



Erkenntnisse aus fünf IoT-Projekten

22.03.2025 | Chemnitzer Linux Tag

Vorstellung: Holger Koch



- Mitarbeiter DB Systel GmbH, PO Team Diagnostics
- Vorstandsmitglied AK Open Source des Bitkom,
Vorstandsmitglied KB Software des Bitkom
- Mail: holger.koch@deutschebahn.com
X: [@holgerkoch](https://twitter.com/holgerkoch)

Vorstellung: DB Systel GmbH



- hundertprozentige Tochter der DB AG
- Digitalpartner für alle Konzern-Gesellschaften
- ca. 7.000 Mitarbeiter*innen,
Hauptstandorte Frankfurt, Berlin und Erfurt
- Betrieb von über 500 Verfahren und Services in der Cloud
- 15 Mio. **E-Mails**, die jeden Monat konzernweit auf Spam und Viren geprüft werden, 330.000 **gemanagte Smartphones** und **Tablets**

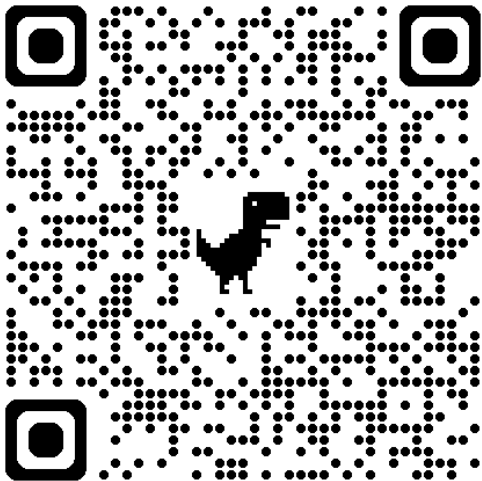
Auf der Suche nach einer neuen Herausforderung?

db.de/karriere

1. Teil: 2023

„In 60 Minuten zum IoT-Projekt auf der Basis von ThingsBoard“

<https://chemnitzer.linux-tage.de/2023/de/programm/beitrag/233/>



2. Teil: 2024

„schnell und kosteneffizient IoT-Lösungen entwickeln mit ThingsBoard“

<https://chemnitzer.linux-tage.de/2024/de/programm/beitrag/191>



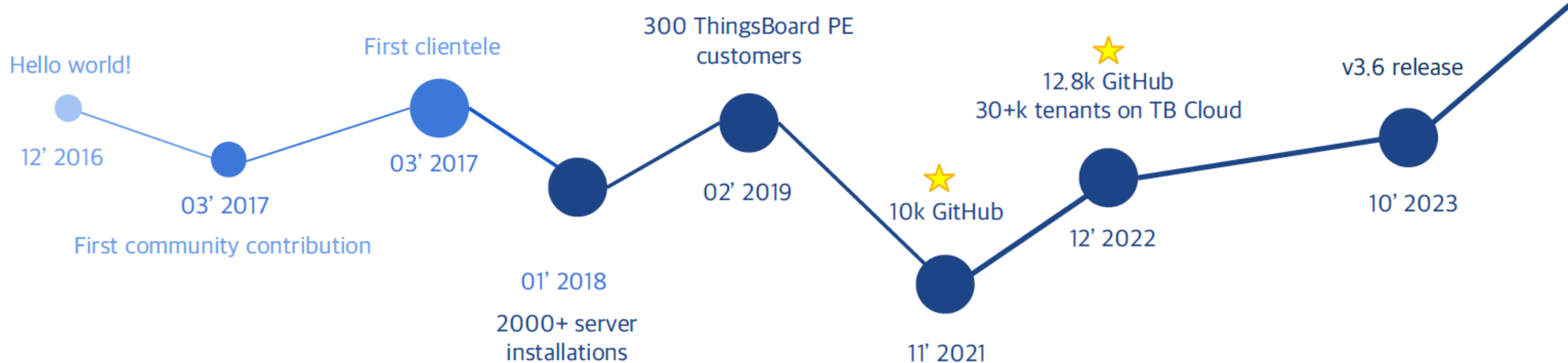
- 1. Kurze Einführung ThingsBoard**
- 2. Wassermelder**
- 3. Umweltsensor**
- 4. Brückenmonitoring**
- 5. Fahrkartenentwerter**
- 6. smarte Köderboxen**

Kurze Einführung in ThingsBoard

A thick, solid red horizontal line.

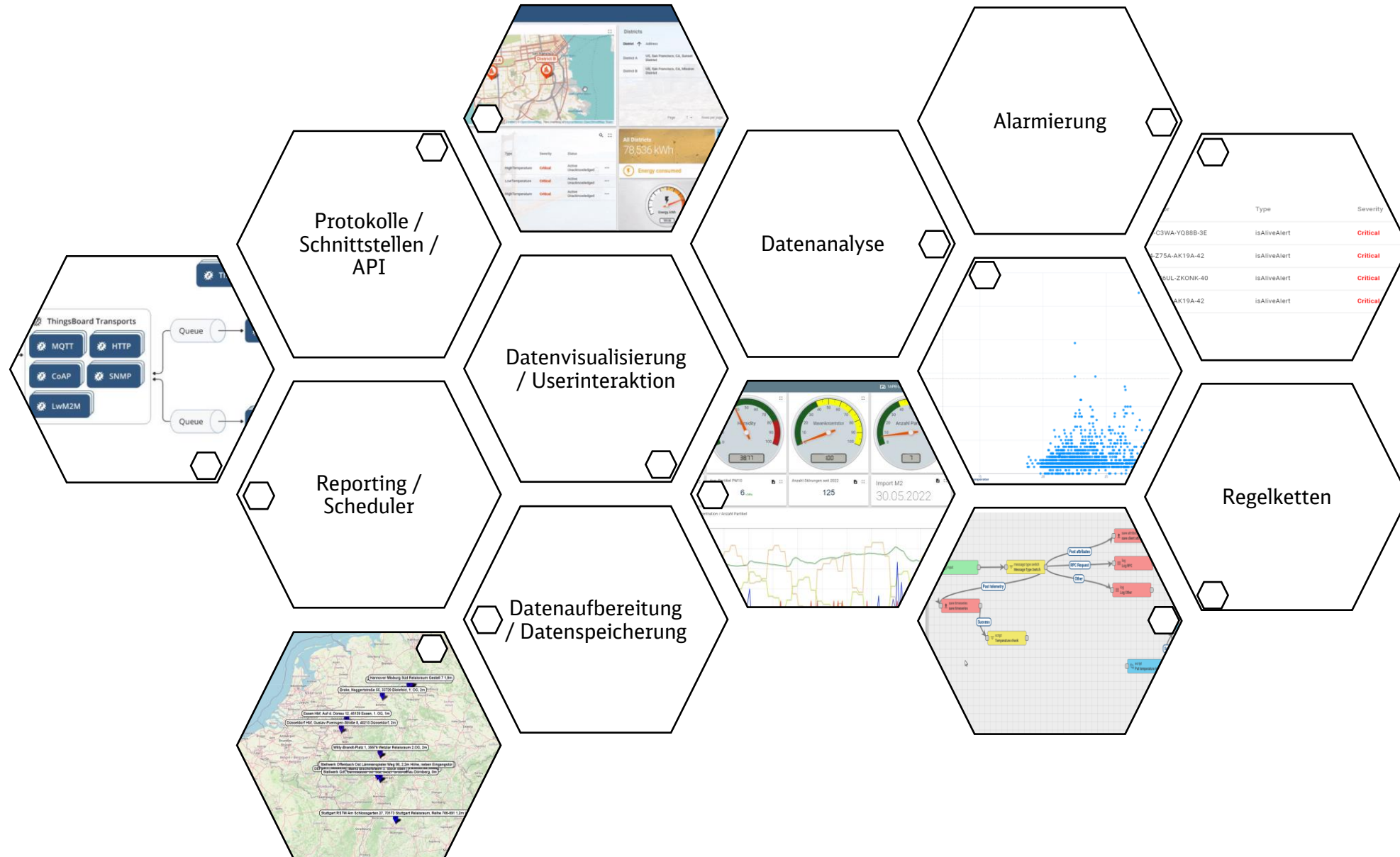
Einige Zahlen, Daten, Fakten zu ThingsBoard

ThingsBoard: Entstehungsgeschichte



- Vom Startup mit zwei Gründern zum Unternehmen mit über 60 Mitarbeitern
- ThingsBoard-Produkte sind auf der ganzen Welt im Einsatz, sogar in der Antarktis
- TB CE ist laut zahlreichen Bewertungen die beliebteste Open-Source-IoT-Plattform
- Über 6000 Installationen der ThingsBoard-Plattform (PE und CE) auf der ganzen Welt
- Über 400 zahlende ThingsBoard Cloud Kunden (ab Januar 21)
- Open Source Software, Apache License 2.0

ThingsBoard: führende Open Source IoT Plattform



ThingsBoard: Black Duck Open Hub Bewertung



In a Nutshell, ThingsBoard...

