BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 44
  - BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 50
  - BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 48
  - BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 61
  - BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 54
  - BAFU/ARE 2022: Regenwasser im Siedlungsraum.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt; Bundesamt für Raumentwicklung, S. 11
  - EFBS 2015: Invasive gebietsfremde Pflanzen.  
Hrsg.: Eidgenössische Fachkommission für biologische Sicherheit EFBS, S. 10
  - BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 60
  - BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 59
  - MeteoSchweiz 2024: Hitze in Städten - MeteoSchweiz (admin.ch)  
(Zugriff 30.9.2024)
  - BAFU 2018: Hitze in Städten  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 11
  - GEO-NET 2023: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern 2023  
Hrsg.: GEO-NET Umweltconsulting GmbH, S. 14
  - GEO-NET 2023: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern 2023  
Hrsg.: GEO-NET Umweltconsulting GmbH, S. 10
  - GEO-NET 2023: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern 2023  
Hrsg.: GEO-NET Umweltconsulting GmbH, S. 12
  - BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 42
  - GEO-NET 2023: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern 2023  
Hrsg.: GEO-NET Umweltconsulting GmbH, S. 21
  - GEO-NET 2023: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern 2023  
Hrsg.: GEO-NET Umweltconsulting GmbH, S. 23

- GEO-NET 2023: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern 2023  
Hrsg.: GEO-NET Umweltconsulting GmbH, S. 25
- GEO-NET 2023: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern 2023  
Hrsg.: GEO-NET Umweltconsulting GmbH, S. 36; S. 37
- BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 69
- BAFU 2020: BAFU 2020: Klimawandel in der Schweiz.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 37
- BAFU/ARE 2022: Regenwasser im Siedlungsraum.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt, Bundesamt für Raumentwicklung, S. 15
- Stadt Bern 2024: Schwammstadt — Stadt Bern  
(Zugriff 5.10.2024)
- Stadt Bern 2024: Gewässer — Stadt Bern  
(Zugriff 5.10.2024)
- Stadt Bern 2024: Holligenpark — Stadt Bern  
(Zugriff 10.10.2024)
- BAFU 2018: Hitze in Städten  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 42
- BAFU 2018: Hitze in Städten  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 54
- BAFU 2018: Hitze in Städten  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 50
- SBB 2024: Biodiversität | SBB  
(Zugriff 5.10.2024)
- BAFU 2018: Hitze in Städten  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 53
- BAFU 2018: Hitze in Städten  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 48
- Stadt Bern 2024: Unsere Stadtbäume — Bäume in der Stadt (bern.ch)  
(Zugriff 30.9.2024)
- TVS Bern 2024: Wurzelraum für Bäume im Strassenraum  
Hrsg.: Direktion für Tiefbau, Verkehr und Stadtgrün (TVS) S. 3 – S. 5
- BAFU 2018: Hitze in Städten  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 48
- BAFU 2018: Hitze in Städten  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 64 – S. 69
- Stadt Bern-Projekte 2024: Aktuelle Wohnbauprojekte — Stadt Bern  
(Zugriff 5.10.2024)

- BAFU 2018: Hitze in Städten  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 64 – S. 69
- BAFU 2018: Hitze in Städten  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 60 – S. 61
- BAFU/ARE 2022: Regenwasser im Siedlungsraum.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt; Bundesamt für Raumentwicklung,  
S. 63-S. 68; S.83
- Gewässernetz Bern 2024: Kartenanwendung Geoportal des Kantons Bern  
(Zugriff 5.10.2024)
- Stadt Bern 2021: Der Stadtbach wird während rund fünf Monaten abgestellt —  
Mediencenter (bern.ch) (Zugriff 5.10.2024)
- BAFU/ARE 2022: Regenwasser im Siedlungsraum.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt; Bundesamt für Raumentwicklung,  
S. 63-S. 70; S.83
- Stadtplanungsamt Bern 2020: Masterplan Viererfeld/Mittelfeld  
Hrsg.: Stadtplanungsamt Bern, S. 86 – S. 93
- BAFU/ARE 2022: Regenwasser im Siedlungsraum.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt; Bundesamt für Raumentwicklung, S. 73
- Bern 2022: Sanierung Monbijoupark — Rahmenstrategie nachhaltige  
Entwicklung (bern.ch)  
(Zugriff: 5.10.2024)
- BAFU/ARE 2022: Regenwasser im Siedlungsraum.  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt; Bundesamt für Raumentwicklung, S. 75-76; S. 81
- Stadt Bern-Projekte 2024: Aktuelle Wohnbauprojekte — Stadt Bern  
(Zugriff 5.10.2024)
- BAFU 2018: Hitze in Städten  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 72 – S. 73
- Grolimund + Partner AG 2021: Pilotprogramm Anpassungen an den  
Klimawandel  
Hrsg.: Grolimund + Partner AG (G+P Ingenieure), S. 6; S. 8; S. 19
- BAFU 2018: Hitze in Städten  
Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 72 – S. 73

