

# OEE-Box – Einfacher Einstieg in die Welt der OEE

Jörg Wollert, Marc Gröniger

Institut für angewandte Automation und Mechatronik  
Aachener-und-Münchener Allee 1  
52074 Aachen  
wollert@fh-aachen.de, groeniger@fh-aachen.de

Die Konzeptideen rund um Industrie 4.0 sind der Schlüssel für eine effiziente zukunftsorientierte Fabrikautomatisierung. Mit den Kernzielen horizontaler und vertikaler Integration, sowie einem durchgängigen Engineering sind hohe Anforderungen an die Feldebene, wie auch der Cloudintegration gestellt. Schlüssel für effiziente Wertschöpfungsketten sind Kennzahlen, die in der Feldebene erhoben und auf der Unternehmensebene ausgewertet werden. Eine wesentliche Kennzahl, wenn nicht sogar „die“ Kennzahl zur Ermittlung der Produktivität ist die OEE (Overall Equipment Effectiveness). Ein gezieltes OEE-Management ist damit Voraussetzung für die kontinuierliche Verbesserung von Produktionsprozesse. In diesem Beitrag wird ein Konzept und Prototyp vorgestellt, der eine ganzheitliche Erfassung der OEE in intelligenten Sensoren ermöglicht. Eine semantische Beschreibung ermöglicht eine Technologie-invariante Erhebung von OEE-Kennzahlen. Ein Proof-of-Concept für die Digitalisierung eines manuellen Handarbeitsplatz schließt den Beitrag ab.

## Einleitung

Die Ideen rund um Industrie 4.0 und dem dazugehörigen Referenzarchitekturmodell RAMI 4.0 beschreiben ein umfassendes Framework für die ganzheitliche Digitalisierung des gesamten Produkt- und Fabrik-Lebenszykluses. Gerade die Themen Datensichtbarkeit und Transparenz der Prozesse bilden die Basis für eine Prozessanalyse und -optimierung. Das Extrahieren von KPIs spielt damit eine wichtige Rolle. Die Abbildung 1 zeigt die Entwicklungsstufen zu Industrie 4.0, so wie sie in der Definition zu RAMI 4.0 durch die arcatec beschrieben sind.

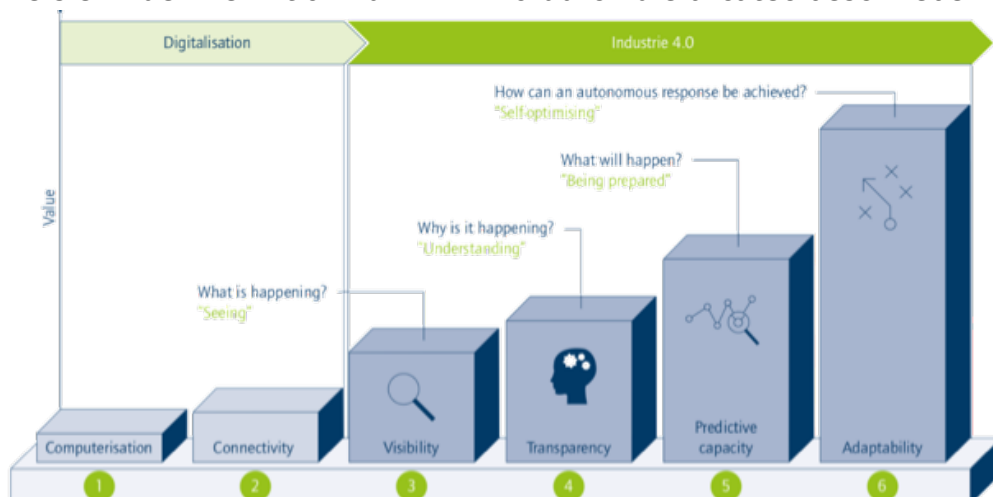


Abb.1: Schritte zu Industrie 4.0 (Quelle: Arcatec)

Computerisierung und Konnektivität sind nur die ersten Schritte zur Digitalisierung. Eine dominante Bedeutung hat die Extraktion sinnvoller Parameter zur Evaluierung und Bewertung von Prozessen und Prozessgütern. Nur auf der Basis dieser KPIs sind optimierende Schritte zur kontinuierlichen Prozessverbesserung und damit zum prädiktiven Handeln möglich.

