

AirQuality:

# Mobiles IoT-Netz erfasst Luftqualitätsdaten in Echtzeit

Bisherige Methoden der Luftqualitätsüberwachung in Städten beruhen auf stationären Messstationen, sodass die Luftqualität nur punktuell überwacht werden kann. Im Forschungsprojekt ‚AirQuality‘ wurde ein mobiles IoT-Netz entwickelt, das Luftqualitätsdaten in bisher nicht vorhandener Granularität erhebt. Das echtzeitfähige System erhöht die Transparenz der Luftqualität in Städten und bietet damit einen Lösungsansatz für eine Vielzahl von Anwendungsfällen. Darüber hinaus wird durch die Ergebnisse des Forschungsprojekts das Potenzial von Niedrigpreissensoren bei der Entwicklung von skalierbaren Messsystemen verdeutlicht. >

AirQuality:

# Mobile IoT Network Collects Air Quality Data in Real Time

Previous methods of air quality monitoring in cities are based on stationary measuring stations, so that air quality can only be monitored selectively. In the ‚AirQuality‘ research project, a mobile IoT network was developed that collects air quality data at previously unavailable granularity. The real-time capable system increases the transparency of air quality in cities and thus offers a solution approach for a variety of use cases. In addition, the results of the research project highlight the potential of low-cost sensors in the development of scalable measurement systems. >

Die Belastung der Luftqualität durch Schadstoffe ist für viele Städte ein wichtiges Thema. Tagtäglich sind Menschen des innerstädtischen Raums Luftverschmutzung ausgesetzt. Dabei kann eine langfristige Belastung durch schlechte Luftqualität die Gesundheit nachweislich beeinträchtigen und zu einem erhöhten Risiko für Atemwegs- oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen<sup>1</sup>. Nach Einschätzungen der *World Health Organization* sind weltweit bis zu 4,2 Millionen Todesfälle jährlich auf die Folgen von Luftverschmutzung zurückzuführen. Vor diesem Hintergrund hat die *Deutsche Umwelthilfe* seit dem Jahr 2011 gegen 40 deutsche Städte wegen der Nichteinhaltung von Grenzwerten geklagt. Folglich steigt der Druck auf Städte, Maßnahmen zur Luftreinhaltung zu ergreifen. Die Überwachung von Luftschadstoffen erfolgt vorwiegend mithilfe einzelner, stationärer Messstationen der Umweltministerien der Länder. Diese Messstationen zeichnen sich zwar durch eine sehr hohe Genauigkeit aus, sind aber in der Anschaffung kostenintensiv und in der Zahl zu gering, um das Stadtgebiet umfassend abzudecken.

Eine höhere Transparenz über die Luftqualität ermöglicht jedoch, daraus zielgerichtete und nachhaltige Aktivitäten abzuleiten und umzusetzen sowie deren Effektivität zu beurteilen. Ortsgenaue Informationen über Luftqualität können einen entscheidenden Beitrag bei der Standortauswahl von Bauprojekten der Städte leisten, um hochsensitive Bevölkerungsgruppen zu schützen. Wird zum Beispiel der Bau eines neuen Kindergartens geplant, spielen bei der Standortauswahl diverse Faktoren eine Rolle: Neben Kriterien wie einer ausreichenden Grundstücksgröße oder einer guten Erreichbarkeit sollte auch die Luftqualität des Standorts berücksichtigt werden. Da der Kindergarten in der Regel vormittags und am frühen Nachmittag besucht wird, sollte insbesondere in diesem Zeitfenster die Luft nicht zu sehr belastet sein. Um eine derartige Standortentscheidung treffen zu können, bedarf es einer umfassenden und präzisen Datenbasis, die die Luftqualität über das gesamte Stadtgebiet abbildet.

