

## **Whitepaper:**

# **Sensorik und weitere Datenerfassungssysteme aus NIKI 4.0**



**Nicht-disruptives Kit für die Evaluation von Industrie 4.0**

**Autoren: Sascha Alpers, Christoph Becker, André Bülau, Daouda Daouda, Aleksandar Goranov,  
Nathalie Hipp, Kofi Atta Nsiah, Christoph Rathfelder, Manuel Schappacher**

**14. Februar 2018**

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>UMGEBUNGSSENSOR EIS</b>	<b>4</b>
2.1	Beschreibung	4
2.2	Messwerte und Visualisierung	5
2.3	Möglichkeiten, Einsatzszenarien und Mehrwerte	11
<b>3</b>	<b>E-METER</b>	<b>12</b>
3.1	Beschreibung	12
3.2	Messwerte	13
3.3	Visualisierung	13
3.4	Möglichkeiten, Einsatzszenarien und Mehrwerte	15
<b>4</b>	<b>PROFIBUS-SNIFFER</b>	<b>16</b>
4.1	Beschreibung	16
4.2	Messwerte	17
4.3	Visualisierung	17
4.4	Möglichkeiten, Einsatzszenarien und Mehrwerte	18
<b>5</b>	<b>POSITIONSENSOR</b>	<b>19</b>
5.1	Beschreibung	19
5.2	Messwerte	21
5.3	Visualisierung	21
5.4	Möglichkeiten, Einsatzszenarien und Mehrwerte	22
<b>6</b>	<b>AUSBlick AUF DIE GESAMTARCHITEKTUR</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>ANHANG</b>	<b>25</b>
7.1	Tabellarische Übersicht EIS	25
<b>8</b>	<b>NIKI 4.0 ANSPRECHPARTNER</b>	<b>26</b>

## 1 EINLEITUNG

Die Vernetzung von Maschinen und der Datenaustausch innerhalb der Produktion aber auch mit anderen Bereichen der Wertschöpfungskette ist ein zentraler Bestandteil von Industrie 4.0. Für viele kleine und mittelständische Unternehmen ist der konkrete Nutzen, den sie aus einer Vernetzung ziehen können, immer noch unklar und nicht greifbar. Dies führt gerade beim Mittelstand zu einer vorsichtigen Zurückhaltung bei der Umsetzung von Industrie 4.0, da hiermit meist auch hohe Investitions- oder Umrüstkosten verknüpft sind.

Das Projekt „Nicht-disruptives Kit für die Evaluation von Industrie 4.0“ (kurz NIKI 4.0), finanziert von der Baden-Württemberg Stiftung ([www.bwstiftung.de](http://www.bwstiftung.de)), nimmt diese Problemstellung auf und bietet KMU Hilfen bei der strategisch wichtigen Entscheidung der Positionierung bzgl. Industrie 4.0 Prinzipien und Technologien. Dazu wird im Projekt das NIKI 4.0 Kit geschaffen. Es besteht unter anderem aus Ad-Hoc Sensorik und allgemeinverständlicher Visualisierung. Diese beiden Artefakte werden in diesem White Paper beschrieben.

Die NIKI 4.0 Projektpartner FZI Forschungszentrum Informatik am Karlsruher Institut für Technologie ([www.fzi.de](http://www.fzi.de)), Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V. ([www.hahn-schickard.de](http://www.hahn-schickard.de)) und Hochschule Offenburg ([www.hs-offenburg.de](http://www.hs-offenburg.de)) veröffentlichen darüber hinaus die Projektergebnisse unter der Open Source Lizenz Apache 2.0 auf der GitHub-Plattform unter <https://github.com/fzi-forschungszentrum-informatik/NIKI40>.

## 2 UMGEBUNGSSENSOR EIS

### 2.1 Beschreibung



Abbildung 1: EIS Sensor

Der Umgebungssensor EIS (Environment Information System) wurde von Hahn-Schickard sowohl für den stationären Betrieb wie auch für den autarken Betrieb konzeptioniert. Die geringe Stromaufnahme sichert für den autarken Anwendungsfall eine lange Laufzeit. Der interne Akku mit einer Kapazität von  $4.400\text{ mAh @ }3,6\text{ V}$  kann dann über eine Mikro-USB Schnittstelle wieder aufgeladen werden. Diese Schnittstelle kann das EIS auch dauerhaft mit Strom versorgen. Das EIS kann einerseits Umweltfaktoren erheben, welche die Produktion beeinflussen können, aber andererseits auch Daten aufzeichnen, wie die Produktion die Umwelt beeinflusst.

## 2.2 Messwerte und Visualisierung

**Luftströmung (Wind):** Die Luftströmung wird aktuell über einen von Hahn-Schickard entwickelten zweidimensionalen Luftfluss-Sensor gemessen. Die 2D-Erfassung wird in  $\frac{m}{s}$  angegeben. Es wird für die X und Y Dimension (wie in Abbildung 2 dargestellt) ein eigener aktueller Wert angegeben. Der übermittelte Wert ist der Mittelwert aus der vergangenen Sekunde. Der Messbereich liegt zwischen  $0 \frac{m}{s}$  und  $2,5 \frac{m}{s}$  und hat eine Auflösung von  $0,1 \frac{m}{s}$ .

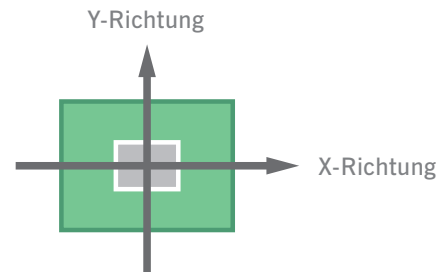


Abbildung 2: Schematische Darstellung zur Messung der Luftströmung

Für jede Dimension gibt es neben einem aktuellen Wert auch einen minimalen und einen maximalen Wert. Die minimalen und maximalen Werte werden aus dem letzten Reset (Aus- und Einschalten) ermittelt. Standardmäßig wird jede Sekunde ein aktueller Wert übermittelt.

