

Technische Lösungen zur Verbesserung des Städteklimas

In der Stadt Zürich



Juventus Maturitätsschule, Berufsmaturität (BM2)

Verfasser

Soraya Hilber

Pirmin Harb

Tobias Hilfiker

Betreuer

Christoph Kündig

Abgabetermin

09. Mai 2025

Abstract

Die Arbeit wurde im Rahmen der interdisziplinäre Projektarbeit (IDPA), für die BMS2 geschrieben. Aus den beiden Fächer Mathematik und Natur und Technik fliessen naturwissenschaftliche Erkenntnisse mit ein. Es wird der Fragenstellung nachgegangen, welche klimatechnologische Lösungsmöglichkeiten das Städteklima in der Stadt Zürich verbessern. Womit die systemische Vorgehensweise begründet wird.

Anhand von den drei Hauptthemen; Schwammstadt, Blau-Grüne-Infrastruktur, werden verschiedene technische Lösungen und Verbesserungsvorschläge in Bezug auf das Städteklima diskutiert und Lösungsansätze präsentiert.

So befasst sich das erste Thema mit der Hitze in Städten. Dabei wird der Wärmeinseleffekt erklärt und seine Auswirkungen auf die Umwelt und die Bevölkerung verdeutlicht. Die Behebung dieses Problems wird durch drei Teilpläne (Hitzeminderung, Entlastungssystem und Kaltluftsystem) aufgegriffen und später durch konkrete Beispiele vertieft behandelt. Die Hitzeminderung wird weiter in Handlungsfelder und Handlungsansätze unterteilt. Die dort inbegriffenen Strategien werden erklärt und sind teilweise übergreifend in die anderen Teilpläne oder sogar in die Lösungsansätze der Schwammstadt integriert.

Durch die Blau-Grüne-Infrastruktur wird erklärt und aufgezeigt, welche Hauptkategorien sich daraus ergeben und erörtert, wie die verschiedenen technischen Ansätze aufgeteilt werden können und welche Auswirkungen diese Aufteilung, in Bezug auf die Städteplanung und den Handlungsspielraum haben. Denn an den verschiedenen Treibern des Städtebaus lässt es sich nicht so einfach drehen.

Anschliessend befasst sich diese Arbeit mit der Schwammstadt, welche in Oberflächenabfluss und Überschwemmungen aufteilen lässt. Der Oberflächenabfluss behandelt das Kanalisationssystem in der Schweiz und gibt vertiefende Einblicke, wie das Mischsystem funktioniert. Die Nachteile bei starkem Niederschlag und die Möglichkeit, dass das Wasser überfliesst und somit die Umwelt verschmutzt, wird ausführlich thematisiert. Die Lösung dieser Probleme kann durch ein Trennsystem mit weiteren Faktoren behoben werden, was anschliessend verdeutlicht wird. Im Thema der Überschwemmung werden die Entstehung, die Gefahren sowie vergangene Ereignisse in Zürich behandelt und die bereits getroffene Massnahme; der Entlastungsstollen der Shil dokumentiert. Weiter werden die Lösungsansätze in temporärer und permanenter Form im Detail behandelt.

Inhaltsverzeichnis

1	Glossar	4
2	Einleitung	5
3	Hitze in Städten	6
3.1	Städtischer Wärmeinseleffekt	6
3.2	Hitze in der Stadt Zürich	6
3.2.1	Nachtsituation & Tropennächte	7
3.3	Teilpläne zur Problembehebung	8
3.3.1	Hitzeminderung	8
3.3.2	Entlastungssysteme	9
3.3.3	Kaltluftsystem	10
4	Blau-Grüne-Infrastruktur	11
4.1	Blaue Infrastruktur	11
4.1.1	Definition	11
4.1.2	Verwendung und Vorteile	11
4.2	Grüne Infrastruktur	11
4.2.1	Definition	11
4.2.2	Anwendung und Verknüpfung	12
4.2.3	Fokusthemen	12
5	Lösungsstrategie Hitzeminderung	12
5.1	Handlungsfelder	12
5.1.1	Kaltluftentstehungsflächen und -leitbahnen	13
5.1.2	Grün- und Freiraumvernetzung	14
5.1.3	Offene und bewegte Wasserflächen	15
5.2	Handlungsansätze	15
5.2.1	Gebäudegestaltung auf Luftaustausch ausrichten	15
5.2.2	Grünflächen klimaökologisch gestalten	17
5.2.3	Aufenthalts- und Bewegungsräume entsiegeln und begrünen	18
5.2.4	Regenwasser zurückhalten und versickern	19
5.2.5	Dächer klimaökologisch begrünen	20
5.2.6	Fassaden klimaökologisch begrünen	21
6	Oberflächenabfluss	23
6.1	Kanalisationssystem in der Schweiz & Zürich	23
6.2	Mischsysteme	23
6.2.1	Funktionsweise von Mischsystemen	23
6.2.2	Starke Niederschläge	23
6.2.3	Regenüberlaufbecken	24
6.2.4	Regenrückhaltebecken	24
6.3	Problem aufgrund des Oberflächenabfluss	24
6.3.1	Versicherungskosten	24
6.3.2	Ableitung Kanalisation in Gewässer	25
7	Lösungsansätze Oberflächenabfluss	26
7.1	Ideales Kanalisationssystem	26
7.1.1	Anwendung des Trennsystems in der Realität	26
7.2	Modifiziertes Mischsystem	26
7.3	Zwischenspeichern von Niederschlag	27
7.3.1	Lokale Zwischenspeicherung	27
7.3.2	Zentrale Zwischenspeicherung	27

7.4	Neue Entwässerungsphilosophie	27
8	Überschwemmungen	29
8.1	Entstehung	29
8.2	Gefahr in Zürich	29
8.3	Rückblick auf die vergangenen Ereignisse in Zürich	30
8.4	Entlastungsstollen der Sihl	31
9	Lösungsansätze	32
9.1	Temporäre Lösungsansätze	32
9.1.1	Abschirmung	32
9.1.2	Abdichtung	32
9.1.3	Nasse Vorsorge	32
9.2	Permanente Lösungsansätze	33
9.2.1	Terraingestaltung	33
9.2.2	Deiche und Mauern	33
9.2.3	Rückhaltebecken	33
9.2.4	Talsperren und staatliche Hochwasserrückhaltebecken:	33
9.2.5	Entlastungsstollen	33
9.2.6	Gezielte Flutung von definierten Flächen	33
9.2.7	Staustufen	34
9.2.8	Renaturierung von Flüssen	34
9.3	Schwammstadt	34
9.3.1	Beispiele Schwammstadt	35
10	Schlusswort	35
10.1	Beantwortung der Leitfrage	35
10.2	Thematischer Rückblick	36
10.3	Arbeitsweise	36
10.4	Zeitplan	36
11	Reflexionen	37
11.1	Reflexion Pirmin	37
11.2	Reflexion Soraya	38
11.3	Reflexion Tobias	39
12	Literaturverzeichnis	40
13	Arbeitsjournal	44
13.1	Arbeitsjournal Soraya	44
13.2	Arbeitsjournal Tobias	45
13.3	Arbeitsjournal Pirmin	46
14	Anhänge	48
14.1	Anhang I	48

1 Glossar

Begriff	Erklärung
Klimaökologische Wirksamkeit	Fähigkeit eines Systems oder Massnahme positive Auswirkungen auf ein Ökosystem oder Klima zu haben.
SLöBA	(SLöBA = Kommunaler Richtplan Siedlung, Landschaft, öffentliche Bauten und Anlagen). Richtplan welcher die Themen des Regionalen Richtplans auf die Gemeindeebene konkretisiert und ergänzt.
Richtplan	Instrument der schweizerischen Raumplanung. Von Gemeinde- bis Bundesebene.
Gebäudetypologie	Ein Satz von Modellgebäuden, welche bestimmte Größen und Baualtersklassen repräsentieren.
Deiche	Maritime Schutzanlage, welche das dahinter liegende Land vor Hochwasser oder Flut schützt.

2 Einleitung

In der folgenden Abhandlung wird aufgezeigt, wie die Themenfindung, die Problemeingrenzung, die Ableitung von Leitfragen und das Festsetzen von ersten Themenschwerpunkte gelang.

Themenfindung

Mit dem gegebenen Oberthema "Technische Lösungen im Umgang mit dem Klimawandel" haben wir uns interessante Themengebiete überlegt. Wir wollten ein Thema finden, welches uns persönlich interessiert und für welches wir uns begeistern können.

Mittels einer Mindmap haben wir uns eine Übersicht erstellt, welche Themen uns zum Klimawandel einfallen. Das Thema "Extremwetterereignisse" interessierte uns besonders und wir konnten dort auch viele Unterthemen finden. Zudem war der Bezug zur Schweiz gegeben, da z.B. die Erderwärmung in der Schweiz nicht so stark spürbar ist wie in anderen Teilen der Welt.

Da wir uns durch den Schulbesuch regelmässig in Zürich aufhalten, sind uns die Veränderungen zwischen Stadt und Land aufgefallen. Daher berücksichtigt diese Arbeit klimatechnologische Lösungsansätze, geht auf das Städteklima ein und bezieht sich ausschliesslich auf die Stadt Zürich. Als Recherche setzten wir Google, Online-Broschüren und Zeitungsartikel ein. Als zusätzliche Ressourcen und Quellen hatten wir Zugriff auf ETH-Dokumente, welche uns freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurde.

Vertiefungsgebiete und Problemeingrenzung

Nach einer vertiefender Recherche, welche Probleme konkret im Städteklima in Zürich vorhanden sind, haben wir uns auf folgende Unterthemen fokussiert:

- Schwammstadt
- Blaue und Grüne Infrastruktur
- Hitze in Städten

Da die Schwammstadt ein sehr grosses Themengebiet bildet, haben wir dieses noch in "Oberflächenabfluss" und "Überschwemmungen" unterteilt. Dies sind beides Probleme, welche in den Bereich der Schwammstadt fallen und mit Massnahmen einer Schwammstadt eingedämmt werden können.

Anhand dieser ersten Informationen haben wir ein Grobkonzept ausgearbeitet, in welchem die Themen und ersten Recherchen abgebildet sind. Dieses Konzept ist die Grundlage für das Erarbeiten der restlichen Arbeit und beinhaltet Vorgabe zur Struktur (Siehe Anhang I).

Folgende Leitfrage hat sich dabei herauskristallisiert:

Mit welchen klimatechnologischen Lösungen kann das Städteklima der Stadt Zürich verbessert werden?
--

3 Hitze in Städten

3.1 Städtischer Wärmeinseleffekt

Der Wärmeinseleffekt beschreibt das Problem, dass dicht bebaute Städte mehrere Grade wärmer sind als um das Umland herum. Dies sowohl am Tag als auch in der Nacht. Nachts kann dieser Unterschied um 5 bis 7 °C divergieren. Dieser Effekt tritt wegen vielen verschiedenen Ursachen ein. Einige Ursachen sind folgende:

- Eingeschränkte Windzirkulation infolge dichter Bebauung
- Fehlende Beschattung und fehlende Grünflächen
- Veränderung des natürlichen Wasserhaushalts
- Direkte Einleitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation
- Absorption von Sonnenstrahlen wegen vielen versiegelten Flächen
- Abwärme von Industrie, Verkehr und Gebäuden

Der Wärmeinseleffekt ist eines der grössten menschengemachten Klimaprobleme in Bezug auf das oberflächennahe Klima.

3.2 Hitze in der Stadt Zürich

In vielen Städten der Schweiz tritt das Hitzeproblem auf. Markante Städte sind Genf, Basel und Zürich. Unter anderem wegen seiner Grösse und der dichten Bebauung ist Zürich sehr anfällig auf dieses Problem so wie auf den Wärmeinseleffekt. In fast allen Studien wird der Vergleich zwischen den Temperaturen am Tag und in der Nacht gemacht. Auf den Bezug zum Wärmeinseleffekt gibt es jeweils eine Messstation im städtischen Gebiet und ländlichen Umland. Hierzu gibt es viele verschiedene Quellen. Für unsere Arbeit haben wir uns in diesem Teilgebiet auf zwei Quellen fixiert.

Der FPH-Bericht von 2020 hat dies grafisch dargestellt:

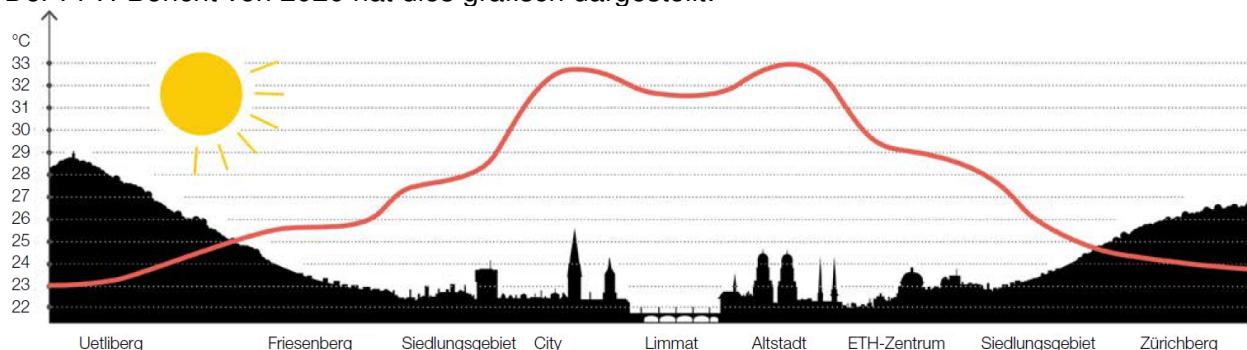


Abb. 1: Wärmeinseleffekt Zürich tagsüber (Quelle: Stadt Zürich 2020)

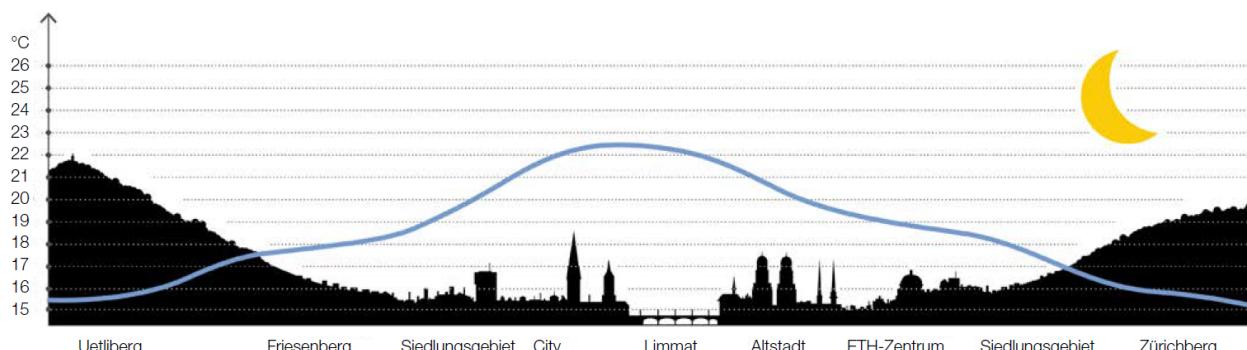


Abb. 2: Wärmeinseleffekt Zürich nachts (Quelle: Stadt Zürich 2020)

MeteoSchweiz hat den Wärmeinseleffekt analysiert und teilweise über einen Zeitraum von Jahren grafisch dargestellt.

In der folgenden Grafik ist der Temperaturvergleich jeweils um Mitternacht erfasst worden. Sie haben den Messstandort in der Stadt durch das BAFU erhalten. Nämlich direkt in der Stadtmitte, bei der Zürcher-Kaserne. Die ländliche Station befindet sich bei Zürich Affoltern und gehört MeteoSchweiz.

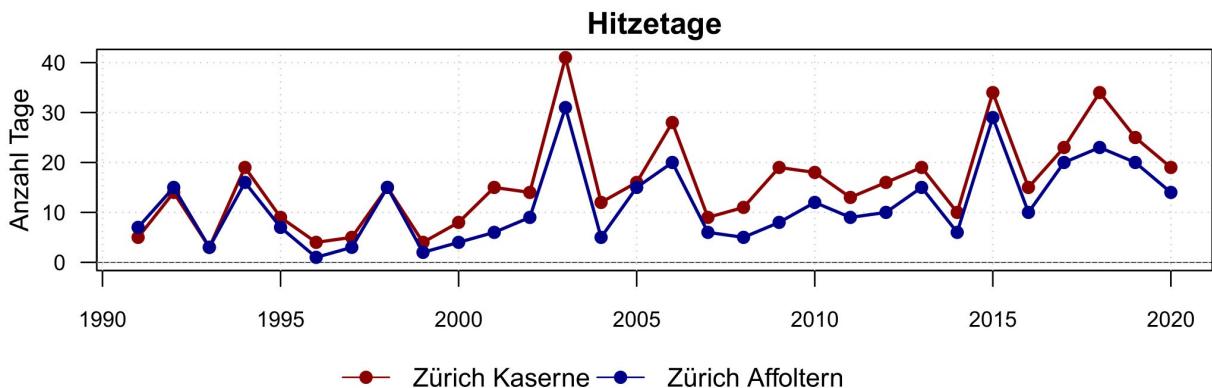


Abb. 3: Verlauf der Hitzetage im Stadt / Land Vergleich (Quelle: MeteoSchweiz 2025)

3.2.1 Nachtsituation & Tropennächte

Tropennächte sind Nächte, in welchen die Minimumtemperatur nicht unter 20 °C fällt.

Die Ursache, dass Tropennächte so viel häufiger in Städten vorkommen, ist die Abgabe von Wärme an die Umgebung. Tagsüber werden versiegelte Flächen, Bauten und stehenden Wasserflächen von direkten Sonnenstrahlen erwärmt. Diese absorbieren die Wärme und geben sie erst in der Nacht wieder an die Umgebung ab. Die Umgebung kann in der Nacht somit nur gering abkühlen.

