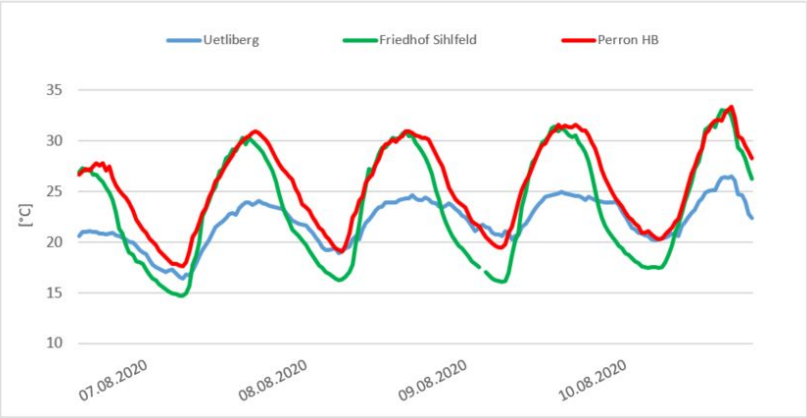
Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Luft, Klima und Strahlung

Monitoring

Felix Baum, Jörg Sintermann

Stadtklimamessungen: Ausgewählte Resultate Sommer 2020

November 2020



Inhalt

1. Ausgangslage **3**

2. Witterung Sommer 2020 **5**

3. Resultate **7**

3.1. Hitzetage und Tropennächte in der Stadt und im Umland 7
3.2. Wärmeinsel Zürich 12
3.3. Vergleich ausgewählter Stationen während der Hitzeperiode vom 7. bis 11 August 2020 15
3.3.1. Uetliberg / Friedhof Sihlfeld / Perron HB 15
3.3.2. Vulkanplatz vs. Oerlikerpark / Parkgestaltung 16
3.3.3. Wärmeinsel Winterthur 17
3.4. Überprüfung der Windkarten des Klimaanalyse-Modells 18
3.4.1. Vorgehen 18
3.4.2. Ergebnisse 19

4. Fazit **20**

5. Abbildungsverzeichnis **21**

1. Ausgangslage

Die Auswirkungen des Klimawandels sind während Hitzeperioden in Stadtgebieten noch intensiver spürbar, da sich städtische Gebiete im Vergleich zum Umland stärker erwärmen. Die Auswirkungen dieser städtischen Wärmeinsel werden durch das Bevölkerungswachstum und die zunehmende Verdichtung in Städten und Agglomerationen weiter verstärkt. Die Änderung der Durchlüftungssituation durch neue städtebauliche Vorhaben wirkt sich zudem auf die Wärmeverteilung in der Stadt aus.

Die Baudirektion des Kantons Zürichs hat einen Massnahmenplan zur Anpassung an den Klimawandel erarbeitet. Das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) hat zur Unterstützung der klimaangepassten Raumplanung unter anderem auch Klimaanalysekarten für Hitzesituationen erarbeitet (weiterführende Informationen unter zh.ch/klima). Um diese Aktivitäten durch Messungen zu unterstützen, betreibt das AWEL im Kanton Zürich seit dem Sommer 2019 ein Sensormessnetz für die Messung von Lufttemperatur und -feuchte (siehe auch https://www.zh.ch/de/umwelt-tiere/klima/klimakarte-daten.html). An ausgesuchten Messstellen werden zudem Windmessungen durchgeführt.

Die Messmittel stammen von der Firma Decentlab mit Sensoren von Sensirion. Bei den Windmessgeräten handelt es um Ultraschall-Anemometer (siehe Abbildung 1). Die Sensoren kommunizieren über das Long Range Wide Area Network (LoRa WAN) der Swisscom und senden alle 10 Minuten den aktuellen Wert in eine cloudbasierte Datenbank. Vor Projektbeginn wurden alle Sensoren umfangreichen Vergleichsmessungen unterzogen und einzeln kalibriert (siehe Messbericht 2019, Kapitel 3 Messmittel).

Abbildung 1: Sensoren für Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit (links) sowie für Windrichtung und Windgeschwindigkeit (rechts).

Die erhobenen Messdaten werden der interessierten Öffentlichkeit auf www.open-data.swiss laufend frei zur Verfügung gestellt.
Das Stadtklima-Messnetz umfasste im Sommer 2020 rund 50 Sensoren. Ergänzt wird das Messnetz mit Stationen von «MeteoSchweiz» und dem Luftqualitätsmessnetz der Ostschweizer Kantone «OSTLUFT».

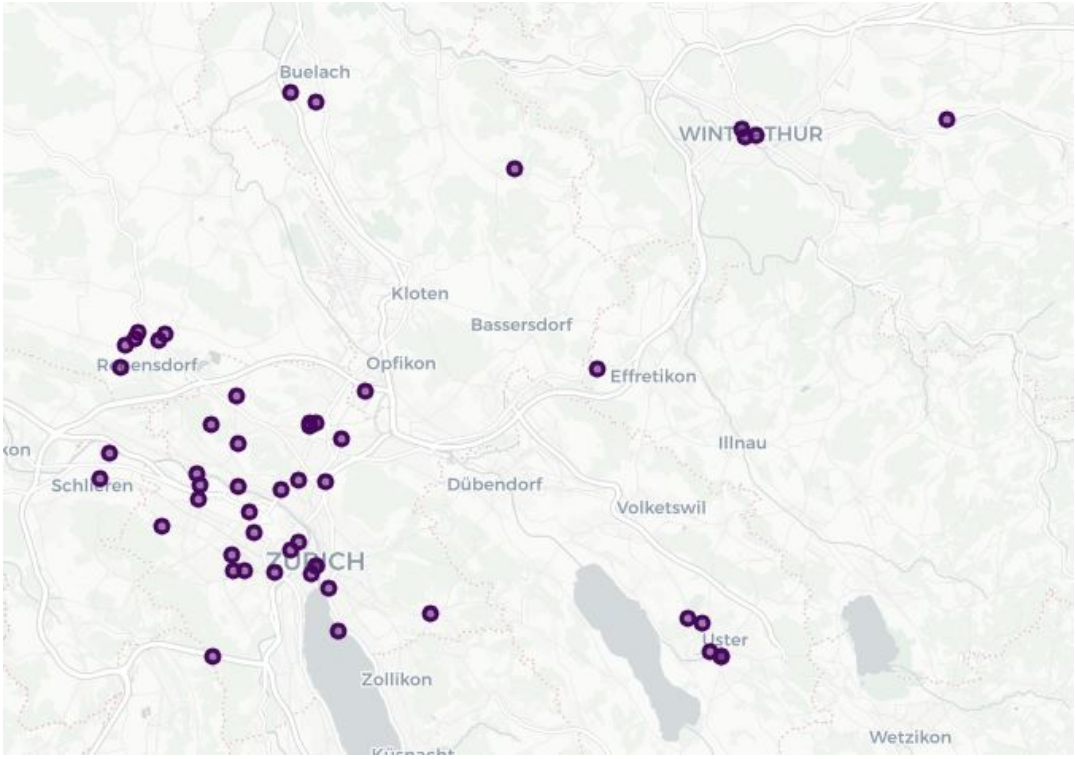


Abbildung 2: AWEL-Sensor-Messnetz 2020. Das Stadtklima-Messnetz umfasste im Sommer 2020 rund 50 Sensoren.

