

Whitepaper

Aufbau und Inbetriebnahme einer IIoT Lösung.

Von der Auswahl der Plattform mit drahtlosen Beschleunigungssensoren bis zum Monitoring und der Inbetriebnahme.



Inhalt:

Für die Prozessüberwachung und die Datenanalyse in Unternehmensprozessen gilt das **Industrielle Internet der Dinge (IIoT)** als einer der Schlüsseltechnologien und damit als einer der Zukunftsmärkte für die kommenden Jahrzehnte. Anwender finden sich in sehr unterschiedlichen Branchen. Gemeinsam ist allen der Bedarf die physikalische Welt über Sensoren (Messaufnehmer) zu erfassen und mit der digitalen Welt zu verknüpfen, um die Messdaten für die weitere Generierung von **Mehrwerten** (u.a. Überwachung, Steuerung, Vorhersagen, vorausschauende Wartung) nutzbar zu machen.

Die große Herausforderungen liegen:

- ❖ in der Vernetzung beider Welten
- ❖ an fehlenden Standards
- ❖ und einem Füllhorn an Protokollen, Gateways, Funkstandards und Schnittstellen die einer „plug & play“ Nutzung im Weg stehen.

Nicht zuletzt aus diesem Grund haben die **ALTHEN SENSOR & CONTROLS** und die **M&L SMARTER SOLUTIONS AG** ihr Know-how gebündelt, um für Ihre Kunden eine funktionierende Lösung anzubieten.

Die Studie **Internet of Things 2022¹** des IDG Research Services in Zusammenarbeit mit der COMPUTERWOCHE und CIO, kommt zu dem Ergebnis, dass:

- ❖ die größte Herausforderung bei IoT-Projekten die Anpassung von Geschäftsprozessen und damit eine mangelnde LAN/WLAN-Netzqualität (31,1 Prozent) ist
- ❖ 44 Prozent der befragten Unternehmen durch IoT Projekte ihre bestehenden Geschäftsprozesse optimieren konnten
- ❖ IoT Projekte einen Mehrwert lieferten (90 Prozent)
- ❖ die Erfolgsquote der IoT Projekte im Vergleich zum Vorjahr von 96 Prozent auf 88 Prozent gesunken ist
- ❖ die Qualitätskontrolle mit Abstand die wichtigste IoT-Anwendung (50,0 Prozent) bleibt
- ❖ Insbesondere die großen Firmen ab 1.000 Mitarbeitern (56 Prozent) setzen das Internet of Things für Qualitätskontrolle ein.

Damit Ihr IoT Projekt von Anfang an ein **Erfolg** wird, möchten wir Ihnen mit diesem Leitfaden eine praxisnahe Hilfestellung und eine Inspiration bieten, wie man eine erfolgreiche IIoT Lösung aufsetzen kann.

Anhand einer konkreten, aus der Praxis abgeleiteten Fragestellung, wird in diesem **Whitepaper** erläutert, wie eine IIoT Lösung der **M&L AG** und **Althen** umgesetzt und in Betrieb genommen wurde.

¹ STUDIE INTERNET OF THINGS 2022. Die komplette Studie ist hier erhältlich: [Zur Studie](#)

Die Autoren

Dominik Antunovic (M&L AG), Thomas Halamuda (M&L AG), Johann Schippers (M&L AG), Peter Rohrmann (M&L AG), Jan Homann (ALTHEN GmbH)

ALTHEN GmbH Mess- & Sensortechnik ist Spezialist für kundenspezifische Messtechnik und Sensorik.

Die **M&L AG** ist ein strategisches Beratungsunternehmen, das auf die Analyse von Unternehmensdaten und Märkten für den Unternehmenserfolg Ihrer Kunden spezialisiert ist.

Verzeichnis

1	Einleitung	4
2	Projektbeschreibung	5
3	Die Wertschöpfungskette des Industrial IoT	6
3.1	Hardware, Digitalisierung und Edge Computing	7
3.2	Von der Datenübertragung zur Datenvisualisierung und Integration	8
4	Umsetzung und Inbetriebnahme	9
4.1	Gateway Konfiguration	9
4.2	Inbetriebnahme IIoT Plattform	10
4.3	Datenvisualisierung und Auswertung	10
5	Fazit	12
6	Ihre Ansprechpartner	13
7	Glossar	14

1 Einleitung

Prognosen gehen für das 2025 von über **75 Milliarden vernetzten Geräten** weltweit aus. Diese vernetzten Geräte sind die Basis für das, was gemeinhin als Internet der Dinge bzw. Internet of Things (IoT) bezeichnet wird. Microsoft definiert das IoT als „ein Netzwerk von mit dem Internet verbundenen Geräten, die eingebettete Sensordaten zur zentralen Verarbeitung (...) übermitteln.“

Grundsätzlich ist IoT aber auch ein Sammelbegriff, der sich mittlerweile in zahlreiche Teilbereiche gliedert. Ein bedeutender Teilbereich ist insbesondere das **Industrial Internet of Things (IIoT)**. Anders als das IoT steht das IIoT nicht für die verbraucherorientierten Anwendungen, sondern für die IoT-Anwendungen im **Produktionsumfeld** und in der Industrie. Laut dem Beratungshaus McKinsey werden im Bereich IIoT weltweit über **500 Milliarden US-Dollar umgesetzt**.²

Diesem **Zukunftsmarkt**, der sich aktuell durch eine starke Anbieter- und Systemvielfalt auszeichnet, wird sich kaum ein zukunftsorientiertes Unternehmen entziehen können, weshalb es wichtig ist sich frühzeitig mit den **relevanten Technologien** und **Lösungen** zu befassen.

