

Smart Climate - Plug & Sense

Abschlussbericht Pilotphase 1

(September 2019 - Dezember 2021)

1. Einleitung

Im Rahmen des Pilotprojekts «Smart Climate - Plug & Sense» wurde in der TriRegio Basel zwischen 2019 und 2021 ein zukunftsweisendes IoT-Sensornetzwerk zur Erfassung des urbanen Mikroklimas mit dazugehöriger Webplattform und Datenintegration in verschiedene Systeme aufgebaut und in Betrieb genommen. In rund 20 Gemeinden in drei Nationen messen seit 2020 rund 150 vom Stromnetz unabhängige Sensoren Niederschlag und Temperatur und senden stündlich Daten, die zentral erfasst und im Rahmen verschiedener Teilprojekte weiterverwendet werden. Die Sensoren decken 15 verschiedene Stadtklimazonen ab - von der Innenstadt bis zu ländlichen Zonen - was eine sehr gute Referenzierung der vom Sensornetz erfassten Messwerte zulässt. Zusätzlich zu den 150 Klimasensoren betreibt das Lufthygieneamt beider Basel (LHA) 10 Feinstaubsensoren des Herstellers Sensirion und das Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt (AUE) 5 Lärmsensoren von Libellium im Messnetz.

Alle aus dem Netzwerk stammenden Rohdaten sind über die Datenplattform des Kantons Basels ([Link](#)) kostenlos abrufbar. Auf einer im Rahmen des Projekts aufgebauten Website visualisiert der in Basel ansässige Wetterdienstleister meteoblue AG die Messwerte aller Klimasensoren auf einer detaillierten Stadtklimakarte und stellt diese kostenlos zur Verfügung. Auf der interaktiven Karte können sich die Website-Besucher:Innen u.a. die Tagesverläufe der Messwerte anzeigen lassen und detaillierte Wetterstatistiken und -prognosen zu allen Stationen im Messnetz abrufen.

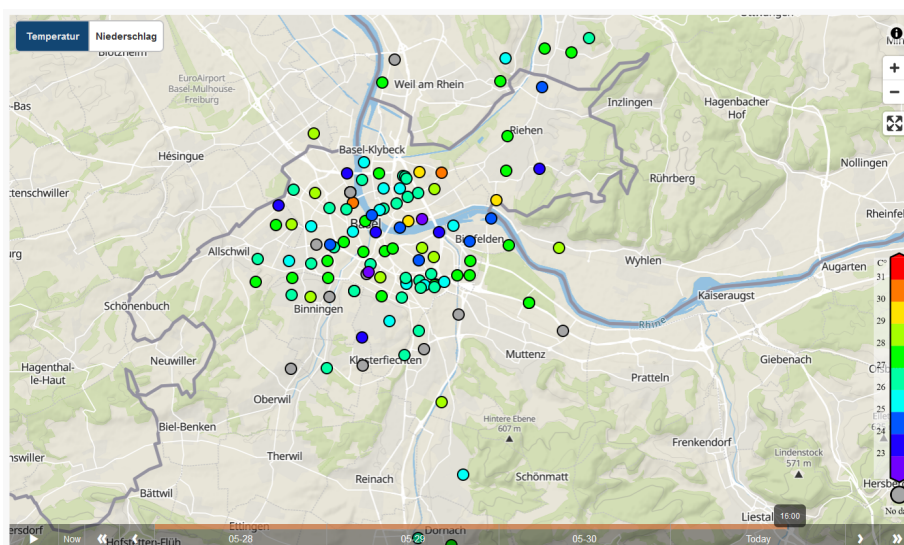


Abb. 01: City Climate; Interaktive Karte mit den Messwerten des Smart Climate Sensor-Netzwerks; meteoblue AG ([Link](#))

Übersicht

Eckpunkte	Projektgruppe	Weitere assoziierte Partner
<ul style="list-style-type: none"> - 150 Klimasensoren - in 20 Gemeinden - in CH/F/D - 10 Feinstaubsensoren - 5 Lärmsensoren - Offene Datensätze auf OGD Plattform - Webplattform mit kostenlosem Wetterbericht und -prognose 	<ul style="list-style-type: none"> - meteoblue AG - Lufthygieneamt beider Basel LHA - Amt für Umwelt und Energie AUE - Industrielle Werke Basel IWB - Sensirion AG - Smart Regio Basel 	<ul style="list-style-type: none"> - Fachstelle OGD Kanton BS - Stadtgärtnerei Kanton BS

Standortfaktor mit Pioniercharakter

Die Weichen in der Stadtklimaforschung und -entwicklung werden in den kommenden fünf Jahren gestellt. Marktbedeutung erlangen die Pioniere und „Early Adopters“. Das Projekt «Smart Climate» hat aufgrund der zahlreichen in seinem Kontext entstandenen Use Cases sowie seiner transkantonalen und internationalen Ausrichtung Pioniercharakter und ist damit als Standortfaktor für die Region Basel von signifikanter Bedeutung.

Im November 2019 wurden die Ergebnisse der Stadtklimaanalyse ([Klimaschutz.bs.ch](https://www.klimaschutz.bs.ch)) veröffentlicht. Die Klimaanalysekarten zeigen auf, wo heutige und zukünftige Wärmeinseln, wertvolle kühlende Grünräume sowie wichtige Durchlüftungsbahnen liegen. Die Ergebnisse des Projektes «Smart Climate – Plug & Sense» bestätigen sowohl die Simulationen als auch die auf ihnen basierenden Klimaanalysekarten. Die Stadtklimaanalyse und das darauf aufbauende und im Juli 2021 publizierte Stadtklimakonzept Basel-Stadt verdeutlichen die Bedeutung des Themas Stadtklima im Stadtkanton.

Auch im internationalen Kontext ist das Smart Climate Netzwerk zu den Pionier-Projekten im Bereich Smart Cities zu zählen: Es stellt eine präzise Grundlage für die Messung und Validierung von Stadtklimamodellen sowie zur Wirkungsanalyse städtebaulicher Anpassungen und gesundheitlicher Massnahmen zur Reduktion der Folgen des Klimawandels dar, die weltweit ihresgleichen sucht.

Zudem ist das von Smart Regio Basel lancierte und koordinierte Projekt ein Beispiel für eine gelungene Public-Private-Partnership im Smart City Sektor. Dieser Ansatz liesse sich voraussichtlich durch die Einbeziehung weiterer Akteure noch erweitern, beispielsweise im Rahmen eines „Living-Labs“. Ein solches Vorgehen stünde in der Tradition der Stadtklima-Forschung der Uni Basel und liesse sich nach Bedarf erweitern und den Bedürfnissen und Forschungsfragen anpassen.

2. Projektziele

2.1 Gesetzte Ziele

Dichtes Netzwerk

Das zentrale in der Konzeptionsphase 2019 festgehaltene Projektziel war die Errichtung eines funktionierenden Netzwerks aus Klimasensoren mit einer aussergewöhnlich hohen Dichte an Sensoren in der Triregio Basel (CH, FR, D). Das Messnetz sollte dabei nach Möglichkeit alle 15 Stadtklimazonen abdecken und in die trinationale Agglomeration hineinreichen, um auch die Datengrundlage für die Analyse von Interdependenzen zwischen innerstädtischem und suburbanem Klima zu liefern.