Nach einer kurzen Übersicht über die Witterung im Sommer 2020 werden im Kapitel 3 ausgewählte Resultate vorgestellt.

2. Witterung Sommer 2020

Auf den mildesten Winter folgte 2020 der drittwärmste Frühling seit Messbeginn der MeteoSchweiz im Jahr 1864. Der Sommer 2020 zählte zwar nicht zu den extrem heissen, er setzte die Serie der sehr warmen Sommer mit einem Landesmittel von 14,1 °C aber weiter fort. Vor der kräftigen Sommererwärmung ab den 1990-er Jahren gab es nur sehr selten Schweizer Sommer mit über 14 °C im landesweiten Mittel (MeteoSchweiz, Klimabulletin 2020).

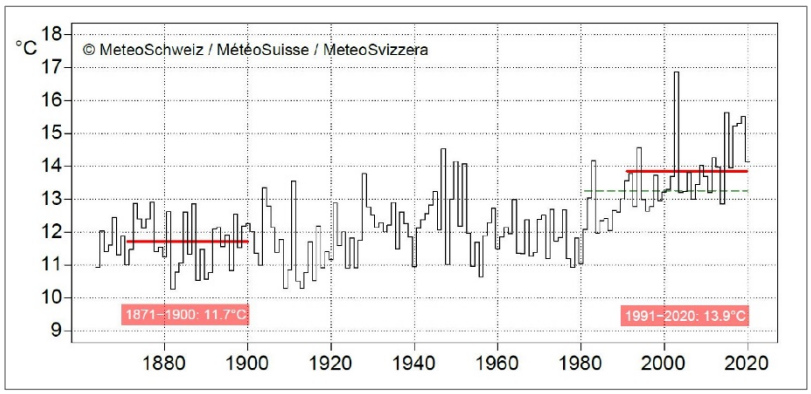


Abbildung 3: Die Sommertemperatur (Mittelwert Juni bis August) in der Schweiz seit Messbeginn 1864. Die roten Linien zeigen die 30-jährigen Mittel 1871 - 1900 und 1991 - 2020. Die gestrichelte Linie zeigt die Norm 1981–2010 (MeteoSchweiz, Klimabulletin 2020).

Abbildung 4 zeigt Tagesmaxima und Tagesminima der Lufttemperatur und die tägliche Niederschlagsmenge im Sommer 2020 an der Messstelle Zürich Kaserne.

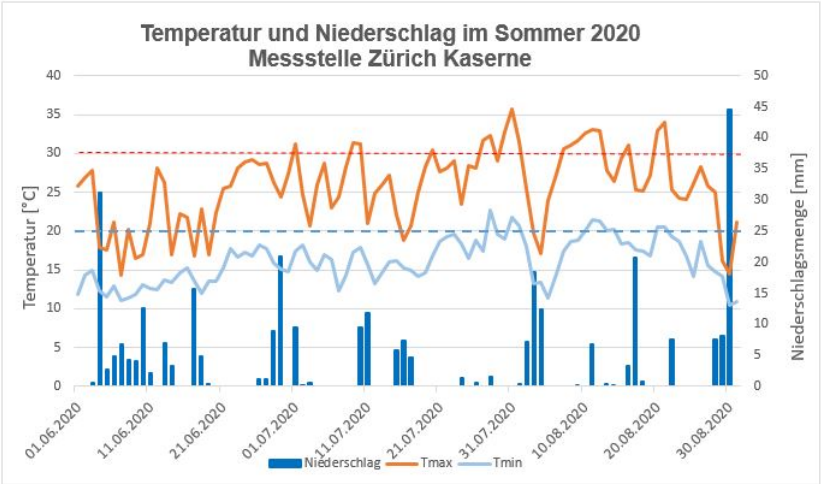


Abbildung 4: Lufttemperatur und Niederschlag an der Messstelle Kaserne. Nach einem durchschnittlichen Juni hielt sich die Sommerhitze auch im Juli bis zum Monatsende in Grenzen. Im August kam es zu einer länger anhaltenden Hitzewelle (Daten EMPA).

Im Vergleich zum Sommer 2019, in welchem sich von Beginn weg zeitweise grosse Hitze einstellte, dauerte es in diesem Sommer wesentlich länger bis es zu den ersten Hitzetagen (Höchsttemperatur > 30°C) und Tropennächten (Tiefsttemperatur > 20°C) kam.

Im folgenden Kapitel werden nun ausgesuchte Resultate der Messungen während der Sommermonate 2020 vorgestellt (und teils den Ergebnissen des Sommers 2019 gegenübergestellt).

3. Resultate

Die folgenden Resultate basieren auf den Daten, welche während der Sommermonate 2019 und 2020 erhoben wurden. Boxplots zeigen stets Minimum und Maximum (Punkte), 5 bzw. 95 Perzentil (Whisker) sowie Median und Mittelwert (Linie, bzw. kleiner Kreis) in der Box. Die Box umfasst das untere und das obere Quartil.

Da einige der Standorte sonnenexponiert sind, erwärmen sich die Sensoren an solchen Standorten tagsüber zu einzelnen Zeitpunkten im Extremfall um bis zu 4°C. Aus diesem Grund ist die Anzahl Hitzetage in Tabelle 1 mit Vorsicht zu interpretieren (bei der Standortauswahl wurde jedoch darauf geachtet die Sensoren lokal möglichst geringfügig direkter Sonneneinstrahlung auszusetzen). Die Analysen stützen sich in der Folge auch mehrheitlich auf nächtliche Daten, da diese von sehr guter Qualität sind (siehe Messbericht 2019, Kapitel 3 «Messmittel»).

3.1. Hitzetage und Tropennächte in der Stadt und im Umland

In Tabelle 2, auf den folgenden zwei Seiten, sind ein Grossteil der Messorte mit der zugehörigen Anzahl Hitzetage (mindestens ein 10-Minuten-Mittel der Temperatur ist grösser 30°C) und der Anzahl Tropennächte für die Sommermonate 2019 und 2020 aufgelistet. Für die Bestimmung der Tropennächte wurde die Definition des Deutschen Wetterdienstes übernommen, wonach eine Nacht dann als Tropennacht gilt, wenn kein 10-Minuten-Mittelwert der Temperatur zwischen 18:00 UTC und 06:00 UTC unter 20°C ist.