**Visualisierung:** Neben einer tabellarischen Erfassung der Daten kann über den Vektor aus der zweidimensionalen Messung auch ein Windpfeil den aktuellen Wert in Stärke und Richtung als Augmented Reality<sup>1</sup> darstellen.

$$\text{Luftstrom} = \sqrt{x^2 + y^2} \text{ und der Winkel} = \tan^{-1}\left(\frac{y}{-x}\right)$$

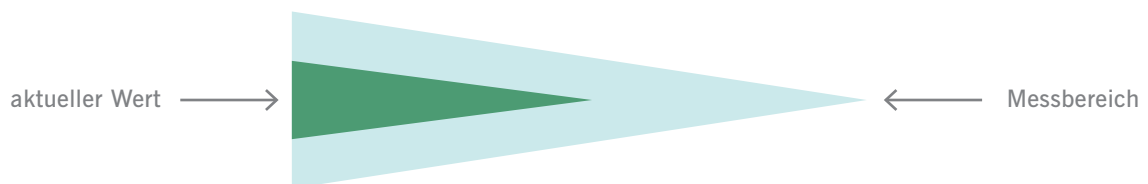


Abbildung 3: Visualisierung der Luftströmung

1 Augmented Reality (kurz AR) steht für erweiterte Realität. „Ziel von AR ist es, die menschliche Wahrnehmung der Realität um zusätzliche Informationen anzureichern. Diese Informationen sollen mit der Realität im Idealfall so verschmelzen, dass sie vom Betrachter als eine Einheit wahrgenommen werden. Als Anwendung auf einem mobilen Endgerät realisiert, stellt die Augmented Reality bspw. positionsspezifische Zusatzinformationen im Kamerabild des Endgeräts dar und kann den Mitarbeiter in seiner betrieblichen Aufgabenerfüllung wesentlich unterstützen.“ [S. Alpers, Hellfeld, S., Oberweis, A., & Trunko, R. (2012). Ein Ansatz zur Entwicklung von mobilen Augmented Reality Anwendungen. In MMS 2012: Mobile und ubiquitäre Informationssysteme. GI 2012 LNI.]

Um die gemessene Windstärke in Relation zum möglichen Messbereich zusetzen, wird der Pfeil entsprechend dem Verhältnis aus gemessenem Wert und Messbereich skaliert (siehe Abb. 3).

Im Hintergrund werden die Daten als historische Daten gespeichert und können in einem Diagramm betrachtet werden (siehe Abbildung 4).

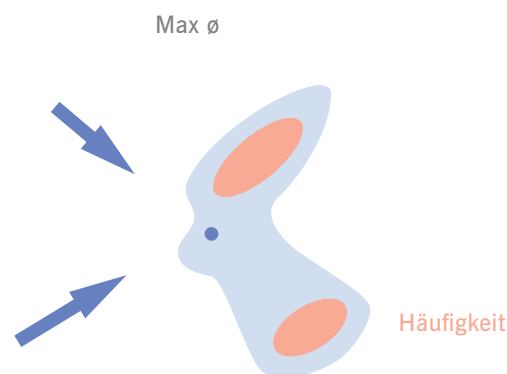


Abbildung 4: Darstellung historischer Winddaten

**Temperatur:** Der Temperatur-Sensor ist im Kombinationssensor BME280<sup>2</sup> von Bosch enthalten. Die Messung wird in Grad Celsius angegeben und hat einen Messbereich von  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Die Temperaturauflösung beträgt  $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$  und die absolute Genauigkeit liegt bei  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Visualisierung:** Der aktuelle Wert wird neben der numerischen Anzeige in einer Tabelle, auch in Augmented Reality über einen farblichen gekennzeichneten Thermometer angezeigt (Abbildung 5).

Das Thermometer zeigt den Messbereich als möglichen Wertebereich und die aktuelle Temperatur entsprechend eingetragen. Farben können einen Vergleich zu Zieltemperaturen eines Produktionssystems erleichtern.

2 [https://ae-bst.resource.bosch.com/media/\\_tech/media/datasheets/BST-BME280\\_DS001-11.pdf](https://ae-bst.resource.bosch.com/media/_tech/media/datasheets/BST-BME280_DS001-11.pdf)

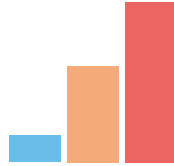


Abbildung 5: Visualisierung der Temperatur

Ausblick: Ein Vergleich zur Außentemperatur kann auch aufgezeichnet bzw. dargestellt werden. Hierzu könnten weitere Sensoren aus dem Außenbereich verwendet werden. Alternativ könnte ein entsprechender Wetterdienst standortbezogen eingebunden werden.

**Beleuchtungsstärke:** Die Beleuchtungsstärke wird mit den Si1132 Sensor<sup>3</sup> von Si-licon Labs gemessen. Die Messung erfolgt sowohl im sichtbaren Licht als auch im infraroten Licht von  $0\text{ lx}$  bis  $65000\text{ lx}$  ( $\text{lx} = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$ ). Die Auflösung beträgt  $1\text{ lx}$ . Für das sichtbare als auch für das infrarote Licht gibt es einen minimalen und einen maximalen Wert (seit dem letzten Reset, d.h. Aus- und Einschalten). Der aktuelle Wert wird mit einer Frequenz von  $1\text{ Hz}$  übermittelt. Der übermittelte Wert setzt sich auch dem Mittelwert der letzten Sekunde zusammen.

**Visualisierung:** Der aktuelle Wert des sichtbaren Lichtes wird neben der numerischen Anzeige auch in Augmented Reality über einen farblichen gekennzeichnetes Licht) angezeigt. Das infrarote Licht wird nur über eine numerische Anzeige visualisiert.

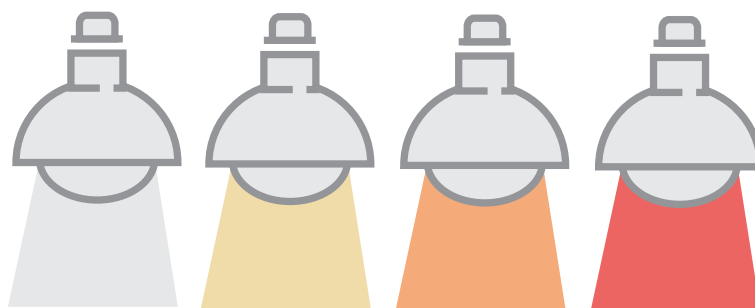


Abbildung 6: Visualisierung des sichtbaren Lichtes

3 <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/Si1132.pdf>

**Ultraviolett (UV) Index:** Der UV-Index wird ebenfalls mit dem Si1132 Sensor gemessen. Der Index wird durch den Sensor bereits in 12 Stufen eingeteilt (siehe Abbildung 7). Die Messung ist laut Sensorhersteller allerdings nur bei natürlichem Licht im Außenbereich sinnvoll. Künstliches Licht kann den Wert verfälschen.