Plug & Sense

Langfristiges infrastrukturelles Ziel des Projekts «Smart Climate - Plug & Sense» war zudem, die technologischen und organisatorischen Infrastrukturen bereitzustellen, um ein mit unterschiedlicher Sensorik flexibel bestückbares Sensorport-Netzwerk in der Region zu etablieren und dessen langfristigen Betrieb zu sichern. Zu diesem Zweck sollte eine «Plug & Sense» Lösung entwickelt und getestet werden. Aus den Erfahrungen im Pilotprojekt sollten Best Practices für interoperable IoT-Sensornetze hergeleitet werden.

Use Cases

Passend zum errichteten Netzwerk sollten massgeschneiderte Use Cases für die vom Messnetz erfassten Daten entwickelt bzw. identifiziert werden. Mit diesen Use Cases sollte der langfristige Betrieb des Netzwerks über das Ende der Pilotphase hinaus begründet werden.

Vergleichsmessungen

Das LHA wollte im Rahmen von Smart Climate einen Vergleich von kostengünstigen Nubo Feinstaub-Sensoren von Sensirion mit den bisher betriebenen, viel teureren Referenzmessgeräten des LHA durchführen. Analog dazu wollte das AUE Schallpegelmessungen mit IoT-Lärmsensoren der Firma Libelium durchführen und verschiedene Standorte und deren Einfluss auf die Messwerte evaluieren. Auch hier sollten die Messwerte der zum Einsatz kommenden günstigeren Lärmsensoren mit Messungen von qualitativ hochwertigen Schallpegelmessgeräten resp. Modellwerten des AUE verglichen werden.

Preiswerte Sensoren können in Zukunft die Referenzmessungen der Umweltbehörden ergänzen, sofern sie über eine hinreichende Messgenauigkeit verfügen. Ziel war es deshalb auch, die Messunsicherheiten und die Zuverlässigkeit der eingesetzten Sensoren zu ermitteln.

Offene Daten

Ein weiteres Ziel des Projektes war es, die generierten Rohdaten öffentlich verfügbar zu machen. Die Daten sollten dabei nicht nur einsehbar, sondern auch frei nutzbar sein.

Betriebsmodell

Über die Erreichung der oben genannten Ziele sollte sich im Verlauf des Projektes ein Modell für den langfristigen, kostendeckenden oder sogar wirtschaftlich profitablen Betrieb des Sensornetzwerks herauskristallisieren.

2.2 Zielerreichung

Im Rahmen des Pilotprojekts Smart Climate konnten fast alle gesetzten und einige im Verlaufe des Projekts neu hinzugekommenen Ziele erreicht werden. So wurde eine erfolgreiche Public-Private-Partnerschaft ins Leben gerufen, die ein umfangreiches trinationales Netzwerk an Klimasensoren installierte in Betrieb nahm und nutzbar machte. Insbesondere für das Klimasensornetzwerk konnten diverse vielversprechende Use Cases generiert werden. Ergänzend ermöglichte Smart Climate die Vergleichs- und Testmessungen der Feinstaub- und Lärmsensoren.

Wie weiter unten im Kapitel «Ergebnisse» ausführlich beschrieben, wurde die initial angestrebte Entwicklung einer Plug & Sense-Lösung im Verlaufe des Projekts eingestellt. Nach eingehenden Gesprächen mit den am Projekt beteiligten ExpertInnen stellte sich heraus, dass die Komplexität der Aufgabe die Ressourcen des Projekts deutlich übersteigen würde.

Ein selbsttragendes Betriebsmodell für den langfristigen Betrieb wurde bislang nicht gefunden. Auch eine an der FHNW in diesem Zusammenhang in Auftrag gegebene Studienarbeit lieferte diesbezüglich keine wegweisenden Erkenntnisse. Der am Projekt massgeblich beteiligte Wetterdienstleister meteoblue AG hat sich im Verlauf des Projekts dazu entschieden, die Sensoren auf eigene Kosten über das Ende der Pilotphase hinaus weiter zu betreiben, um so die Idee eines Living-Lab für die Entwicklung weiterer Dienstleistungen und zukünftig entstehender Use Cases am Leben zu erhalten.

Die ursprünglich geplante Messung der Luftfeuchtigkeit an allen zum Einsatz kommenden Messstationen war aufgrund von durch Kondensation in den Messstationen entstehender Fehlmessungen nicht im geplanten Umfang und mit der erwarteten Präzision möglich.

Die Entwicklung von Use Cases durch nicht mit dem Projekt assoziierte externe Akteure hat, soweit dem Projektteam bekannt, bisher nicht im nennenswerten Masse stattgefunden. Bekannt ist, dass die Werte der Feinstaubmessungen von der Firma Esri Suisse in zwei online ArcGIS-Anwendungen eingefügt wurden.

ArcGIS Insights: [Link](#)

ArcGIS Urban: [Link](#)

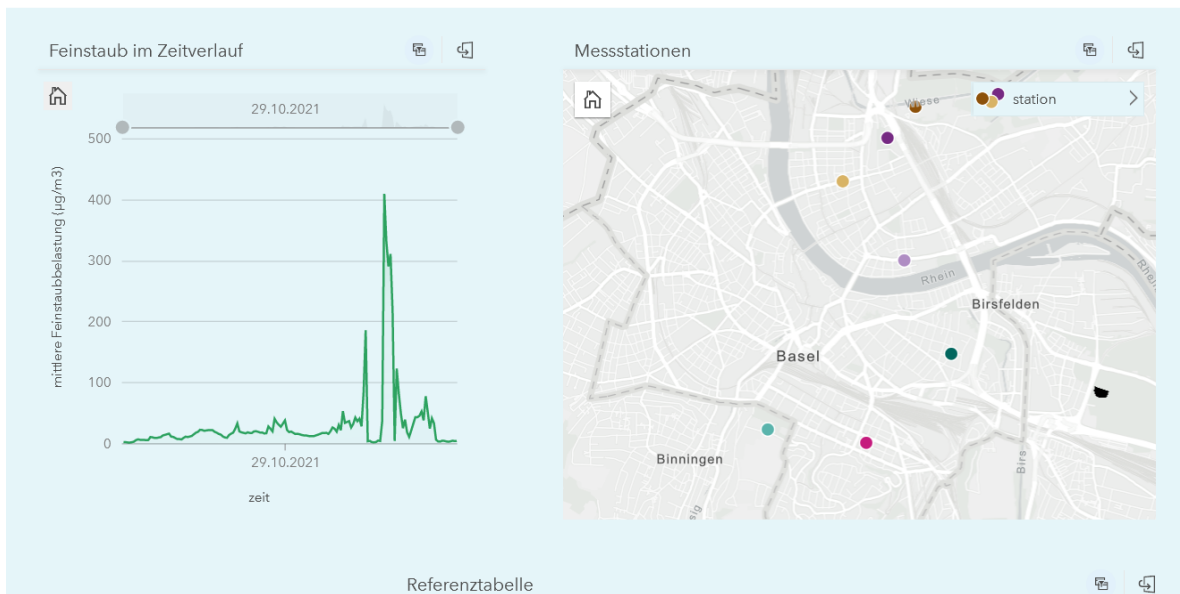


Abb. 02: Feinstaubmessungen in ArcGIS Insights.