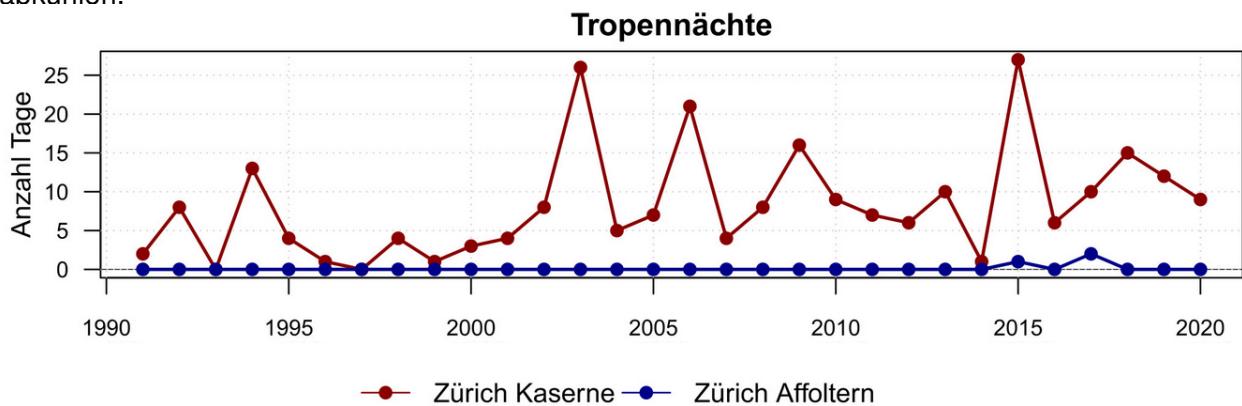


Abb. 4: Verlauf der Tropennächte im Stadt / Land Vergleich (Quelle: MeteoSchweiz 2025)

Diese Wärmebelastung kann auf die Bewohner von Städten grossen Einfluss haben. Folgende Aspekte sind prioritäre Risiken:

- Leistungseinbussen bei der Arbeit
- Beeinträchtigung menschlicher Gesundheit, besonders bei älteren oder geschwächten Personen und Kindern
- Zunahme des Kühlungsbedarfs (somit höherer Energieverbrauch)
- Beeinträchtigung der Qualität von Biodiversität, Boden, Luft und Wasser

3.3 Teilpläne zur Problembehebung

Für die Hitzeminderung gibt es drei Hauptziele. In Stichwörtern können diese drei Ziele durch Vermeiden, Entlasten, Erhalten definiert werden:

1. Überwärmung im gesamten Stadtgebiet **vermeiden**
2. Vulnerable Stadtgebiete gezielt **entlasten**
3. Bestehendes Kaltluftsystem der Stadt Zürich **erhalten**

Diese drei Hauptziele wurden durch zwei Grundlagen zusammengesetzt. Die Stadt- und Freiraumstruktur der Stadt Zürich und die Klimakarten des Kantons Zürich. Die Klimakarten können die Temperaturverhältnisse für Tag und Nacht, Gegenwart und Zukunft aufzeigen. Auch können sie die Kaltluftströmungsverhältnisse grafisch darstellen. Die Stadt Zürich hat für die Umsetzung dieser 3 Hauptziele verschiedene Ansatzgebiete mit jeweils mehreren Möglichkeiten. Sie bezeichnen dies als Ihre Toolbox.

3.3.1 Hitzeminderung

Der Teilplan Hitzeminderung ist der Begriff für die Vermeidung der Überwärmung im gesamten Stadtgebiet.

Dieser Teilplan ist flächendeckend und verknüpft verschiedene Vorgaben und Ansätze. So ist für jeden privaten und öffentlichen Akteur genau erkennbar, wo und welche Massnahmen in der Stadt zur Hitzeminderung nötig sind. Es bestehen bereits gewisse klimaökologische Funktionen in der Stadt Zürich. Um das Klimaszenario der Zukunft und die somit vermehrten Hitzetage und Tropennächte einzudämmen, muss gehandelt werden. Der Teilplan Hitzeminderung ist angesetzt, dass angenehme Aufenthaltsbedingungen geschaffen werden. Dies wird durch Verringerung der Wärmebelastung in allen Stadt- und Freiraumstrukturen ermöglicht.

Die einzelnen Ansätze werden in einem späteren Kapitel genauer beschrieben. Dies in Verknüpfung mit den anderen Teilplänen.

3.3.2 Entlastungssysteme

Die Aufgabe des Entlastungssystems liegt auf dem Entwickeln und / oder Optimieren von Freiraumnetzen. Diese Massnahmen helfen den Einwohnern und arbeitenden Personen der Stadt. Es werden die Regenerationsmöglichkeiten für den Hitzestress verbessert.



Abb. 5: Kartenausschnitt Hotspotgebiete Stadt Zürich (Quelle: S. Zürich 2022)

Diese Plätze müssen vor allem in Hotspotgebieten nahe und gut erreichbar sein (Einzugsgebiet). Somit sind Räume in Wohn- und Arbeitsumfelder wichtig. In der Stadt gibt es bereits viele Grünanlagen, Wege und Plätze, welche diese stadtökologische Anforderungen erfüllen. Jedoch müssen noch einige Räume erschaffen und optimiert werden.

Es gibt Vorgaben, welche berücksichtigt werden müssen. Diese sind im SLöBA und im kommunalen Richtplan Verkehr beschreiben.

Zur Bewertung aller öffentlichen Freiräumen gibt es auch ein System mit folgenden Punkten:

- Klimaökologisch wirksame Ausstattung
- Grad der Zugänglichkeit und zeitliche Verfügbarkeit
- Flächengröße

Es besteht quantitativer und / oder qualitativer Handlungsbedarf innerhalb der definierten Hotspots. Diese Erkenntnis wird aus der Freiraumstrukturanalyse unter Berücksichtigung von Einzugsdistanzen und Freiraumfunktionen, der Stadt Zürich, gezogen.

Der Teilplan besteht auf der Basis einer Bestandsübersicht der besonders betroffenen Gebiete (Hotspots). Faktoren dieser Übersicht sind: hohe Aussetzung der Wärmebelastung wegen ihrer Lage und Stadtstruktur, hohe Bevölkerungsdichte und aufzeigen der sensiblen Nutzung.

Zu diesen Hotspots sind spezifische Handlungsansätze (HA) zugewiesen. Mit folgenden Punkten will aufgezeigt werden, wo diese HA verwendet werden sollten.

- Wo sollte die klimaökologische Wirksamkeit in bestehenden Freiräumen verbessert werden?
- Wo mit klimaökologischer Wirksamkeit Freiraum erweitert oder neu geschaffen werden soll?
- Wo innerstädtische Freiräume untereinander und mit siedlungsnahen Erholungsräume verbunden werden sollen? Dies durch Fussverbindungen mit erhöhter Aufenthaltsqualität (z.B. Beschattung der Fusswege)

Auch bei diesem Teilplan werden die einzelnen Ansätze in einem späteren Kapitel beschreiben. Wieder in Verknüpfung mit den anderen Teilplänen.

3.3.3 Kaltluftsystem

Die Stadt Zürich ist angewiesen auf das Kaltluftsystem für die Minderung der Wärmebelastung. Das Kaltluftsystem besteht aus den Hang- und Talabwinden der umliegenden Erhebungen. Der Teilplan Kaltluftsystem ist für die Erhaltung und Sicherung dieser Winde zuständig. Dies, weil vor allem die Kernbereiche der Stadt auf diese abkühlenden Winde angewiesen sind.

Der Zustrom dieser Luft darf durch Neubauten nicht blockiert werden. Je nach Ausrichtung (Länge, Breite, Höhe und Stellung) kann das Gebäude unterschiedlich grossen Einflüsse haben. Dazu gehören bodennahe Kaltluft, Windgeschwindigkeit, Kaltluftvolumenstrom, Temperatur sowie weitere Faktoren. Neubauten müssen so gestellt werden, dass unter anderem der Luftaustauschprozess, welcher für angenehme Temperaturen in Wohngebieten sorgt, nicht beeinträchtigt wird.

Dieser Teilplan zeigt die bedeutsamen Strukturen auf, welche bei der Planung berücksichtigt werden müssen. Diese Strukturen sind wichtig, da ein dauerhaft funktionierender Luftaustauschprozesse notwendig ist. Hierzu gehören unter anderem:

- Kaltluftentstehungsgebiete (d. h. Grün- und Freiräume, Waldflächen)
- Bodennahes Kaltluftströmungsfeld
- Prozessräume und Übergangsbereiche für die Kaltluftleitbahnen

Für die konkrete Planung der Gebäudestruktur ist es empfohlen Erfahrungswerte der Stadt Zürich und GEO-NET Umweltconsulting GmbH zu prüfen und situationsbedingt anzuwenden.

Auf die einzelnen Punkte wird nicht weiter eingegangen, da diese sehr spezifisch sind.

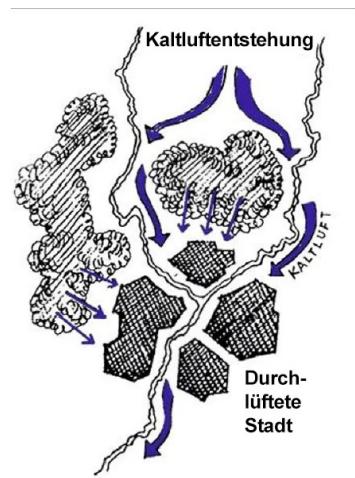


Abb. 6: Kaltluftsystem Zeichnung (Quelle: Thüringen 2025)

4 Blau-Grüne-Infrastruktur

Die Blaue-Grüne Infrastruktur hängt sehr miteinander zusammen und sie werden zu 99% immer zusammen verwendet. Deshalb wird auch meistens von der Blau-Grünen-Infrastruktur gesprochen. Dies, weil die eindeutige Trennung dieser beiden Systeme nicht möglich ist. Die grüne Infrastruktur kann fliessend in die Blaue-Infrastruktur übergehen und umgekehrt auch.

Da die Themen miteinander verschmelzen, kann es vorkommen, dass bestimmte Themen kurz angeschnitten und in einem späteren Kapitel ausführlicher beschrieben werden.

Auf Bundesebene ist es essenziell, sowohl die Grüne als auch Blaue-Infrastruktur in der Schweiz weiter auszubauen. Im Vergleich zu anderen Ländern in Europa und der Welt, muss die Schweiz sich in diesem Gebiet verbessern. Dieses Vorhaben und die landesweite Koordination laufen unter der Aufsicht des Bundesamt für Umwelt (BAFU).

4.1 Blaue Infrastruktur

4.1.1 Definition

Mit blauer Infrastruktur sind verschiedene Elemente im Zusammenhang mit Wasser gemeint. Sie können an verschiedenen Orten im urbanen, ländlichen oder natürlichen Raum vorkommen

4.1.2 Verwendung und Vorteile

Die Blaue-Infrastruktur bietet verschiedene Vorteile für Mensch und Umwelt. Mit ihr kann auf Probleme im Zusammenhang mit der Klimaveränderung eingegangen werden, so kann sie bei Problemen mit Hochwasser und Hitze Abhilfe schaffen.

Ein grosser Vorteil ist, dass Wasser beim Verdunsten der umgebenden Luft Wärmeenergie abnimmt und sie somit abkühlt. Bewegtes Wasser, wie ein Brunnen verstärken diesen positiven Effekt. So kann also schon bei einem Brunnen von Blauer-Infrastruktur gesprochen werden.

Ein weiterer Aspekt ist, dass Blaue-Infrastruktur im Sommer für Menschen Abkühlung und Spass verschaffen kann. Auch Tiere und Pflanzen profitieren davon, wenn viele offene Gewässer vorhanden sind.

So kann auch die Offenlegung eines Baches, welcher zuvor unterirdisch geführt wurde, das Landschaftsbild verändern und für das Stadtklima vorteilhaft sein.

4.2 Grüne Infrastruktur

4.2.1 Definition

Grüne Infrastruktur wird häufig als ökologische Infrastruktur bezeichnet.

Die ökologische Infrastruktur beschreibt Flächen, oder sogar ein landesweites System von natürlichen oder naturnahen Flächen in unterschiedlichen Gebieten. Diese Flächen können in Siedlungsgebieten, in der Landwirtschaft, im Wald, in und an Gewässern und im alpinen Raum vorkommen.

Es hilft unter anderem bei der Biodiversität, dem Klimawandel, bei der Förderung der Landschaftsqualität und beim Verbessern der Lebensqualität mit. Sie hat somit Aspekte in der Ökonomie, Ökologie und in der Soziokultur. Es hat ebenfalls Einfluss auf die ästhetische Entwicklung unserer Städte und Dörfer.

4.2.2 Anwendung und Verknüpfung

Es gibt viele verschiedene Systemleistungen, wie die ökologische Infrastruktur angewendet werden kann. Einige davon sind:

- Hochwasser- und Erosionsschutz
- Bodenfruchtbarkeit
- Schutz vor Naturgefahren
- CO2-Speicherung
- Naturnahe Erholung
- Kühlung der Städte
- Begrünung von Dächern und Fassaden

4.2.3 Fokusthemen

Für diese Arbeit wird sich auf 2 Aspekte der Grünen Infrastruktur fokussiert. Sie werden genau erklärt und die Anwendung in anderen Ländern und Städten wird aufgezeigt.

Die Themen Kühlung der Städte und Begrünung von Dächern und Fassaden werden in den Fokus genommen.

5 Lösungsstrategie Hitzeminderung

Gemäss der Stadt Zürich für das Programm Klimaanpassung, werden die möglichen Lösungen in Handlungsfelder und Handlungsansätze unterteilt. Die beiden Handlungsgebiete sind folgendermassen definiert.

- Handlungsfelder (HF)
Übergeordnete Planungsgrundlagen, die in der gesamten Stadt zählen. Die Handlungsfelder sollen eine Orientierung sein, für grundsätzliche Überlegungen bei der Bauplanung. Es soll helfen, die richtigen Überlegungen zu treffen für die zukünftige Entwicklung der Stadt.
- Handlungsansätze (HA)
Angepasste und / oder spezifische Lösungen für ein Quartier, eine Nachbarschaft oder sogar ein einzelnes Gebäude. In den einzelnen Stadträumen und in der ganzen Stadt Zürich bestehen verschiedene und vielfältige Interessen. Es muss darauf geachtet werden, dass die einzelnen HA miteinander wirken können und keine Hinderungen entstehen.

Insgesamt hat die Stadt Zürich in Bezug auf die Hitzeminderung 8 HF und 13 HA definiert. Diese HF sind über einzelne oder mehrere HA miteinander verknüpft. Für gewisse HF gibt es bis zu 8 HA, welche bei den Planungsgrundlagen spezifisch mithelfen können.

5.1 Handlungsfelder

Für diese Arbeit und ihre einzelnen Themen wurden 4 Handlungsfelder ausgewählt, auf welche spezifisch eingegangen wird;

- Kaltluftentstehungsflächen und -leitbahnen
- Grün- und Freiraumvernetzung
- Offene und bewegte Wasserflächen
- Strassen- und Platzräume

Konkrete Beispiele werden in Verbindung mit den einzelnen Teithemen dieser Arbeit verfasst. Sowie später bei den einzelnen Handlungsansätzen.

5.1.1 Kaltluftentstehungsflächen und -leitbahnen

Kaltluftleitbahnen leiten, die in der Nacht entstandene kalte Luft in die thermisch belasteten Siedlungsgebiete. Am besten kann diese Luft durch lineare, vegetationsgeprägte, hindernisarme Freiflächen transportiert werden.

Die kalte Luft entsteht bei Wäldern, Wiesen und Feldern, an sogenannten Siedlungsranden. Sie kann mehr als 10 °C kühler sein als die Luft im Stadtkern.



Abb. 7: Kaltluftsystem in Zürich (Quelle: AWEL Kanton Zürich 2025b)

Durch Beibehaltung von den durchgrünen Flächen welche unbebaut sind, will die Stadt Zürich ihr bereits wirksames Kaltluftsystem erhalten. Sie will es ebenfalls fördern und entwickeln. Wenn es nötig ist, werden auch neue Grünflächen geschaffen. In Bezug auf Gebäude achtet die Stadt auf die Gebäudestruktur so wie auf die Gebäudestellung. Dies im Bezug auf die Auswirkung des Kaltluftstroms. Nicht nur bei Neubauten wird darauf geachtet, sondern auch bei Umbauten.

Verknüpfungen und Herausforderungen

Die Kaltluftsysteme können zur Sicherung von den Flächen für Biodiversität, Erholungsräumen für Anwohner sowie für die Flächen, welche von der Land- und Forstwirtschaft genutzt werden, beitragen. Dies aber nur, wenn die Systeme erhalten bleiben und gefördert werden.

Es kann auch bei der Vertreibung von Luftschaadstoffen aus der Stadt helfen. Störende Immissionen wie Gerüche, Rauch und Stäube werden abtransportiert und verbessern so wiederum die Luftqualität.

Gleichzeitig ist es eine Herausforderung für die Stadt- und Nutzungsplanung. Die Sicherung von Kaltluftentstehungsflächen und -leitbahnen kann in Bauzonen anspruchsvoll sein.



Abb. 8: Kaltluftleitbahn mit Begrünung (Quelle: AWEL Kanton Zürich 2025b)

5.1.2 Grün- und Freiraumvernetzung

Durch die Begrünung und Bepflanzung von Wegen und Strassenräumen erfolgt die Vernetzung von Grünräumen. Dies kann mit Bäumen und durch sogenannte regelmässige Trittsteine erreicht werden. Trittsteine in diesem Sinne sind kleine Parks, Platzflächen (öffentliche Freiflächen) sowie Gärten.

Die Zielsetzung, der Stadt Zürich, ist für dieses Handlungsfeld:

Die Bevölkerung soll dank der Grün- und Freiraumvernetzung nahe gelegene Grünräume stressfrei erreichen können. Dies soll ebenfalls durch beschattete und ausgestaltete Wegverbindungen verstärkt werden. Die einzelnen Siedlungen sollen konsequent mit den klimaökologischen Grünräumen am Stadtrand vernetzt sein.

Die Vernetzung der Grün- und Freiräume kann auch den Kaltlufttransport unterstützen.