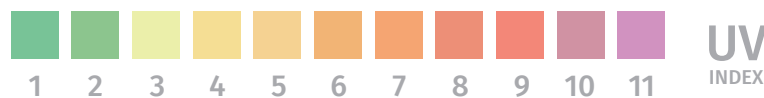


Abbildung 7: UV-Index

Quelle: <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/Si1132.pdf>, S. 11

**Visualisierung:** Der UV-Index wird neben der numerischen Anzeige auch als Augmented Reality über eine farbliche gekennzeichnete Sonne angezeigt. Die Farben entsprechen dem gängigen Farbschema des UV-Index<sup>4</sup>.

Ausblick: Zusätzlich wird der historische Verlauf aufgezeichnet, die Belastung innerhalb eines Tages kann dann mit den Empfehlungen der WHO verglichen werden.

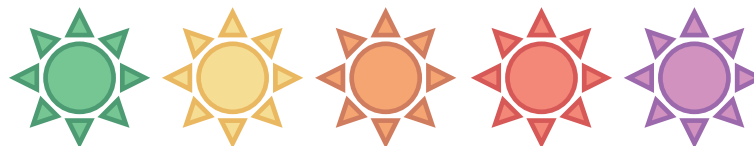


Abbildung 8: Visualisierung UV-Index

**Luftfeuchte:** Die Luftfeuchte wird ebenfalls mit dem Sensor BME280 von Bosch gemessen. Dabei wird die relative Luftfeuchtigkeit<sup>5</sup> in % angegeben mit einer absoluten Genauigkeit von 3 % und einer Auflösung von 0,008 %. Außerdem wird der minimale und maximale Wert seit dem letzten Anschalten angegeben.

<sup>4</sup> <https://www.dwd.de/DE/leistungen/gefahrendizesuvi/erklarer.html?nn=471326>

<sup>5</sup> Die relative Luftfeuchtigkeit gibt das Verhältnis zwischen dem momentanen Wasserdampfgehalts zu dem maximalen Wasserdampfgehalts bei der aktuellen Temperatur und dem aktuellen Druck an.



**Visualisierung:** Der aktuelle Wert der Luftfeuchte wird neben der numerischen Anzeige auch mittels Augmented Reality über einen Tropfen der sich entsprechend der Prozentzahl füllt angezeigt. Zusätzlich wird der historische Verlauf aufgezeichnet.

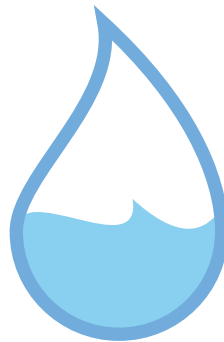


Abbildung 9: Visualisierung der Luftfeuchte

**Luftdruck:** Der Druck wird ebenfalls mit dem Sensor BME280 von Bosch gemessen. Dabei wird der Druck in Pascal ( $1 \text{ Pa} = 0,00001 \text{ bar}$ ) angegeben und rein numerisch angezeigt. Der Sensor kann von  $30 \text{ kPa}$  ( $0,3 \text{ bar}$ ) bis  $110 \text{ kPa}$  ( $1,1 \text{ bar}$ ) messen. Die absolute Druckgenauigkeit liegt bei  $\pm 1 \text{ hPa}$ . Die Auflösung liegt bei  $0,18 \text{ Pa}$ .

**Visualisierung:** Barometer mit tief, normal, hoch



Abbildung 10: Visualisierung Luftdruck

**Taupunkt (abgeleiteter Wert):** Der Taupunkt ist ein abgeleiteter Wert, welcher aus Feuchte und Temperatur über die Magnus-Formel<sup>6</sup> errechnet werden kann. Die Berechnung wird durch die Anwendung durchgeführt.

**Visualisierung:** als Tropfen im Hintergrund

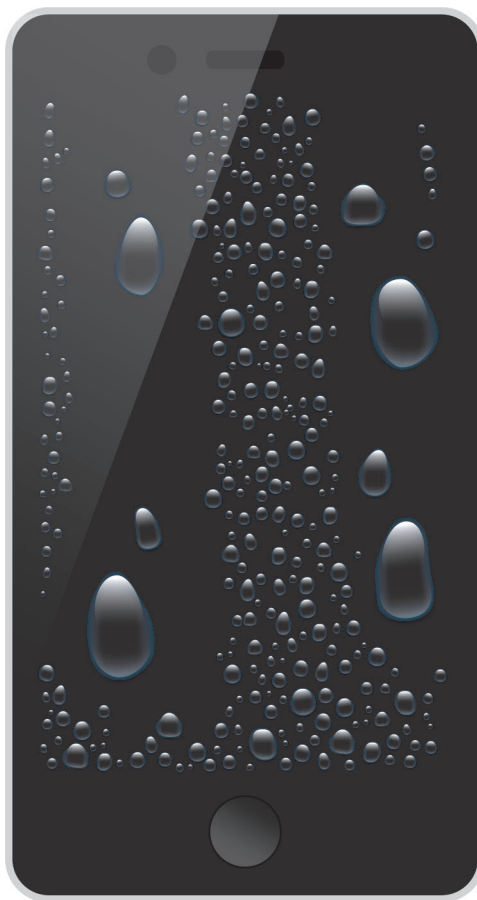


Abbildung 11: Visualisierung Taupunkte

6      Vergleiche Fröschle, H., Ströbel, M., Geiss, J., & Köller, K. (2012). Hohenheimer Modul und Berechnungsmodell zur Simulation der Taubildung. LANDTECHNIK – Agricultural Engineering, 67(3), 188–190. doi: <http://dx.doi.org/10.15150/lt.2012.294>

## 2.3 Möglichkeiten, Einsatzszenarien und Mehrwerte

- Örtliche Verteilung verschiedener Umweltfaktoren in der Produktionshalle
- Einhaltung von Arbeitsschutz durch Überwachung von relevanten Umgebungsdaten
- Auswirkungen von Sonne auf Oberfläche in Zerspanungsanlagen
- Nachregelung der Innenbeleuchtung aufgrund der Lichtinformationen
- Kondenswasser-Entstehung
- Virtuelles Replay der Historie im Zeitraffer
- Vergleich von Sensorwerten gleicher Maschinen an unterschiedlichen Standorten
- Prognosealgorithmus für Sensorwerte
- Überwachung und Verbesserung der Produktionsumgebung bspw. durch Auswahl des Aufbauortes von Maschinen und durch Prüfung auf Korrelation von Produktqualität zu Schwankungen der Umwelteinflüsse.
- Überwachung von Lagerbedingungen wie Temperatur, UV-Strahlung, ... z.B. bei Impfstoffen und Lebensmitteln („Weinkeller“).
- Identifikation von Luftströmen (relevant für Wägetechnik), Korrelation Luftstrom bspw. durch Thermik oder Frischluftzufuhr mit Abweichungen vom geeichten Testgewicht als Information für die Entwicklung neuer Wägetechnikserien.
- Verbesserung der Gerätediagnose durch Beachtung von Umwelteinflüssen
- Anlagensimulation
- Predictive Maintenance