Als branchenübergreifende Dienstleistungs- und Beratungsunternehmen haben die **M&L AG** und **Althen GmbH** vor einiger Zeit damit begonnen, sich in dem Zukunftsmarkt IoT und insbesondere im Teilbereich **IIoT** zu spezialisieren. Bereits heute wird ein gesteigerter Bedarf für **strategische Beratung** im Bereich IIoT, als auch Anfragen für **Komplettlösungen** und Umsetzungsunterstützung, von Unternehmen gewünscht.

Um diesem Bedarf gerecht zu werden zielt die Kooperation beider Unternehmen auf das Abdecken der gesamten **Wertschöpfungskette des IIoT** ab.

Anhand einer konkreten, aus der Praxis abgeleiteten Fragestellung, wird im nachfolgenden dargestellt, wie eine **IIoT Lösung** der **M&L AG** und **Althen GmbH** umgesetzt wurde.

² Quelle: Behrendt et al. (2021): Industrielles IoT und führende Technologien als Treiber der digitalen Transformation. McKinsey & Company)

2 Projektbeschreibung

Das Ziel

Auswahl, Inbetriebnahme und Erprobung einer IIoT-Lösung, bestehend aus Sensoren, Schnittstellen, Datenauswertung, Datenbank, Dashboard und weiteren **erforderlichen Tools**. Es wird gezeigt, dass Messdaten aus unterschiedlichen Quellen in nahezu **Echtzeit** auf dezentralen Plattformen erfasst, gespeichert, ausgewertet und **visualisiert** werden können.

Die Ausgangslage

In den Büroräumen eines IT Dienstleisters befinden sich verschiedene Serverräume deren Temperatur und Funktionalität **kontinuierlich überwacht** werden müssen. Ein Ausfall der Server oder zu hohe/niedrige Raumtemperaturen hätte weitreichende negative Konsequenzen für das Unternehmen und seine Kunden. Eine intelligente Überwachung der **Serverfunktionalität** und des Raumklimas in Echtzeit ist das Ziel.

In diesem Fall wurden Sensoren im Serverraum installiert und mit einer Plattform verbunden. So konnte das Raumklima, wie z.B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Helligkeit und CO₂-Gehalt erfasst und die durch Lüfter erzeugte **hochauflösende Schwingungen** an den Server-Racks aufgezeichnet werden

Die Umsetzung

Kontinuierliches Monitoring, d.h. erfassen von **Messdaten** über den Betriebszeitraum in Echtzeit. Bei rotierenden Komponenten wie Lüfter oder zum Beispiel Ventilatoren sind **Beschleunigungssensoren** und daraus berechnete Frequenzspektren sehr gut geeignet um Anomalien zu erkennen.

Vor diesem Hintergrund beschreibt dieses Beispiel zunächst generisch, wie kabellose 3-axiale Beschleunigungssensoren mit einer geeigneten **IIoT-Plattform** verbunden werden und das **Monitoringsystem** realisiert wurde.