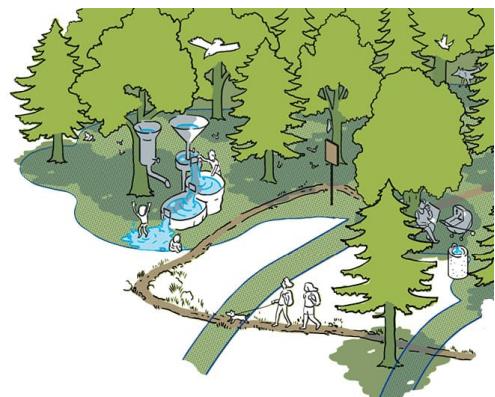


Abb. 9: Grünraumvernetzung (Quelle: Klimakonkret 2020)

Verknüpfungen und Herausforderungen

Die Vernetzung von Grünräumen hat viele Vorteile und hilft bei einigen weiteren ökologischen Aspekten weiter, unter anderem bei:

- Luftreinigung
- Biologischer Vielfalt
- Ermöglichung von Regenwasserversickerung
- Verhinderung von Überflutungen
- Beitrag zur Grundwassererneubildung
- Schaffung von Klimatrittsteinen der Freiraumversorgung

Einige dieser Punkte kommen Zustande, durch die unversiegelten Flächen, welche mit Grün- und Freiräumen geschaffen werden.

Durch diese Vernetzung treten aber auch einige Nutzungskonflikte auf. Bei der Verkehrsinfrastruktur, genauer bei Haltestellen, Anforderungen an die Strassenbreite und Velowegen treten erste Herausforderungen auf. Der finanzielle Aufwand durch die Erstellung und Erhaltung, sowie die immer schwerer werdende Standortbedingungen in Städten helfen bei der Einfachheit nicht mit. Auch die Pflanzenwahl bringt ihre eigenen Anforderungen.

Die Entwicklungen zu klimaökologischen Vegetationsstrukturen müssen trotz allen Herausforderungen und Nutzungskonflikten gewährleistet werden.

5.1.3 Offene und bewegte Wasserflächen

Wasser entzieht der Umgebung wärme, dies auch in einer Stadt. Deshalb kühlen offene (z.B. Seen) und vor allem offene bewegte Wasserflächen (z.B. Flüsse) die Umgebungsluft ab und erhöhen es zusätzlich noch durch die Verdunstungskühle.

Das System wird weiter ausgebaut und die Zugänglichkeit von Oberflächengewässer erweitert. Die offenen Wasserflächen und -elementen werden aber so entwickelt, dass es zu einer optimierten Verdunstungsleistung kommt. Es gibt viele verschiedene Formen, in welchen sich diese Wasserflächen finden lassen.



Abb. 10: Offene Wasserflächen (Quelle: Christmann 2019)

Verknüpfungen und Herausforderungen

Diese Wasserflächen haben neben ihrer kühlenden Wirkung noch weitere gute Aspekte für die Umwelt. Sie fördern die biologische Vielfalt, sorgen für eine ökologische Aufwertung und verbessern im Freiraum die Aufenthaltsqualität. Ebenfalls können sie räumlich wie gestalterisch einen positiven Einfluss auf die Umgebungsgestaltung haben. Richtig eingesetzt können offene Wasserflächen ebenfalls bei der Verminderung von Verkehrsgeräuschen helfen.

Der finanzielle Aufwand diese offenen Gewässer, Brunnen und Wasserspiele zu erstellen und erhalten ist eine nennenswerte Herausforderung.

5.2 Handlungsansätze

Für die Handlungsansätze wurden insgesamt 6 ausgewählt. Die HA in diesem Abschnitt wurden in Bezug auf die Handlungsfelder und die verschiedene Teilthemen der ganzen Arbeit ausgewählt.

- Gebäudestellung auf Luftaustausch ausrichten
- Grünflächen klimaökologisch gestalten
- Aufenthalts- und Bewegungsräume entsiegeln und begrünen
- Regenwasser zurückhalten und versickern
- Dächer klimaökologisch begrünen
- Fassaden klimaökologisch begrünen

Die HA werden kurz erklärt, es werden Herausforderungen und die Wirksamkeit beschreiben. Ebenfalls werden konkrete Beispiele genannt.

5.2.1 Gebäudestellung auf Luftaustausch ausrichten

Die Gebäude sollen so gebaut / ausgerichtet werden, dass die Orientierung sowie die Anordnung der Gebäude die Kaltluftströme nicht ausbremsen. Vor allem in den Hang und Tallagen ist es wichtig, dass die Barrierewirkung der Grundfläche des Gebäudes klein gehalten wird. Somit kann die Durchlüftung der Siedlungsgebiete möglichst gross gehalten werden und die Abkühlung wird gewährleistet.

Herausforderungen

Neben der Kaltluftleitbahn muss auch auf den Lärm- schutz, die Besonnung und auf die Aussicht der Siedlung geachtet werden. Es fehlt auch an einer gesetzlichen Grundlage zur klimaoptimierten Gebäudestellung und Gebäudetypologie.

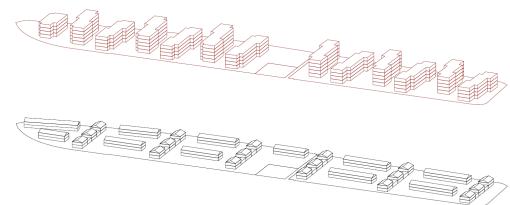


Abb. 11: Gebäudestellung Luftaus- tausch (Quelle: AWEL Kanton Zürich 2025b)

Wirksamkeit

Die Wirksamkeit ist stark von örtlichen Faktoren ab- hängig und nicht alle Wohngebiete haben Kaltluftentste- hungsflächen in der Nähe.

Das bedeutet vor der Gebäudeplanung, sollten örtliche Faktoren in Bezug auf den Kaltluftaustausch abgeklärt werden. Dies zeigt dann auf, ob unter anderem auf die Gebäudestellung geachtet werden muss.

Positive Beispiele



Abb. 12: Siedlung Katzenbach in Zürich (Quelle: AWEL Kanton Zürich 2025b)



Abb. 13: Wohnsiedlung Toblerstrasse (Quelle: ABZ 2025)



Abb. 14: Skizze Toblerstrasse (Quelle: Bienert 2011)

5.2.2 Grünflächen klimaökologisch gestalten

Diese Grünflächen sollen für eine maximale Wirksamkeit möglichst vielfältig sein. Die Freiräume können unterschiedlich gross sein. Für besonders gute Wirkungen enthalten diese Vegetationsräume grosse, Schatten spendende und klimaresistente Bäume, offene Rasen wie auch Wiesenflächen und haben im Idealfall noch (bewegte) Wasserflächen.

Solche kühlen Orte können auch einen zweckgebundenen Sinn haben. Dazu gehören Schulanlagen, Pärke, Badeanlagen und Friedhöfe.

Diese Beschattung kann helfen, dass die Gebäudefassaden nicht so stark aufheizen und somit die nächtliche Wärmeabstrahlung verringert.

Herausforderungen

Abwägungen müssen unter anderem auf die zweckmässige Nutzung des Freiraums, die Erschließung der Stadt (Zugänglichkeit unter anderem mit Fahrzeugen) und auf den Anspruch, dass die Bevölkerung immer mehr Platz benötigt, gemacht werden. Ebenfalls muss bei voranschreitendem Klimawandeln darauf geachtet werden das sich die Wachstumsbedingungen der Pflanzen verschlechtert.

Wirksamkeit

Die beste Wirkung haben Bäume auf Rasen (max. 8,7 °C kühler), danach kommen Rasenflächen anstatt Asphalt (Entsiegelung, max. 6,6 °C kühler) und an dritter Stelle kommen grössere Grünflächen wie eine Pergola auf Asphalt (max. 6.0 °C kühler).

Dieser Reihenfolge wurde durch die Senkung der tatsächlich empfundenen Temperatur, kurz PET erstellt.

Positive Beispiele



Abb. 15: Lágmúli - Stadtteil in Reykjavík (Quelle: Reinventing Cities 2017)



Abb. 16: Parkanlage Zürich (Quelle: Zürich Tourismus 2025)

5.2.3 Aufenthalts- und Bewegungsräume entsiegeln und begrünen

Unversiegelter Boden und die Begrünung von Oberflächen sind inzwischen wertvolle Ressourcen. Sie sind das beste Mittel gegen den Wärmeinseleffekt. Je nach Nutzung und Belastung (z.B. Verkehr) kann die Art der Begrünung oder Entsiegelung angepasst werden. Dazu gehört der Grad der Entsiegelung, sowie die verschiedenen Vegetationsarten/-typen für die Begrünung. Diese Entsiegelungen und Begrünungen können auch anderen klimaökologischen Aspekten wie z.B. der Kaltluftströmung helfen.

Die Entsiegelung befasst sich hauptsächlich mit dem Umbau von Asphaltflächen und gepflasterten Flächen zu Pflasterung, Rasengittersteinen, Rasen und wasserdurchlässigen Oberflächen (Kies).

Herausforderungen

Viele Herausforderungen bestehen in Bezug auf den Verkehr und die Erreichbarkeit. Trotz der Entsiegelung und Begrünung muss die Nutzung von Rettungs- und Einsatzfahrzeuge unbeschränkt gewährleistet sein. Auch muss auf die Barrierefreiheit und Begehbarkeit geachtet werden. Hier ist der Fokus bei den Fuss- und Radwegen. Diese Flächen haben auch eine kleinere Nutzungsbelastung für Straßen als vollständig versiegelte Flächen.

Wirksamkeit

Am besten ist natürlich die Umwandlung von Asphalt in Rasen. Danach kommt das Umwandeln in Pflasterung und wasserdurchlässigen Oberflächen. An dritter Stelle ist die Umwandlung in Rasengitter.

Positive Beispiele



Abb. 17: Schulanlage in Berlin (Quelle: Berliner Regenwasseragentur 2020)



Abb. 18: Stadtbegrünung Zürich (Quelle: Stadt Zürich 2024)

5.2.4 Regenwasser zurückhalten und versickern

Das Regenwasser könnte eine grosse Verdunstungskühlung für die Stadt generieren. Weil aber der Grossteil des Regenwassers in die Kanalisation fliesst, entfällt dieser Vorteil. Ebenfalls könnte durch die Versickerung des Regenwassers die Kanalisation entlastet werden und die Grundwasserneubildung würde so unterstützt werden.

Dieser Handlungsansatz hängt sehr stark mit der Entsiegelung und Begrünung von Flächen zusammen.

Herausforderungen

Die Bereitstellung der notwendigen Räume / Flächen für das Wasser ist eine Herausforderung. Ebenfalls ist der finanzielle Unterhalt sowie die Einschränkung der Überflutungsrisiken gross.

Wirksamkeit

Am Tag haben die entstehenden Wasserflächen im Vergleich mit den Rasenflächen einen grösseren Einfluss. Es wurde durch Messungen festgestellt, dass maximal ein Temperaturreckgang von 1,4 °C durch Wasserflächen erreicht werden kann. Dieser Rückgang kann in einem Bereich von 5-18 Meter gespürt werden. Nachts ist der Temperaturunterschied im Vergleich zu der Rasenfläche viel kleiner.

Positive Beispiele

Rotterdam hat Regenwasserrückhaltebecken gebaut, welche in Trockenperioden von der Öffentlichkeit in unterschiedlichen Arten verwendet, werden können.

Somit wurden verschiedene Ansätze miteinander kombiniert.



Abb. 19: Rückhaltebecken Rotterdam (Quelle: Kaltenbach 2015)

5.2.5 Dächer Klimaökologisch begrünen

Die Begrünung von Dächern mit ökologischem Wert ist hauptsächlich in Städten mit geringer Grünfläche von Vorteil. Es gibt hierbei zwei Arten, wie Dächer begrünt werden können. Die extensive Variante, in welcher der Bodenaufbau mindestens 10 cm dick ist. Bei der intensiven Variante liegt die Dicke des Bodenaufbaus bei 15 bis 100 cm oder mehr.

Die intensive Variante bietet mehr Möglichkeiten bei der Begrünung und erzielt mehr positive Vorteile.

Dieser Effekt der Grünen Infrastruktur ist auch vorteilhaft für die Biodiversität, Minderung der Aufheizung des Daches, Erholungsorte für die Bevölkerung und für die Kühlung von Photovoltaik-Anlagen (produzieren durch Kühlung mehr Strom). Es gibt noch weitere Vorteile, welche durch begrünte Dächer erzielt werden können.



Abb. 20: Erhitzung eines konventionellen Dachs
(Quelle: Stadt Zürich 2020)



Abb. 21: Intensiv begrüntes Dach (Quelle: Stadt Zürich 2020)

Herausforderung

Die Kosten für den Bau und den Unterhalt solcher Dächer müssen berücksichtigt werden. Am besten kümmert sich ausgebildetes Personal um den Unterhalt dieser Dächer. Der Zugang muss wegen der Pflege sowie für die Nutzung der Bevölkerung gewährleistet werden. Sonst sind die positiven Auswirkungen für die Bevölkerung nichtig.

Die Statik solcher Gebäude muss speziell geprüft werden und ein Interessenskonflikt bei Schutzbereichen kann mit dem Denkmalschutz entstehen.

Wirksamkeit

Bei hohen Gebäuden hat die Begrünung nur direkt über der Dachoberfläche einen Einfluss auf die Temperatur. Hier lässt sich der Vorteil nur richtig gebrauchen, wenn die Dächer als Aufenthaltsfläche und unter anderem zur Stressminderung verwendet werden.

Bei niedrigen Gebäuden kann es einen Temperatureinfluss auf das Bodenklima haben.

Es kann davon ausgegangen werden, wenn eine ganze Stadt begrünte Dachflächen hat, dass es eine Auswirkung auf den Wärmeinseleffekt haben kann.

Positive Beispiele



Abb. 22: 1000 Trees Shanghai (Quelle: Wehmeyer 2023)



Abb. 23: Hundertwasserhaus Wien (Quelle: Wehmeyer 2023)



Abb. 24: Dachgarten Hochschule Zürich (Quelle: Giusto 2018)

5.2.6 Fassaden klimaökologisch begrünen

Bei der Fassadenbegrünung gibt es ebenfalls zwei Arten. Die Erdgebundene Variante, in welcher die Pflanzen aus dem Erdbereich wachsen und sich an der Fassade verwurzeln. Hierfür darf die Fassade nicht völlig versiegelt sein, dass sich überhaupt eine Wurzelfläche bilden kann.

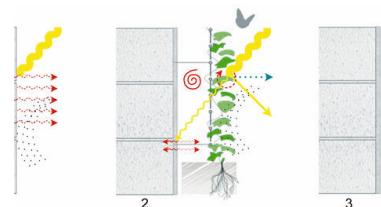


Abb. 25: Erdgebundene Fassadenbegrünung (Quelle: Pfoser 2024)

Bei der wandgebundenen Begrünung wachsen die Pflanzen direkt an der Fassade, ohne Verbindung zur Erde. Dafür muss die Fassaden mit Substrat (diverse Stoffe in welchen Pflanzen wachsen können, z.B. Torfmoos) ausgestattet sein. Hier wird erneut in zwei Arten aufgeteilt (vertikales und horizontales Pflanzungssystem).

Beide Varianten helfen bei der Luftqualität, verringern den Lärm (akustische Qualität), verringern die Wärmeaufnahme und bieten Lebensräume für Pflanzen und Tiere.

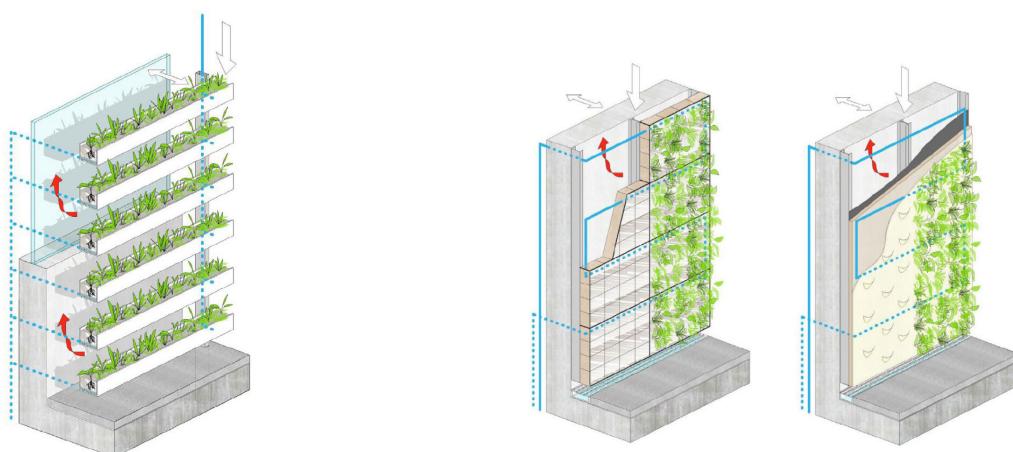


Abb. 26: Horizontale Fassadenbegrünung (Quelle: Kira Rehfeldt 2023)

Abb. 27: Vertikale Fassadenbegrünung (Quelle: Kira Rehfeldt 2023)

Herausforderungen

In der Schweiz mangelt es an der Gesetzgebung zur Begrünung von Fassaden. Bautechnische und feuerpolizeiliche Anforderungen müssen geprüft werden. Der Unterhalt in trockenen Sommern ist mit sehr intensiver Bewässerung verbunden und die Funktionsfähigkeit des öffentlichen Raumes darf nicht eingeschränkt werden (z.B. Begehbarkeit des Fußgängers).

Wirksamkeit

Die Fassadenbegrünung ist durch die hohe Sonneneinstrahlung vor allem an West- und Ostfassaden sehr wertvoll. Die Temperaturen im Inneren des Gebäudes sind deutlich tiefer, wenn eine Fassadenbegrünung vorhanden ist. Auch außen an der Fassade kann eine kühлere Temperatur empfunden werden.

Somit ist die Fassadenbegrünung eine sehr wirksame Methode zur Abschwächung der Gebäudeerwärmung.