## 7.2 **Abbildungsverzeichnis**

- Abb. 1: BAFU: Hitze in Städten (2018)
- Abb. 2: BAFU: Klimawandel in der Schweiz (2020)
- Abb. 3: BAFU: Klimawandel in der Schweiz (2020)
- Abb. 4: Bern Welcome (2024)

- Abb. 5: GEO-NET: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern (2023)
- Abb. 6: Stadtklima Bern im Sommer 2023
- Abb. 7: Eawag, Wasserwiederverwendung in der Schweiz (2024)
- Abb. 8: BAFU: Klimawandel in der Schweiz (2020)
- Abb. 9: BAFU: Klimawandel in der Schweiz (2020)
- Abb. 10: bazonline.ch (2023)
- Abb. 11: BAFU: Klimawandel in der Schweiz (2020)
- Abb. 12: BAFU: Hitze in Städten (2018)
- Abb. 13: GEO-NET: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern (2023)
- Abb. 14: GEO-NET: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern (2023)
- Abb. 15: GEO-NET: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern (2023)
- Abb. 16: GEO-NET: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern (2023)
- Abb. 17: GEO-NET: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern (2023)
- Abb. 18: GEO-NET: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern (2023)
- Abb. 19: GEO-NET: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern (2023)
- Abb. 20: GEO-NET: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern (2023)
- Abb. 21: GEO-NET: Schlussbericht Klimaanalyse Stadt Bern (2023)
- Abb. 22: BAFU/ARE: Regenwasser im Siedlungsraum (2022)
- Abb. 23: BAFU/ARE: Regenwasser im Siedlungsraum (2022)
- Abb. 24: Holligenpark — Stadt Bern (2024)
- Abb. 25: BAFU: Hitze in Städten (2018)
- Abb. 26: BAFU: Hitze in Städten (2018)
- Abb. 27: ZHAW (Zürcher Fachhochschule für angewandte Wissenschaften) (2022)
- Abb. 28: Verdunstung und Versickerung in Stadträumen. ERZ, Hollinger AG (2023)
- Abb. 29: BAFU: Hitze in Städten (2018)
- Abb. 30: BAFU: Hitze in Städten (2018)
- Abb. 31: Bern- Klimaanpassung: Umgesetzte Projekte — Stadt Bern (2024)
- Abb. 32: Kanton Zürich, Oberflächen-Entsiegelung | Kanton Zürich (zh.ch) (2024)
- Abb. 33: BAFU/ARE: Regenwasser im Siedlungsraum (2022)
- Abb. 34: BAFU/ARE: Regenwasser im Siedlungsraum (2022)
- Abb. 35: BAFU/ARE: Regenwasser im Siedlungsraum (2022)
- Abb. 36: BAFU/ARE: Regenwasser im Siedlungsraum (2022)
- Abb. 37: BAFU/ARE: Regenwasser im Siedlungsraum (2022)
- Abb. 38: BAFU: Hitze in Städten (2018)
- Abb. 39: Grolimund + Partner AG, Anpassungen an den Klimawandel (2021)