Insbesondere in ArcGIS Urban - dem Planungsinstrument mit 3D-Modell der Stadt Basel - wäre es jedoch interessant, auch die anderen zur Verfügung stehenden Datensätze aus dem Smart Climate Pilotprojekt einzufügen. Eine erste Kontaktaufnahme mit den Verantwortlichen der Firma Esri hat kurz vor der Fertigstellung dieser Evaluation stattgefunden.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse Klimasensoren

Weltweiter Vorreiter

Mit den im Projekt «Smart Climate» installierten Sensoren ist das derzeit weltweit dichteste städtische Messnetz mit laufender Erfassung von Temperatur und Niederschlag entstanden.

Erste Auswertungen des Projekts haben gezeigt, dass der Betrieb von 100 IoT-Sensoren eine quadratmetergenaue Modellierung des Stadtklimas mit einem Messfehler von weniger als 1°C pro Stunde erlaubt, was aus meteorologischer Perspektive sehr genau ist. Dadurch können sowohl räumliche wie zeitliche Unterschiede im urbanen Klima mit aussergewöhnlicher Präzision erfasst werden. Im Rahmen des Pilotprojektes «Smart Climate» wurden bewusst mehr Sensoren als nötig montiert, um die optimale Anzahl testen und das Netzwerk effizient und evidenzbasiert "ausdünnen" zu können. Die Redundanz verringert zudem im laufenden Betrieb die Störungsanfälligkeit des Messnetzes. Die dabei zusätzlich entstehenden Kosten hielten sich im überschaubaren Rahmen, zumal wieder demontierte Stationen anderweitig zum Einsatz kommen können.

Die hohe Dichte an Sensoren ermöglicht eine einzigartig genaue Simulation städtebaulicher Massnahmen sowie die Möglichkeit, die Wirksamkeit städtebaulicher Anpassungsmassnahmen (z. B. im Projekt Triangel) im laufenden Betrieb zu überprüfen bzw. zu validieren, was mit Simulationen so nicht möglich ist. Diese Evaluationsmöglichkeiten eröffnen der Stadt- und Regionalplanung neue bzw. effizientere Optionen der Massnahmenentwicklung und der langfristigen Überprüfung von Kosten-Nutzen-Verhältnissen städtebaulicher Massnahmen wie bspw. der Begrünung von Plätzen und Fassaden, der Ausrichtung der Gebäude bei Neubauprojekten etc.

Kostengünstiges Messnetz

Vergleiche von 8 verschiedenen Temperatursensoren am Container des Lufthygieneamts am St.Johann und weitere Temperaturvergleiche verschiedenster Sensoren in Basel (Feldbergstrasse, MeteoSchweiz Gelände Binningen, usw.) zeigen, dass – mit geeigneter Qualitätskontrolle – die Messgenauigkeit des kosteneffizienten IoT-Messnetzes bis auf 0.2 Grad Celsius an die Messung teurer Referenzsensoren herankommt. Damit ist die Realisierung eines IoT-Stadtklima-Netzes mit z.B. 100 Sensoren deutlich kostengünstiger und gleichzeitig präziser als ein Messnetz mit 10 der derzeit gängigen Referenzsensoren (Meteoschweiz-Standard). Das günstigere und feinmaschigere Messnetz misst dabei zudem um mindestens 1°C genauer.

Wärmeinsel von 3°C

Für das Jahr 2020 hat eine erste auf dem Messnetz basierende Analyse ergeben, dass Basel von einem städtischen Wärmeinseleffekt von im Mittel 3 Grad Celsius betroffen ist. Dieser Wärmeinseleffekt zeigt auf, wie viel wärmer die Innenstadt im Vergleich zu den angrenzenden ländlichen Regionen ist. In ungünstigen Fällen werden in der Basler Innenstadt bis zu 10 Grad höhere Temperaturen gemessen als in der ländlichen Umgebung. Solche Wärmeinseln können

das Wohlbefinden in den urbanen Aussenräumen deutlich vermindern und während besonders heissen Wetterlagen negative Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung haben. Wärme- und Hitzeinseleffekte werden im Verlauf der nächsten Jahre aufgrund des fortschreitenden Klimawandels an Häufigkeit und Intensität zunehmen.

Beobachtbare Effekte von Bauprojekten

Messungen haben gezeigt, dass der Bau eines Hochhauses in Basel die Lufttemperatur im unmittelbaren Bereich des Gebäudes um 1.5 Grad Celsius (im Vergleich zur unveränderten Umgebung) erhöht hat. Bei einem anderen, deutlich niedrigeren Bauprojekt wurde eine Erhöhung der Lufttemperatur von 0.4 Grad Celsius registriert.

Bisherige Erkenntnisse Use Case Triangel

Im Rahmen des Umbauprojekts «Triangel» der Stadtgärtnerei Basel wurde eine grosse asphaltierte Fläche entsiegelt, mit Kies bedeckt und mit 18 jungen Bäumen bepflanzt. Bereits drei Monate vor Beginn der Umbauarbeiten wurden drei zusätzliche Sensoren im Gebiet installiert, um den mikroklimatischen Zustand der Umgebung vor und nach der Umbaumasnahme zu erfassen und Vergleiche ziehen zu können. Als Referenz dienen 12 Sensoren des bestehenden Smart Climate Netzwerks in der nahen Umgebung des Triangel-Areals (siehe Bild unten).

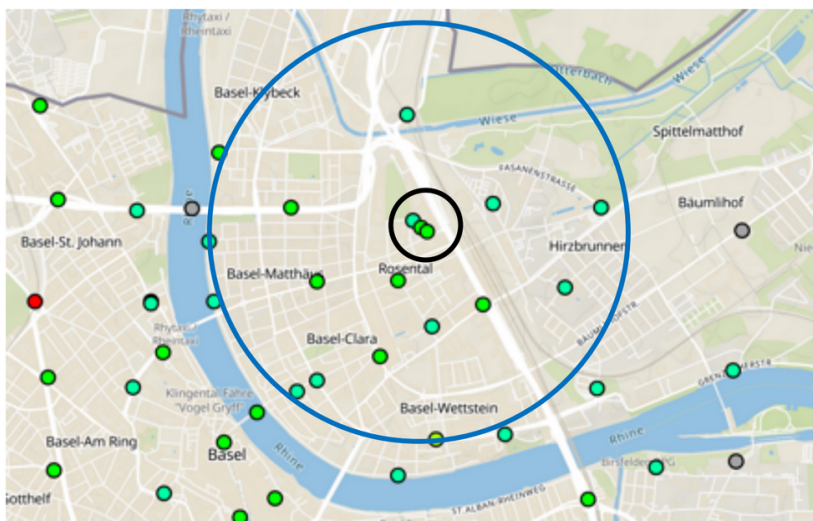
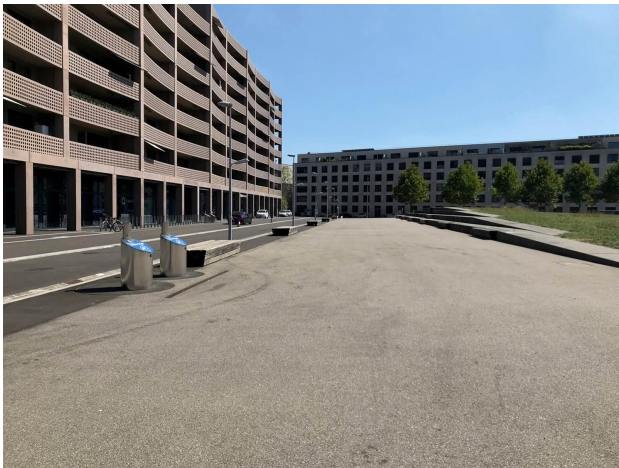


Abb.03: Sensoren und Referenzsensoren Projekt Triangel

Vor der Entsiegelung wurden im Bereich Triangel im Schnitt 0.3°C tiefere Temperaturen gemessen, als in der Umgebung. Schon kurz nach der Massnahme betrug der Unterschied bereits 0.6°C. D.h. die Anpassungsmassnahme im Gebiet Triangel hat einen kühlenden Effekt von 0.3°C. Dieser kühlende Effekt wird in den kommenden Jahren aller Erwartung nach mit dem Wachstum der gepflanzten Bäume insbesondere in den heisseren Sommermonaten noch deutlich zunehmen. Entsiegelungsmassnahmen eignen sich demnach dazu, das städtische Mikroklima positiv zu beeinflussen.