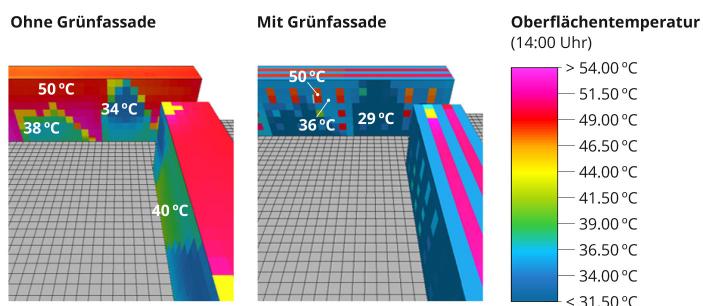


Abb. 28: Temperatureinfluss bei Fassadenbegrünung (Quelle: Kira Rehfeldt 2023)

Positive Beispiele



Abb. 29: Fassadenbegrünung in Paris
(Quelle: Andrews 2013)

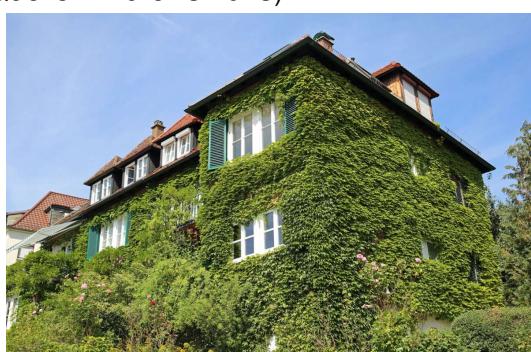


Abb. 30: Grüne Oase Stuttgart (Quelle: Schöll 2020)



Abb. 31: Einkaufszentrum Shilcity Zürich
(Quelle: Greenroofs.com 2007)

6 Oberflächenabfluss

Der Oberflächenabfluss beschreibt die gesamte Wassermenge, die im Boden versickert. Dabei wird nicht unterschieden, ob das Wasser auf natürliche Weise im Boden versickert oder ob das Wasser in Schächte und anschliessend in die Kanalisation läuft.

6.1 Kanalisationssystem in der Schweiz & Zürich

Grundlegend gibt es zwei Arten von Kanalisationssystemen. In der Praxis wird meist nicht ein einzelnes, sondern oft eine Kombination von verschiedenen Systemen angetroffen (Gewässerschutzfachleute) 2023).

6.2 Mischsysteme

Mischsysteme machen rund 57% der Abwasserleitungen in der Schweiz aus (Gewässerschutzfachleute) 2023). In Mischsystemen kommt alles Abwasser zusammen. Eine Grundmenge bildet das Schmutz-/Hausabwasser, welches über das Jahr gesehen ungefähr konstant bleibt.

6.2.1 Funktionsweise von Mischsystemen

In Mischsystemen kommt zum Schmutz-/Hausabwasser auch noch Strassenabwasser und Regenwasser dazu. All dieses Wasser muss von der Kläranlage verarbeitet werden. Das Strassenabwasser und Regenwasser ist abhängig vom Wetter und daher sehr volatil. Das bedeutet, dass das Kanalsystem in unterschiedlichen Jahreszeiten sehr unterschiedlich ausgelastet ist. Daher muss das Kanalsystem als Ganzes und auch die Abwasserreinigungsanlage (ARA) grösser dimensioniert sein, als eigentlich nötig. In Zürich flossen im Jahr 2023 im Schnitt täglich 237'836 m³ Wasser in die ARA Werdhölzli (S. Zürich 2023).

6.2.2 Starke Niederschläge

Mischsysteme führen zu einem Problem, wenn es starke Niederschläge gibt. Dort wird die Kanalisation mit viel Niederschlagswasser 'geflutet' und das Wasser kann nicht komplett geklärt werden. In Abb. 32 wird dies gut dargestellt. Ein Teil des Regenwassers kann in der ARA gereinigt werden.

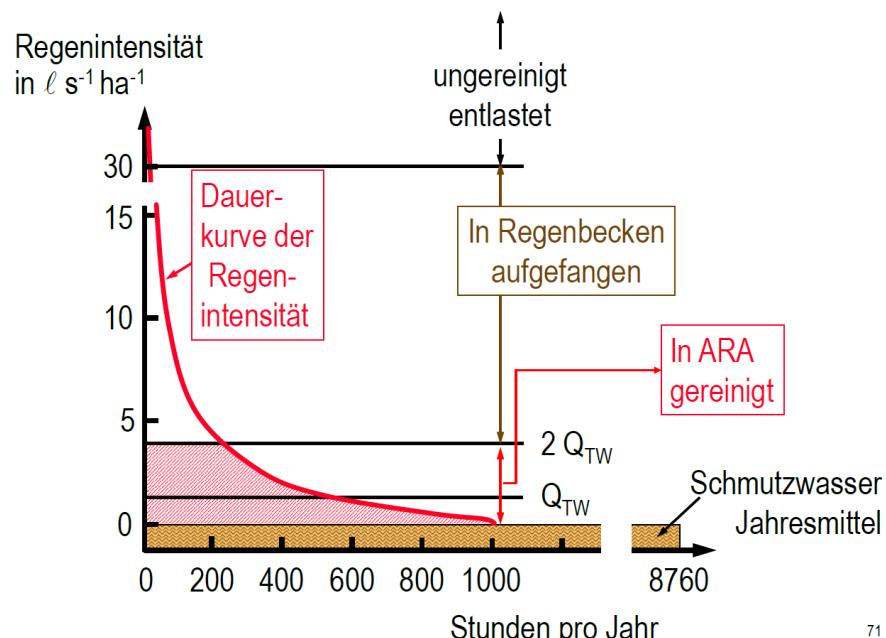


Abb. 32: Verarbeitete Wassermenge bei Niederschlag (Quelle: Powerpoint ETHZ)

6.2.3 Regenüberlaufbecken

Regenüberlaufbecken sind in Mischsystemen häufig verbreitet. Sie füllen sich mit Abwasser, wenn es stark regnet. Wenn das Unwetter vorbei ist, kann das Wasser kontrolliert in die ARA abgeführt werden. So wird die ARA nicht überlastet bzw. muss nicht grösser als nötig gebaut werden. Die Regenüberlaufbecken halten einen Grossteil des Niederschlags über das Jahr zurück. Bei starken oder sehr starken Regenfällen überläuft ungereinigtes Mischabwasser aus den Regenüberlaufbecken in natürliche Gewässer.

(Quelle: Weiss 2020)

6.2.4 Regenrückhaltebecken

Regenrückhaltebecken haben, anders als Regenüberlaufbecken, keinen Überlauf in natürliche Gewässer. Das Wasser wird nur darin gestaut und nach dem Niederschlag wieder ins Kanalnetz und so in die ARA geleitet. Die Speicherkapazität der Regenrückhaltebecken muss gross genug bemessen sein, da kein Überlauf vorhanden ist.

(Quelle: Stadt Nürnberg 2025)

6.3 Problem aufgrund des Oberflächenabfluss

Im Zusammenhang mit dem Oberflächenabfluss gibt es mehrere Probleme, obwohl Bauten wie Regenüberlauf- und Regenrückhaltebecken gebaut werden.

6.3.1 Versicherungskosten

In der Schweiz gibt es viele Schäden durch Oberflächenabfluss, welche die Gebäudeversicherungen in der Schweiz belasten. In einer Entscheidungshilfe zum Thema Oberflächenabfluss wurden Daten zu Schadensfällen analysiert. Leider stellte sich die Auswertung als schwierig heraus, da der Oberflächenabfluss zwar beobachtet, jedoch selten (fachlich) dokumentiert wird.

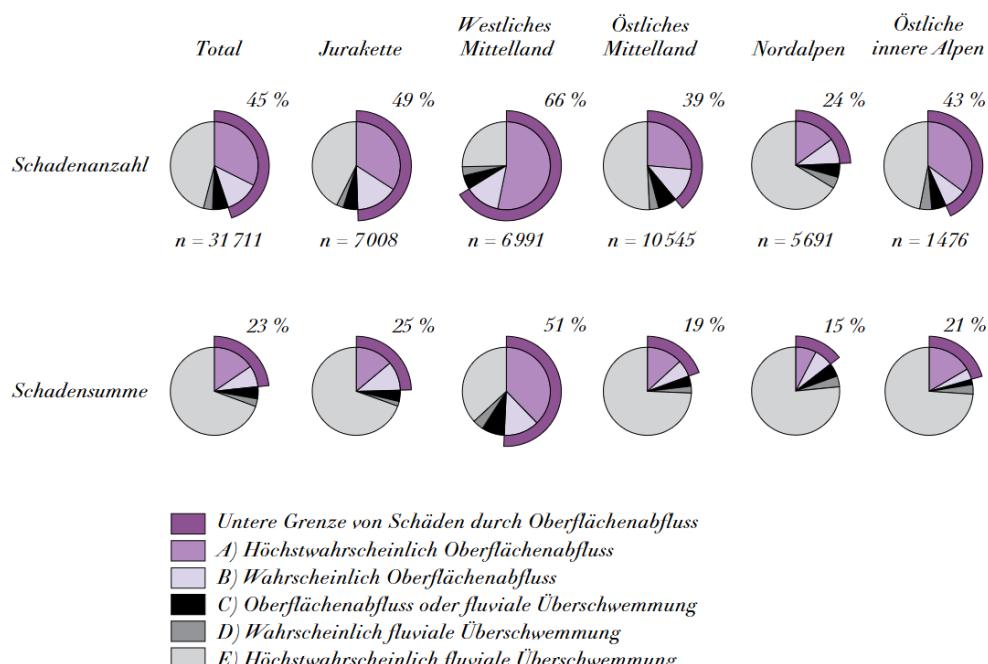


Abb. 33: Anteil Versicherungsfälle aufgrund von Oberflächenabfluss (Quelle: Bernet u. a. 2018)

In Abb. 33 wird sichtbar, dass rund 45% der gesamtschweizerischen Schadenfällen auf Oberflächenabfluss zurückzuführen sind. In Zürich bzw. dem 'Östlichen Mittelland' fallen zwar im Vergleich zu anderen Regionen wenig Fälle auf, trotzdem ist mehr als ein Drittel aller Gebäudeversicherungsfällen auf Oberflächenabfluss zurückzuführen.

Die ungleiche Verteilung kann laut der Autoren der *Entscheidungshilfe* nicht eindeutig geklärt werden. Es ist aber "ein Produkt aus der Entstehung und Ausbreitung von Oberflächenabfluss (Gefährdung), der Verteilung der exponierten Werte (Exposition) und der Anfälligkeit der Objekte für die Einwirkung von Oberflächenabfluss (Vulnerabilität)".

(Quelle: Bernet u. a. 2018)

6.3.2 Ableitung Kanalisation in Gewässer

Das Mischsystem stösst, vor allem bei starken Niederschlägen an seine Grenzen. Damit die Abwasserkanäle sich nicht aufgrund des zusätzlichen Regenwassers in Häuser oder auf der Strasse stauen, gibt es Überlaufbauwerke. Diese sind im Kanalnetz an bestimmten Stellen angebracht (z.B. Regenüberlaufbecken) und sorgen dafür, dass die Mischwasserkanäle nicht überlastet werden. Diese leiten dann allerdings das (Misch-)Abwasser direkt in Gewässer ab.

Die direkte Ableitung von Abwasser ist vor allem aus folgenden beiden Gründen nicht gewollt:

- Verunreinigungen der Gewässerräume durch z.B. Toilettenpapier (Siehe Abb. 34)
- Ableitung von schädlichen Stoffen in Gewässer (z.B. Chemikalien)

(Quelle: Baudirektion Kanton Zürich 2015)



Abb. 34: Verunreinigung von Gewässerräumen nach Starkregen (Quelle: Klein 2019)

7 Lösungsansätze Oberflächenabfluss

Gegen die starken Niederschläge, wodurch der Oberflächenabfluss und die damit zusammenhängenden Probleme verursacht werden, kann wenig gemacht werden. Diese Lage wird nur noch schlechter, da starke Niederschläge in Zukunft häufiger und kräftiger auftreten sollen (Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz 2022). Daher müssen zwingend Lösungen gefunden und umgesetzt werden.

7.1 Ideales Kanalisationssystem

Eine Lösung, um den Abfluss von Abwasser in Oberflächengewässer zu begrenzen oder gar einzudämmen, wäre ein Trennsystem als Kanalisation einzusetzen. Dabei wird das verschmutzte Abwasser (z.B. Dusche, Toilette etc.) gesondert zum Niederschlagswasser (z.B. Dachabwasser, Strassenabwasser) abgeleitet. So kann das unverschmutzte Niederschlagsabwasser in ein Oberflächengewässer geleitet werden, während das verschmutzte Haushaltswasser in die ARA geleitet und dort geklärt wird. In Abb. 35 wird ersichtlich, wie das Hausabwasser und das Regenwasser vom Dach und Strasse (ggf. auch Sickerleitung ums Haus) in zwei separaten Kanälen unter den Strassen abgeführt werden.



Abb. 35: Schematische Darstellung eines Trennsystems (Quelle: Altenrhein 2025)

7.1.1 Anwendung des Trennsystems in der Realität

In der Realität ist erst 43% des Abwassersystems als Trennsystem ausgeführt (Gewässerschutzfachleute) 2023). Die Mischung aus Misch- und Trennsystem hat mehrere Gründe. Einerseits wurde Abwasser früher anders behandelt (siehe Kapitel 7.4). Andererseits werden verschiedene Gebiete auch anders entwässert. So ist in einem Industriegebiet oft ein Trennsystem vorzufinden, da das Risiko einer Gewässerverschmutzung gross ist (Baudirektion Kanton Zürich 2015).

7.2 Modifiziertes Mischsystem

Ein modifiziertes Mischsystem entlastet das Kanalnetz bereits stark. Dabei werden, anders als beim Trennsystem, Dachabwasser im Garten gesammelt oder versickert, und ausschliesslich Haus- und Strassenabwasser gelangen in die Kanalisation und somit in die ARA. Dieser Vorgang wird in Abb. 36 grafisch dargestellt.

Ein modifiziertes Mischsystem lässt sich leicht realisieren. Grundsätzlich reicht es auch, eine Regentonne im Garten aufzustellen und das Dachabwasser darin zu sammeln, um z.B. Pflanzen gießen zu können.



Abb. 36: Schematische Darstellung eines modifizierten Mischsystems (Quelle: Altenrhein 2025)

7.3 Zwischenspeichern von Niederschlag

Das Zwischenspeichern von Niederschlag ist eine wichtige Komponente beim Entlasten der Kanalisation. Dabei kann lokal und punktuell, oder zentral und gesammelt zwischengespeichert werden.

7.3.1 Lokale Zwischenspeicherung

Bei der lokalen Zwischenspeicherung wird sich vor allem auf einzelne Haushalte fokussiert. Neben der erklärten Lösung mittels eines modifizierten Mischsystems im Kapitel 7.2 gibt es auch die Möglichkeit, dass das Regenwasser zwischengespeichert und verzögert abgeführt wird.

7.3.2 Zentrale Zwischenspeicherung

Eine zentrale Zwischenspeicherung ist auf die Verwendung eines grösseren Gebiets / Stadtteils ausgelegt. Die Zwischenspeicherung kann als Regenrückhaltebecken umgesetzt sein, in welches ausschliesslich unverschmutztes Niederschlagswasser geleitet wird. Dieses hat dann einen Überlauf in ein Oberflächengewässer und leitet ausschliesslich sauberes Wasser ab. Ein Regenrückhaltebecken kann während Trockenperioden anderweitig benutzt werden, wie der Benthemplein Plaza in Rotterdam. Dieser wird in Trockenperioden als Begegnungszone und Sport- / Skateplatz verwendet. Bei starken Regenfällen bietet er Platz für rund 1800 m³ Wasser (Thiel 2015), welche dort zurückgehalten werden können, bevor sie in die Kanalisation geleitet werden.

Solche Ansätze sind besonders bei grösseren Neubauten interessant. Die Neubauten können im Trennsystem und somit mit dem optimalen System entwässert werden. Das Trennsystem wird dann wiederum an die bestehende Mischwasserkanalisation angeschlossen. Damit der Effekt des Trennsystems nicht total zunichte ist, kann man das Niederschlagsabwasser des Trennsystems in ein Rückhaltebecken leiten. Dann kann die Mischwasserkanalisation nur soweit ausgelastet werden, dass kein überschüssiges Wasser entsteht und kein verschmutztes Wasser in Oberflächengewässer abgelassen werden muss.

7.4 Neue Entwässerungsphilosophie

Früher war das Ziel, dass sämtliche Abwasser so schnell wie möglich zu sammeln, abzuleiten und zu behandeln sind. So heisst es auch im Ingenieurhandbuch 1966:

Aufgabe der Ortsentwässerung ist es, sämtliche Abwässer so vollkommen und so schnell als möglich zu sammeln und aus dem Bereich der menschlichen Siedlung zu entfernen, ohne Belästigung der Bewohner, ohne Beeinträchtigung des Verkehrs und ohne Schädigung der ober- und unterirdischen Gewässer. (Hörler 1966)

Die heutige Entwässerungsphilosophie sieht ganz anders aus und verfolgt ein anderes Ziel. Neu ist das Ziel spezifische Lösungen auf die verschiedenen Anwendungsfälle auszuarbeiten und umzusetzen. Dabei soll ein möglichst 'naturnaher Wasserkreislauf' (siehe Abb. 37) angestrebt werden. Um dies zu erreichen, wurden drei Prioritäten definiert.

1. Nicht verschmutztes Regenwasser soll versickern, sofern dies aufgrund der Bodenverhältnisse machbar ist.
2. Überschüssiges Regenwasser soll einer Regenwasserableitung (Trennsystem) zugeführt werden, welche direkt in ein Oberflächengewässer mündet.
3. Die Ableitung des überschüssigen Regenwassers in die Mischabwasserkanalisation

Zusätzlich zu den oben genannten Prioritäten wurden vom Kanton Zürich Grundsätze für den Umgang mit Regenwasser definiert. Wichtige Grundsätze bilden dabei:

- Regenwasser soll möglichst nicht verschmutzt werden
- Sofern möglich, soll Regenwasser zurückgehalten werden und soll versickern oder verdunsten, ohne einem Abwassersystem zugeführt worden zu sein
- Die Mehrfachnutzung von Versickerungs- und Retentionsflächen (siehe Kapitel 7.3) soll gefördert werden

Mit den oben genannten Prioritäten und den Grundsätzen vom Kanton soll das Thema der Niederschlagsableitung / -versickerung möglichst früh in der Planung eines Bauvorhabens geplant und anschliessend erfolgreich umgesetzt werden. Die Massnahmen minimieren die Gefahren von Überschwemmungen und Schäden an Immobilien und Infrastruktur durch Starkniederschlag.

