

# **Zunehmende Hitze und Hitzeminderungsmaßnahmen auf dem Campus Unterstrass untersucht anhand von Schwammstadtelementen**

**Maturarbeit**

Gymnasium Unterstrass  
Zürich

**Annika Strässler**  
(Promotion 151 b)

Betreuung:  
Dr. Stefan Hesske

**Zürich 2023**

# Zunehmende Hitze und Hitzeminderungsmaßnahmen auf dem Campus Unterstrass untersucht anhand von Schwammstadtelementen



(Quelle: <https://explore-making.ch/partnerschulen/> abgerufen am 05.01.23)

**Annika Strässler**

(Promotion 151 b)

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Vorwort.....	3
1 Einleitung.....	4
2 Das «Problem» Hitze in Städten und Lösungskonzept Schwammstadt.....	6
2.1 Die Auswirkungen des Klimawandels im urbanen Raum.....	6
2.2 Hitzesituation Campus Unterstrass .....	8
2.3 Lösungskonzept Schwammstadtelemente.....	11
3 Methoden und Daten .....	18
3.1 Datenerhebung .....	18
3.2 Methoden der Datenauswertung .....	22
4 Datenauswertung der erhobenen Daten.....	26
4.1 Vier Vergleichsszenarien.....	26
4.2 Auswertung: Stärken und Schwächen des Campus Unterstrass und Vergleich.....	28
4.3 Vorkommen der Schwammstadtelemente auf dem Campus Unterstrass .....	29
5 Massnahmen Hitzeminderung.....	32
5.1 «Grüne Massnahmen» .....	32
5.2 «Blaue Massnahmen» .....	34
5.3 «Massnahmen an Gebäude» .....	36
6 Massnahmen Hitzeminderung Campus Unterstrass.....	37
6.1 Allgemeine, empfohlene Massnahmen .....	37
6.2 Vorschläge für konkrete Massnahmen .....	38
6.3 Vergleich des optimierten Ist-Zustandes mit dem theoretischen Maximum .....	42
6.4 Umsetzbarkeit der Massnahmen für den Campus.....	43
7 Diskussion.....	45
8 Zusammenfassung.....	47
9 Schlusswort .....	48
10 Danksagung.....	48
11 Glossar .....	49
12 Literaturverzeichnis .....	50
13 Abbildungsverzeichnis .....	52
14 Anhänge .....	54
15 Selbständigkeitserklärung .....	58

## Vorwort

Die Gletscher schmelzen, der Meeresspiegel steigt an, doch sind dies lediglich eine kleine Zahl an Bestandteilen einer langen Liste an Auswirkungen der Klimaerwärmung. So stellt die Klimaerwärmung auch Gefahren, Herausforderungen für das Stadtklima dar. Da sich das Klima durch den Einfluss des Menschen unwiderruflich ändert, entsteht eine grosse Verantwortung diese Veränderungen zu verstehen und wenn immer möglich zu minimieren. Der Klimawandel ist für mich persönlich ein wichtiges Thema, da er entscheidend ist, wie «angenehm» das Leben auf der Erde in Zukunft sein wird. Der Klimawandel in Verbindung mit der Erhitzung in urbanen Gebieten, insbesondere im Sommer, ist ein höchst aktuelles Thema.

Da ich detaillierter wissen wollte, wie es klimatisch um den Campus Unterstrass als Teil eines urbanen Gebietes steht und inwiefern sich die Folgen des Klimawandels durch konkrete Massnahmen mindern lassen, habe ich mich für eine Maturarbeit mit dieser Thematik entschieden. Während einer Besprechung mit Herrn Hesske wurde ich von ihm auf das Konzept der Schwammstadt, welches sich neben dem Überschwemmungsschutz auch als Hitzeminderungsmaßnahme auszeichnet, aufmerksam gemacht und wollte mich als Bestandteil meiner Arbeit in diesem Themengebiet weiterbilden. Zu Beginn wollte ich mich als Hauptteil meiner Arbeit aktiv mit dem Thema von sogenannten Geoinformationssystemen (GIS) und deren Daten auseinandersetzen. Doch rückte diese Thematik im Verlaufe meiner Arbeit, aufgrund der Fokussierung auf die Schwammstadt, in den Hintergrund. In der praktischen Datenaufnahme «im Feld» und dem Zeichnen und Auswerten des Kartenmaterials fand sie trotzdem Anwendung.

# 1 Einleitung

Seit der Einrichtung der Organisation ICCP (Intergovernmental Panel on Climate Change), als Teil des Umweltprogrammes der Vereinten Nationen, im Jahr 1988, gilt die globale Erderwärmung, verursacht durch menschliche Emissionen von Treibhausgasen, als wissenschaftlich anerkannt und wird umgangssprachlich häufig Klimawandel genannt. Die Existenz von "städtischen Wärmeinseln", ist schon lange als Merkmal des Stadtklimas bekannt und es liegen dazu langjährige Daten von Temperaturmessungen vor. Diese belegen auch die mehrfachen Hitzesommer in vergangenen Jahren.<sup>1</sup> Auch im vergangenen Sommer 2022 erschienen mehrfach Artikel in der Lokalpresse in Zürich mit Schlagzeilen wie "30 Grad werden zur Norm - So stark hat die Zahl der Hitzetage in Schweizer Städten zugenommen"<sup>2</sup>, "Hitze in der Stadt -Wie Zürich sich mit dem Klima wandelt"<sup>3</sup> und "Drei Hitzewellen 2022 - Dieser Sommer war der zweitheisseste seit Messbeginn"<sup>4</sup>.

Diese offensichtlich gesellschaftlich relevanten Themen, interessieren mich auch persönlich, so dass ich diese Maturarbeit mit dem Thema "Zunehmende Hitze und Hitzeminderungsmaßnahmen auf dem Campus Unterstrass untersucht anhand von Schwammstadtelementen" in Angriff genommen hatte um mit Verweis auf die bereits von Experten für Behörden wie "Grün Stadt Zürich" erarbeiteten Handlungsvorschläge zur Hitzeminderung auch spezifisch für das Gebiet des Campus Unterstrass zu analysieren und anzuwenden. Als Arbeit im Fachbereich "Geographie" kamen dazu auch kartographische Methoden zur Anwendung.

In dieser Maturarbeit werden die folgenden Fragestellungen beantwortet:

- Wie stark ist der Campus Unterstrass von der Stadterwärmung und sommerlichen Hitzewellen betroffen?
- Welche der von der Stadt Zürich und dem Bund untersuchten Hitzeminderungsmaßnahmen, bezüglich Schwammstadtelementen zur Umgebungskühlung sind relevant für den Campus Unterstrass?
- Welche hitzemindernden Wirkungen könnten und werden bereits durch die konkrete Anwendung von Schwammstadtelementen auf dem Campus erreicht?

Für die erste Fragestellung wollte ich einen Einblick in die klimatische Situation des Campus Unterstrass und dessen Aussetzung auf Hitzewellen erhalten. Dies weist auf die Notwendigkeit von Hitzeminderungsmaßnahmen hin. Da eigene, mittelfristige Klimamessungen keinen Sinn

---

<sup>1</sup> MeteoSchweiz: Klimabulletin Sommer 2022, S.7, 2022

<sup>2</sup> Wiget: 30 Grad werden zur Norm, S.1, 2022

<sup>3</sup> Camenzind: 52 Grad auf dem Asphalt, S.1, 2022

<sup>4</sup> SDA: Drei Hitzewellen 2022, S.1, 2022

machen, jedoch langjährige Klimadaten der Behörden vorliegen, stützte ich mich für die Beantwortung dieser ersten Frage auf Berichte und Literatur und deren langjährige Dokumentation an Klimastatistiken.

Für die zweite Fragestellung dieser Arbeit sollen bereits vorhandene Hitzeminderungsmaßnahmen der Stadt Zürich aufgezeigt und auf den Campus Unterstrass bezogen, Vorschläge für deren konkrete Anwendung erbracht werden. Zu Beginn war die Absicht das ganze gewählte und kartierte Untersuchungsgebiet des Quartiers Unterstrass auszuwerten. Jedoch erwies sich der Campus Unterstrass als seiner Umgebung sehr ähnlich. Daher und da es sich um eine institutionelle Einrichtung handelt, welche besonders tagsüber von vielen Menschen genutzt wird und somit die Betroffenheit besonders gross ist, entschied ich mich dazu mich lediglich auf den Campus Unterstrass zu konzentrieren. Um diese und die nächste Frage beantworten zu können, war eine Kartierung und Messung der Flächen der Schwammstadtelemente nötig ("Was ist eine Schwammstadt und was sind ihre Elemente und ihre Wirkungen?").

Für die dritte Fragestellung soll die Wirkung der Massnahmen durch Schwammstadtelemente auf dem Campus Unterstrass untersucht werden. Da in keinen Berichten quantifizierbare Wirkungen zu den Massnahmen zu finden waren, stützte ich mich bei der Beantwortung auf ein Punktesystem, welches die Massnahmen gewichtet und deren Wirkung auf den Campus aufzeigt. Zudem wurde untersucht, inwiefern der Campus Unterstrass sich durch die positiven Wirkungen solcher Schwammstadtelemente hitzemindernd verbessern lässt.

Es wird erwartet, dass die Fragen der klimatischen Situation des Campus Unterstrass und die konzeptionelle Beschreibung und Klassifizierung der Schwammstadt Lösungskonzepte & -Elemente vollständig aus den umfangreichen Literaturquellen beantwortet werden können. Die kartografische Datenerhebung kann vor Ort erfolgen und die Erarbeitung von Szenarien und ihrer Bewertung ist als kreativer Beitrag unter Bezug auf die Literaturquellen möglich.

## 2 Das «Problem» Hitze in Städten und Lösungskonzept Schwammstadt

Im Folgekapitel werden die verschiedenen Folgen des Klimawandels im urbanen Raum beschrieben. Anschliessend wird auf die klimatische Tag- und Nachtsituation des Campus Unterstrass eingegangen. Abschliessend wird das Lösungskonzept der Schwammstadt und deren Elemente und Wirkungen erläutert.

### 2.1 Die Auswirkungen des Klimawandels im urbanen Raum

Schweizweit hat sich das Klima, laut dem Bericht «Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz» des Bundesamtes für Umwelt (S.15), in den letzten Jahrzehnten deutlich verändert. So sind die bodennahen Lufttemperaturen in der Schweiz seit Messbeginn 1864 um ungefähr 2 Grad gestiegen. Dadurch ist die Erwärmung der Schweiz im Vergleich zum weltweiten Durchschnitt etwa doppelt so stark.

In diesem Teilkapitel 2.1 wird auf die verschiedenen Auswirkungen des Klimawandels im städtischen Raum eingegangen, welche sich besonders durch Verdunstung und Versickerung als Kernelemente des Schwammstadtkonzepts beeinflussen lassen. Der Fokus liegt daher auf Hitzewellen, Hitzetage, Starkniederschläge und Wärmeinseln.

#### 2.1.1 Hitzewellen und Hitzetage

Eine Folge der schweizweiten Klimaerwärmung macht sich in Form von häufigeren, längeren und intensiveren Hitzewellen bemerkbar. Hitzewellen sind Perioden extremer Hitzebelastung, wobei sich ein Hitzetag dadurch auszeichnet, dass die Temperaturen tagsüber 30 Grad Celsius erreichen und die Minimaltemperaturen zugehöriger Tropennächte nachts nicht unter 20°C sinken.<sup>5,6</sup>

So sollen laut dem Bericht «Klimaszenarien für die Schweiz» des National Centre for Climate Services, kurz NCCS, die heissesten Sommertage in ca. 40 Jahren bis zu 5.5 Grad Celsius wärmer als heute werden (S.10). Dies lässt sich unter anderem auf die geringere Bodenfeuchte zurückführen. Wenn eine geringere Bodenfeuchte vorhanden ist, verdunstet weniger Wasser, welches den Boden und die darüber liegende Stadtluft kühlen. Zukünftig soll sich mit jedem zusätzlichen Grad Celsius der durchschnittlichen Erwärmung in der Schweiz die Anzahl der sehr heissen Tage verdoppeln. So werden Hitzetage und -wellen merklich vermehrt auftreten.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> BVU: Hitzeangepasste Siedlungsentwicklung, S.13, 2021

<sup>6</sup> NCCS: CH2018, S. 10, 2018

<sup>7</sup> NCCS: CH2018, S. 10, 2018

### 2.1.2 Zunahme der Starkniederschläge und der Niederschlagsmenge

Neben den Hitzewellen, so lässt sich dem Bericht «Klimaszenarien für die Schweiz» des NCCS entnehmen, sind auch Starkniederschläge eine Folge des Klimawandels (S.8). In der Schweiz hat seit 1901 die Niederschlagsmenge um 12 Prozent zugenommen. Sie wird bei einer ungebremsen Klimaerwärmung voraussichtlich bis Mitte des Jahrhunderts um weitere 10 bis 20 Prozent steigen. Die gemessene Intensivierung lässt sich physikalisch hinterlegen, denn wärmere Luft kann pro Grad Celsius der Erwärmung etwa 6 bis 7 Prozent mehr Wasser aufnehmen.<sup>8</sup>

Die Starkniederschläge werden in Zukunft deutlich häufiger auftreten und intensiver als bevor ausfallen. Damit einher geht ein steigendes Überschwemmungsrisiko. Die Einzelereignisse werden demnach, trotz der abnehmenden Niederschlagssummen, stärker ausfallen als wie wir es heute erleben.<sup>9</sup>

### 2.1.3 Wärmeinseln im urbanen Gebiet

Städte wie Zürich sind Wärmeinseln, was dazu führt, dass es in der Stadt um bis zu 10 Grad Celsius wärmer sein kann als im Umland.<sup>10</sup> Da sich die Stadt den Tag hindurch aufwärmt und sich nachts nur beschränkt abkühlt, treten besonders im Sommer grössere Städte wie Zürich als Wärmeinseln hervor.<sup>11</sup> Die unterschiedlichen klimatischen Verhältnisse der Stadt gegenüber dem Umland lassen sich laut der «Fachplanung Hitzeminderung», S.24 der Stadt Zürich auf einige wesentliche Faktoren zurückführen, Zitat:

- Die starke Oberflächenversiegelung und die dichte Bebauung, die am Tag zu einer starken Überwärmung führen können und in den Nachtstunden die Wärme wieder an die Luft abgeben.
- Die Veränderung des natürlichen Wasserhaushalts durch menschliche Einflüsse
- Die herabgesetzte Verdunstung aufgrund der direkten Einleitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation ohne Vorflut.

---

<sup>8</sup> NCCS: CH2018, S.8, 2018

<sup>9</sup> NCCS: CH2018, S.8, 2018

<sup>10</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.5, 2020

<sup>11</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.24, 2020

## 2.2 Hitzesituation Campus Unterstrass

In diesem Teilkapitel wird die heutige, hitzeklimatische Situation des Campus Unterstrass dargestellt. Daraus wird ersichtlich, warum sich der Einsatz von kühlenden Elementen, wie bspw. solche einer Schwammstadt, anbietet.

### 2.2.1 Die Tagsituation des Schulareals

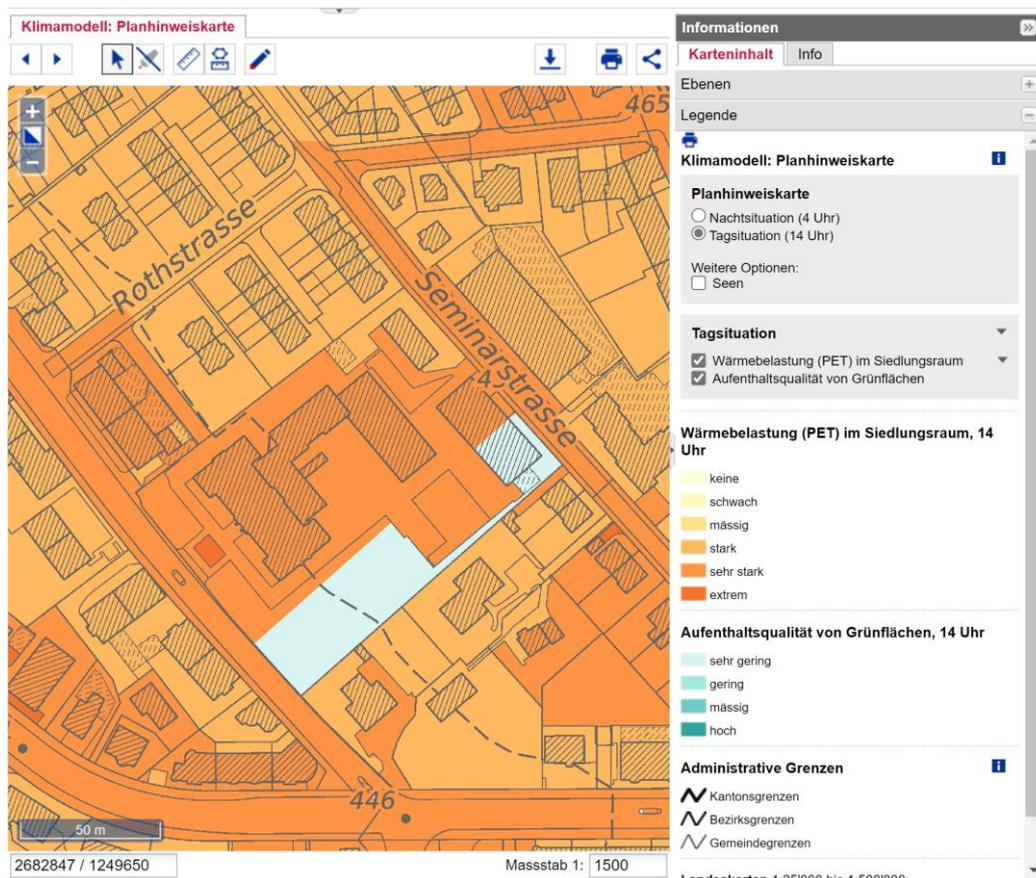


Abbildung 1: Der Campus Unterstrass Tagsituation (14Uhr), auf der GIS-Karte «Klimamodell: Planhinweiskarte» der Stadt Zürich, im Masstab 1:1500 (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH)

Wie es sich der GIS-Karte «Klimamodell: Planhinweiskarte» entnehmen lässt, ist tagsüber die Wärmebelastung auf dem Campus sehr stark, so beträgt die mittlere PET 37.1°C. Die physiologisch äquivalente Temperatur (PET), ist eine Kenngrösse, welche unter der Berücksichtigung von Parametern wie Lufttemperatur und -feuchte, Windgeschwindigkeit und die Strahlungsflüsse der Umgebung, eine Bewertung des tagsüber vorherrschenden Bioklimas ermöglicht.<sup>12</sup>

Die hohe Wärmebelastung tagsüber während sommerlichen Schönwetterphasen lässt sich auf die sehr starke Überwärmung zurückführen. Dass die Überwärmung während des Tages auf dem Campus sehr stark ist,<sup>13</sup> des Kantons Zürich herauslesen.

<sup>12</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.201, 2020

<sup>13</sup> Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Hitze im Siedlungsraum,

Der Karte lässt sich unter anderem entnehmen, dass der Campus Unterstrass im Vergleich zum kantonalen Mittel mehr Hitzetage vorweist. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass es sich bei dem Campus um eine institutionelle Einrichtung handelt, welche besonders tagsüber von vielen Menschen genutzt wird, welche somit von der starken Hitze betroffen sind.

