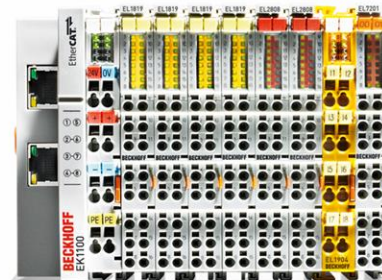


Industrial IoT: Integration von ThingSpeak™ und PC-basierter Steuerungstechnik

BECKHOFF

Dr. Fabian Bause
Produktmanager TwinCAT, Beckhoff Automation
f.bause@beckhoff.com

Dr. Rainer Mümmler
Senior Application Engineer, The MathWorks GmbH
Rainer.Muemmler@mathworks.de



Industrie-PC



EtherCAT Box



TwinCAT



Embedded-PC



Busklemmen



EtherCAT



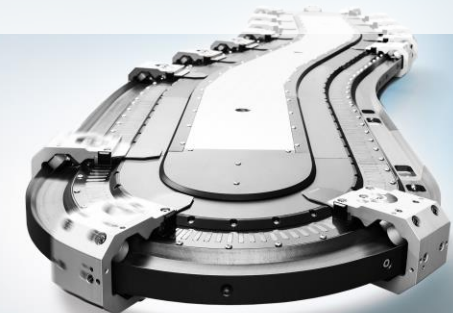
Infrastrukturkomponenten



Antriebstechnik

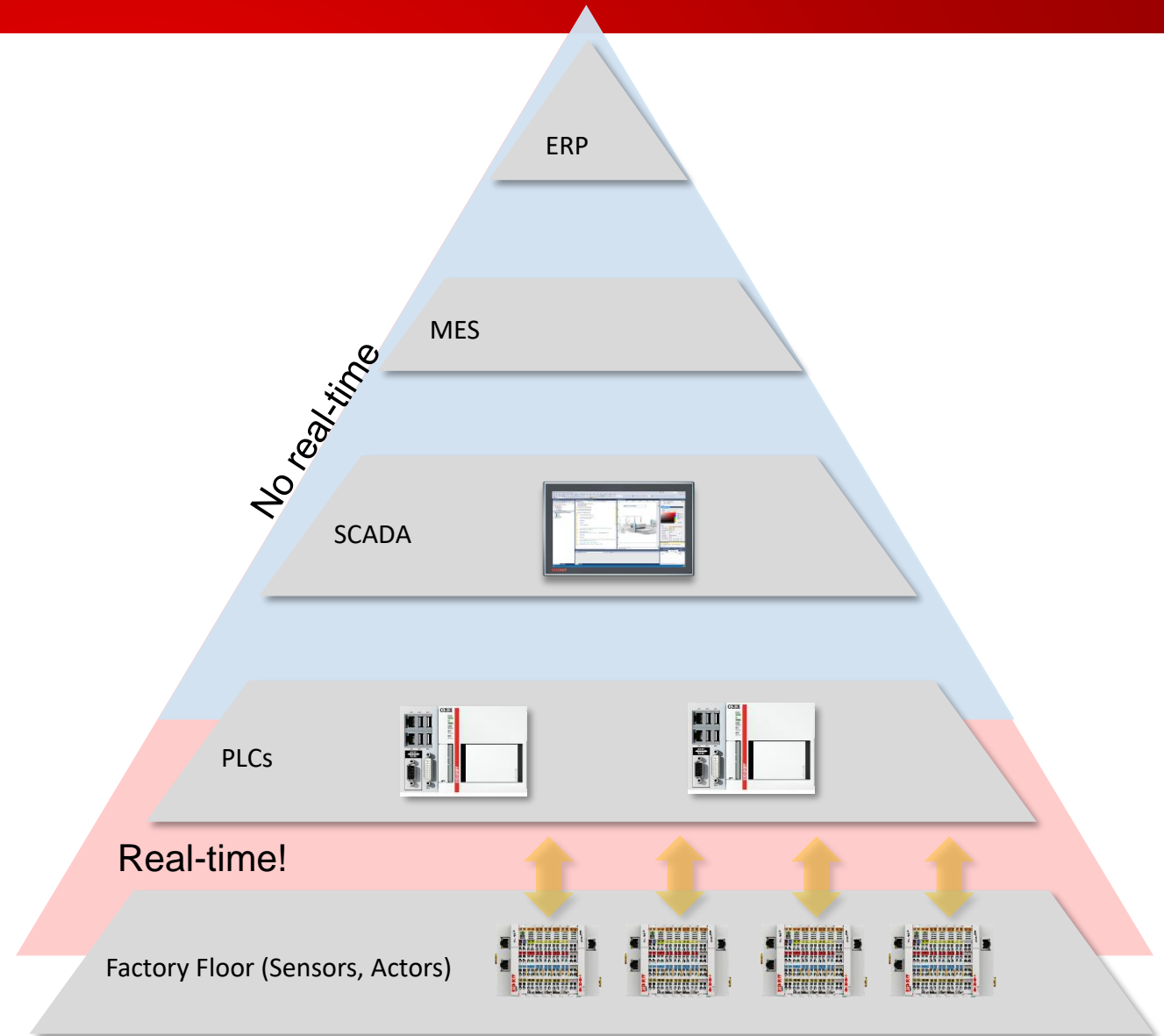