### 3 E-METER

#### 3.1 Beschreibung

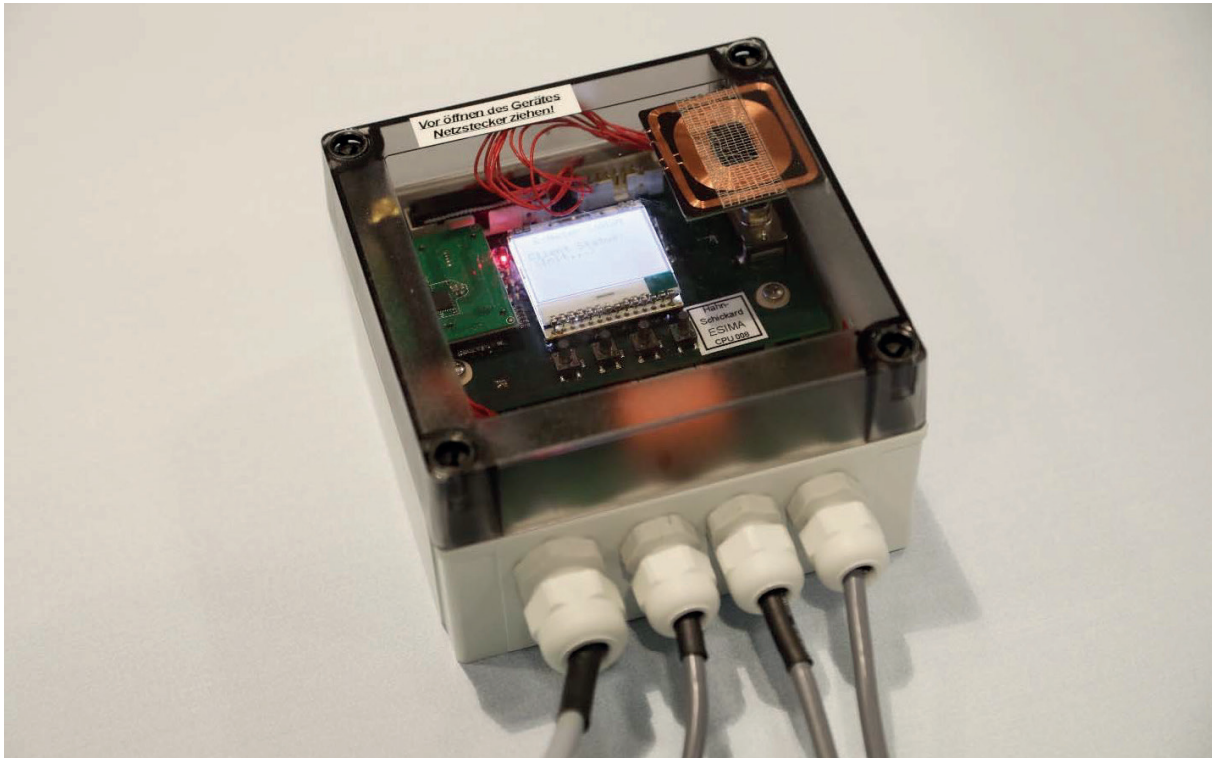


Abbildung 12: E-Meter

Das E-Meter ist ein von Hahn-Schickard entwickelter Sensor zur Messung von elektrischen Strömen einzelner Phasen. Der Sensor verfügt über die Möglichkeit bis zu drei Phasen (typisches Stromkabel), z.B. einer Produktionsmaschine, zu erfassen. Der Strombedarf jeder Phase wird mit dem im Handel erhältlichen Stromwandlern JS17S-1A<sup>1</sup> gemessen. Der im Stromwandler per Induktion vom Primärleiter erzeugte Sekundärstrom wird anschließend durch den Sensor ausgewertet. Über den Abgriff der Phasenspannung in Volt können Phasenwinkel, aktuelle Leistungen (in Watt) und Phasenverschiebungen berechnet werden. Die Stromversorgung des Sensors erfolgt über einen internen Akkumulator. Dieser hat eine Kapazität von 3600 *mWh* (1.000 *mAh* @ 3,6 V). Zusätzlich ist das E-Meter nach der EG-Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU zertifiziert.

1 <http://smartsensing.net/products/ac-current-sensors-split-core-solid-core/split-core-ct-100ma1a5a-ac-secondary-output/1a-ac-secondary-output/jsxs-1a-output-series/>

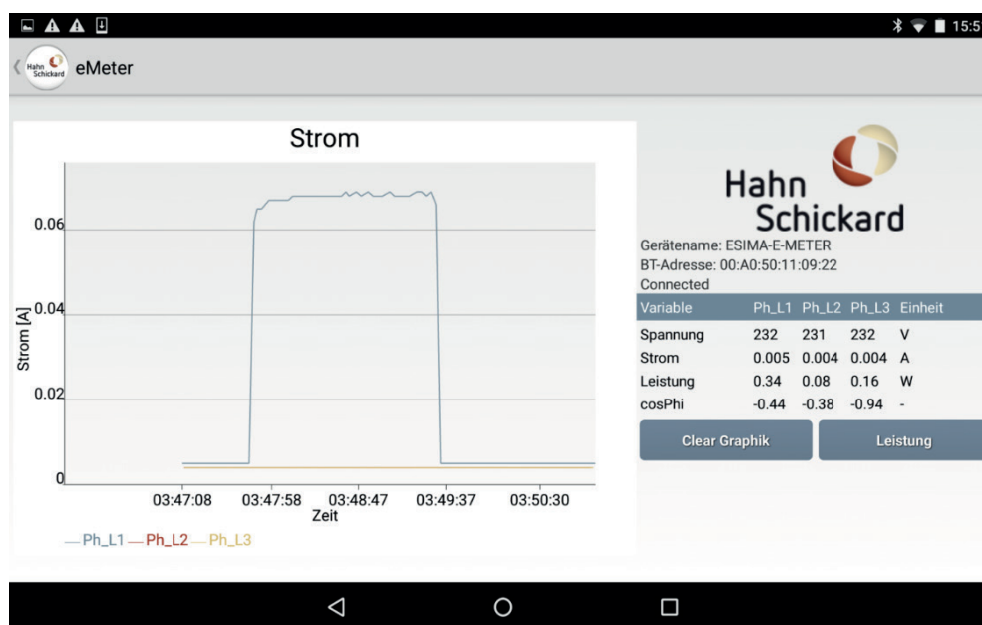
## 3.2 Messwerte

Je Phase:

- **Spannung:** Die Spannung wird in Volt angegeben.
- **Stromstärke:** Der aktuelle Strom wird in Ampere angegeben.
- **Leistung:** Die Leistung wird in Watt angegeben.
- **Phasenverschiebung:** Die Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom wird als  $\cos\Phi$  bezeichnet und in Bogenmaß angegeben.
- **Energie:** Die Energie wird in Kilowattstunden angegeben.