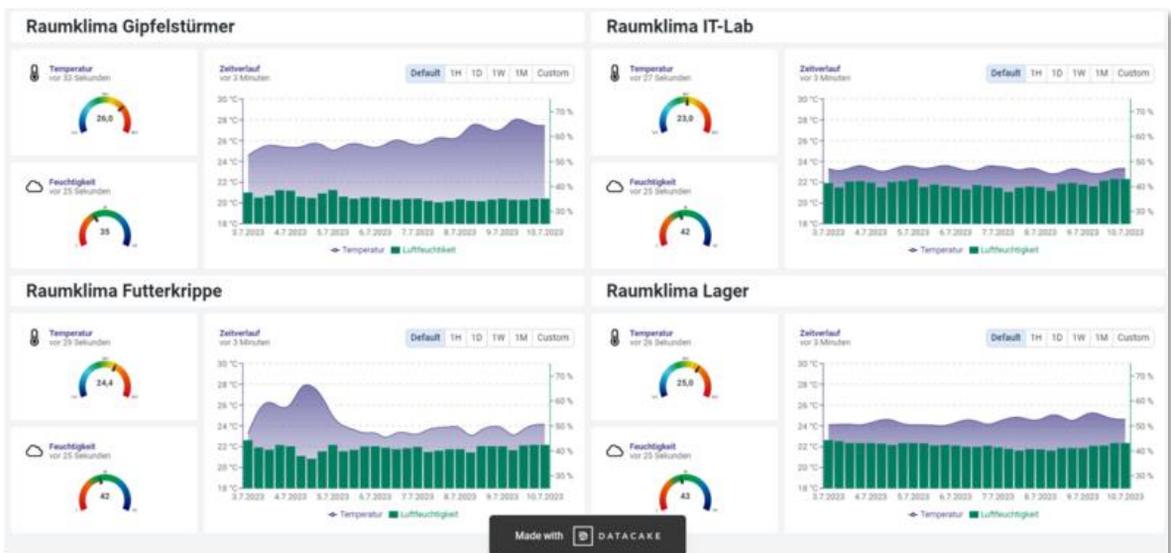


Abbildung 1: Dashboard Visualisierung

3 Die Wertschöpfungskette des Industrial IoT

Unsere IIoT Wertschöpfungskette beginnt bei der Auswahl der geeigneten Hardware und endet mit der Integration in Kunden- und Drittsysteme (Abbildung 2), sie deckt somit alle Teilbereiche einer IIoT-Lösung ab. Entlang der einzelnen Glieder der Wertschöpfungskette sind verschiedene Services und Schnittstellen notwendig, um **nachhaltige Lösungen** zu implementieren. Um ganzheitliche Lösungen umzusetzen, ist es erforderlich sich Kompetenzen in allen Bereichen aufzubauen, oder entsprechende Partnerschaften mit Kompetenzträgern einzugehen.



Abbildung 2: Wertschöpfungskette Industrial IoT

In unserem Projekt wurden die Teilbereiche **Hardware Partner, Digitalisierung/EDGE Computing, Datenübertragung, Datenspeicherung** und **Dashboard & Visualisierung** umgesetzt (Abbildung 3).



Abbildung 3: Umsetzung der Teilbereiche im vorgestellten Projekt

3.1 Hardware, Digitalisierung und Edge Computing

Verwendete Sensoren

Industrial Node:

Der Industrial Node misst triaxiale Vibrationen und Oberflächentemperaturen von rotierenden Maschinen, wie z.B. Pumpen, Motoren, Kompressoren, aber auch an Walzen und Lagern. Der Node arbeitet in einem **Mesh-Netzwerk** und überträgt Messwerte drahtlos direkt oder über andere Nodes an das Gateway. Das Mesh-Netzwerk ist selbstorganisierend und die Nodes wählen automatisch immer den **energieeffizientesten** Übertragungsweg zum nächsten **Gateway**. Von hier werden die Daten normalerweise weiter an ein Cloud-Backend zur Speicherung und weiteren Analyse gesendet.

Sobald der Knoten eingeschaltet ist, beginnt er **automatisch** mit der Messung und Übertragung von Daten in vorkonfigurierten Intervallen. Je nach Konfiguration kann der Node vorberechnete Werte wie RMS-Geschwindigkeit, Fast Fourier Transformation (FFT) und Kurtosis über das Gateway an die **Cloud** senden.



Industrielle IoT-Messlösung für die Zustandsüberwachung: Industrial Nodes, Gateway, Schutzgehäuse und Dashboard.

Industrial IoT Gateway:

Das Industrial IoT Gateway sammelt, verarbeitet und überträgt Daten von **Sensoren** an ein beliebiges **Cloud-Backend** über ein breites Spektrum an kabelgebundenen und drahtlosen Verbindungen. Das Gateway kann sich direkt mit maximal 14 Knoten und über das Mesh-Netzwerk mit bis zu mehreren Dutzend Knoten verbinden. Weitere Gateways können das Mesh-Netzwerk beliebig erweitern.

Eigenschaften und Spezifikationen

Sensor	Stromversorgung	Messgröße	Funkschnittstelle	Anwendungen	Datenprotokoll	Datenübertragung
Drahtloser IoT Schwingungssensor (Industrial Sensor Node)	Batterie (Betriebszeit: ca. 3 Jahre; abhängig von der Parametrisierung)	Schwingung (3-axial), Temperatur	Wirepas	Vorausschauende Wartung, Schwingungsüberwachung	JSON	MQTT
Drahtloser Umgebungssensor (Ambient Sensor Node)	Batterie (Betriebszeit: ca. 3 Jahre; abhängig von der Parametrisierung)	Temperatur, Feuchtigkeit, CO2, Licht, barometrischer Druck	Wirepas	Klimaüberwachung	JSON	MQTT

3.2 Von der Datenübertragung zur Datenvisualisierung und Integration

Um die Sensordaten in einen echten Mehrwert zu verwandeln müssen die richtigen Komponenten aufgebaut und miteinander verbunden werden.

Zahlreiche **Softwaretools** und **Lösungen** stehen in diesem Bereich der Wertschöpfungskette zur Verfügung (Abbildung 5). Im Bereich der IIoT Wertschöpfungskette gibt es, neben Anbietern die sich auf einzelne Phasen fokussiert haben, auch **Plattformanbieter**, die zahlreiche Funktionalitäten für IIoT Lösungen in einer Lösung bündeln.