Das Referenzarchitekturmodell lässt die Art der erhobenen KPIs offen. Diese werden in der Regel selektiv für die jeweiligen Prozesse extrahiert. Aus der Sicht der Betriebswirtschaft bietet die OEE (Operational Equipment Effectiveness) eine gute Basis zur Analyse der Maschinen- und Anlagenleistung. Die folgende Abbildung 2 zeigt die wesentlichen Abhängigkeiten von Prozessorganisation und Erhebung von Prozessparametern. Die Bewertungskriterien von Lean-Production und die dort ermittelten Kennzahlen geben in digitalisierter Form, verbunden mit einer historischen Auswertung, eine ausgezeichnete Basis für Visualisierung und Interpretation von Anlagen- und Fabrikperformance.

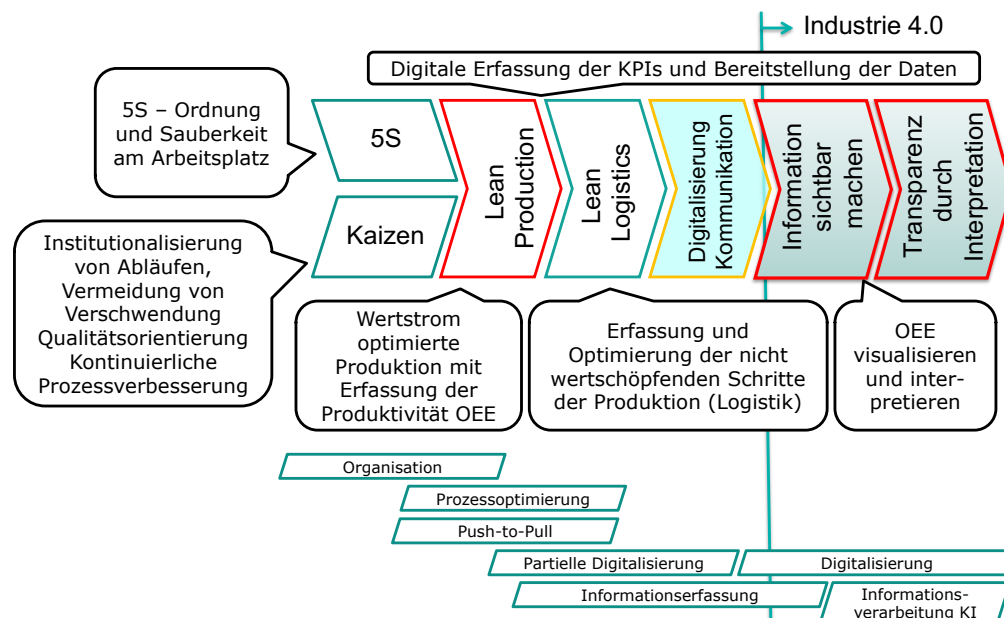


Abb.2: Vom Ordnungsprinzip zur Vollautomatisierung

## OEE – Overall Equipment Effectiveness

Die OEE ermöglicht die quantitative Bewertung von Maschinen- und Anlagenleistung. Hierbei erfasst die OEE neben technischen Störungen alle Faktoren, welche die Gesamtpformance beeinflussen. Im Wesentlichen wird die OEE als relative Kennzahl beschrieben, die aus den Teilkennzahlen Verfügbarkeitsgrad, Leistungsgrad und Qualitätsgrad besteht.

Der **Verfügbarkeitsgrad** beschreibt das Verhältnis der tatsächlichen Produktionszeit zur geplanten Produktionszeit. Der Verfügbarkeitsgrad ist maximal 1.

Der **Leistungsgrad** bewertet die tatsächlich erreichte Ausbeute an Teilen im Verhältnis zu der theoretisch möglichen Anzahl von Teilen innerhalb der tatsächlichen Produktionszeit.

Der **Qualitätsgrad** bewertet den Anteil der Gutteile im Verhältnis zu den Schlechteilen.

Eine optimale Anlage bzw. Maschine hat damit eine maximale OEE von 1. Abbildung 3 zeigt neben der OEE (Level3) noch weitere Differenzierungen zur Bewertung der Verfügbarkeit und Performance. Im Besonderen eine Level 4 oder 5 Bewertung ermöglicht eine sehr detaillierte Ausgestaltung der Einflussmaßnahmen.

