

„Ulrich Jumar, Christian Diedrich (Hrsg.):
EKA 2024 - Entwurf komplexer Automatisierungssysteme, 18. Fachtagung“

Integration von Zeitreihendaten in die Verwaltungsschale

Pragmatische Umsetzung des Standards für die Anwendung in der Automatisierungsindustrie

Aaron Zielstorff¹, Dirk Schöttke², Fiona Helena Büttner³, Thomas Kämpfe⁴ und Stephan Schäfer⁵

Abstract: Die Digitalisierung von Prozessen führt zu einer Zunahme bei der Generierung umfangreicher Datenmengen. Diese ermöglichen weitere Analyseverfahren, wie zum Beispiel die Optimierung von Prozessparametern, die Erkennung von Anomalien, die Steigerung der Maschineneffizienz und die effizientere Planung von Wartungsarbeiten. Eine zentrale Herausforderung dabei ist die pragmatische Integration dieser Informationen in bestehende und zukünftige Systemlandschaften. Hierfür bietet sich die Nutzung der Verwaltungsschale (AAS) unter Verwendung der „Time Series Data“ Teilmodellvorlage an. Sie stellt einen einheitlichen Standard für die Integration und semantische Beschreibung von Zeitreihendaten innerhalb der Verwaltungsschale dar. Der vorliegende Beitrag illustriert die Einbindung von Zeitreihendaten in die AAS-Umgebung zur Wertschöpfung aus generierten Prozessinformationen.

Keywords: Digitaler Zwilling, Verwaltungsschale, Zeitreihen, Historische Daten, Digitale Wertschöpfung

1 Einleitung

Im Rahmen der Digitalisierung nimmt die Integration und effiziente Nutzung von Daten eine Schlüsselrolle in der Automatisierungstechnik ein. Die Verwaltungsschale (AAS) ist in diesem Kontext eine zentrale Komponente, die es als Standard ermöglicht, einen lebenszyklusübergreifenden Austausch von Informationen zu einem Asset zu gewährleisten [Dr23]. Die stetige Zunahme von Datenquellen, unter anderem ausgelöst durch die starke Zunahme von „smarten“ Sensoren und kostengünstigen

¹ HTW Berlin, FB1, Wilhelminenhofstraße 75A, 12459 Berlin, Aaron.Zielstorff@htw-berlin.de, 
<https://orcid.org/0009-0001-2476-8415>

² HTW Berlin, FB1, Wilhelminenhofstraße 75A, 12459 Berlin, Dirk.Schoettke@htw-berlin.de, 
<https://orcid.org/0009-0001-9401-9698>

³ HTW Berlin, FB1, Wilhelminenhofstraße 75A, 12459 Berlin, Fiona.Buettner@student.htw-berlin.de, 
<https://orcid.org/0009-0005-6993-8368>

⁴ HTW Berlin, FB1, Wilhelminenhofstraße 75A, 12459 Berlin, Thomas.Kaempfe@htw-berlin.de, 
<https://orcid.org/0009-0007-5703-0226>

⁵ HTW Berlin, FB1, Wilhelminenhofstraße 75A, 12459 Berlin, Stephan.Schaefer@htw-berlin.de, 
<https://orcid.org/0009-0008-6198-1582>

Speicheroptionen, führt zu einer wachsenden Generierung von Zeitreihendaten [SHS18]. Diese Daten bilden ein großes Potential für die Wertschöpfung, indem sie tiefere Einblicke in Betriebsprozesse ermöglichen und fortgeschrittene Analysemethoden wie prädiktive Wartung, Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung ermöglichen. Die Herausforderung besteht nicht nur in der effektiven Erfassung von Zeitreihen- und historische Daten, sondern auch in deren konsistenter Bereitstellung. Hierfür bietet das „Time Series Data“ Submodel Template (Teilmodellvorlage) einen Standard für die Integration und semantische Beschreibung von Zeitreihendaten in der Verwaltungsschale [Id23]. Diese interoperable Beschreibung ermöglicht es, die generierten Datenpunkte im Lebenszyklus des Assets zu interpretieren und effektiv zu nutzen.