XTS

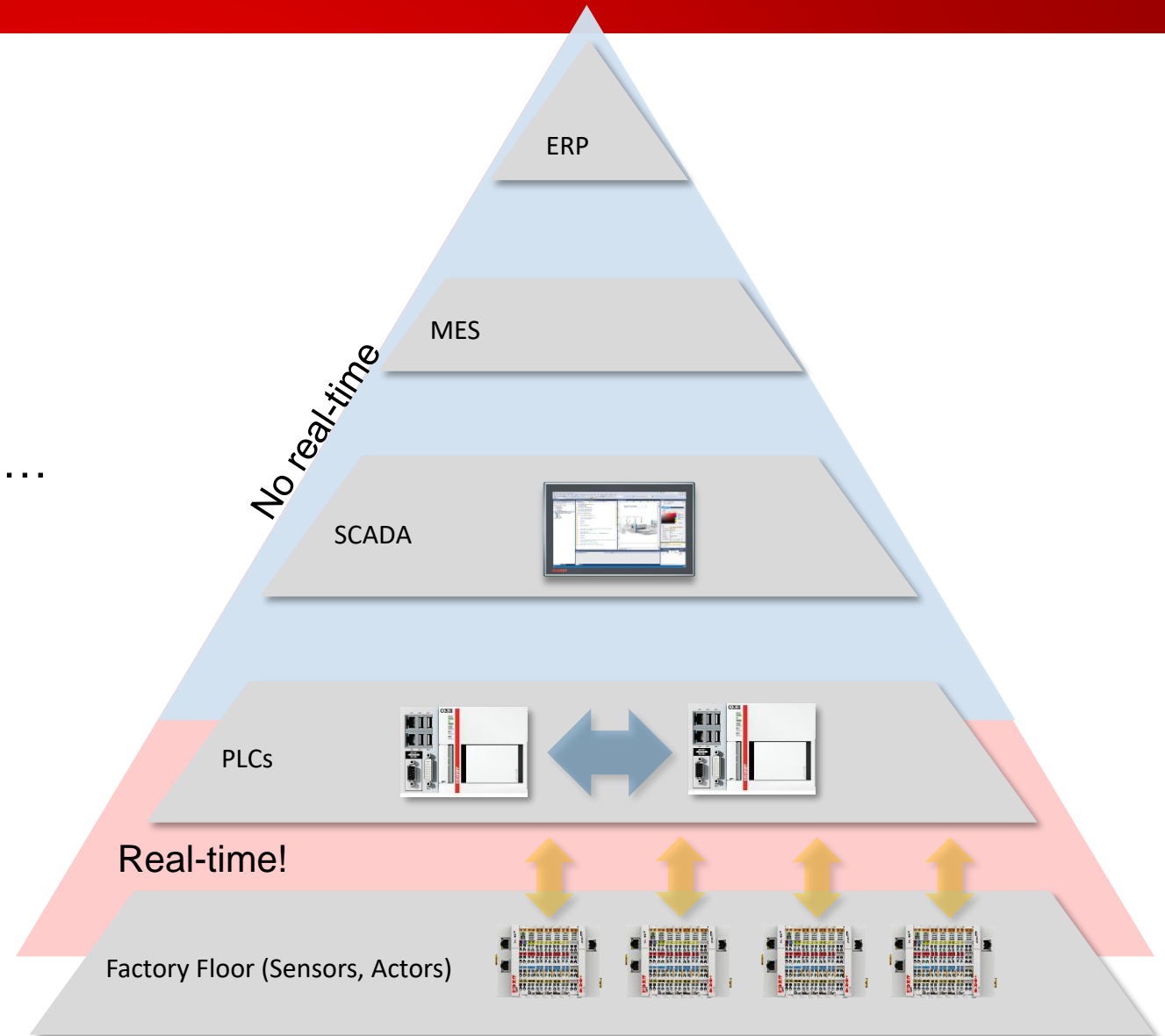


1. Die Automatisierungspyramide...
... und was hat das mit ThingSpeak™ zu tun?
2. Kommunikation mit MQTT...
... und warum das die Unternehmens-IT glücklich macht?
3. ThingSpeak™ – IoT Analytics Platform
4. Drei Beispiele zur Datenverarbeitung auf den Ebenen der Pyramide...
... und warum Flexibilität den Erfolg bringt?

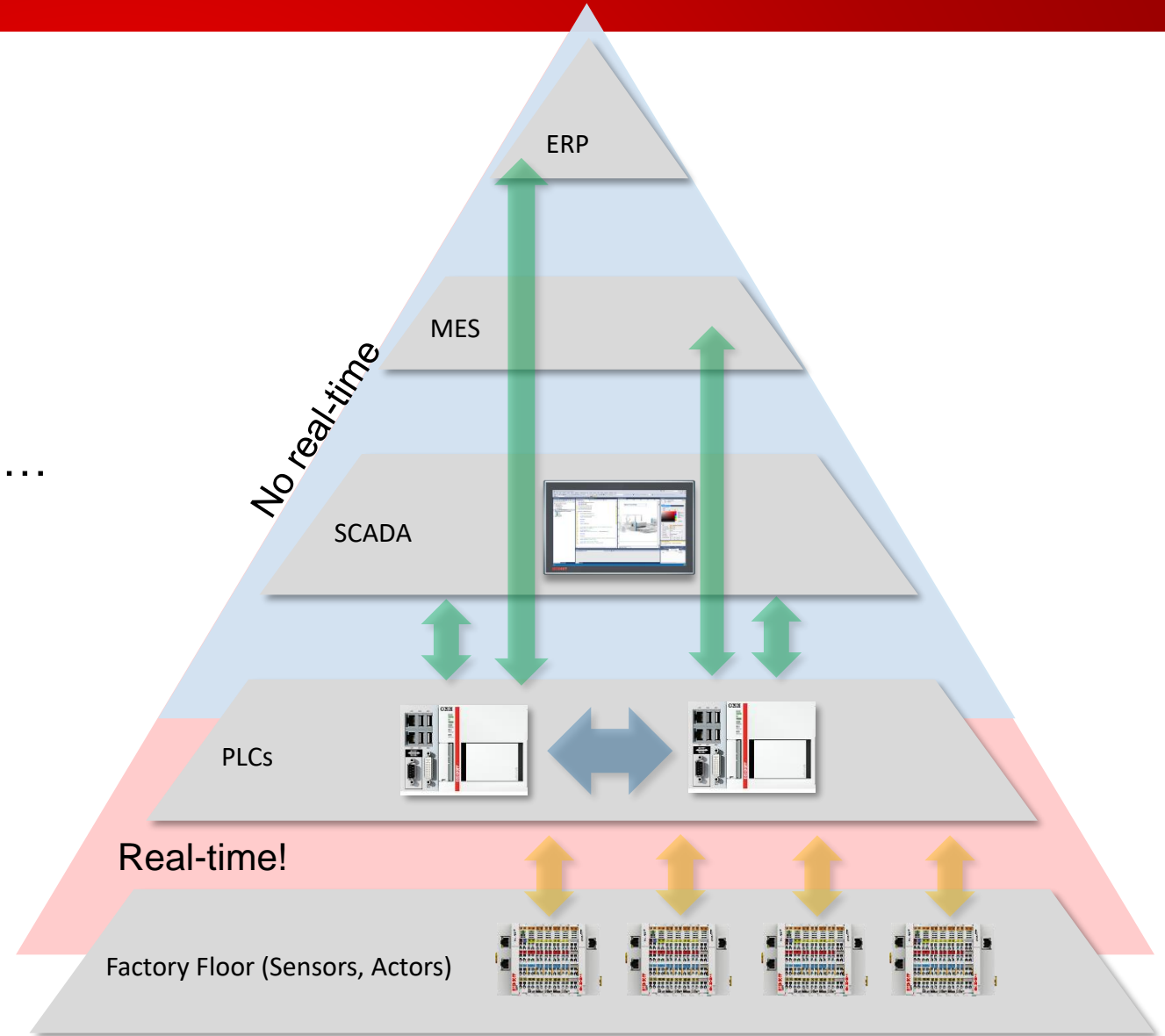
- PLC zur Feldebene ↔
 - Harte Echtzeit-Anforderungen
 - EtherCAT, Profinet, Ethernet/IP, ...