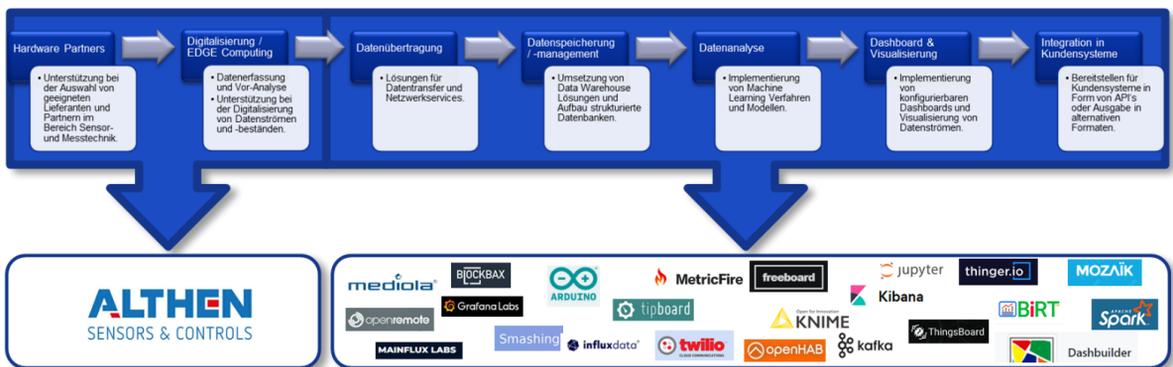


Abbildung 5: Softwaretools und Provider entlang der IIoT Wertschöpfungskette

Je nachdem, wie die **Systemlandschaft** eines Unternehmens aufgebaut ist, kann es Sinn machen, auf eine bestehende Plattform zurückzugreifen. Daher haben wir von der **M&L AG** anhand verschiedener Kriterien geprüft, welche Plattformen für welchen Fall am besten geeignet sein können. Eine ausführliche **Plattformbewertung** stellen wir Ihnen auf Anfrage gerne zur Verfügung.

Kriterien:	
❖ Open Source	❖ Verfügbarkeit von Konnektoren
❖ White Label	❖ Vermeidung Lock-In
❖ Kommerziell nutzbar	❖ Schnelle Verfügbarkeit
❖ Große Community	

Um eine möglichst schnelle Umsetzung zu gewährleisten hat die **M&L AG** zahlreiche funktionale Anforderungen in den Vordergrund gestellt und anhand dessen einige ausgewählte **Open Source** Plattformen und Tools getestet.

Anforderungen:	
❖ Nutzerprofile und Rechte und Rollenkonzept	❖ Datenverarbeitung
❖ Datenhistorien und Vorhaltedauer	❖ Datenexport
❖ Regelbasierte Aktionen	❖ Dateimanagement
❖ Messaging	❖ Automatisierte Reports
❖ Erstellung von Dashboards	❖ Standard API's & Protokolle
❖ Lokalisierung mittels Karten und Gebäudeplänen	

Bei dem Vergleich der **Plattformen** fiel auf, dass nicht alle Plattformen alle Phasen der Wertschöpfung gleichermaßen abdecken können. Dies ist auch dem bereits beschriebenen Umstand geschuldet, dass sich einige Anbieter, von ihrer ursprünglichen Lösung ausgehend, weiterentwickelt haben. Daher bieten wir **Unternehmen** an, eine eigene, **individuelle Plattform** zu entwickeln oder aber eine bestehende Plattformen projektspezifisch für den Kunden individuell anzupassen.

4 Umsetzung und Inbetriebnahme

Im Rahmen unseres Fallbeispiels werden **Sensoren** an ausgewählte Plattformen mittels eines MQTT-Brokers angebunden. Die Sensoren selbst kommunizieren dabei immer über ein Gateway, welches über den **MQTT-Broker kommuniziert**. Für die Kommunikation der Sensoren zum Gateway wird der Wirepas Mesh Standard genutzt. **Wirepas Mesh** ist eine drahtlose, vermaschte Netzwerkarchitektur für IIoT-Lösungen, die eine hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der **Datenübertragung** bietet.

Die Sensoren wurden direkt vor Ort in den Räumen des IT Dienstleister in Frankfurt in Betrieb genommen. Montiert wurden **Schwingungssensoren** an Serverracks, mit dem Ziel, die Vibration zu messen sowie die Raumklimasensoren unter anderem auch zur Temperaturmessung. Nach Einschalten der Sensoren, verbinden diese sich selbstständig mit dem Gateway.

4.1 Gateway Konfiguration

Nachdem der Sensor mittels der Magnethalterung am Rack befestigt wurde, wurde das Gateway in den **Konfigurationsmodus** versetzt. Daraufhin wurde die Verbindung zu einem lokalen Access Point mittels WLAN hergestellt und es wurden die entsprechenden **MQTT-Settings** im Konfigurationsmenü gesetzt. Das Gateway startete daraufhin neu und die zuvor bestehende WLAN-Verbindung wurde getrennt.

