



digibox - ein Edge-Messverstärker der die parallele Steuerung, Überwachung und Prozessdatenanalyse ermöglicht und damit eine nahtlose IT/OT Konnektivität gewährleistet



WHITE PAPER

digibox Industrial Parallele IT/OT-Konnektivität

Eine Plattform für deterministische Prozesssignale und hochauflösende Datenströme für Industrial AI und digitale Zwillinge

Executive Summary

Die digiBOX Industrial verbindet sample-synchrone Messdatenerfassung für DMS- und piezoelektrische Sensoren sowie parallele IT- und OT-Schnittstellen. Der Messverstärker kommuniziert ausgewählte Prozesswerte deterministisch an SPS, Feldbus und I/O und überträgt parallel Zustände, Parameter und vollständige Zeitreihen an IT-Anwendungen.

Auf der IT-Seite erfüllen MQTT, openAPI/REST und openDAQ unterschiedliche Rollen. MQTT verteilt verdichtete Kennwerte und Statusinformationen. openAPI orchestriert bedarfsgesteuerte Lese-, Schreib- und Aktionszugriffe auf das Objektverzeichnis. openDAQ überträgt den vollständigen Messdatenstrom mit bis zu 40 kS/s je Kanal. Dadurch können Qualitätsanalyse, Rückverfolgbarkeit, digitale Zwillinge und KI-Modelle auf derselben Messbasis aufbauen, die auch im Maschinenprozess verwendet wird.

Schnittstelle	Rolle	Typischer Nutzen
Feldbus / I/O	Regeln	Deterministische Prozessführung und schnelle Reaktion
MQTT	Verteilen	Kennwerte, Zustände, Events und IoT-Anbindung
openAPI	Orchestrieren	Parametrierung, Rezeptverwaltung und Service
openDAQ	Streamen	Hochauflösende Analyse, AI und Digital Twin

1. Anforderungen digitaler Messverstärker nach Industrie 4.0

Industrie 4.0 hat den vertikalen Datenaustausch zwischen Maschine, Leitsystem und Unternehmens-IT etabliert. Viele Implementierungen beschränken sich jedoch auf langsam aktualisierte Prozesswerte und Statusinformationen. Industrial AI, autonome Fertigung und digitale Zwillinge benötigen zusätzlich zeitlich hochaufgelöste, reproduzierbare Sensordaten.

Der zentrale Zielkonflikt besteht zwischen Determinismus und Datenumfang. Die SPS benötigt wenige, zuverlässig und planbar eintreffende Signale. Analyseanwendungen benötigen dagegen die vollständige Kurvenform und eine möglichst hohe Abtastrate. Eine moderne industrielle Messverstärkerplattform muss beide Anforderungen parallel erfüllen.



Abbildung 1: Rollenverteilung zwischen Prozessregelung, Prozessüberwachung und datenintensiver Analyse.

2. Gerätekonzept: Sensorik, Edge-Verarbeitung und Objektverzeichnis

2.1 Sensorische Basis

Je nach Ausführung besitzt die digiBOX zwei oder vier Eingänge für DMS-Vollbrücken und/oder piezoelektrische Sensoren. Die Kanäle erfassen sample-synchron mit 24-Bit-A/D-Wandlung und bis zu 40 kS/s je Kanal. Damit lassen sich statische und dynamische mechanische Größen wie Kraft, Gewicht, Drehmoment, Druck und Dehnung auf einer gemeinsamen Zeitbasis erfassen.

2.2 Integrierte Signalverarbeitung

Die integrierte Signalverarbeitung übernimmt Skalierung, Teach-in, Nullung, zweistufige Filterung sowie statistische und domänenspezifische Berechnungen. Dazu gehören Maximal-, Minimal- und Spitze-Spitze-Werte, Capture-Werte, Grenzwertschalter sowie Summen- und Schwerpunktfunktionen. Die Vorverarbeitung stellt jeder Schnittstelle den passenden Informationsgrad zur Verfügung.

2.3 Gemeinsames Objektverzeichnis

Messwerte, Parameter, Ergebnisse, Statusinformationen und Steuerfunktionen werden im Objektverzeichnis konsistent abgebildet. Feldbus, MQTT und openAPI greifen damit auf dieselbe semantische Gerätebasis zu. Das gerätespezifische Verzeichnis kann als CSV exportiert werden und ermöglicht damit eine effiziente Systemintegration.