(Quelle: AWEL 2022)

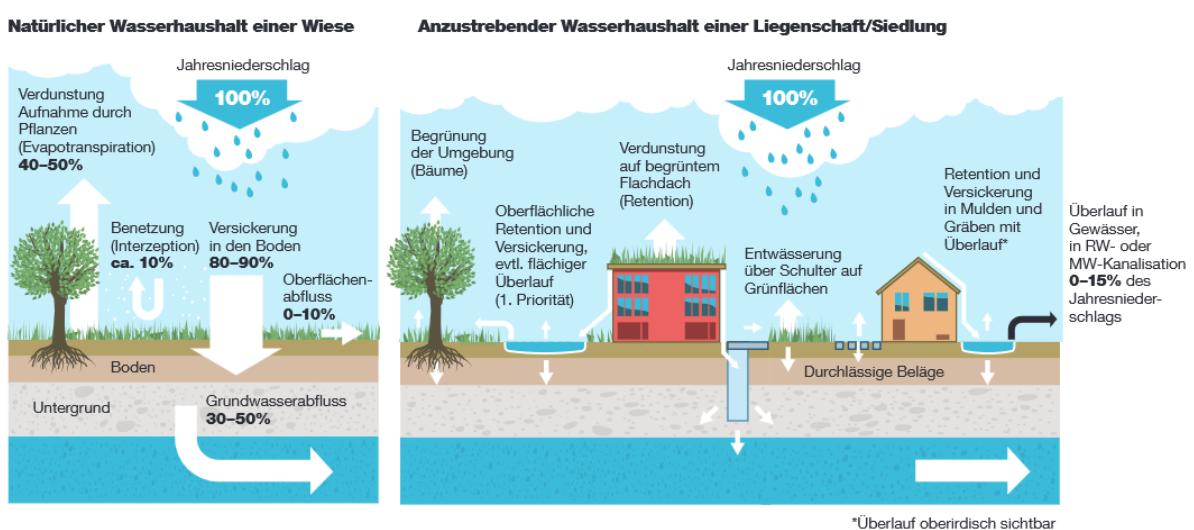


Abb. 37: Natürlicher Wasserkreislauf und anzustrebender Wasserkreislauf (Quelle: AWEL 2022)

8 Überschwemmungen

Wenn die Menge an Regenwasser plötzlich stark zunimmt, kann es zu verschiedenen Problemen kommen.

8.1 Entstehung

Langer Dauerregen, Starkregen und Schneeschmelze sind Ursachen für Hochwasser. Ein gewisser Teil des Regens kann, je nach Beschaffenheit des Bodens, versickern. Vom Boden gelingt das Wasser teils wieder in Bäche, Flüsse und Quellen. So steigen die Flüsse eben durch erhöhten Zufluss an. Beim Anstieg können Bäche und Flüssen allenfalls noch ausufern oder von natürlichen Rückhaltemöglichkeiten wie Pflanzen zurückgehalten werden. Wenn immer noch mehr Wasser kommt, als bewältigt werden kann, überlaufen die Gewässer komplett und es kommt zu Überschwemmungen.

(Quelle: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz 2025)

Das überfliessende Wasser kann Schäden an diversen Infrastruktur-Teilen und privaten Besitztümern, die im Untergrund, sowie auf Höhe der Strasse stehen, verursachen. Die Sachschäden können sich schnell in Milliardenbeträge hochschaukeln. Ebenfalls sind jederzeit Personenschäden möglich. Besonders bei Hochwasser, welches auf Türen und Fenstern auftritt, können diese schlagartig nachgeben und so Personen schnell und auch ernsthaft gefährden.

8.2 Gefahr in Zürich

In Zürich wird die Überschwemmungsgefahr von den beiden Flüssen Limmat und der Sihl bestimmt. Das Problem ist, dass ein sehr grosser Teil von der Stadt Zürich auf dem Schwemmkegel, also dem natürlichen Überschwemmungsgebiet der Sihl liegt. Siehe Bild Schwemmkegel Abb. 38. Der Kanton Zürich hat zusätzlich eine genaue Karte erstellt, welche die Gebiete zeigt, die besonders durch Überschwemmung gefährdet sind. Diese sind in der Karte (Siehe Abb. 39) dunkelrot eingezzeichnet. Je dunkler die Einfärbung ist desto mehr ist das Gebiet einer Gefahr durch Überschwemmungen ausgesetzt.



Abb. 38: Schwemmkegel Zuerich (Quelle: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Kanton Zürich 2025)

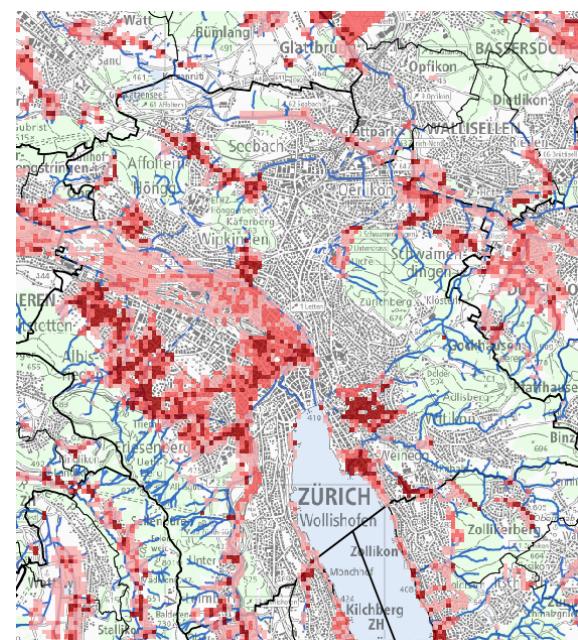


Abb. 39: Überschwemmungen (Quelle: Kanton Zürich 2017)

8.3 Rückblick auf die vergangenen Ereignisse in Zürich

In Zürich gab es in der Vergangenheit immer wieder Überschwemmungen. Da dies bekannt war, baute man zuerst nur in sicheren Gebieten.

1846 und 1874 kam es zu starken Überflutungen. Später wuchs die Stadt und man baute auch vermehrt auf gefährdeten Gebieten, weswegen 1910 bei einem Hochwasser starke Schäden entstanden. 1937 wurde der Bau eines Pumpspeicherwerks im oberen Sihlgebiet abgeschlossen. Dies dient zur Regulierung der Abflussmenge in der Sihl. Allerdings ist das keine Lösung für alle Probleme.

Im Jahr 2005 wurde die Lage nochmals sehr knapp. Bei einem langen, starken Regen überschwemmte die Sihl beinahe bei dem wohl wichtigsten Knotenpunkt von Zürich, dem Hauptbahnhof. (Quelle: Tiefbauamt Stadt Zürich 2025)

Nach diesem Ereignis hat der Kanton Zürich diverse Massnahmen ergriffen:

- Vertiefung der Sihl unter dem Hauptbahnhof: Die Durchflusskapazität beim Hauptbahnhof wurde 2007 erhöht. Man vertiefe die Flussohle der Sihl unter dem Bahnhof, so kann bei Hochwasser deutlich mehr Wasser durchfliessen.

(Quelle: A. K. Zürich 2025b)

- Schwemmholtrechen: Durch Schwemmholtrechen verstopfte die Sihl-Unterführung, weshalb dann nach diversen Tests und Simulationen einen Rechen aus Holzpfählen errichtet hat. Dieser Rechen leitet das Schwemmholt bei einer Überschwemmung an eine gezielte Stelle. Dort wird es aufgefangen und eine Verstopfung kann verhindert werden. So verstopft das Schwemmholt an diesem gezielten Ort und nicht an kritischen Stellen, was den Durchfluss enorm behindern würde. Dies ist in Abb. 40 ersichtlich.

(Quelle: AWEL Kanton Zürich 2025a)



Abb. 40: Simulation des Schwemmholtrechens (Quelle: AWEL Kanton Zürich 2025a)

- Steuerung des Sihlsees: Durch Vorhersagen von starkem Regen kann einige Tage vor dem Unwetter der Sihlsees zu einem Teil abgelassen werden. So wird der See dann durch den Regen wieder gefüllt. Diese Massnahme dämpft die Spitze der Wassermenge, die während dem Wetterereignis fliessst. Siehe Bild Abb. 41.

(Quelle: A. K. Zürich 2025b)

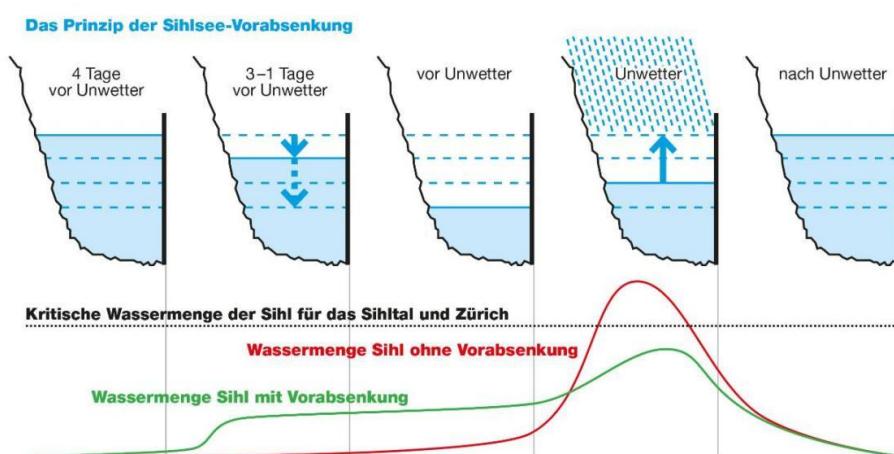


Abb. 41: Prinzip der Vorabsenkung (Quelle: A. K. Zürich 2025b)

8.4 Entlastungsstollen der Sihl

Laut der Stadt Zürich zeigen diverse Studien, dass ein Entlastungsstollen der Sihl die beste Variante ist, um Überschwemmungen in der Stadt Zürich zu verhindern. Der Bau läuft bereits seit März 2022 und soll voraussichtlich 2026 abgeschlossen sein. Der Stollen ist so konzipiert, dass ab einem Durchfluss der Sihl von 250 m^3 pro Sekunde ein Teil des Wassers über den Stollen direkt in den Zürichsee umgeleitet wird. Ab einem Durchlass von 300 m^3 pro Sekunde sei es mit Hochwasserschäden in der Stadt zu rechnen. Die Auswirkungen auf den See sind minimal. So würde mit dem zusätzlichen Wasser der See maximal einige wenige Zentimeter ansteigen. Zusätzlich sind auch am Seeabfluss (Limmatt) Arbeiten geplant.

Im Jahr 2021 sind in der Schweiz mehrere Flüsse und Seen über die Ufer getreten. In einem Messergebnis aus dieser Zeit ist ersichtlich, dass die Sihl einen Durchfluss von 248 m^3 pro Sekunde erreichte.

Der Stollen schützt bis zu einer Durchlaufspitze von 600 m^3 pro Sekunde, wobei er selbst bis zu 330 m^3 pro Sekunde aufnehmen kann. Ein solch hoher Durchsatz sei statistisch nur alle 500 Jahre wahrscheinlich.

(Quelle: A. K. Zürich 2025a)

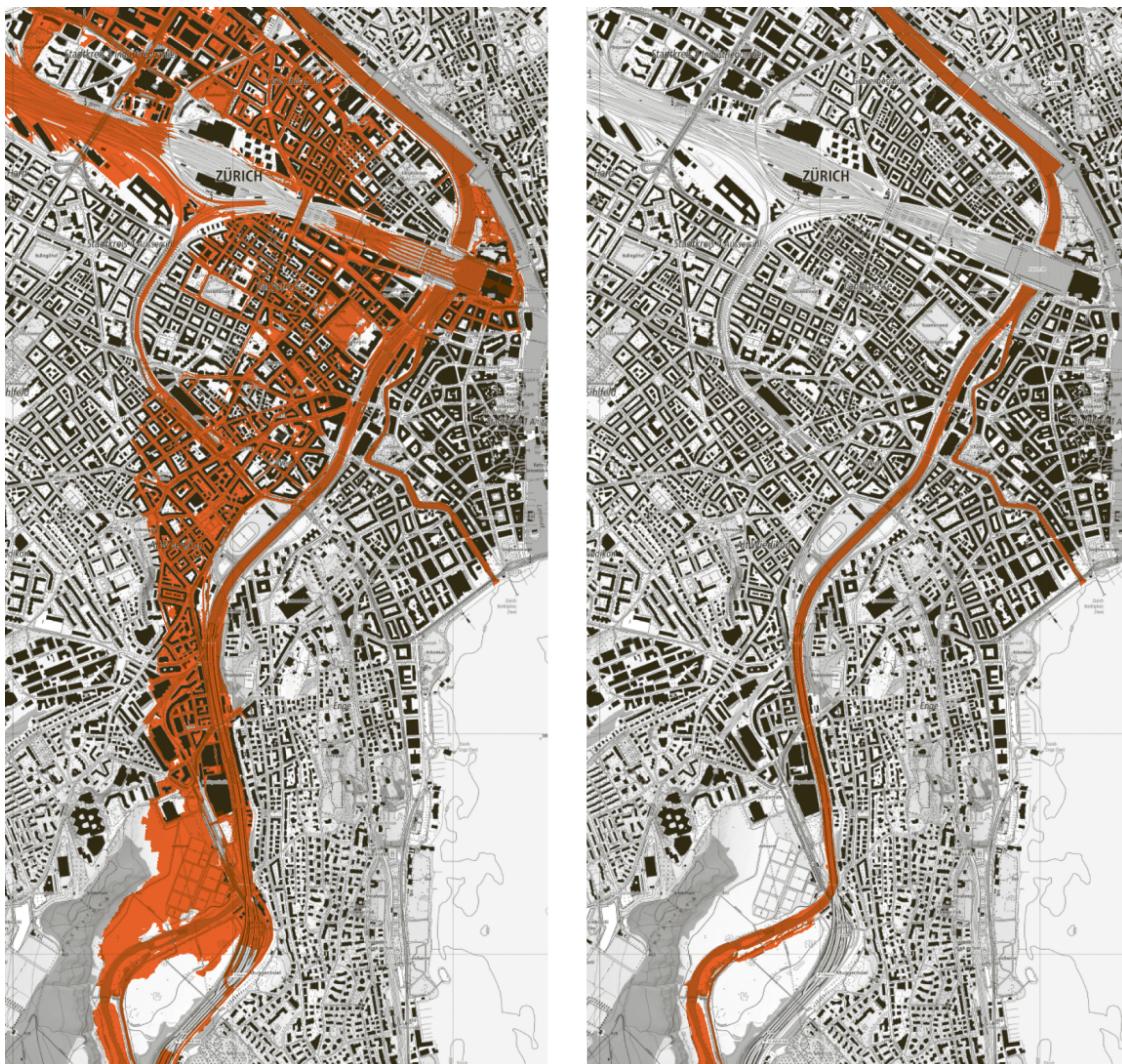


Abb. 42: Vergleich Entlastungsstollen Sihl (Quelle: A. K. Zürich 2025a)

9 Lösungsansätze

Schutzmassnahmen gegen Hochwasser können grob in zwei Teile eingeordnet werden: temporäre und permanente Massnahmen. Temporäre Massnahmen wie Mobile Schutzwände, Barrieren, oder Sandsäcke haben den klaren Nachteil, dass man sie zuerst aufstellen muss und sie nur bis zu einem gewissen Punkt Schutz in Extremsituationen leisten können. Deshalb macht es Sinn, an permanente Lösungen zu denken.

9.1 Temporäre Lösungsansätze

Temporäre Lösungen versuchen mit den auftretenden Wassermengen klarzukommen. Entweder wird versucht, das Wasser abzuhalten oder es wird versucht die Schäden zu minimieren.

9.1.1 Abschirmung

Zugänge und Öffnungen schützen: Vor allem Türen und Öffnungen wie äussere Treppenabgänge oder Lüftungs- und Lichtschächte sind sehr anfällig auf Wassereinlass. Deswegen ist es sinnvoll, diese Stellen höher als das umliegende Gelände und höher als das Wasser bei einer Überschwemmung zu halten. Bei der Bauplanung solcher Objekte soll also darauf geachtet werden, dass kein Wasser direkt auf sie zukommen kann. Sie sind also auf nicht auf der Seite gebaut, wo das Wasser natürlicherweise auftreten würden, oder dass sie höher als das Hochwasser liegen. Natürlich gibt es auch noch permanente Abdichtungs- und Verstärkungsmassnahmen. Indem Türen und Fenster wasserdicht und verstärkt gebaut werden. Darauf zu achten ist, dass die abgedichteten Flächen dem Wasserdruck und auch dem angeschwemmten Treibgut standhalten können.

Zudem können auch Garageneinfahren und andere Öffnungen mit sogenannten Klappschotts geschützt werden. Diese können automatisch hochgefahren werden.

Siehe Bilder (Klappschotts zu und auf):



Abb. 43: Klappschotts auf (Quelle: JOMOS Brandschutz AG 2025)



Abb. 44: Klappschotts zu (Quelle: JOMOS Brandschutz AG 2025)

9.1.2 Abdichtung

Das Gebäude wird wasserdicht gemacht. Dabei ist darauf zu achten, dass alle Schwachstellen abgedichtet werden.

(Quelle: Egli Engineering AG 2022)

9.1.3 Nasse Vorsorge

Beim Konzept der nassen Vorsorge wird darauf geachtet, dass eintretendes Wasser einen möglichst geringen Schaden verursacht.