Im Anschluss wurde die Verbindung zu dem entsprechenden **MQTT-Broker** der gewählten IIoT-Plattform aufgebaut.

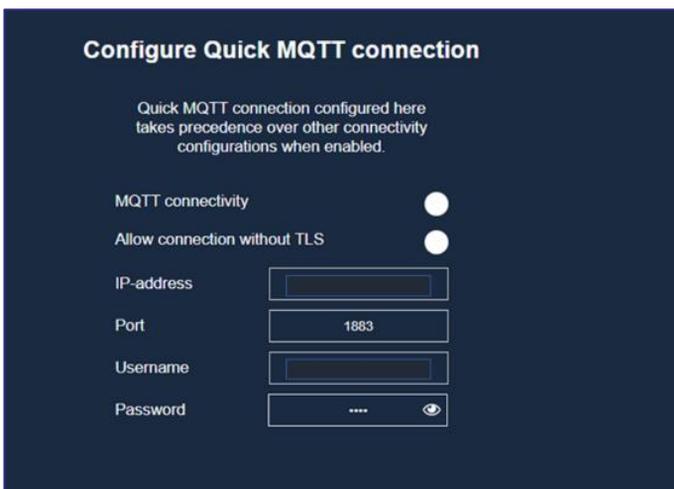


Abbildung 6: Benutzeroberfläche Gateway

4.2 Inbetriebnahme der IIoT Plattform

Bei der ausgewählten und getesteten IIoT-Plattform handelt es sich um **Thingier.io**, welche den größten „Solution Fit“ unter den open source Plattformen für die im Projekt gestellten Anforderungen erreicht hat.

Die Plattform bietet sowohl **Cloud als On-Premise** Varianten an. In diesem Fall wurde die Cloud Variante verwendet, welche innerhalb weniger Stunden aufgesetzt werden konnte.

Über die Funktion „Devices“ können neue **MQTT-Connection** mit Thingier.io aufgebaut werden.

Pflichtfelder sind dabei:

- ❖ Device Typ = MQTT
- ❖ Device ID (wird für Authentifizierung benutzt) = Seriennummer des entsprechenden Geräts
- ❖ Device Credentials = Plattform und IOT-Gateway

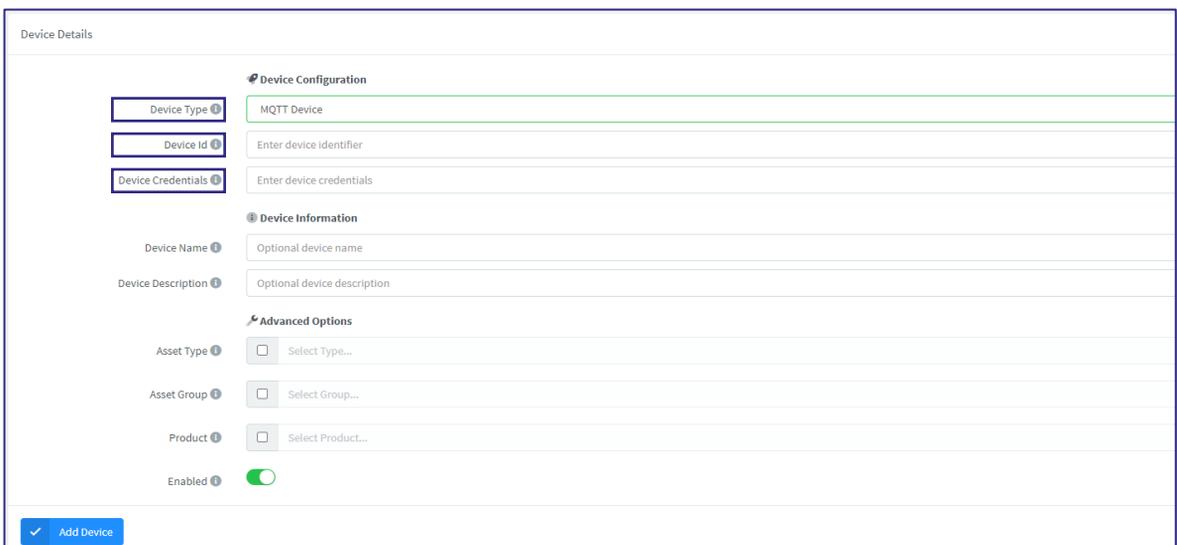


Abbildung 7: Benutzeroberfläche Thingier.io

Hilfreich ist zudem ein **Node-RED-Plugin**, dass die Bereitstellung des Node-RED-Servers auf demselben Host wie Thingier.io ermöglicht.

4.3 Datenvisualisierung und Auswertung

Eine Visualisierung der aggregierten **Sensordaten** war schnell möglich. Dies gilt zumindest für die verschiedenen Vibrations- und Beschleunigungsparameter, die wir im Glossar detailliert zusammengefasst haben.