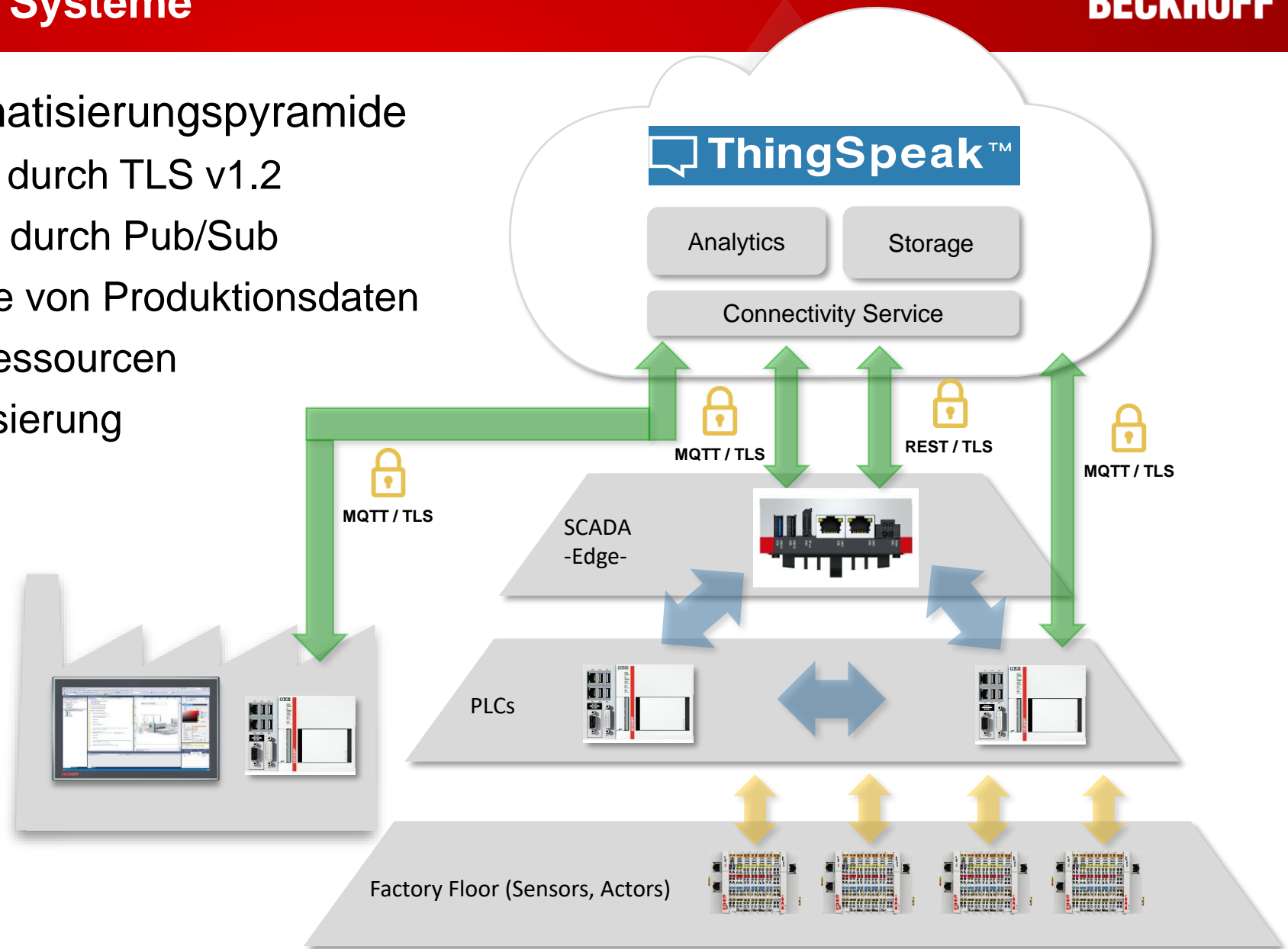
- PLC zur Feldebene ↔
 - Harte Echtzeit-Anforderungen
 - EtherCAT, Profinet, Ethernet/IP, ...
- M2M ↔
 - Echtzeit: UDP-basiert
 - Ohne Echtzeit: OPC-UA, ADS, TCP/IP, ...