3. Parallele IT/OT-Konnektivität

Die digiBOX besitzt physisch getrennte Schnittstellen für Industrial Ethernet und TCP/IP-basierte IT-Protokolle. Messdaten können gleichzeitig über Feldbus, analoge Ausgänge, digitale I/Os und Ethernet bereitgestellt werden. Die SPS bleibt für den deterministischen Prozess zuständig, während IT-Systeme unabhängig davon auf Kennwerte, Parameter oder hochauflösende Streams zugreifen.



Abbildung 2: Verdichtete digiBOX-Systemarchitektur mit Sensorik, Edge-Verarbeitung sowie paralleler OT- und IT-Anbindung.

Architekturprinzip: Die SPS verwendet die Signale, die der Regelkreis benötigt. IT-Anwendungen erhalten parallel genau die Messdatenrate, die ihr Anwendungsfall erfordert.

4. MQTT: Zustände, Kennwerte und IoT-Anbindung

Die digiBOX arbeitet als MQTT-Client nach Version 3.1.1 und unterstützt TLS 1.2. Bis zu vier Objekte aus dem Objektverzeichnis können zyklisch an einen Broker übertragen werden. Der schnellste zyklische Sendeabstand beträgt eine Sekunde. Zusätzlich ermöglicht JSON-RPC bedarfsgesteuerte Lese- und Schreibzugriffe.

- Geeignet für verdichtete Werte, Gerätezustände, Qualitätskennwerte und Ereignisse.
- Broker-Adresse, Port, Client-ID und optionale Zugangsdaten werden im Webserver konfiguriert.
- Für TLS ist eine gültige Zeitbasis über NTP erforderlich.
- Für vollständige schnelle Kurven ist openDAQ die geeignete Schnittstelle.

Use Case: Zustandsüberwachung einer Fügestation

- Die SPS führt den Fügevorgang über Industrial Ethernet aus.
- Die digiBOX berechnet lokal Peaks, Grenzwerte und Endwerte.
- MQTT publiziert ausgewählte Qualitäts- und Statusobjekte an den Broker.
- Ein Edge- oder Cloud-Dienst bildet Trends und erkennt Drift.
- Bei Auffälligkeiten werden weiterführende Diagnosewerte gezielt gelesen.

5. openAPI/REST: Parametrierung und vertikale Integration

Die REST-Schnittstelle ist durch eine openAPI-Spezifikation in Version 3.1.0 beschrieben. Anwendungen können Objekte des digiBOX-Objektverzeichnisses bedarfsgesteuert lesen und, sofern erlaubt, verändern oder Aktionen auslösen. Damit lassen sich MES-, Engineering-, Service- und Prozessumstellungen ohne manuelle Bedienung anbinden.

Use Case: Automatisierte Prozessumstellung

- Das MES ordnet dem nächsten Produkt einen validierten Parametersatz zu.
- Die Integrationsanwendung liest Status und aktiven Parametersatz.

- Freigegebene Parameter oder der Parametersatz werden kontrolliert aktiviert.
- Read-back und Plausibilitätsprüfung bestätigen den Zielzustand.
- Erst danach erhält die SPS die Produktionsfreigabe.

Grenze: openAPI ist transaktional und bedarfsgesteuert. Für Telemetrie ist MQTT effizienter, für kontinuierliche hochauflösende Zeitreihen openDAQ.

6. openDAQ Streaming: Hochauflösende Daten für Analyse und AI

Die digiBOX erfüllt openDAQ Compliance Level C und unterstützt Geräteerkennung sowie Streaming Messdaten können mit bis zu 40 kS/s je Kanal übertragen werden. Das SDK steht für Windows, Linux und macOS sowie für C++, C# und Python zur Verfügung. Die Geräteerkennung erfolgt in IPv4-Netzen über mDNS.

Use Case: Hochauflösende Prozessdaten für KI-basierte Qualitätsbewertung

- Die SPS steuert den Prozess und liefert Produkt- und Qualitätskontext.
- Ein Edge-PC zeichnet parallel die vollständigen Kraft- oder Dehnungsverläufe auf.
- Kurven werden mit Prozessphase, Prozessparameter Werkzeugzustand und Qualitätslabel verknüpft.
- Merkmale oder Modelle werden auf segmentierten Zeitreihen trainiert.
- Die validierte Inferenz läuft am Edge; die SPS erhält nur das entscheidungsrelevante Ergebnis.