I, Wasser, Energie und Luft
Strahlung

Felix Baum, Jörg Sintermann

Messort	Raumlage	Anzahl Hitzetage 2019	Anzahl Hitzetage 2020	Anzahl Tropennächte 2019	Anzahl Tropen-nächte 2020
Lindau - Tagelswangen	Land	20	9	2	0
Oberembrach - Schüler	Land	24	15	0	0
Schlieren - Brachweg	Land	29	18	1	0
Zürich - Altuetliberg	Land	5	1	6	4
Bülach - Süd	Stadt	37	26	5	1
Schlieren - Badenerstrasse	Stadt	43	26	8	4
Uster - Schulhaus-Dorf	Stadt	25	18	5	2
Winterthur - Neumarkt	Stadt	37	32	8	2
Zürich - Am Wasser-Kempfhofweg	Stadt	40	31	8	4
Zürich - Bucheggplatz	Stadt	22	18	11	8
Zürich - Hardplatz	Stadt	33	23	15	12
Zürich - Nordlicht	Stadt	17	14	11	6
Zürich - Nordlicht-2	Stadt	26	19	10	6
Zürich - offene Rennbahn	Stadt	20	14	9	2
Zürich - Paradeplatz	Stadt	24	17	19	16
Zürich - Perron-HB	Stadt	31	22	13	11
Zürich - Schimmelstrasse	Stadt	27	18	15	10
Zürich - Sechseläutenplatz	Stadt	33	21	17	10

Messort	Raumlage	Anzahl Hitzetage 2019	Anzahl Hitzetage 2020	Anzahl Tropennächte 2019	Anzahl Tropen-nächte 2020
Zürich - Vulkanplatz	Stadt	21	20	13	10
Zürich - Wiedikon-Bertastrasse	Stadt	34	27	9	5
Bülach - Feldermösli	Stadt/Grünfläche	21	14	3	0
Uster - Schulhaus-Pünt	Stadt/Grünfläche	28	18	3	2
Uster - Sunneloobach	Stadt/Grünfläche	22	19	1	0
Zürich - Eichbühl	Stadt/Grünfläche	23	18	5	1
Zürich - Grünau	Stadt/Grünfläche	22	17	7	4
Zürich - Kaserne	Stadt/Grünfläche	33	22	15	9
Zürich - Lindenhof	Stadt/Grünfläche	28	18	14	10
Zürich - Oerlikerpark	Stadt/Grünfläche	21	17	8	2
Zürich - Schulhaus-Borrweg	Stadt/Grünfläche	21	9	3	1
Zürich - Schulhaus-Im-Gut	Stadt/Grünfläche	27	19	5	1
Zürich - Schulhaus-Pfingstweid	Stadt/Grünfläche	28	18	11	9
Zürich - Sihlfeld	Stadt/Grünfläche	29	18	3	0
Zürich - Zürihorn	Stadt/Grünfläche	21	26	9	5
Opfikon - Glattpark	Stadtrand	22	18	6	0
Regensdorf - Geerenwiesstrasse	Stadtrand	37	21	3	0
Zürich - ScienceCity	Stadtrand	13	11	10	3
Zürich - Witikon	Stadtrand	14	7	4	1

Tabelle 1: Anzahl Hitzetage und Tropennächte in den Sommern 2019 und 2020. Der Sommer 2020 zählt zwar auch zu den sehr warmen Sommern, im Sommer 2019, welcher Rang 3 in der Hitliste belegt, stellten sich aber deutlich mehr Hitzetage und Tropennächte ein. Die Anzahl Hitzetage ist, wie eingangs erwähnt, mit Vorsicht zu interpretieren. Die Werte der Anzahl Tropennächte sind hingegen gut belastbar – die Sensoren liefern ohne Strahlungseinfluss sehr präzise Daten (siehe auch Messbericht 2019, Kapitel 3).

Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Luft, Klima und Strahlung

Monitoring

Felix Baum, Jörg Sintermann

Die Abbildung 5 zeigt die Anzahl Hitzetage pro Standorttyp über alle Sensoren (≤ 650 m ü. M.) während der Sommermonate 2019 und 2020.

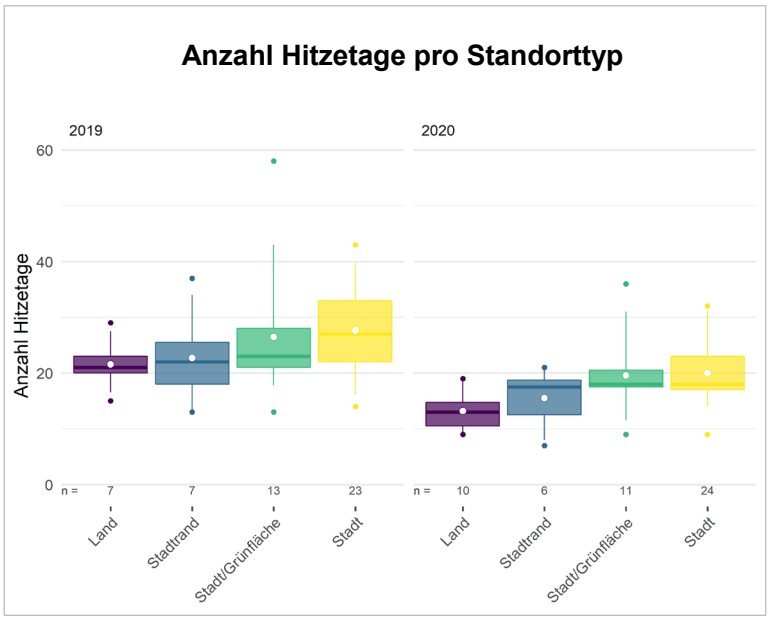


Abbildung 5: Anzahl Hitzetage nach Standorttyp in den Sommern 2019 und 2020.

Die Grafik verdeutlicht, dass im Sommer 2019 längere und grössere Hitze herrschte. Das Muster, welches die vier Standorttypen bilden, ist hingegen ähnlich. Im Mittel gab es im Sommer 2019 bei den Standorttypen «Stadtrand», «Stadt/Grünfläche» und «Stadt» rund 35 % mehr Hitzetage als im Sommer 2020. Beim Standorttyp «Land» ist der Unterschied aber deutlich grösser und liegt bei rund 60 %. Auch dies ist ein Hinweis über die intensivere Hitze 2019.

Noch wichtiger als die Hitzebelastung tagsüber sind die nächtlichen Tiefsttemperaturen für die Gesundheit der Bevölkerung . Der Mensch kann hohe Temperaturen tagsüber relativ gut ertragen, wenn er sich während der Nacht erholen kann.

Abbildung 6 auf der folgenden Seite zeigt die Anzahl Tropennächte pro Standorttyp in den Sommern 2019 und 2020 an.

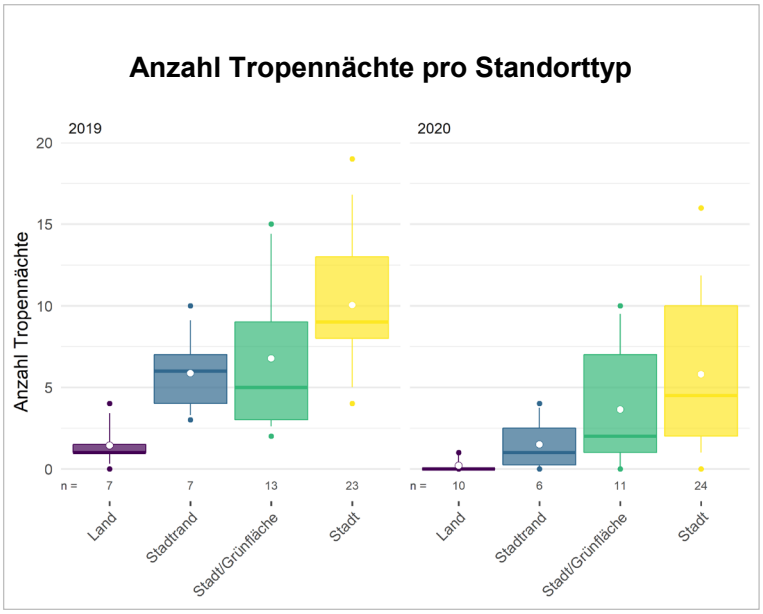


Abbildung 6: Anzahl Tropennächte nach Standorttyp in den Sommern 2019 und 2020. Das leicht unterschiedliche Abschneiden der Kategorien «Stadtrand» und «Stadt / Grünfläche» in den beiden Sommern kann auf unterschiedliche Messstellen in den beiden Sommern zurückgeführt werden.

