



StadtLärm

**– monitoring
noise pollution
to support local authorities**

Preventing excess urban noise is the focus of this new platform, which visualises the acoustic data it has sampled and analysed. Among the IMMS contributions is a central data turntable that serves all the components. Photograph: IMMS.

Objectives and overview

Bursts of noise pollution a challenge to municipal authorities

Noise pollution diminishes quality of life. People living in conurbations are subject to noise assaults of many kinds: sporting and other major events, building works or even individual moving vehicles. When local authorities give permission for events or building projects, they have a duty to consider noise issues and impose any necessary conditions. They have to ensure legal limits are not exceeded, check that conditions are met and deal with any complaints. It is common practice to take random samples of noise with equipment that meets the standard set by German legislation, TA Lärm, standing for the General Administrative Regulation with technical notes on noise. The sampling is relatively costly in terms of time and the deployment of field service staff.

*More on
StadtLärm at
www.imms.de*

Noise pollution monitoring to assist local authorities: a complete system

The StadtLärm (CityNoise) project has seen the development of a full new system which has been on long-term field test in Jena, Germany, since the spring of

*Annual Report
© IMMS 2018*

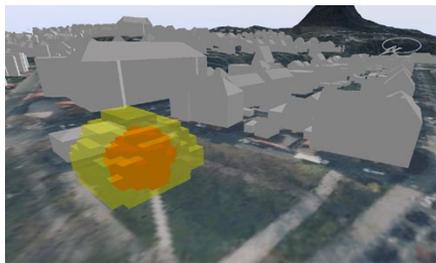


Figure 1:

Models made from noise in the surroundings using innovative software appear in 3D visualised form on maps of the city. It is possible to relate the measured data to specific events such as concerts for which permission has been given.

Source: Software-Service John GmbH.

2018. It is a system which anonymously and steadily logs noise-related data from a wide area, detected by sensors. Models made from noise in the surroundings using innovative software appear in 3D visualised form on maps of the city (in this case, Jena) or in graphs (see Figure 1). It is possible to relate the measured data to specific events such as concerts in the city centre for which permission has been given.

With the system, local authorities can observe not only the level of noise but also, using a web-based application, the type of event as classified by the system, by which they can better judge the source of any noise. They can consider both real-time and retrospective data for particular and/or longer periods. In addition, Stadtlärm permits prediction of future noise from noise events of the past.

State-of-the-art machine learning is used by one of the partners in the project, Fraunhofer IDMT, to classify noise events. This classification goes beyond the level-based assessments of the TA Lärm standard. In contrast to other research projects concerned with noise pollution, the Stadtlärm (CityNoise) system is specifically adapted to local authorities' administrative processes. Also, it takes account of arbitrary (as opposed to specific) sources of noise and of a noise level evaluation modelled on the TA Lärm standard. Furthermore, it is available as a robust, flexible, outdoor sensor solution based on an open, extensible software platform.

Components of the Stadtlärm system

There are three overall components in Stadtlärm: firstly, the **sensor platform** (a collection of a variable number of noise detectors) in which the hardware has been made by Bischoff-Elektronik GmbH and the software by IMMS and Fraunhofer IDMT. The second of the components is a **data service** provided by IMDT that processes, stores and keeps the data centrally available. The third of the components is the **Stadtlärm application** for the end-user, created by Software-Service John GmbH.

The three are linked by a **central "data turntable"**, which is more technically called a message broker. This uses as its protocol Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), established for the Internet of Things. The broker enables the compo-

- > RoMulus: RFID
- > Green-ISAS: Test
- > Green-ISAS: EH
- > Stadtlärm
- > fast wireless
- > ADMONT
- > RoMulus: MEMS
- > Contents
- * Funding

More on
sensor systems:
www.imms.de

nents to exchange messages so that they can carry out their respective functions in a coordinated manner.

Among the IMMS contributions: the central data turntable serving all components

IMMS created the basic software platform for the noise detectors and integrated into it the pre-processing of audio data provided by IDMT. IMMS also developed the overall communications architecture of the platform and implemented the noise detectors' communications through the MQTT broker, work which included defining the communications structures and messages, providing and maintaining the broker, and establishing a central administrative component for the entire system. Additionally, the Institute integrated different types of environmental sensors into a subset of the sensors deployed in the field test, so that the platform would be even more useful and its extensibility would be demonstrated.

Details of IMMS' contribution

As the StadtLärm system was required from the first to become an open, extensible platform for possible use by different providers of information and other services, it was important to ensure that the system architecture be fully adequate and based on norms. To guarantee robust and efficient communications between the distributed components of such an open, extensible platform, the communications architecture was of central importance. It was for this reason that a broker was envisaged from the outset, as a sort of central turntable to pass the data between the components.