... has had 22,336 commits made by 307 contributors representing 723,447 lines of code

... is mostly written in Java with a low number of source code comments

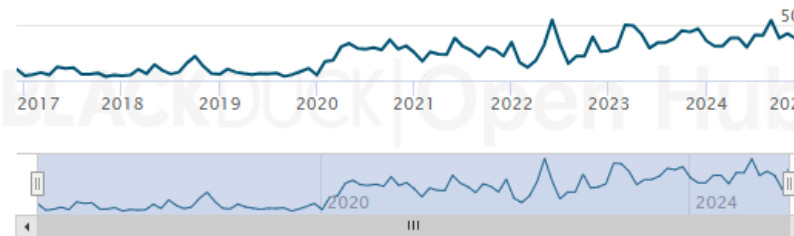
... has a well established, mature codebase maintained by a very large development team with stable Y-O-Y commits

... took an estimated 197 years of effort (COCOMO model) starting with its first commit in December, 2016 ending with its most recent commit 3 days ago

Activity

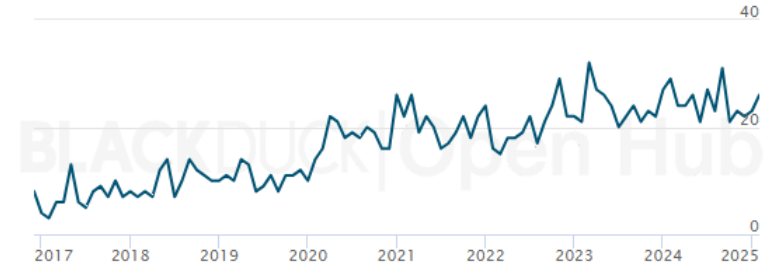
Commits per Month

Zoom 1yr 3yr 5yr All



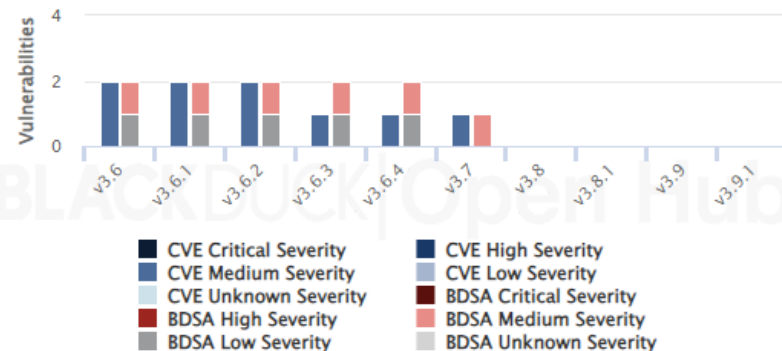
Community

Contributors per Month



Project Security

Vulnerabilities per Version (last 10 releases)



Project Vulnerability Report

Security Confidence Index

Poor security track-record

Favorable security track-record

Vulnerability Exposure Index

Many reported vulnerabilities

Few reported vulnerabilities

About Project Vulnerability Report

ThingsBoard: Übersicht der Leistungen der verschiedenen Varianten



	Community Edition	Professional Edition	Cloud
Asset management & Data collection	✓	✓	✓
End-user real-time dashboards	✓	✓	✓
Customizable rule chains, widgets	✓	✓	✓
MQTT, HTTP, CoAP, OPC-UA transport	✓	✓	✓
Integrations with BigData systems	✓	✓	✓
NB-IoT, SigFox, LoRaWAN support	Basic	Advanced	Advanced
Rule Engine: Components [®]	Basic	Advanced	Advanced
Entity groups [®]	✗	✓	✓
Advanced RBAC for IoT [®]	✗	✓	✓
Scheduler [®]	✗	✓	✓
Reporting [®]	✗	✓	✓
White-labeling [®]	✗	✓	✓
CSV/XLS data export [®]	✗	✓	✓
Platform Integrations [®]	✗	✓	✓
Domain management [®]	✗	✗	✓

- ThingsBoard Varianten:
CE Community Edition
PE Professional Edition
Cloud ThingsBoard as a Service (AWS US)
- Open Core Modell
- alle notwendigen Funktionen auch in ThingsBoard CE enthalten
- Lizenzmodell:
Volumenmodell (ab 10\$/Monat) oder
Perpetual Lizenz (ab einmalig 2999\$)
- Cloud ab 10\$/Monat

Vorstellung Wassermelder

A thick red horizontal bar located below the title.

Einfacher Sensor-as-a-Service zur Detektion von Wasser in
Kabelschächten, Zwischenböden usw.

Vorstellung Wassermelder: Eigenschaften



- kosteneffiziente Lösung zur Überwachung von Wassereinbrüchen, Füllständen u.ä.
- Datenübertragung per NB-IoT, dadurch keine vorhandene Infrastruktur notwendig
- bis zu 50 Monate vollkommen autarker Betrieb
- einfaches System zum Akkuwechsel bzw. Aufladen des Akkus
- flexible Montage, da der Messfühler mit einem 6 m langen Kabel vom Sensor abgesetzt ist
- Dashboard zur Visualisierung und Auswertung der Daten
- Alerting per SMS / E-Mail usw.
- automatisierte Workflows möglich



Vorstellung Wassermelder: Einbauort Kabelschacht RSTW



- dem Partner gut zuhören
 - ✓ jede Aussage hinterfragen und auf Sinnhaftigkeit abklopfen
 - ✓ Interviews mit Mitarbeitenden an der Basis führen
- leichtgewichtig und kosteneffizient Prototypen entwickeln
 - ✓ Verwendung von Sensorbaukasten, Sensorplattformen und Standards
- frühzeitig zusammen mit dem Partner und Endanwendern verproben und Feedback einholen

„try often - fail fast“

Vorstellung Umweltsensor

A thick red horizontal line is positioned below the title 'Vorstellung Umweltsensor'.

Sensorik zur Erfassung der Umweltbedingungen

Vorstellung Umweltsensor: Eigenschaften



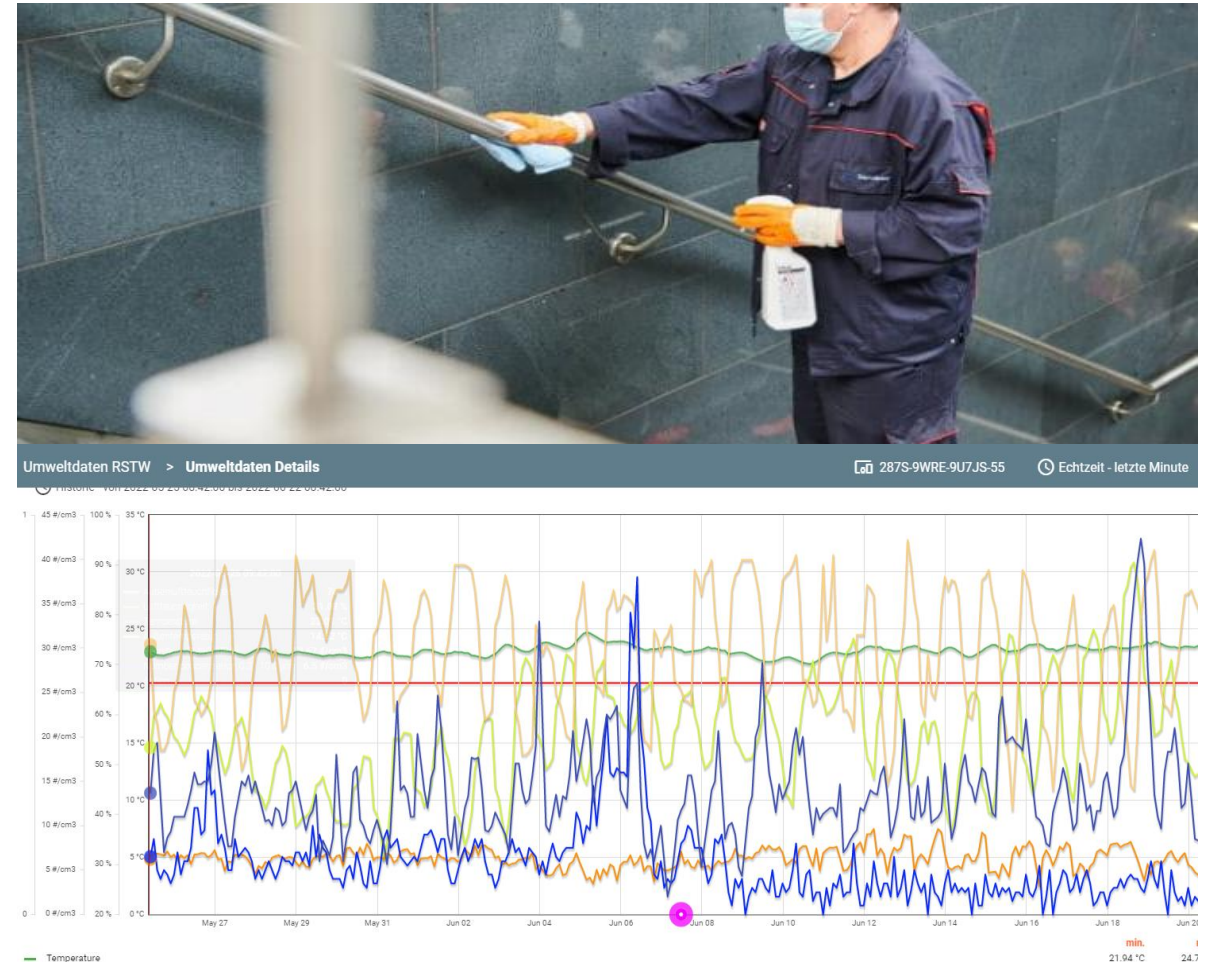
- Messung von Partikelkonzentration (PM1.0, PM2.5, PM4, PM10), Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Vibration
- Stromversorgung durch integrierten Akku
- Datenübertragung auf Basis Narrow Band-IoT Mobilfunk (Multi-Provider Roaming fähig)
- Laufzeit bis zu 18 Monate
- Dashboard zur Visualisierung und Alerting
- Anomalie-Erkennung zur automatisierten Datenauswertung