## 2.2.2 Nachtsituation des Schulareals

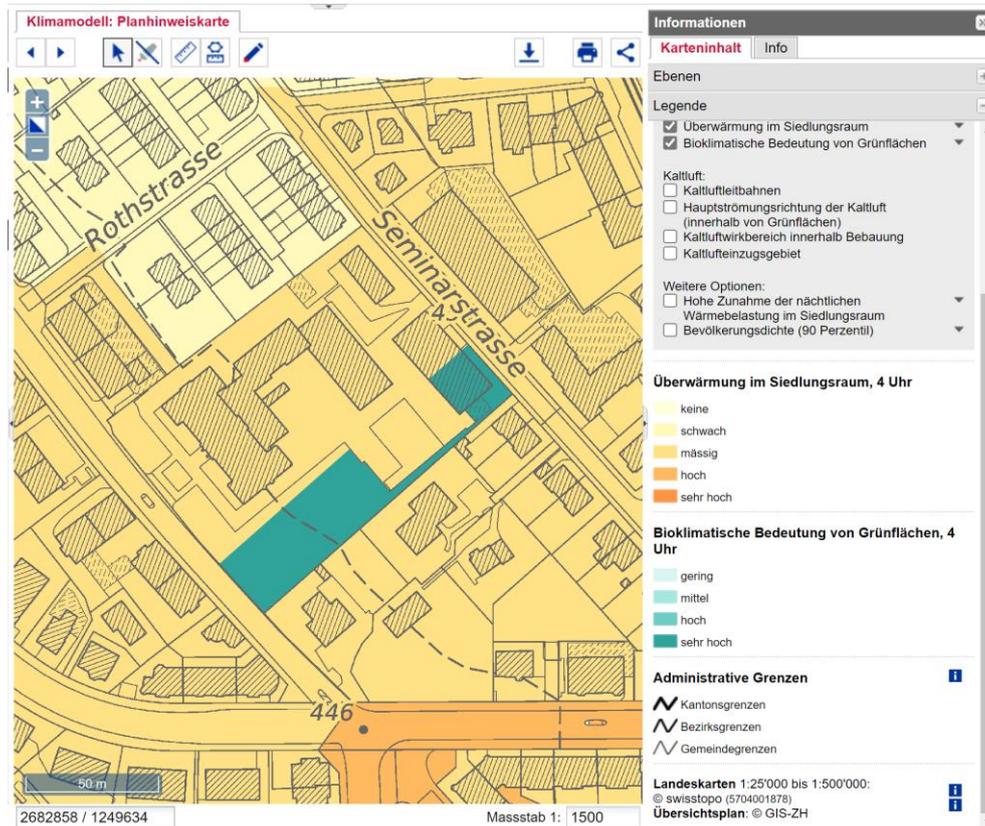


Abbildung 2: Der Campus Unterstrass Nachtsituation (4Uhr), auf der GIS-Karte «Klimamodell: Planhinweiskarte» der Stadt Zürich, im Massstab 1:1500 (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH)

Nachts ist der Campus, laut GIS-Karte «Hitze im Siedlungsraum» des Kantons Zürich, mässig überwärmt und weist im Vergleich zum kantonalen Durchschnitt mehr Tropennächte auf. Tropennächte kennzeichnen sich dadurch, dass die Temperatur nicht unter 20°C fällt.<sup>14</sup> Nachts beträgt die mittlere Temperatur laut der eben genannten GIS-Karte auf dem Campus 18.4°C.

Ausserdem ist auf der Abbildung 3 ablesbar, dass der Campus in einem «Hotspot Tag» als auch «Hotspot Nacht» liegt. In solchen Hotspots ist die Bevölkerung besonders vom zunehmenden Hitzestress betroffen. Die Umsetzung von hitzemindernden Massnahmen ist, um der Bevölkerung Schutz zu gewährleisten, zeitlich prioritär.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.25, 2020

<sup>15</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.42, S.58, 2020

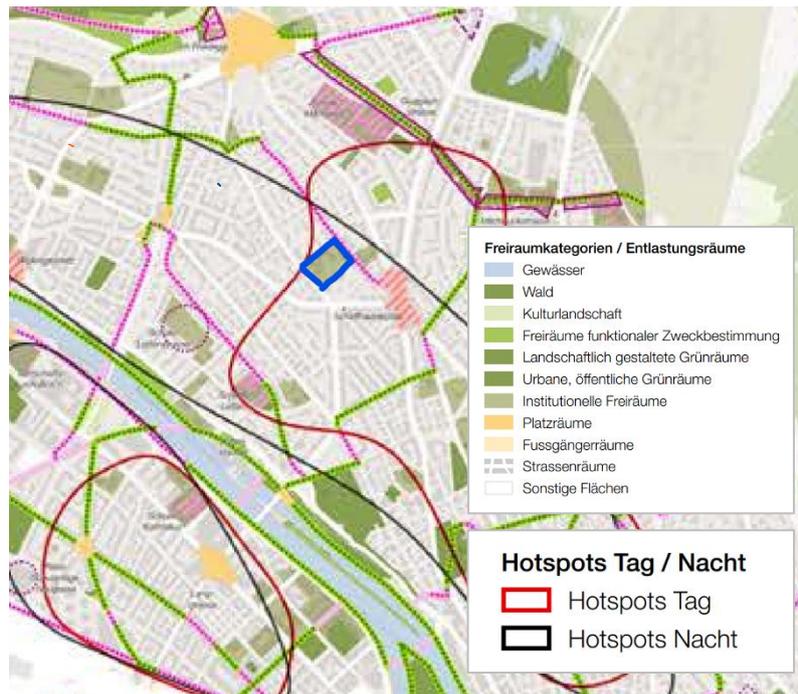


Abbildung 3: Kartenausschnitt des Teilplans Entlastungssystem der Stadt Zürich, Lage des Campus Unterstrass blau hervorgehoben, (Quelle: Grün Stadt Zürich: FPH, S.61, 2020, adaptiert durch Autorin)

Das Schulareal und die nähere Umgebung befinden sich laut «Fachplanung Hitzeminderung» des Grün Stadt Zürich im Massnahmengebiet 2 (Siehe Abbildung 4). Für dieses Massnahmengebiet ist «eine Verbesserung der bioklimatischen Situation am Tag notwendig.»<sup>16</sup>



Abbildung 4: Kartenausschnitt der Karte der Massnahmengebiet der Stadt Zürich, ungefähre Lage des Campus Unterstrass blau hervorgehoben, (Quelle: Grün Stadt Zürich: FPH, S.53, 2020, adaptiert durch Autorin)

<sup>16</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.53, 2020

Zusätzlich sollte eine institutionelle Einrichtung wie eine Schule besonders vom Morgen bis in den Nachmittag eine möglichst geringe Wärmebelastung aufweisen.<sup>17</sup> Weshalb es besonders wichtig ist, gegen diese Wärmebelastung vorzugehen. In einem solchen Fall bietet sich die Anwendung von Elementen einer sogenannten Schwammstadt an.

## 2.3 Lösungskonzept Schwammstadtelemente

### 2.3.1 Begriffserläuterung Schwammstadt

«Eine Schwammstadt ist eine Stadt, die das Niederschlagswasser vor Ort wie ein Schwamm aufnimmt, zwischenspeichert und verzögert wieder abgibt und so dem natürlichen Wasserkreislauf zurückgibt.»<sup>18</sup>

Eine Schwammstadt wird erreicht, indem die Versiegelung der Oberfläche vermieden wird, Stadtgrün eingeplant und Versickerung statt Wasserableitung gefördert wird. Zudem soll Regenwasserbewirtschaftung eingeführt und vielseitig genutzt werden als auch die Verlangsamung des oberirdischen Abflusses angestrebt werden, um so ein Hochwasserschutz zu gewährleisten.<sup>19</sup>

### 2.3.2 Erläuterung der Elemente einer Schwammstadt

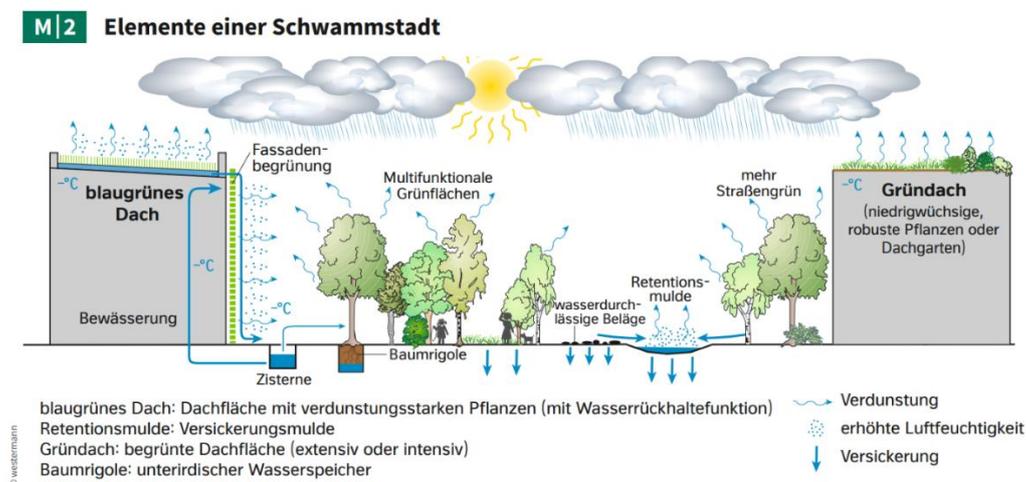


Abbildung 5: Elemente einer Schwammstadt,  
(Quelle: Claassen: Hochwasser und Hochwasserschutz, S.29, 2022)

Die verschiedenen Schwammstadtelemente wurden von mir übersichtshalber in zwei Kategorien eingeteilt, nämlich die der Bodenflächen und die der Gebäudeflächen.

<sup>17</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.195, 2020

<sup>18</sup> Claassen: Hochwasser und Hochwasserschutz, S.29, 2022

<sup>19</sup> Claassen: Hochwasser und Hochwasserschutz, S.29, 2022

## Bodenflächen

Die Elemente der Bodenflächen sind: Chaussierungen, versickerungsfähige Pflaster und Retentionsanlagen (Wasserrückhaltung) wie Retentionsbecken und -mulden, Rigolen und Zisternen. Unter anderem zählen zu solchen auch Grünflächen, wie Rasen und Wiesen, Bäume, Gebüsch, bestockte Fläche, als auch Wasserflächen wie bspw. Seen, Flüsse und Teiche.

Eine Chaussierung ist eine aus Splitt und Kies bestehende, wassergebundene, sickerfähige Deckschicht, welche zumeist auf Geh- und Radwegen, Parkierungsflächen und Plätzen vorzufinden ist.<sup>20</sup>

Beispiele für versickerungsfähige Pflaster sind Rasengittersteine (Abbildung 6) und Fugenpflaster (Abbildung 7). Wobei sich Pflasterungen mit Fugen begrünen lassen, wie in der Abbildung sichtbar wird.

Chaussierungen und versickerungsfähigen Pflastern sind teilentsiegelte Flächen.<sup>21</sup>



Abbildung 6: sickerfähiges, begrüntes Rasengitter, (Quelle: Grün Stadt Zürich: FPH, S.113, 2020)

---

<sup>20</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.199, 2020

<sup>21</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.60, 2018



Abbildung 7: Pflasterung mit offenen, nicht zementierten Fugen (Quelle: Grün Stadt Zürich: FPH, S.113, 2020)

Das Niederschlagswasser wird in sogenannten Retentionsanlagen (Wasserrückhaltung) gesammelt, gezielt zwischengespeichert und schlussendlich versickert oder verdunstet.<sup>22</sup> So bestehen Rigolenelemente, zumeist Baumrigolen, aus einer versickerungsfähigen Fläche und einem unterirdischen Wasserspeicher (siehe Abbildung 5). In Retentionsbecken und -mulden wird das Regenwasser oberflächlich gesammelt und anschliessend auf eine versickerungsfähige Fläche geführt und dort versickert oder zeitversetzt und gedrosselt in die Kanalisation abgeführt.<sup>23,24</sup> Der Niederschlagsabfluss von Dachflächen kann in sogenannten Zisternen, zumeist unterirdisch gelegen,<sup>25</sup> gesammelt und anschliessend im Haushalt bspw. für die Waschmaschine oder zur Gartenbewässerung genutzt werden.<sup>26</sup>

---

<sup>22</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.60, 2018

<sup>23</sup> HOLINGER AG: Arbeitshilfe, Versickerung in Stadträumen, S.32, o.J.

<sup>24</sup> Uffer: Klimaangepasste Innenentwicklung, S.17, 2021

<sup>25</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.62, 2018

<sup>26</sup> Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH (Sieker): Zisternen

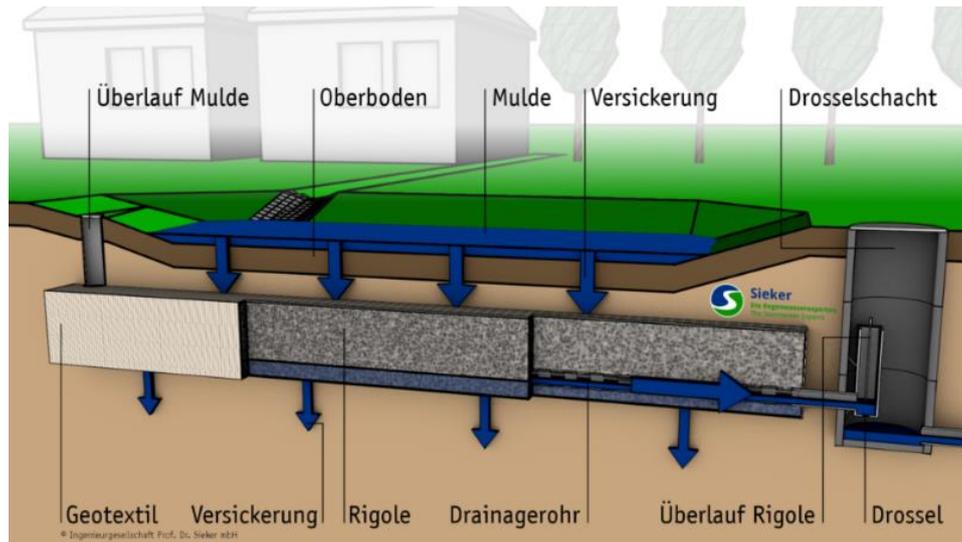


Abbildung 8: Illustration eines Mulden-Rigolen-System, welches die Kombination der Retentionsmulde mit der Rigole ist. Mit der Rigole ist hierbei lediglich der unterirdische Teil gemeint.  
(Quelle: Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH (Sieker): Mulden-Rigolen-System (MRS))



Abbildung 9: Beispiel eines Retentionsbeckens, welches im Regina-Kägi-Hof vorzufinden ist.  
(Quelle: Grün Stadt Zürich: FPH, S.119, 2020)

Wald und Gehölze werden unter dem Begriff bestockte Fläche zusammengefasst. Grundsätzlich ist eine bestockte Fläche also eine Kombination von Grünfläche mit Elementen wie Bäumen und oder Gebüsch.

### Gebäudeflächen

Zu den Gebäudeflächen gehören extensive und intensive Dachbegrünungen, als auch Kiesdächer und unter anderem Grünfassaden. Die verschiedenen Arten der Dachbegrünung unterscheiden sich im Wesentlichen, durch ihren Aufbau. Eine extensive Dachbegrünung umfasst laut der «Fachplanung Hitzeminderung der Stadt Zürich» einen Bodenaufbau von mindestens 10cm. Intensive

Dachbegrünungen mit einem Bodenaufbau von 15 bis 100cm und mehr, weisen ein hohes Grünvolumen oder Wasser (auch blaugrünes Dach genannt) auf. Dächer können unter anderem in Form eines Dachgartens begrünt werden. Kiesdächer sind, wie der Name sagt, Dächer, welche aus einer Kiesfläche bestehen.

Es wird bei Fassadenbegrünungen zwischen boden- und wandgebundenen Systemen unterschieden.<sup>27</sup> Es sind auch Mischformen der beiden Typen möglich.

### 2.3.3 Wirkung der Schwammstadtelemente auf das Stadtklima

Es wird in dem Folgeteilkapitel auf die allgemeine Wirkung der Schwammstadt, als auch die spezifische Wirkung der einzelnen Elemente der Schwammstadt eingegangen.

#### **Allgemeine Wirkung der Schwammstadt**

Aufgrund der Klimaerwärmung treten Extremwetterereignisse wie Starkregen, welcher der Auslöser von Hochwassern und Überschwemmungen ist, insbesondere in Siedlungsgebieten aufgrund des hohen Versiegelungsgrades häufiger auf.<sup>28</sup> Etwa die Hälfte aller Hochwasserschäden werden in der Schweiz verursacht, weil das Wasser nicht versickern kann.<sup>29</sup> Zusätzlich hat das Regenwasser, wegen dem hohen Versiegelungsgrad in Städten, geringe Möglichkeiten, um im Boden zu versickern und fliesst auf direktem Weg in die Kanalisation.<sup>30</sup>

Bei einer Zunahme von Starkniederschlägen kann die Kanalisation durch die vermehrte Retention des Regenwassers, welche eine Schwammstadt vorsieht, entlastet werden. Wenn das Regenwasser gespeichert wird, kann es während Hitze und Trockenperioden zur Kühlung beitragen und zur Bewässerung eingesetzt werden.<sup>31</sup>

Durch die Schwammstadt wird die Gesamtverdunstung erhöht. Die Verdunstungskälte vom zurückgehaltenen Wasser wirkt kühlend und reduziert so die Hitzebelastung im urbanen Gebiet. Die Verdunstung kann durch Pflanzen zusätzlich verstärkt werden, da diese über ihre Wurzeln Wasser aufnehmen und über die Blätter verdunsten. Dieser Verdunstungsprozess von Pflanzen über ihre Blätter wird auch Transpiration genannt.<sup>32</sup>

#### **Spezifische Wirkungen der Bodenflächen:**

---

<sup>27</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.124, 2020

<sup>28</sup> Claassen: Hochwasser und Hochwasserschutz, S.27-30, 2022

<sup>29</sup> Gicquel: Das Wasser wird knapp: Lasst uns unsere Städte fluten!, S.17, 2022

<sup>30</sup> Claassen: Hochwasser und Hochwasserschutz, S.27-30, 2022

<sup>31</sup> Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft: Massnahmen gegen Hitze

<sup>32</sup> Claassen: Hochwasser und Hochwasserschutz, S.28-29, 2022

Chaussierungen und versickerungsfähige Pflaster sorgen lokal, durch die Evaporation, ein anderes Wort für Verdunstung, des Bodenwassers für Abkühlung. Die Anreicherung des Grundwassers und die Förderung der Biodiversität sind weitere positive Nebeneffekte von wasserdurchlässigen Belägen.<sup>33</sup>

Die Retentionsanlagen ermöglichen den Rückhalt und die Versickerung von Niederschlagswasser und erzeugen so, durch temporäre Wasserflächen und durch die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit, eine Kühlung der Luft.<sup>34</sup> Durch eine vermehrte Retention des Regenwassers kann die Kanalisation, besonders bei einer Zunahme von Starkniederschlägen, entlastet werden.<sup>35</sup> Durch eine gezielte Speicherung des Niederschlagswassers und die Möglichkeit dieses zeitversetzt zur Bewässerung zu nutzen, kann die Vegetation und deren kühlende Wirkung trotz Wassermangel während Trockenperioden gesichert werden.<sup>36</sup>

Grünflächen bewirken in Städten durch die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit, als auch durch die Verdunstung der Pflanzen, auch Transpiration genannt, eine Kühlung der Luft. Tagsüber senken sie die Lufttemperatur und nachts produzieren sie lokal Kaltluft, welche im Kaltluftprozessgeschehen wichtig ist.<sup>37</sup> Unter anderem erfüllen Grünräume im unmittelbaren Umfeld von Wohn- und Arbeitsorten eine wichtige klimaökologische Ausgleichsfunktion und dienen der Erholung.<sup>38</sup>

Bäume können ihre Umgebung durch ihre Transpiration abkühlen, zudem beugen sie durch den Schatten, den sie spenden, die Aufheizung von Wegen und Freiräumen und deren nächtliche Wärmeabstrahlung vor. Tagsüber können Bäume in Siedlungsräumen eine Temperaturreduktion von über 7°C bewirken.<sup>39</sup> Ausserdem wirken sie in einem Wirkungsbereich von 7-20 Meter kühlend.