Abb. 04: Satellitenaufnahme des Triangels im Erlenmattquartier



oben: Abb. 05 und 06: Vor (links) und unmittelbar nach der Umbaumaassnahme (rechts). Die Aufnahme ist im Winter entstanden, weshalb die Bäume keine Blätter tragen.

unten: Abb. 07: Referenzbild; Die Bäume oben werden in den nächsten Jahren wachsen, wodurch sich ihr Effekt auf das Mikroklima verstärken wird.

3.2 Ergebnisse Lärmsensoren

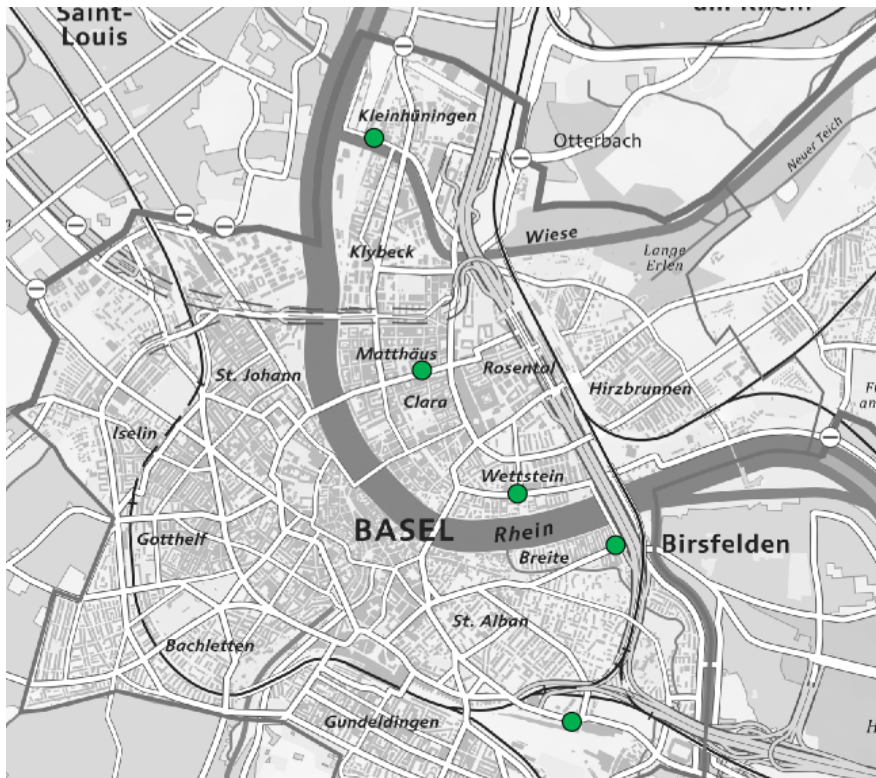


Abb. 08: Standorte der Lärmsensoren

Im Projekt wurde der Noise Level Sensor der Firma Libelium verwendet. Laut Datenblatt des Herstellers deckt dieser Sensor das Frequenzband zwischen 20 Hz bis 20 kHz und einen Pegelbereich zwischen 50 dB(A) bis 100 dB(A) ab und misst energieäquivalente A-bewertete Dauerschalldruckpegel (L_{eq}) mit Zeitbewertung Slow (1s) oder Fast (125 ms). Da für die kontinuierlichen Messungen mit diesen Sensoren eine Dauerstromversorgung notwendig war, wurden die Sensoren an Standorten installiert, welche dies gewährleisten konnten und wo gleichzeitig eindeutige und dominante Lärmquellen (z.B. Strassen- resp. Industrielärm) vorhanden waren (Abb. 08). Dort sammeln die Sensoren seit Juni 2020 kontinuierlich Daten, wobei in Abständen von 5 Minuten der L_{eq} über diesen Zeitraum gemittelt via LoRa übermittelt wird.

Im Rahmen des Feldversuchs konnten Erkenntnisse über die technischen Möglichkeiten bzgl. dem Betrieb und der Nutzung der Sensoren gewonnen werden. Dazu gehören Erkenntnisse zur Funktionsweise und zu Problemen, die im Zusammenhang mit einer mehrmonatigen Datenerfassung auftreten können: z. B. Ausfälle, Kompatibilität von Hard- und Software, Stromversorgung, Datentransfer, etc.

Um zu überprüfen, wie sich die Messungen der günstigen Sensoren im Vergleich zu jenen eines kalibrierten Präzisionsmessgeräts der Klasse 1 verhalten, wurde im August 2021 eine Vergleichsmessung am Standort Feldbergstrasse durchgeführt. Dabei wurde das Mikrophon des Klasse 1 Messgeräts so nahe wie möglich neben jenem des Sensors installiert, um dann über einen Zeitraum von ca. 5.5 Stunden gleichzeitig Messwerte zu erheben.

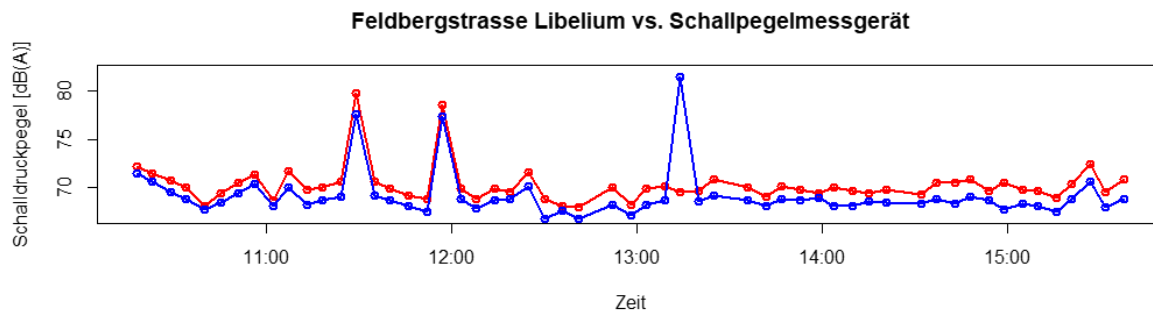


Abb. 09: Vergleich Lärmsensor (rot) vs. Klasse 1 Messgerät (blau) im Verlauf

Bei der relativ kurzen Vergleichsmessung zeigten sich konstante, jedoch signifikante Unterschiede sowie eine extreme Abweichung bei einem Messpunkt (ca. 13:15 Uhr). Die zeitgleich erfassten Werte lagen beim Klasse 1 Messgerät durchschnittlich 1.1 dB(A) tiefer.