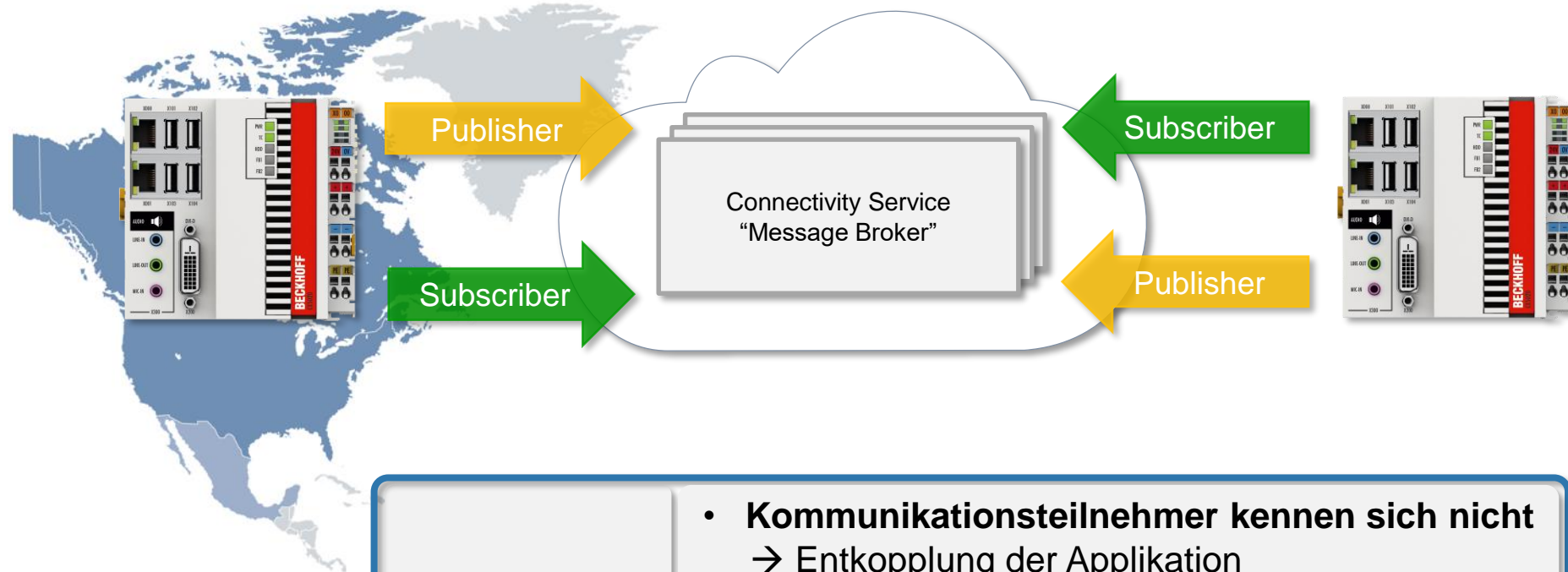
- PLC zur Feldebene ↔
 - Harte Echtzeit-Anforderungen
 - EtherCAT, Profinet, Ethernet/IP, ...
- M2M ↔
 - Echtzeit: UDP-basiert
 - Ohne Echtzeit: OPC-UA, ADS, TCP/IP, ...
- B2M ↔
 - Ohne Echtzeit-Anspruch
 - Standard IT-Infrastruktur (firewalls, switches, ...)
 - Aktuelle Trends
 - Direkte Anbindung an PLC
 - Bidirektionale Kommunikation
 - Remote procedure calls



- ThingSpeak in der Automatisierungspyramide
 - Sichere Kommunikation durch TLS v1.2
 - Flexible Kommunikation durch Pub/Sub
 - Gesamtheitliche Analyse von Produktionsdaten
 - Verteilung von Rechenressourcen
 - Gesamtheitliche Visualisierung