Vorstellung Umweltsensor: Historie



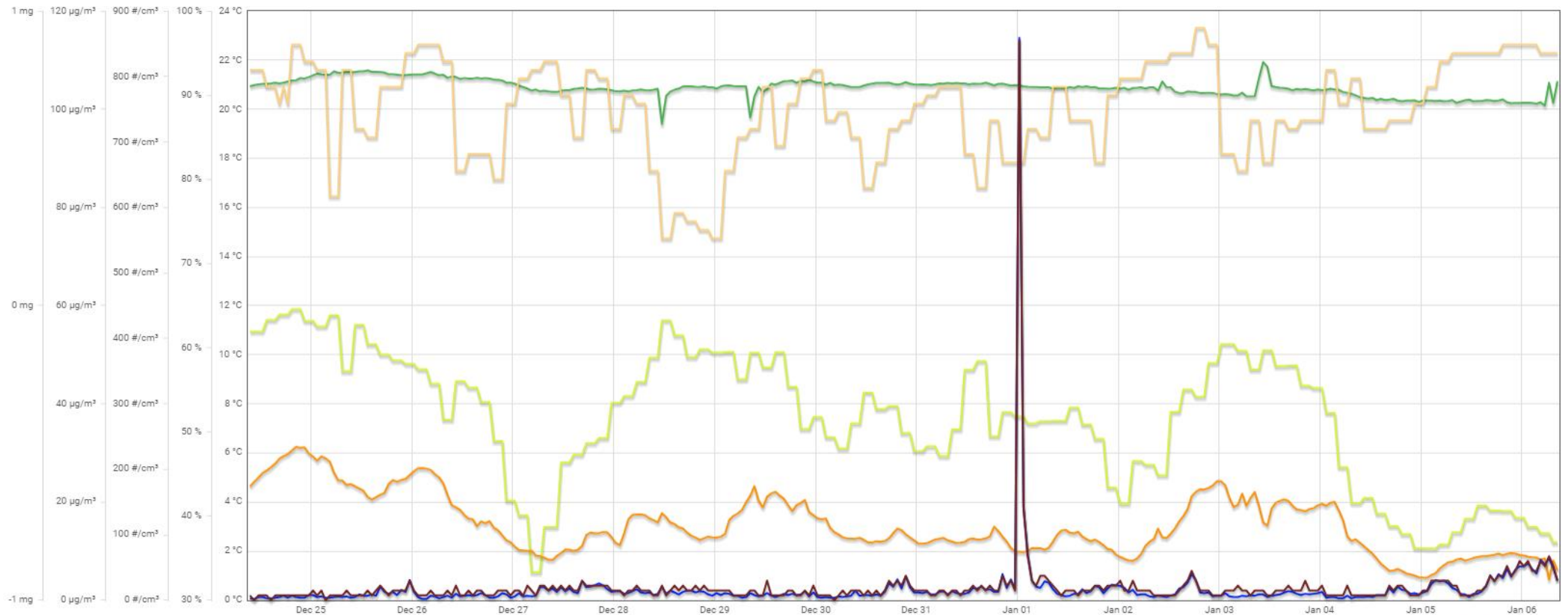
- 09/2021: Entwicklung eines autarken UWS
- 01/2022: Rollout von 20 Sensoren in 10 Stellwerken
- 04/2022: Abgeschlossenes Baselining
- 05/2022: Beginn Umsetzung erster Maßnahmen
- 08/2022: PoC um weitere 30 Stellwerke erweitert
- 09/2022: techn. Erprobung Staubsensoren mit Vibrationserfassung und Maßnahmenumsetzung
- 09/2022: Vorbereitung Bedarfsworkshop für zukünftige Anforderungen
- 10/2022: Erste Aktivitäten zur Vorbereitung Roll-Out
- 2023: Rollout von 295 UWS im Rahmen DPV
- 2024: Rollout von 280 UWS
- 2025: Rollout von ca. 600 UWS geplant



Silvesteranomalie: Beispiel auffälliges Stellwerk



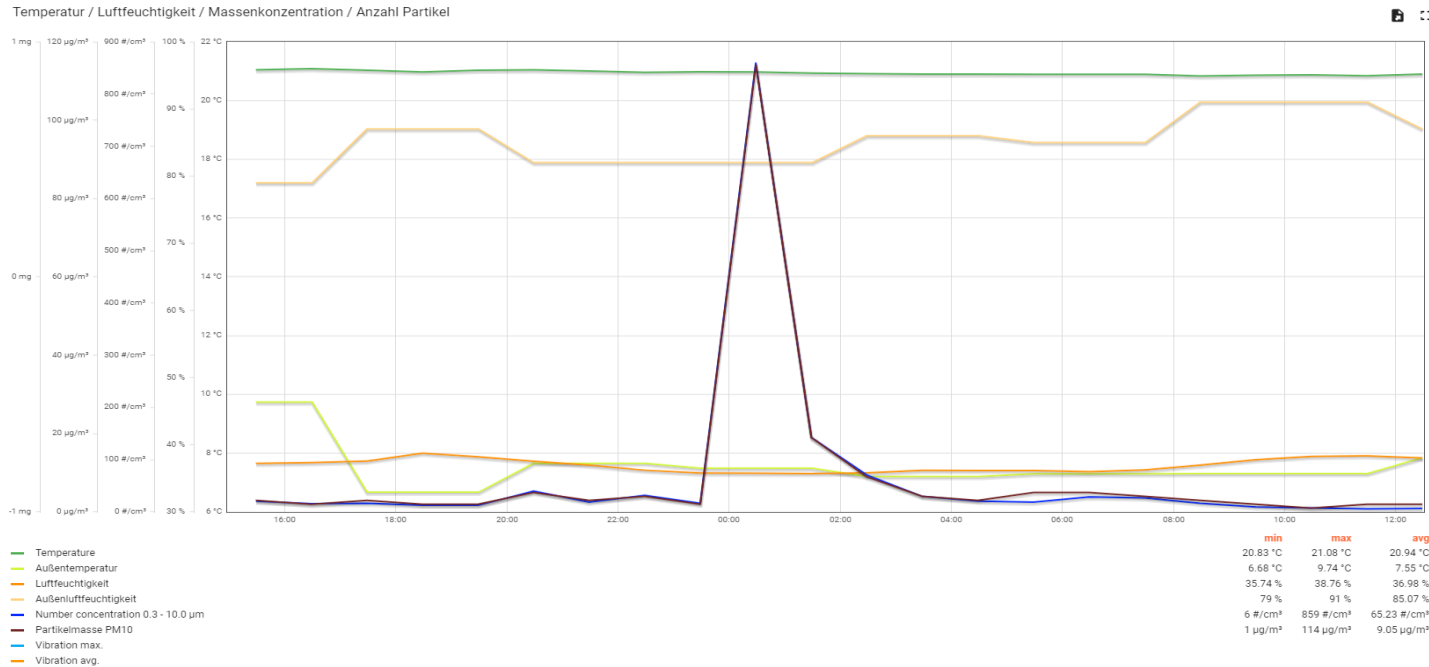
Temperatur / Luftfeuchtigkeit / Massenkonzentration / Anzahl Partikel



- Temperature
- Außentemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Außenluftfeuchtigkeit
- Number concentration 0.3 - 10.0 µm
- Partikelmasse PM10
- Vibration max.
- Vibration avg.

	min	max	avg
Temperature	19.4 °C	21.92 °C	20.88 °C
Außentemperatur	1.15 °C	11.86 °C	7.37 °C
Luftfeuchtigkeit	32.49 %	48.24 %	38.99 %
Außenluftfeuchtigkeit	73 %	98 %	88.32 %
Number concentration 0.3 - 10.0 µm	2 #/cm³	859 #/cm³	16.7 #/cm³
Partikelmasse PM10	0 µg/m³	114 µg/m³	2.62 µg/m³