Die kühlende Wirkung lässt sich hauptsächlich auf die Beschattung zurückführen und wird durch die Transpiration von täglich bis zu mehreren Hundert Liter Wasser pro Baum gesteigert.<sup>40</sup>

Dieser Abschnitt bezieht sich auf die «Fachplanung Hitzeminderung» der Dienstabteilung Grün Stadt Zürich (S.116). Tagsüber findet auf Wasserflächen Verdunstung statt, indem das Wasser Wärmeenergie aus der umgebenden Luft bezieht und diese somit abkühlt. Je höher die Temperaturdifferenz des Wassers zur umgebenden Luft und je grösser die Wasseroberfläche, desto stärker wirkt es kühlend. Durch Bewegung wird die verdunstungsfähige Oberfläche vergrössert und der

---

<sup>33</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.60, 2018

<sup>34</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.118, 2020

<sup>35</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.40, 2018

<sup>36</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.62, 2018

<sup>37</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.46, 2018

<sup>38</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.44, 2018

<sup>39</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.48, 2018

<sup>40</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.54, 2018

Austausch mit den tieferen, kühleren Wasserschichten verstärkt, weshalb bewegtes Wasser eine stärkere Kühlung als Stehendes erzielt. Unter anderem profitiert die an die Wasserflächen angrenzende Vegetation von besserer Wasserversorgung und weist eine höhere Transpirationsleistung und somit auch eine gesteigerte Kühlleistung aus.

### Spezifische Wirkungen der Gebäudeflächen

Die kühlende Wirkung von Gründächern hängt im Wesentlichen von der Art des Gründachs ab. So weisen intensive Dachbegrünungen mit hohem Grünvolumen oder Wasser (auch blaugrünes Dach genannt) durch ihr erhöhte Verdunstung eine deutlich stärkere Kühlleistung als extensive Gründächer auf.<sup>41</sup>

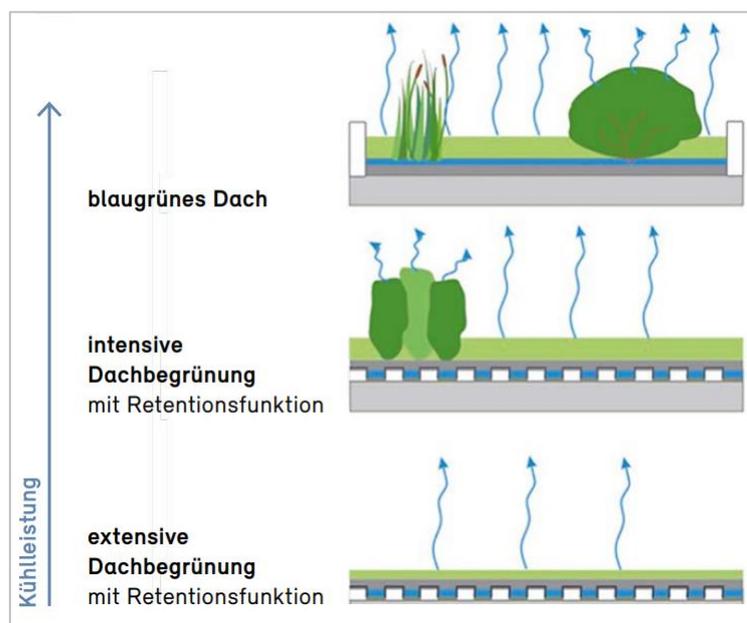


Abbildung 10: Kühlleistung von unterschiedlichen Dachbegrünungen mit Retentionsfunktion  
(Quelle: BAFU: Hitze in Städten, S.64, 2018)

Begrünte Fassaden wirken kühlend auf das angrenzende bodennahe Aussenklima, als auch auf das Innenklima des Gebäudes. So kühlt die Beschattung der Belaubung, die Luftschicht zwischen der Begrünung und der Gebäudewand, zudem mindert die Transpiration am Blattwerk die Erhitzung des Gebäudes.<sup>42</sup>

<sup>41</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.64, 2018

<sup>42</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.66, 2018

### 3 Methoden und Daten

In diesem Kapitel wird erklärt, welche Methodik für die Datenaufnahme und -auswertung verwendet wurde.

#### 3.1 Datenerhebung

Es wurden in einem ersten Schritt die Schwammstadtelemente im gewählten Gebiet im Kreis Unterstrass erhoben und kartiert.

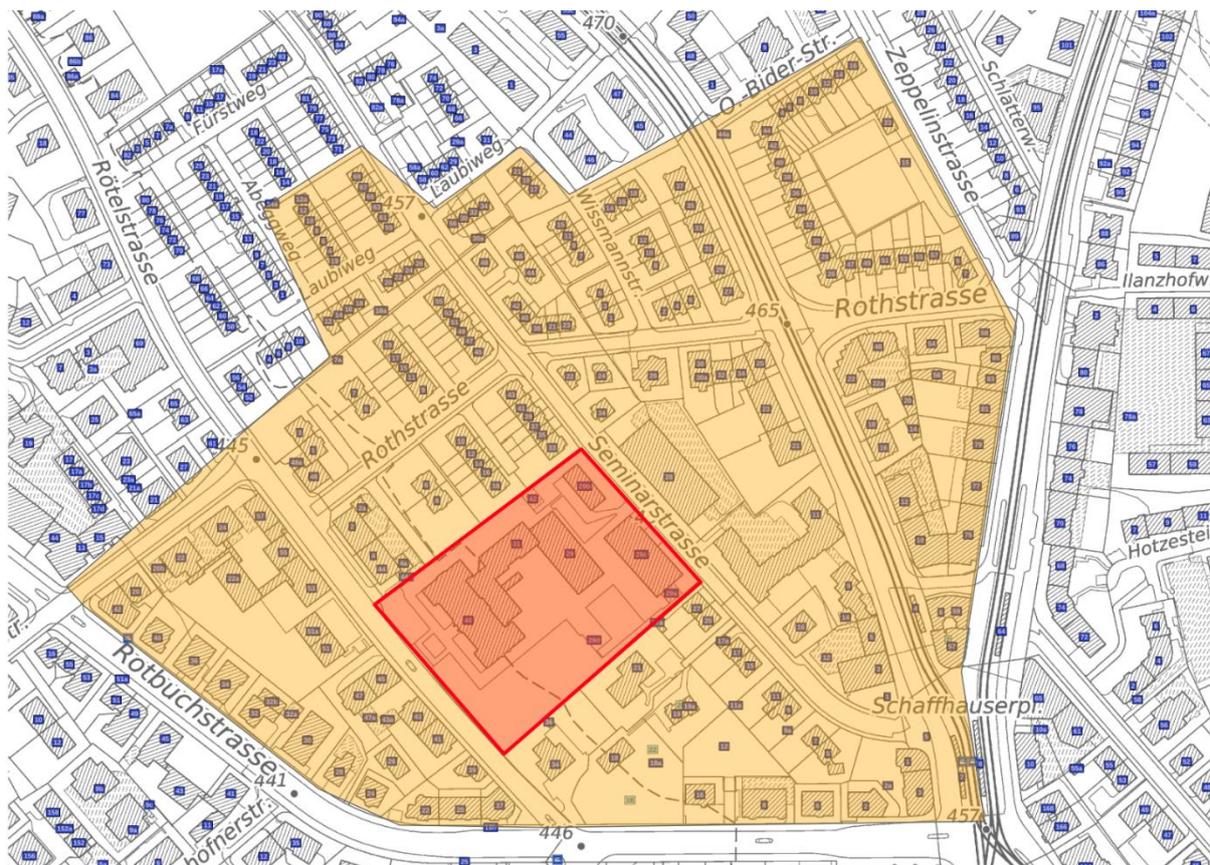


Abbildung 11: Das gewählte, kartierte Gebiet wurde orange hinterlegt und der Campus Unterstrass rot umrandet und hinterlegt. Massstab 1:1000  
(Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, modifiziert durch Autorin)

Das gewählte Gebiet (Abbildung 11) umschliesst den Campus Unterstrass vollständig und umfasst eine ungefähre Gesamtfläche von 120'000 Quadratmetern. Ausgewertet wurde im Verlauf dieser Arbeit der Kartenausschnitt des Campus Unterstrass, da auf diesem in der Fragestellung der Fokus liegt.

Das Vorgehen zur Datenaufnahme:

### Definition der Klassifikation von Elementen:

Anfangs wurden die zu kartierenden Elemente basierend auf einer Abbildung (siehe Abbildung 5) von Classen aus Praxis Geographie bestimmt und durch in der Literatur «Zielorientierte Planung von Massnahmen der Regenwasserbewirtschaftung» und «Fachplanung Hitzeminderung» gefundenen Elementen ergänzt. Zusätzlich kam das, während der Kartierung entdeckte, Element des Kiesdachs hinzu, welches aufgrund seiner Ähnlichkeit zu Chaussierungen als Schwammstadtelement identifiziert wurde.

Die Auflistung der Elemente einer Schwammstadt findet sich im Teilkapitel 2.3.2 Erläuterung der Elemente einer Schwammstadt.

### Elemente ausfindig gemacht:

Die definierten Elemente wurden zum einen durch Begehung, Rundblick (bspw. vom «Türmli» des Gymnasiums Unterstrass aus) und zum anderen mit Hilfe von Luftbildern des Bundesamts für Landestopografie swisstopo ausgemacht.

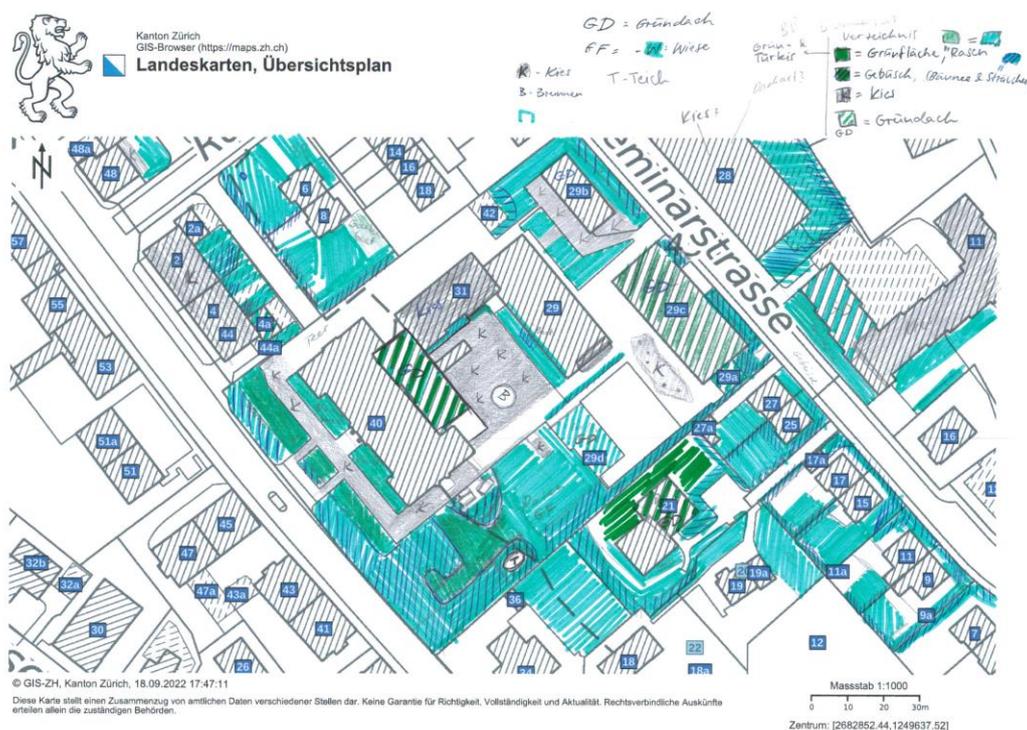


Abbildung 12: Ausschnitt einer handskizzierten Karte, Kartengrundlage: GIS-ZH Landeskarten, Übersichtsplan, Masstab 1:1000, (Quelle: Autorin)

Als Kartengrundlage wurde die GIS-Karte «Landeskarten, Übersichtsplan» von GIS-ZH des Kanton Zürich in einem Massstab von 1:1000 ausgedruckt und ausgefüllt. Die Begehung verlief parzellenweise.

Die gefundenen Daten wurden von Hand auf einer ausgedruckten Karte von GIS Zürich kartografisch skizziert (Abbildung 12). Die von Hand erstellte Karte wurde in der Applikation “Affinity Designer 2” digitalisiert und kartografisch ausgebessert, indem für die Elemente differenzierte Farben eingesetzt wurden. Mit der Funktion Zeichenstift wurden Flächen erstellt und anschliessend farblich ausgefüllt, somit farblich besser visualisiert als auf der handgezeichneten, physischen Karte. Die Karte, welche dabei generiert wurde, wurde als Teil der Maturarbeit inhaltlich ausgewertet. Die dabei verwendete Methodik wird in den folgenden Teilkapiteln erläutert.

### 3.1.1 Ergebnis der Datenerhebung

Die Karte stellt die vorhandenen Schwammstadtelemente in dem ausgewählten, kartierten Raum im Kreis Unterstrass dar, sie ist im Anhang dieser Arbeit besser lesbar im Format A3 beigefügt.



Abbildung 13: erstellte Karte der Schwammstadtelemente im Quartier Unterstrass. Als Karten Grundlage wurde die Basiskarte von GIS-ZH, Kanton Zürich genutzt. (Quelle Kartenbasis: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan)

## 3.2 Methoden der Datenauswertung

In diesem Teilkapitel wird erläutert, welche Methoden zur Datenauswertung verwendet wurden.

### 3.2.1 Berechnung der Flächeninhalte und -anteile der Elemente

Um über das ausgesuchte Gebiet quantitative Aussagen machen zu können, wurden die Flächen mithilfe des «Messwerkzeug zum Messen von Flächen» auf dem GIS-Browser Zürich vermessen.

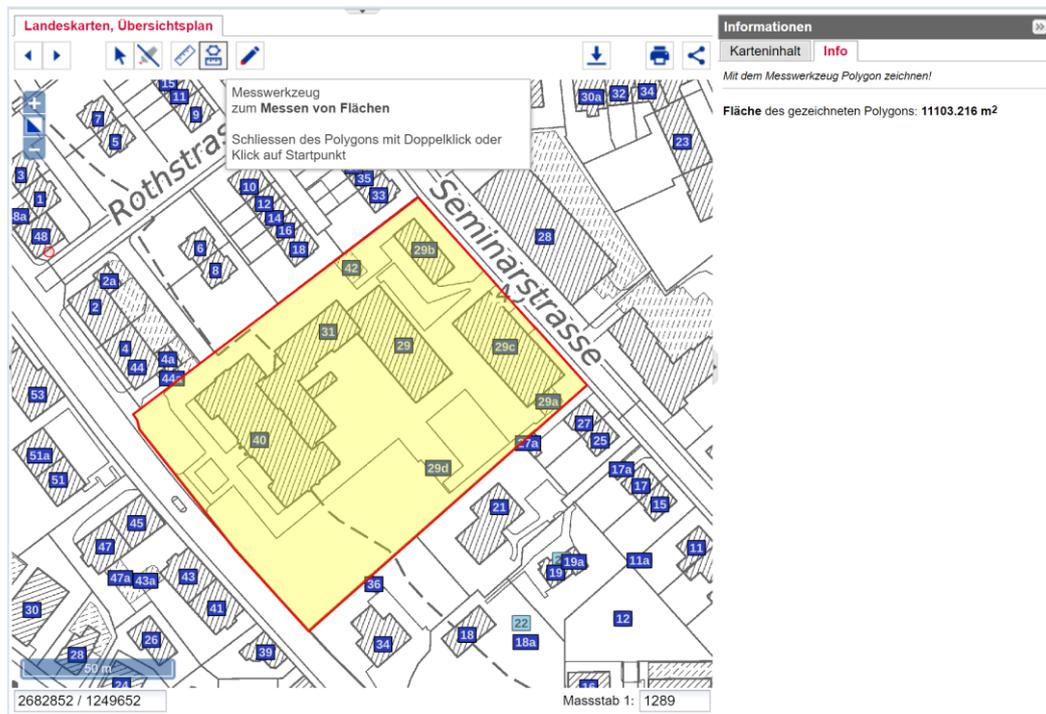


Abbildung 14: Die Gesamtfläche des Campus Unterstrass gelblich hinterlegt. In Leiste «Info» auf der rechten Seite wird die ausgewählte Fläche angegeben. Die Gesamtfläche beträgt gerundet 11'100 m<sup>2</sup>.  
(Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, modifiziert durch Autorin)

Anschliessend wurden die einzelnen gemessenen Flächen der Schwammstadtelemente in Excel aufgelistet und summiert. Die erhaltenen Flächeninhalte wurden durch die gerundete Gesamtfläche (11'100 m<sup>2</sup>) geteilt und auf diese Weise wurden für die Flächen der unterschiedlichen Schwammstadtelemente auf dem Campus Unterstrass der prozentuale Anteil berechnet (siehe Abbildung 15).

Flächenarten	Fläche in m2 Anteil	
<b>Gesamtfläche</b>	<b>11000</b>	<b>100%</b>
Grünflächen	1865	17%
Gebüsch	1544	14%
Kiesfläche	1383	13%
Wasseroberfläche	43	0%
Gründach	1184	11%
Kiesdach	543	5%
		0%
Gebäude	3438	31%
		0%

Abbildung 15: Excel-Tabelle der Flächen und die dazugehörigen Flächenanteile (Quelle: von Autorin erstellt)

### 3.2.2 Methode zur Bewertung der Wirksamkeit der Massnahmen

Um die Wirksamkeit der Schwammstadtelemente auf dem Campus Unterstrass untersuchen zu können und bei Handlungsvorschlägen abwägen zu können, inwiefern die vorgeschlagene Veränderung eine Wirkung erzielen würde, wurde in einem nächsten Schritt ein selbst erarbeitetes Punktesystem eingeführt. Die absoluten Punktwerte haben keine direkt interpretierbare Einheit, sondern dienen der relativen, numerischen Vergleichbarkeit der Massnahmen.

Das Punktesystem basiert auf den Medianwerten der Tabelle «Kennwerte Tagsituation» auf S.192 der «Fachplanung Hitzeminderung» von Grün Stadt Zürich (siehe Anhang). In der Tabelle von Grün Stadt Zürich ist die, durch den jeweiligen Handlungsansatz hervorgerufene, Wirkung auf die PET<sup>43</sup>, während der Tagsituation um 14 Uhr, 2 m über Grund den jeweiligen Massnahmen untergeordnet, aufgelistet.

Der positive Wert der Mediantemperatur der Tagsituation wurde von mir durch hundert geteilt, um zu grosse Werte zu vermeiden, und anschliessend als Punktezahl pro Quadratmeter festgelegt. Die berechnete Punktezahl beschreibt die Wirkung der jeweiligen Handlungsansätzen pro Quadratmeter während der Tagsituation.

Es wurde der Medianwert der Tagsituation als Grundlage verwendet, da laut «Fachplanung Hitzeminderung» der Stadt Zürich sich der Campus Unterstrass im Massnahmengebiet 2 befindet, für welches die Verbesserung der bioklimatischen Situation am Tag notwendig ist (siehe Abbildung 4). Der Medianwert wurde verwendet, da er in der allgemeinen Situation als Durchschnittswert aussagekräftiger ist als der Maximalwert.