2 Stand der Forschung & Anwendungsfall

2.1 Time Series Data Submodel Template

Die Industrial Digital Twin Association (IDTA) definiert eine Reihe standardisierter Teilmodellvorlagen. Dabei handelt es sich um Datenmodelle, die eine semantisch definierte Datenstruktur zur Beschreibung eines spezifischen Zusammenhangs darstellen [Be20]. Zu diesen Teilmodellen zählen beispielsweise das „Digital Nameplate“ (Digitales Typenschild), „Handover Documentation“ (Übergabe Dokumentation) und auch „Time Series Data“ (Zeitreihendaten) [Pl21]. Das Teilmodell für Zeitreihendaten stellt einen Ansatz für die semantische Beschreibung dieser Daten über den Lebenszyklus eines Assets dar. Die Spezifikation definiert dabei die Integration externer Datenquellen (z.B. Datenbanksysteme) sowie die Speicherung von Zeitreihendaten in der Verwaltungsschale selbst [Id23]. Die Nutzung des Teilmodells beginnt bereits in der Engineering Phase eines Assets (Asset Typ).

In dieser Phase wird das Teilmodell basierend auf Metadaten des zugehörigen Produkttyps erstellt. Der Fokus des Time Series Data Teilmodells liegt jedoch auf der Phase nach der Instanziierung eines Produktes mit der Speicherung von erzeugten Datensätzen [Id23].

Das Teilmodell teilt Zeitreihendaten in sogenannte Zeitreihensegmente ein. Dabei ist ein Zeitreihensegment als eine Teilsequenz der Variablen innerhalb einer Zeitreihe definiert. Ein Segment besitzt generell einen Namen, eine Beschreibung, eine Eigenschaft zur Angabe der Anzahl der Datensätze, eine Startzeit und eine Endzeit [Id23]. Es können ebenfalls weitere benutzerdefinierte Eigenschaften eingebettet werden (z.B. Abstrakte oder Status, ob ein Segment bereits abgeschlossen ist).

Der Standard unterscheidet zwischen drei Typen von Zeitreihensegmenten (vgl. [Id23]).

1. **InternalSegment:** Dieser Typ erlaubt die Verwaltung der Struktur und des Inhalts von Zeitreihendaten in der Verwaltungsschale selbst. Er ist geeignet für die Integration weniger Datenpunkte. Dies ist z.B. bei der Übergabe von Zeitreihendaten unter Verwendung von Verwaltungsschalen der Fall.
2. **LinkedSegment:** Das LinkedSegment ermöglicht es einer Industrie 4.0-Anwendung, den Endpunkt eines externen Systems unter Angabe einer Abfrageklausel auszulesen. Hierbei wird die Zeitreihe nicht von der Verwaltungsschale verwaltet. Anwendungsfälle umfassen die Brownfield Integration, bei welcher Massendaten anfallen, die wiederum dynamischer Natur sein können (kontinuierliche Updates des externen Systems).
3. **ExternalSegment:** Der Typ ExternalSegment ermöglicht es eine Daten- oder BLOB-Datei zu finden, in welcher die Zeitreihendaten abgespeichert sind. Das Segment findet bei statischen Zeitreihendaten Anwendung (insbesondere in der Brownfield Integration). Anwendungsfall ist auch hier die Übergabe von Zeitreihendaten bei einer generell geringen Anzahl an Zugriffen auf den Datensatz.