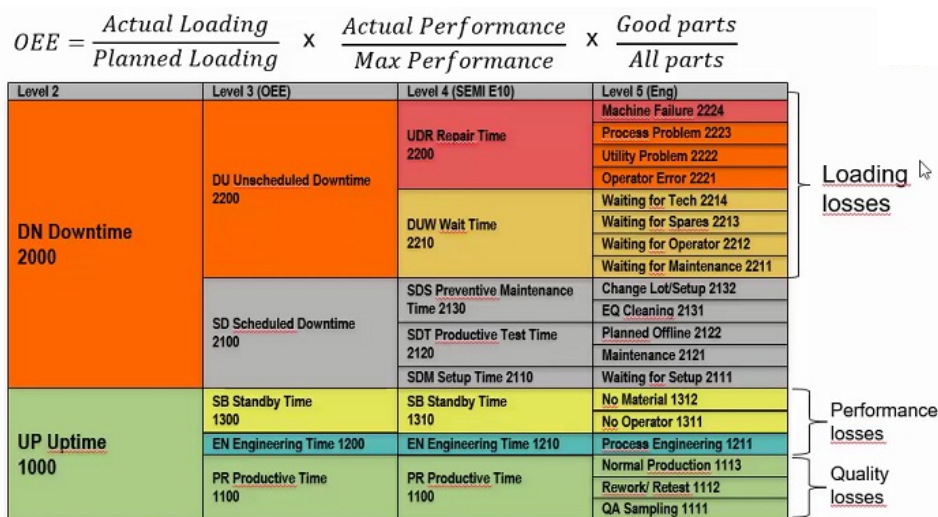


Abb. 3: Definition von OEE und SEMI E10

Heute wird die OEE in der Regel durch ERP Systeme ermittelt. Kleinere Unternehmen, mit einer geringen Digitalisierungstiefe, gehören häufig nicht zu den Anwendern der OEE. Die Ermittlung der einzelnen Faktoren dieser Kennzahl ist mit Aufwand und Kosten verbunden, die nicht direkt zu Kosteneinsparungen oder zusätzlichen Produktionskapazitäten führen. Ein Herabsetzen dieser Einstiegs-hürde, beispielsweise durch einen geeigneten OEE-Sensor, würde mehr Anwendern den Zugang zu einer qualifizierten Prozess- und Anlagenbewertung ermöglichen.

### Intelligente Sensoren

In dem vorliegenden Projekt wurde eine generische OEE-Box entwickelt, die als intelligenter Sensor einen niederschweligen Zugang zur Prozessanalyse ermöglicht. Die digitalen Signale kommen im einfachsten Fall von Tastern, die vom Werker betätigt werden. Mit einer Investition in komplexere Sensorik kann die Erfassung automatisiert werden, was auch im Nachhinein als Upgrade für die OEE-Box erfolgen kann. Beispielsweise kann ein induktiver Sensor die Anwesenheit eines Werkstücks oder eine Objektinspektionskamera die Qualität automatisch erfassen. Soweit kann man eine OEE-Box als komplexen Sensor verstehen.

Die Besonderheit ist eine einfache und durchgängige Integration in den Industrie 4.0 Framework. Heute ist es noch üblich, dass Sensoren an SPSen angebunden werden. Die Vorverarbeitung und Bereitstellung der Daten erfolgt in der Regel OPC-UA. Dieser Weg ist häufig umständlich und erfordert eine Programmierung auf den Steuerungssystemen. In der OEE-Box erfolgt eine Parametrierung des

Sensors auf der Basis einer semantischen Schnittstelle, so dass die Prozessinformation ohne explizite Programmierung vollständig bereitgestellt werden. Darüber hinaus ermöglicht die semantische Beschreibung der OEE-Funktionalität eine einheitliche Verwendung der Informationen der OEE-Box sowohl in der konventionellen OT-SPS-Welt als auch als isolierte Edgecloud-Anbindung. Abbildung 4 zeigt die prinzipielle Anbindung über IO-Link zur OT-Welt und MQTT als klassische Cloud-Anbindung.