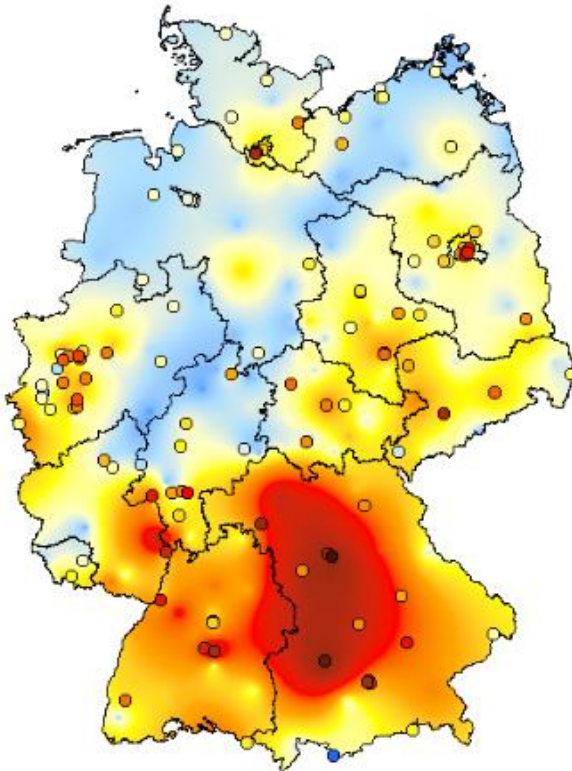
Silvesteranomalie: Beispiel auffälliges Stellwerk



- langfristiges Mittel 16 Partikel/cm³, max. Peak ohne Silvester 61 Partikel/cm³
- am 01.01.2024, 00:28 Uhr wurde eine Partikelkonzentration von 859 Partikel/cm³ ermittelt
- eine Stunde später war diese bereits auf 143 Partikel/cm³ gesunken
- vier Stunden später herrschte wieder ein für dieses Stellwerk normales Partikelniveau

Stundenmittelwerte der Feinstaubkonzentration (PM10) ⓘ

01.01.2025 | 1 Uhr



„Das Feuerwerk und das windstille Wetter haben zu besonders hohen Feinstaubwerten geführt. In allen Städten der Südhälfte Deutschlands seien in der Nacht stark erhöhte Werte gemessen worden, erklärte der Meteorologe Nico Bauer vom DWD.“

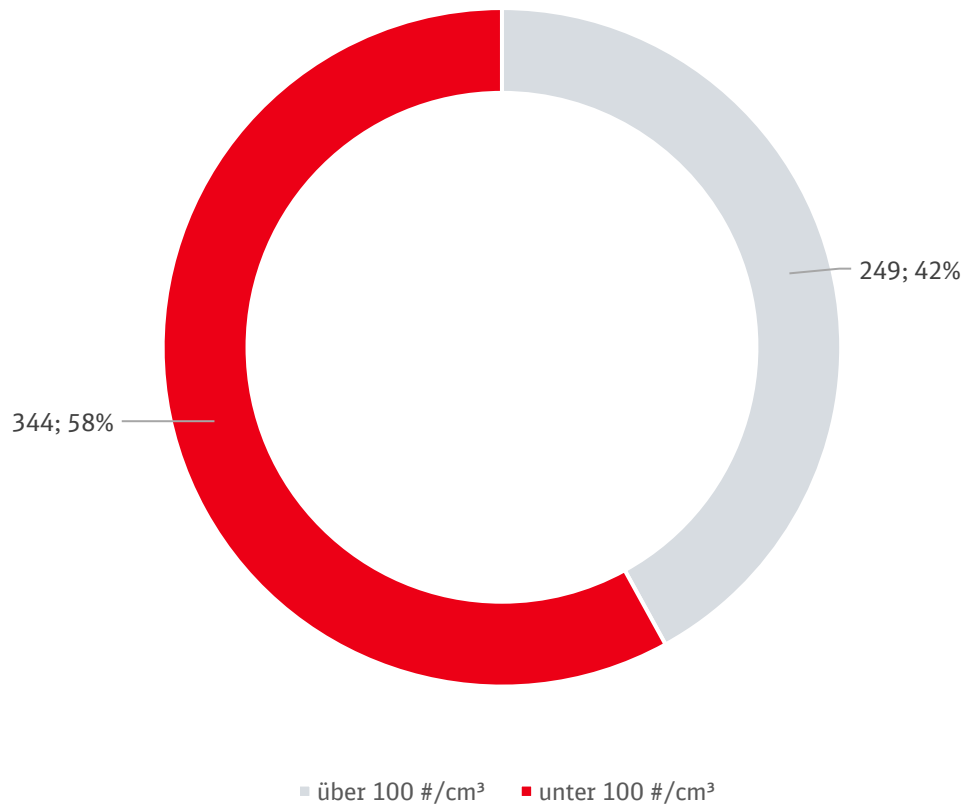
Grund sei neben dem Feuerwerk die sogenannte Inversionswetterlage, durch die kaum Partikel wegtransportiert worden seien: Dabei liegen in tieferen Lagen kalte Luftmassen, die schwerer sind als die darüber liegenden warmen, trockenen Schichten. Ergebnis seien sehr windstille Verhältnisse mit wenig Luftaustausch.

In nördlichen Städten wie Hannover und Berlin habe es in der Silvesternacht zwar auch erhöhte Werte gegeben, jedoch nicht so hoch wie im Süden, sagte Bauer. Dort seien die Partikel aufgrund der Wetterlage besser abtransportiert worden.

Es liegen noch keine Umsatzzahlen für Feuerwerk für 2024 vor

Verteilung der Anstiege der Partikelbelastung in Stellwerken zu Silvester (Anzahl/cm³)

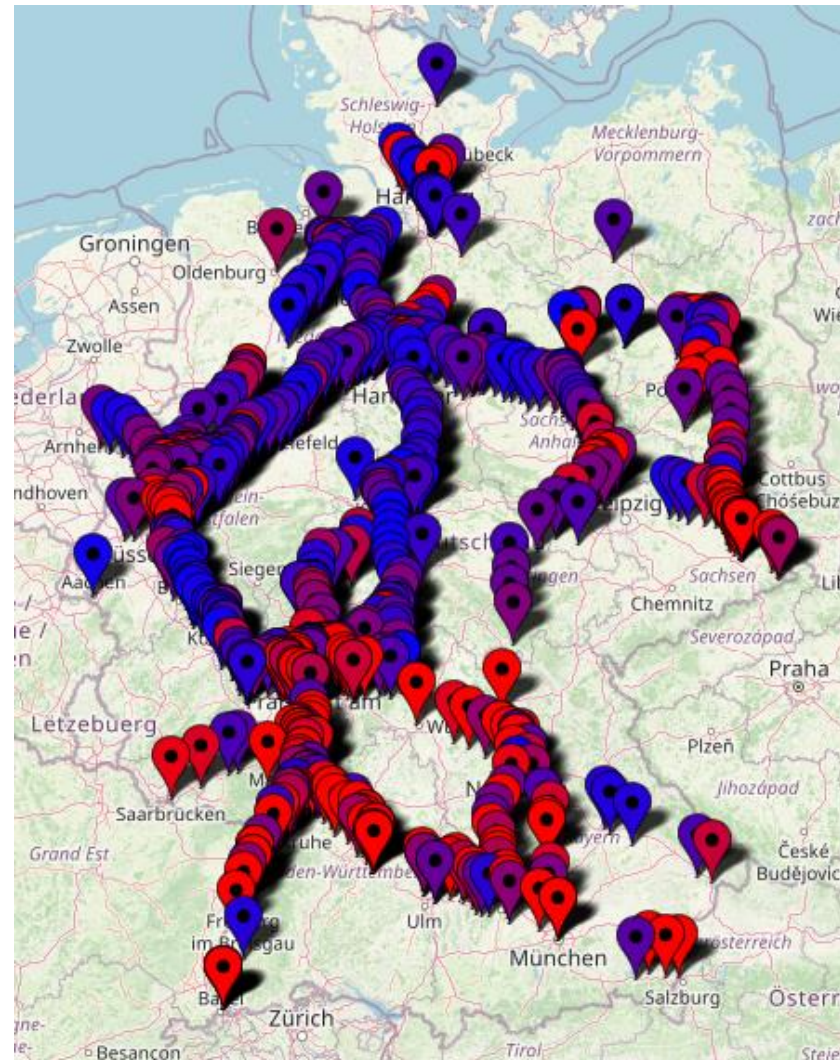
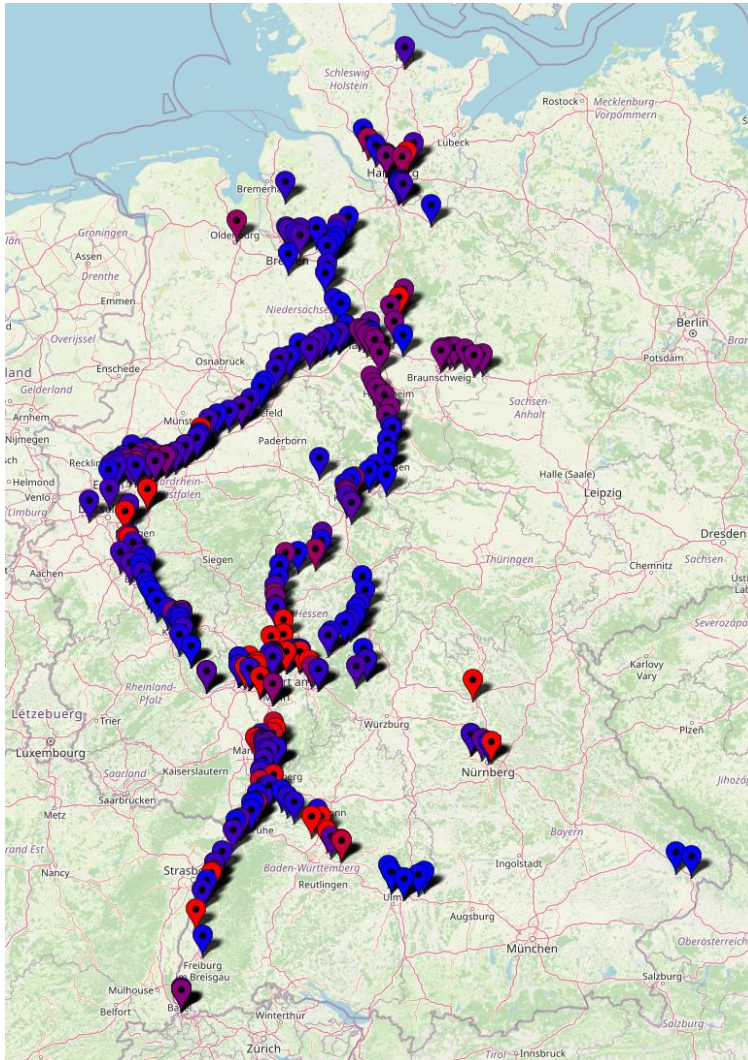
Verteilung Veränderung der Partikelkonzentration Silvester 2024