Also, to ensure proactive fulfilment of data protection requirements, an intrinsic Privacy by Design approach was taken. Any data that could betray personal details or identities is anonymised by pre-processing at the noise detector itself so that only abstract details, such as the noise level and the classification of noise events, are transmitted and further processed.

MQTT-based communications architecture

The choice for the broker-based communications fell on the open source standard known as MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), which, as has been mentioned, is a protocol already much used in the Internet of Things. The advantages of broker-based communications are that access and permissions are administered centrally and that central monitoring of the communications is possible. Furthermore, every participant in this system is in physical communications with only one

- 71
- > RoMulus: RFID
 - > Green-ISAS: Test
 - > Green-ISAS: EH
 - > StadtLärm
 - > fast wireless
 - > ADMONT
 - > RoMulus: MEMS
 - > Contents
 - * Funding

More on
communications
solutions at
www.imms.de.

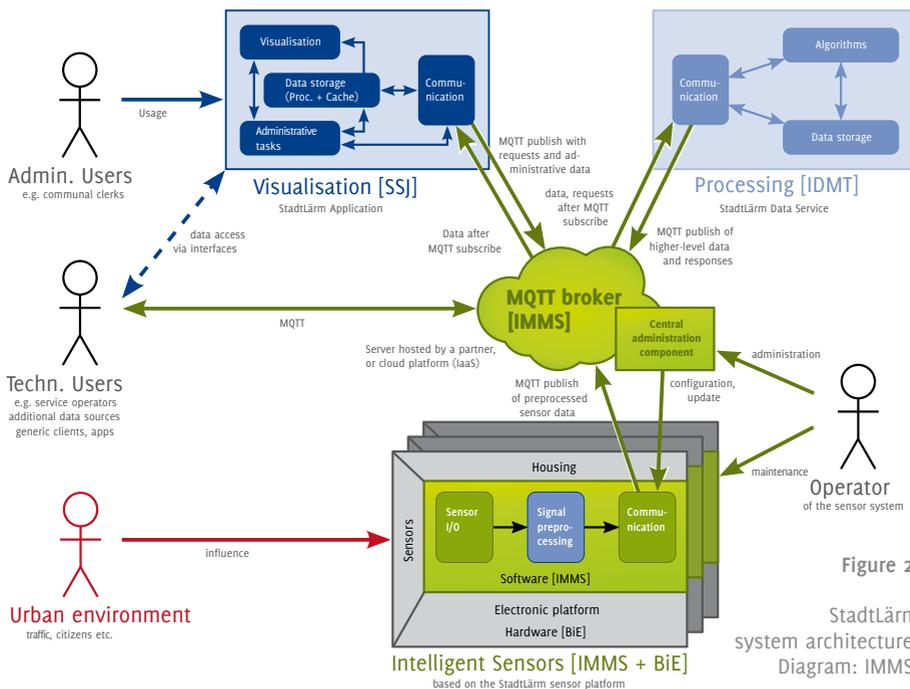


Figure 2:

StadtLärm
system architecture.
Diagram: IMMS.

physical peer, the broker, and so never directly with other different components that potentially employ protocols of their own. MQTT has the additional advantage of being one of the less complex broker-based protocols, permitting ease of integration into even further components. An overview of the system architecture is given in Figure 2.

MQTT works through publication and subscription

Participants in the system use MQTT not to address their peers directly but to publish messages on what are called topics (news channels with ready-made names), to which other participants are able to subscribe as their means of receiving the messages. This principle is called Publish-Subscribe. For the communications to be efficient, it is crucial that the topics are set up in a hierarchical structure. In the case of this project, there were numerous negotiations which culminated in a final agreed hierarchy of topics. At the top level of the hierarchy, the topics are assembled according to system components: noise detectors, IDMT data service, admin component and StadtLärm application. Topics that are subsidiary to this level represent the individual content of a communication. If the complete system is extended to include new components, it will be possible for the hierarchy of topics to be extended, too.

More on
communications
solutions at
www.imms.de.

IMMS' use of MQTT facilitates requests, e.g., for historical data

Because not all the communicative requirements are covered by the event-driven data processing that is enabled by Publish-Subscribe, IMMS has developed an additional convention enabling requests to be performed using MQTT. Topics denoted Request-Response in the hierarchy exhibit a fixed substructure on which both service provider and service user communicate according to a well defined regimen. The requests and responses are encoded as JSON (JavaScript Object Notation): requests have parameters and the responses have alternative attributes – result if successful or, on processing errors, error.

One example of how the Request-Response scheme is used is the retrieval of historical data from the data service, which is constantly receiving data from the sensors and storing that data. The end user can select a time period and will see the visualised details for that period after the application has requested them from the data service.