(Quelle: Egli Engineering AG 2022)

9.2 Permanente Lösungsansätze

Permanente Lösungen versuchen, die Probleme mit Überschwemmungen im Vorfeld direkt zu verhindern oder zumindest zu minimieren.

9.2.1 Terraingestaltung

Bei der Terraingestaltung möchte man Wasser gezielt von Gebäuden wegführen, indem das Gebäude und die Zugänge höher sind. So kann der Wasserfluss das Gebäude resp. die Zugänge überhaupt nicht erreichen. Wichtig ist aber, dass das Risiko auf andere Strukturen nicht grösser werden darf. (ZGB Art. 689)

(Quelle: Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen 2025)

9.2.2 Deiche und Mauern

Deiche und Mauern sind mitunter die ältesten Praktiken zum Hochwasserschutz. Sie zerschneiden allerdings das Gebiet und müssen immer wieder gewartet werden.

(Quelle: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz 2018)

9.2.3 Rückhaltebecken

Rückhaltebecken oder dezentrale Rückhaltebecken werden an verschiedenen Bächen und Wassereinzugsgebieten eingesetzt, nicht direkt in Flüssen. Dass so bei allen Zubringern weniger Wasser kommt, summiert sich die Abnahme des Wasserflusses und kann die Hochwasserspitzen dämpfen.

9.2.4 Talsperren und staatliche Hochwasserrückhaltebecken:

Talsperren (wie auch die im Sihlsee) und Hochwasserrückhaltebecken können auch bei extremen Situationen gut Abhilfe schaffen. Dazu werden mit Hilfe von Niederschlagsberechnungen Vorhersagen gemacht und auf bedarf Wasser abgelassen oder gestaut. So kann danach Regenwasser im Rückhaltebecken, welches jetzt Platz hat, gestaut werden und der Fluss wird entlastet.

(Quelle: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz 2018)

9.2.5 Entlastungsstollen

Entlastungsstollen können, wie am Beispiel des Stollens an der Sihl (Siehe 8.4) die Flüsse in Extremsituationen entlasten und einen bedeutenden Teil des Wassers umleiten. Damit das funktioniert, muss in der Nähe eine Stelle sein an der unbedenklich das zusätzliche Wasser hingeleitet werden kann. In der Regel ist das ein See, der bei Starkregen nicht selbst schon überläuft. Auch ist der Bau eines solchen Stollens relativ teuer.

Ein weiteres aktuelles Projekt ist ein Entlastungsstollen im Sarneraatal im Kanton Obwalden.

(Quelle: Kanton Obwalden 2025)

9.2.6 Gezielte Flutung von definierten Flächen

Mit dem gezielten Fluten kann bei Extremwettersituationen überschüssiges Wasser auf gewisse Flächen eingelassen werden. Diese Flächen können sehr divers sein. Zum Beispiel eine Tiefgarage oder ein Fussballplatz oder unbebaute Fläche neben einem Fluss. Diese Flächen können aber nur eine gewisse Menge Wasser aufnehmen, wenn die Kapazität erreicht ist, fliesst das Wasser wieder im Fluss weiter.

(Quelle: Reye 2022)

9.2.7 Staustufen

Auch Stauflüsse (Stromgewinnung) könnten eventuell zur Kontrolle von Überschwemmungen verwendet werden. Sie funktionieren ähnlich wie bei der Gestaltung von Rückhaltebecken sind allerdings weit weniger einflussreich und nur bedingt wirksam.

(Quelle: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz 2018)

9.2.8 Renaturierung von Flüssen

Mit dem Rückgang zu natürlichen Flussverläufen können sich Flüsse bei Hochwasser auf ihre Auen ausbreiten und so das Wasser besser verteilen. Dazu kommt, dass die Renaturierung noch zahlreiche weitere positive Effekte hat, wie zum Beispiel: Selbstreinigung und Wasserqualität, Beitrag zur Klimaanpassung und Artenvielfalt.

(Quelle: Enercity 2024)

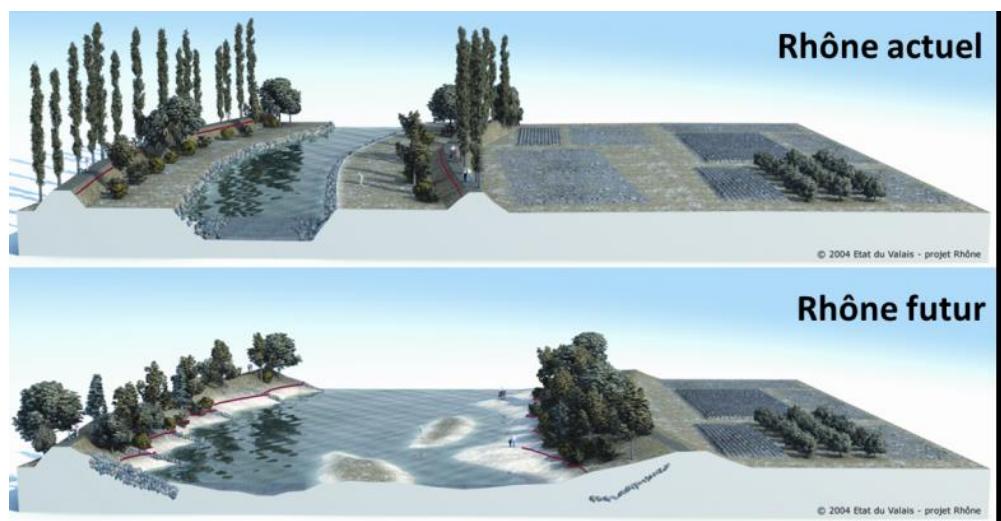


Abb. 45: Renaturierung der Rhône (Vorher, Nachher) (Quelle: Wikipedia 2024)

9.3 Schwammstadt

Definition

Mit der Schwammstadt wird auf die Probleme von Hitze, Trockenheit und auch Starkregen eingegangen. Überschüssiges Wasser soll gespeichert und bei Hitze wieder abgegeben werden. Verdunstung kühlst die Umgebung und indem der Regen lokal versickert und die Kanalisation wird bei Starkregen entlastet.

Im Detail wird Regenwasser von schwächerem Regen nahe an der Oberfläche gespeichert. So kann es auch bei Hitze wieder verdunsten oder dient den Pflanzen. Bei mittlerem Regen versickert dann ein Teil in tiefere Bodenschichten und erreicht auch das Grundwasser. Erst bei Starkregen kommt es dann zu Oberflächenabfluss.

Der Oberflächenabfluss wird dann in speziellen Korridoren abgeleitet. Die Elemente der Schwammstadt können auch noch für Erholung, Biodiversität, etc. verwendet werden.

Zusammenfassend ist also Schwammstadt ein Konzept, bei dem gezielt mit Regenwasser umgegangen wird. Zusätzlich werden Extremsituationen angegangen.

9.3.1 Beispiele Schwammstadt

Gute klimatechnologische Massnahmen welche unter den Begriff Schwammstadt fallen sind:

- Erhöhung von Grünflächen zur Versickerung von Regenwasser
- Versickerungsfähige Parkplätze (Keine Kanalisation benötigt)
- Retentionsspeicher (Wasserspeicher)
- Naturweier
- Freilegung von Bächen

(Quelle: Bern 2025)

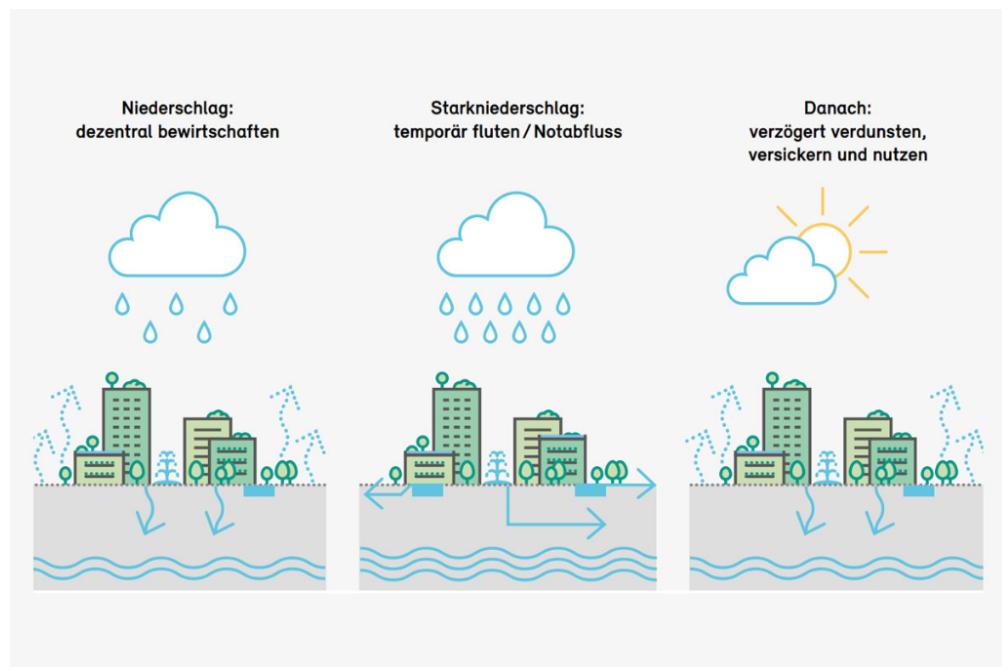


Abb. 46: Schwammstadt BAFU (Quelle: BAFU 2022)

10 Schlusswort

Zum Schluss blicken wir auf das Thema als solches, die Arbeitsweise im Team, den Zeitplan und die offenen Punkte der Arbeit zurück.

10.1 Beantwortung der Leitfrage

Zu Beginn dieser Arbeit haben wir uns die Frage gestellt, mit welchen klimatechnologischen Lösungen das Städteklima der Stadt Zürich verbessert werden kann.

Wir haben festgestellt, dass es verschiedene Möglichkeiten in unterschiedlichen Themengebieten gibt, um diese Frage zu beantworten. Einerseits ist es wichtig, möglichst viel Blaue und Grüne Infrastruktur aufzubauen, um den städtischen Wärmeinseleffekt so gut es geht einzudämmen. Andererseits haben wir gesehen dass es wichtig ist, möglichst viele Flächen zu entsiegeln und so das Risiko von Überschwemmungen und Hochwasser zu minimieren. Der Komplexität des Themas ist geschuldet, dass alle Faktoren zu einem gewissen Teil auch ineinander spielen. So schaffen einige Massnahmen oft für mehrere Probleme Abhilfe.

10.2 Thematischer Rückblick

In der Arbeit wurden aufgrund des vorgegebenen Themas "Technische Lösungen im Umgang mit dem Klimawandel" die vier Unterthemen Hitze in Städten, Oberflächenabfluss, Schwammstadt und Blau-Grüne-Infrastruktur definiert.

Im Bezug auf Hitze in Städten wurde genauer thematisiert, wie der städtische Wärmeinseleffekt genau funktioniert. Als Lösung wurde dokumentiert wie Städte optimiert werden können, dass sie so kühl und angenehm wie möglich sind.

Auch der Oberflächenabfluss stellt in Städten ein grosses Problem dar, da er unter anderem für die Verschmutzung der Umwelt verantwortlich ist. In diesem Zusammenhang wurde die aktuelle Funktionsweise des Kanalisationssystems in der Schweiz und Zürich genauer angeschaut und eine mögliche (bessere) Alternative dazu dokumentiert.

Das Prinzip der Schwammstadt behandelt die Ableitung und Aufnahme des Wassers aus der Stadt. Dabei kommt es nicht drauf an, ob es sich dabei um Niederschlagswasser oder um Fluss-/ Bachwasser handelt.

Die Blau-Grüne-Infrastruktur (BGI) thematisiert verschiedene Elemente in der Planung von Gebieten und spielt besonders in Städten eine grosse Rolle. Sie beinhaltet beispielsweise das offenzulegen von Bächen und Flüssen oder das Begrünen von Asphaltflächen und Gebäuden. Sie trägt also wesentlich dazu bei, Städte besser zu entwässern und zu kühlen.

10.3 Arbeitsweise

Nach der Findung eines spezifischen Themas und der Erstellung eines Grobkonzeptes haben wir uns mithilfe von Quellenmaterial aus dem Internet und einem ETH-Kollegen einen Überblick über das Thema verschafft. Damit konnten wir das Thema granularer aufteilen und die verschiedenen Kapitel in der Gruppe verteilen.

Da die Themen stark zusammenhängen und sich auch in gewissen Teilen überschneiden, mussten wir uns gelegentlich untereinander absprechen. Dafür haben wir uns ca. ein bis zwei Mal pro Woche getroffen und die aktuellen Themen untereinander diskutiert. Diese Treffen boten zusätzlich Raum für Austausch über aktuelle Probleme beim Schreiben der Arbeit.

Die Arbeit an sich haben wir in Latex verfasst, was zusätzlich Arbeit bedeutete, da diesbezüglich nicht alle Gruppenmitglieder auf dem gleichen Wissensstand waren. Dies erlaubte ein sehr kolaboratives Arbeiten ohne Probleme mit der Synchronisierung. Dies zeigte sich als Problem in den vorhergehenden Arbeiten, welche wir in Word verfasst haben.

10.4 Zeitplan

Der ursprüngliche Zeitplan war sehr optimistisch und ambitioniert. Dafür hatte er viel Pufferzeit am Schluss eingeplant, damit allfällige Unregelmässigkeiten gut aufgefangen werden konnten. Leider konnten die geplanten Termine nur zum Teil eingehalten werden. Das Grobkonzept und die Recherche nach Informationen konnten wie geplant umgesetzt werden. Allerdings waren danach andere Prüfungen in der Schule angesetzt, welche bei der Erstellung des Zeitplans noch nicht bekannt waren. Dadurch war die Arbeit an der IDPA für einige Wochen bis zu den Ferien pausiert. Geplant wäre gewesen, dass zu Beginn der Frühlingsferien bereits der grösste Teil der Dokumentation erledigt ist. Leider war zu diesem Zeitpunkt erst wenig Text geschrieben. Daher ist der gesamte Zeitplan nach hinten gerutscht und die Dokumentation konnte erst zwei Wochen nach geplanter Fertigstellung zum grössten Teil abgeschlossen werden.

11 Reflexionen

11.1 Reflexion Pirmin

Mit dem von mir geschriebenen Themengebiet "Überschwemmungen" konnte ich mich schnell identifizieren. Wenn man schon mal einen reisenden Fluss bei Hochwasser miterlebt hat, merkt man, dass davon eine Gefahr ausgeht, die es anzugehen gilt. Beim Schreiben dieser Arbeit konnte ich viel dazulernen. Ein spezielles Augenmerk hat die Stadt Zürich mit dem folgenden zwei Aspekten: 1. Das zugrundeliegende Problem, dass die Stadt zu grossen Teilen auf dem natürlichen Schwemmkegel der Sihl gebaut ist. 2. Die bereits unternommenen und in Arbeit befindlichen Schritte welche die Gefahr für die Stadt erheblich mindern. Da die Stadt Zürich und der Bahnhof ein so zentraler Knotenpunkt für die gesamte Schweiz ist, ist die Wichtigkeit der Unternehmungen zum Überschwemmungsschutz von Stadt und Kanton Zürich nicht zu unterschätzen. Vor allem interessant fand ich Konzepte wie die Vorabsenkung am Beispiel des Sihlsees. Diese funktioniert mithilfe von Wettervorhersagen und entsprechender Steuerung und dem gezielten ablassen von Wasser aus dem Sihlsee, so dass dann im Nachhinein beim Starkregen die Sihl erheblich entlastet ist. Auch interessant ist das Konzept des Schwemmholzrechens. Da Schwemmholz an gewissen kritischen Stellen sehr problematisch sein kann, zieht man mit dem Rechen an einer geplanten nicht-kritischen Stelle das Schwemmholz gezielt an. Weiter auch noch das Konzept des Entlasstungsstollens der Hochwassergefahr erheblich mindern kann, indem überschüssiges Wasser zu Spitzenzeiten gezielt vom Fluss weggeleitetet wird. Diese und weitere Konzepte können bestimmt an anderen Orten in der Schweiz und auf der Welt Abhilfe schaffen und für Sicherheit sorgen. Sie müssen natürlich jeweils geprüft werden und auch über gewisse Voraussetzungen verfügen, wie z.B das bei einem Entlassungsstollen, das Wasser gefahrenfrei in einen See oder ähnliches geleitet wird und nicht das Problem einfach an einen anderen Ort verschoben wird.

Die Recherche der Arbeit hat einiges an Zeit in Anspruch genommen, so konnte man sich in einigen Unterthemen wie eben z.B. dem Hochwasserschutz in Zürich schnell verlieren. Andere Recherchen stellten sich zum Teil eher als schwierig heraus, da Themen wie Blaue Infrastruktur oder auch Schwammstadt zwar intuitiv schnell erklärt sind, aber die Themen doch schwer abzugegrenzen sind auch da Quellen zum Teil nicht sehr ins Detail gehen. Der extrem unterschiedliche Tiefgang der Quellen macht es schwer klare Informationen zu dokumentieren, die nicht zu tief gehen, aber auch nicht nur an der Oberfläche kratzen.

Auch das Arbeiten in der Umgebung von Latex, die mir bis auf die Verwendung von mathematischen Formeln unbekannt war, war nicht immer mühelos machbar. Dort bereiten mir vor allem Quellen und Bilder Probleme mit der Hilfe von Tobias komme ich aber mittlerweile zurecht, was auch in Zukunft mir sehr behilflich sein kann.

Abschliessend möchte ich sagen, dass die Themen der Arbeit wichtig, interessant und auch in Zukunft sicher relevant bleiben. Ich bin froh, dass wir uns im Team auf dieses Thema einigen konnten. Ich nehme viel Wissen und Erfahrung von der Arbeit und dessen Erstellung mit.