Um der beschriebenen Problemstellung zu begegnen und die stadtweite Transparenz über die Luftqualität zu erhöhen, entwickelten der *FIR e. V. an der RWTH Aachen* und die *Geotab GmbH* in Kooperation mit dem Center Smart Services im Rahmen des Forschungsprojekts ‚AirQuality‘ einen Lösungsansatz zur mobilen Erfassung von Luftqualitätsdaten. Hierzu haben die Forschungspartner 15 Busse der *Aachener Straßenbahn und Energieversorgungs-AG (ASEAG)* mit einer eigens entwickelten, niedrigpreisigen Sensorik, welche PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, Temperatur und Luftfeuchtigkeit erfasst, und einer Geotab-GO-Telematikeneinheit zur Übertragung der gewon-

Air quality pollution is an important issue for many cities. Every day, people living in urban areas are exposed to air pollution. Long-term exposure to poor air quality can have a demonstrable impact on health and lead to an increased risk of respiratory or cardiovascular disease. According to estimates by the *World Health Organization*, up to 4.2 million deaths worldwide each year are attributable to the consequences of air pollution. Against this backdrop, *Deutsche Umwelthilfe* has filed lawsuits against 40 German cities for non-compliance with limit values since 2011. Consequently, the pressure on cities to take air pollution control measures is increasing. Air pollutants are monitored primarily with the help of individual, stationary measuring stations operated by the environment ministries of the federal states. Although these measuring stations are characterized by very high accuracy, they are cost-intensive to purchase and too few in number to cover the urban area comprehensively.

However, greater transparency about air quality makes it possible to derive and implement targeted and sustainable activities from it and to assess their effectiveness. Locally accurate information on air quality can make a critical contribution to the siting of cities' construction projects to protect highly sensitive populations. If, for example, the construction of a new kindergarten is planned, various factors play a role in the site selection: in addition to criteria such as a sufficient plot size or good accessibility, the air quality of the site should also be taken into account. Since the kindergarten is usually visited in the morning and early afternoon, the air should not be too polluted, especially during this time window. In order to be able to make such a location decision, a comprehensive and precise database is required that maps the air quality over the entire urban area.

In order to address the problem described above and to increase the city-wide transparency of air quality, *FIR e. V. at RWTH Aachen University* and *Geotab GmbH*, in cooperation with the Center Smart Services, developed a solution approach for the mobile collection of air quality data as part of the research project 'AirQuality'. For this purpose, the research partners have equipped 15 buses of the *Aachener Straßenbahn und Energieversorgungs-AG (ASEAG)* with a specially developed, low-cost sensor system that records PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, temperature and humidity, and a Geotab GO telematics unit for transmitting

<sup>1</sup> S. WORLD HEALTH ORGANIZATION 2021, zit. n. MÜNZEL ET AL. 2021, S. 120

<sup>1</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION 2021, MÜNZEL ET AL. 2021, p. 120

nenen Luftqualitätsdaten ausgestattet. Die über den Sensor erfassten Daten werden via Bluetooth an die Telematikeinheit gesendet und dann über das Mobilfunknetz an eine Datenbank gefunkt. Dort werden die Messwerte mit den entsprechenden GPS-Koordinaten versehen und können bei Bedarf mit weiteren externen Datenquellen angereichert werden (s. Figure 1). Durch das entwickelte IoT-Netz sind die Daten nicht nur in Echtzeit abrufbar, sondern es ermöglicht darüber hinaus eine Beurteilung der Luftqualität im gesamten Stadtgebiet.