## 3.3 Visualisierung

Nachdem der Sensor erkannt wurde, kann der Anwender einen Diagrammmodus zur Betrachtung der Messwerte aufrufen. Die Visualisierung kann in verschiedenen Diagrammen erfolgen. In einem Diagramm werden die Werte über die Zeit aufgenommen und dargestellt. Zusätzlich kann für jede Messgröße ein eigenes Diagramm erstellt werden.



### 3.4 Möglichkeiten, Einsatzszenarien und Mehrwerte

- Predictive Maintenance → Defekte über Blindstrom identifizieren
- Schwankungen der Netzqualität bzgl. der Spannung des Stromnetzes offenlegen um auf die Gefährdung der angeschlossenen Geräte hinzuweisen.
- Energieverbrauchsinformationen nutzen für Energie-Consulting bspw. im Rahmen von EMAS<sup>2</sup>
- Identifikation von Leistungsspitzen (abgerufene Stromleistung) und ggf. Anpassung der Nachfrage
- Energieoptimierung (Fingerprint für Produktionsschritte)
- Ist-Werte können mit Soll-Werten (Nutzerangabe bzw. Gerätespezifikation) verglichen werden.
- Es kann auch ein prozentualer Anteil an Gesamtmessvolumen (Auswertung mit anderen E-Meters) erstellt werden.
- Nachrüstbarkeit des Sensors ist wichtiger Erfolgsfaktor, ggf. in Kombination mit Umweltinformationen des EIS
- Einsatz des Sensors nicht für Stromverbraucher sondern für Energy Harvesting<sup>3</sup> Systeme, ggf. in Kombination mit dem Umgebungssensorsystem EIS.

<sup>2</sup> Eco-Management and Audit Scheme, ein Instrument der Europäischen Union. <http://www.emas.de>

<sup>3</sup> Als Energy Harvesting wird das Gewinnen von elektrischer Energie (meist nur kleine Mengen) aus dem direkten Umfeld/Umgebung für den Betrieb des Gerätes bezeichnet.

## 4 PROFIBUS-SNIFFER

### 4.1 Beschreibung

Durch den Profibus-Sniffer ist es möglich Informationen aus Profibusnetzwerken zu sammeln, ohne in diese einzugreifen (read only). Die gesammelten Informationen werden verarbeitet und visualisiert um den Zustand des Netzwerkes und seiner teilnehmenden Maschinen besser verstehen zu können. Informationen wie Diagnose-, Alarm-, Status-, und Datennachrichten zwischen Profibusgeräten werden gesammelt.

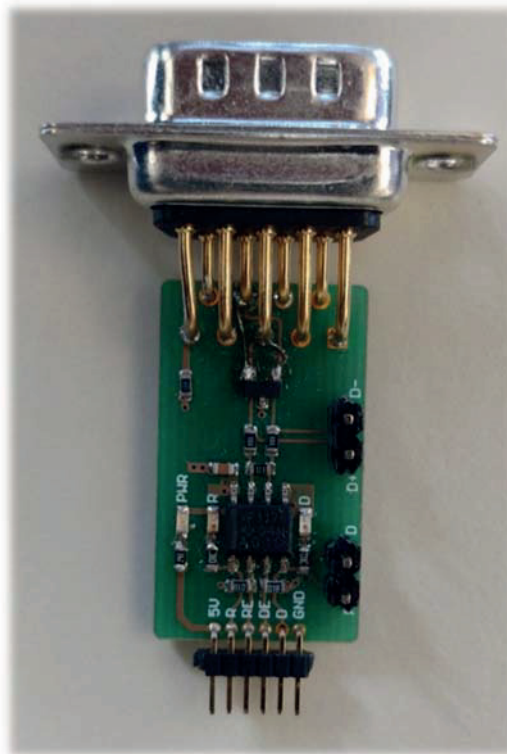


Abbildung 13: Profibus-Sniffer



## 4.2 Messwerte

Durch den Profibus-Sniffer sollen aktuell die folgenden Pakete vom Profibus abgegriffen und weitergeleitet werden:

- Diagnosemeldungen
- Steuerinformationen und Befehle für I/O-Module Daten
- Alarmmeldungen
- Statusmeldungen

Es ist geplant soweit möglich aus den sensorspezifischen Datenpaketen auf Basis der EDDL Beschreibungen noch Nutzdaten zu extrahieren.

## 4.3 Visualisierung

Mögliche Visualisierungsformen sind:

- Gefilterte Liste von Alarmen, Status und Diagnose Nachrichten.
- Spalten: Uhrzeit, Geräte-ID, Meldung, Ampel aufgrund des Status (rot, gelb, grün)
- Manager-Ampel für Profibus Slave Geräte
- Tabellarische Darstellung nach Erkennung eines Gerätes

Für die Zuordnung einzelner Datenpakete und ihrer IDs zu Sensoren bzw. Systemen ist Fachanwenderwissen notwendig. Teilweise ist dies auch nicht möglich, da Herstellergeheimnis und beim Übertragungsverfahren Zeitmultiplexing werden teilweise auch keine IDs verwendet.

## 4.4 Möglichkeiten, Einsatzszenarien und Mehrwerte

- Zustandsüberwachung der Maschine
- Korrelation von Sensorwerten mit Maschinenverhalten bzw. Verarbeitungsschritten
- Früherkennung von potentiellen Fehlerfällen
- Informationen über Status von Verarbeitungsschritten und Prozessen zur Laufzeit
- Diagnose ohne Veränderung / Beeinflussung des Bus / Systems

## 5 POSITIONSSENSOR

### 5.1 Beschreibung

Der Positionssensor basiert auf dem Prinzip des „Linear Variable Differential Transformator“, kurz LVDT-Prinzip. Das Sensorelement ist als Leiterplattensensor konzipiert. Das LVDT-Prinzip besteht aus einer Primärspule, zwei Sekundärspulen und einem linear verschiebbaren ferromagnetischen Kern (Anker).