## 8.0 Reflexion

### 8.1 Schlussfolgerung

Die Klimaerwärmung ist heutzutage allgegenwärtig. Sie ist in den Medien, sowie in unserem Alltag bereits stark ausgeprägt spürbar. Deshalb war die Situationsanalyse zum heutigen Klima und dessen Auswirkungen auf die Umwelt, ein zentraler Aspekt. In dieser wurde erkenntlich, welche Veränderungen bereits heute spürbar sind und welche Auswirkungen damit verknüpft sind. Mit dem Schwerpunkt der Stadt Bern konnten die Folgen auf ein Landschaftstyp auch lokal eingegrenzt werden. Mit Einbezug von den klimatischen Umständen der Schweiz, wurde eine exakte und präzise Situationsanalyse erstellt. Diese definiert die Ausgangslage für die zukünftigen Veränderungen. Die Analyse der Zukunftsszenarien für die Schweiz und die Stadt Bern zeigte die Folgen der Klimaerwärmung differenziert auf. Diese werden in allen Landschaften in Zukunft merklich spürbar sein. Gerade im urbanen Raum sind die Konsequenzen bereits heute deutlich spürbar. Die Zukunftsaussicht zeigt, mithilfe der Klimaszenarien, dass die Auswirkungen im urbanen Gebiet vorwiegend auf einen erhöhten Hitzeinsel-Effekt und den lokalen Wassermangel zurückzuführen sind. Weil die Hitzeperioden häufiger und intensiver werden, müssen für die Folgen davon einige Anpassungen in unserem Umfeld erfolgen. Um diese umzusetzen, wurde in dieser Arbeit einen Massnahmenplan mit einigen Lösungsansätzen definiert. Diese orientieren sich an der Machbarkeit und der Kombinierbarkeit, mit dem Ziel die Folgen der Klimaerwärmung im Siedlungsgebiet der Stadt Bern abzuschwächen. Darin ist ersichtlich, dass die Entsiegelung von Flächen einen hohen Anteil zur Abkühlung der Umgebungstemperatur hat. Auch das Beschatten und Begrünen von Baukörpern sowie der Infrastruktur tragen massgeblich dazu bei. Durch vitalisierende Massnahmen kann die Sonneneinstrahlung und die Wärmeaufnahme reduziert werden. Mithilfe der Transpiration von Pflanzen und die Verdunstung von Feuchtigkeit wird der Hitzeinsel-Effekt zusätzlich abgeschwächt. Ebenfalls kann einen wichtigen Beitrag zur Förderung der Biodiversität geleistet werden. Diese ist ein wichtiger Faktor für die Ökosysteme und um die Lebensqualität in den Städten zu erhalten. Synergien ergeben sich auch mit der lokalen Wasserspeicherung. Diese wird immer wichtiger, um die Pflanzenbestände und deren Dienstleistungen im urbanen Umfeld zu fördern. Weil die Trockenperioden länger und intensiver werden, muss die dezentrale Wasserbewirtschaftung einen massgeblichen Anteil einer klimaangepassten Entwicklungsstrategie sein. Aber nur in Kombination mit anderen Massnahmen kann eine solche Strategie effizient und nachhaltig für die Zukunft gestaltet werden. Deshalb erfordert es eine vorausschauende Planung und einen Einbezug sämtlicher Interessensgruppen. Nur auf diese Weise kann die Lebensqualität und die natürliche Vielfalt in unseren Städten erhalten werden.

## 8.2 Lesson learnt

Diese Diplomarbeit ist ein Schlussergebnis des Studienganges Energie- und Umwelttechniker an der höheren Fachschule Teko in Bern. Sie beinhaltet zahlreiche Aspekte und Themenfelder, welche während des Studiums erlernt wurden. In diversen vorgängigen Arbeiten wurde ersichtlich, dass eine genaue Ablaufplanung und eine gut überlegte Zielsetzung, die Grundlage für den Erfolg bildeten. Deshalb wurde mir bei dem Start der Arbeit klar, dass mit dieser Themenwahl eine praktische Umsetzung zu viel Zeit beanspruchen würde. Einen Teilbeitrag durch einen Versuchsaufbau mit Auswertung von Messdaten wurde, in Absprache mit dem Fachdozenten ebenfalls, als nicht aussagekräftig eingestuft. Anschliessend war es deutlich, dass es eine theoretische Arbeit, mit dem Ziel der Wissensvermittlung, werden würde. Deshalb wurde bei der Planung rasch ersichtlich, dass ich das Gebiet örtlich eingrenzen musste. Als Bewohner der Stadt Bern merkte ich schon länger einige Auswirkungen der Klimaerwärmung im urbanen Gebiet. Um diese zu überprüfen und die möglichen zukünftigen Massnahmen dagegen zu erforschen, wählte ich die Bundeshauptstadt als Schwerpunkt dieser Arbeit aus.