- In 42% der untersuchten Stellwerke (249, n=593) kam es in sehr kurzer Zeit zu einem Anstieg, um mehr als 100 Partikel pro cm³.
- signifikante Verschlechterung im Vergleich zu Silvester 2023 (20% der untersuchten Stellwerke (70, n=348)).
- Die näher untersuchten Stichproben ergaben, dass die Partikel vermutlich aufgrund ihres relativ hohen Gewichts sehr schnell abgesunken waren und bereits nach wenigen Stunden ein ähnliches Niveau an Feinstaub vorherrschte, wie vor Silvester.
- Vereinzelt hat die Partikelkonzentration relativ langsam abgenommen. Da die Partikelzusammensetzung sich nicht geändert hat, lässt das auf einen längeren Zeitraum mit abnehmenden Partikeleintrag schließen.

Insgesamt scheinen 2/5 aller Stellwerke mit UWS einen sehr starken ungefilterten Austausch mit der Außenluft zu haben.

Geografische Verteilung der Anstiege der Partikelbelastung in Stellwerken zu Silvester



Karte zur Visualisierung der Anstiege der Partikelkonzentration, je röter, desto größer der Anstieg

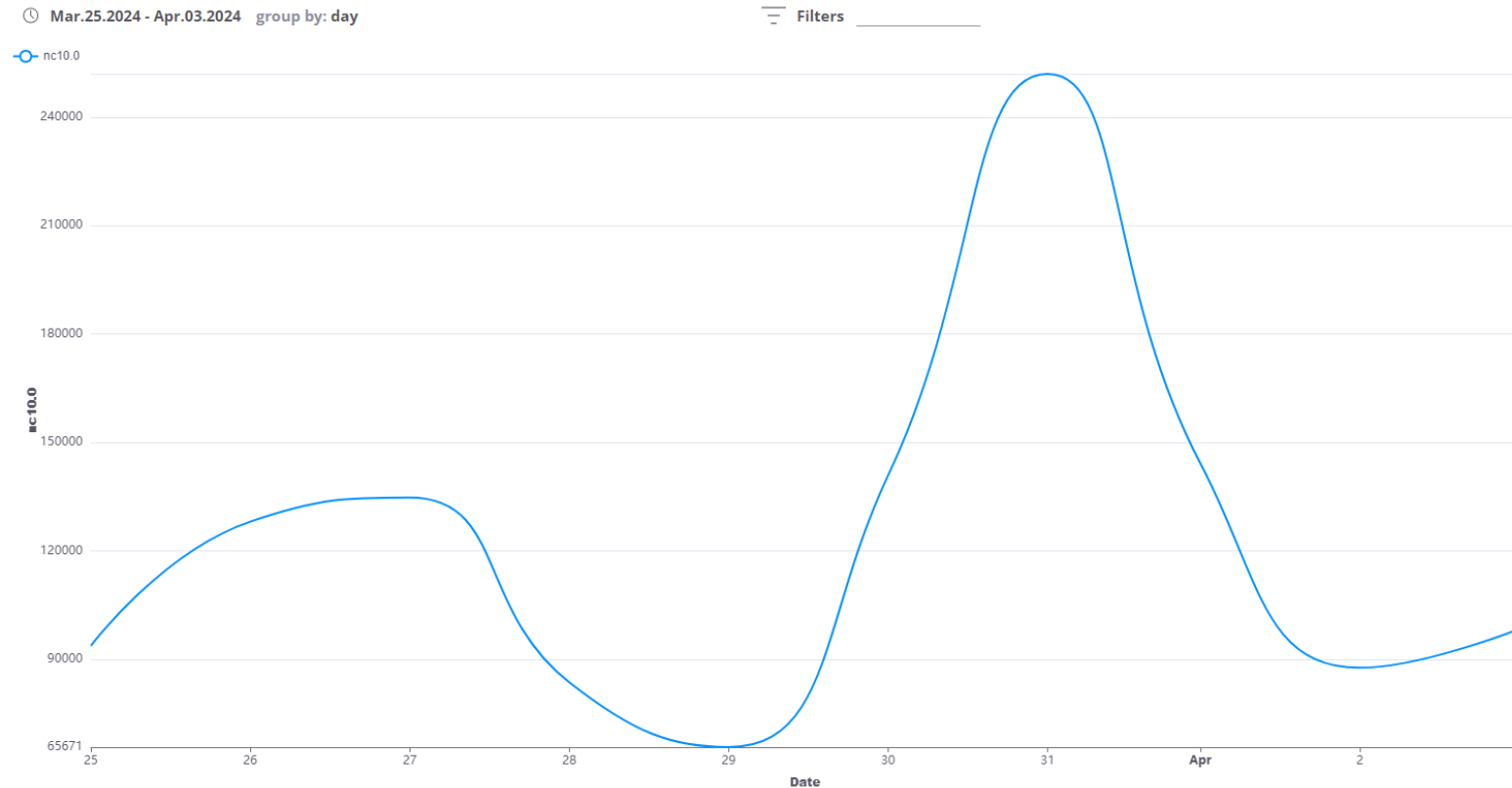
Tendenziell ist der Anstieg der Partikelkonzentration in Ballungszentren und Orten mit höherer Bevölkerungsdichte größer im Vergleich zu ländlichen Regionen.

Vermutlich wird aufgrund der höheren Bevölkerungsdichte mehr Abbrand / Feinstaub erzeugt und die Luftzirkulation ist geringer.