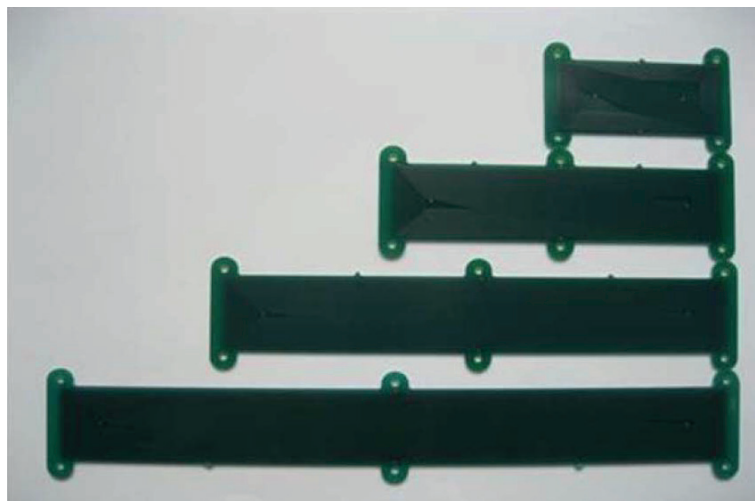


Abbildung 14: Positionssensor für unterschiedliche Anwendungen (Längen)

An der Primärspule wird ein Wechselspannungssignal angelegt. Dieses induziert wiederum Wechselspannungssignale in die Sekundärspulen (sogenannte Sekundärsignale). Klassische Ausleseelektroniken beruhen auf der Amplitudendemodulation der Signale mit anschließender Analog-Digital-Umsetzung. Stattdessen wird hier ein neuartiger Ansatz angewendet. Abhängig von der Position des ferromagnetischen Kernes kommt es zu einer Phasenverschiebung zwischen der Primär und den Sekundärspulen sowie zwischen den beiden Sekundärspulen.

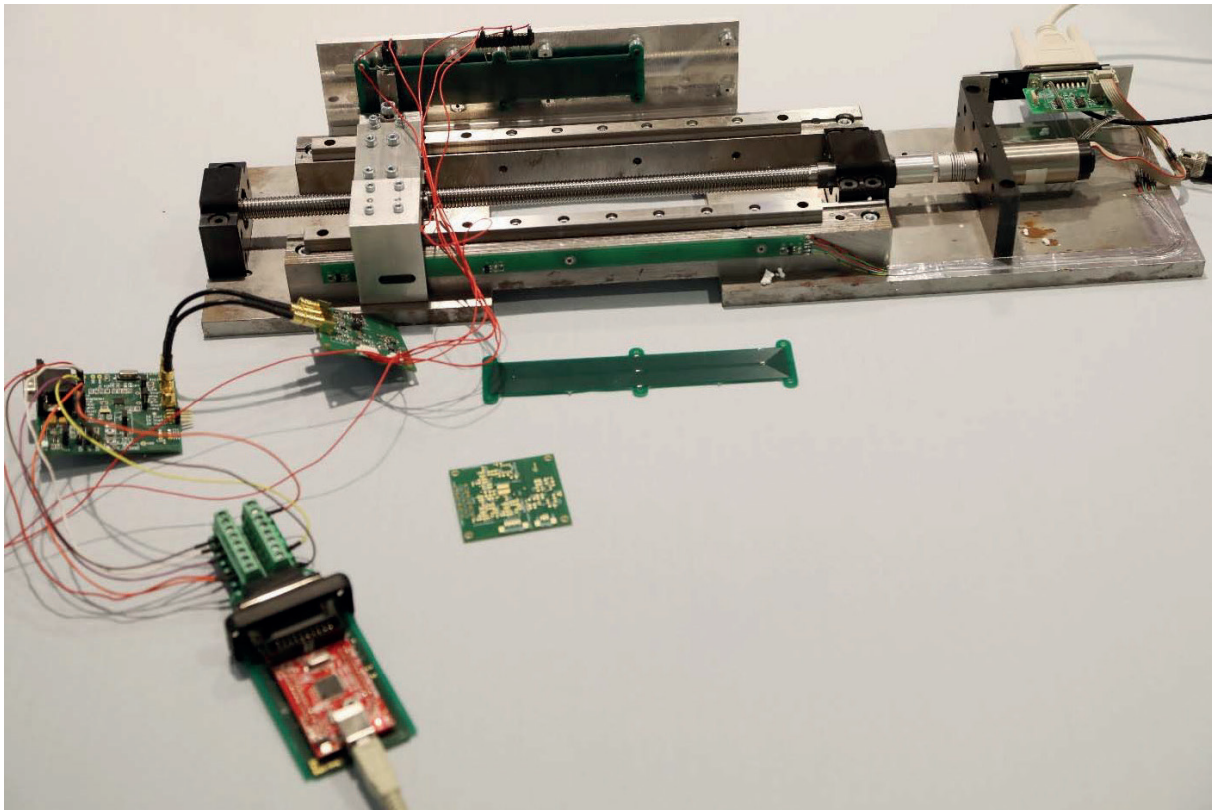


Abbildung 15: Testaufbau Positionssensor

Um diese zu bestimmen werden die Sekundärsignale erfasst, aufbereitet und einem Time-To-Digital-Converter zugeführt, der kleinste Zeitunterschiede detektieren kann. Mit Hilfe des Zeitunterschiedes und der bekannten Frequenz der angelegten Wechselspannung kann die Phasenänderung berechnet und somit auf die Position des Ankers geschlossen werden. Ist der ferromagnetische Kern in der Mittenposition gibt es keinen Zeitunterschied und damit keine Phasenverschiebung. Ist der ferromagnetische Kern vom Mittelpunkt verschoben, ist die Phasenänderung nahezu linear abhängig von der aktuellen Position des ferromagnetischen Kernes. Ausgehend von der Gesamtlänge des Sensorelementes kann die Position des ferromagnetischen Kernes berechnet werden.

Das in der obigen Abbildung gezeigte Sensorelement als FR4-Leiterplatte mit den drei Spulen ist wie abgebildet in vier unterschiedlichen Längen (für unterschiedliche Messbereiche) verfügbar und wird zusammen mit der Auswerteelektronik am festen Teil der Maschine angebracht. Der ferromagnetische Kern wird am beweglichen Teil der Maschine angebracht oder ist bereits ein Element der Maschine. Seine Position in Bezug zum Sensorelement kann wie oben beschrieben gemessen werden.