Erwartungsgemäss gab es im Sommer 2019 auch mehr Tropennächte als in diesem Sommer. Zudem zeigt die Grafik deutlich, dass beim Standorttyp «Stadt» am meisten Tropennächte registriert werden.

3.2. Wärmeinsel Zürich

In der folgenden Grafik ist die nächtliche Überwärmung der Wärmeinsel Zürich nach einem Hitzetag dargestellt. Für die Abbildung der Wärmeinsel Zürich werden diejenigen Sensoren berücksichtigt, welche sich auf der zusammenhängenden Siedlungsfläche, also in der Gemeinde Zürich und den direkt ungrenzenden Gemeinden befinden. Insgesamt handelt es sich dabei um 33 Sensoren. Die nächtlichen Messwerte wurden dann für diese Analyse verwendet, wenn an mindestens 10% der Messorte vorgängig ein Hitzetag registriert wurde. Ländliche Referenzstation bildet die SwissMetNet-Station «Zürich - Affoltern».

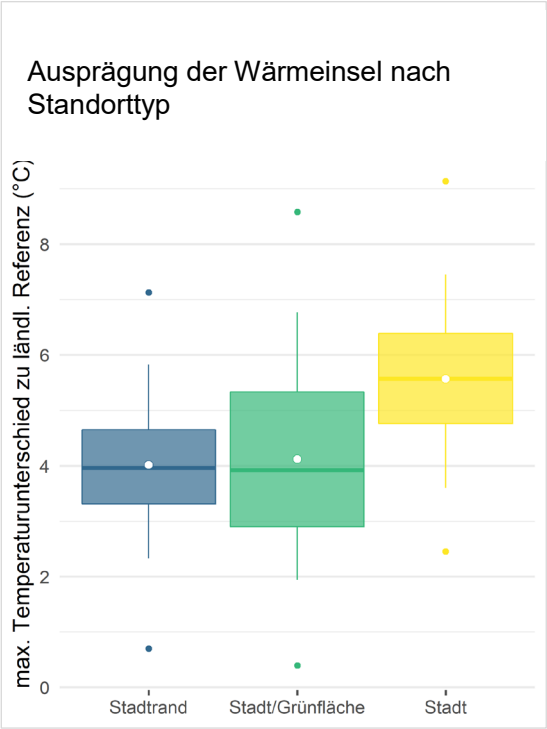
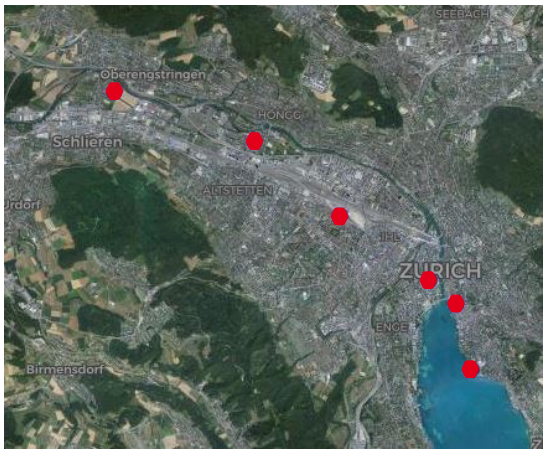


Abbildung 7: Ausprägung des Wärmeinseleffektes: Es wurden die Daten von 2019 und 2020 berücksichtigt, aber nur Messorte zwischen 350 und 650 m ü. M. Die maximale nächtliche Überwärmung (maximale Temperaturdifferenz zu Zürich - Affoltern) ist beträchtlich. Beim Standorttyp «Stadt» beträgt sie im Mittel rund 5.5 °C. Daten MeteoSchweiz, AWEL

Die Temperaturunterschiede der städtischen Messstationen zur ländlichen Referenz sind sehr gross, liegen aber in der gleichen Höhe wie sie auch in einer Untersuchung der MeteoSchweiz («Städtische Wärmeinseln in der Schweiz - Klimatologische Studie mit Messdaten in fünf Städten» 2018) ausgewiesen wurde. Mit den Daten des Sensormessnetzes kann nun, wie in obenstehender Abbildung, auch die Variabilität der Hitzeinsel innerhalb der Stadt aufgezeigt werden.

Der nächtliche Wärmeinseleffekt zeigt sich auch deutlich bei der Darstellung der Tagestiefstwerte entlang von Transekten, welche die Stadt Zürich durchqueren. Im Folgenden betrachten wir die beiden Transekte «Zürich - Limmattal» und «Zürich - Nord - Ost».



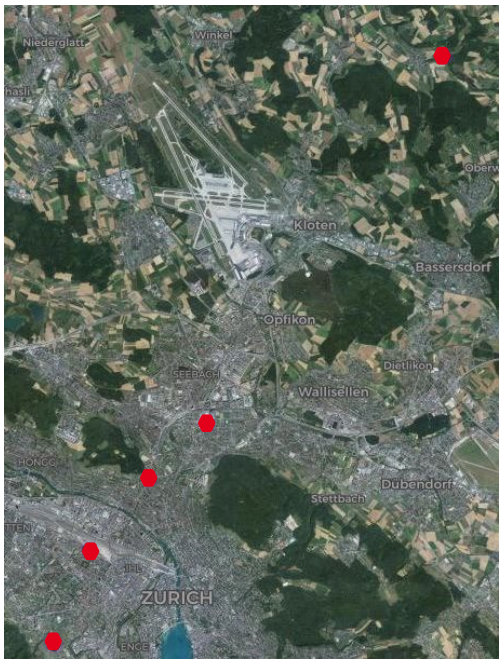


Abbildung 8: Transekte «Zürich - Limmattal», von Schlieren bis zum Zürihorn (links) und «Zürich-Nord - Ost», von Oberembrach in den Friesenberg (rechts).

Abbildung 9 illustriert das Transekt «Zürich - Limmattal». Es sind nur Nächte dargestellt, in denen die Tiefsttemperatur am Paradeplatz nicht unter 20°C fiel.

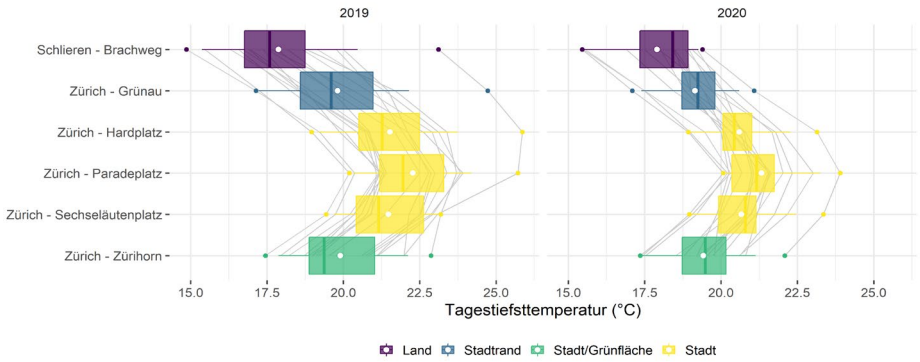


Abbildung 9: Transekt «Zürich – Limmattal» im Sommer 2019 (links) und 2020 (rechts). Da die Sommerhitze 2019 intensiver war als im diesjährigen Sommer, ist 2019 auch der Wärmeinseleffekt stärker ausgeprägt; das allgemeine Muster bleibt aber gleich.