Als Gründe für die Unterschiede bei den Messwerten könnten die tiefere Qualität der (Hardware-)Komponenten des Sensors, Ungenauigkeiten in der Zeitsynchronisation zwischen Sensor und Messgerät, die minimalen Unterschiede der Messpositionen oder die limitierten Frequenz- resp. Pegelbereiche des Sensors in Frage kommen. Um diesen Faktoren weiter nachgehen zu können, sind in einem nächsten Schritt weitere Vergleichsmessungen, auch über längere Zeiträume, geplant.

Die über mehrere Monate erhobenen Daten zeigten bei den jeweiligen Standorten erwartete Wertebereiche, wobei gewisse interessante saisonale und tagesspezifische Eigenheiten ersichtlich waren, welche auf Veränderungen im (Verkehrs-)Verhalten oder beispielsweise Witterungseinflüsse hinweisen können (Abb. 10). Aufgrund von Stromversorgungsunterbrüchen ist es bei manchen Sensoren zeitweise zu Lücken in der Datenerhebung gekommen.

Gesamthaft kann der Test der Lärmsensoren als erfolgreich beurteilt werden.

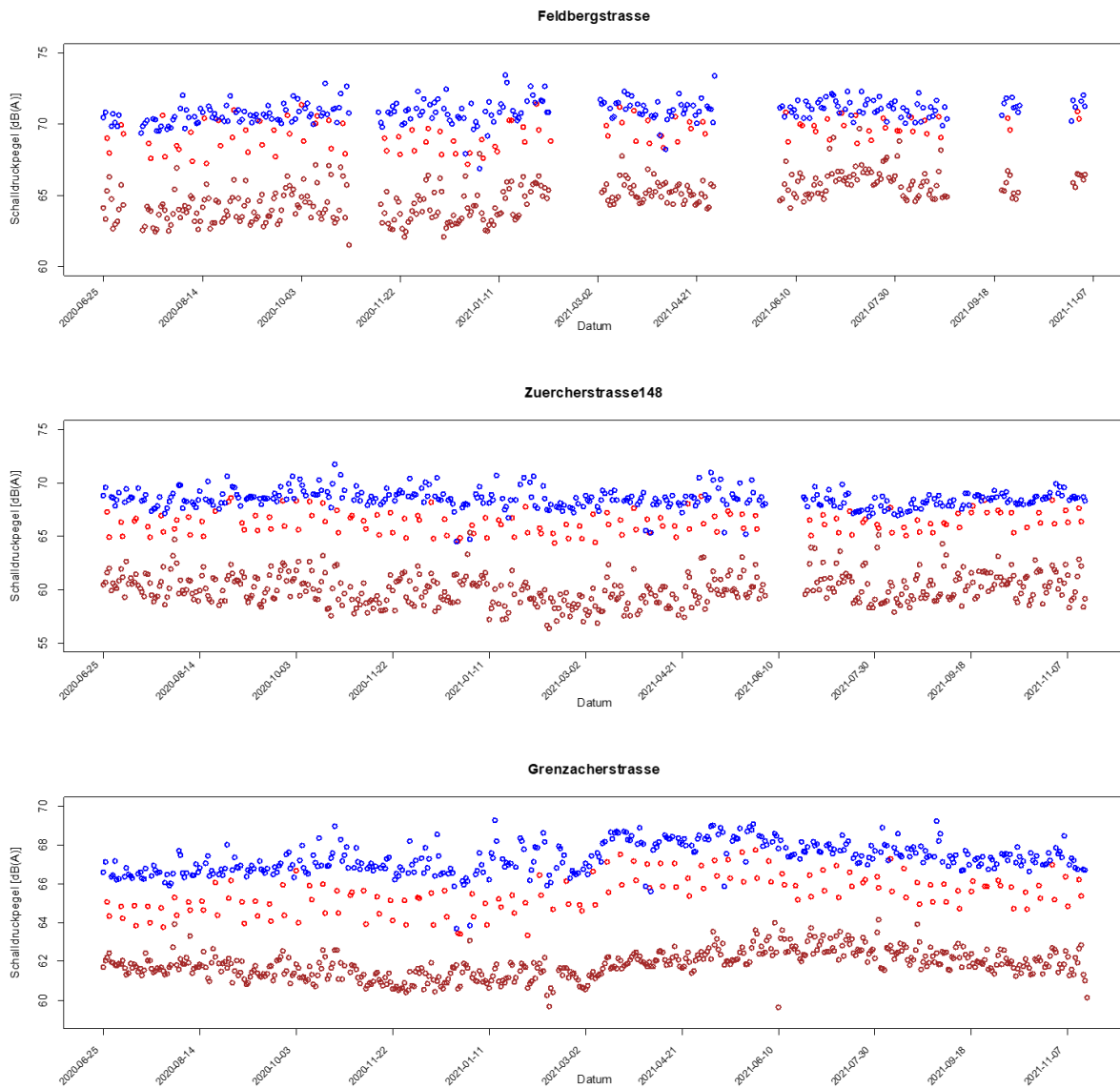


Abb. 10: Beispiele für gemittelte tägliche Schalldruckpegeldaten der neben verkehrsreichen Strassen installierten Lärmsensoren (blau = Wochentage Mo-Fr 6-22 Uhr, rot = Wochenendtage Sa-So 6-22 Uhr, braun = Nacht 22-6 Uhr) über die ganze bisherige Messperiode (Juni 2020 - November 2021).

3.3 Ergebnisse Feinstaubsensoren

Der Feinstaubsensor «Nubo» des Herstellers Sensirion AG misst Feinstäube mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM2.5). Für das Testen dieser Sensoren wurden zehn Sensoren in der Stadt Basel installiert. Seit Anfang Mai 2020 sind diese Sensoren in Betrieb. Da der Nubo-Sensor zum Zeitpunkt des Testbeginns nicht LoRa-fähig war, wurden die Daten über die vorhandene 4G-Mobilfunkschnittstelle zu Sensirion und daraufhin per FTP in die LHA-Luftdatenbank «Airmo» übertragen. Der Sensor wurde später von Sensirion und meteoblue AG im Rahmen eines bilateralen Projekts gemeinsam weiterentwickelt.

Um die Messqualität der Sensoren zu vergleichen, wurde an den permanent betriebenen Multikomponentenmessstationen des LHA an der Feldbergstrasse und im St.Johann sowie an der Station Binningen des nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL) jeweils ein Sensor angebracht.

Verglichen mit den Referenzsystemen vom LHA sind die bestimmten linearen Korrelationen (r^2) an den Standorten Feldbergstrasse und St.Johann in den meisten Monaten sehr hoch. Auffällig sind die niedrigen Korrelationen während der Frühlings-/Sommerzeit. Dieses Phänomen ist aber bekannt und erklärbar und tritt teilweise auch bei anderen Messgeräten, wie bei dem vom LHA eingesetzten optischen kontinuierlichen Referenz-Messverfahren - FIDAS, auf. In den Sommermonaten ist die Partikelverteilung anders als im restlichen Jahr. Grosse bzw. schwerere Partikel werden vom Sensor sowie bei optischen Messverfahren unterschätzt.