Die getestete IIoT-Plattform stellt **Standarddiagramme** zur Verfügung, u.a.: Balken-, Kreis-, Liniendiagramme. Die Auswahl der Daten und die Diagramme geschieht einfach per Mausklick. Schwellwerte, die für die **Alarmierung** oder nachfolgende Auswertungen benötigt werden sind einfach einstellbar. Alarmierungen basierend auf den Schwellwerten waren ebenfalls einfach möglich.

Voraussetzung für die Nutzung der Diagramme ist jedoch eine **strukturierte Datenbasis**, z.B. wiederkehrende Felder mit Zeitinformationen, gefolgt von den eigentlichen Messdaten.

Schwieriger hingegen ist es, eine **Rohdatenanalyse** in Form einer Fast-Fourier-Transformation (FFT) zu erzielen. Keine Plattform bietet standardmäßig die Visualisierung von **FFT-Spektrogrammen** über Bordmittel. Zur Implementierung wurden daher individuelle Anpassungen und Ergänzungen von der **Althen GmbH** und der **M&L AG** entwickelt und erfolgreich umgesetzt.

FFT-Werte werden zudem im RAW-Format angeliefert. Eine „**Übersetzung**“ der Daten muss in Node-Red oder entsprechenden **IOT-Decodern** erfolgen und in geeigneten Programmiersprachen z.B. Python oder R erstellt werden.

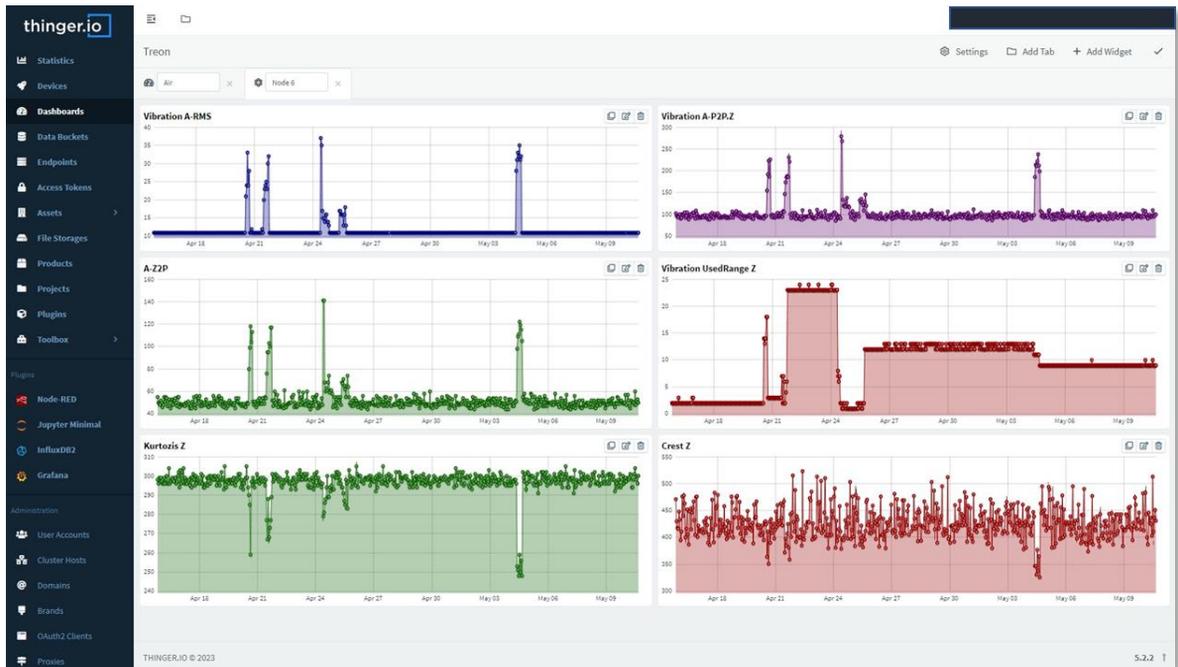


Abbildung 8: Visualisierung aggregierte Daten des Sensors in Thinger.io

5 Fazit

In unserem Beispiel haben wir gezeigt, wie wir eine vollständige **IIoT Lösung** erfolgreich in Betrieb genommen haben. Dazu haben wir eine im Markt verfügbar open source Plattform ausgewählt und mit dieser unser Projekt realisiert. Die von uns verwendete **Cloud-Lösung** war im Vergleich zu einer **On-Premise** Lösung schneller in Betrieb zu nehmen, da viele Voreinstellungen und Systemkonfigurationen bereits vorgenommen sind.

Wir halten fest, dass die physikalische Verbindung von Sensoren mit standardisierten Schnittstellen relativ schnell abgeschlossen werden konnte, das strukturierte Auslesen und die Interpretation teilweise **komplexer Messdatenprotokolle**, wie bei unseren dreiaxialen Beschleunigungssensoren, jedoch deutlich mehr Kenntnisse verlangt. Das Verständnis für die auf Datensparsamkeit optimierten Übertragungsprotokolle und die Zusammenhänge zwischen den eigentlichen Messdaten (Rohdaten), den Beschleunigungswerten und den daraus berechneten Frequenzspektren sollte vorhanden sein. **Unser Know-how** mit Tools wie **Node-RED**, ist erforderlich um Daten so aufzubereiten, dass sie in einer für die IIoT-Plattform lesbaren Form übergeben werden können.