Saharastaub: Ostern 2024



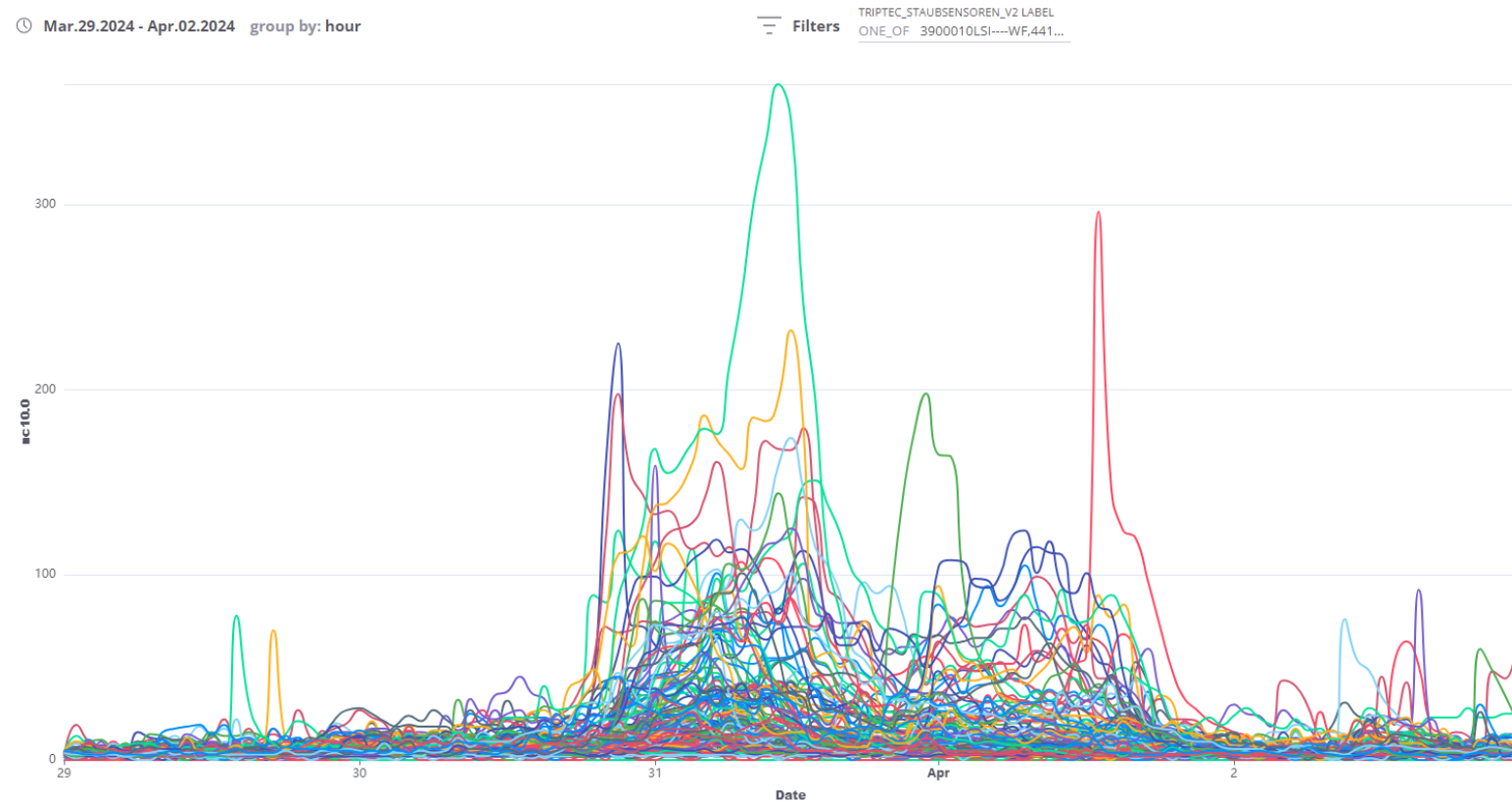
- Die aufsummierte Partikelbelastung über alle Umweltsensoren in Stellwerken liegt bei ca. 100.000 Partikel/cm³
- Am 31.03.2024 erreichte die Partikelbelastung mit 250.000 Partikel/cm³ ein absolutes Hoch.
- Damit decken sich unsere Messungen mit den Beobachtungen von DWD und Umweltbundesamt.
- Das bedeutet aber auch, dass einige STW nur unzureichend vor Partikeleintrag von außen geschützt sind.



Saharastaub: Ostern 2024



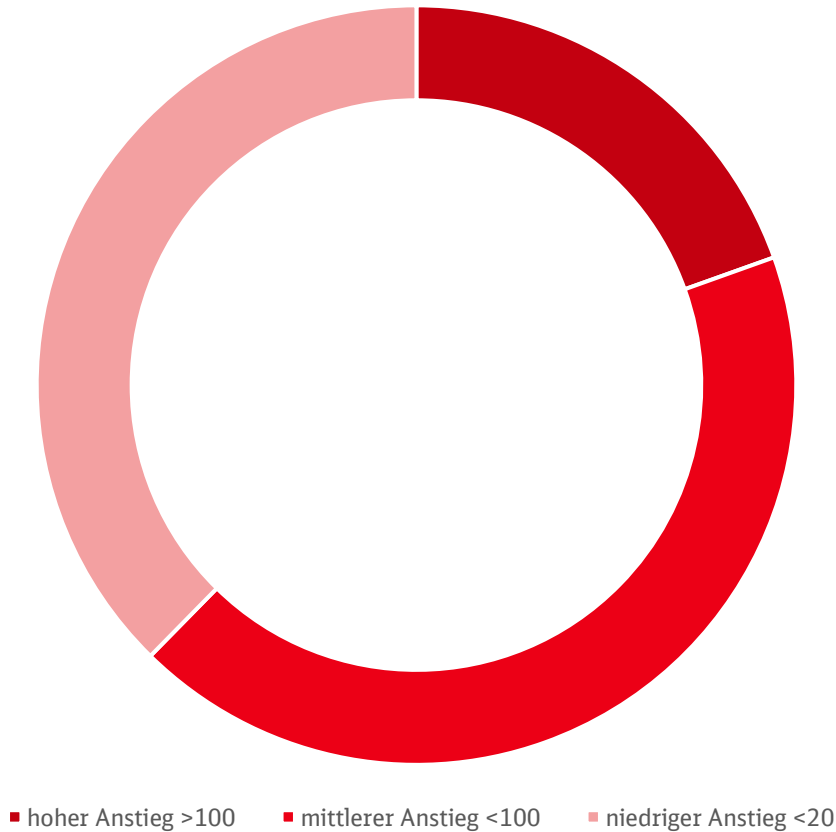
- Partikelbelastung aller UWS vom 29.03.2024 – 02.04.2024, gruppiert pro h
- Analog zur Silvesteranomalie zeigt sich bei einigen Stellwerken ein signifikanter Anstieg der Partikelkonzentration im Relaisraum. Allerdings ist es nicht wie zu Silvester ein punktueller Anstieg und die Werte sinken nicht so schnell auf ein normales Niveau ab, da der Saharastaub über mehrere Tage in der Außenluft enthalten war.



Saharastaub: Verteilung der Anstiege der Partikelbelastung in Stellwerken (Anzahl/cm³)



Anstieg Partikelbelastung Saharastaub Ostern 2024



In 19 % der untersuchten Stellwerke (73, n=379) kam es in sehr kurzer Zeit zu einem Anstieg um mehr als 100 Partikel pro cm³. Das deckt sich mit der Silvesterauswertung (20%). Auch ergab eine stichprobenartige Prüfung, dass es eine sehr große Schnittmenge zwischen den betroffenen Stellwerken gibt.

- dem Partner gut zuhören
- leichtgewichtig und kosteneffizient Prototypen entwickeln
- frühzeitig zusammen mit dem Partner und Endanwendern verproben und Feedback einholen
- nicht nur Daten sammeln, sondern diese auch auswerten,
im Idealfall automatisiert mit Anomalieerkennung

„Wenn man es nicht messen kann,
kann man es nicht verbessern“

Vorstellung Brückenmonitoring

A thick red horizontal line.

Sensorik zur Erfassung der Ausdehnung von Brücken

Vorstellung Brückenmonitoring: Eigenschaften

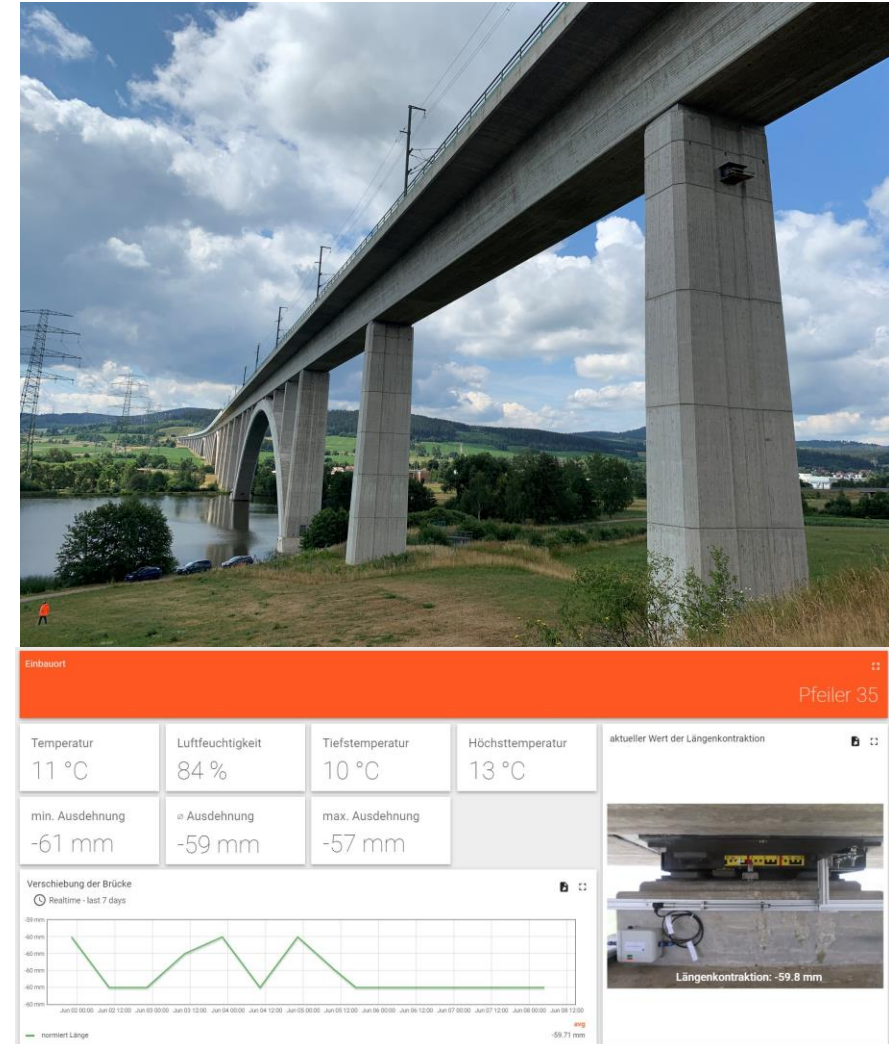


Alt:

- kosteneffiziente Lösung zur Überwachung von Längenausdehnung, Biegung, Vibration, Temperatur, ...
- Datenübertragung per LoRaWAN an Gateway, vom Gateway per NB-IoT an Backend System
- Gateway benötigt Stromversorgung (teilweise schwierig!)
- Sensoren werden per Akku und Solarzellen mit Energie versorgt (sehr teuer und sehr komplizierter Einbau)
- Dashboard zur Visualisierung und Auswertung der Daten

Neu:

- lokales, selbstorganisierendes, fehlertolerantes Mesh-Netzwerk zur Datenübertragung zum Gateway
- Gateway sendet Daten per Narrow Band-IoT Mobilfunk (Multi-Provider Roaming fähig)
- einfaches System zum Akkuwechsel bzw. Aufladen des Akkus
- Laufzeit bis zu 36 Monate



Vorstellung Brückenmonitoring: Einbauort Imtalbrücke



- dem Partner gut zuhören
- leichtgewichtig und kosteneffizient Prototypen entwickeln
- frühzeitig zusammen mit dem Partner und Endanwendern verproben und Feedback einholen
- nicht nur Daten sammeln, sondern diese auch auswerten, im Idealfall automatisiert mit Anomalieerkennung
- hinterfrage deine eigenen Ansätze und Lösungen
- unterschätze niemals den Installations-/Rolloutaufwand

„KISS - Keep it simple [and] stupid”

Vorstellung Fahrkartenentwerter

A thick red horizontal line.

Überwachung der Funktionalität von Fahrkartenentwerter

Vorstellung Fahrkartenentwerter: Eigenschaften

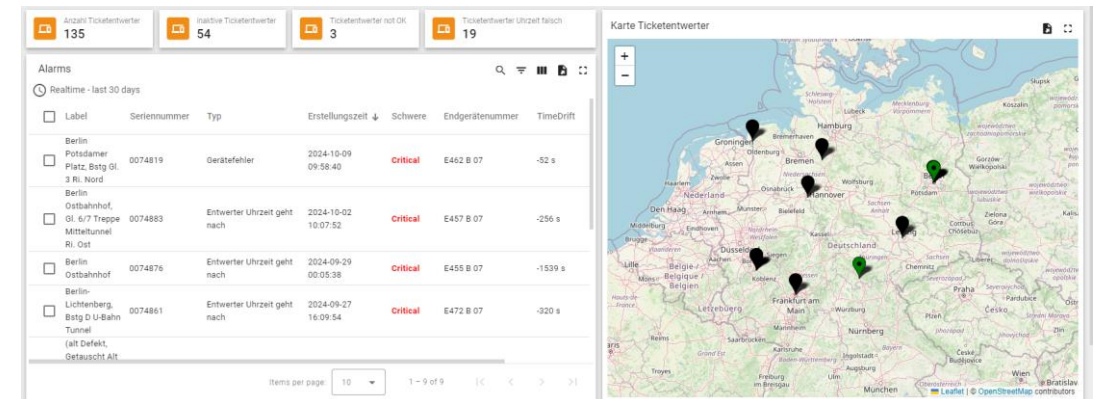


Anforderungen

- Überwachung der Funktion von Ticketentwerter
- Alarmierung bei Störungen

Lösungsansatz

- Installation von LTE-Sticks der Firma Exelonix
- Firmwareanpassungen durch die Firma Trapeze
- Speicherung und Darstellung der Messdaten mit ThingsBoard
- Anreicherung mit Wetterinformationen von DWD, openweathermap
- Alarmierung per Email bei Erreichen definierter Schwellwerte

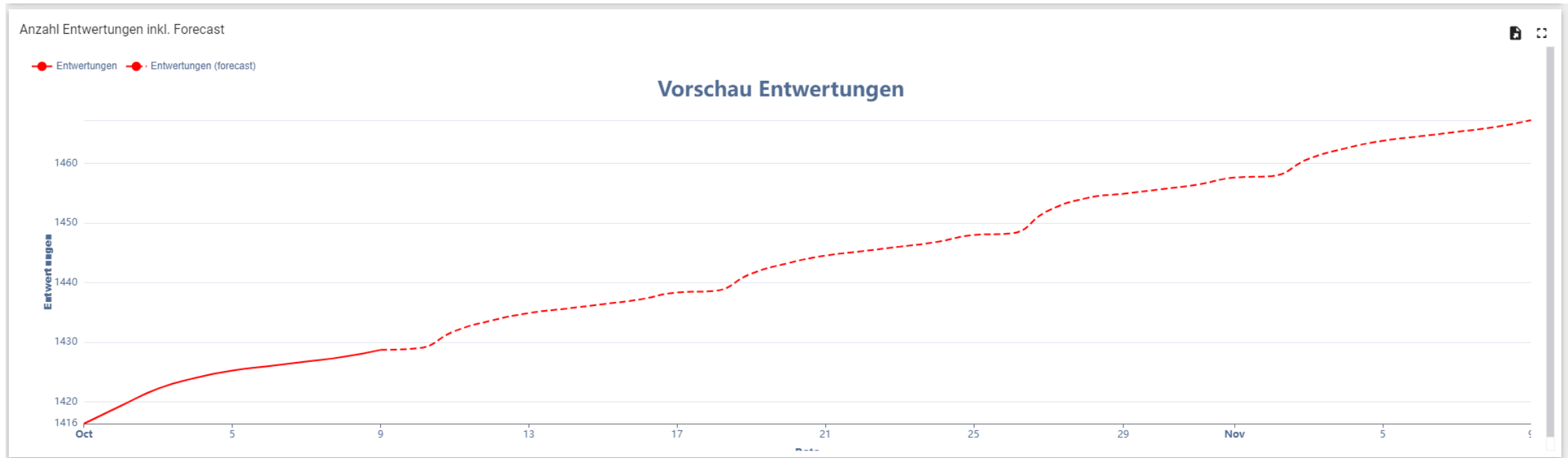


Vorstellung Fahrkartenentwerter: Datenanreicherung

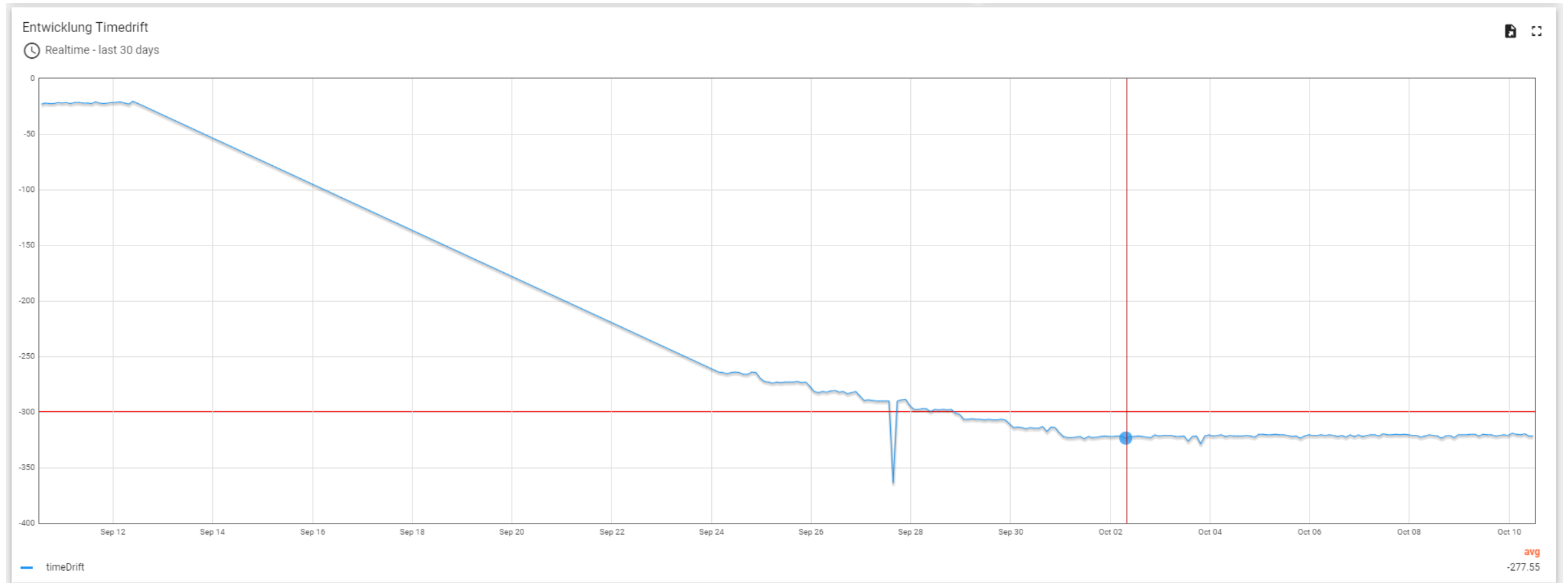


Entwerter: Berlin-Lichtenberg, Bstg D U-Bahn Tunnel					
Zeitabweichung -320s	Entwertungen 1432	Status Code OK			Letzte Meldung 10.10.2024, 12:05:12
Endgerätenummer E472 B 07	Seriennummer 74861	Betriebssystem 2.2.6.0	Konfiguration TC03_083	Letzte Wartung 22.12.2022	Signal 0
Servicecenter Hamburg	Standortname Berlin-Lichtenberg	Standplatz Bstg D U-Bahn Tunnel		Verbund-KZ VBB	Serien-Nr. 1881074861