## 5.2 Messwerte

Der Sensor erfasst die Positionen des gewünschten Messobjekts. Dazu muss der ferromagnetische Kern nicht direkt am Sensorelement sein. Auch bei einem vertikalen Abstand von einigen Millimetern wird eine Messgenauigkeit der horizontalen Position von bis zu einigen Mikrometern erreicht, abhängig von Länge und individuellem Einsatzgebiet.

Werden mehrere Messungen in einer Serie durchgeführt, kann aus dem zurückgelegten Weg des Kerns bei bekannter Messwiederholrate die Geschwindigkeit abgeleitet werden. Dies gilt ebenfalls für die Beschleunigung und den Impuls, die Ableitungen der Zeit darstellen. Die Sensorik kann damit prinzipiell auch zur Erfassung von Vibrationen verwendet werden.

## 5.3 Visualisierung

Die Daten können als klassische Diagramme und Tabellen veranschaulicht werden. Hierbei wird der zurückgelegte Weg des Messobjekts in Bezug auf die Zeit dargestellt. Mithilfe dieser Daten kann auf die Beschleunigung und ggf. auf Impuls abgeleitet und diese ebenfalls dargestellt werden.

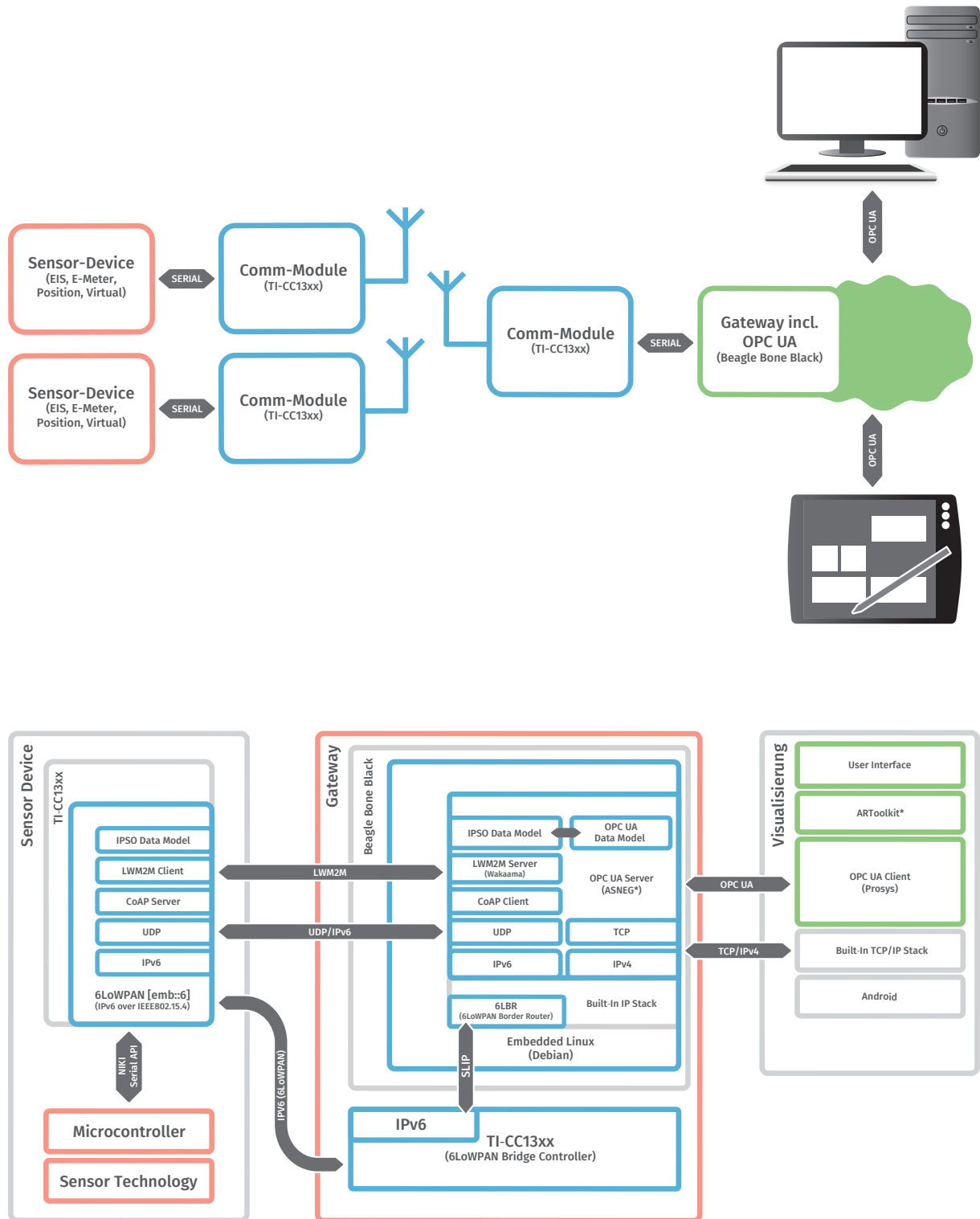
Abhängig vom Anwendungsfall können weitere Visualisierungen bspw. als Ampelsystem mit einem Vergleich zum Soll-Wert entwickelt werden. Dies ist jedoch stark abhängig vom Anwendungsfall und kann nicht allgemein hinreichend spezifiziert werden.

## 5.4 Möglichkeiten, Einsatzszenarien und Mehrwerte

Mögliche Einsatzszenarien sind:

- Messung einer zwei-dimensionalen Position durch Anordnung von zwei Sensoren im 90 Grad Winkel zueinander. Dadurch wäre bspw. eine Messung der Höhen und Querverstellung möglich. Für viele industrielle Anwendungen wäre 0,1 *mm* als Auflösung ausreichend, die Messung muss jedoch verschleißfrei und integriert erfolgen
- Kolbenmessung
- Dynamische Messung von Zylinderprofilen
- Positionsbestimmung auf Transportband
- Winkelsensorik
- Verschleißmessung und Vorhersage Austauschzeitpunkt
- Bestimmung der Position der sich bewegenden Grundplatte oder des Druckkopfs bei 3D-Druckern
- Positionsbestimmung bei linear Aktoren mit axial bewegenden Spindeln möglich
- Positionsbestimmung bei Drehmaschinen, Fließbänder und Gabelstapler