Die Recherche war schwer zu planen, weil mir nicht bewusst war, welcher Umfang die erforderlichen Daten hatten. Schlussendlich wurde die Recherche ein fortlaufender Prozess, wobei ich immer wieder interessante Daten sammeln konnte. Weil meine Planung und die Struktur aber nur gewisse Themen umfassten, musste ich ständig ihre Relevanz beurteilen. Das Erarbeiten der Situationsanalyse ist mir gut gelungen, weil die wichtigsten Faktoren zusammengefasst und begründet dargestellt wurden. Aufgrund der Daten der Bundesämter für Umwelt und Meteorologie hatte ich, sowohl für die Situationsanalyse wie auch für die Zukunftsanalyse eine fundierte Datenlage. Die Stadt Bern verhält sich auch proaktiv im Themengebiet Klimaanpassungen, deshalb existieren einige Messberichte, Zukunftsanalysen und Klimaberichten für die Zukunft. Mit diesen konnte ich vieles lernen, neue Zusammenhänge erkennen und bereits mögliche Lösungsansätze definieren.

Der Massnahmenplan war jedoch das spannendste Themenfeld zum Erarbeiten. Mit den verschiedenen Ansätzen und Kombinationsmöglichkeiten, wurde erst die grosse Wirkung gegen die Auswirkungen des Klimawandels erkenntlich. Der Massnahmenplan war aber auch der schwierigste Teil der Arbeit. Das habe ich auf diese Weise erwartet und deshalb wurde in der Ablaufplanung sehr viel Zeit dafür eingerechnet. Die erarbeitete Auflistung ist jedoch gelungen und kann für die wichtigsten Klimaveränderungen, verschieden kombiniert, eingesetzt werden.

Es war eine äusserst lehrreiche und spannende Arbeit, mit welcher ich einiges mitnehmen kann. Es gab aber auch Herausforderungen, welche ich vorher zu wenig berücksichtigt habe.

Für die Überarbeitung und Korrektur der Arbeit würde ich mir beispielsweise mehr Ressourcen einplanen, weil es gegen Ende relativ knapp wurde. Auch bei der Literaturquellenangabe tauchten während der Arbeit vereinzelt Fragen auf, welche ich lösen musste. Die Zusammenarbeit mit dem Fachdozenten war jedoch aus meiner Sicht vorbildlich. Er hatte ein gutes Gefühl für die Art der Betreuung und war jederzeit erreichbar.

## 9.0 Schlusswort

### 9.1 Danksagung

Ich bedanke mich bei meinem Fachdozenten, für die vorsorgliche Unterstützung meiner Diplomarbeit. Auch bei meinen Arbeitskollegen, sowie Freunden muss ich mich für die hilfreiche Unterstützung bedanken. Sie halfen mir in jeder Situation und hatten auch mal Verständnis.

Einen besonderen Dank gilt meiner Partnerin, welche mich immer und überall unterstützte. Dank ihr konnte ich mich in dieser intensiven Zeit, vollumfänglich auf die Arbeit konzentrieren.

### 9.2 Eigenständigkeitserklärung

Ich bestätige, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst und alle benutzten Quellen gekennzeichnet habe. Diese Arbeit wurde weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits einer Prüfungskommission vorgelegt.

**Name / Vorname:**

Lüthi Philip Cyril

**Ort / Datum / Unterschrift:**

3007 Bern, am 28. Oktober 2024

 Wiederherstellbare Signatur

X 

---

Philip Lüthi

Signiert von: ccb6bdae-ebf4-41b8-949d-d9742e07b5c8