Beispielweise gäbe es den Handlungsansatz, dass Asphalt durch Rasen ersetzt wird. Angenommen es handelt sich dabei um eine Fläche von 100m<sup>2</sup>, würde die festgelegte Massnahme auf dieser Fläche, 3.6 Punkte erhalten. Denn die Mediantemperatur des Handlungsansatzes beträgt 3.6°C<sup>44</sup>

<sup>43</sup> PET ist die Abkürzung der physiologisch äquivalenten Temperatur

<sup>44</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.192, 2020

und wenn ich diese geteilt durch hundert rechne, ergibt mir das 0.036 Punkte pro Quadratmeter. Dieser festgelegte Punktwert mal die angenommene 100m<sup>2</sup> grosse Fläche ergibt mir 3.6 Punkte:

100 m <sup>2</sup> Asphalt (schlechteste Wirkung, daher keine Punkte)	0 Pkt.
100 m <sup>2</sup> Rasen (3.6°C verminderte Mediantemperatur = 0.036 Pkt./m <sup>2</sup> )	3.6 Pkt.

Bezüglich der expliziten Wirkung von Mulden, Rigolen, Zisternen und Kiesdächern enthielten weder die «Fachplanung Hitzeminderung» noch andere Berichte über Hitzeminderungsmaßnahmen Informationen. Da Mulden, Rigolen und Zisternen, sogenannte Retentionsräume sind, wurde von dem Medianwert -1.0°C, welcher in der Tabelle der «Fachplanung Hitzeminderung» vorkommt, ausgegangen.

Die Kiesdächer betreffend ging ich von einer Wirkung von -0.7°C aus, da eine Kiesbedachung zwar Regenwasser aufnehmen kann, dieses jedoch schneller verdunstet, da es von keiner Substratschicht oder Pflanzen aufgenommen wird und folglich kein Wasser mehr verdunstet und auf diese Weise kühlt. Der ungefähre Wert -0.7°C erhielt ich, indem ich die Wärmebelastung der Kiesdachflächen aus GIS-Karte «Klimamodell: Klimaanalysekarte» des Kantons Zürich herausgelesen wurden und miteinander verglichen wurden und anschliessend mit den Werten von Asphaltflächen der nördlich gelegenen, an den Campus angrenzende Seminarstrasse verglichen wurden. Zudem wurde die Wirkung der extensiven Gründächer, welche -0.8°C beträgt, als Richtwert genommen, denn diese vermögen ebenfalls nur eine geringe Menge an Wasser zu speichern und trocknen bei Hitze etwa ebenso rasch aus und haben folglich keine weitere kühlende Wirkung mehr.<sup>45</sup> Als Kontrolle sollte die Wirkung der Kiesdächer geringer sein als diejenige der extensiven Gründächer, da diese über eine Substratschicht verfügen.

### 3.2.3 Vergleichsszenarien

Als Vergleichswerte wurden vier Szenarien aufgestellt (Abbildung 16). Nämlich, dass die Gesamtfläche lediglich aus Asphalt, Grünfläche mit Bäumen oder aus einer reinen Wasserfläche besteht. Für die Berechnung der Wirksamkeitspunkte der Ausgangslage (=Ist-Zustand) und den Vier Vergleichsszenarien für die Schularealfläche, wurde als "Worst-Case" angenommen, dass es sich bei der Gesamtfläche des Campus um eine Asphaltfläche handelt, welche durch die Handlungsansätze und den damit verbundenen jeweiligen Flächentypen und Elemente verbessert wurde. Die Asphaltfläche erhält, da sie keinerlei positive Wirkung vorweist, null Punkte. Mit dem Punktesystem und den errechneten Flächeninhalten **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, wurde die Punktezahl für die vier Vergleichsszenarien und den Ist-Zustand des Campus

---

<sup>45</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.120, 2020

berechnet, welche relativ untereinander und zum «Worst-Case» Asphalt verglichen werden können (der absolute Wert hat keine Aussage).

### 3.2.4 Literaturrecherche zu Massnahmen

Als Nächstes folgte eine Recherche und Dokumentation von Massnahmen betreffend den Schwammstadtelementen. Darauffolgend wurden selbst konkrete Massnahmen für den Campus vorgeschlagen und deren ihre Wirkungen im Punktesystem errechnet. Somit erhielt ich, für die optimierte Ausgangslage und für die Wirksamkeit der vorgeschlagenen Hitzeminderungsmaßnahmen einen Punktwert. Mit diesem konnte ich die optimierte Ausgangslage mit dem jetzigen Zustand des Campus als auch mit dem theoretischen Maximum vergleichen.

## 4 Datenauswertung der erhobenen Daten

In diesem nächsten Kapitel wurden die erhobenen und kartierten Daten mithilfe eines Punktesystems und unterschiedlichen angenommenen Szenarien ausgewertet.

### 4.1 Vier Vergleichsszenarien

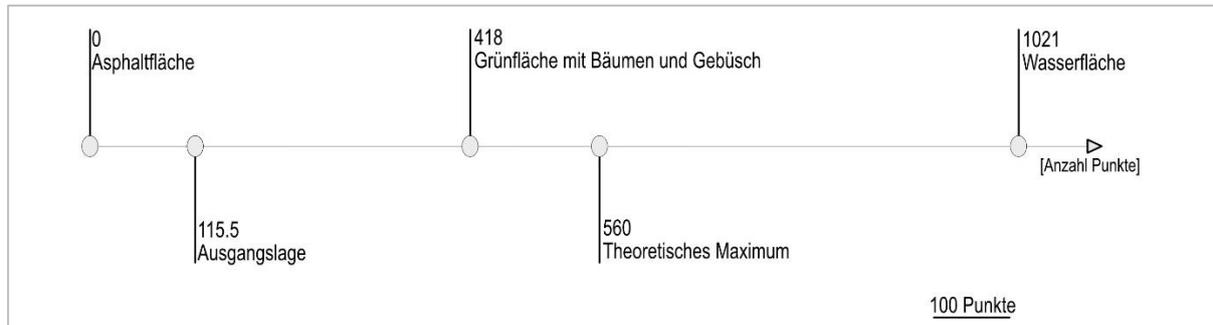


Abbildung 16: Grafik der vier Vergleichsszenarien und der Ausgangslage (Quelle: erstellt durch Autorin)

Die Grafik (Abbildung 16) stellt die vorhandene, als auch theoretische, positive Wirkung der Schwammstadtelemente auf dem Campus Unterstrass dar.

Als Vergleichswerte wurden vier Szenarien aufgestellt. Nämlich, dass die Gesamtfläche lediglich aus Asphalt, Grünfläche mit Bäumen und Gebüsch, Wasserfläche oder eine theoretische maximale Nutzung des gegebenen Raumes besteht.

Im ersten Szenario wird davon ausgegangen, dass es sich um eine Asphaltfläche handelt, was keinerlei positive Wirkung hat und folglich 0 Punkte erhält.

Als zweites Szenario wurde die Wirkung der Gesamtfläche berechnet, wenn es sich bei dieser um Grünfläche mit Gebüsch und Bäumen handeln würde. Die Berechnung ergab, dass eine reine Grünfläche mit der Fläche des Campus gerundete 400 Punkte erhalten würde. Für die Bäume und das Gebüsch wurde mit einer Baumdichte von  $25\text{m}^2$  gerechnet wurde, da mir diese räumlich als realistisch erschien. Unter anderem beträgt der Baumbestand auf der bestockten Fläche auf dem Campus beinahe 60 Bäume mit Gebüsch. Daher wurden  $1540\text{m}^2$  die bestockte Fläche durch die Anzahl Bäume geteilt und so die Dichte von  $25.5\text{m}^2$  pro Baum errechnet. Die Gesamtfläche dividiert durch die Baumdichte auf dem Campus, ergab die ungefähre Anzahl von 435 Bäumen. Diese im Punktesystem verrechnet, ergaben 18.3 Punkte, welche zu den erhaltenen Punkten der Grünfläche addiert wurde. Folglich erhielt die Grünfläche mit Bäumen und Gebüsch einen Punktwert von gerundeten 418 Punkten, d.h. 362% Wirkung im Vergleich zum Ist-Zustand von 115.5 Punkten.

Die mit Abstand grösste, positive Wirkung auf das Stadtklima kann laut der «Fachplanung Hitzeminderung» durch Wasserfläche erreicht werden (S.116). Wenn die Gesamtfläche des Campus Unterstrass durch Wasserfläche ersetzt würde, würde diese eine positive Wirkung von 1021 Punkten erreichen. Dies entspricht der 8,8-fachen Wirkung verglichen zum Ist-Zustand. Das Gebiet würde zwar die grösstmögliche positive Wirkung erzielen, würde aber nicht länger den Nutzen einer Bildungsinstitution erfüllen können. Dies führt mich zu dem dritten und letzten Szenario.

Es ist zu berücksichtigen, dass der Raum einen institutionellen Nutzen erfüllt, welcher nicht vernachlässigbar ist. In der Ausgangssituation beträgt die positive Wirkung der vorhandenen Schwammstadtelementen 115.5 Punkte. Sofern man den Nutzen erfüllen möchte, den Raum jedoch maximal optimieren wollen würde, wäre ein Neubau unumgänglich. Das auf der Grafik abgebildete theoretische Maximum, bei welchem die Nutzung immer noch die einer Bildungsinstitution erfüllt, der Raum bezüglich den Schwammstadtelementen optimaler genutzt wurde, ist ein theoretischer Neubau. Bei solchem könnte die Gebäudefläche reduziert werden und anderswertig genutzt werden. Es gibt auf dem Campus 6 Gebäude mit durchschnittlich 3 Stockwerken. Wenn nun die Gebäudefläche bei einem Neubau reduziert werden sollte, könnte ein Gebäude auf der Hälfte der jetzigen Gebäudefläche errichtet werden. Als Konsequenz müsste es an Höhe gewinnen, um den Nutzen dennoch erfüllen zu können. Es wird von einem Neubau auf der Fläche von 1720m<sup>2</sup> ausgegangen, wobei dieser 6-7 Stockwerke haben müsste. Des Weiteren wäre es klimaökologisch wirksamer, wenn es sich bei der Dachfläche um eine intensive Dachbegrünung handeln würde. Eine intensive Dachbegrünung weist einen Bodenaufbau von 15-100cm und mehr auf, wobei ihre vergleichsweise, tiefe Substratschicht das Speichern und Verdunsten von mehr Wasser, als auch eine Pflanzung von kleinen Bäumen ermöglicht.<sup>46</sup>

Bei einem Neubau auf der Fläche des Campus könnte unter anderem die Grün- und Wasserfläche vergrössert werden, indem neben der Gebäudefläche, die Kiesfläche, auch Chaussierung genannt, und befestigte Fläche minimiert werden würde. Wobei bei der Berechnung der Punktezahl eines Neubaus je von einem Drittel der jetzigen Fläche ausgegangen wurde. Es würde bei einem angenommenen Neubau somit eine Fläche von 7980 Quadratmetern frei werden. Angenommen, dass beinahe die Hälfte der freigewordenen Fläche von je Wasser- und Grünfläche mit Bäumen und Gebüsch bedeckt würde, würde die Wasserfläche neu, durch die zusätzlich frei gewordene Fläche ergänzt. 3580m<sup>2</sup> und die Grünfläche 4400m<sup>2</sup> betragen.

---

<sup>46</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.120, 2020

Diese theoretische, maximal kühlende Neugestaltung des Raumes, würde eine kühlende Wirkung von 560 Punkten vorweisen, d.h. 485% der Wirkung des Ist-Zustandes, bzw. 55% der Wirkung einer kompletten Wasserfläche.

#### 4.2 Auswertung: Stärken und Schwächen des Campus Unterstrass und Vergleich

Der Vergleich zwischen der Ausgangssituation und dem theoretischen Maximum zeigt eine 4.85-fache Wirkung der Schwammstadtelemente. Der grosse Unterschied zwischen der Ausgangssituation und dem theoretischen Maximum lässt sich hauptsächlich auf die geringe Wasserfläche zurückschliessen. Die Wasserfläche macht in der Ausgangslage einen sehr geringen Flächenanteil der vorhandenen Schwammstadtelemente aus, hat aber eine stark kühlende Wirkung auf das Klima.

Ein weiterer Grund für die Diskrepanz ist die Kiesfläche, welche einen Anteil von 12.5% der Gesamtfläche ausmacht. Die Kiesfläche mag zwar eine positive Wirkung aufweisen, doch ist diese verglichen mit derer einer Grünfläche eher gering. So hat eine Grünfläche eine fast doppelt so grosse positive Wirkung wie eine Kiesfläche.<sup>47</sup>



Abbildung 17: Kiesfläche vor dem Haupteingang des Gymnasiums,  
(Quelle: Foto aufgenommen durch Autorin, 2022)

Bei der Chaussierung (Abbildung 17) auf dem Areal fällt auf, dass sie sehr zentriert gelegen ist und vor dem Haupteingang des Gymnasiums (Haus 40) als einzige Fläche vom Mittelpunkt ausgemessen, keine Bäume in einem Umkreis von 15m aufweist. Dies bedeutet, dass die Fläche fast nicht beschattet ist und sich dadurch, zusätzlich neben dem, dass sie bei Hitze schnell austrocknet, stärker erhitzt. Es sind im Allgemeinen auf dem Campus auf den befestigten Flächen eher wenige Bäume vorzufinden.

---

<sup>47</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.110, 2020

Der Grossteil der Grünflächen befindet sich südlich um das Gymnasium. Die begrünte Fläche ist auf dem Campus ungleichmässig verteilt, was dazu führt, dass sich tagsüber die nicht angrenzenden, versiegelten Flächen im Aussenraum um einiges stärker erwärmen als diejenigen, welche an die Grünfläche angrenzen. Weshalb das Turnhallendach im Ist-Zustand, bei welchem es sich um eine versiegelte Fläche handelt, die nur minim von Bäumen beschattet wird und gering an eine Grünfläche angrenzt, sich tagsüber stark erwärmt.

Des Weiteren sticht heraus, dass es sich bei knapp einem Drittel der Dächer um Kiesdächer handelt, welche verglichen mit Grünbedachungen klimaökologisch weniger gut abschneiden.<sup>48</sup> Unter anderem handelt es sich bei der Dachbegrünung in der Ausgangslage grössten Teils um extensive statt intensiver Dachbegrünung. Wobei eine extensive Dachbegrünung laut der Fachplanung Hitzeminderung der Stadt Zürich insgesamt weniger Wasser verdunsten kann und somit weniger klimaökologisch wirksam ist als die intensive Dachbegrünung.

#### 4.3 Vorkommen der Schwammstadtelemente auf dem Campus Unterstrass

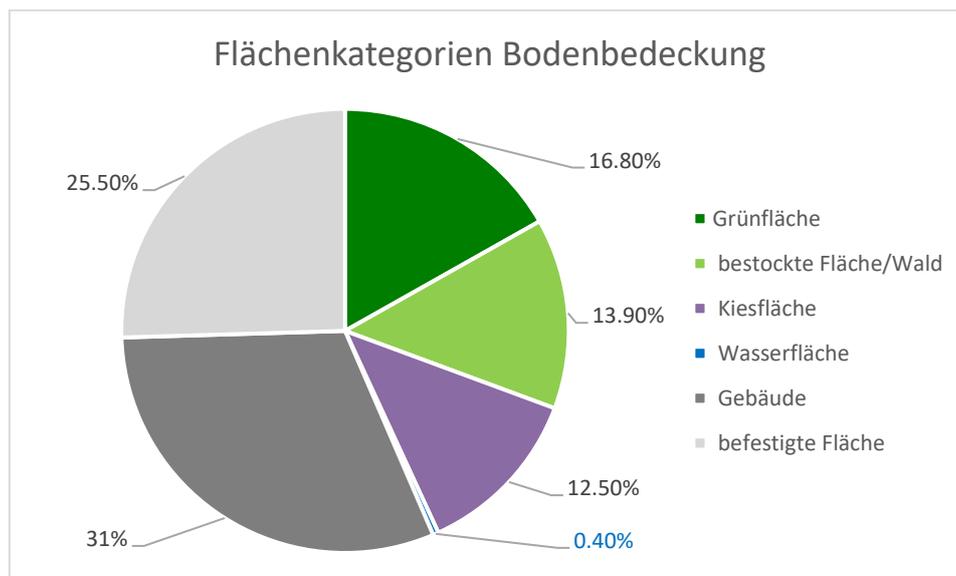


Abbildung 18: Diagramm der Prozentuale Bodenbedeckung der Schwammstadtelemente auf dem Campus Unterstrass (Quelle: Autorin)

Vorhanden sind Kiesflächen, auch Chaussierungen genannt, Grünflächen mit und ohne Bäume und Gebüsch, Wasserflächen und Gründächer als auch Kiesdächer. Einzelne Detailkarten pro Schwammstadtelement sind im Anhang zu finden.

<sup>48</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.120, 2020

Dabei macht der Gebäudeanteil der Bodenbedeckung mit 31% den grössten Anteil aus. Bei der Dachbedeckung machen etwa je ein Drittel Kiesdächer und ein Drittel Gründächer die Gebäudefläche aus, wobei es sich beim Rest um versiegelte Dachfläche handelt.

Bei beinahe einem Viertel der Fläche handelt es sich um befestigte, d.h. versiegelte, Bodenfläche.

Schwammstadtelemente kommen vorwiegend in Form von Chaussierungen, Grünflächen mit und ohne Bäume und Gebüsch vor. Die Wasserfläche macht hierbei mit knapp einem halben Prozent den geringsten Flächenanteil aus.

Nicht vorhanden ist das Element der Fassadenbegrünung und sehr selten waren versickerungsfähige Pflaster anzutreffen.

Ausserdem ist während der Kartenerhebung aufgefallen, dass im kartierten Raum, als auch auf dem Campus keine Mulden oder Retentionsbecken und fast keine Rigolen auffindbar waren.