Abbildung 10 «Transekt Zürich - Nord» zeigt das gleiche Muster: Die Temperaturen auf den zentral gelegenen Plätzen in der Stadt sind in der Nacht deutlich höher als diejenigen an den ländlichen Vergleichsorten.

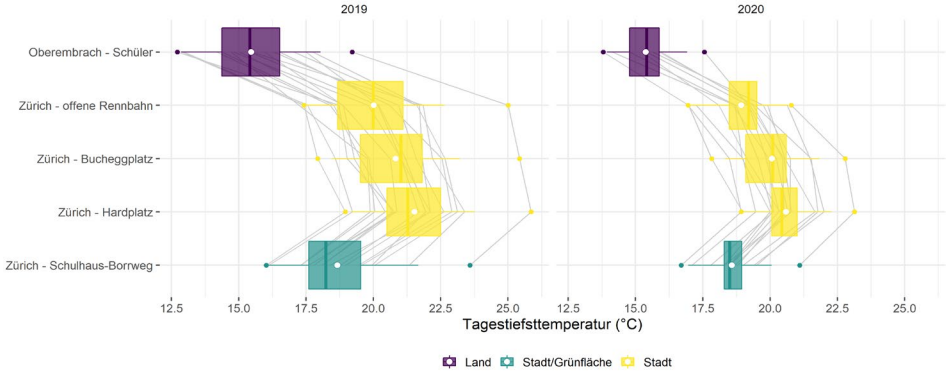
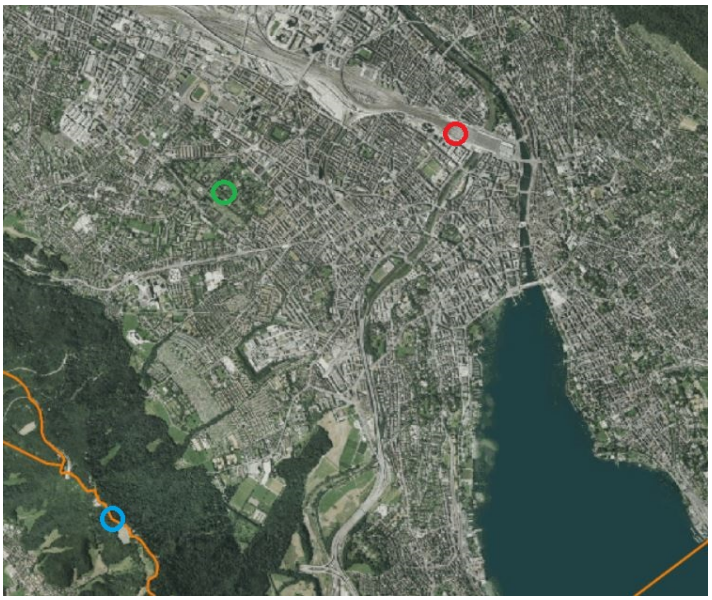


Abbildung 10: Transekt «Zürich-Nord» im Sommer 2019 (links) und 2020 (rechts). Erwartungsgemäss zeigt sich auch an diesem Beispiel im Sommer 2019 ein stärker ausgeprägter Wärmeinsel-effekt, allerdings mit dem gleichen Muster entlang des Transekts.

3.3. Vergleich ausgewählter Stationen während der Hitzeperiode vom 7. bis 11 August 2020

3.3.1. Uetliberg / Friedhof Sihlfeld / Perron HB

Zunächst werden drei verschiedene Stationen einander gegenübergestellt. Bei «Perron HB» handelt es sich um einen Messort mit stark versiegelter Umgebung und ohne nennenswerte Zufuhr kühler Luft während der Nacht. Die Messstelle «Friedhof Sihlfeld» liegt im Grünen und profitiert in der Nacht von Frischluft, welche den Uetliberg herunter strömt sowie der lokalen Auskühlung durch den Park. Die Messstelle «Uetliberg» befindet sich im Wald auf der Krete der Albiskette.



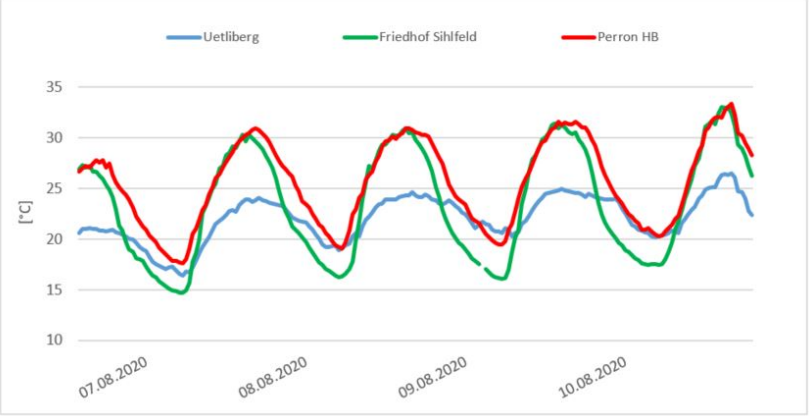


Abbildung 11: Temperaturverlauf an den Messstellen «Uetliberg», «Friedhof Sihlfeld» und «Perron HB». Während sich die Maxima der Messstellen «Friedhof- Sihlfeld» und «Perron HB» kaum unterscheiden, ist es in der Nacht beim Friedhof Sihlfeld drei Grad kühler. Die Station «Uetliberg» zeigt einen schwach ausgeprägten Tagesgang: Während der Nacht befindet sich die Messstelle oberhalb der Inversion in der warmen Luft und tagsüber hält sich die Erwärmung in Grenzen.

3.3.2. Vulkanplatz vs. Oerlikerpark / Parkgestaltung

Der Vulkanplatz in Zürich – Altstetten und der Oerlikerpark sind ungefähr gleich gross. Der Vulkanplatz ist aber stärker versiegelt und weniger begrünt. Der Vergleich der Messwerte soll aufzeigen, ob sich dadurch bereits messbare Temperaturunterschiede ergeben.