11.2 Reflexion Soraya

Die Themenfindung war für mich ein entscheidender Punkt im Bezug auf die Motivation und Interesse zur Arbeit. Durch unser Vorgehen mit einer Mindmap hat unsere Gruppe für mich eine zielführende Strategie gewählt. Wir haben viele verschiedene Teilespekte gefunden und konnten über vertiefende Diskussionen bereits zu Beginn erste Themen eingrenzen und somit Schwerpunkte setzen. So gab es Unternehmen wie Erderwärmung und der Asteig des Meeresspiegel, welche von der ganzen Gruppe als nicht relevant taxiert wurden und somit in dieser Arbeit keine Berücksichtigung fanden. Die Verteilung der Teilgebiete hat, wie bei den letzten Arbeiten in unsere Gruppe gut funktioniert.

Die Recherche stellte sich für mich anspruchsvoll dar. Bei meinen beiden Teilthemen (Hitze minderung und Grüne-Infrastruktur) war auffallend, dass sich die Informationen sehr spezifisch auf einzelne Gebiete, oder Städte bezogen. Somit war es eine Herausforderung viele diverse Quellen im Bezug auf den Standort zu hinterfragen und es galt zu überprüfen, ob die Informationen wirklich verwertbar waren. Was sich durch die thematische Eingrenzung auf die Stadt Zürich noch erschwert. Es wurde leichter, nachdem ich die Ansätze und Theorien von anderen Schweizer Städten oder Unternehmen, die nicht nur in Zürich operierten in die Wissensbeschaffung aufnahm. Die konkrete Anwendung von diesen Theorien oder Ansätzen konnte ich, mit Hilfe eines sehr detaillierten Dokuments der Stadt Zürich (Fachplanung Hitzeminderung - Stadt Zürich), für diese Arbeit gebrauchen.

Bei der Grünen-Infrastruktur war der schwierige Teil, nur Infos und Beispiele zu finden, welche nicht auch zu grossen Teilen zu der Blauen-Infrastruktur zählten. Da das Problem der Themen Überschneidung allgemein vorgekommen ist, haben wir in der Gruppe entschieden, dass wir auch Texte zu übergreifende Themen schreiben. Die Abgrenzung haben wir so geschaffen, dass wir die Infos zu unserem Gebiet schreiben. Sobald es in das Gebiet eines anderen übergeht, wurde der eigene Text beendet und darauf aufmerksam gemacht, dass später noch mehr Infos dazu folgen.

Das eigentliche Schreiben der Arbeit gestaltete sich für mich nicht all zu schwer. Ich musste mehr auf die Eingrenzung der einzelnen Teilgebiete meiner Themen achten. Es gibt sehr viele praktische Anwendungen, um das Problem der Hitze in Städten zu lösen. Hier war für mich die Herausforderung die Themen, über welche ich in dieser Arbeit schreiben wollte, einzugegrenzen. Für mich war es auch wichtig über Themen zu schreiben, welche mit den Themen meiner Teamkollegen zusammenpassten und somit die gesamte Arbeit mehr zusammen halten. Um das zu erreichen haben ich, Pirmin und Tobias die verschiedenen Handlungsfelder und Handlungsansätze vorgelesen und sie gefragt, welche am besten zu Ihren Themen passen. Somit konnte ich den Umfang der vielen Informationen eingrenzen.

Persönlich habe ich die grösser der Arbeit ein wenig unterschätzt. Schlussendlich sind ein paar Stunden und auch Abende, an welchen wir zu dritt zusammen daran geschrieben haben, zusammengekommen. Die Arbeit war anspruchsvoll zu schreiben für mich. Mein Interesse zu klimaökologischeren Städten hat sich erheblich vergrössert. Das Erkennen von Massnahmen von diesem Thema in meinem alltäglichen Leben, finde ich sehr spannend.

11.3 Reflexion Tobias

Ich freue mich grundsätzlich immer, grössere Dokumentationen und Arbeiten zu schreiben. Das vorgegebene Thema von der Schulleitung war sehr grob definiert, was ich eine gute Voraussetzung fand. So kann man als Gruppe ein Thema finden, welches jeden anspricht. Mit dem Suchen und Recherchieren von Lösungen zur Verbesserung des Städteklimas haben wir ein spannendes Thema gefunden. Es ist zwar sehr komplex, trotzdem liess es sich im Rahmen dieser Arbeit gut aufarbeiten und erklären. Zudem hatten wir den Vorteil, dass wir jederzeit auf einen Kollegen zurückgreifen konnten, welcher dieses Thema bereits in seinem ETH-Studium behandelt hat. Den Zeitplan, welchen wir im Grobkonzept erstellt hatten, konnten wir leider nicht immer einhalten. Dies war besonders Prüfungen geschuldet, welche uns beim Erstellen des Zeitplanes noch nicht bekannt waren. Wir konnten aber glücklicherweise durch die Frühlingsferien die Zeit gut aufholen und die Arbeit in kurzer Zeit weit vorantreiben.

Unsere Arbeitsweise in der zur Verfügung stehenden Zeit war okay. Ich hatte das Gefühl, dass wir besonders zu Beginn der Dokumentation Mühe hatten, in einen Flow zu kommen. Anschliessend lief es aber sehr gut und speditiv. Wir haben uns bei regelmässigen Treffen während der Ferien abgesprochen und offene Probleme geklärt.

Dies ist nun meine zweite Abschlussarbeit, welche ich in Latex verfassen darf. Ich war der einzige Erfahrene im Team, welcher schon längere Zeit mit Latex gearbeitet hatte. Für mich war das eine Möglichkeit, mein bereits erlerntes Wissen zu vertiefen und weiterzugeben. Um die Dokumentation zu perfektionieren, musste ich zudem auch neue Dinge lernen, damit z. B. die Formatierung stimmte. Aus meiner Sicht haben Soraya und Pirmin grosse Fortschritte im Bezug auf Latex gemacht. Es gibt immer noch Stolpersteine, welche man ausbessern musste, aber der Grundstein für weitere erfolgreiche Dokumentationen in Latex steht.

Ich war während der Dokumentation speziell in das Thema Oberflächenabfluss vertieft. Ich habe dort viel neues über die Kanalisation in der Schweiz und ihre Probleme gelernt. Zudem konnte ich mein Wissen im Bezug auf Regenwasser und dessen Entsorgung / Versickerung stark erweitern. Ich überlege nun, auch Zuhause wieder eine Regenwassertonne aufzustellen. So würde ich einen kleinen Beitrag dazu leisten, die Kanalisation zu entlasten.

Der Abschluss der Dokumentation war ein wenig stressig, da uns nicht mehr viel Zeit übrig blieb. Wir mussten trotzdem noch viele Formatierungen innerhalb unseres Dokumentes ändern und noch einige Texte umschreiben. Dies war vor allem aus dem Grund stressig, dass wir Latex verwendet haben. Die Formatierung ist nicht so einfach wie in Word und bedeutet einiges an Internetrecherche, was wiederum viel Zeit kostet.

Bei der nächsten Dokumentation würde ich einiges verbessern. Ich würde persönlich eine bessere Einführung in Latex vor dem Start der Dokumentation geben. So reduzieren sich die Fehler und Rückfragen der Gruppenmitglieder. Trotzdem würde ich Latex wieder wählen. Ich würde mir zudem mehr Gedanken beim Erstellen des Zeitplanes machen und auf Lehrer zugehen. So kann man bereits beim Erstellen die Prüfungen einrechnen und erstellt keinen zu ambitionierten Zeitplan. Mit der abgeschlossenen Dokumentation als Produkt unserer Arbeit bin ich sehr zufrieden. Wir haben gut im Team gearbeitet und uns unterstützt, wo die gegenseitige Unterstützung gebraucht wurde. Ich finde auch, die Dokumentation ist für die stark limitierte Zeit und den Fakt, dass mehr als die Hälfte der Verfasser noch nie mit Latex gearbeitet hat, sehr gut geworden.

12 Literaturverzeichnis

Literatur

- ABZ (2025). *Siedlung Toblerstrasse*. <https://www.abz.ch/bauten/siedlungen/toblerstrasse>. (Besucht am 29. 04. 2025).
- Altenrhein, Abwasserverband (2025). *Entwässerungssysteme*. <https://www.ava-altenrhein.ch/kanalnetz/entwaesserungssysteme/>. (Besucht am 24. 04. 2025).
- Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Kanton Zürich (2025). *Hochwasserschutz Sihl, Zürichsee und Limmat*. <https://www.zh.ch/de/planen-bauen/wasserbau/wasserbauprojekte/hochwasserschutz-sihl-zuerichsee-limmat.html>. (Besucht am 29. 04. 2025).
- Andrews, Kate (Sep. 2013). *The Oasis of Aboukir green wall*. <https://www.dezeen.com/2013/09/08/the-oasis-of-aboukir-green-wall-by-patrick-blanc>. (Besucht am 29. 04. 2025).
- AWEL (2022). "Richtlinie und Praxishilfe Regenwasserbewirtschaftung". In: (Besucht am 29. 04. 2025).
- AWEL Kanton Zürich (2025a). *Sihl-Schwemmholzrechen*. <https://www.zh.ch/de/planen-bauen/wasserbau/wasserbauprojekte/wasserbauprojekte-flexdata/sihl-schwemmholzrechen.html>. (Besucht am 02. 05. 2025).
- (2025b). *Sicherstellung der Kaltluftzirkulation*. <https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/klima/hitze-im-siedlungsraum/massnahmen-gegen-hitze/kaltluftzirkulation.html>. (Besucht am 29. 04. 2025).
- BAFU (2022). *Städte von Morgen: Die Schwammstadt als Antwort*. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/ernaehrung-wohnen-mobilitaet/dossiers/magazin-2022-4-dossier/staedte-von-morgen-die-schwammstadt-als-antwort.html>. (Besucht am 02. 05. 2025).
- Baudirektion Kanton Zürich (Mai 2015). *Misch- oder Trennsystem*. <https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/planen-bauen/baubewilligung/umweltschutz-auf-baustelle/n/gute-baustellenpraxis/MischTrennSystem.pdf>. (Besucht am 24. 04. 2025).
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2018). *Technischer Hochwasserschutz*. https://www.hochwasserinfo.bayern.de/hintergrundwissen/wie_geht_bayern_mit_hochwasser_um/technischer_hochwasserschutz/index.htm. (Besucht am 02. 05. 2025).
- Berliner Regenwasseragentur (Juli 2020). *Regenwasserbewirtschaftung macht Schule*. <https://regenwasseragentur.berlin/regenwasserbewirtschaftung-schule>. (Besucht am 25. 04. 2025).
- Bern, Stadt (2025). *Schwammstadt kurz erklärt*. <https://www.bern.ch/themen/umwelt-natur-und-energie/klima/klimaanpassung/grundlagen-und-wissen/schwammstadt/schwammstadt-kurz-erklaert>. (Besucht am 02. 05. 2025).
- Bernet, Daniel B. u. a. (2018). "Werkzeuge zum Thema Oberflächenabfluss als Naturgefahr – eine Entscheidungshilfe". In: S. 13 / 14. (Besucht am 22. 04. 2025).
- Bienert, Volker (Apr. 2011). *BS und EMi gewinnen auch am Zürichberg*. <https://www.hochpartnerre.ch/nachrichten/wettbewerbe/bs-und-emi-gewinnen-auch-am-zuerichberg>. (Besucht am 29. 04. 2025).
- Christmann, Andrea (Aug. 2019). *Klimawandel - Gestalten mit Wasser*. <https://stadtundgruen.de/artikel/wasser-in-der-stadt-spielerisch-inszenieren-klimawandel-gestalten-mit-wasser-6530#fancybox-galerie-8>. (Besucht am 25. 04. 2025).
- Egli Engineering AG (2022). *Nasse Vorsorge*. <https://www.schutz-vor-hochwasser.ch/de/news/nasse-vorsorge-2>. (Besucht am 02. 05. 2025).
- Enercity (Sep. 2024). *Flüsse im Wandel: Renaturierung von Wasseradern*. <https://www.enercity.de/magazin/unsere-welt/renaturierung-von-fluessen-und-auen>. (Besucht am 02. 05. 2025).
- Espanzium (15. Juni 2022). *Eine Abkehr von Routinen im Infrastrukturbereich*. <https://www.espanzium.ch/de/aktuelles/eine-abkehr-von-routinen-im-infrastrukturbereich>. Quelle Titelbild. (Besucht am 29. 04. 2025).
- Gewässerschutzfachleute), VSA (Verband Schweizer Abwasser- und (2023). "Kosten und Leistungen der Abwasserentsorgung". In: (Besucht am 18. 04. 2025).
- Giusto, Lina (Mai 2018). "Fünfte Fassade - wenn die Dachterrasse zur Grünfläche wird". In: *Limmattaler Zeitung*. (Besucht am 29. 04. 2025).
- Greenroofs.com (2007). *Sihlcity Shopping Center Living Facade*. <https://www.greenroofs.com/projects/sihlcity-shopping-centre-living-facade>. (Besucht am 25. 04. 2025).

-
- Hörler, Arnold (1966). *Kanalisation, Sonderdruck aus dem Ingenieurhandbuch Band II*.
- JOMOS Brandschutz AG (2025). *Klappschotts*. <https://jomos.ch/index.asp?inc=shop/index.asp&typ=Nav3&cat=195>. (Besucht am 02. 05. 2025).
- Kaltenbach, Frank (Nov. 2015). *Rotterdam: Erstes Rückhaltebecken mit Aufenthaltsqualität*. http://www.detail.de/de_de/rotterdam-erstes-rueckhaltebecken-mit-aufenthaltsqualitaet-26411. (Besucht am 25. 04. 2025).
- Kanton Obwalden (2025). *Sarneraa mit Hochwasserentlastungsstollen Ost*. <https://hochwasserschutz.ow.ch/projekte/sarneraa-mit-hochwasserentlastungsstollen-ost>. (Besucht am 02. 05. 2025).
- Kanton Zürich (12. Juli 2017). *Geoportal Kanton Zürich*. <https://geo.zh.ch/maps?x=2683367&y=1249940&scale=86668&basemap=arelkbackgrounddzh>. (Besucht am 16. 04. 2025).
- Kira Rehfeldt Dr. Teresa Zölich, Sabrina Erlwein (Okt. 2023). *Steckbrief: Wandgebundene Fassadenbegrünung*. <https://gruene-stadt-der-zukunft.de/steckbrief-wandgebundene-fassadenbegruebung>. (Besucht am 25. 04. 2025).
- Klein, Malte (2019). "Störung im Regenüberlaufbecken in Walddorf: Klopapier im Bach". In: (Besucht am 24. 04. 2025).
- Klimakonkret (2020). *Grünräume sichern und vernetzen*. <https://www.klimakonkret.at/gruenraume>. (Besucht am 25. 04. 2025).
- Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz, Bundesamt für (Okt. 2022). *Heftige Niederschläge*. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/klimawandel-und-auswirkungen/schweizer-klimaszenarien/kernaussagen/heftige-niederschlaege.html>. (Besucht am 24. 04. 2025).
- MeteoSchweiz (2025). *Städtischer Wärmeinseleffekt*. <https://www.meteoschweiz.admin.ch/wetter/wetter-und-klima-von-a-bis-z/staedtischer-waermeinseleffekt.html>. (Besucht am 17. 04. 2025).
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2025). *Hochwasser*. https://www.nlwkn.niedersachsen.de/hochwasserschutz/hintergrundinformationen/wie_entsteht_hochwasser/fachliche-grundlagen-wie-entsteht-hochwasser-119741.html. (Besucht am 02. 05. 2025).
- Pfoser, Prof. Dr.-Ing. Nicole (Okt. 2024). *Fassadenbegrünung*. <https://www.mein-schoener-garten.de/themen/fassadenbegruebung>. (Besucht am 29. 04. 2025).
- Reinventing Cities (Dez. 2017). "Lágmúli Reykjavík". In: (Besucht am 25. 04. 2025).
- Reye, Barbara (Aug. 2022). *Stadt kühlen? Schwamm drunter!* <https://www.tagesanzeiger.ch/schwamm-drunter-796806180237>. (Besucht am 02. 05. 2025).
- Schöll, Jonas (Aug. 2020). "Hier blüht das grünste Haus der Stadt". In: *Stuttgarter Zeitung*. (Besucht am 29. 04. 2025).
- Stadt Nürnberg (2025). *Regenbecken Nürnberg*. <https://www.nuernberg.de/internet/sun/regenbecken.html>. (Besucht am 21. 04. 2025).
- Stadt Zürich (20. Jan. 2020). "Fachplan Hitzeminderung". In: *journalttitle*. (Besucht am 16. 04. 2025).
- (Juli 2024). *Ökologische Aufwertung Parkanlage Zweierplatz*. https://www.linkedin.com/posts/gruen-stadt-zuerich_stadtgraesn-programmstadtgraesn-stadtgraesn-activity-7204103752339845121-g6Rw. (Besucht am 25. 04. 2025).
- Thiel, Sophie (Juni 2015). *Waterplein Bentemplein Reveals the Secret of Versatile Water Squares*. <https://land8.com/waterplein-bentemplein-reveals-the-secret-of-versatile-water-squares>. (Besucht am 29. 04. 2025).
- Thüringen, Freistaat (2025). *Erhalt und Entwicklung von Kaltluftentstehungsgebieten und -leitbahnen*. <https://www.klimaleitfaden-thueringen.de/erhalt-und-entwicklung-von-kaltluftentstehungsgebieten-und-leitbahnen>. (Besucht am 29. 04. 2025).
- Tiefbauamt Stadt Zürich (2025). *Hochwasser*. https://www.stadt-zuerich.ch/de/umwelt-und-energie/klima/klimaanpassung/extremereignisse/hochwasser.html#langfristiger_hochwasserschutz. (Besucht am 02. 05. 2025).
- Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (2025). *Empfehlungen Gebäudeschutz*. <https://www.schutz-vor-naturgefahren.ch/architekt/empfehlungen.html>. (Besucht am 02. 05. 2025).
- Wehmeyer, Zoe Lina (Juni 2023). *Dachbegrünung*. <https://www.ad-magazin.de/artikel/dachbegruenung>. (Besucht am 29. 04. 2025).