Noise sensor hardware

The acoustic sensors devised for the project are embedded systems from a custom-designed motherboard with a Raspberry Pi 3 Compute Module installed on it as processing unit. The systems are laid out in such a way that they can use mobile communications and remain very flexible in terms of where they can be sited. Thus they all have a mobile radio modem.

The computing load and the mobile radio signals result in an average power draw of about 10 watts, which precludes battery operation over a long period. However, a battery has been integrated into the system to maintain flexibility and particularly to facilitate installation on lamp-posts that are only supplied with electricity at night (see Figure 3). As the battery capacity is 15 watt-hours, the system can be operated for a whole day if recharging takes place overnight. Battery management is thus required in both hardware and software.

At the detecting heart of the sensors is their microphone. Inexpensive MEMS microphones were selected instead of the usual costly measurement microphones, so that the price of each device

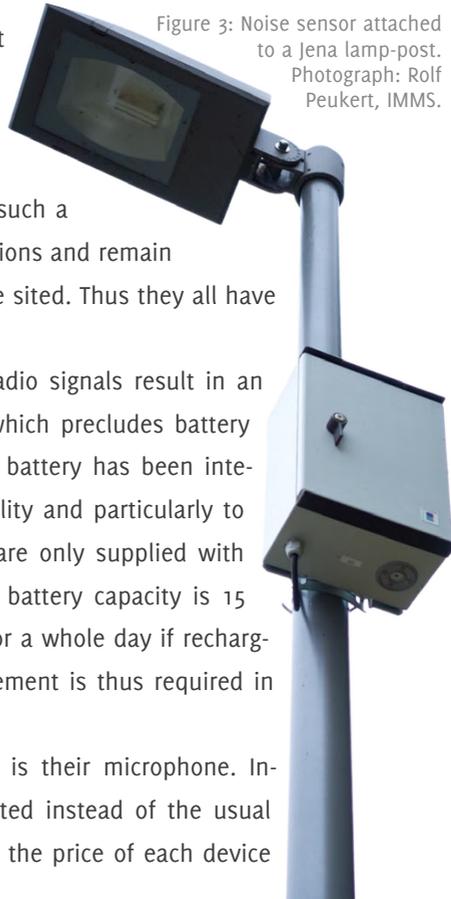


Figure 3: Noise sensor attached to a Jena lamp-post. Photograph: Rolf Peukert, IMMS.



Figure 4:

Noise sensor with additional sensors for ambient conditions.

Photograph: Rolf Peukert, IMMS.

could be kept to a minimum. This approach has proved to be adequate for the quality of result needed.

A subset of the systems put to field testing was additionally equipped by IMMS with a weather station to detect environmental conditions (Figure 4). Data on weather are not only of interest to the city of Jena but are also relevant for the audio processing. The integrated weather station also underscores the platform extensibility in the light of future exploitation of the platform.

Noise sensor software

It was the job of Bischoff-Elektronik as partner in the project to develop the noise sensors and encase them in weather-proof housing; it was the job of IMMS to provide the system and application software to run on this hardware and integrate the audio processing provided by IDMT.

For their basic system, the noise detectors make use of **Embedded Linux** relying on the Raspbian distribution. IMMS carried out the adaptation, tailoring the kernel to the requirements of the project. The IDMT audio processing was fundamentally consonant with the platform, having been implemented in Python. Nonetheless, there were additional aspects to manage, such as communications links and remote maintenance.

It was therefore necessary for IMMS to implement an application-specific component capable of handling **MQTT communications**, obtaining the pre-processed data from the IDMT software, and transmitting them in near-real time. The component, implemented in **Go**, also communicates with the central administration component via

More on sensor systems:
www.imms.de

More on system integration:
www.imms.de

MQTT. It transmits status information periodically and is capable of remote configuration and instruction. It also captures and transmits environmental data in the case of sensors equipped by IMMS with additional environmental monitoring components.

- > RoMulus:RFID
- > Green-ISAS:Test
- > Green-ISAS:EH
- > StadtLärm
- > fast wireless
- > ADMONT
- > RoMulus:MEMS
- > Contents
- * Funding

Central administration components

When a system consists of a variable, possibly extensible, number of devices, all needing their data to be processed, monitored and configured, it makes sense to have a central administration component. IMMS therefore created one in **Java/Kotlin** using the **Spring framework**. The noise detectors register themselves with this central administration component. The admin component then maintains a directory of detectors in which not only their individual ID in the system but also other meta data like location and status are listed. The admin component publishes its data periodically using MQTT and also makes it available for access by request. For the field test, the admin component is being run on a server at IMMS, as is the broker.

System monitoring

To monitor the overall state of the system both in the field test and in later commercial use, the central admin component continuously stores information concerning the system state (such as the communications load on the broker) and the field devices (such as running time and battery charge) in an **InfluxDB** time-series database. The information stored in the database is then visualised on dashboards realised using the open-source software **Grafana**, see Figure 5. The dashboards allow intuitive insight into the current system state and hindsight into longer historical periods. Of particular interest is the charging or discharging behaviour of the batteries, or the stability of the mobile communication.