Für die visuelle Auswertung wurde eine über die Stadtkarte gelegte Heatmap gewählt, da diese ein verständliches und intuitives Tool darstellt (s. Figure 2, S. 99). Der/Die Anwendernde hat die Möglichkeit der objektiven Bewertung und kann die Entwicklung der Luftqualitätssituation über den Tag, aber auch historisch betrachtet, nachvollziehen. Orte besonders guter Luftqualität bzw. besonders hoher Luftverschmutzung lassen sich so identifizieren, was Städte in die Lage versetzt, beispielsweise einen geeigneten Standort für einen neuen Kindergarten auszuwählen. Darüber hinaus kann mit einer solch umfassenden und präzisen Echtzeit-Datenbasis eine Vielzahl weiterer Anwendungsfälle umgesetzt werden. Diese reichen von Smart-City-Ansätzen, wie einer Intelligenten Lichtsignalsteuerung über die Erfassung nächtlicher Kältestrome, bis zum Bevölkerungsschutz nach Großbränden.

the air quality data obtained. The data collected via the sensor is sent to the telematics unit via Bluetooth and then radioed to a database via the cellular network. There, the measured values are provided with the corresponding GPS coordinates and can be enriched with further external data sources if required (see Figure 1). Through the developed IoT network, the data are not only retrievable in real time, but it also enables an assessment of the air quality in the entire urban area.

For the visual evaluation, a heat map superimposed on the city map was chosen because it is a comprehensible and intuitive tool (see Figure 2, p. 99). The user has the possibility of an objective evaluation and can follow the development of the air quality situation over the day, but also historically. Places of particularly good air quality or particularly high air pollution can thus be identified, enabling cities to select a suitable location for a new kindergarten, for example. In addition, such a comprehensive and precise real-time database can be used to implement a wide range of other use cases. These range from smart city approaches, such as intelligent light signal control, to the detection of nocturnal cold currents, to population protection after major fires.

<sup>2</sup> Staubpartikel (PM = Particulate Matter) werden abhängig ihrer Größe in verschiedene Klassen eingeteilt. Feinstaub mit einem Durchmesser kleiner als 10 µm wird als PM 10 klassifiziert, Teilchen mit einem Durchmesser kleiner als 2,5 µm als PM 2,5 (s. UMWELTBUNDESAMT 2021).

<sup>2</sup> Dust particles (PM = Particulate Matter) are divided into different classes depending on their size. Particulate matter with a diameter smaller than 10 µm is classified as PM 10, particles with a diameter smaller than 2.5 µm as PM 2.5 (see FEDERAL ENVIRONMENT AGENCY 2021).