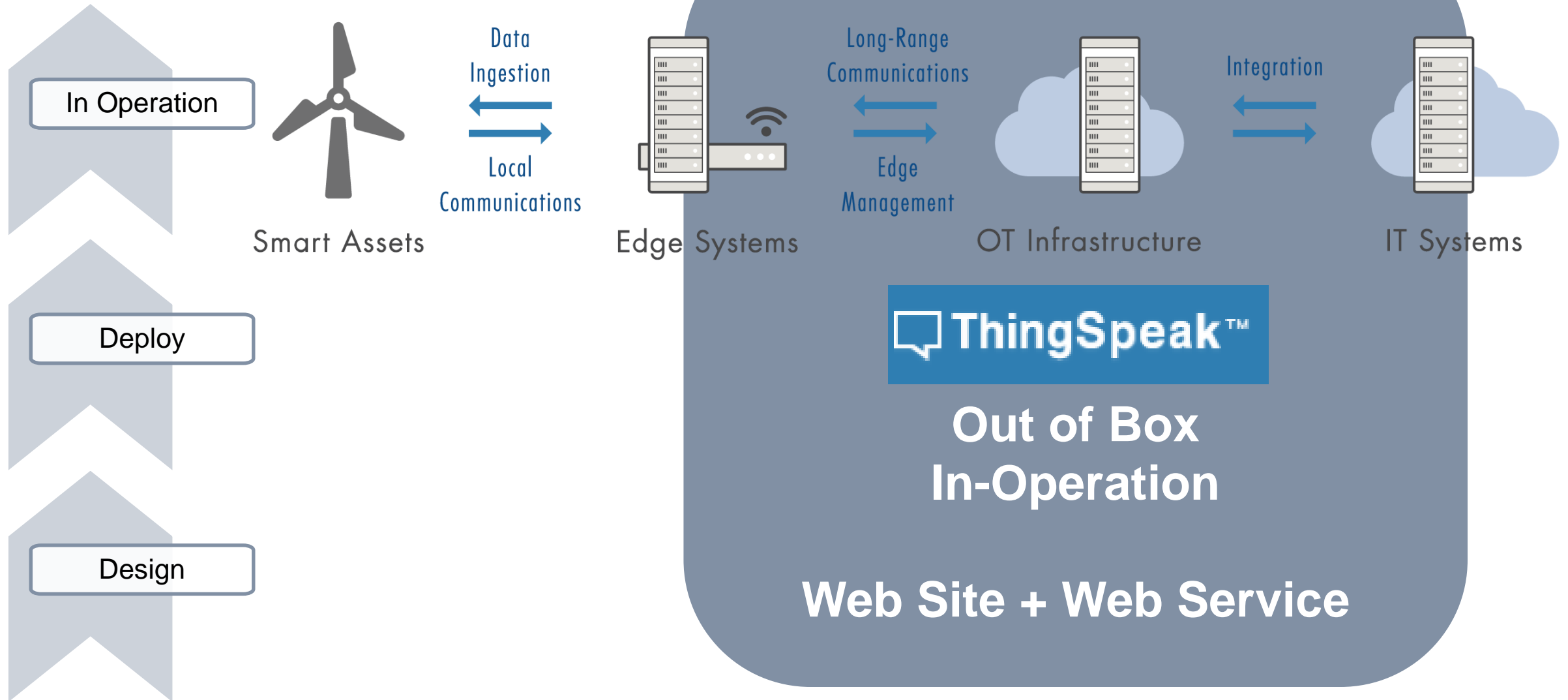


Publisher / Subscriber Konzept in Cloud Services

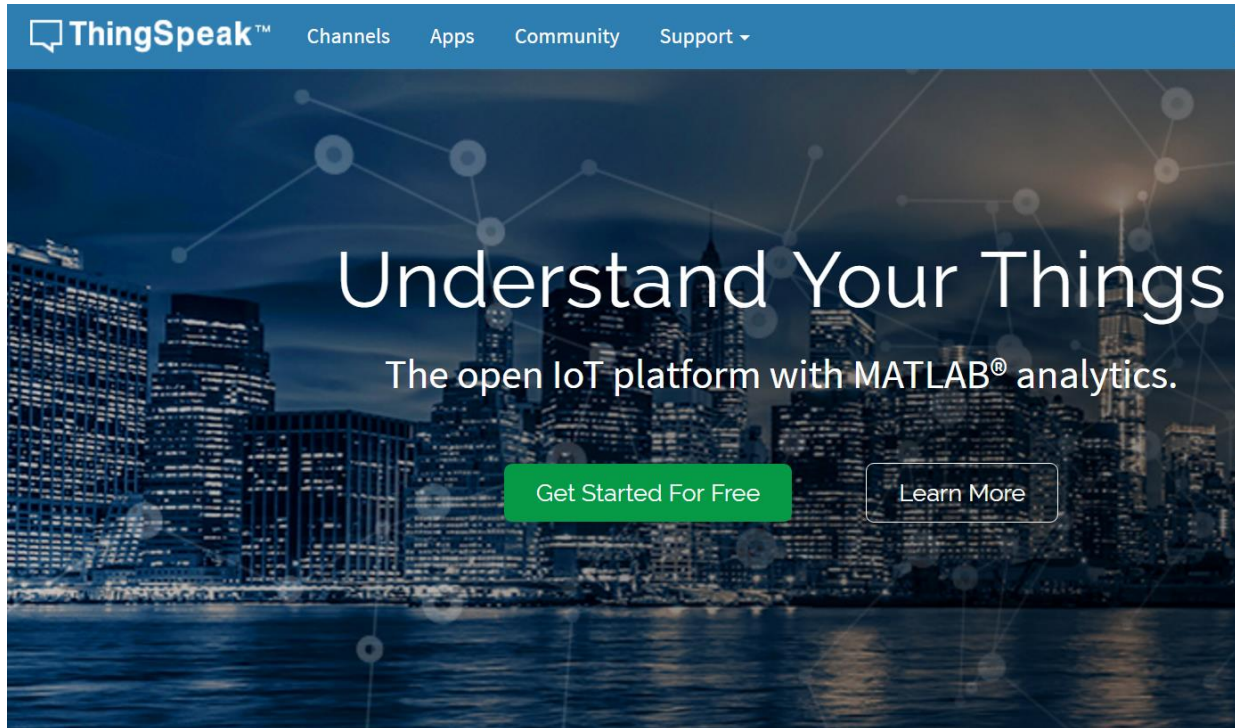


Vorgaben

- **Kommunikationsteilnehmer kennen sich nicht**
→ Entkopplung der Applikation
- **Die technische Kommunikation ist ausgehend**
→ Einfache Firewall-Konfiguration
→ Einfache Integration in IT-Netze
- **MQTT**
→ Leichtgewichtig, flexibel
→ Hohe Performanz



Web Site For People



Web Service for Devices

```
{
  - channel: {
    id: 38629,
    name: "Car Counter",
    description: "Counting number of cars passing a reference line in 15 sec interval",
    latitude: "42.28",
    longitude: "-71.35",
    field1: "Number of Westbound Cars",
    field2: "Number of Eastbound Cars",
    created_at: "2015-05-19T20:14:03Z",
    updated_at: "2016-05-19T10:36:35Z",
    last_entry_id: 1477231
  },
  - feeds: [
    - {
      created_at: "2016-05-19T10:36:20Z",
      entry_id: 1477230,
      field1: "18.000000",
      field2: "8.000000"
    },
    - {
      created_at: "2016-05-19T10:36:35Z",
      entry_id: 1477231,
      field1: "18.000000",
      field2: "14.000000"
    }
  ]
}
```

What is ThingSpeak?

Connectivity

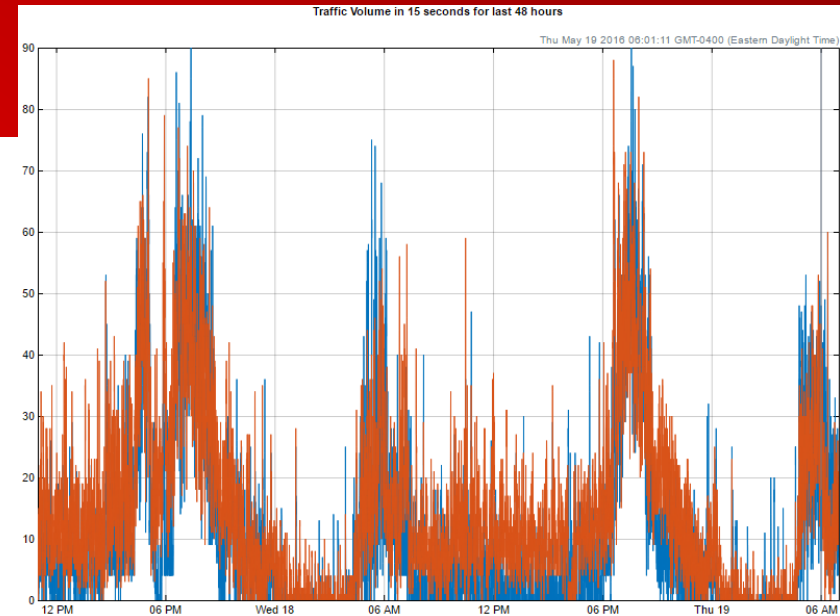
- Live Visualizations as [data comes in](#)