*More on system
integration:
www.imms.de*



Figure 5:

Visualisation of the state of a noise detector on a dashboard.

Screenshot: IMMS.

Field testing

As of spring 2018, a pilot installation which contains the components and services described above has been in place on the Obere Aue and surrounding area in the city of Jena, Germany. The actual installation has 13 noise detectors, three of which are also equipped with environmental sensors. The software components on the server side are hosted by the respective partners in the project. The city's Environmental Development Department has access to the web-based StadtLärm software, gaining experience with the novel system.

Future prospects

The present laws in Germany do not permit a system such as that in StadtLärm to replace the established method of measuring at the point of immission. The system can, however, provide support that enables the labour-intensive measuring (which is done manually) to be better targeted.

At the time of publication of this report, valuable results are already coming in. The systems are proving stable in the field, the audio classification is of high quality and the end-users express approval. These results all offer a number of starting points for further work.

IMMS and its partners have received a number of inquiries from third parties who are interested in evaluating the system not only for the measurement of urban noise but also for a variety of different applications where noise level monitoring and acoustic event classification are required.

The system created will also, in future, act as foundation for noise pollution prediction based on previously recorded acoustic events. With the support of an appropriate model it is not unthinkable that, even during the event approval process, the potential noise pollution could be seen in simulation, such as a football match in the stadium which is due to coincide with a concert in a nearby park.

Contact person: Dipl.-Inf. Marco Götze, marco.goetze@imms.de

Supported by:



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Energy



Zentrales
Innovationsprogramm
Mittelstand

on the basis of a decision
by the German Bundestag

The StadtLärm project has been funded by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) by resolution of a decision of the German Federal Parliament under the reference ZF4085703LF6.



StadtLärm

Lärm-Monitoring-System unterstützt städtische Verwaltung

Lärm in Städten sichtbar machen, analysieren und vermeiden helfen soll die neue Plattform, die Audiodaten erhebt und verarbeitet. Das IMMS hat u.a. die Datendrehscheibe für alle Komponenten realisiert. Foto: IMMS.

Motivation und Überblick

Schwankende Lärmbelastungen stellen Stadtverwaltungen vor Herausforderungen

Lärm beeinträchtigt die Lebensqualität. Stadtbewohner sind zahlreichen, stark schwankenden Lärmbelastungen durch Groß- und Sportveranstaltungen, Baumaßnahmen oder einzelne Verkehrsteilnehmer ausgesetzt. Kommunale Verwaltungen, die Veranstaltungen und Baumaßnahmen genehmigen, müssen dabei den Lärmimmissionschutz beachten, dazu entsprechende Auflagen vorgeben, die Einhaltung der gesetzlich vorgegebenen Grenzwerte und Auflagen überwachen sowie Beschwerden bearbeiten. Traditionell wird dabei die Lärmbelastung in Stichproben mit qualifizierter Messtechnik nach den Vorgaben der einschlägigen gesetzlichen Norm, der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm), vor Ort erfasst, d.h. mit vergleichsweise großem Aufwand und Personaleinsatz im Außendienst.

Lärm-Monitoring-System unterstützt städtische Verwaltung: Gesamtsystem

Im Projekt „StadtLärm“ wurde ein System entwickelt und in der Stadt Jena in einem seit dem Frühjahr 2018 andauernden Feldtest erprobt. Mit dem System lassen sich

*Mehr zu
StadtLärm auf
www.imms.de*

— Jahresbericht
© IMMS 2018

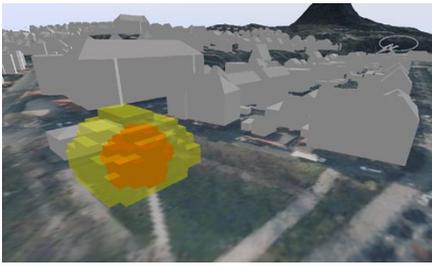


Abbildung 1:

Lärm-Raum-Modelle werden in einer neuartigen Anwendung bearbeitet und dreidimensional in Karten der Stadt Jena und über Diagramme visualisiert. Die Messdaten können zu einem bestimmten Ereignis, wie z.B. zu einem angemeldeten Konzert in der Innenstadt, zugeordnet werden. Bildquelle: Software-Service John GmbH.

schallbezogene, anonymisierte Sensordaten großflächig und fortwährend erfassen. Lärm-Raum-Modelle werden in einer neuartigen Anwendung bearbeitet und dreidimensional in Karten der Stadt Jena und über Diagramme visualisiert, vgl. Abbildung 1. Die Messdaten können zu einem bestimmten Ereignis, wie z.B. zu einem angemeldeten Konzert in der Innenstadt, zugeordnet werden.