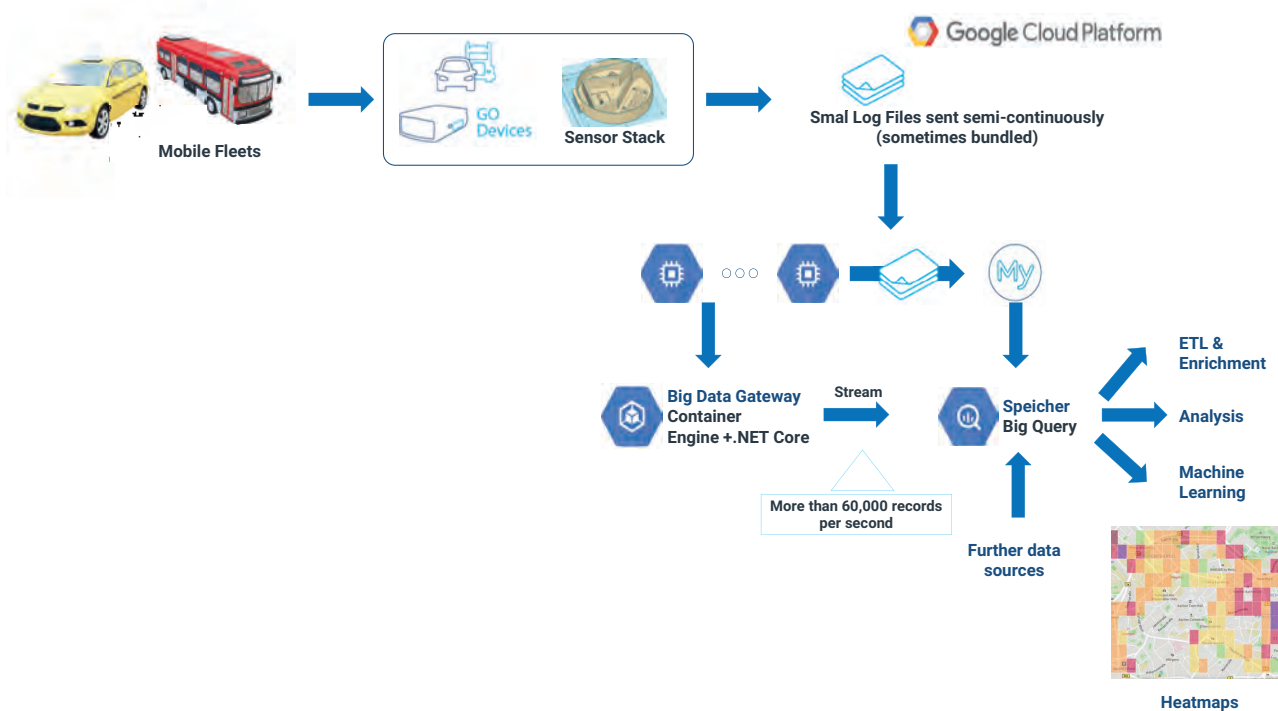


Figure 1: Simplified representation of the data flow for mobile data acquisition in the 'AirQuality' project (own illustration)