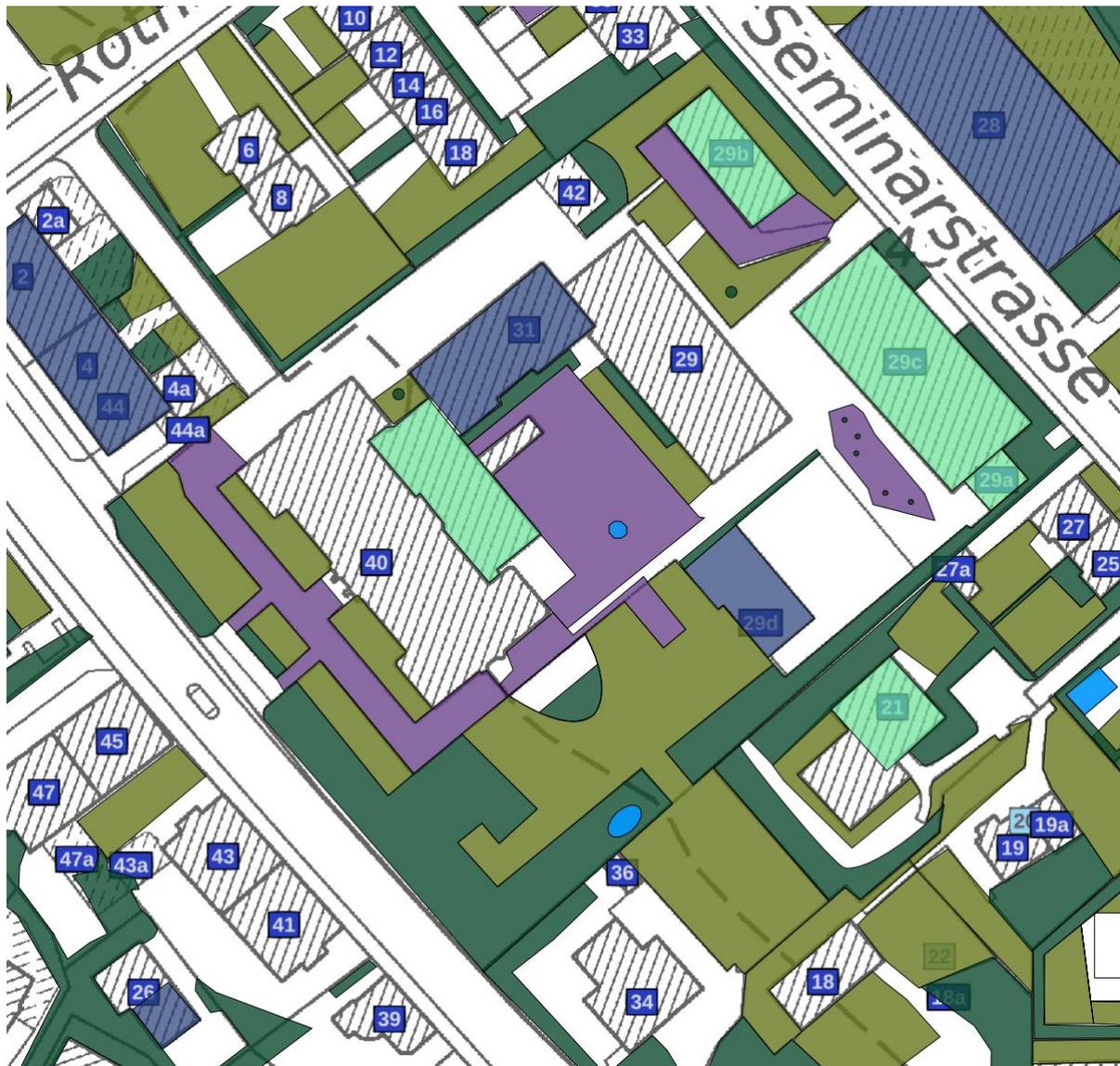


Abbildung 19: Kartenausschnitt der Schwammstadtelemente des Campus Unterstrass, Massstab: 1:1000  
(Quelle: erstellt durch Autorin)

## 5 Massnahmen Hitzeminderung

In diesem Kapitel werden die Massnahmen thematisiert und zusammengefasst, welche im Bericht «Fachplanung Hitzeminderung», kurz FPH, der Stadt Zürich (S.102-126) beschrieben werden und eine Verbindung zu Schwammstadtelementen aufweisen. So wird eine Übersicht an Schwammstadtelementen betreffenden Massnahmen der Stadt Zürich gegeben. Die Handlungsansätze, kurz HA, der Stadt Zürich, welche mit dem Begriff Massnahmen gleichzusetzen sind, wurden mit Massnahmen aus dem Bericht «Hitze in Städten» des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) ergänzt. Die Gruppierung der Massnahmen wurde vom Bericht «Hitze in Städten» des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) ist sehr übersichtlich und wurde deshalb für die folgende Auflistung übernommen.

Als «Grüne Massnahmen» wurden alle vorwiegend mit der Entwicklung von Grünflächen und Vegetation verbundenen Massnahmen eingeordnet. Jene mit Hauptbezug zu Wasser wurden in den Themenbereich «Blaue Massnahmen» und die Massnahmen, welche Gebäude direkt betreffen, wurden in den Themenbereich «Massnahmen an Gebäuden» eingeteilt.

### 5.1 «Grüne Massnahmen»

#### 5.1.1 HA 3: Grünflächen klimaökologisch gestalten (FPH, S.102)

Grünflächen spielen eine zentrale Rolle im Hitzeentlastungssystem in Siedlungsgebieten. Innerhalb der städtischen Wärmeinseln sind sie «Cool Spots», welche vor Ort der Bevölkerung als Rückzugs- und Entlastungsräume in Hitzeperioden dienen. Zu solchen gehören insbesondere Parkanlagen, aber auch institutionelle Grünräume wie bspw. Friedhöfe, Schul- und Badeanlagen, als auch das unmittelbare Wohn- und Arbeitsumfeld. Um eine optimale Wirksamkeit zu erreichen, empfiehlt es sich, möglichst vielfältige Freiraum- und Vegetationsstrukturen mit grosskronigen, schattenspendenden, klimaresistenten Bäumen, offenen Rasen- und Wiesenflächen sowie bewegten (bspw. Springbrunnen oder Bäche) Wasserflächen zu kombinieren. Denn durch eine differenzierte Gestaltung von Grün- und Freiräumen lässt sich deren klimaökologische Leistungsfähigkeit steigern.<sup>49</sup> Unter anderem sollen Wege und Plätze möglichst versickerungsfähig ausgestattet sein.<sup>50</sup> Durch die Entstehung von Verdunstungskühlung der Vegetation, auch Transpirationskühlung genannt, wird das bioklimatische Umfeld zusätzlich gekühlt. Zudem ist nachts die Rolle der Freiflächen im Kaltluftprozessgeschehen relevant, da sie die freie Zirkulation von Kaltluft ermöglicht.<sup>51</sup> Darüber hinaus wird die Gesundheit, Erholung und ökologischen Vielfalt durch

---

<sup>49</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.46, 2018

<sup>50</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.46, 2018

<sup>51</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.46, 2018

klimaökologisch gestaltete Grünflächen gefördert. Begrünte und unversiegelte Flächen dienen ebenfalls der Regenwasserversickerung sowie der Grundwasserneubildung.

Der Bericht «Hitze in Städten» des Bundesamtes für Umwelt (S.42) empfiehlt als Ziel, ein vernetztes System von Grün- und Freiräumen zu errichten, welches tagsüber lokal bioklimatisch für die Bevölkerung entlastend wirkt und nachts durch die nächtliche Kaltluftproduktion eine zentrale Rolle im Kaltlufthaushalt einnimmt.

#### 5.1.2 HA 4: Aufenthalts-, Bewegungs- und Verkehrsräume beschatten (FPH, S.106)

Die Beschattung von Aufenthalts-, Bewegungs- und Verkehrsräumen in der Stadt steigert die Lebens- und Aufenthaltsqualität der dort verweilenden Bevölkerung und mindert die Hitzebelastung vor Ort. Die Beschattung des Aussenraumes mindert die direkte Sonneneinstrahlung, sowie die daraus resultierende übermässige Erwärmung und führt so auch zu einer Reduktion der nächtlichen Wärmeabstrahlung. Die Beschattung dieser Räume lässt sich durch Bäume oder Beschattungselemente wie Sonnensegel erreichen. Für eine solche Beschattung bieten sich Bäume als die klimaökologisch wirksamere Lösung an, da bei ihnen im Gegensatz zu baulichen Elementen der Kühlungseffekt aufgrund ihrer Verdunstungsleistung und Luftreinigung verstärkt vorhanden ist. Gerade entlang von Verbindungswegen zu bioklimatischen Ausgleichsräumen, den “Cool Spots”, sind Bäume von einer besonderen Wichtigkeit, da sie zur Vernetzung der Grünflächen untereinander dienen und so zugleich auch deren klimaökologische Ausgleichsleistung fördern.<sup>52</sup>

#### 5.1.3 HA 5: Aufenthalts- und Bewegungsoberflächen entsiegeln und begrünen (FPH, S.110)

Der Rückgang von unversiegelten Flächen auf städtischem Gebiet ist einer der Hauptgründe für die Ausbildung städtischer Wärmeinseln. Eine Kühlung dieser Wärmeinseln kann durch die Entsigelung und Begrünung von Oberflächen in der Stadt erreicht werden. Begrünte Oberflächen erwärmen sich tagsüber weniger stark als unbegrünte, indem sie weniger Wärmeenergie speichern und nachts entsprechend weniger Wärme abstrahlen. Zusätzlich kann tagsüber die Verdunstung von Bodenfeuchtigkeit und die Transpiration der Pflanzen eine Temperatursenkung bewirken. Flächen wie Innenhöfe, Eingangsbereiche und Parkplätze können so durch (Teil-)Entsigelung klimatisch optimiert werden.<sup>53</sup>

---

<sup>52</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.52, 2018

<sup>53</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.44, 2018

## 5.2 «Blaue Massnahmen»

### 5.2.1 HA 7: Wasser im städtischen Raum etablieren (FPH, S.116)

Aufgrund ihrer hohen Verdunstungskühlung sind offene Wasserflächen wichtige klimaökologische Ausgleichselemente. Gewässer wirken sich vorwiegend positiv auf das Stadtklima aus. Tagsüber findet Verdunstung statt, welche die umgebende Luft abkühlt, indem ihr Wärmeenergie entzogen wird, während nachts die Wasserfläche die Luftzirkulation fördert. «Je grösser die Wasseroberfläche und je höher ihre Temperaturdifferenz zur umgebenen Luft, desto kühlender erweist sich ihre Wirkung.»<sup>54</sup> Durch Bewegung, wie in einem Springbrunnen oder Bach, wird die verdunstungsfähige Oberfläche vergrössert und der Austausch mit den tieferen, kühleren Wasserschichten verstärkt. So bewirkt bewegtes Wasser eine stärkere Kühlung als stehendes. Zudem profitiert die an die Wasserflächen angrenzende Vegetation von besserer Wasserversorgung und verfügt über eine erhöhte Kühlleistung aufgrund ihrer höheren Transpirationsleistung.<sup>55</sup>



Abbildung 20: Miroir d'Eau vor der Börse in Bordeaux, (Quelle: Autorin, 2021)

Zusätzlich wird das Wohlbefinden der Bevölkerung durch das direkte Erleben des Wassers weiter gesteigert.<sup>56</sup> So kann an Hitzetagen der erhitzte Körper beim Kontakt mit Wasser abgekühlt werden.

---

<sup>54</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.116, 2020

<sup>55</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.56, 2018

<sup>56</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.58, 2018



Abbildung 21: Wasserspiel-Fontänen auf dem Sechseläutenplatz in Zürich.  
(Quelle: Grün Stadt Zürich: FPH, S.117, 2020)

### 5.2.2 HA 8: Regenwasser zurückhalten und versickern (FPH, S.118)

Ein Grund für die Ausprägung von städtischen Wärmeinseln ist, dass das Regenwasser nur sehr eingeschränkt zur Verdunstung zur Verfügung steht. Zudem bedürfen die oben genannten «grünen Anpassungsmassnahmen» erhebliche Wassermengen, damit die Pflanzen bei Trockenperioden keinen Schaden nehmen und ihre kühlende Wirkung weiterhin beibehalten.<sup>57</sup> Durch versiegelte Flächen entstehende Überflutungen bei Starkregen stellen ein weiteres Problem dar.<sup>58</sup> Durch (Teil-) Entsiegelungen und Retentionsanlagen (Wasserrückhaltung) kann diesen Problemen effizient entgegengewirkt werden.

Die durch den Rückhalt und die Versickerung erzeugte Verdunstung von Bodenfeuchtigkeit und von temporären Wasserflächen erzeugt abgekühlte Luft. Entsiegelte oder teilentsiegelte Flächen heizen sich an sonnigen Tagen dadurch weniger auf und sorgen durch Verdampfung des Bodewassers für lokale Abkühlung.<sup>59</sup> Für Teilentsieglungen bieten sich Elemente wie Rasengittersteine, Fugenpflaster oder Chaussierungen an.<sup>60</sup> Zudem erzeugen pflanzenbestandene Wasserflächen ein besonders hohen Verdunstungskühlungsbeitrag.

---

<sup>57</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.62, 2018

<sup>58</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.60, 2018

<sup>59</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.60, 2018

<sup>60</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.60, 2018

## 5.3 «Massnahmen an Gebäude»

### 5.3.1 HA 9: Dächer klimaökologisch begrünen (FPH, S.120)

Dachbegrünungen weisen einen positiven Effekt auf das Stadtklima auf. Begrünte Dächer besitzen vielfältige Synergien mit anderen Zielen der nachhaltigen Siedlungsentwicklung und sind daher besonders wertvoll.<sup>61</sup>

Intensive Dachbegrünungen mit hohem Grünvolumen oder Wasser (auch blaugrünes Dach genannt) weisen eine deutlich stärkere Abkühlung als extensive Gründächer auf. Da Grünflächen in Städten meist sehr begrenzt vorhanden sind, können begrünte Dächer bei Hitze eine grünflächen-ähnliche Entlastungsfunktion übernehmen.

### 5.3.2 HA 10: Fassaden klimaökologisch begrünen (FPH, S.124)

Fassadenbegrünungen sind insbesondere dort für die Reduktion der Hitze von höchster Bedeutung, wo auf horizontalen Flächen eine anderen Grünstrukturen möglich oder gewollt sind. Die Fassadenbegrünung zählt zu den effektiven Möglichkeiten, die Gebäudeerwärmung am Tag abzuschwächen.

Sie sind zwar im Vergleich zur bodengebundenen Begrünung pflegeintensiver und brauchen zusätzlich Vorrichtungen zur Bewässerung, doch sind sie weitgehend unabhängig vom Standort.<sup>62</sup>

Im Vergleich zur Dachbegrünung ist die Fassadenbegrünung für die Hitzevorsorge wirksamer. Zudem sind potenziell deutlich mehr Fassaden zur Begrünung vorhanden.



Abbildung 22: Beispiel einer Fassadenbegrünung in Newcastle, England (Quelle: Autorin, 2015)

<sup>61</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.64, 2018

<sup>62</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.66, 2018

## 6 Massnahmen Hitzeminderung Campus Unterstrass

Die im Kapitel 5 aufgeführten Massnahmen zur Hitzeminderung durch Schwammstadtelemente werden im Folgenden auf ihre Wirksamkeit im Schulareal, Campus Unterstrass untersucht.

Als Teil des Kapitels wird thematisiert, wie nahe man mit den erarbeiteten Massnahmen von dem vorhandenen Ist-Zustand an das theoretische Maximum kommen kann. Zudem werden die Herausforderungen der Massnahmen gezeigt und deren Umsetzbarkeit betrachtet.

### 6.1 Allgemeine, empfohlene Massnahmen

Die Empfehlung des Planungstools «Hitze im Siedlungsraum» der Stadt Zürich besagt, dass es aufgrund der sehr starken Wärmebelastung tagsüber, notwendig ist den Aussenraum, die Fassaden als auch Dächer des Areals stärker zu begrünen und die wichtigsten lokalen Massnahmen zur Hitzeminderung umzusetzen. Zu solchen gehören das Entsiegeln und Beschatten von Aufenthalts- und Bewegungsräumen und das Etablieren von Wasserflächen. Unter anderem empfehlen sie aufgrund der Zunahme von Tropennächten das Areal stärker zu begrünen, mehr Grünräume zu schaffen und die wichtigsten lokalen Massnahmen zur Verbesserung der Auskühlung umzusetzen:

«Entsiegeln, beschatten von Aufenthalts- und Bewegungsräumen und etablieren von Wasserelementen.»<sup>63</sup>

Von den Handlungsansätzen, welche erarbeitet wurden, werden vom Planungstool die Folgenden mit besonders hohem Wirkungsgrad, vorgeschlagen: Die Grünflächen klimaökologisch zu gestalten (HA3) und die Aufenthalts- und Bewegungsräume zu entsiegeln und zu begrünen (HA5).

Zudem werden als «weitere zu prüfende Handlungsansätze» die nachfolgenden vorgelegt:

Die Aufenthalts-, Bewegungs- und Verkehrsräume zu beschatten (HA04), das Wasser im städtischen Raum etablieren (HA07), das Regenwasser zurückzuhalten und versickern zu lassen (HA08) und zu guter Letzt die Dächer (HA09) und Fassaden (HA10) klimaökologisch zu begrünen.

Des Weiteren sollen die vorhandenen Grünflächen unbedingt erhalten bleiben und vergrössert werden, weil sie, wie der GIS-Karte «Klimamodell: Planhinweiskarte» der Stadt Zürich entnehmbar ist, nachts, bioklimatisch von sehr hoher Bedeutung sind.

---

<sup>63</sup> Umwelt- und Gesundheitsschutz: Planungstool

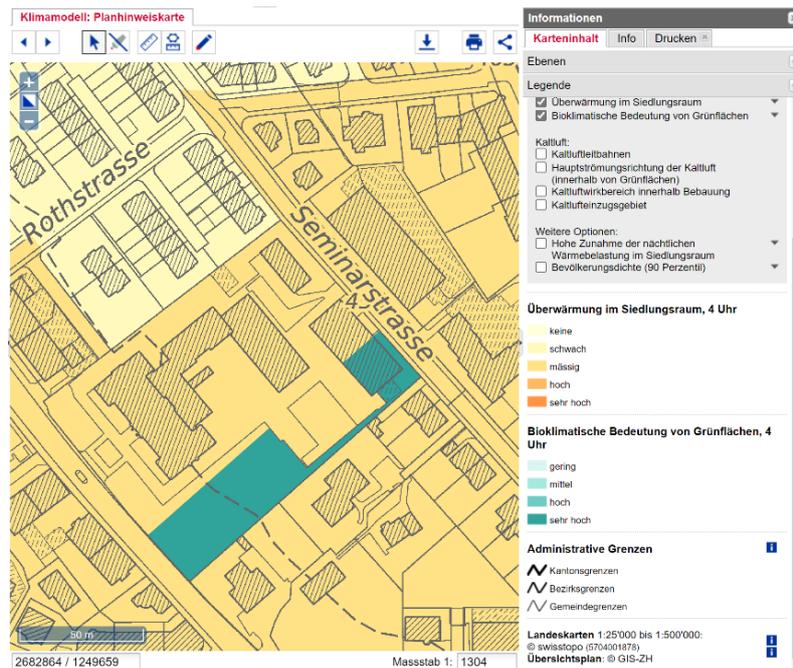


Abbildung 23: Ausschnitt der GIS-Karte «Klimamodell: Planhinweiskarte» auf welchem der Schulcampus während der Nachtsituation abgebildet ist, (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Klimamodell: Planhinweiskarte)

## 6.2 Vorschläge für konkrete Massnahmen

In diesem Teilkapitel werden eigene Vorschläge für konkrete Hitzeminderungsmaßnahmen für den Campus Unterstrass, basierend auf den empfohlenen Handlungsansätzen des Planungstools «Hitze im Siedlungsraum», gemacht.

### 1. Grüne Massnahme:

#### 1.1 Grünfläche vergrössern und Bäume anpflanzen (siehe Abbildung 24)

Ein Viertel der Fläche auf dem Schulareal ist versiegelt (Asphalt, Beton), daher wird konkret vorgeschlagen, dass ein Teil der versiegelten Fläche, welche zwischen der Turnhalle (Haus 29) und dem Institut (Haus 29c) liegt, entsiegelt und mit Grünfläche und Bäumen ersetzt wird. Des Weiteren soll ein Teil der Chaussierung, welche zentral auf dem Schulareal, vor dem Haupteingang des Gymnasiums (Haus 40) liegt, mit Grünfläche ergänzt und durch eine Baumallee beschattet werden. Insbesondere da die Entsiegelung zu Rasen die grösste positive Wirkung aufweist.<sup>64</sup> Ausserdem soll die Grünfläche auf dem Campus für eine optimale klimaökologische Wirkung möglichst vielfältig sein. Die Pflanzung von mehr grosskronige, schattenspendende und klimaresistente Bäume auf den Grünflächen Campus würde eine grosse Wirkung erzeugen. So könnte der

<sup>64</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.110, 2020

Baumbestand um ungefähr 20 Bäume vergrössert werden und eine ungefähre Anzahl von 80 Bäumen erreicht werden. Unter anderem ist zu beachten, dass die Beschattung von südlich und westlich exponierten Fassaden aufgrund der diffusen Strahlung im Siedlungsraum sinnvoll ist.<sup>65</sup> Weshalb die Grünfläche südwestlich des Gymnasiums (Haus 40) durch Bäume, welche die Fassade beschatten, ergänzt werden sollte.