Städtische Behörden können dabei nicht nur Lärmpegel, sondern auch vom System nach ihrer Art klassifizierte Lärmereignisse in einer webbasierten Anwendung betrachten und Lärmquellen deutlich besser beurteilen. Hierfür können zeitlich und räumlich aufgelöste Schalldaten sowohl echtzeitnah als auch rückblickend über bestimmte und längere Zeiträume zurate gezogen werden. Zudem lassen sich zukünftige Lärmsituationen aus vergangenen Lärmereignissen vorhersagen.

Die Klassifikation von Schallereignissen wurde vom Projektpartner Fraunhofer IDMT mit aktuellen Verfahren des Machine Learnings realisiert und bietet damit mehr Bewertungsgrundlagen als in der Norm TA Lärm gefordert. Im Unterschied zu anderen Forschungsprojekten mit thematischem Bezug wurden in Stadtlärm die Lösungen vor allem auf kommunale administrative Prozesse zugeschnitten, beliebige Lärmquellen sowie die Nähe zur TA Lärm berücksichtigt und eine robuste, flexibel ausbringbare Sensorlösung mit einer offenen, erweiterbaren Plattform realisiert.

Komponenten des Stadtlärm-Systems

Die erste von drei Komponenten im Stadtlärm-System ist die **Sensorplattform** als Gesamtheit einer flexiblen Anzahl von Lärm-Sensoren, die von der Bischoff-Elektronik GmbH in Hardware und vom IMMS und dem Fraunhofer IDMT in Software realisiert wurden. Die zweite Komponente ist ein **Datenservice** des Fraunhofer IDMT, der Daten zentral verarbeitet, speichert und wieder bereitstellt, und die dritte ist die durch die Software-Service John GmbH realisierte **Stadtlärm-Anwendung** für den Endanwender.

Verbunden werden die drei Komponenten über eine **zentrale „Datendrehscheibe“**, einen sogenannten Nachrichten-Broker auf Basis des im Internet der Dinge etablier-

ten Protokolls Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), vgl. Abbildung 2. Dieser Broker ermöglicht es den Komponenten, Nachrichten auszutauschen und darüber ihre jeweiligen Funktionalitäten zu realisieren.

Das IMMS hat u.a. die zentrale Datendrehscheibe für alle Komponenten realisiert

Das IMMS hat die Software-Basisplattform der Lärm-Sensoren geschaffen und die Audiodatenvorverarbeitung des Fraunhofer IDMT integriert. Darüber hinaus hat es die übergeordnete Kommunikationsarchitektur entwickelt und die Kommunikation der Lärm-Sensoren über den MQTT-Broker realisiert. Dazu zählten die Definition der Kommunikationsstrukturen und Nachrichten, die Bereitstellung und Betreuung des Brokers sowie die Umsetzung einer zentralen Administrationskomponente für das Gesamtsystem. Weiterhin hat es variable Umweltsensorik in einen Teil der Sensoren im Feldtest integriert, um den Nutzen der Plattform zu erhöhen und die Erweiterbarkeit zu demonstrieren.

Die Lösung im Detail – Beitrag des IMMS

Das StadtLärm-System hatte von vornherein den Anspruch, eine offene, erweiterbare Plattform für weitere Informations- und Dienstanbieter zu werden. Vor diesem Hintergrund wurde großes Augenmerk auf eine adäquate, Standard-basierte Systemarchitektur gelegt. Um die Kommunikation zwischen den verteilten Komponenten einer offenen, erweiterbaren Plattform zu gewährleisten, war die Kommunikationsarchitektur von zentraler Bedeutung. Daher war von Beginn an ein sogenannter Broker vorgesehen, der als zentrale Datendrehscheibe die Daten zwischen den Komponenten verteilt.

Ein Grundansatz war zudem Privacy by Design, mit dem Anforderungen des Datenschutzes proaktiv erfüllt werden. Personenbezogene oder -beziehbare Daten werden dabei durch Vorverarbeitung bereits unmittelbar im Lärm-Sensor anonymisiert und nur abstrahierte abgeleitete Informationen transportiert und weiterverarbeitet, wie Schallpegel und Klassifikationen von Schallereignissen.