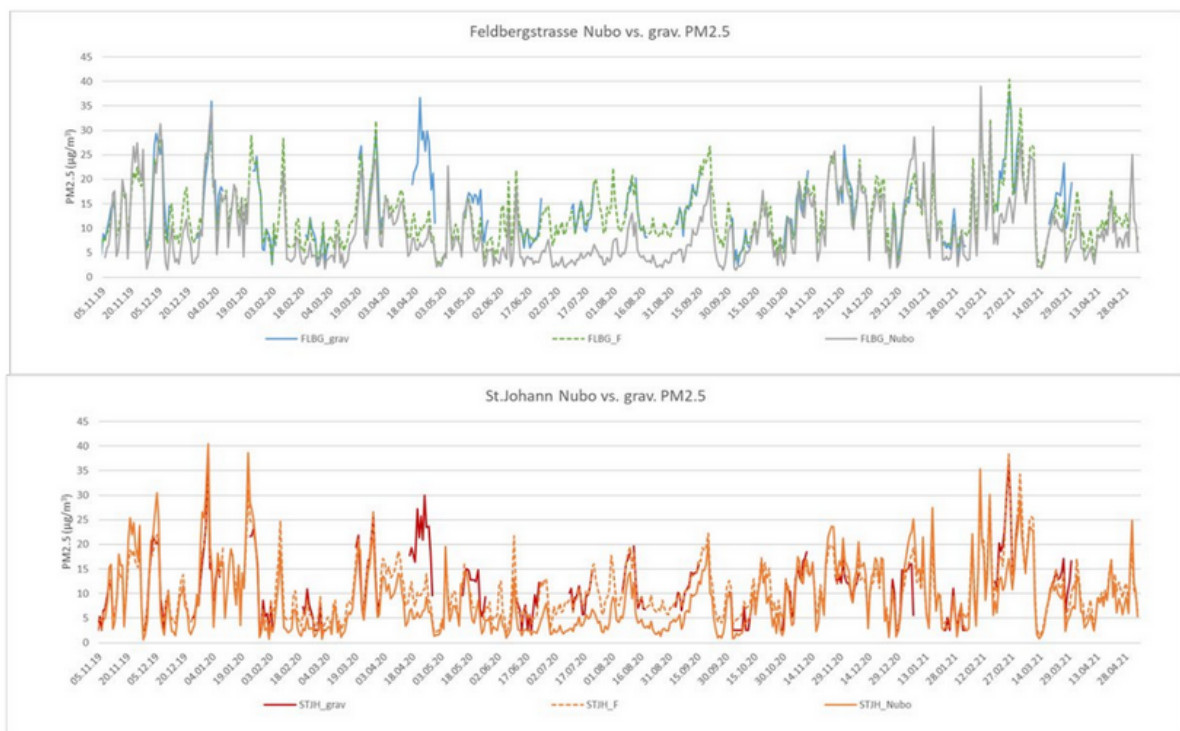


Abb. 11: Vergleich Sensor «Nubo» vs. HVS & FIDAS im Verlauf

Im Vergleich der Jahresmittel (01.05.20 – 30.04.21), sind die Werte zwischen 2.1 und 3.7 µg/m³ geringer als die Werte der PM_{2.5}-Messungen an den permanent betriebenen Multikomponentenmessstationen, was von Seiten LHA als deutliche Abweichung beurteilt wird.

Zusammengefasst hält das LHA fest, dass der Test der Nubo-Sensoren insgesamt erfolgreich war. Die Zuverlässigkeit der Sensoren war hoch. Die relativ starken Abweichungen der verglichenen Jahresmittel möchte das LHA in einer weiterführenden Studie untersuchen und zusammen mit dem Hersteller Sensirion die Messunsicherheit reduzieren.

Den vollständigen Abschlussbericht zur Vergleichsmessung des LHA finden Sie hier: [Link](#)

3.4 Ergebnisse Plug & Sense

Die Bestrebungen ein Plug & Sense-Modul für den Betrieb unterschiedlicher Sensoren im Feld zu testen wurde im Verlaufe des Projekts abgebrochen.

Smart Regio Basel hat am 29.10.2020 einen Roundtable zum Thema Sensorik durchgeführt. In diesem Rahmen wurden Potentiale im Bereich Plug & Sense diskutiert. Es wurde von den am Roundtable teilnehmenden ExpertInnen darauf hingewiesen, dass der Markt für (IoT-) Sensoren stark fragmentiert sei. Hohe Entwicklungskosten stünden kleinen Stückzahlen entgegen. Die Anschlüsse und die verwendeten Protokolle seien nicht standardisiert.

Hersteller verwendeten häufig proprietäre Schnittstellen und Protokolle, so dass Geräte verschiedener Hersteller nicht miteinander kombinierbar seien. Basel sei zudem zu klein, um Benchmarks im technologischen oder im Bereich von Leistungs-Standards zu setzen. Die Entwicklung einer Plug & Sense Lösung in der Region erschien somit nicht realistisch und umsetzbar. Eine avisierte Zusammenarbeit mit der Firma ELEKTRON AG, die ebenfalls mit der Entwicklung von Sensor-Hub-Lösungen beschäftigt ist, kam aus den oben genannten Gründen nicht zustande.

Mit der Weiterentwicklung des Nubo-Sensors (nicht Teil des Projekts) um einen zusätzlichen Steckplatz im Basismodul sowie einer Palette an kompatiblen Sensoren (Feinstaub, Feuchtigkeit, Druck etc.) hat Sensirion die Grundidee von Plug & Sense eigenständig weiter verfolgt.

3.5 Ergebnisse Gesamtprojekt

Die Public Private Partnership «Smart Climate - Plug & Sense» hat die gesetzten Ziele des Projekts erreicht und in verschiedenen Bereichen über diese Ziele hinausgehende Ergebnisse geliefert.

Neben dem Sensornetzwerk entstand im Verlauf des Projekts auch ein soziales Netzwerk der VertreterInnen am Projekt beteiligter Verwaltungsstellen, Organisationen und Firmen. Es etablierte sich ein regelmässiger Austausch der Beteiligten, die ihre gemeinsame Projekterfahrung auch im Kontext weiterer Projekte anwenden.

Aus einem der weiter oben beschriebenen Use Cases (Vorher-Nachher-Messungen im Kontext städtebaulicher Massnahmen im Projekt Triangel) hat sich eine enge Zusammenarbeit zwischen dem Projektteam von «Smart Climate» (insbesondere meteoblue AG) und der Stadtgärtnerei Basel-Stadt ergeben, so dass unterdessen Sensoren für weitere, ähnlich gelagerte Use Cases montiert und ins Messnetz integriert werden konnten (u.a. am Rheinuferweg, Schulhaus Lysbüchel etc.).

Auch die Fachstelle OGD des Kanton Basel-Stadt hat stets eng mit dem Projektteam zusammengearbeitet und als informeller Teil des Kernteams signifikante Beiträge zur Realisierung und Weiterentwicklung des Projekts geleistet.

Medienecho und Öffentlichkeitsarbeit

Über das Projekt wurde in verschiedenen Medien berichtet.