-
- Weiss, G. (Nov. 2020). *Regenüberlaufbecken*. <https://www.uft.eu/uft-wiki/eintrag/regenueberlaufbecken/>. (Besucht am 21.04.2025).
- Wikipedia (Juli 2024). *Dritte Rhonekorrektion*. https://de.wikipedia.org/wiki/Dritte_Rhonekorrektion. (Besucht am 02.05.2025).
- Zürich, AWEL Kanton (2025a). *Entlastungsstollen Sihl-Zürichsee*. <https://www.zh.ch/de/planen-bauen/wasserbau/wasserbauprojekte/entlastungsstollen-sihl-zuerichsee.html>. (Besucht am 02.05.2025).
- (2025b). *Hochwasserschutz Sihl, Zürichsee und Limmat*. <https://www.zh.ch/de/planen-bauen/wasserbau/wasserbauprojekte/hochwasserschutz-sihl-zuerichsee-limmat.html>. (Besucht am 02.05.2025).
- Zürich, Stadt (Dez. 2022). *Teilplan Entlastungssystem Rasterkarte*. https://www.stadt-zuerich.ch/geodaten/download/Teilplan_Entlastungssystem_Rasterkarte. (Besucht am 21.04.2025).
- (2023). *Tägliche Abwassermengen Werdhölzli 2023*. https://data.stadt-zuerich.ch/dataset/erz_abwassermenge_klaerwerk_werdhoelzli/resource/0289fd89-ceb0-4395-8b8b-26580ea5e503. (Besucht am 18.04.2025).
- Zürich Tourismus (2025). *Bäckeranlage*. <https://www.zuerich.com/de/besuchen/natur/baeckeranlage>. (Besucht am 29.04.2025).

Abbildungsverzeichnis

1	Wärmeinseleffekt Zürich tagsüber (Quelle: Stadt Zürich 2020)	6
2	Wärmeinseleffekt Zürich nachts (Quelle: Stadt Zürich 2020)	6
3	Verlauf der Hitzetage im Stadt / Land Vergleich (Quelle: MeteoSchweiz 2025)	7
4	Verlauf der Tropennächte im Stadt / Land Vergleich (Quelle: MeteoSchweiz 2025)	7
5	Kartenausschnitt Hotspotgebiete Stadt Zürich (Quelle: S. Zürich 2022)	9
6	Kaltluftsystem Zeichnung (Quelle: Thüringen 2025)	10
7	Kaltluftsystem in Zürich (Quelle: AWEL Kanton Zürich 2025b)	13
8	Kaltluftleitbahn mit Begrünung (Quelle: AWEL Kanton Zürich 2025b)	13
9	Grünraumvernetzung (Quelle: Klimakonkret 2020)	14
10	Offene Wasserflächen (Quelle: Christmann 2019)	15
11	Gebäudestellung Luftaustausch (Quelle: AWEL Kanton Zürich 2025b)	16
12	Siedlung Katzenbach in Zürich (Quelle: AWEL Kanton Zürich 2025b)	16
13	Wohnsiedlung Toblerstrasse (Quelle: ABZ 2025)	16
14	Skizze Toblerstrasse (Quelle: Bienert 2011)	16
15	Lágmúli - Stadtteil in Reykjavík (Quelle: Reinventing Cities 2017)	17
16	Parkanlage Zürich (Quelle: Zürich Tourismus 2025)	17
17	Schulanlage in Berlin (Quelle: Berliner Regenwasseragentur 2020)	18
18	Stadtgrünung Zürich (Quelle: Stadt Zürich 2024)	18
19	Rückhaltebecken Rotterdam (Quelle: Kaltenbach 2015)	19
20	Erhitzung eines konventionellen Dachs (Quelle: Stadt Zürich 2020)	20
21	Intensiv begrüntes Dach (Quelle: Stadt Zürich 2020)	20
22	1000 Trees Shanghai (Quelle: Wehmeyer 2023)	20
23	Hundertwasserhaus Wien (Quelle: Wehmeyer 2023)	20
24	Dachgarten Hochschule Zürich (Quelle: Giusto 2018)	21
25	Erdgebundene Fassadenbegrünung (Quelle: Pfofer 2024)	21
26	Horizontale Fassadenbegrünung (Quelle: Kira Rehfeldt 2023)	21
27	Vertikale Fassadenbegrünung (Quelle: Kira Rehfeldt 2023)	21
28	Temperatureinfluss bei Fassadenbegrünung (Quelle: Kira Rehfeldt 2023)	22
29	Fassadenbegrünung in Paris (Quelle: Andrews 2013)	22
30	Grüne Oase Stuttgart (Quelle: Schöll 2020)	22
31	Einkaufszentrum Shilcity Zürich (Quelle: Greenroofs.com 2007)	22
32	Verarbeitete Wassermenge bei Niederschlag (Quelle: Powerpoint ETHZ)	23
33	Anteil Versicherungsfälle aufgrund von Oberflächenabfluss (Quelle: Bernet u. a. 2018)	24
34	Verunreinigung von Gewässerräumen nach Starkregen (Quelle: Klein 2019)	25
35	Schematische Darstellung eines Trennsystems (Quelle: Altenrhein 2025)	26
36	Schematische Darstellung eines modifizierten Mischsystems (Quelle: Altenrhein 2025)	26
37	Natürlicher Wasserkreislauf und anzustrebender Wasserkreislauf (Quelle: AWEL 2022)	28
38	Schwemmkegel Zuerich (Quelle: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Kanton Zürich 2025)	29
39	Überschwemmungen (Quelle: Kanton Zürich 2017)	29
40	Simulation des Schwemmholzrechens (Quelle: AWEL Kanton Zürich 2025a)	30
41	Prinzip der Vorabsenkung (Quelle: A. K. Zürich 2025b)	30
42	Vergleich Entlasstungsstollen Sihl (Quelle: A. K. Zürich 2025a)	31
43	Klappschotts auf (Quelle: JOMOS Brandschutz AG 2025)	32
44	Klappschotts zu (Quelle: JOMOS Brandschutz AG 2025)	32
45	Renaturierung der Rohne (Vorher, Nachher) (Quelle: Wikipedia 2024)	34
46	Schwammstadt BAFU (Quelle: BAFU 2022)	35

13 Arbeitsjournal

13.1 Arbeitsjournal Soraya

Datum	Arbeitsdauer	Arbeitsthema
14.03.	1h	Diskussion Themenwahl mit der ganzen Gruppe
17.03.	2h	Erstellung der Grobkonzept
30.03.	1h	Durchlesen diverser Quellen
15.04.	1h	Recherchieren und schreiben über das Thema Wärmeinsel und Hitze in Städten
16.04.	1h	Fertigschreiben des Themas Hitze in Städten
16.04.	6h	Schreiben über die verschiedenen Teilpläne im Bezug auf die Hitzeminderung
16.04.	1h	Weiteres schreiben über die Teilpläne
16.04.	1.5h	Update über die Fortschritte der einzelnen Teammitglieder, Verfeinerte Themenaufteilung, Allgemeine Diskussion über die Arbeit
18.04.	1h	Fertigstellung Teilpläne für die Hitzeminderung
18.04.	2h	Recherchieren über verschiedene Lösungsansätze + Besprechung Lösungsansätze mit Teammitglieder
18.04.	3h	Recherchieren und schreiben über das Kaltluftsystem
21.04.	2h	Recherchieren und Lesen verschiedener Quellen über die Grüne-Infrastruktur, Definieren der Grünen-Infrastruktur.
21.04.	3.5h	Lösungsstrategie in Bezug auf die Handlungsfelder und die Gliederung der Lösungsansätze über die ganze Arbeit
21.04.	1h	Diskussion über den Stand der Arbeit und das weitere Vorgehen
23.04.	2h	Schreiben über die Grüne-Infrastruktur und Fertigstellung der Lösungsstrategien
24.04.	2h	Diskussion über den Stand der Arbeit und Vollendung der letzten Texte
26.04.	3h	Quellen Dokumentieren und Heraussuchen von Bildern
29.04.	5h	Schreiben der Einleitung, Titelseite designen, Erledigen von offenen ToDo's und einfügen von Bildern
02.05.	2h	Erstes durchlesen der Arbeit und Verbesserung von Rechtschreibfehler und Wortstellung
04.05.	2h	Schreiben des Schlusswortes und der Reflexion. Kleine allgemeine Änderungen in der Arbeit
05.05.	2.5h	übernahme der Anpassungen nach dem Korrekturlesen einer Hilfsperson, Erstellen des Glossars
05.05.	4h	Übertragung des Arbeitsjournals in Latex, Anpassung und Verbesserung der Formatierung und einzelner Texte
06.05.	4h	Schreiben des Abstract, Rechtschreibfehler verbessern, Formatierung auf Fehler Durchschauen
07.05.	2h	Letzte kleinen Anpassungen und Drucken der Arbeit

13.2 Arbeitsjournal Tobias

Datum	Arbeitsdauer	Arbeitsthema
14.03.	1h	Diskussion Themenwahl mit der ganzen Gruppe
15.03.	1h	Dokument erstellen, Latex Umgebung einrichten
17.03.	2h	Grobkonzept erstellen und Einreichen
28.03.	2h	Quellen und Zeitungsartikel suchen und Austausch für Quellen mit ETHZ-Student
29.03.	1.5h	Grobe Themeneinteilung und Dokumentationsstruktur erstellen
01.04.	1.5h	Einrichtung / Einführung Latex-Umgebung bei Pirmin
16.04.	3h	Aufbau und Gliederung der Arbeit, Texte schreiben und feinere Aufteilung
18.04.	8h	Start Dokumentation Oberflächenabfluss, Zusätzliche Recherchen zu Oberflächenabfluss, Latex Support für Pirmin
20.04.	2h	Kanalisationssysteme in der Schweiz beschreiben
21.04.	2h	Regenbecken und Probleme von starkem Niederschlag beschreiben
21.04.	1h	Besprechung weiteres Vorgehen in der Gruppe
24.04.	5h	Lösungsansätze Oberflächenabfluss dokumentieren, Formatierung von Latex-Dateien
25.04.	2h	Fortsetzung Dokumentation Lösungsansätze Oberflächenabfluss
29.04.	5h	Einleitung schreiben, Titelseite designen, Offene Todos erledigen, Weiterarbeiten am Kapitel Oberflächenabfluss, Latex-Hilfe für Pirmin
30.04.	2h	Grobkonzept als Anhang einfügen, Quellen überarbeiten
01.05.	0.5h	Dateien für Reflexionen hinzufügen und in Hauptdokument aufnehmen
02.05.	1h	Rechtschreibung und Satzstellung korrigieren
03.05.	5h	Bilder korrekt positionieren, Rechtschreibung korrigieren
04.05.	6h	Schlusswort verfassen, Bilder formatieren, Todos erledigen, Rechtschreibung korrigieren, Latex-Dateien formatieren
05.05.	6h	Quellen Soraya in Latex übertragen, Quellenverzeichnis formatieren, Hilfe für Soraya bei Arbeitsjournal
06.05.	5h	Quellenverzeichnis nochmals formatieren / Zitierungen ändern, Formatierung nochmals überarbeiten und kontrollieren, Einzelne kleine Korrekturen an der Arbeit
06.05.	1h	Reflexion schreiben, Arbeitsjournal übertragen und kontrollieren
07.05.	2h	Arbeit finalisieren und ausdrucken

13.3 Arbeitsjournal Pirmin

Datum	Arbeitsdauer	Arbeitsthema
14.03.	1h	Diskussion Themenwahl mit der ganzen Gruppe
17.03.	1h	Erstellung Grobkonzept
01.04.	1.5h	Erstellung Einrichtung und Einführung von Latex mit Tobias
02.04.	2h	Einlesen Quellen
16.04.	3h	Definition überschwemmung und erste Probleme mit Überschwemmung beschreiben
18.04.	2h	Weitere Probleme und Lösungskonzepte beschreiben
21.04.	4h	Dokumentation von Blaue-Infrastruktur, Temporäre und Permanente Lösungen
21.04.	1h	Besprechung im Team
24.04.	2h	Informierung und Dokumentierung vom Thema Überschwemmung in Zürich
29.04.	3h	Weiter über die Überschwemmung in Zürich. Bilder und Quellen diversifizieren. Struktur Anpassungen
02.05.	4h	Lösungsmöglichkeiten abgeschlossen und dokumentiert. Struktur überarbeitet
02.05.	2h	Quellen und Bilder richtig angegeben (Bibliografie erweitert)
06.05.	1h	Reflexion verfasst (Bibliografie erweitert)

Selbstständigkeitserklärung

Anhang 3 Selbstständigkeitserklärung

(sie ist zusätzlich zur Erklärung in der Arbeit und von jedem Teammitglied einzeln auszufüllen)

Name: Harb, Pirmin Klasse: TBM Fr/Sa

Hiermit bestätige ich, die IDPA-Berufsmaturaarbeit selbst verfasst zu haben. Informationen aus fremden Quellen sind stets durch die entsprechenden Angaben (Zitate, Quellenverzeichnis) gekennzeichnet.

Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Zitate mit Quellenangaben gekennzeichnet habe.

Ich nehme davon Kenntnis, dass die Schule berechtigt ist, bei Verstoss gegen diese Punkte die Arbeit mit der Note 1 zu bewerten.

Ort und Datum: St. Gallen, den 06.05.2025

Unterschrift: _____

Anhang 3 Selbstständigkeitserklärung

(sie ist zusätzlich zur Erklärung in der Arbeit und von jedem Teammitglied einzeln auszufüllen)

Name: Hilber, Soraya Klasse: TBM Fr/Sa

Hiermit bestätige ich, die IDPA-Berufsmaturaarbeit selbst verfasst zu haben. Informationen aus fremden Quellen sind stets durch die entsprechenden Angaben (Zitate, Quellenverzeichnis) gekennzeichnet.

Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Zitate mit Quellenangaben gekennzeichnet habe.

Ich nehme davon Kenntnis, dass die Schule berechtigt ist, bei Verstoss gegen diese Punkte die Arbeit mit der Note 1 zu bewerten.

Ort und Datum: St. Gallen, den 06.05.2025

Unterschrift: _____

Anhang 3 Selbstständigkeitserklärung

(sie ist zusätzlich zur Erklärung in der Arbeit und von jedem Teammitglied einzeln auszufüllen)

Name: Hilfiker, Tobias Klasse: TBM Fr/Sa

Hiermit bestätige ich, die IDPA-Berufsmaturaarbeit selbst verfasst zu haben. Informationen aus fremden Quellen sind stets durch die entsprechenden Angaben (Zitate, Quellenverzeichnis) gekennzeichnet.

Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Zitate mit Quellenangaben gekennzeichnet habe.

Ich nehme davon Kenntnis, dass die Schule berechtigt ist, bei Verstoss gegen diese Punkte die Arbeit mit der Note 1 zu bewerten.

Ort und Datum: St. Gallen, den 06.05.2025

Unterschrift: _____

14 Anhänge

14.1 Anhang I

Grobkonzept IDPA; TBM 24/25

➤ **Allgemeine Infos:**

Team: Pirmin Harb, Soraya Hilber, Tobias Hilfiker

Klasse: TBM

Betreuende Lehrperson: Christoph Kündig

➤ **Titelblatt**

Pflichtangaben; Thema, Ersteller, betreuende Lehrperson.

Inspiriert von futuristischen Städten mit vielen Pflanzen, Smart Forest City, evtl. sind technische Aspekte zu sehen.

➤ **Ausgangslage, Problemstellung, Kontroverse etc.**

Durch den Klimawandel häufen sich Überschwemmungen und Hitzewellen in der Stadt.

Die Überschwemmungen werden vor allem dadurch verursacht, dass in der Stadt wenige Flächen zur Verfügung stehen, auf welchen der Regen versickern kann. Dadurch wird das Kanalisationssystem überlastet.

Durch den Klimawandel steigt die globale Erdtemperatur an. In Städten ist dies besonders extrem, weil diese dicht bebaut sind. Zusätzlich sind viele Betonflächen vorhanden, welche die Luft um sich herum aufheizen.

➤ **Zielsetzungen der Arbeit, inhaltliche Abgrenzung**

Das Ziel der Arbeit ist, genauere Informationen über die Problemstellung herauszufinden. Wir wollen für jede der beiden Problemstellungen je zwei Lösungen oder Lösungsansätze finden und beschreiben.

In der Arbeit wird die Stadt Zürich als geografische Abgrenzung definiert. So können wir die Voraussetzungen der Stadt speziell berücksichtigen.

➤ **Vorgehensweise und methodischer Ansatz (Wie gehe ich die Problemstellung an?)**

- Durchlesen von verschiedenen Quellen (Zeitung, Präsentationen, Dossiers, Internet)
- Herausfinden und dokumentieren von bestehenden Lösungsansätzen
- Falls möglich Kreierung allgemeiner Lösungsansätzen zugeschnitten auf die Stadt Zürich

➤ **Inhaltliche Schwerpunkte**

- Begrünung der Stadt Zürich
- Mehr Sickerflächen in der Stadt
➔ Stichwort «Blaue und Grüne Infrastruktur»

➤ **Erste Quellenverweise über das Thema**

- Programm Klimaanpassung «Fachplan Hitzeminderung» der Stadt Zürich
- ETH-Vorlesungen
- Siedlungswasserwirtschaft
- Monitoring ökonomischer Indikatoren in der Siedlungswasserwirtschaft «Abwasser und Wasserversorgung» des Kantons Zürichs

➤ **Zeitplan**

18.03.2025	Abgabe Grobkonzept
22.03.2025	Rückmeldung Betreuung bez. Grobkonzept Start der Arbeit
22. - 29.03.2025	Recherchen der einzelnen Teammitglieder und Dokumentation erster Erkenntnisse
30.03.2025	Hauptrecherche abgeschlossen,
31. - 11.04.2025	Grossteil der Dokumentation abgeschlossen, Sicherstellung der Rahmenbedingungen
12.04.2025	Zwischengespräch mit der Betreuungsperson
20.04.2025	Referenz- / Korrekturlesen Abgeschlossene Formatierung
21. - 27.04.2025	Abschluss der Arbeit inkl. Korrekturlesen, Feinschliff
02.05.2025	Druck der IDPA , Letzte Überarbeitung, Reservezeit
09.05.2025	Abgabe IDPA

Grobkonzept für gut befunden:

Ja, Grobkonzept okay

Unterschrift Betreuungsperson: _____