MQTT-basierte Kommunikationsarchitektur

Für die angestrebte Broker-basierte Kommunikation wurde im Projekt der offene Standard MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) ausgewählt, ein im Bereich des Internets der Dinge verbreitetes Protokoll. Eine Broker-basierte Kommunikation als solche hat die Vorteile, dass Zugänge und Zugriffsberechtigungen zentral administriert und die Kommunikation zentral überwacht werden können. Zudem kommu-

- 71
- > RoMulus:RFID
- > Green-ISAS:Test
- > Green-ISAS:EH
- > StadtLärm
- > fast wireless
- > ADMONT
- > RoMulus:MEMS
- > Inhalt
- * Förderung

Mehr zu
Kommunikationslösungen:
www.imms.de

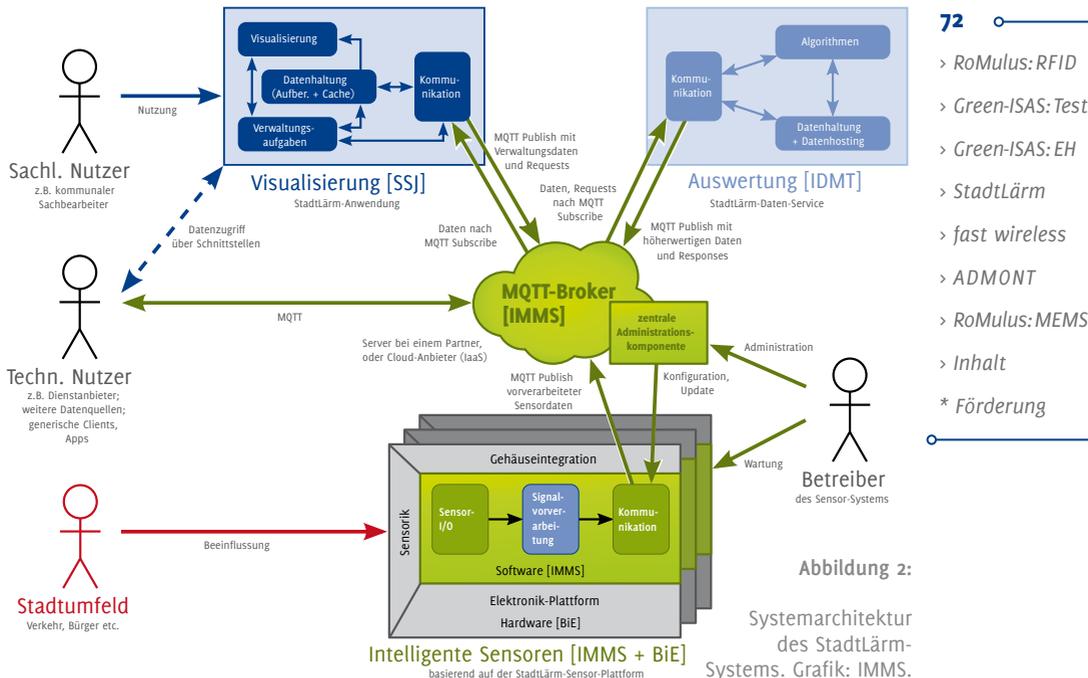


Abbildung 2:

Systemarchitektur
des Stadtlärm-
Systems. Grafik: IMMS.

Mehr zu
Kommunikationslösungen:
www.imms.de.

niziert jeder Teilnehmer physisch nur mit einer Gegenstelle, dem Broker, nicht aber mit verschiedenen Gegenstellen mit jeweils eigenen Protokollen. MQTT ist zudem ein weniger komplexes Broker-basiertes Protokoll, was die Integration in (auch weitere) Systemkomponenten erleichtert. Abbildung 2 gibt einen Überblick über die Systemarchitektur.

MQTT funktioniert über Publizieren und Abonnieren

In MQTT adressieren die Teilnehmer ihre Kommunikationspartner nicht direkt, sondern sie publizieren Nachrichten auf sogenannten Topics, gewissermaßen benannten Nachrichtenkanälen, die andere Teilnehmer wiederum abonnieren können, um die Nachrichten zu empfangen – ein Prinzip, das auch als Publish/Subscribe bezeichnet wird. Wesentlich für eine effiziente Kommunikation ist die Ausgestaltung dieser Topics in einer hierarchischen Struktur. Im Projekt gab es hierzu zahlreiche Abstimmungen, bis am Ende eine finale Topics-Hierarchie festgelegt wurde. Diese fasst auf der obersten Ebene die Topics nach Systemkomponenten zusammen: Lärm-Sensoren, Datenservice, Administrationskomponente und Stadtlärm-Anwendung. Untergeordnete Topics dieser Ebene repräsentieren einzelne Kommunikationsinhalte. Bei einer Erweiterung des Gesamtsystems um neue Komponenten kann auch die Topics-Hierarchie erweitert werden.