Überblick Berichterstattung:

- Badische Zeitung (08.07.2020) [Link](#)
- bz Basel (26.06.2020) [Link](#)
- Radio X [Link](#)
- KMU News 6/20 [Link](#) (scrollen bis S.24f)
- News Gewerbeverband Basel [Link](#)
- News RegBas [Link](#)
- IWB News [Link](#)
- News Gemeinde Therwil [Link](#)
- News Gemeinde Allschwil [Link](#)
- Gymnasium Münsterplatz (Smart Climate SCHOOL) [Link](#)
- News Gemeinde Binningen [Link](#)
- Interview mit Karl Gutbrod, be digital [Link](#)
- B wie Basel [Link](#) S.15ff
- Birsig Bote

Politische Geschäfte

- Interpellation Regina Rahmen betreffend «Smart Climate – Plug und Sense»
[Link](#)
- Grossratsbeschluss PD/P165322
[Link](#) (*Smart Climate auf S.3 erwähnt*)

Knowledge Transfer

Im Laufe des bisherigen Projekts wurde auf diversen Kanälen ein Wissensaustausch gepflegt und mit anderen Projekten und Stakeholdern der Austausch gesucht.

Teilnahme an der DINacon 2020

Elias Schäfer und Christian Hansen von Smart Regio Basel haben das Projekt gemeinsam mit Jonas Eckenfels und Jonas Bieri am 23. Oktober 2020 an der DINacon im Rahmen einer einstündigen Session vorgestellt.

In der Präsentation wurde insbesondere darauf eingegangen, welche Ergebnisse das Projekt erzielt hat, welche Herausforderungen sich dem Projektteam stellten und wie mit ihnen umgegangen wurde. In einem zweiten Kurzvortrag wurde gezeigt, welche Daten aus dem Projekt für die Öffentlichkeit auf dem Datenportal des Kantons Basel-Stadt zur Verfügung gestellt werden.

[Link auf Beitrag bei DINacon 2020](#)

Vorstellung Projekt an Partnertag Smart City Lab

Das Projekt wurde durch den Geschäftsführer des am Projekt beteiligten Basler Wetterdienstleisters meteoblue AG, Dr. Karl Gutbrod, am Partnertag des Smart City Lab Basel im Rahmen eines Workshops einigen interessierten TeilnehmerInnen vorgestellt.

Roundtable mit der Verwaltung über die Fortführung des Projekts

Im Mai 2021 wurden VertreterInnen verschiedener Basler Verwaltungsabteilungen zu einem Roundtable eingeladen, um mögliche Synergien und Bedürfnisse im Zusammenhang mit dem Projekt «Smart Climate» zu diskutieren. Insbesondere wurde im Rahmen dieses Roundtables diskutiert, welche potentiellen Mehrwerte eine Weiterführung des Projekts für verschiedene Akteure und Verwaltungseinheiten schaffen könnte. Bei dieser Gelegenheit betonten die Vertreter des Projekts den Wert einer langfristigen Datenreihe sowie die Chance, das Messnetz längerfristig als kostengünstiges «Living Lab» weiterzubetreiben und die Entwicklung weiterer Use Cases zu ermöglichen.

Smart Climate School Workshop

Unter dem Titel «Smart Climate SCHOOL» wurde für Schüler:innen ein Workshop zu den Themen Mikroklima, Stadtentwicklung und Klimawandel an zwei Basler Gymnasien (Kirschgarten, Münsterplatz) angeboten.

Im Vermittlungsprojekt «Smart Climate SCHOOL» massen Schüler*innen mit dem *SHT4x Smart Gadget* von Sensirion Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit und verglichen ihre Messungen untereinander.

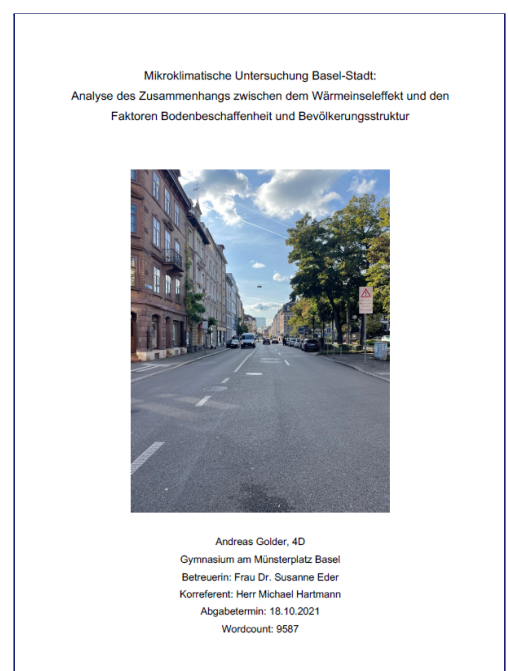
In einem spielerischen Umgang kamen die Schüler*innen mit Sensortechnologie in Berührung und erhielten einen ersten Einblick in die Messung von (Mikro-) Klimadaten. Die Themen Wetter und Mikroklima blieben so nicht bloss Theorie, sondern wurden durch eigenes Experimentieren erlebbar gemacht. Aktuelle Fallbeispiele aus dem Kontext des Smart Climate Projekts verorteten die Themen des Workshops in der regionalen Praxis. So erfuhren die SchülerInnen etwas über das Projekt Triangel der Stadtgärtnerei Basel und konnten im Rahmen des Workshops eigene Ideen für Massnahmen für ein besseres Mikroklima entwickeln und diskutieren.

Der Workshop war ein voller Erfolg. Insbesondere die umfangreichen interaktiven Elemente des Workshops und die Möglichkeit, sich einzubringen und eigene Ideen zu entwickeln, wurden von den SchülerInnen geschätzt. Die Vorbereitungen für weitere Durchführungen in anderen Schulen und Klassenstufen werden derzeit getroffen. Das Pilotprojekt «Smart Climate School» wurde vom Erziehungsdepartement Basel-Stadt finanziert.

Bericht zum Workshop am Gymnasium Münsterplatz: [Link](#)

Maturaarbeit

Ein Schüler des Gymnasium Münsterplatzes hat seine Maturaarbeit zum Thema Mikroklima in Basel geschrieben und verwendete dafür u.a. die Daten der Klimasensoren von «Smart Climate». Der Schüler wurde von Dr. Sebastian Schlögl von der meteoblue AG bei der Erstellung der Arbeit unterstützt. Eine Verbindung zu dem Schüler entstand, nachdem Smart Regio Basel den Smart Climate SCHOOL Workshop einigen Fachlehrkräften vorgestellt hatte. Eine der LehrerInnen fragte daraufhin an, ob besagter Schüler mit uns Kontakt aufnehmen könne, um einige Fragen zum Projekt zu stellen. Die ambitionierte und umfangreiche Arbeit wurde am 18. Oktober 2021 unter dem Titel «Mikroklimatische Untersuchung Basel-Stadt: Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Wärmeinseleffekt und den Faktoren Bodenbeschaffenheit und Bevölkerungsstruktur» vom Schüler erfolgreich eingereicht.



Austausch mit anderen Projekten/ Networking

Im Laufe des Pilotprojekts ist das Projektteam mit anderen Initiativen im Bereich Stadtklima in Verbindung getreten und hat aktiv den Austausch gesucht. Im Austausch mit dem österreichischen Projekt CLARITY zeigte sich, dass «Smart Climate» dem in Wien angesiedelten Projekt bereits einige Schritte voraus war und schon vieles umgesetzt hatte, was bei CLARITY erst angedacht war. Eine Zusammenarbeit mit CLARITY war aus diesen Gründen für das Projektteam Smart Climate nicht zielführend. Von Seiten des CLARITY Projektteams wurde keine weitere Zusammenarbeit mit dem Basler Projektteam verfolgt.