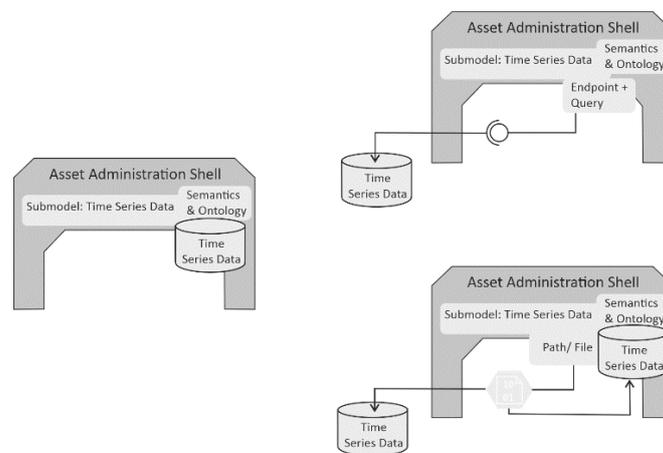


Abb. 1: Typen von Zeitreihensegmenten (Quelle: [ID02])

2.2 Industrieller Anwendungsfall

Im Rahmen eines Retrofit-Projektes wurde beim Projektpartner der EAW – Relaisstechnik GmbH ein Niet- und Schweißautomat (siehe Abbildung 2) vollständig modernisiert. Der Automat beinhaltet eine umlaufende Werkzeugkette, welche im Drei-Sekundentakt Federbleche entlang mehrerer Bearbeitungsstationen führt. An diesen Stationen werden

den Federblechen Nietschaltstücke bereitgestellt und vernietet, sowie ein Kontaktmesser angeschweißt. Abschließend werden die fertigen Kontaktfedern gebogen und sortiert.

Im Unternehmen erfolgt aktuell die schrittweise Aufbereitung des Digitalisierungsprozesses unter Nutzung von Verwaltungsschalen. Im Rahmen des Prozesses werden auch relevante Prozessinformationen zur Bewertung der Produktionsabläufe erfasst und visualisiert. Im Beispielautomat betrifft dies den Ressourcenverbrauch, die Überwachung der Versorgung, die Erfassung des Kühlkreislaufes, sowie die Gut- und Schlechteildetektion.

Die genannten Informationen sollen ohne Eingriff in die Prozesse bereitgestellt werden. Ziel ist die Implementierung eines digitalen Zwillings in Form einer Verwaltungsschale zur Prozessüberwachung wie auch zur Informationsbereitstellung für die Optimierung der Anlageneffizienz.



Abb. 2: Niet- und Schweißautomat der EAW Relaistechnik GmbH

Unter Nutzung der Verwaltungsschale werden hier diverse Teilmodelle angelegt. Im Kontext des Beitrages soll insbesondere das Time Series Data Teilmodell mittels der aufgenommen Zeitreihendaten Mehrwerte generieren. Folgenden Ziele werden angestrebt:

- Steigerung der Gesamtanlageneffektivität (Overall Equipment Effectiveness, OEE) durch Betriebszeiten- und Leistungsdatenüberwachung
- Prozessoptimierung über die Analyse von Zeitreihendaten bezogen auf die Produktqualität und den Materialverbrauch
- Zustandsüberwachung und Anlagenmonitoring von Schlüsselindikatoren (Key Performance Indicators, KPIs)
- Analyse der Energieverbrauchsdaten zur Steigerung der Energieeffizienz durch Verbrauchsoptimierungen
- Fehleridentifikation und Diagnose zur Minimierung von Ausfallzeiten und Steigerung der Zuverlässigkeit
- Optimierung der Wartungsintervalle basierend auf tatsächlichen Abnutzungswerten und Nutzmustern
- Überwachung der Produktqualität während der Produktion zur Sicherstellung der geforderten Spezifikationen
- Vorhersage des Werkzeugverschleißes zur prädiktiven Wartung und Verhinderung von Ausfallzeiten

Der Niet- und Schweißautomat ist zur Generierung der notwendigen Zeitreihendaten mit diversen Sensoren ausgestattet. Aufgenommen werden unter anderem die elektrischen Parameter, die Erfassung der Betriebsstunden, der Durchfluss des Kühlsystems, sowie die Qualität der Fertigung über die Gut-/Schlechteildetektion. Da als Steuerungskonzept eine Zustandsmaschine auf Basis der OMAC PackML implementiert wurden, können ebenfalls weitere Informationen wie die Anlagenzustände bereitgestellt werden.