Das IMMS hat MQTT so genutzt, dass auch Abfragen möglich sind, z.B. für historische Daten

Eine ereignisgetriebene Datenverarbeitung, wie sie mit dem Publizieren und Abonnieren ermöglicht wird, bildet nicht alle kommunikativen Belange ab. Daher hat das IMMS darüber hinaus eine Konvention entwickelt, mit der sich auch Anfragen auf MQTT abbilden lassen. Dazu werden in der Topics-Hierarchie als Request/Response ausgewiesene Topics mit einer immer gleichen Unterstruktur versehen, auf der vom Dienstbereiter und Anfragesteller in einer bestimmten Weise publiziert und abonniert wird. Anfragen und Antworten werden als JSON (JavaScript Object Notation) kodiert: Anfragen verfügen über Parameter, Antworten über ein Ergebnisattribut im Erfolgsfall bzw. Fehlerattribut bei Verarbeitungsfehlern.

Ein Anwendungsbeispiel für das Anfrage-Konzept ist der Abruf historischer Daten beim Datenservice: Er empfängt fortlaufend Daten der Sensoren und speichert sie. In der Anwendung kann der Nutzer einen Zeitbereich auswählen, der anschließend auf der Basis von Daten dargestellt wird, die die Anwendung über eine Abfrage beim Datenservice erhält.

Lärm-Sensoren: Hardware

Die im Projekt entstandenen Lärm-Sensoren sind eingebettete Systeme aus einer maßgeschneiderten Basisplatine, die ein Raspberry Pi 3 Compute Module (CM3) Lite als Verarbeitungseinheit trägt. Die Systeme sind dafür ausgelegt, per Mobilfunk zu kommunizieren, um bezüglich der Installationsorte maximal flexibel zu sein. Sie verfügen daher jeweils über ein Mobilfunkmodem.

Da Rechenlast und Mobilfunk eine durchschnittliche Leistungsaufnahme von etwa 10 Watt zur Folge haben, ist ein langfristiger Akkubetrieb nicht möglich. Um dennoch flexibel zu sein und insbesondere die Installation an nur über Nacht gespeisten Lichtmasten (Abbildung 3) zu ermöglichen, wurde ein Akku integriert. Dieser ist mit 15 Wh so dimensioniert, dass das System damit sicher über einen Tag betrieben werden kann, wenn die Nachladung über Nacht erfolgt. Dies erfordert ein Akku-Management in Hard- und Software.

Den sensorischen „Kern“ der Lärm-Sensoren bildet deren Mikrofon. Hierfür wurde auf preiswerte MEMS-Mikrofone im Gegensatz zu teuren Messmikrofonen der etablierten Messtechnik gesetzt. Damit



Abbildung 3: Lärm-Sensor an einem Lichtmast in Jena. Foto: Rolf Peukert, IMMS.



Abbildung 4:

Lärm-Sensor mit
Umweltsensorenk.Foto:
Rolf Peukert, IMMS.

wurde einerseits der Gerätepreis möglichst gering gehalten und andererseits nachgewiesen, dass auch mit diesem Ansatz eine hinreichende Ergebnislösung gewährleistet ist.

Einen Teil der Systeme im Feldtest hat das IMMS zudem mit einer Wetterstation als Umweltsensorenk-Komponente ausgestattet (Abbildung 4). Wetterdaten sind nicht nur für die Stadt Jena interessant, sondern auch relevant für die Audioverarbeitung. Außerdem demonstriert dies die Integrierbarkeit weiterer Sensorik mit Blick auf eine Verwertung der Plattform.

Lärm-Sensoren: Software

Während der Projektpartner Bischoff-Elektronik die Hardware der Lärm-Sensoren entwickelte und diese in wetterfesten Gehäusen aufbaute, war es die Aufgabe des IMMS, diese in Software zu erschließen und dabei die Audioverarbeitung des Fraunhofer IDMT zu integrieren.

Das Basissystem der Lärm-Sensoren bildet ein **Embedded Linux** auf Grundlage der Raspbian-Distribution. Diese hat das IMMS angepasst und den Kernel für die Belange im Projekt zugeschnitten. Auf dieser Plattform war die in Python implementierte Audioverarbeitung grundsätzlich lauffähig. Darüber hinaus waren jedoch weitere Aspekte zu adressieren, wie die kommunikative Einbindung und die Fernwartung.

Das IMMS hat daher eine Anwendungskomponente in der Implementierungssprache **Go** implementiert, die die **MQTT-Kommunikation** übernimmt und dabei vorverarbeitete Daten der Fraunhofer-IDMT-Software entgegennimmt und echtzeitnah versendet. Daneben kommuniziert sie, wiederum per MQTT, mit der zentralen Administrationskomponente, indem sie periodisch Statusinformationen überträgt und aus der Ferne konfigurierbar und instruierbar ist. Bei Sensoren, die das IMMS mit einer

*Mehr zu Sensoren-
systemen auf
www.imms.de.*

*Mehr zu System-
integration auf
www.imms.de.*

Umweltmonitoring-Komponente ausgerüstet hat, erfasst und überträgt sie zudem deren Daten.