## 6 AUSBLICK AUF DIE GESAMTARCHITEKTUR



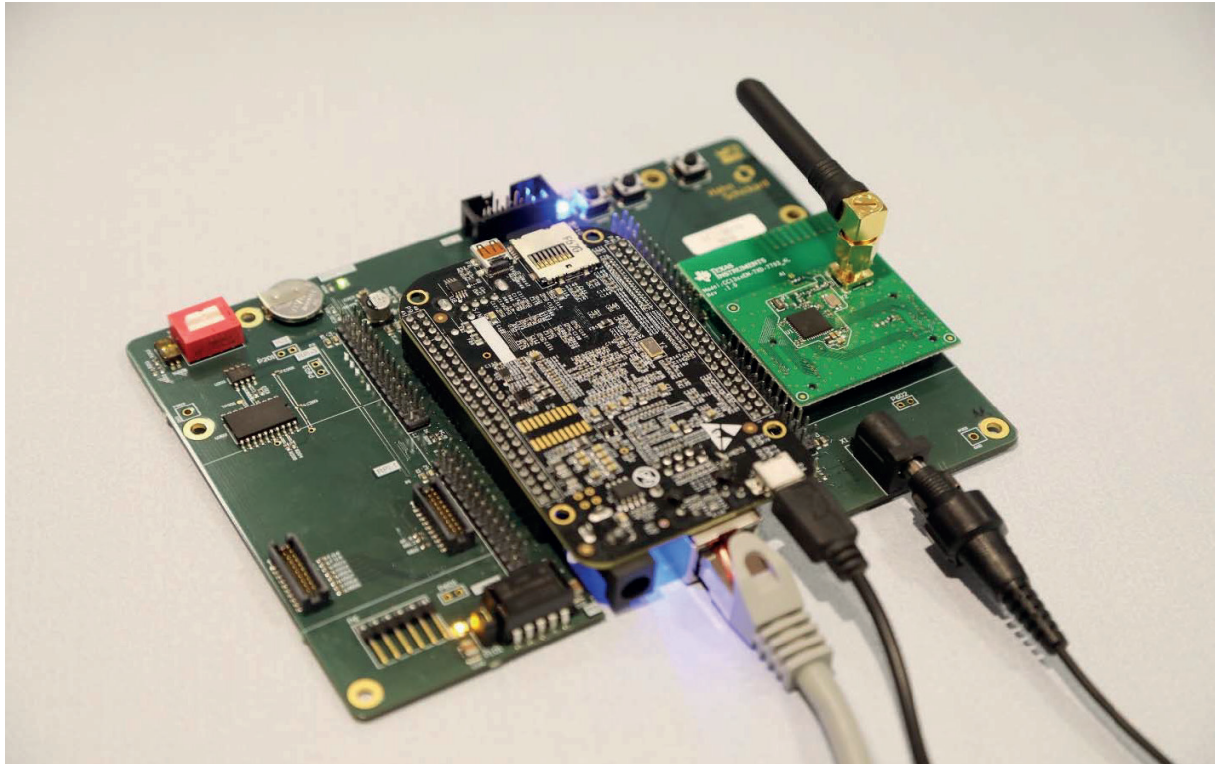


Abbildung 16: Gateway



## 7 ANHANG

### 7.1 Tabellarische Übersicht EIS

<b>Temperatur/Druck/Feuchte-Sensor: (Kombinationssensor <a href="#">BME280</a> von Bosch)</b>		
Temperatur min.	- 40	°C
Temperatur max.	+ 65	°C
Absolute Temperaturgenauigkeit	± 1	°C
Temperaturaufösung	0,01	°C
Luftdruck min.	30	kPa (0,3 bar)
Luftdruck max.	110	kPa (1,1 bar)
Absolute Druckgenauigkeit	± 1	hPa
Druck Auflösung (LSB)	0,18	Pa
(relative) Luft-Feuchte min.	0	%
(relative) Luft-Feuchte max.	100	%
Absolute Genauigkeit	± 3	%
Feuchtigkeits-Auflösung	0,008	%
Mess- und Sendefrequenz	1	Hz

Kombinationssensor BME280 von Bosch<sup>1</sup>

<b>Strömungssensor-Sensor (2D):</b>		
min. Strömung	0	m/s
max. Strömung	2,5	m/s
Auflösung	0,1	m/s
Mess-Frequenz	100	Hz
Sendefrequenz	1	Hz

<b>Lichtsensor (<a href="#">Si1132 Sensor</a> von Silicon Labs)</b>		
sichtbares Licht min.	0	lx
sichtbares Licht max.	65000	lx
Auflösung sichtbares Licht	1	lx
infrarot Licht min.	0	lx
infrarot Licht max.	65000	lx
Auflösung infrarot Licht	1	lx
UV-Index min. (nur im Außenbereich sinnvoll)	0	
UV-Index max. (nur im Außenbereich sinnvoll)	12	
Mess-Frequenz		
Sendefrequenz	1	Hz

Lichtsensor Si1132 von Silicon Labs<sup>2</sup>

1 [https://ae-bst.resource.bosch.com/media/\\_tech/media/datasheets/BST-BME280\\_DS001-11.pdf](https://ae-bst.resource.bosch.com/media/_tech/media/datasheets/BST-BME280_DS001-11.pdf)

2 <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/Si1132.pdf>

## 8 NIKI 4.0 ANSPRECHPARTNER

### Gesamtprojektleiter und Projektleiter von Hahn-Schickard VS

**Dr.-Ing.**

**Christoph Rathfelder**

*Head of Application Engineering*

*Software Solutions*

Hahn-Schickard

Wilhelm-Schickard-Str. 10

78052 Villingen-Schwenningen

Christoph.Rathfelder@Hahn-Schickard.de

+49 7721 943-161



### Projektleiter von Hahn-Schickard Stuttgart

**Dr.-Ing.**

**Karl-Peter Fritz**

*Abteilung Bauelemente + Systeme*

Hahn-Schickard

Allmandring 9 b

70569 Stuttgart

Karl-Peter.Fritz@Hahn-Schickard.de

+49 711 685-84792



### Projektleiter FZI Forschungszentrum Informatik

**Dipl.-Informationswirt**

**Sascha Alpers**

*wissenschaftlicher Mitarbeiter*

*im Forschungsbereich*

*Software Engineering (SE)*

FZI Forschungszentrum Informatik

Haid-und-Neu-Str. 10-14

76131 Karlsruhe

alpers@fzi.de

+49 721 9654-616



### Projektleiter Hochschule Offenburg

**Prof. Dr.-Ing.**

**Axel Sikora**

*Institut Embedded Systems*

*und Kommunikationselektronik (iESK)*

Hochschule Offenburg

Badstraße 24

77652 Offenburg

axel.sikora@hs-offenburg.de

+49 781 205-416