Im konkreten Anwendungsfall handelt es sich um Geräte (u.a. Industriesteuerungen), die das MQTT- Protokoll unterstützen. Als Clients besitzen sie die Möglichkeit, ihre Messdaten an einen MQTT-Broker zu übermitteln (publish), so dass diese von einem anderen MQTT-Client entgegengenommen werden können (subscribe). Vorteile in der Nutzung des Protokolls ergeben sich aus der eventbasierten Kommunikationsinfrastruktur, da nur bei Zustandsänderungen Informationen über das Netzwerk transferiert werden und eine höhere Datenübertragungseffizienz zu erreichen [MQ00].

3 Architektur & Implementierung

Um einen Mehrwert aus den genannten Betriebsdaten eines Assets zu generieren, müssen diese zunächst persistiert werden, so dass auf aktuelle und historische Daten zugegriffen werden kann. Im beschriebenen Anwendungsfall werden kontinuierlich neue Daten generiert. Da die Zeitreihendaten somit nicht statischer Natur sind, empfiehlt es sich für die Integration in die Verwaltungsschale das „LinkedSegment“ aus der IDTA-Spezifikation anzuwenden.

3.1 Architektur für die dynamische Integration von Zeitreihendaten

Das Time Series Data Teilmodell benötigt in der Implementierung zwei wesentliche Architekturkomponenten, die für die Integration von Zeitreihendaten in der Verwaltungsschale von Bedeutung sind. Auf der einen Seite bedarf es der Implementierung der Verwaltungsschale inklusive der Teilmodelle und Concept Descriptions. Konkret handelt es sich dabei um das sog. AAS Environment, bestehend aus dem AAS Repository, dem Submodel Repository und dem Concept Description Repository [BA00]. Auf der anderen Seite wird ein Datenbanksystem zur Ablage der Zeitreihendaten benötigt.

BaSyx, mitsamt seiner Off-the-Shelf-Komponenten, stellt eine mögliche und frei verfügbare Implementierung der Verwaltungsschale dar. BaSyx setzt als Middleware die Spezifikationen der IDTA bezüglich des Verwaltungsschalenmetamodells, der Application Programming Interfaces (API) und der Embedded Data Specifications um. Es stellt die Möglichkeit bereit, Laufzeitinstanzen von Verwaltungsschalen zu starten, welche über ihre Schnittstellen (API) von Industrie 4.0 Applikationen ausgelesen werden können [BA01].

Zur Speicherung von Zeitreihendaten existieren mehrere dedizierte Datenbanklösungen. Diese zeichnen sich durch ihre Leistung bei der Handhabung großer Datenmengen und einer hochfrequenten Generierung von Datenpunkten aus. Eine beispielhafte Datenbank für Zeitreihendaten ist „InfluxDB“. Vorteile von InfluxDB sind die niedrige Latenzzeit für Abfragen, die optimierte Datenkompression und die Möglichkeit der Datenabfrage über http/REST [IN00].

Damit im Anwendungsfall aufgenommene Messwerte von den Sensoren in der Datenbank abgelegt werden können, müssen diese über Konnektoren angebunden werden. BaSyx stellt eine mögliche Komponente für die Anbindung an diverse industrielle Protokolle bereit. Die sog. „DataBridge“ unterstützt beispielsweise OPC UA, MQTT, Kafka und einige weitere Protokolle [DA00]. Jedoch beschränkt sich der Anwendungsfall der DataBridge bisher ausschließlich auf den Transfer von Livedaten zwischen dem Asset und der Verwaltungsschale selbst.

3.2 Telegraf

Im Bereich der Datenbankanbindung von Assets existieren ebenfalls Komponenten, die dieses Problem adressieren. So gibt es beispielsweise die Komponente „Telegraf“, die als Daten Konnektor für InfluxDB Datenbanken eingesetzt werden kann. Ähnlich wie auch bei der DataBridge werden diverse Kommunikationsprotokolle unterstützt. Diese finden unter anderem beim „Internet of Things“ (IoT) Verwendung. Ein Beispiel hierfür ist das MQTT-Protokoll, welches im beschriebenen Anwendungsfall eingesetzt wird. Dies kann ebenso von Telegraf eingesetzt werden.