Abbildung 24: Kartenausschnitt des Campus Unterstrass, auf welchem die vorgeschlagenen, neuen und umgestalteten Grünflächen (hellgrün: Wiesen und Rasen, dunkelgrün: bestockte Fläche und Bäume) abgebildet sind.  
Massstab: 1:1000,  
(Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, adaptiert durch Autorin)

## 1.2 Entsiegeln und durch versickerungsfähige Pflaster ersetzen (siehe Abbildung 25)

Die Zufahrtsfläche, nördlich der Gesamtschule (Haus 31), der Sportplatz nördlich des Pavillons (Haus 29d) und die umgebende versiegelte Fläche, sollten teilentsiegelt werden und mit Rasengittersteinen oder Fugenpflaster ersetzt werden. Durch eine Teilentsiegelung können sie ihrer Nutzung als Zufahrtsfläche oder Sportplatz gerecht werden, heizen sich aber weniger stark auf und wirken kühlend.<sup>66</sup>

<sup>65</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.68, 2018

<sup>66</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.110, 2020

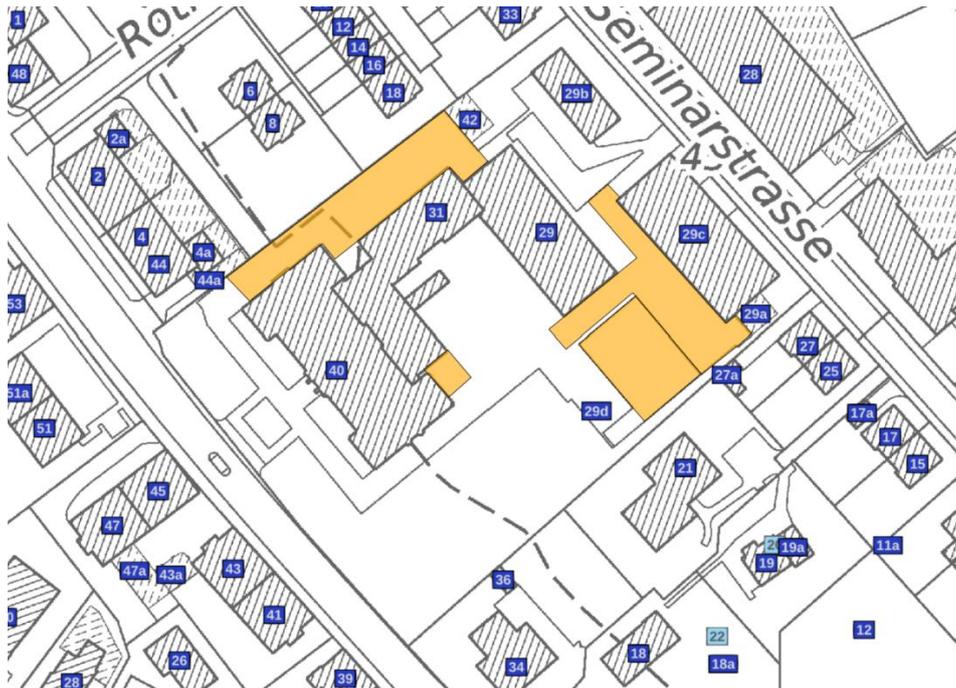


Abbildung 25: Kartenausschnitt des Campus Unterstrass, auf welchem vorgeschlagene versickerungsfähige Pflasterungen (orange: versickerungsfähige Pflaster) abgebildet sind. Massstab: 1:1000, (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, adaptiert durch Autorin)

## 2 Blaue Massnahme

Auf dem Campus ist der Anteil an Wasserflächen, mit 0.4% noch sehr gering (siehe Abbildung 18). Durch mehr offene und grössere Wasserflächen kann die vorhandene Grünfläche weiter optimiert werden.

Die Wasserfläche auf dem Campus zu vergrössern, ist auch im Handlungsansatz «Wasser im städtischen Raum etablieren»<sup>67</sup> vorgesehen. Teiche, Fontänen oder Wasserbecken sollen weiter gefördert werden. Wasserinstallationen und Trinkbrunnen würden sich auch als wirksam erweisen und erfreuen sich meist besonders an heissen Tagen an grosser Beliebtheit<sup>68</sup>

### 2.1 Teich vergrössern

Konkret schlage ich somit vor, dass der Teich auf dem Gelände vergrössert wird.

Der vorhandene Teich (37m<sup>2</sup>) könnte um sein 8-faches vergrössert werden und eine ungefähre Fläche von 300m<sup>2</sup> einnehmen. Ein vergrösserter Teich hätte zum einen eine direkte Kühlung der umgebenden Luft als Resultat, würde aber durch seine Vergrösserung an Umfang zunehmen und so mehr der Vegetation mit Wasser versorgen.

<sup>67</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.116, 2020

<sup>68</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.116, 2020

## 2.2 Retentionsanlagen errichten

Es sollten Retentionsanlagen auf dem Campus sollte errichtet werden, um das Regenwasser möglichst vollständig nutzen zu können.

Südwestlich hinter dem Gymnasium (Haus 40) schlage ich, für eine klimaökologisch verbesserte Wirkung, vor dass ein Teil der Grünfläche mit Retentionsbecken oder -mulden ersetzt wird. Ferner sollte südöstlich hinter dem Pavillon (Haus 29d) eine Retentionsanlage, wie eine Retentionsmulde oder Rigole, errichtet werden. Des Weiteren soll eine Retentionsmulde oder allenfalls ein Retentionsbecken auf dem Dach der Turnhalle (Haus 29) errichtet werden.

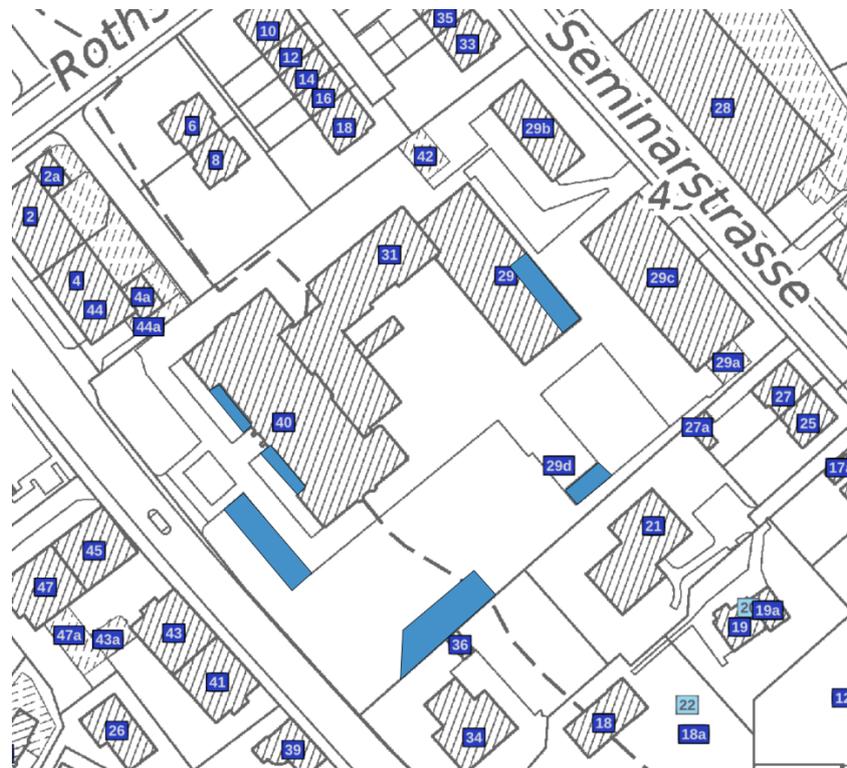


Abbildung 26: Kartenausschnitt des Campus Unterstrass, auf welchem die vorgeschlagenen, neuen und erweiterten Wasserflächen (blau: Wasserflächen) abgebildet sind. Massstab: 1:1000, (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, adaptiert durch Autorin)

## 3 Massnahmen Gebäude:

### 3.1 Dächer stärker begrünen

Die Dächer auf dem Campus sollten bei Möglichkeit stärker begrünt werden. Unter anderem sollte in Betracht gezogen werden die vorhandenen Kiesdächer zu begrünen, da sich ihre klimaökologische Wirksamkeit etwa verdoppeln würde.<sup>69</sup> So schlage ich vor alle Dächer auf dem Campus, das geneigte Dach des Gymnasiums (Haus 40) ausgenommen, stärker zu begrünen. Weiter sollte das

<sup>69</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.120, 2020

Dach der Turnhalle (29) begrünt werden und könnte somit in einen begehbaren Dachgarten umgewandelt werden.

### 3.2 Fassaden begrünen

Die Fassaden der Gebäude auf dem Schulareal sollten für eine klimaökologisch positive Wirkung, durch bodengebundene Kletterpflanzen (bspw. Entlang von Drähten) begrünt werden. Unter anderem könnten so auch die südlich und westlich, der diffusen Strahlung im Siedlungsraum, exponierten Fassaden beschattet werden.

## 6.3 Vergleich des optimierten Ist-Zustandes mit dem theoretischen Maximum

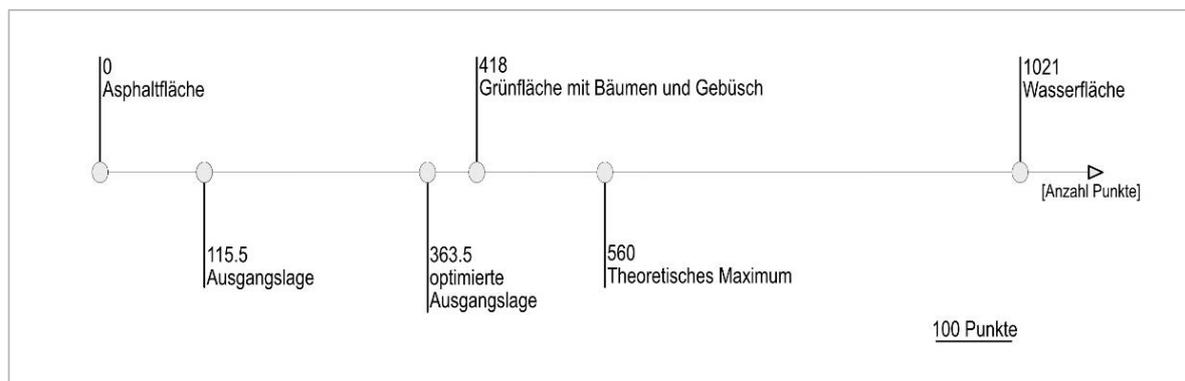


Abbildung 27: Grafik der vier Vergleichsszenarien und der alten als auch optimierten Ausgangslage (Quelle: von Autorin erstellt)

Wenn alle vorgeschlagenen Massnahmen umgesetzt würden, erhielte der Campus in seiner optimierten Situation für die Wirksamkeit der Handlungsansätze der Schwammstadtelemente tagsüber 363.5 Punkte. Dies entspricht einer 315% Wirksamkeit verglichen zu dem Ist-Zustand.

Durch die vorgeschlagenen, konkreten Massnahmen kann der Ist-Zustand um 248 Punkte verbessert werden. Diese Punktezahl entspricht bspw. der positiven Wirkung von einer ca. 2670m<sup>2</sup> grossen Wasserfläche oder einer ca. 6890m<sup>2</sup> grossen Rasenfläche.

Die optimierte Ausgangslage entspricht 65% der Wirkung des theoretischen Maximums. Ausserdem befindet sich nun die optimierte Ausgangslage um einiges näher an dem Vergleichsszenario «Grünfläche mit Bäumen und Gebüsch». In diesem wurde die Wirkung berechnet, welche die Gesamtfläche, als reine Grünfläche mit Bäumen und Gebüsch, erhielt.

Was schliessen lässt, dass die vorgeschlagenen Hitzeminderungsmassnahmen eine deutlich ausmachbare Kühlung des Campus bewirken können.

## 6.4 Umsetzbarkeit der Massnahmen für den Campus

### 1. Grüne Massnahme:

#### 1.1 Grünfläche vergrössern und Bäume anpflanzen

Die Grünflächen und Vegetation erfordern, besonders bei Trockenheit und damit verbundenem Wassermangel, einen intensiven Unterhalt, um ihre kühlende Wirkung aufrechtzuerhalten und ihnen eine gesunde Entwicklung ermöglichen zu können.<sup>70</sup> Des Weiteren benötigen klimaökologisch gestaltete Grünräume, verglichen zur einfachen Begrünung einen höhere Erstellungskosten und einen erhöhten Pflegeaufwand.<sup>71</sup>

Die grösste Herausforderung bei der Pflanzung von Bäumen ist die Bereitstellung von ober- und unterirdischem Raum, welcher der Baum für ein gesundes Wachstum benötigt.<sup>72</sup> Mehr Bäume anzupflanzen, heisst diese zu unterhalten und es braucht eine gewisse Zeit bis solche zu einer Grösse herangewachsen sind, mit welcher sie ihre kühlende Wirkung entfalten und vermögen durch Beschattung und Verdunstung die Umgebung zu kühlen.

#### 1.2 Entsiegeln und durch versickerungsfähige Pflaster ersetzen

Die Massnahme den Boden auf dem Campus zu entsiegeln ist so weit umsetzbar, erfordert jedoch einen finanziellen Aufwand zur Erstellung, dem Unterhalt und unter anderem der Reinigung.

### 2 Blaue Massnahme

Die Umsetzung der Vergrösserung der Wasserfläche des Teiches als auch dem Bau von Retentionsanlagen ist mit einem finanziellen Aufwand für die Errichtung als auch für die Erhaltung der Wasserqualität, sowie für den betrieblichen Unterhalt, verbunden. Ferner müssen gewisse Sicherheitsaspekte, wie Ertrinkungs-, und Rutschgefahr als auch die Hygiene berücksichtigt werden, was besonders auf einem Schulareal von hoher Relevanz ist. An natürlichen Gewässern und Wasserbecken ist die Sicherheit entsprechend den gesetzlichen Vorgaben zu gewährleisten.<sup>73</sup>

### 3 Massnahmen Gebäude:

Bei einer Umsetzung von Dachbegrünungen sind Anforderungen wie an die Dachneigung oder die statische Belastbarkeit gestellt. So spielt bspw. bei einer Begrünung und der Errichtung eines Retentionsbeckens auf dem Turnhallendach seine Belastbarkeit eine grosse Rolle. Ausserdem

---

<sup>70</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.106, 2020

<sup>71</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.46, 2018

<sup>72</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.106, 2020

<sup>73</sup> BVU: Hitzeangepasste Siedlungsentwicklung, S.56, 2021

muss das Gemäuer der Gebäude im Stande sein Fassadenbegrünungen zu tragen.<sup>74</sup> Die Fassadenbegrünungen erfordern beim Unterhalt, während Trockenperioden im Sommer, eine intensive Bewässerung.<sup>75</sup> Durch Gebäudebegrünungen, wie Dach- oder Fassadenbegrünungen, wird das Erscheinungsbild eines Gebäudes verändert, was die Machbarkeit durch Aspekte wie der Denkmalschutz oder bestimmte Nutzungsanforderungen an das Gebäude einschränken kann.<sup>76</sup>

Unter Voraussetzung der Finanzierung der Erstellungs- und Unterhaltsaufwände der einzelnen Elemente ist die Umsetzbarkeit gegeben, sofern keine Hinderungsgründe wie Denkmalschutz oder Sicherheitsrisiken diese verunmöglichen.

---

<sup>74</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.66, 2018

<sup>75</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.126, 2020

<sup>76</sup> BAFU: Hitze in Städten, S.64, 2018

## 7 Diskussion

### **Wie stark ist der Campus Unterstrass von der Stadterwärmung und sommerlichen Hitze- wellen betroffen?**

Die Stadterwärmung macht sich auf dem Campus besonders tagsüber bemerkbar. So ist die Schüler- und Lehrerschaft sehr stark von der Überwärmung und der dadurch resultierenden Hitzebelastung betroffen. Nachtsüber ist die Überwärmung mässig.

### **Welche der von der Stadt Zürich und dem Bund untersuchten Hitzeminderungsmaßnahmen, bezüglich Schwammstadtelementen zur Umgebungskühlung sind relevant für den Campus Unterstrass?**

Die vom Bund in «Hitze in Städten» dokumentierten Hitzeminderungsmaßnahmen sind sehr ausführlich beschrieben enthalten jedoch weniger konkrete Praxisbeispiele. Die Planungshilfe «Fachplanung Hitzeminderung» von «Grün Stadt Zürich» ist kompakter und prägnanter formuliert und fokussiert auf Beispiele aus der Stadt Zürich. Für die Klassifizierung der für den Campus Unterstrass relevanten Hitzeminderungsmaßnahmen konnte auf «Hitze in Städten» aufgebaut werden, die Detailbeschreibungen der Massnahmen liessen sich besser aus «Fachplanung Hitzeminderung» der Stadt Zürich erarbeiten und in dieser Arbeit dokumentieren.

Sämtliche sieben Schwammstadtelemente bezogene Massnahmen welche in «Fachplanung Hitzeminderung» vorgeschlagen werden, zeigten sich auch relevant und anwendbar für den Campus Unterstrass. Weiteren Massnahmen wie Kaltluftfluss, Albedo etc. sind weder Schwammstadtelemente noch besonders relevant für die Situation des Campus. Ähnliches gilt für die Vorschläge des Bundes in «Hitze in Städten».

### **Welche hitzemindernden Wirkungen könnten und werden bereits durch die konkrete Anwendung von Schwammstadtelementen auf dem Campus erreicht?**

Die Datenerhebung der bereits bestehenden Schwammstadtelemente im Untersuchungsgebiet konnte erfolgreich «im Feld» durchgeführt und kartographisch dokumentiert werden. Genaue Daten zu Gebäudehöhen und Fassadenflächen beruhend auf Vermessungsplänen könnte die Präzision der Berechnungen weiter verbessern.

Das erarbeitete Wirkungsbewertungsmodell (Punktesystem) erweist sich als hilfreich verschiedene Szenarien relativ zu einander vergleichen es kann jedoch keine genauere, absolute Zahlen zur Wirksamkeit machen. In Kombination des Hitzeminderungs-Massnahmenkataloges und dem Bewertungsschema der Wirkungen konnte eine Reihe von konkreten Schwammstadtelementen zur Hitzeminderungen vorgeschlagen und ihre Umsetzung skizziert werden.

Die detaillierte Machbarkeit der Massnahmen inklusive finanzieller und rechtlicher Randbedingungen war nicht Teil der Fragestellung und erfordert ausführlichere Detailklärungen.

### **Verbesserungs- und Vertiefungsvorschläge zur weiteren Bearbeitung der Aufgabe**

Die Wirksamkeit der Kiesdächer wurde ungefähr abgeschätzt, was bei der Berechnung der Wirkungspunkte zu ungenauen Resultaten geführt hat. Unter anderem war die GIS-Karte<sup>77</sup>, auf welcher der ungefähre Wert abgelesen wurde, was grob was die Genauigkeit des Resultats weiter minderte.