Wir konstatieren, dass keine der betrachteten Open Source Plattformen alle Anforderungen „**out of the box**“ abdeckt. Dies bedingt den Einsatz von zusätzlichen Tools zur Datenübertragung, speziellen Datenbanken und auch weiterführenden **Programmiersprachen**. Zur Erstellung eines Dashboards mit grafischer Darstellung dreiaxialer Frequenzspektren müssen zum Beispiel eigene **ProgrammROUTINEN in Phyton** erstellt werden.

Auch **Machine Learning** und **Predictive Analytics** sind kein Bestandteil der **Open Source** Plattformen, weshalb die Auswahl der „richtigen“ Plattform abhängig vom gewünschten Anwendungsfall sein sollte. Die Auswahl geeigneter Tools und Plugins, z.B. für die Strukturierung von komplexen, mehrdimensionalen Messdaten ist zum Aufbau kompletten Lösungen erforderlich.

Die Komplexität der Anbindung von **Sensor- und Messtechnik** ist wiederum abhängig von der verwendeten Hardware und den jeweils genutzten Protokollen.

Vorteilhaft ist in jedem Fall der reduzierte Aufwand, bei der Verwendung von bestehenden Plattformen, gegenüber der Zusammenstellung eigener Plattformmodule und Komponenten. Gleichzeitig sollte man sich jedoch auch im Klaren darüber sein, dass bei jeder Umsetzung eine individuelle Programmierung notwendig ist.

Eine **individuell** anpassbare Dashboard Lösung, die alle Anforderungen solcher Projekte abdecken kann, ist bereits über die **M&L AG** und die **Althen GmbH** verfügbar.

Beispielhaft können Sie eine Raumklimaüberwachung auf unserem Dashboard unter folgendem Link live verfolgen: [**Live Dashboard**](#)

Wenn auch Sie vor ähnlichen Fragestellungen stehen und **Unterstützung** bei Ihrer **individuellen IIoT Lösung** oder der Auswahl geeigneter Sensoren, Tools oder Plattformen benötigen, kommen Sie gerne auf uns zu.

6 Ihre Ansprechpartner:



Althen GmbH Mess- & Sensortechnik

Stefan Kunisch

Leiter Produkt-Management

Tel.: +49 6195 70 06 17

E-Mail: stefan.kunisch@althen.de



M&L AG

Peter Rohrmann

Director New Business

Tel.: +49 69 963 632 28

E-Mail: prohrmann@mlconsult.com



Ihre IIoT Spezialisten

ALTHEN Sensor- und Messtechnik GmbH: Althen ist Spezialist für kundenspezifische Messtechnik und Sensorik. Die Entwicklung **innovativer und bedarfsgerechter** Messlösungen steht dabei im Mittelpunkt. Die **Mess- und Sensortechnik** von Althen kommt in nahezu allen Branchen und Industrien zum Einsatz: Von Automotive über Erneuerbare Energien, Prozessindustrie und Schifffahrt bis zur Verpackungsindustrie und der Papier- und Zellstoffproduktion sind die maßgeschneiderten Lösungen von Althen überall vertreten. Das Portfolio umfasst **physikalischen Messgrößen** wie z.B. Druck, Kraft, Drehmoment, Dehnung, Weg, Drehwinkel, Neigung, Beschleunigung, Vibration, Drehrate und Temperatur, sowie Messverstärker, Datenlogger, Joysticks und Elektronik für die Automatisierungstechnik. **Spezialisiert auf die elektrische Erfassung** dieser Parameter bietet Althen **vielseitige Produkte** unterschiedlicher Hersteller sowie Eigenentwicklungen und maßgeschneiderte Lösungen in den Bereichen OEM, T&M sowie IIoT. Faire und herstellernerneutrale **Kundenberatung**, enge Zusammenarbeit von Vertrieb und Entwicklung sowie hauseigene Fertigung inklusive Kalibrierlabor sind die Grundpfeiler für den Erfolg des Unternehmens.

M&L AG: Die **M&L Smarter Solutions AG** ist ein strategisches Beratungsunternehmen, das auf die Analyse von Unternehmensdaten und Märkten für den **Unternehmenserfolg** ihrer Kunden spezialisiert ist: **branchenübergreifend, unabhängig und innovativ**. Dabei besteht der Kern ihrer Dienstleistung darin, die Vertriebs- und Unternehmenssteuerung zu optimieren und so deutliche Wettbewerbsvorteile zu schaffen. Die auf den Kunden abgestimmten **Business Intelligence Systeme** bieten Transparenz und geben damit den Entscheidern Sicherheit bei ihren erfolgskritischen Prozessen. Durch ihre Kernkompetenz in Big Data Analytics, Smart Data sowie XAI unterstützt die **M&L AG** ihre Kunden in ihren **Entscheidungsprozessen** und identifiziert signifikante Potentiale in den Segmenten Vertriebs-, Prozess- und Einkaufsoptimierung. In Zusammenarbeit mit seinen Partnern erfasst die **M&L AG** Daten von industriellen Produktionsabläufen und bereitet sie so auf, dass Auslastung, Abläufe oder Produktionsfehler in Echtzeit verfolgt, analysiert und gesteuert werden können.