Use Case: Digitaler Prozesszwilling

openDAQ liefert hochauflösende Zeitreihen, PTP kann mehrere Datenquellen auf eine gemeinsame Zeitbasis bringen, openAPI stellt Konfigurationskontext bereit und MQTT verbreitet ergänzende Zustände und Ereignisse. Zusammen entsteht ein konsistentes Datenpaket aus Kurvenform, Geräteparametern, Anlagenzustand und Produktkontext.

Drei IT-Zugriffsmuster, ein Objekt- und Datenmodell

Die Schnittstellen werden nach Aufgaben differenziert statt als austauschbare Protokoll-Liste dargestellt.



Abbildung 3: Aufgabenorientierte Differenzierung der IT-Protokolle MQTT, openAPI und openDAQ.

7. End-to-End-Zusammenspiel

Prozessphase	OT	MQTT	openAPI	openDAQ
Umrüstung	Prozess gesperrt	Status	Rezept prüfen/aktivieren	Optionaler Referenzstream
Produktion	Regelung	Kennwerte und Events	Bedarfsabfragen	Kurvenaufzeichnung
Qualität	Sofortreaktion	Ergebnis verteilen	Diagnose lesen	Vollständige Kurve
Optimierung	Freigegebene Werte	Trends und Warnungen	Parameter ausrollen	Trainingsdaten

Merksatz: MQTT verteilt, openAPI orchestriert, openDAQ streamt und der Feldbus regelt.

8. Cybersecurity und Netzwerkarchitektur

Die digiBOX unterstützt IPv4 mit DHCP, APIPA oder statischer Adresse. Nur MQTT kann über TLS geschützt werden. Webserver, openAPI und Streaming verwenden keine HTTPS-Verschlüsselung. Das Gerät sollte deshalb in einem geschützten Automatisierungsnetz betrieben werden. Externer Zugriff muss über geeignete Firewalls, VPN oder einen abgesicherten Edge-Layer erfolgen.

- IT- und OT-Netze segmentieren und nur erforderliche Kommunikationswege freigeben.
- MQTT mit TLS 1.2, individuellen Zugangsdaten und eindeutiger Client-ID betreiben.
- REST-Schreibzugriffe begrenzen, protokollieren und per Read-back überprüfen.
- openDAQ-Streaming nur zu kontrollierten Datenempfängern führen.
- Der Maschinenprozess muss auch bei Ausfall von Broker oder Analyse-PC definiert weiterlaufen oder sicher stoppen.

9. Auswahlhilfe und Pilotierung

Empfohlene Pilotierung

- Use Case und notwendige Zeitauflösung definieren.
- OT-Signale, IT-Kennwerte und Analysekanäle getrennt spezifizieren.
- Objektverzeichnis exportieren und Zugriffsrechte dokumentieren.
- Netzwerk, DNS, NTP/PTP, Ports und Verantwortlichkeiten festlegen.
- Ausfallfälle und sichere Betriebszustände testen.
- Nutzen anhand messbarer Kriterien bewerten.

10. Fazit

Die digiBOX Industrial entwickelt den digitalen Messverstärker zum Edge-Knoten zwischen physischem Prozess, Steuerung und datengetriebener Wertschöpfung. Die Trennung der Kommunikationsaufgaben verhindert, dass Cloud- oder Analyseanforderungen die Maschinenregelung dominieren. Gleichzeitig wird der vollständige Messdatenstrom für neue Anwendungen verfügbar.

Der entscheidende Mehrwert entsteht aus der koordinierten Nutzung aller Ebenen: Feldbus und I/O regeln, MQTT verteilt, openAPI orchestriert und openDAQ streamt. Eine einzige qualifizierte Messkette kann damit gleichzeitig Prozessführung, Qualitätsnachweis, Diagnose, digitalen Zwilling und Industrial AI unterstützen.

Anforderung	Bevorzugter Zugang
Deterministische Regelung	Fieldbus / I/O
Wenige Kennwerte an viele Verbraucher	MQTT
Gezielte Parameter- oder Aktionszugriffe	openAPI / REST
Schnelle Kurven und Rohdaten	openDAQ
Mehrere Geräte zeitlich korrelieren	openDAQ plus PTP