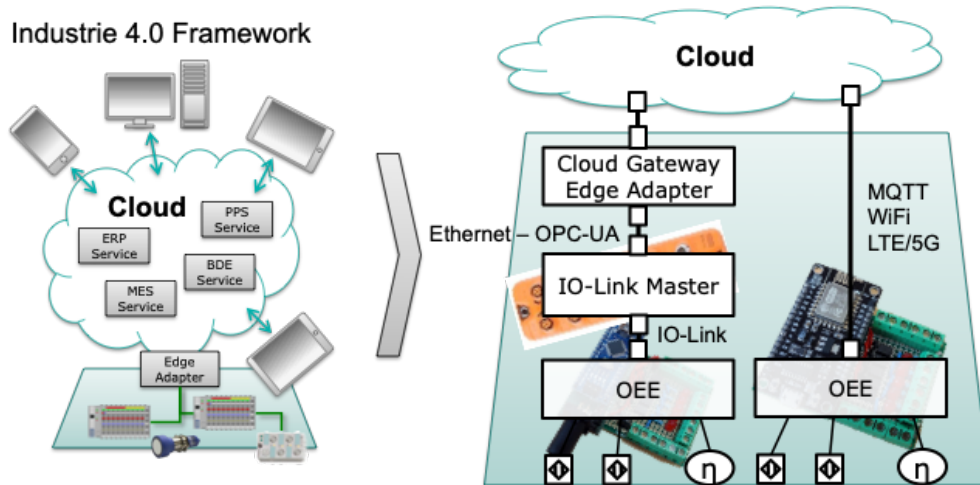


Abb. 4: Anbindung intelligenter Sensoren im I4.0 Kontext

IO-Link bietet mit der IODD (IO-Link Device Description) eine ausgezeichnete Möglichkeit komplexe Devices in einer einheitlichen Semantik zu beschreiben. Durch die inhärente Komplexität der bezogenen Daten der OEE, also individuelle Planzahlen und zeitliche Abhängigkeiten, ist eine Konfiguration der OEE-Box für den spezifischen Kontext notwendig. Ein vergleichbares Verhalten ist auch für die OEE-Box in der MQTT-Cloud-Variante notwendig. Hier wird die identische Semantik auf die JSON-Beschreibung der OEE-Box übertragen. Implementiert wurden die OEE-Boxen auf einen Arduino-Framework für IO-Link Sensoren als auch auf eine Arduino-Node-MCU. Der Basiscode für die OEE-Software und die generelle Semantik können so weitestgehend identisch gehalten werden.

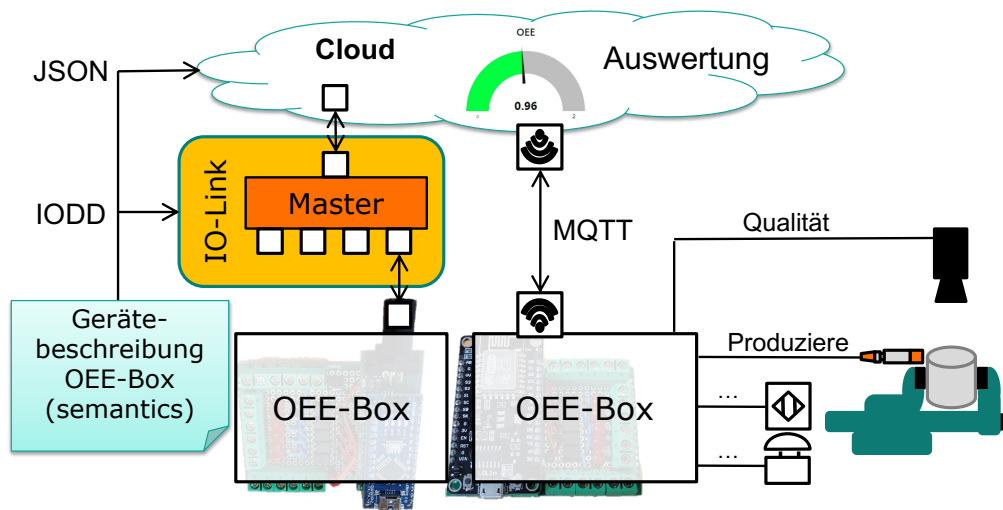


Abb. 5: Die OEE-Boxen verhalten sich identisch in den OT und IT Systemwelten

## Proof of Concept

Zur Evaluierung der generischen OEE-Boxen wurden unterschiedliche Fertigungsschritte bei der Montage von Halbzeugen der Firma Item untersucht. In der folgenden Abbildung sind Montagehilfsmittel zur Handgriffmontage abgebildet. Diese wurden mit geeigneten Sensoren versehen, so dass der gesamte Montageprozess automatisiert erfasst werden konnte.