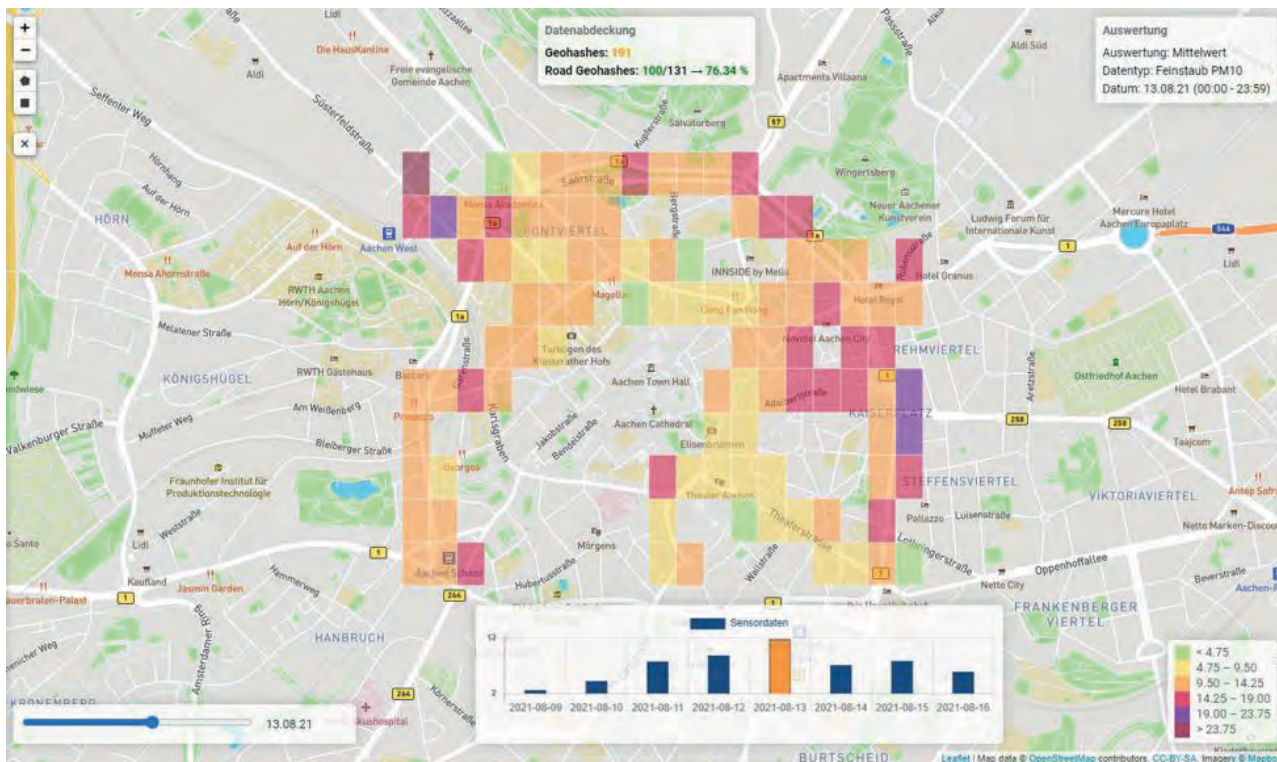


Figure 2: Visualization of the heat map by mobile collected air quality data in the city of Aachen (own illustration)

Neben der Möglichkeit, feingranulare Echtzeit-Abbildungen über die Luftqualität in Städten zu gewinnen, leisten die Ergebnisse des das Projekts ‚AirQuality‘ auch einen Beitrag, ergänzende Messsysteme zu den offiziellen Messmethoden der Länder zu entwickeln. Für Projekte wie „Breathe London“ oder „SmartAQnet“ wurden bereits kostengünstige Sensornetze genutzt, um räumlich hochaufgelöste Umweltdaten zu erfassen. Die Ergebnisse beider Projekte zeigen, dass Niedrigpreissensoren für einen solchen Einsatz Potenzial haben<sup>3</sup>, was mit dem Projekt ‚AirQuality‘ bestätigt wird. Um die Genauigkeit des entwickelten Sensorstacks zu validieren, wurden zwei Sensoreinheiten in Aachen auf der offiziellen Messstation VACW des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) für mehrere Tage platziert. Ein Abgleich der Daten zeigte eine durchschnittliche Korrelation von 60 – 80 Prozent. Die mit dem im Projekt ‚AirQuality‘ entwickelten Sensor erfassten Daten lassen sich durch Kalibrierungen weiter an die offiziellen Messwerte annähern, sind aber von der Qualität ausreichend, um ein umfassendes Bild über die Luftqualitätssituation zu gewinnen. Zudem stellt der ‚AirQuality‘-Sensor mit einem Preis von 300 Euro pro Stück eine skalierbare Lösung dar, vor allem unter der Annahme, dass nur 15 – 20 städtische Fahrzeuge benötigt werden, um circa 80 Prozent des Stadtgebiets abzudecken<sup>4</sup>.

In addition to the possibility of obtaining fine-grained real-time images of air quality in cities, the results of the ‘AirQuality’ project also contribute to the development of supplementary measurement systems to the official measurement methods of the countries. Projects such as ‘Breathe London’ or ‘SmartAQnet’ have already used low-cost sensor networks to collect spatially high-resolution environmental data. The results of both projects show that low-cost sensors have potential for such a deployment<sup>3</sup>, which is confirmed with the ‘AirQuality’ project. To validate the accuracy of the developed sensor stack, two sensor units were placed in Aachen at the official VACW measuring station of the North Rhine-Westphalia State Office for Nature, Environment and Consumer Protection (LANUV) for several days. A comparison of the data showed an average correlation of 60 - 80 percent. The data collected with the sensor developed in the ‘AirQuality’ project can be further approximated to the official measured values by calibrations, but are of sufficient quality to provide a comprehensive picture of the air quality situation. In addition, at a price of 300 euros per unit, the ‘AirQuality’ sensor represents a scalable solution, especially assuming that only 15 – 20 urban vehicles are needed to cover around 80 percent of the city area<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> S. ITTNER ET AL. 2021, S. 24; BUDDÉ ET AL. 2018, S. 12

<sup>3</sup> ITTNER ET AL. 2021, p. 24; BUDDÉ ET AL. 2018, p. 12

<sup>4</sup> EDDIN ET AL. 2018, p. 17

Das Forschungsprojekt ‚AirQuality‘ wurde ab Oktober 2020 im Rahmen der Förderrichtlinie Modernitätsfonds (mFUND) durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert und im August 2021 abgeschlossen.