Abb. 3 zeigt eine Komponentenübersicht für die Assetintegration beim Einsatz von Verwaltungsschalen während der operativen Phase eines Assets. Auf der rechten Seite ist die Übertragung von Livedaten über die DataBridge aufgeführt. Links zu erkennen in der Abbildung ist das Datenbanksystem (InfluxDB) und Telegraf für das Abfragen und Speichern von generierten Zeitreihendaten aus dem Asset bzw. den installierten Sensoren. Über das Time Series Data Teilmodell kann eine Industrie 4.0 Anwendung (hier das BaSyx AAS Web UI) auf den Endpunkt und den Abfrageterm für die Zeitreihendatenbank zugreifen und den Datensatz aus der Datenbank abfragen. Das bedeutet, dass auch bei einem eventuellem Verbindungsverlust zu dem Asset kein Error entstehen wird, sondern ein Null-Wert gespeichert werden kann und die Visualisierung dies auch zeigt. Außerdem ermöglicht es die längere Beobachtung von Prozessen, da die Daten bis zum Aufzeichnungsbeginn zurückverfolgt werden können.

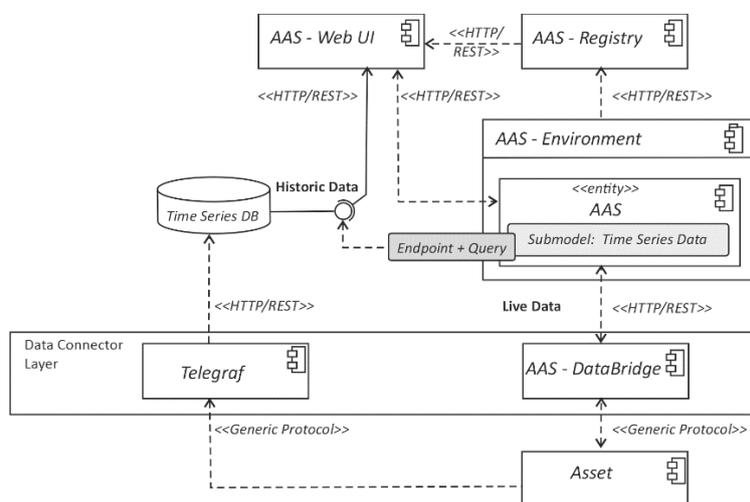


Abb. 3: Architektur für die Asset-Integration und Integration von Zeitreihendaten über das Time Series Data Teilmodell

3.3 PlugIn-Mechanismus und Visualisierung von Zeitreihen

Mit der Digitalisierung folgt zwangsläufig die Forderung, Informationen rollenspezifisch darzustellen. Die betrifft sowohl die Inhalte als auch die Form der Visualisierung. Mit einem PlugIn-Mechanismus ist es möglich, zugeschnittene Nutzerschnittstellen einzubetten.

PlugIns können Teilmodell-spezifisch erstellt und aufgrund der einfachen Einbindung firmenübergreifend genutzt werden. Die dynamische Einbindung erfolgt, indem das neu erstellte PlugIn in einem dafür vorgesehenen Ordner abgelegt wird. Um festzustellen, ob ein PlugIn für ein Teilmodell verfügbar ist, wird dessen SemanticId überprüft. Existieren PlugIns, werden sie beispielweise im AAS-WebUI dem Nutzer zur Verfügung gestellt.