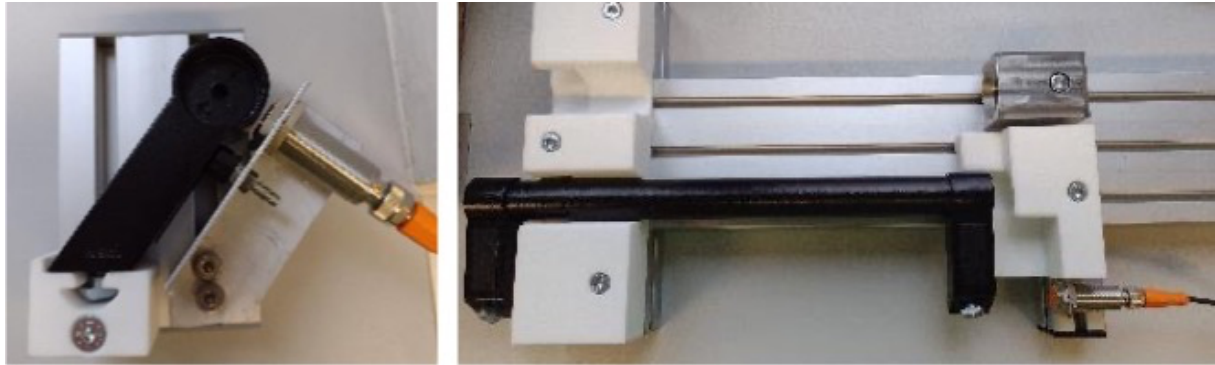


Abb. 6: Montageeinrichtung für die manuelle Handgriffmontage

Es hat sich gezeigt, dass die manuellen Arbeitsschritte mit verhältnismäßig geringem Aufwand automatisiert erfasst werden können. Die Arbeitsbeschreibung reichte in der Regel aus, um prinzipielle Indikatoren zu identifizieren wann ein Arbeitsschritt gestartet oder beendet wurde. Die Umsetzung in beiden Technologievarianten IT (MQTT) und OT (IO-Link und OPC-UA) brachten gleiche Ergebnisse. Der Aufwand ist für jeweils beide Welten identisch gering. Die semantischen Beschreibungen halfen bei der Anbindung der OEE-Boxen.