- > RoMulus:RFID
- > Green-ISAS:Test
- > Green-ISAS:EH
- > StadtLärm
- > fast wireless
- > ADMONT
- > RoMulus:MEMS
- > Inhalt
- * Förderung

Zentrale Administrationskomponente

In einem System mit einer variablen, ggf. erweiterbaren Anzahl von Geräten, deren Daten verarbeitet und die überwacht und konfiguriert werden sollen, ist eine zentrale Verwaltungskomponente sinnvoll. Daher hat das IMMS diese als zentrale Administrationskomponente mit **Java/Kotlin** im **Spring-Framework** realisiert, bei der sich die Lärm-Sensoren registrieren. Auf dieser Basis pflegt die Administrationskomponente ein Verzeichnis der Sensoren, das neben ihrer Identifikation im System auch Metadaten wie Standort- und Statusinformationen beinhaltet. Diese Informationen publiziert sie teils periodisch per MQTT, teils stellt sie sie per Anfrage zur Verfügung. Die Administrationskomponente läuft für den Feldtest, genau wie der Broker, auf einem Server am IMMS.

System-Monitoring

Um den Gesamtzustand des Systems im Feldtest wie im späteren produktiven Einsatz überwachen zu können, speichert die zentrale Administrationskomponente in der Zeitreihendatenbank **InfluxDB** kontinuierlich Informationen zum Systemzustand, wie z.B. das Nachrichtenaufkommen am Broker, sowie zu den Feldgeräten, wie z.B. Laufzeiten und Akkuladestände. Die Informationen aus der Datenbank werden visuell mit der quelloffenen Lösung **Grafana** aufbereitet und über verschiedene Dashboards angezeigt, siehe Abbildung 5. Diese ermöglichen einen intuitiven Einblick in den aktuellen Systemzustand ebenso wie einen Rückblick über längere historische Zeiträume. Interessant sind z.B. das Lade-/Entladeverhalten der Feldgeräte oder die Stabilität der Mobilfunkkommunikation.

Mehr zu System-integration auf www.imms.de.



Abbildung 5:
Visualisierung des Zustands eines Lärm-Sensors per Dashboard mit der quelloffenen Lösung Grafana.

Screenshot: IMMS.

Mit den erarbeiteten Komponenten und Diensten wurde ab dem Frühjahr 2018 eine Pilotinstallation im Gebiet der Stadt Jena im Bereich der Oberen Aue und angrenzender Gebiete ausgebracht. Diese umfasst 13 Lärm-Sensoren, davon drei mit Umweltsensorik. Die serverseitigen Softwarekomponenten sind bei den jeweiligen Partnern gehostet. Das Dezernat Stadtentwicklung und Umwelt hat Zugriff auf die webbasierte StadtLärm-Software und kann damit Erfahrungen sammeln.

Ausblick

Aufgrund gesetzlicher Rahmenbedingungen kann ein System wie das in StadtLärm realisierte zum derzeitigen Zeitpunkt die etablierten punktuellen Messungen nicht ersetzen, wohl aber dabei unterstützen, derartige manuelle und damit aufwändige Messeinsätze zielgerichteter durchzuführen.

Der Feldtest hat zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Berichts bereits wertvolle Erkenntnisse geliefert, sowohl zur Stabilität der Systeme im Feld, der Güte der Audioklassifikation als auch zur Resonanz der Endanwender. Hieraus ergeben sich verschiedene Anknüpfungspunkte für zukünftige Arbeiten.

Auch haben das IMMS und die Partner bereits verschiedene Anfragen interessierter Dritter erreicht, die das System nicht nur für urbanes Lärm-Monitoring, sondern auch für verschiedene andere Anwendungsfälle mit Pegelüberwachung und Schallereignisklassifikation evaluieren möchten.

Das realisierte System bildet eine Grundlage dafür, später auch zukünftige Lärmsituationen aus vergangenen Lärmereignissen vorherzusagen. Mit einer entsprechenden Modellunterstützung ist es denkbar, bereits innerhalb von Genehmigungsprozessen die Lärmbelastung räumlich überlappender Veranstaltungen simulativ zu betrachten, wie z.B. eines Fußballspiels im Stadion und eines Konzerts im angrenzenden Park.

Kontakt: Dipl.-Inf. Marco Götzte, marco.goetze@imms.de

- > RoMulus: RFID
- > Green-ISAS: Test
- > Green-ISAS: EH
- > StadtLärm
- > fast wireless
- > ADMONT
- > RoMulus: MEMS
- > Inhalt
- * Förderung

*Mehr zu
StadtLärm auf
www.imms.de*

*Alle StadtLärm-
Publikationen:
www.imms.de*

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das Projekt StadtLärm wurde unter dem Kennzeichen ZF4085703LF6 gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.