Analysis

- Base MATLAB is built in – no license required
- MATLAB Visualizations generated [on demand](#)
- MATLAB code can be scheduled to run
- Desktop MATLAB support via [Toolbox on File Exchange](#)

Act

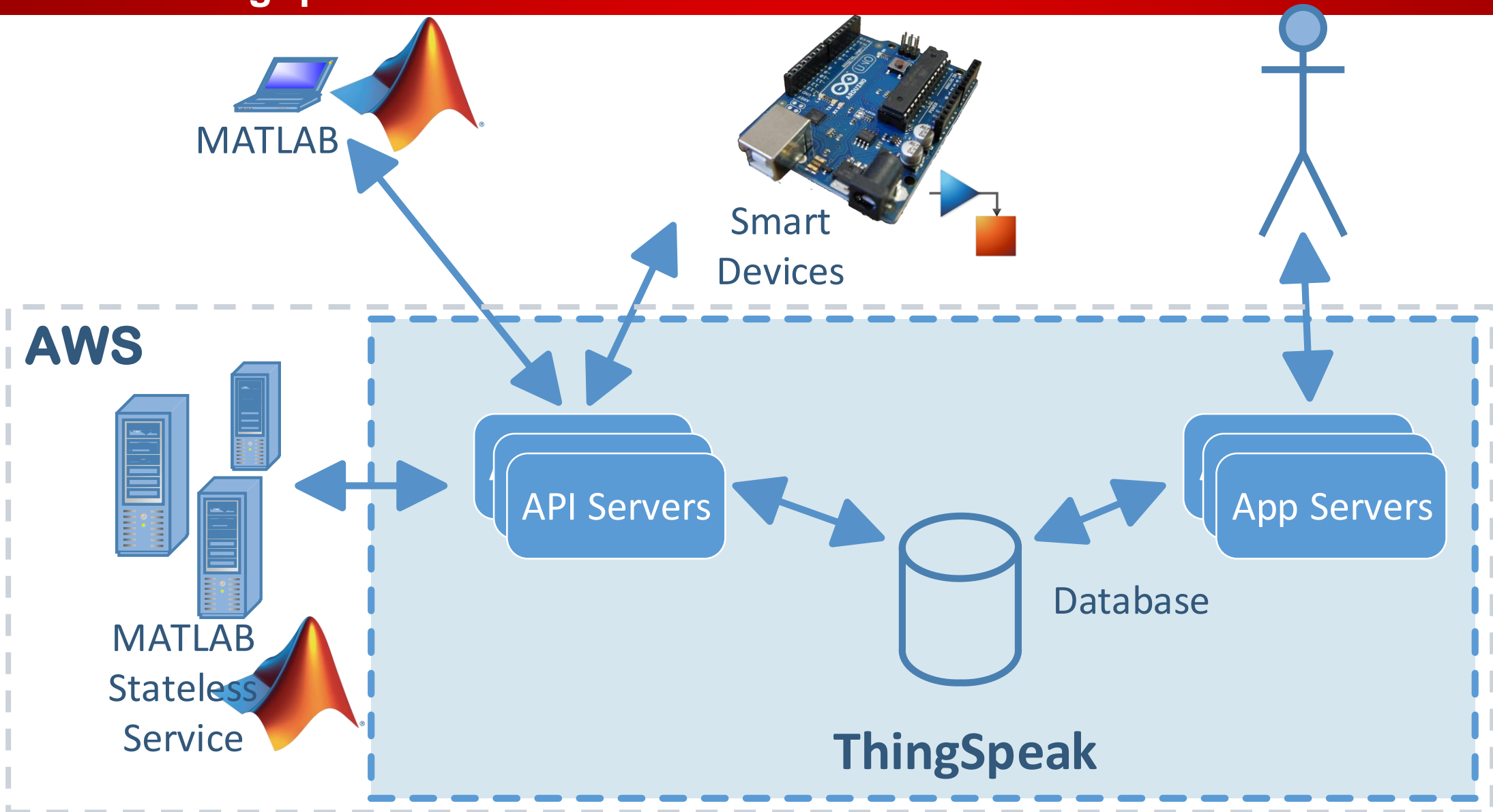
- Store derived data in channels
- Tweet and make other REST calls
- Trigger IFTTT through maker channel



```
range = median(thingSpeakRead(22641,...  
    'Fields',[1], 'NumMinutes',5));  
  
depth = round((3449 - range)/24.5,1);  
  
thingSpeakWrite(50289, depth,...  
    'WriteKey', '6RS44ZPWVI48QEKZ');
```

What is ThingSpeak?

BECKHOFF



- Easy to get started
- Designed for engineers and scientists
- Integrated MATLAB visualizations and analytics



New Channel

Name

Description

Field 1	<input type="text" value="Field Label 1"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 2	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Field 3	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Field 4	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Field 5	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Field 6	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>

Help

Channels store all the data that a ThingSpeak application collects. Each channel includes eight fields that can hold any type of data, plus three fields for location data and one for status data. Once you collect data in a channel, you can use ThingSpeak apps to analyze and visualize it.

Channel Settings

- **Channel Name:** Enter a unique name for the ThingSpeak channel.
- **Description:** Enter a description of the ThingSpeak channel.
- **Field#:** Check the box to enable the field, and enter a field name. Each ThingSpeak channel can have up to 8 fields.
- **Metadata:** Enter information about channel data, including JSON, XML, or CSV data.
- **Tags:** Enter keywords that identify the channel. Separate tags with commas.
- **Latitude:** Specify the position of the sensor or thing that collects data in decimal degrees. For example, the latitude of the city of London is 51.5072.
- **Longitude:** Specify the position of the sensor or thing that collects data in decimal degrees. For example, the longitude of the city of London is -0.1275.