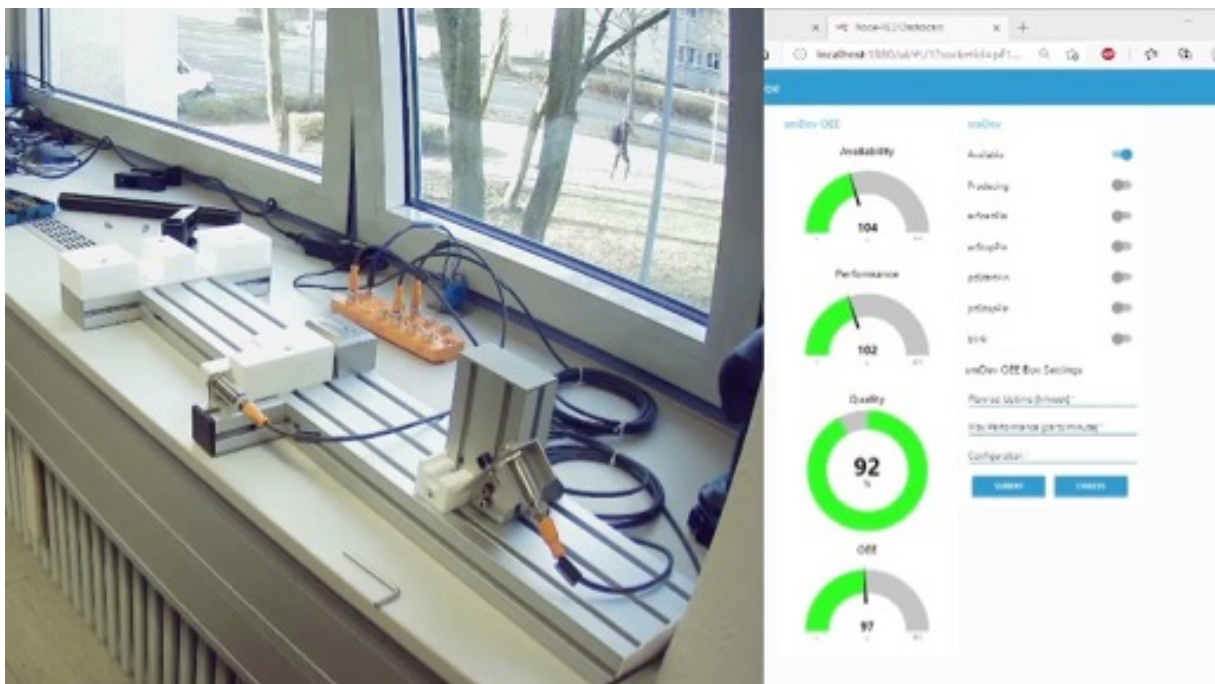


Abb. 6: Manuelle Handgriffmontage mit OEE-Datenerfassung

Im Netzwerk angeschlossene OEE-Boxen werden automatisch erfasst und können über ein Web-Interface konfiguriert werden. Eine Multiplikation der OEE-Faktoren

mehrerer OEE-Boxen ermöglicht die Bewertung des OEE-Faktors einer Gruppe von Montagesystemen.

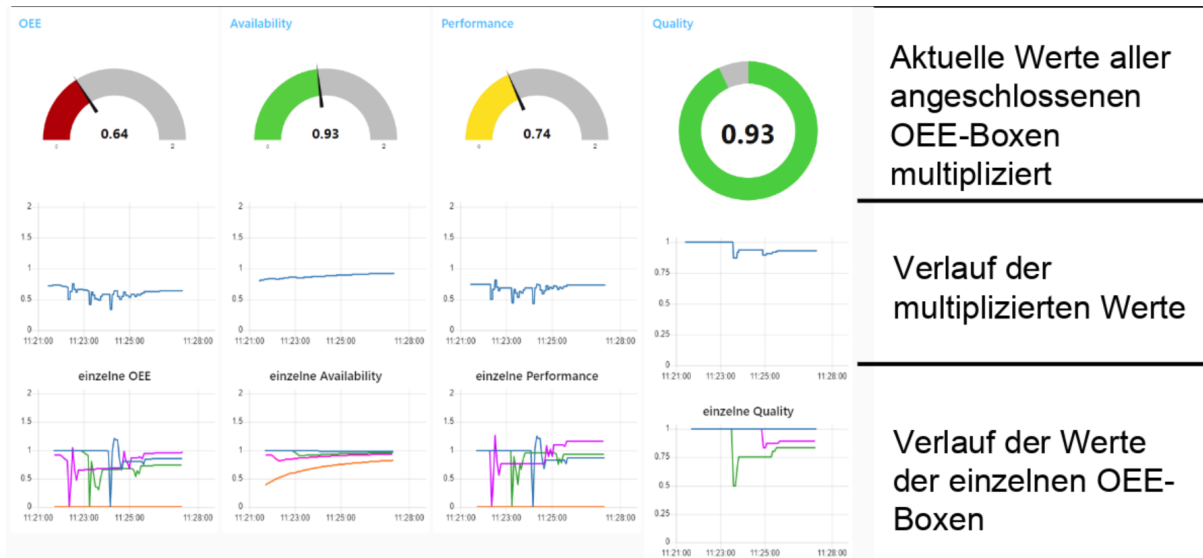


Abb. 8: Paralleler Betrieb mehrerer OEE-Boxen

Die OEE-Boxen liefern neben den berechneten OEE-Faktoren zusätzlich den aktuellen Zustand der überwachten Montage sowie Stückzahlen von Gut- und Schlecht-Teilen. Diese Daten wurden zusammen mit den IDs der eingesetzten OEE-Boxen in einer Datenbank gespeichert. Dies ermöglicht die Berechnung der OEE Faktoren über einen beliebigen Zeitraum. So kann die OEE-Kennzahl von verschiedenen, frei wählbaren Zeitabschnitten verglichen werden. Dies ermöglicht eine objektive Bewertung von Änderungen.