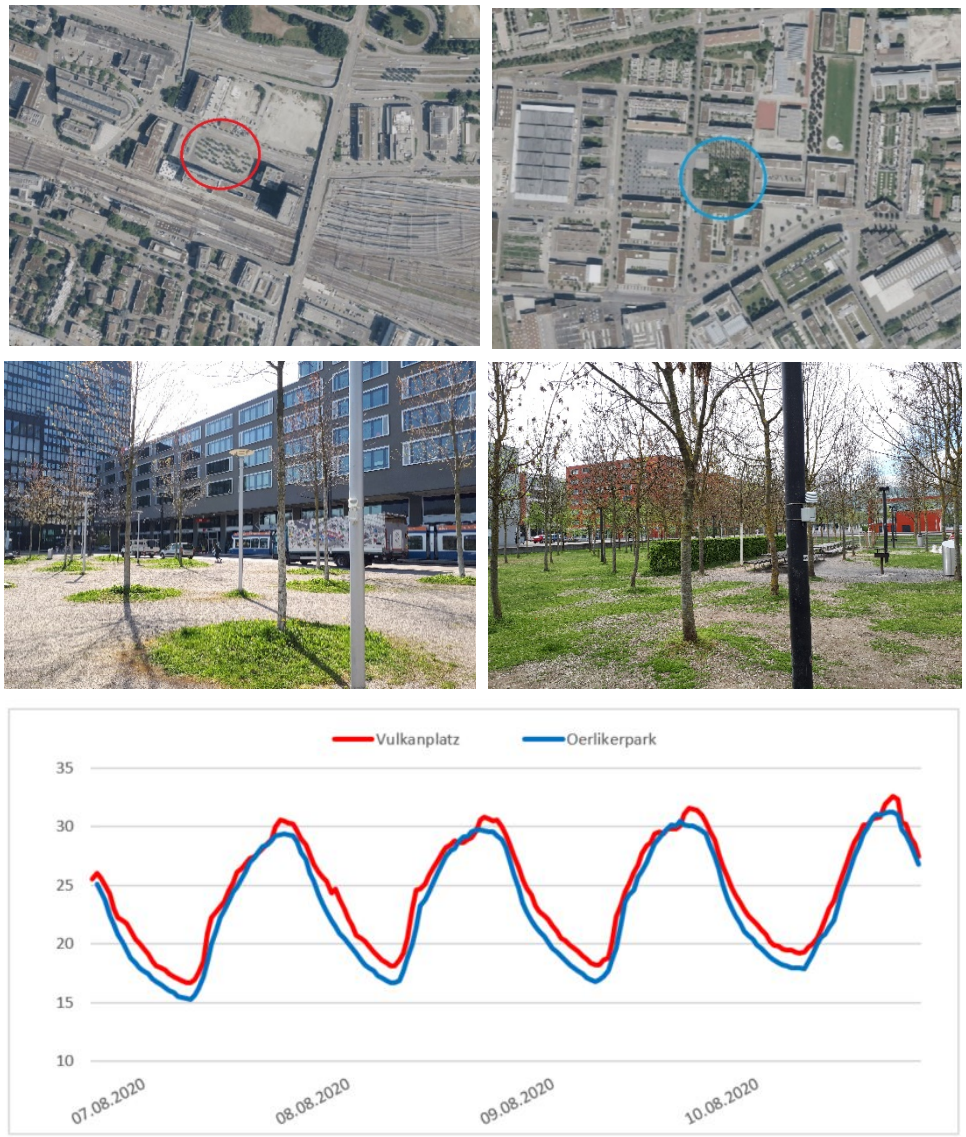


Abbildung 12: «Vulkanplatz» vs. «Oerlikerplatz». An heissen Sommertagen ist die Maximaltemperatur bei der Messstelle «Vulkanplatz» etwas höher. Dies kann aber auch durch unterschiedliche Strahlungsverhältnisse und stärkere Sensorerwärmung verursacht sein. In der Nacht kühlt es im Oerlikerpark schneller und stärker ab. Wie vorgängig erwähnt, sind diese Messwerte präzis, da die Sensoren ohne Strahlungseinfluss sehr genau sind (siehe auch Mesbericht 2019, Kapitel 3. «Messmittel»).

3.3.3. Wärmeinsel Winterthur

Der Vergleich der innerstädtischen Messstellen «Schulhaus - Altstadt», «Neumarkt» und «Turnerstrasse» mit der ländlichen Referenz «Elsau - Halden» zeigt auch in Winterthur einen deutlichen Wärmeinseleffekt. Betrachtet wird, wie bei den vorgängig angestellten Vergleichen, die Hitzewelle anfangs August 2020.

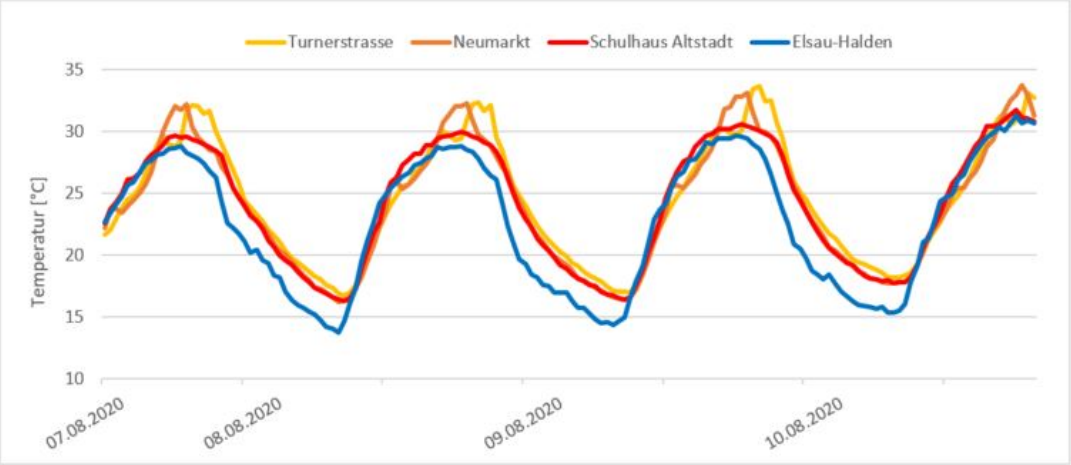


Abbildung 13: Wärmeinsel Winterthur, Messstellen «Turnerstrase», «Neumarkt» und «Schulhaus - Altstadt» im Vergleich mit der ländlichen Referenzstation «Elsau - Halden». Die Tiefsttemperaturen der innerstädtischen Messstellen sind praktisch gleich und ca. 3Grad höher als diejenigen der ländlichen Referenzstation. Die Tagesmaxima sind ebenfalls höher. Die Abweichungen der Stationen «Turnerstrasse» und «Neumarkt» sind wahrscheinlich mindestens teilweise durch längere direkte Sonnenbestrahlung und entsprechende Sensorerwärmung verursacht.

3.4. Überprüfung der Windkarten des Klimaanalyse-Modells

3.4.1. Vorgehen

Die Klimamodellierung bietet unter anderem eine Berechnung und Visualisierung der Luftströmungen während einer typischen Sommernacht an. Um diese modellierten Luftströmungen mit Messungen vergleichen zu können, haben wir im Sommer 2020 in Regensdorf an fünf Standorten Windmessungen durchgeführt. Abbildung 14 zeigt die Anordnung der Sensoren. Für den Vergleich Messung vs. Modell wurden für die Auswahl der Messwerte folgende Kriterien angewandt: Uhrzeit 00:00 bis 05:00, Sonnenscheindauer MeteoSchweiz Zürich/Kloten ≥ 8 Sunden, Tageshöchsttemperatur ≥ 28 °C, mittlere Windgeschwindigkeit ≤ 2 m/s.