- For any new data, first login and create a channel in ThingSpeak
- Channels have read and write API keys and can be public or private
- A channel is made up of 8 fields and can store 8 streams of data (Temp, Humidity, etc.)
- Channels can be updated at a maximum rate of once every second

[ThingSpeak Weather Channel](#)

ThingSpeak: Visualizing the Data

BECKHOFF

ThingSpeak™ Channels Apps Community Support How to Buy Account Sign Out

Car Counter

Channel ID: 38629
Author: ewetjen27
Access: Public

Counting number of cars passing a reference line in 15 sec interval

Private View Public View Channel Settings API Keys Data Import / Export

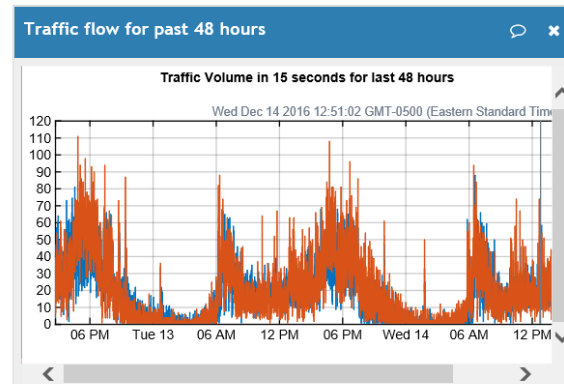
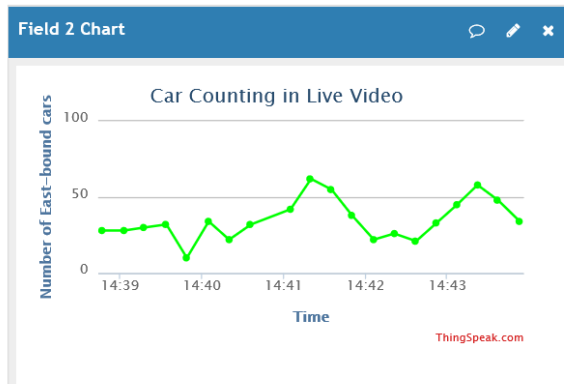
+ Add Visualizations Data Export More Information

MATLAB Analysis MATLAB Visualization

Channel Stats

Created: about a year ago
Updated: less than a minute ago
Last entry: less than a minute ago
Entries: 2622140

- Each field in each channel is provided with a default visualization which updates automatically based on the data coming in
- The default visualization contains iFrame code which can be used to embed the visualization in other applications
- Custom Visualizations can be added using the built-in MATLAB Analysis app



[ThingSpeak Car Counter Channel](#)

Apps / MATLAB Analysis / Get data from a private channel 28

Name

Get data from a private channel 28

MATLAB Code

```
1 % Template MATLAB code for reading data from a private channel, analyzing
2 % the data and storing the analyzed data in another channel.
3
4 % Prior to running this MATLAB code template, assign the channel ID to read
5 % data from to the 'readChannelID' variable. Since this is a private
6 % channel, also assign the read API Key to the 'readAPIKey' variable. You
7 % can find the read API Key in the right side pane of this page.
8
9 % To store the analyzed data, you will need to write it to a channel other
10 % than the one you are reading data from. Assign this channel ID to the
11 % 'writeChannelID' variable. Also assign the write API Key to the
12 % 'writeAPIKey' variable below. You can find the write API Key in the right
13 % side pane of this page.
14
15 % TODO - Replace the [] with channel ID to read data from:
16 readChannelID = [];
17 % TODO - Enter the Read API Key between the '' below:
18
```

Save and Run

Output

Help

My Channels Documentation

New Channel

Channel Info

Name: **Car Counter**
Channel ID: 38629
Access: Public
Write API Key: **R3JR5IBS0XTHINQX**
Fields:
1: Number of Westbound Cars
2: Number of Eastbound Cars

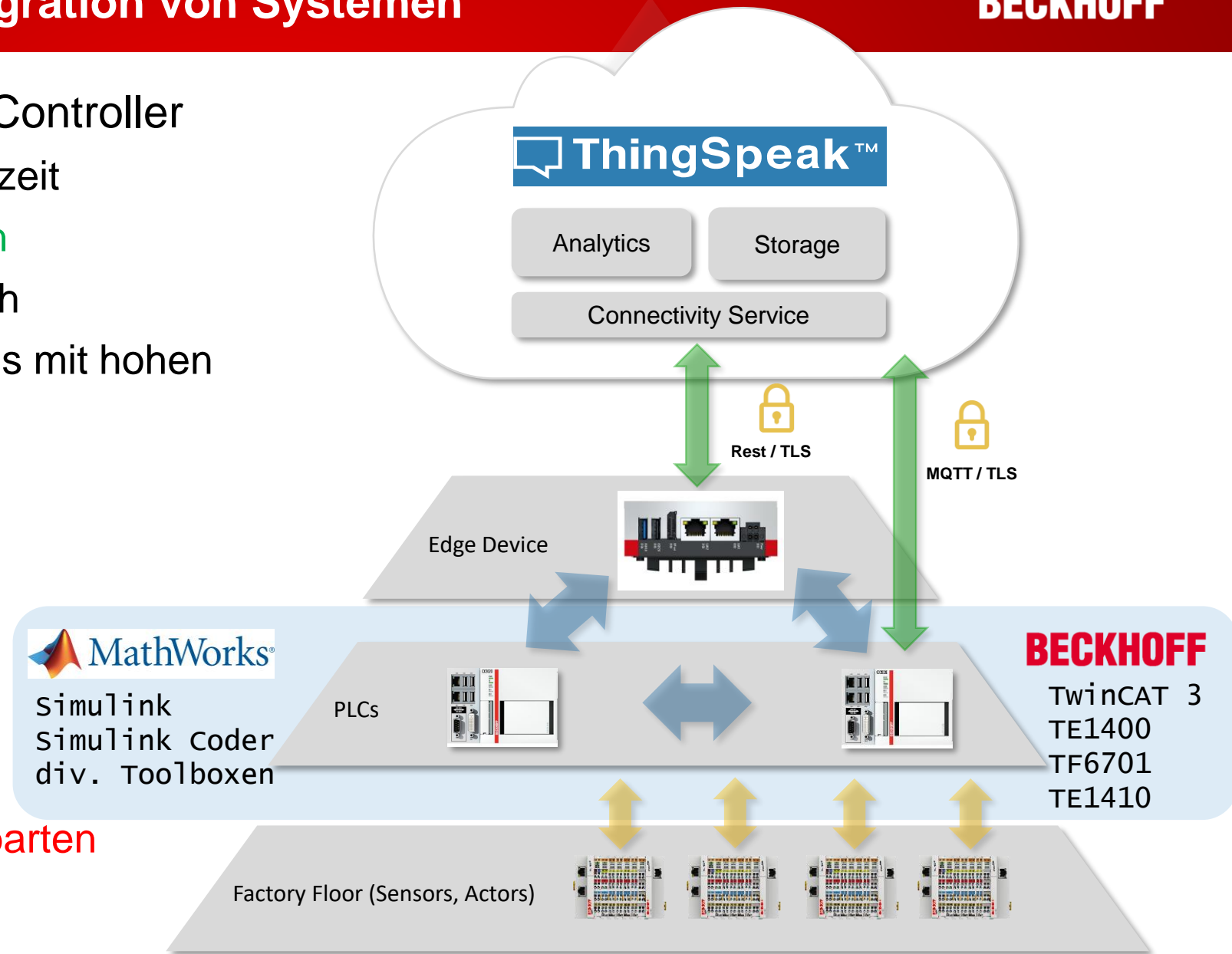
Name: **Daily Traffic Volume**
Channel ID: 51671
Access: Public
Write API Key: **7MTIDH1RPW69B2XE**
Fields:
1: Daily Traffic Volume