sct

<sup>4</sup> s. EDIDIN ET AL. 2018, S. 17

**Literatur**

BUDDE, M.; SCHWARZ, A.D.; MÜLLER, T.; LAQUAI, B.; STREIBL, N.; SCHINDLER, G.; KÖPKE, M.; RIEDEL, T.; DITTLER, A.; BEIGL, M.: Potential and Limitations of the Low-Cost SDS011 Particle Sensor for Monitoring Urban Air Quality. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Atmospheric Dust - DUST2018. ProScience 5, 2018, S. 6-12. <https://www.scientevents.com/proscience/download/potential-and-limitations-of-the-low-cost-sds011-particle-sensor-for-monitoring-urban-air-quality/> (Link zuletzt geprüft: 04.11.2021)

Deutsche Umwelthilfe (Hrsg.): So haben unsere Klagen die Luft in Deutschland sauberer gemacht. DUH online, 28.07.2020. <https://www.duh.de/aktuell/nachrichten/aktuelle-meldung/so-haben-unsere-klagen-die-luft-in-deutschland-sauberer-gemacht/> (Link zuletzt geprüft: 02.11.2021)

EDIDIN, P.; GRIFFIN, R.; KOSVINER, T.; MILLER, C.; VALENTINE, L.: EDF Annual Report 2018. Hrsg.: P. Klebnikov; Environmental Defense Fund. New York 2018. [https://www.edf.org/sites/default/files/content/2018\\_EDF\\_Annual\\_Report.pdf#page=19](https://www.edf.org/sites/default/files/content/2018_EDF_Annual_Report.pdf#page=19) (Link zuletzt geprüft: 02.11.2021)

The ‘AirQuality’ research project was funded by the German Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI) from October 2020 as part of the Modernization Fund (mFUND) funding guideline and was completed in August 2021.

sct

<sup>4</sup> EDIDIN ET AL. 2018, p. 17

ITTNER, C.; FONSECA, E.; DOUGLAS, F.: The Breathe London Blueprint: How cities can use hyperlocal air pollution monitoring to support their clean air goals. Hrsg.: Environmental Defense Fund. London, Febr. 2021. [https://www.globalcleanair.org/files/2021/02/EDF-Europe-BreatheLondon\\_Blueprint-guide.pdf](https://www.globalcleanair.org/files/2021/02/EDF-Europe-BreatheLondon_Blueprint-guide.pdf) (Link zuletzt geprüft: 02.11.2021)

UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.): Emission von Feinstaub der Partikelgröße PM<sub>2,5</sub>. UBA online, 03.06.2021. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm25#internationale-vereinbarungen-zur-minderung-der-emissionen> (Link zuletzt geprüft: 04.11.2021)

WORLD HEALTH ORGANISATION (Hrsg.): Ambient (outdoor) air pollution. WHO online, 22.09.2021. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (Link zuletzt geprüft: 04.11.2021)

If you have any questions, please do not hesitate to contact the authors.



**Project Title:** AirQuality

**Funding/Promoters:** Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI); TÜV PT-MVt

**Funding no.:** 19F1062A

**Project Partner:** Geeotab GmbH

**Websites:** [airquality.fir.de](http://airquality.fir.de) & [mobile-airquality.com](http://mobile-airquality.com)



Maximilian Schacht, M.Sc.  
Project Manager  
FIR e. V. at RWTH Aachen University  
Phone: +49 241 47705-207  
Email: [Maximilian.Schacht@fir.rwth-aachen.de](mailto:Maximilian.Schacht@fir.rwth-aachen.de)



Alisa Friedrich, M. Sc.  
Project Manager  
Center Smart Services  
Phone: +49 241 47705-625  
Email: [Alisa.Friedrich@center-smart-services.com](mailto:Alisa.Friedrich@center-smart-services.com)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