In einer weiteren Untersuchung, um die Machbarkeit gewisser Massnahmen konkreter beurteilen zu können, bedarf es weiteren Informationen zu den Gebäuden, wie bspw. zum Denkmalschutz oder zur Belastbarkeit der Dachflächen. Auch die Durchlässigkeit des Bodens ist, bei einer in Betracht gezogenen Umsetzung bestimmter Massnahmen, wie Retentionsmulden, eine Überprüfung nötig. Zudem sind in einem nächsten Schritt, aus bauplanerischer Sicht, die rechtlichen Grundsätze der konkreten Massnahmen zu beachten. Bei einem weiteren Vorgehen, wie einer konkreten Wirkungsanalyse oder einer Simulation der Massnahmen, wäre die Verwendung von GIS-Daten nötig. Ausserdem sollte die Wirkung von Kiesdächern im urbanen Gebiet untersucht werden, um einen genauen Temperaturwert vorweisen zu können.

Ausserdem wäre es interessant die Wirkung der Massnahmen auf die Nachtsituation zu untersuchen. Ein Vergleich der Bodenbedeckung des Quartiers oder Kreises Unterstrass mit derer der Stadt Zürich wäre unter anderem sicherlich auch noch lehrreich. Ferner wäre es spannend, die Gründe für die Anlegung einer Chaussierung ohne Beschattungselemente vor dem Haupteingang des Gymnasiums, wo sich vorangehend eine Baumallee befand, zu ermitteln.

---

<sup>77</sup>Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Klimamodell: Klimaanalysekarte

## 8 Zusammenfassung

Auf Basis der verfügbaren Klimastatistik der Stadt Zürich wird gezeigt, dass die Stadterwärmung auf dem Campus Unterstrass besonders tagsüber ausgeprägt ist. Dadurch sind die Nutzer wie Schüler- und Lehrerschaft sehr stark von der Überwärmung und der dadurch resultierenden Hitzebelastung betroffen. Für die Zukunft wird klar eine weitere Zunahme der Hitzetage prognostiziert, weshalb die Umsetzung von Hitzeminderungsmassnahmen von grosser Bedeutung ist.

Sowohl vom Bund in der Publikation «Hitze in Städten» wie auch von «Grün Stadt Zürich» in der Planungshilfe «Fachplanung Hitzeminderung» werden Hitzeminderungsmassnahmen ausführlich beschrieben und mit konkreten Praxisbeispielen hinterlegt. Bei etwa der Hälfte der dokumentierten Hitzeminderungsmassnahmen handelt es sich dabei um Schwammstadtelemente welche sich auch relevant und anwendbar für den Campus Unterstrass erweisen.

Die kartographische Dokumentation und Flächenvermessung der bestehenden Situation im Gebiet des Campus Unterstrass wurde mit Kamera und manuellen Kartenskizzen aufgenommen und mit digitalen Werkzeugen weiter bearbeitet.

Zur Bewertung der Ist-Situation und möglichen Verbesserungsszenarien wurde ein Wirkungsbewertungsmodell (Punktesystem) erarbeitet, welches die positiven Auswirkungen von verschiedenen Kombinationen von Schwammstadtelementen zur Hitzeminderung vergleichen lässt. Mit Hilfe dieses Modells und des aus den Publikationen extrahierten Hitzeminderungs-Massnahmenkataloges werden konkrete Vorschläge zur Anwendung von Schwammstadtelementen zur Hitzeminderung vorgeschlagen. Gemäss Modell ist dadurch bis eine dreifache Verstärkung der jetzigen Hitzeminderungswirkung erzielbar.

## 9 Schlusswort

Durch den Kartierungsprozess nahm meine Arbeit eine konkretere Form an und ich erlebte diesen als eine willkommene Abwechslung zum Schultag. Zudem lernte ich das Untersuchungsgebiet von neuen Seiten besser kennen. Die Digitalisierung und Überarbeitung der erstellten Karte in der Applikation «Affinity Designer» war aufschlussreich, da ich lernte besser mit der Applikation und den gebotenen Werkzeugen umzugehen.

Ich empfand den Einblick in die Thematik der Schwammstadt und Hitzeminderungsmassnahmen der Stadt höchst interessant. Die intensive Auseinandersetzung mit den Schwammstadtelementen und Hitzeminderungsmassnahmen für den Campus Unterstrass belichtete das Schularreal von einer neuen Seite. Nun überlege ich mir überall wo ich hingehe, insbesondere entlang meines Schulweges durch die Innenstadt Zürich, wo sich der Raum durch Schwammstadtelemente ausbessern lassen würde. Die Umsetzbarkeit der von mir vorgeschlagenen Massnahmen abzuwägen viel mir eher schwer, da es mir meines Erachtens an fachlicher Expertise fehlte. Hier wäre rückblickend ein Gespräch mit Expert\*innen aufschlussreich gewesen. Eine weitere Schwierigkeit war herauszufinden, wie ich die erhobenen Daten auswerten kann und bedurfte Zeit und viel Überlegungen. Zudem wäre es retrospektiv aufschlussreich gewesen Pläne über die Gebäude des Campus Unterstrass zu besitzen, da gewisse Grössen, wie bspw. die Fassadenfläche, abgeschätzt wurde, da es mir an konkreten Informationen dazu fehlte.

## 10 Danksagung

Ich möchte mich abschliessend bei einigen Personen herzlichst Bedanken. So danke ich herzlichst Herrn Hesske, der mich bei Fragen oder sonstigen Problemen immer unterstützt hat und mich mitunter auf das Thema der Schwammstadt gebracht hat. Unter anderem möchte ich mich bei Herrn Ingold von Esri Schweiz bedanken, der mir einen Einblick in das Programm ArcGIS gegeben hat, obwohl ich dieses leider doch nicht verwendet habe. Zu guter Letzt möchte ich noch einen Dank an meine Eltern richten, welche mich während dieser Arbeit immer wieder unterstützt haben.

## 11 Glossar

---

Hitzewelle	Eine Hitzewelle ist eine mehrere Tage anhaltende Periode, welche sich durch ihre überdurchschnittlichen thermischen Grundbelastung kennzeichnet. <sup>78</sup>
Hitzetag	Während einem Hitzetag fällt die Temperaturen nie unter 30°C. <sup>79</sup>
Tropennacht	Tropennächte zeichnen sich dadurch aus, dass die Temperatur nachts nicht unter 20°C fällt. <sup>80</sup>
PET	Die physiologisch äquivalente Temperatur, kurz PET, ist eine Kenngrösse, welche unter der Berücksichtigung von Parametern wie Lufttemperatur und -feuchte, Windgeschwindigkeit und die Strahlungsflüsse der Umgebung, eine Bewertung des tagsüber vorherrschenden Bioklimas ermöglicht. <sup>81</sup>
Chaussierung	Eine Chaussierung ist eine aus Splitt und Kies bestehende, wassergebundene, sickerfähige Deckschicht, welche zumeist auf Geh- und Radwegen, Parkierungsflächen und Plätzen vorzufinden ist. <sup>82</sup>
Transpiration	Die Transpiration ist der Verdunstungsprozess von Pflanzen über ihre Blätter. <sup>83</sup>
Handlungsansätze, Massnahmen	Der Begriff «Handlungsansätze» wird im Bericht der Stadt Zürich «Fachplanung Hitzeminderung» als Synonym zu Massnahmen verwendet.

---

---

<sup>78</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.199, 2020

<sup>79</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.25, 2020

<sup>80</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.25, 2020

<sup>81</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.201, 2020

<sup>82</sup> Grün Stadt Zürich: FPH, S.199, 2020

<sup>83</sup> Claassen: Hochwasser und Hochwasserschutz, S.28-29, 2022

## 12 Literaturverzeichnis

**Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft** des Kanton Zürich: *Massnahmen gegen Hitze. Massnahmen gegen Hitze | Kanton Zürich (zh.ch)* (Abruf: 31.12.22)

**BAFU**, Bundesamt für Umwelt (Hrsg.): *Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz. Aktionsplan 2020–2025*. Bern 2020, 164 S.

**BAFU**, Bundesamt für Umwelt (Hrsg.): *Hitze in Städten. Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung*. Bern 2018, 108 S.

**Bundesamt für Landestopografie swisstopo**. [https://map.geo.admin.ch/?topic=geol&lang=de&bgLayer=ch.swisstopo.swissimage&layers\\_opa-city=0.75&E=2682834.77&N=1249669.76&zoom=11.69146752555265](https://map.geo.admin.ch/?topic=geol&lang=de&bgLayer=ch.swisstopo.swissimage&layers_opa-city=0.75&E=2682834.77&N=1249669.76&zoom=11.69146752555265) (Abruf: 05.01.23)

**BVU**, Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kanton Aargau (Hrsg.): *Hitzeangepasste Siedlungsentwicklung: Leitfaden für Gemeinden*. Aarau 2021, 114 S. <https://www.ag.ch/de/themen/klimawandel/leitfaden-hitzeangepasste-siedlungsentwicklung> (Abruf: 05.01.23)

**Claassen**, Klaus: *Hochwasser und Hochwasserschutz* In: Praxis Geographie. 07.08.2022, S.27-31

**Camenzind**, Oliver: *52 Grad auf dem Asphalt: Wie Städte künftig gebaut sein müssen, um mit der Hitze umgehen zu können*. In: Neue Zürcher Zeitung. 15.08.2022. 9 S. [https://www.nzz.ch/wissenschaft/hitze-in-der-stadt-wie-zuerich-sich-mit-dem-klima-wandelt-ld.1695655?utm\\_source=pocket-newtab-global-de-DE&reduced=true](https://www.nzz.ch/wissenschaft/hitze-in-der-stadt-wie-zuerich-sich-mit-dem-klima-wandelt-ld.1695655?utm_source=pocket-newtab-global-de-DE&reduced=true) (Abruf: 05.01.23)

**Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Hitze im Siedlungsraum**. [GIS-Browser \(zh.ch\)](#) (Abruf: 05.01.23)

**Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Klimamodell: Klimaanalysekarte**. [GIS-Browser \(zh.ch\)](#) (Abruf: 05.01.23)

**Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Klimamodell: Planhinweiskarte**. [GIS-Browser \(zh.ch\)](#) (Abruf: 05.01.23)

**Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan**. [GIS-Browser \(zh.ch\)](#) (Abruf: 05.01.23)

**Gicquel**, Melanie: *Das Wasser wird knapp: Lasst uns unsere Städte fluten!* In: NZZ am Sonntag. 21.08.2022, S. 17

**Grün Stadt Zürich** der Stadt Zürich (Hrsg.): *Fachplanung Hitzeminderung (FPH)*. Zürich 2020, 214 S. [Fachplanung Hitzeminderung - Stadt Zürich \(stadt-zuerich.ch\)](#) (Abruf: 31.12.22)

**Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH: Mulden-Rigolen-System (MRS)**. [Mulden-Rigolen-System \(MRS\) | Sieker](#) (Abruf: 05.01.23)

**Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH: Zisternen**. [Zisternen | Sieker](#) (Abruf: 05.01.23)

**HOLINGER AG: Arbeitshilfe, Versickerung in Stadträumen**. Zürich o.J.

**Matzinger**, A. et al.: *Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung, Ergebnisse des Projektes KURAS*. Berlin 2017, 142 S.

**MeteoSchweiz:** *Klimabulletin Sommer 2022*. o.E. 2022, 9 S. <https://www.meteoschweiz.admin.ch/service-und-publikationen/publikationen/berichte-und-bulletins/2022/klimabulletin-sommer-2022.html> (Abruf: 05.01.23)

**NCCS**, National Centre for Climate Services: *CH2018 - Klimaszenarien für die Schweiz*. Zürich 2018, 24 S.

**SDA:** *Der Sommer 2022 wird wohl der zweitheisseste seit Messbeginn*. In: Tages-Anzeiger. 16.08.2022, 3 S. <https://www.tagesanzeiger.ch/der-sommer-2022-wird-wohl-der-zweiteis-seste-seit-messbeginn-308837396514> (Abruf: 05.01.23)

**Uffer**, Sabina, **Zaugg Stern**, Marc: *Klimaangepasste Innenentwicklung. Handlungsfelder, Strategien und Beispiele*. Zürich 2021, 40 S. <https://cloud.rzu.ch/s/0EXVmGH09V8aey0> (Abruf: 05.01.23)

**Umwelt- und Gesundheitsschutz** der Stadt Zürich: *Planungstool, Hitze im Siedlungsraum Stadt Zürich*. [Planungstool - Hitze im Siedlungsraum Stadt Zürich \(geopartner.ch\)](https://www.geopartner.ch/planungstool-hitze-im-siedlungsraum-stadt-zuerich) (Abruf: 05.01.23)

**Wiget**, Yannick, **Vögeli**, Patrick: *30 Grad werden zur Norm - So stark hat die Zahl der Hitzetage in Schweizer Städten zugenommen*. In: Tages-Anzeiger. 21.08.2022, 10 S. <https://www.tagesanzeiger.ch/so-stark-hat-die-zahl-der-hitzetage-in-schweizer-staedten-zugenommen-232305672676> (Abruf: 05.01.23)

## 13 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der Campus Unterstrass Tagsituation (14Uhr), auf der GIS-Karte «Klimamodell: Planhinweiskarte» der Stadt Zürich, im Massstab 1:1500 (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH) .....	8
Abbildung 2: Der Campus Unterstrass Nachtsituation (4Uhr), auf der GIS-Karte «Klimamodell: Planhinweiskarte» der Stadt Zürich, im Massstab 1:1500 (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH) .....	9
Abbildung 3: Kartenausschnitt des Teilplans Entlastungssystem der Stadt Zürich, Lage des Campus Unterstrass blau hervorgehoben, (Quelle: Grün Stadt Zürich: FPH, S.61, 2020, adaptiert durch Autorin).....	10
Abbildung 4: Kartenausschnitt der Karte der Massnahmegebiete der Stadt Zürich, ungefähre Lage des Campus Unterstrass blau hervorgehoben, (Quelle: Grün Stadt Zürich: FPH, S.53, 2020, adaptiert durch Autorin) .....	10
Abbildung 5: Elemente einer Schwammstadt, (Quelle: Claassen: Hochwasser und Hochwasserschutz, S.29, 2022) .....	11
Abbildung 6: sickerfähiges, begrüntes Rasengitter, (Quelle: Grün Stadt Zürich: FPH, S.113, 2020) .....	12
Abbildung 7: Pflasterung mit offenen, nicht zementierten Fugen (Quelle: Grün Stadt Zürich: FPH, S.113, 2020) .....	13
Abbildung 8: Illustration eines Mulden-Rigolen-System, welches die Kombination der Retentionsmulde mit der Rigole ist. Mit der Rigole ist hierbei lediglich der unterirdische Teil gemeint. (Quelle: Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH (Sieker): Mulden-Rigolen-System (MRS)) .....	14
Abbildung 9: Beispiel eines Retentionsbeckens, welches im Regina-Kägi-Hof vorzufinden ist. (Quelle: Grün Stadt Zürich: FPH, S.119, 2020).....	14
Abbildung 10: Kühlleistung von unterschiedlichen Dachbegrünungen mit Retentionsfunktion (Quelle: BAFU: Hitze in Städten, S.64, 2018).....	17
Abbildung 11: Das gewählte, kartierte Gebiet wurde orange hinterlegt und der Campus Unterstrass rot umrandet und hinterlegt. Massstab 1:1000 (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, modifiziert durch Autorin) .....	18
Abbildung 12: Ausschnitt einer handskizzierten Karte, Kartengrundlage: GIS-ZH Landeskarten, Übersichtsplan, Massstab 1:1000, (Quelle: Autorin).....	19
Abbildung 13: erstellte Karte der Schwammstadtelemente im Quartier Unterstrass. Als Karten Grundlage wurde die Basiskarte von GIS-ZH, Kanton Zürich genutzt. (Quelle Kartenbasis: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan).....	21
Abbildung 14: Die Gesamtfläche des Campus Unterstrass gelblich hinterlegt. In Leiste «Info» auf der rechten Seite wird die ausgewählte Fläche angegeben. Die Gesamtfläche beträgt gerundet 11'100 m <sup>2</sup> . (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, modifiziert durch Autorin).....	22
Abbildung 15: Excel-Tabelle der Flächen und die dazugehörigen Flächenanteile (Quelle: von Autorin erstellt) .....	23
Abbildung 16: Grafik der vier Vergleichsszenarien und der Ausgangslage (Quelle: erstellt durch Autorin) .....	26
Abbildung 17: Kiesfläche vor dem Haupteingang des Gymnasiums, (Quelle: Foto aufgenommen durch Autorin, 2022) .....	28
Abbildung 18: Diagramm der Prozentuale Bodenbedeckung der Schwammstadtelemente auf dem Campus Unterstrass (Quelle: Autorin).....	29
Abbildung 19: Kartenausschnitt der Schwammstadtelemente des Campus Unterstrass, Massstab: 1:1000 (Quelle: erstellt durch Autorin).....	31
Abbildung 20: Miroir d'Eau vor der Börse in Bordeaux, (Quelle: Autorin, 2021) .....	34
Abbildung 21: Wasserspiel-Fontänen auf dem Sechseläutenplatz in Zürich. (Quelle: Grün Stadt Zürich: FPH, S.117, 2020) .....	35
Abbildung 22: Beispiel einer Fassadenbegrünung in Newcastle, England (Quelle: Autorin, 2015).....	36

Abbildung 23: Ausschnitt der GIS-Karte «Klimamodell: Planhinweiskarte» auf welchem der Schulcampus während der Nachtsituation abgebildet ist, (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Klimamodell: Planhinweiskarte)..... 38

Abbildung 24: Kartenausschnitt des Campus Unterstrass, auf welchem die vorgeschlagenen, neuen und umgestalteten Grünflächen (hellgrün: Wiesen und Rasen, dunkelgrün: bestockte Fläche und Bäume) abgebildet sind. Massstab: 1:1000, (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, adaptiert durch Autorin) ..... 39

Abbildung 25: Kartenausschnitt des Campus Unterstrass, auf welchem vorgeschlagene versickerungsfähige Pflasterungen (orange: versickerungsfähige Pflaster) abgebildet sind. Massstab: 1:1000, (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, adaptiert durch Autorin) ..... 40

Abbildung 26: Kartenausschnitt des Campus Unterstrass, auf welchem die vorgeschlagenen, neuen und erweiterten Wasserflächen (blau: Wasserflächen) abgebildet sind. Massstab: 1:1000, (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, adaptiert durch Autorin) ..... 41

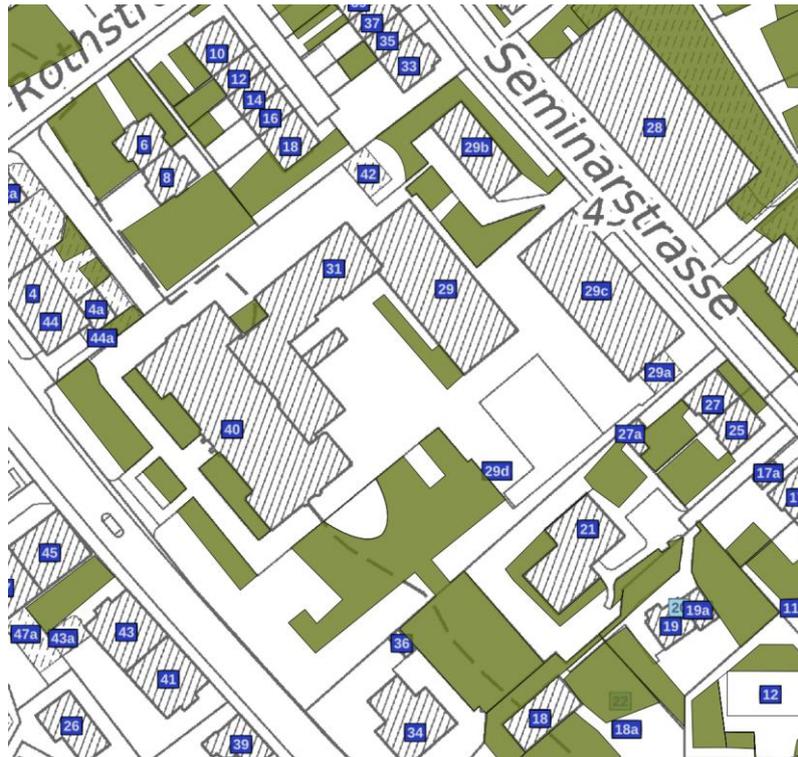
Abbildung 27: Grafik der vier Vergleichsszenarien und der alten als auch optimierten Ausgangslage (Quelle: von Autorin erstellt) ..... 42