Durch Verbindungen zur Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW kam ein Austausch mit dem Team um das InterReg-Projekt «Climability» zustande. Das sehr ähnlich gelagerte Projekt fokussierte zum Zeitpunkt des Austauschs im Gegensatz zu «Smart Climate» auf Innenräume und überdachte Aussenflächen. Ein Zusammenschluss der Messnetze erschien sinnvoll, wurde jedoch aus verschiedenen Gründen (u.a. Ressourcen) nicht weiterverfolgt.

Im September 2020 wurde das Projekt «Smart Climate» als Wettbewerbsbeitrag bei den World Smart City Awards eingereicht. Eine Rückmeldung von Seiten der Veranstalter erfolgte bis heute nicht.

An mehreren SRB Roundtables konnten Verbindungen zwischen dem Smart Climate Projekt und verschiedenen Themen wie beispielsweise der Schwammstadt, diversen Arealentwicklungen und insbesondere auch dem der offenen Daten hergestellt werden. Auch im Rahmen von Veranstaltungen Dritter konnte das Thema gewinnbringend eingebracht werden. So kam zum Beispiel ein Folgeaustausch mit Global Infrastructure Basel (GIB) zum Thema Tiny Forests zustande. Die Möglichkeit, stadtplanerische Massnahmen bezüglich Mikroklima zu überwachen, wurde dabei immer wieder betont, führte bisher jedoch zu keiner konkreten Zusammenarbeit.

Smart Climate als Vorbild

Das Projekt Smart Climate dient als Vorbild für ähnlich gelagerte Projekte in anderen Städten, z. B. dem Projekt Urban Heat Map Region Bern. Auf deren Website heisst es:

“Das Ziel des gemeinsamen Klimaprojekts ist eine Online-Messkampagne zur Visualisierung der Stadthitze nach dem Vorbild der Smart Regio Basel.”

[Link zum Projekt](#)

Auch das Projekt in Bern gestaltet sich in Form einer Public-Private-Partnership. Der Smart City Verein Bern, die Berner Fachhochschule BFH und die Firma Meteotest möchten das Netzwerk, welches von der Universität Bern bereits in Grundzügen errichtet wurde, in die Region Bern erweitern und um zusätzliche Funktionen erweitern. Auch im Rahmen von diesem Projekt sollen nach Aufnahme des Betriebs die gesammelten Daten als Open Data der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden.

4. Ausblick

4.1 Feinstaubsensoren

Das LHA wird den Test der Nubo-Feinstaubsensoren ein bis zwei Jahre verlängern, um die oben erwähnte Abweichung im Jahresmittel näher zu untersuchen und ggf. korrigieren zu können. Ziel der weiterführenden Studie ist es, die Sensorwerte mit einer vernünftigen Offset-/Faktor-Korrektur an das Referenzsystem anzugleichen. Aufgrund der ebenfalls gewonnenen Erkenntnis, dass die PM2.5-Belastung in der Stadt relativ homogen ist, wird das bestehende Messnetz leicht reduziert.

4.2 Klimasensoren: Potentiale für weitere Use Cases

Auf der Grundlage des Messnetzes können weitere Use Cases wie bspw. die Entwicklung bevölkerungsnaher Dienste (Apps), der Entwicklung von Angeboten für Professionals (z. B. Planer) oder die Vernetzung der Klimadaten mit anderen Verwaltungsbereichen (Energie- und Verkehrsmanagement, Strassen- und Parkpflege) ermöglicht werden.

Mit dem zuverlässig laufenden «Smart Climate»-Messnetz ist eine funktionale Infrastruktur vorhanden, die es zulässt, auch "spontane" oder nicht a priori vorgesehene Forschungsfragen im Klimakontext zu bearbeiten («Living Lab»). Dank der langfristigen Sammlung und Speicherung der Daten können auch rückwirkend Analysen vorgenommen werden. Auch die Nutzung der offenen Daten im regionalen privatwirtschaftlichen Kontext ist möglich und wahrscheinlich, weshalb eine Weiterführung des Projekts über das Ende der Pilotphase hinaus sinnvoll ist.

Im Bereich Gesundheit lassen sich verstärkt negative Auswirkungen von Hitze vor allem auf ältere Menschen beobachten. Diese Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und mögliche Gegenmassnahmen sind ein weiterer Forschungsbereich, der den in Basel ansässigen Forschungs-Institutionen mit weltweitem Exzellenz-Charakter (z.B. Kantonsspital, Tropeninstitut) neue Betätigungsfelder ermöglichen würde.

4.3 Lärmsensoren

Um die Zuverlässigkeit für Langzeitmessungen weiter zu untersuchen, ist eine Fortsetzung der Messreihen und allenfalls auch der Einbezug weiterer Standorte mit unterschiedlichen Lärmumgebungen (in Bezug auf Pegel und Frequenzen) in Kombination mit Kontrollmessungen geplant. Damit könnte die Performance der Sensoren und deren Messgenauigkeit für unterschiedliche Schallereignisse und -situationen weiter überprüft werden.

4.4 Gesamtprojekt: Lancierung Pilotphase 2

Auf der Grundlage dieser Erwägungen ist das Projektteam davon überzeugt, dass die im Netzwerk ermittelten Stadt-Klimadaten eine wichtige Grundlage für die Weiterentwicklung

Basels zu einer klimafreundlichen Region bilden und zudem wichtige Bausteine für die Entwicklung von Erkenntnissen, Dienstleistungen und Validierungen mit internationaler Anwendung für die erfolgreiche Bewältigung der Klimakrise in Städten liefern.

Das Projekt konnte trotz der verhältnismässig geringen Kosten für eine koordinierte Weiterentwicklung, den diversen identifizierten Potentialen und der grundlegenden Bereitschaft einer am Projekt beteiligten Institution, einen wesentlichen Teil der anfallenden Kosten zu übernehmen, nicht in eine integrierte Pilotphase 2 überführt werden.

Dies kann als ein Hinweis darauf gedeutet werden, dass es für solche Projekte eine einheitliche, institutionelle Schirmherrschaft braucht. In Zürich scheint ein solcher Vorbereitungsprozess stattzufinden: Pläne für die Weiterführung eines ähnlichen Messnetzes wie im Smart Climate Projekt durch die Stadt Zürich werden diskutiert. Es wäre wünschenswert, dass die Basel-Stadt als Vorreiterin im Bereich Smart City und Klimaschutz eine ähnliche Schirmherrschaft übernehmen und die Messungen gezielt für eine klimafreundliche Stadtplanung einsetzen würde.

Trotz der nicht gelungenen Anschlussfinanzierung für die Durchführung einer koordinierten Pilotphase 2, wird das Messnetz zunächst von den am Projekt beteiligten Partnern auf eigene Rechnung dezentral weiterbetrieben. Die Projektentwicklung durch Smart Regio Basel endet mit dem 31.12.2021 und der Erstellung dieses Abschlussberichts. Sollte die Verwaltung oder andere angefragte Institutionen in Zukunft Bedarf an einer Wiederaufnahme bzw. Weiterentwicklung des Projekts haben, steht Smart Regio Basel für Gespräche zur Verfügung.