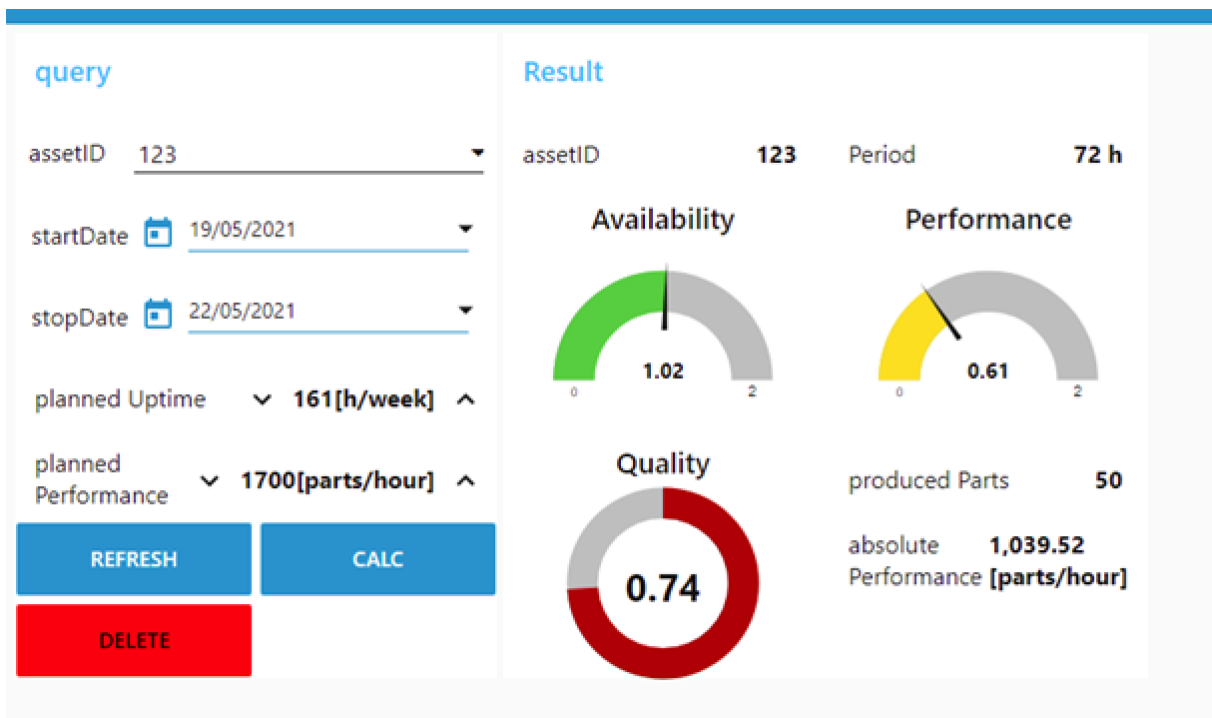


Abb. 7: Auswertung über beliebigen Zeitraum aus Datenbank

## Zusammenfassung und Ausblick

Industrie 4.0 lebt von einer intelligenten Erfassung von Prozessparametern zur Optimierung von Prozessen und Abläufen. Die OEE bietet eine ausgezeichnete Möglichkeit Verfügbarkeit und Performance von Anlagen und Maschinen zu bewerten. In dem vorliegenden Projekt konnte eine Systematik für OEE-Boxen entwickelt werden, die auf der Basis einer einheitlichen Prozesssemantik realisiert wurde. Hierbei wurde der Weg IO-Link für die klassische OT-Welt und MQTT für die IT-Welt implementiert. Der Core wurde auf einem Arduino-Framework aufgebaut, so dass sowohl die Systemlogik als auch die Semantik konsistent blieben. Die praktische Umsetzung in der Vorfertigung von Modulen hat gezeigt, dass die gewählte Systematik eine vergleichsweise einfache und konsistente Möglichkeit zur Erfassung von OEE-Parametern ermöglicht. Der Ansatz ermöglichte das Ableiten eines Produktes für intelligente OEE-Boxen.

- 
- [1] V. Chavez and J. Wollert, "Arduino based Framework for Rapid Application Development of a Generic IO-Link interface," in Kommunikation in der Automation, 2018.