## 14 Anhänge

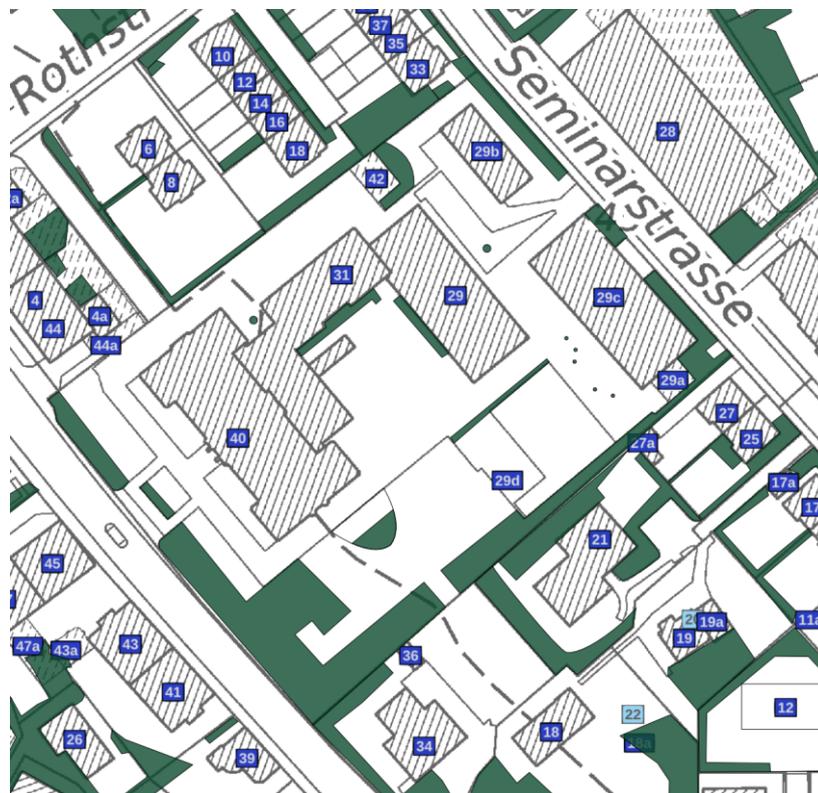
Tabelle Wirksamkeit der Handlungsansätze:

Handlungsansatz	Median [°C]	Max. [°C]	Wirkbereich [m]
<b>HA 01 Baukörper für günstiges Mikroklima optimieren</b>			
<i>* Wirkung nicht ermittelt (zu geringe Stichprobe)</i>			
<b>HA 02 Gebäudestellung auf Luftaustausch ausrichten</b>			
<i>* Wirkung nicht ermittelt (zu geringe Stichprobe)</i>			
<b>HA 03 Grünflächen klimaökologisch gestalten</b>			
Baum auf Rasen	-4,2	-8,7	7-20
Rasen statt Asphalt	-3,6	-6,6	2-4
Pergola auf Asphalt	-3,7	-6,0	2-3
Wasserfläche statt Rasen	-5,6	-7,6	3-6
Baum auf Asphalt	-2,3	-4,5	7-20
Retentionsraum statt Rasen	-1,0	-1,4	5-18
<b>HA 04 Aufenthalts-, Bewegungs- und Verkehrsräume beschatten</b>			
Baum auf Rasen	-4,2	-8,7	7-20
Pergola auf Asphalt	-3,7	-6,0	2-3
Baum auf Asphalt	-2,3	-4,5	7-20
<b>HA 05 Aufenthalts- und Bewegungsoberflächen entsiegeln und begrünen</b>			
Rasen statt Asphalt	-3,6	-6,6	2-4
Rasen statt Pflasterung/Chaussierung	-3,0	-5,5	2-4
Pflasterung/Chaussierung statt Asphalt	-2,4	-4,1	2-4
Rasengitter statt Asphalt	-2,2	-4,0	2-4
Rasengitter statt Pflasterung/Chaussierung	-1,8	-3,3	2-4
<b>HA 06 Materialien mit hoher Albedo für Strassen- und Platzoberflächen verwenden</b>			
Oberfläche mit hoher Albedo statt Asphalt	-1,5	-2,8	2-4
<b>HA 07 Wasser im städtischen Raum etablieren</b>			
Wasserfläche statt Rasen	-5,6	-7,6	3-6
<b>HA 08 Regenwasser zurückhalten und versickern</b>			
Retentionsraum statt Rasen	-1,0	-1,4	5-18
<b>HA 09 Dächer klimaökologisch begrünen</b>			
extensive Dachbegrünung (2 m über Grund)	-0,8	-1,5	2-4
intensive Dachbegrünung (2 m über Grund)	-1,1	-2,5	2-4
intensive Dachbegrünung (2 m über Dach)	-3,1	-6,6	2-4
<b>HA 10 Fassaden klimaökologisch begrünen</b>			
Fassadenbegrünung	-4,8	-6,6	4-14
<b>HA 11 Fassaden- und Dachmaterialien mit hoher Albedo verwenden</b>			
helle Fassade	-1,0	-1,8	2-3
helles Dach	-1,2	-2,1	2-4
<b>HA 12 Gebäudenahen Aussenraum beschatten</b>			
<i>* Wirkung nicht ermittelt (zu geringe Stichprobe)</i>			
<b>HA 13 Energie effizient nutzen</b>			
<i>* Wirkung nicht ermittelt (zu geringe Stichprobe)</i>			

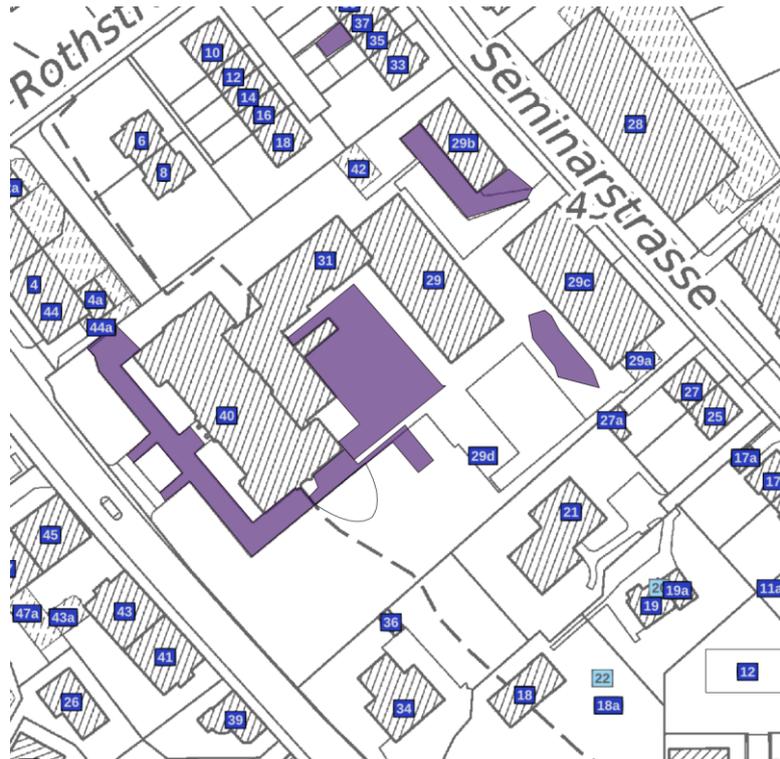
(Quelle: Grün Stadt Zürich: FPH, S.192, 2020)



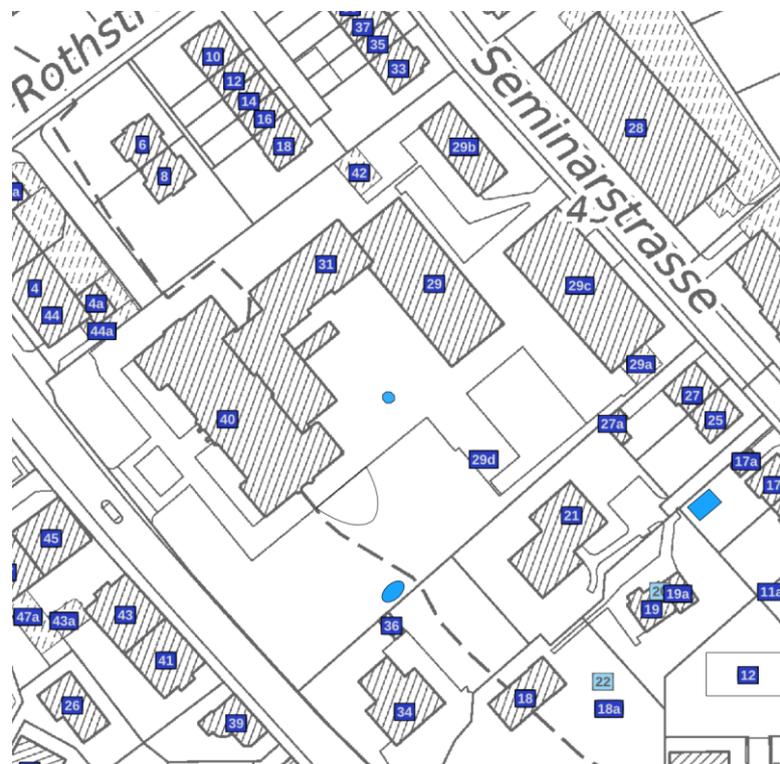
Ausschnitt Campus Unterstrass der Schwammstadtkarte, auf welchem die vorhandenen Grünflächen (Rasen, Wiese) in hellgrün abgebildet sind. Massstab: 1:1000, (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, adaptiert durch Autorin)



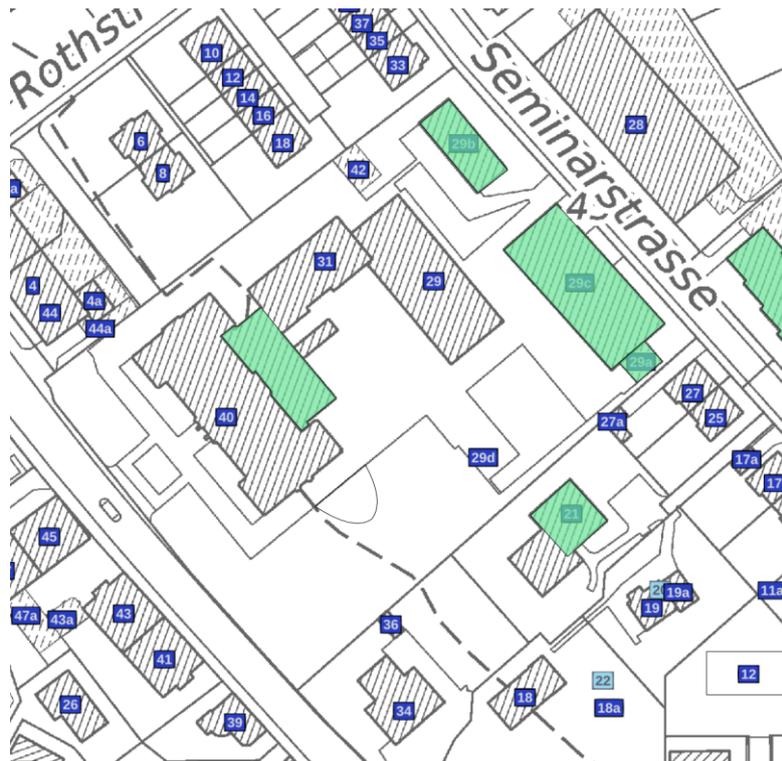
Ausschnitt Campus Unterstrass der Schwammstadtkarte, auf welchem die vorhandenen Gebüsch und Bäume (bestockte Fläche) in dunkelgrün abgebildet sind. Massstab: 1:1000, (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, adaptiert durch Autorin)



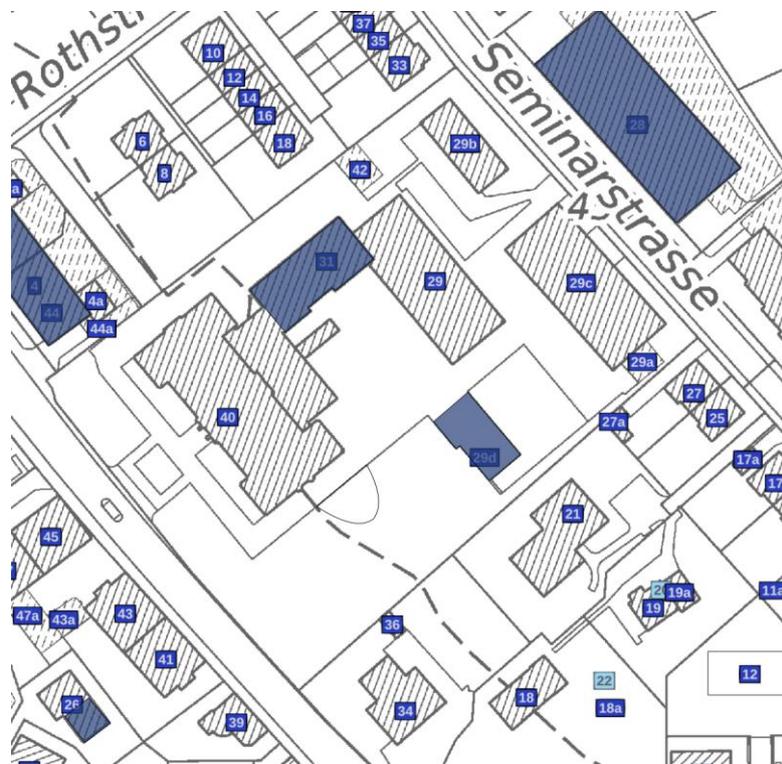
Ausschnitt Campus Unterstrass der Schwammstadtkarte, auf welchem die vorhandenen Kiesflächen (Chaussierungen) in violett abgebildet sind. Massstab: 1:1000, (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, adaptiert durch Autorin)



Ausschnitt Campus Unterstrass der Schwammstadtkarte, auf welchem die vorhandenen Wasserflächen (Teiche) in hellblau abgebildet sind. Massstab: 1:1000, (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, adaptiert durch Autorin)



Ausschnitt Campus Unterstrass der Schwammstadtkarte, auf welchem die vorhandenen Gründächer in türkis abgebildet sind. Massstab: 1:1000, (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, adaptiert durch Autorin)



Ausschnitt Campus Unterstrass der Schwammstadtkarte, auf welchem die vorhandenen Kiesdächer in dunkelblau abgebildet sind. Massstab: 1:1000, (Quelle: Geographisches Informationssystem GIS-ZH: Landeskarten, Übersichtsplan, adaptiert durch Autorin)

Tabellen aus Excel:

Flächen in m <sup>2</sup>		Gesamtfläche		11100									
Grünflächen	Gebüsch	Kiesfläche	Wasserberfläche	Gründach	Grünfläche	Kiesdach	Gebäude	Gebäude ohne Gründächer	Summe nichtversiegelter Fläche:	versiegelte Fläche			
174	67	497	6	254	254	359	254						
76	39	669	37	261	261	184	261						
79	33	129		620	620		620						
46	132	88		49	49		359						
95	22						184						
848	839						1039						
98	249						64						
148	64						608						
43	27						49						
258	72												
1865	1544	1383	43	1184	3049	543	3438	2254	8273	2827			
0.16801802	0.1390991	0.12459459	0.003873874	0.10666667	0.274684685	0.04891892	0.30972973	0.203063063	0.74531532	0	0	0.25468468	
16.8018018	13.9099099	12.4594595	0.387387387	10.6666667	27.46846847	4.89189189	30.972973	20.30630631	74.5315315	0	0	25.4684685	
		Kontrolle											
		11100			Grünflächen		17%	16.80%					
		WAHR			Gebüsch		14%	13.90%					
					Kiesfläche		13%	12.50%					
					Wasserberfläche		0.40%	0.40%					
					Gebäude		31%	31%					
		100%			versiegelte Fläche		25%	25.50%					
					Total		100%	100%					

Tabelle: Flächenberechnung in Excel, anschliessend wurde der prozentuale Anteil der Elemente errechnet.

Wirksamkeit aus Tabelle FPH S.192	Mediantemp	Punkte pro m <sup>2</sup>	Punkte Situation jetzt
Baum auf Rasen	4.2	0.042	1.68 ca. 40 Bäume
Rasen statt Asphalt	3.6	0.036	67.14
Wasserfläche statt Rasen	5.6	0.056	0.086688
Baum auf Asphalt	2.3	0.023	0.115 ca. 5 Bäume
Retentionsraum statt Rasen	1	0.01	0
Rasen statt Asphalt	3.6	0.036	
Rasen statt Pflasterung / Chaussierung	3	0.03	
Pflasterung / Chaussierung statt Asphalt	2.4	0.024	33.192
Rasengitter statt Asphalt	2.2	0.022	
Rasengitter statt Pflasterung / Chaussierung	1.8	0.018	
Dachflächen extensiv	0.8	0.008	9.472
intensiv	3.1	0.031	
Kiesdächer	0.7	0.007	3.801
Fassadenbegrünung	4.8	0.048	0
		Punkte Total	115.48669
		gerundet	115.5

Wenn alles Rasen wäre	399.6
Anzahl Bäume auf 111000	25m <sup>2</sup> pro Baum
	444
	18.648
Wenn alles Rasen mit Bäumen wäre	399.6
	18.648
	418.248
wenn alles Wasser statt Rasen wäre	621.6
Wenn alles Wasser wäre	1021.2

Tabelle: Punktesystem in Excel, Errechnung der relativen Wirksamkeit der Ist-Situation und den Vergleichsszenarien (grün)

Theoretisches Maximum		Punkte
1/2 der Gebäudefläche dafür 6 Stockwerke 1720	> intensive Grünbedachung	53.32
1/3 der jetzigen Asphaltfläche 940		0
1/3 der jetzigen Kiesfläche 460		11.04
verbleibende Fläche 7980		
Wasserfläche 3580 0.092		329.36
Grünfläche mit Bäumen und Gebüsch 4400		165.792
	total	559.512

Optimierte Ausgangslage	Fläche m <sup>2</sup> (gerundet)	Punkte
Teichfläche	300	16.8
Retentionsbecken	400	16
alle Dachflächen (intensiv) ausser Gymn.	2600	80
Grünflächen	664	17
bestockte Fläche	2024	72.9
neu Pflaster	700	39.6
neu Pflaster sportplatz	400	
Chaussierung	850	20.4
Treppen	100	0
Dach Gymnasium Unterstrass	1038	
Bäume bisher	40 Stück	1.68
plus neue Bäume	40 Stück	1.68
Fassadenbegrünung	2030	97.44
insgesamt	10936	363.5

Tabellen: Punktesystem in Excel, Errechnung der relativen Wirksamkeit des theoretischen Maximums (Grün) und der optimierten Ausgangslage (blau)

## 15 Selbständigkeitserklärung

„Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benützung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel bzw. ohne Beratung durch andere als die namentlich erwähnten Fachpersonen verfasst bzw. gestaltet habe.“

Ort und Datum: Zollikon, 07.01.23

Unterschrift: A. Strässler