7 Glossar

Die verschiedenen Messdaten unserer dreiaxialen Beschleunigungssensoren:

Velocity RMS: Die RMS-Geschwindigkeit ist eine Maßzahl für die durchschnittliche kinetische Energie eines Systems im Laufe der Zeit. Sie wird berechnet, indem die Quadratwurzel des Mittelwerts (Durchschnitts) der quadrierten Geschwindigkeiten innerhalb eines bestimmten Zeitraums genommen wird. Die RMS-Geschwindigkeit wird oft verwendet, um die effektive Geschwindigkeit darzustellen, wobei sowohl die positiven als auch die negativen Komponenten des Geschwindigkeitssignals berücksichtigt werden. In der Schwingungsanalyse kann die RMS-Geschwindigkeit Einblick in die Gesamtschwingungsenergie eines Systems geben.

Velocity PEAK: Die PEAK-Geschwindigkeit bezieht sich auf den höchsten augenblicklichen Wert der Geschwindigkeit, der während eines bestimmten Zeitintervalls erreicht wird. Sie repräsentiert die maximale Geschwindigkeit, die ein vibrierendes oder sich bewegendes Objekt zu einem bestimmten Zeitpunkt erreicht. Die Spitzen-Geschwindigkeit ist nützlich, um plötzliche oder transiente Änderungen der Geschwindigkeit zu identifizieren und zu analysieren, die auf Stöße oder unregelmäßige Ereignisse hinweisen könnten.

Velocity P2P: Die Peak-to-Peak-Geschwindigkeit misst den Unterschied zwischen dem höchsten positiven Peak und dem niedrigsten negativen Peak des Geschwindigkeitssignals innerhalb eines festgelegten Zeitraums. Sie liefert Informationen über den gesamten Bereich der Geschwindigkeitsschwankungen und hilft bei der Beurteilung der Amplitude von Vibrationen oder Bewegungen im Laufe der Zeit.

Acceleration RMS: Die RMS-Beschleunigung ist eine Maßzahl für die durchschnittliche kinetische Energieänderung eines Systems im Laufe der Zeit. Sie wird berechnet, indem die Quadratwurzel des Mittelwerts (Durchschnitts) der quadrierten Beschleunigungen innerhalb eines bestimmten Zeitraums genommen wird. Der RMS-Wert gibt eine Vorstellung von der effektiven oder äquivalenten Beschleunigung, die ein System erfährt, wobei sowohl positive als auch negative Beschleunigungskomponenten berücksichtigt werden. In der Schwingungsanalyse kann die RMS-Beschleunigung Einblick in die Gesamtschwingungsenergie eines Systems geben.

Acceleration PEAK: Die Spitzenbeschleunigung bezieht sich auf den höchsten augenblicklichen Wert der Beschleunigung, der während eines bestimmten Zeitintervalls erreicht wird. Sie repräsentiert die maximale Änderungsrate der Geschwindigkeit, die ein vibrierendes oder beschleunigendes Objekt zu einem bestimmten Zeitpunkt erreicht. Die Spitzenbeschleunigung ist nützlich, um plötzliche oder transiente Änderungen der Beschleunigung zu identifizieren und zu analysieren, die auf Stöße oder unregelmäßige Ereignisse hinweisen könnten.

Acceleration P2P: Die Peak-to-Peak-Beschleunigung misst den Unterschied zwischen dem höchsten positiven Peak und dem niedrigsten negativen Peak des Beschleunigungssignals innerhalb eines festgelegten Zeitraums. Sie liefert Informationen über den gesamten Bereich der Beschleunigungsfluktuationen und hilft bei der Beurteilung der Amplitude von Vibrationen oder Beschleunigungen im Laufe der Zeit.

Acceleration Kurtosis: Kurtosis ist ein statistischer Parameter, der die "Steilheit" einer Wahrscheinlichkeitsverteilung quantifiziert. Im Kontext von Beschleunigungssignalen gibt die Kurtosis die Spitze oder Flachheit der Verteilung der Beschleunigungswerte an. Eine hohe Kurtosis deutet darauf hin, dass die Verteilung schwere Verteilungsenden und extreme Werte aufweist, was auf impulsive oder stoßartige Ereignisse in den Beschleunigungsdaten hinweisen könnte.

Acceleration crest factor: Der Crest-Faktor ist das Verhältnis des Spitzenwerts eines Signals zu seinem RMS-Wert. Er ist ein Maß für die Spitzenform oder die Form eines Signals. Bei Beschleunigung gibt der Crest-Faktor an, wie stark das Signal an den Spitzen von seinem RMS-Wert abweicht. Ein höherer Crest-Faktor weist auf schärfere Spitzen oder größere Transienten im Beschleunigungssignal hin.