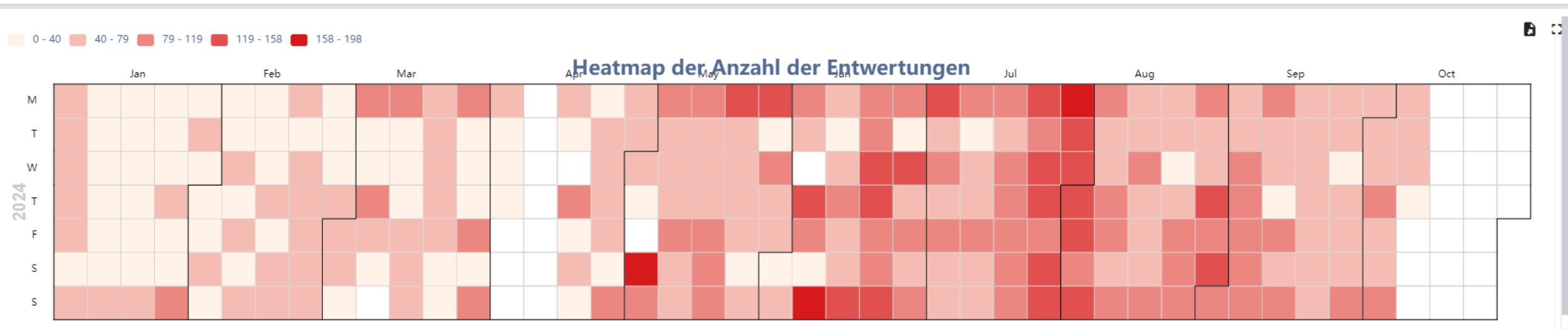
Vorstellung Fahrkartenentwerter: Vorhersage Entwertungen, Wartung bei 50.000 Stempelungen notwendig



Vorstellung Fahrkartenentwerter: Timedrift



Vorstellung Fahrkartenentwerter: Heatmap der Anzahl der Entwertungen



- dem Partner gut zuhören
 - leichtgewichtig und kosteneffizient Prototypen entwickeln
 - frühzeitig zusammen mit dem Partner und Endanwendern verproben und Feedback einholen
 - nicht nur Daten sammeln, sondern diese auch auswerten, im Idealfall automatisiert mit Anomalieerkennung
 - hinterfrage deine eigenen Ansätze und Lösungen
 - Unterschätze niemals den Installations-/Rolloutaufwand
- spiele mit deinen Daten und bringe deinen Partner auf neue Ideen

„Bleibe hungrig, bleibe neugierig
und bleibe niemals stehen!“

Vorstellung smarte Köderboxen

A thick red horizontal line is positioned below the first few letters of the title 'Vorstellung'.

Vorstellung smarte Köderboxen: Eigenschaften

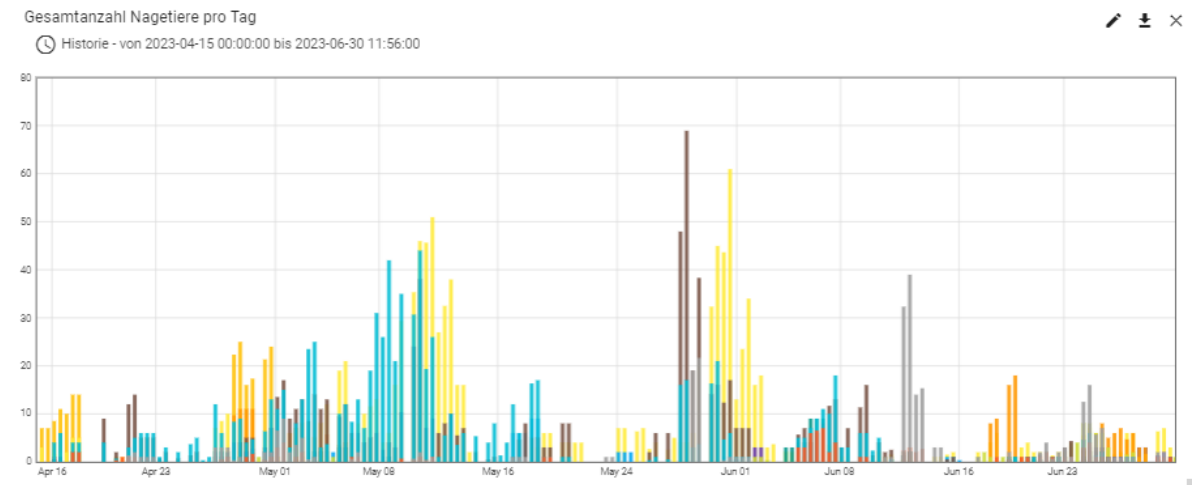


Anforderungen

- Reduzierung der bei der DB eingesetzten Giftködermenge
- Erfolgskontrolle einer Bekämpfungskampagne

Lösungsansatz

- smarte Köderboxen der Firma BALL-B
- Datenübertragung per NB-IoT, LoRaWAN oder DECT
- Visualisierung der Daten und Auswertung mit ThingsBoard

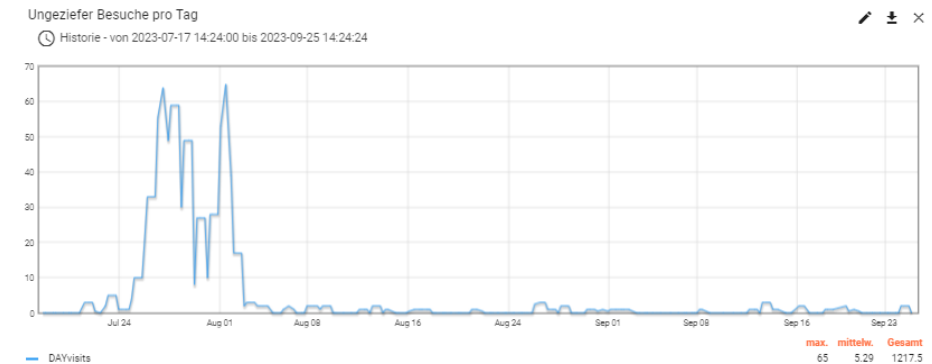


Vorstellung smarte Köderboxen: Bewertung der Lösung durch unabhängige Gutachter (IAB Weimar)



Zitate aus Gutachten:

- Das digitale Monitoring der Boxen ermöglicht eine gezielte Befallserhebung, woraufhin die Anzahl der einzusetzenden Köderschutzboxen sowie der Giftködermengen auf ein für die Bekämpfung unbedingt notwendiges Maß reduziert werden können.
- Die Erstaufstellung der Boxen mit Monitoring-Köder (Non-Tox-Köder) zur Befallserhebung erfordert keinen sachkundigen Schädlingsbekämpfer und könnte somit von jedem Mitarbeiter der DB AG durchgeführt werden.
- Über den graphischen Verlauf konnte gezeigt werden, dass die Besuche weitestgehend zurückgingen und liefen auf null aus, was auf eine komplette Tilgung der vorhandenen Schadnagerpopulation schließen lässt.



- dem Partner gut zuhören
- leichtgewichtig und kosteneffizient Prototypen entwickeln
- frühzeitig zusammen mit dem Partner und Endanwendern verproben und Feedback einholen
- nicht nur Daten sammeln, sondern diese auch auswerten, im Idealfall automatisiert mit Anomalieerkennung
- hinterfrage deine eigenen Ansätze und Lösungen
- unterschätze niemals den Installations- / Rolloutaufwand
- spiele mit deinen Daten und bringe deinen Partner auf neue Ideen
- hole dir kompetente Partner ins Boot
- greife auf etablierte technische Lösungen zurück, erfinde das Rad nicht neu

„Stelle dich auf die Schultern von Riesen“

„try often - fail fast“

„Wenn man es nicht messen kann,
kann man es nicht verbessern“

„KISS - Keep it simple [and] stupid“

„Bleibe hungrig, bleibe neugierig
und bleibe niemals stehen!“

„Stelle dich auf die Schultern von Riesen“