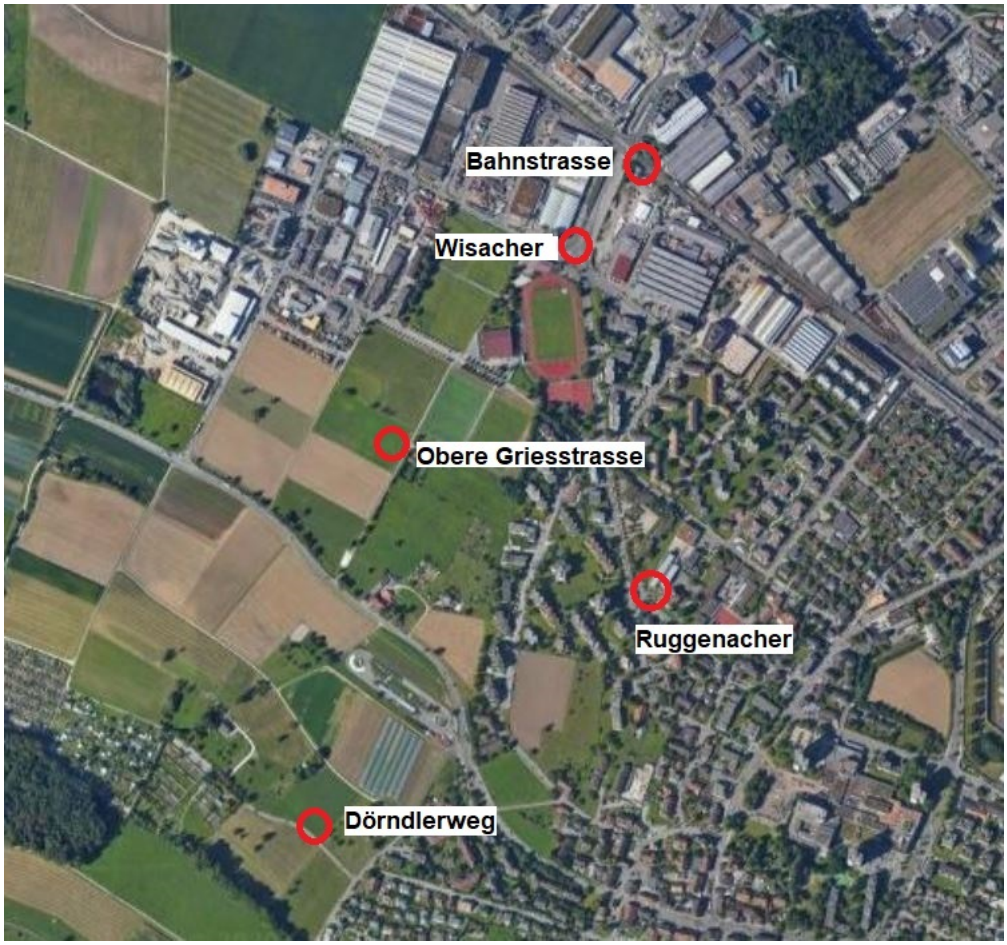


Abbildung 14: Windmessorte in Regensdorf. Um die modellierten, nächtlichen Strömungsverhältnisse mit Messungen vergleichen zu können, wurden an fünf Orten Ultraschall-Anemometer (Atmoss22) montiert.

3.4.2. Ergebnisse

Die modellierten Windgeschwindigkeiten (um 04:00 Uhr) sind in der Basiskarte farblich gekennzeichnet, die Windrichtung durch Vektoren. Darüber gelegt sind die gemessenen Windrosen der fünf Messstellen.

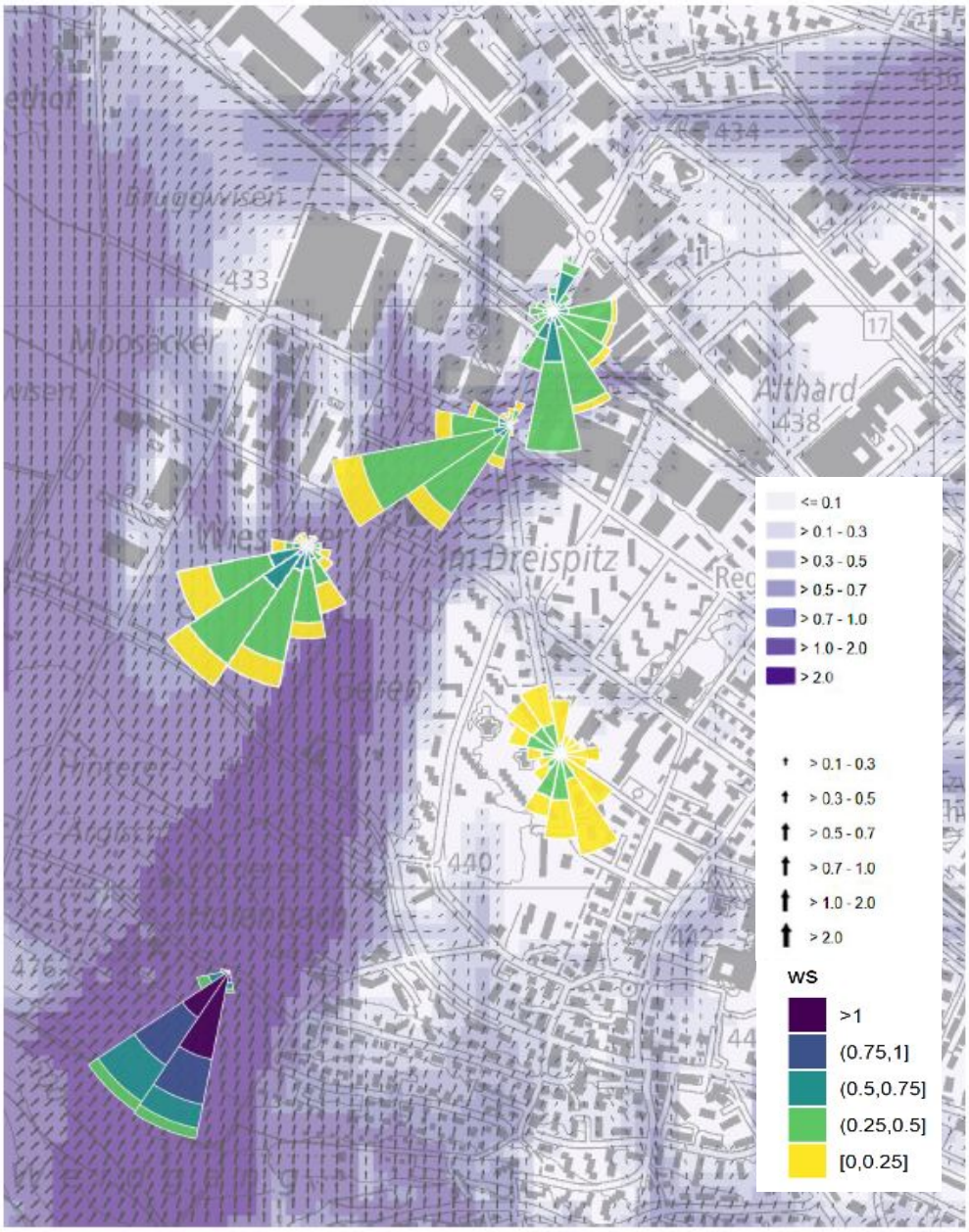


Abbildung 15: Ergebnisse Modell vs Messungen in Regensdorf. Im Allgemeinen bestätigen die Messungen die vom Modell simulierten Windrichtungen und Geschwindigkeiten gut.