Für das Teilmodell TimeSeriesData wurde ein entsprechendes Plugin umgesetzt, welches die Darstellung der Zeitreihendaten über Diagramme ermöglicht. Die Diagramme können vom Nutzer, mit Hilfe von Diagramm-spezifischen Optionen, angepasst werden.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Integration von Zeitreihendaten in die Verwaltungsschale über das „Time Series Data“ Teilmodell bietet signifikante Vorteile gegenüber vergleichbaren proprietären Lösungen. Ein entscheidender Mehrwert entsteht durch die Skalierungseffekte, die sich aus der Anwendung dieses Standards ergeben. Der Einsatz einheitlicher und interoperabler Schnittstellen vereinfacht die Integration von Informationen aus heterogenen Datenquellen erheblich, was in komplexen Fertigungsumgebungen zur Reduktion von Integrationsaufwänden und -kosten führt.

Zudem fördert das Teilmodell die Sicherstellung der Datenqualität und -konsistenz durch eine harmonisierte und semantisch eindeutige Beschreibung von Zeitreihendaten. Im Gegensatz zu proprietären Lösungen, die oft isolierte Dateninseln schaffen, erleichtert der Standard die system- und unternehmensübergreifende Datenintegration. Die Verwaltungsschale fungiert dabei als zentrale Schnittstelle für sämtliche Asset-bezogenen Informationen, wodurch Anwendungen für fortschrittliche Analysemethoden, wie prädiktive Wartung und Qualitätskontrolle, optimierten Zugriff auf die benötigten Daten erhalten.

Darüber hinaus ermöglicht die standardisierte Einbindung von Zeitreihendaten in die AAS eine effizientere Nutzung von Machine Learning und KI-Technologien, was zu weiteren Optimierungen in der Prozessüberwachung und Anlagenwartung führt. Dadurch können Unternehmen ihre digitalen Transformationen effektiver vorantreiben und einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil in einer zunehmend datengetriebenen Industrielandschaft erzielen.

Diese Forschungsarbeit wurde im Forschungsvorhaben „Basys4Transfer“ durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF unter der Nummer (01|S22089G) gefördert. Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung des BaSys4Transfer-Teams.

5 Literaturverzeichnis

- [Dr23] Drath, R. et.al.: Diskussionspapier – Interoperabilität mit der Verwaltungsschale, OPC UA und AutomationML, Zielbild und Handlungsempfehlungen für industrielle Interoperabilität, Techn. Ber., 2023.
- [SHS18] Schütze, A.; Helwig, N.; Schneider, T.: Sensors 4.0 – smart sensors and measurement technology enable Industry 4.0. *Journal of Sensors and Sensor Systems* 7/1, S. 359–371, 2018
- [Id23] Industrial Digital Twin Association e.V.: IDTA 02008-1-1 Time Series Data, Frankfurt am Main, 2023.
- [Be20] Bedenbender, H. et.al.: Verwaltungsschale in der Praxis, Techn. Ber., Plattform Industrie 4.0, 2020.
- [Pl21] Plattform Industrie 4.0: VWS-Referenzmodellierung, Exemplarische Modellierung einer fertigungstechnischen Anlage mit AASX Package Explorer auf Basis des VWS-Metamodells, Techn. Ber., 2021.
- [BP21] Bansal, M.; Priya: Performance Comparison of MQTT and CoAP Protocols in Different Simulation Environments. In (Ranganathan, G.; Chen, J.; Rocha, Á., Hrsg.): *Inventive Communication and Computational Technologies*. Springer Singapore, Singapore, S. 549–560, 2021.
- [Ec24] Eclipse BaSyx: AAS Environment, 2024, url: <https://github.com/eclipse-basyx/basyx-java-server-sdk/tree/main/basyx.aasenvironment>, Stand: 12.01.2024.
- [In24a] Influx Data: InfluxDB Time Series Data Platform, 2024, url: <https://www.influxdata.com/>, Stand: 12.01.2024.
- [SKA23] Schnicke, F.; Kuhn, T.; Antonino, P. O.: Eclipse BaSyx DataBridge – Datenintegration einfach machen! *atp magazin* 65/5, S. 50–58, 2023.
- [In24b] Influx Data: Telegraf - Time Series Data Collection, 2024, url: <https://www.influxdata.com/time-series-platform/telegraf/>, Stand: 12.01.2024.