Die Windrichtungen, welche das Modell an den Messorten vorgibt, wurden durch die Messungen in der Regel sehr gut bestätigt. Einzig an der Messstelle «Bahnstrasse» gibt es etwas grössere Unterschiede: Während das Modell Windrichtungen um S bis SW prognostiziert, wurden dort überwiegend Winde aus S bis SO gemessen. Auch bei der Windgeschwindigkeit ist die Übereinstimmung im Allgemeinen ziemlich gut. Die grössten Abweichungen gibt es hier bei der Messstelle «Dörndlerweg», wo das Modell die Windgeschwindigkeiten überschätzt. Ein Grund für die, in Relation zum Modell, tiefen Messwerte, könnte aber auch eine quer zum Hang verlaufende Baumreihe sein, welche etwa 100 Meter oberhalb der Messstelle verläuft. Zudem bildet das Modell eine ausgesuchte Wettersituation ab, während die Messungen an verschiedenen, Kaltluftabflüsse begünstigenden Situationen dargestellt sind.

4. Fazit

Die Sommerhitze 2020 war moderater als 2019, der Wärmeinseleffekt entsprechend etwas weniger stark ausgeprägt.

Mit den Messwerten können zahlreiche Facetten der städtischen Wärmeinsel erfasst und illustriert werden.

Während im vergangenen Jahr die räumliche Verteilung der modellierten Lufttemperatur überprüft wurden (siehe Messbericht 2019, Kapitel 5.4. Verifikation Klimaanalyse Modell), wurde diesmal der modellierte Kaltluftstrom bei Regensdorf mit Messwerten von fünf Messstationen verglichen. Im grossen Ganzen stimmt die modellierte nächtliche Windsituation des Klimaanalysemodells mit den Messungen gut überein.

Messungen sind grundsätzlich eine wertvolle Ergänzung zu einem Klimamodell, da sie, je nach Messort, auch Extremwerte für besondere Situationen liefern, die mit den Klimakarten und den wenigen MeteoSchweiz-Messstationen nicht abgebildet werden können. Die Messungen helfen, hier die Bandbreite der realen Bedingungen aufzuzeigen.

Die Messungen werden fortgesetzt und es wird angestrebt, die Daten vermehrt automatisiert auszuwerten.

5. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sensoren für Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit (links) sowie für Windrichtung und Windgeschwindigkeit (rechts). 3

Abbildung 2: AWEL-Sensor-Messnetz 2020. Das Stadtklima-Messnetz umfasste im Sommer 2020 rund 50 Sensoren. 4

Abbildung 3: Die Sommertemperatur (Mittelwert Juni bis August) in der Schweiz seit Messbeginn 1864. Die roten Linien zeigen die 30-jährigen Mittel 1871 - 1900 und 1991 - 2020. Die gestrichelte Linie zeigt die Norm 1981–2010 (MeteoSchweiz, Klimabulletin 2020). 5

Abbildung 4: Lufttemperatur und Niederschlag an der Messstelle Kaserne. Nach einem durchschnittlichen Juni hielt sich die Sommerhitze auch im Juli bis zum Monatsende in Grenzen. Im August kam es zu einer länger anhaltenden Hitzewelle (Daten EMPA). 5

Abbildung 5: Anzahl Hitzetage nach Standorttyp in den Sommern 2019 und 2020. .. 10

Abbildung 6: Anzahl Tropennächte nach Standorttyp in den Sommern 2019 und 2020. Das leicht unterschiedliche Abschneiden der Kategorien «Stadtrand» und «Stadt / Grünfläche» in den beiden Sommern kann auf unterschiedliche Messstellen in den beiden Sommern zurückgeführt werden. 11

Abbildung 7: Ausprägung des Wärmeinseleffektes: Es wurden die Daten von 2019 und 2020 berücksichtigt, aber nur Messorte zwischen 350 und 650 m ü. M. Die maximale nächtliche Überwärmung (maximale Temperaturdifferenz zu Zürich - Affoltern) ist beträchtlich. Beim Standorttyp «Stadt» beträgt sie im Mittel rund 5.5 °C. Daten MeteoSchweiz, AWEL 12

Abbildung 8: Transekte «Zürich - Limmattal», von Schlieren bis zum Zürihorn (links) und «Zürich-Nord - Ost», von Oberembrach in den Friesenberg (rechts). 13

Abbildung 9: Transekt «Zürich – Limmattal» im Sommer 2019 (links) und 2020 (rechts). Da die Sommerhitze 2019 intensiver war als im diesjährigen Sommer, ist 2019 auch der Wärmeinseleffekt stärker ausgeprägt; das allgemeine Muster bleibt aber gleich. 13

Abbildung 10: Transekt «Zürich-Nord» im Sommer 2019 (links) und 2020 (rechts). Erwartungsgemäss zeigt sich auch an diesem Beispiel im Sommer 2019 ein stärker ausgeprägter Wärmeinsel-effekt, allerdings mit dem gleichen Muster entlang des Transekts. 14

Abbildung 11: Temperaturverlauf an den Messstellen «Uetliberg», «Friedhof Sihlfeld» und «Perron HB». Während sich die Maxima der Messstellen «Friedhof- Sihlfeld» und «Perron HB» kaum unterscheiden, ist es in der Nacht beim Friedhof Sihlfeld drei Grad

kühler. Die Station «Uetliberg» zeigt einen schwach ausgeprägten Tagesgang: Während der Nacht befindet sich die Messstelle oberhalb der Inversion in der warmen Luft und tagsüber hält sich die Erwärmung in Grenzen..... 15

Abbildung 12: «Vulkanplatz» vs. «Oerlikerplatz». An heissen Sommertagen ist die Maximaltemperatur bei der Messstelle «Vulkanplatz» etwas höher. Dies kann aber auch durch unterschiedliche Strahlungsverhältnisse und stärkere Sensorerwärmung verursacht sein. In der Nacht kühlt es im Oerlikerpark schneller und stärker ab. Wie vorgängig erwähnt, sind diese Messwerte präzis, da die Sensoren ohne Strahlungseinfluss sehr genau sind (siehe auch Mesbericht 2019, Kapitel 3. «Messmittel»). 16

Abbildung 13: Wärmeinsel Winterthur, Messstellen «Turnerstrase», «Neumarkt» und «Schulhaus - Altstadt» im Vergleich mit der ländlichen Referenzstation «Elsau - Halden». Die Tiefsttemperaturen der innerstädtischen Messstellen sind praktisch gleich und ca. 3Grad höher als diejenigen der ländlichen Referenzstation. Die Tagesmaxima sind ebenfalls höher. Die Abweichungen der Stationen «Turnerstrasse» und «Neumarkt» sind wahrscheinlich mindestens teilweise durch längere direkte Sonnenbestrahlung und entsprechende Sensorerwärmung verursacht. 17

Abbildung 14: Windmessorte in Regensdorf. Um die modellierten, nächtlichen Strömungsverhältnisse mit Messungen vergleichen zu können, wurden an fünf Orten Ultraschall-Anemometer (Atmoss22) montiert. 18

Abbildung 15: Ergebnisse Modell vs Messungen in Regensdorf. Im Allgemeinen bestätigen die Messungen die vom Modell simulierten Windrichtungen und Geschwindigkeiten gut. 19