Name: **Outdoor Temperature in Natick**
Channel ID: 61999
Access: Public

- [Rest API](#)
- [MQTT](#)
- ThingSpeak Communication Libraries
 - Arduino
 - Particle
- ThingSpeak Write Blocks in hardware support packages



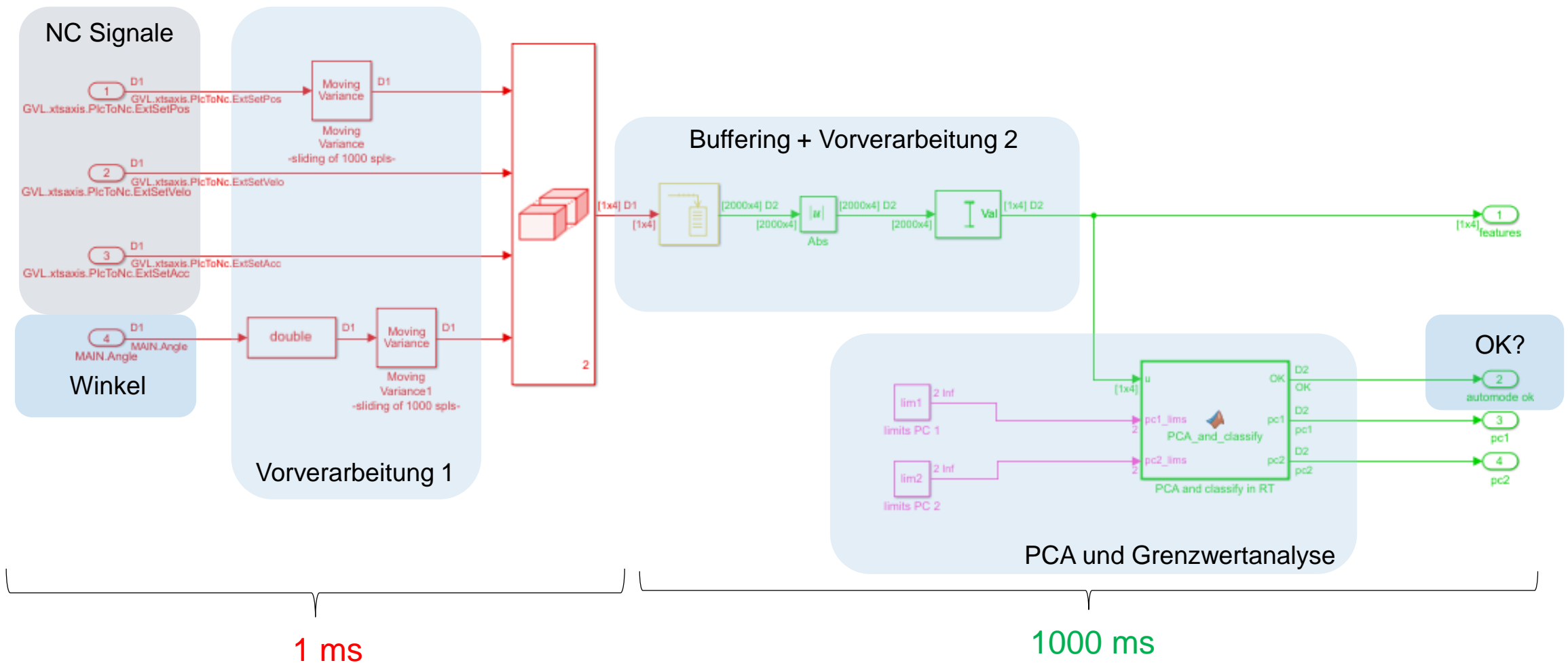
- **Lokale** Verarbeitung auf dem Controller
 - *Stream processing* in der Echtzeit
 - **Deterministische Antwortzeiten**
 - Latenz im Millisekundenbereich
 - Direkter Zugriff auf den Feldbus mit hohen Datenraten | $X * 100$ Mbps
 - Anwendungen
 - Zustandsüberwachung
 - Energiemonitoring
 - Vision
 - Informationsverdichtung
- **Geringe Kenntnis der benachbarten Prozesse**



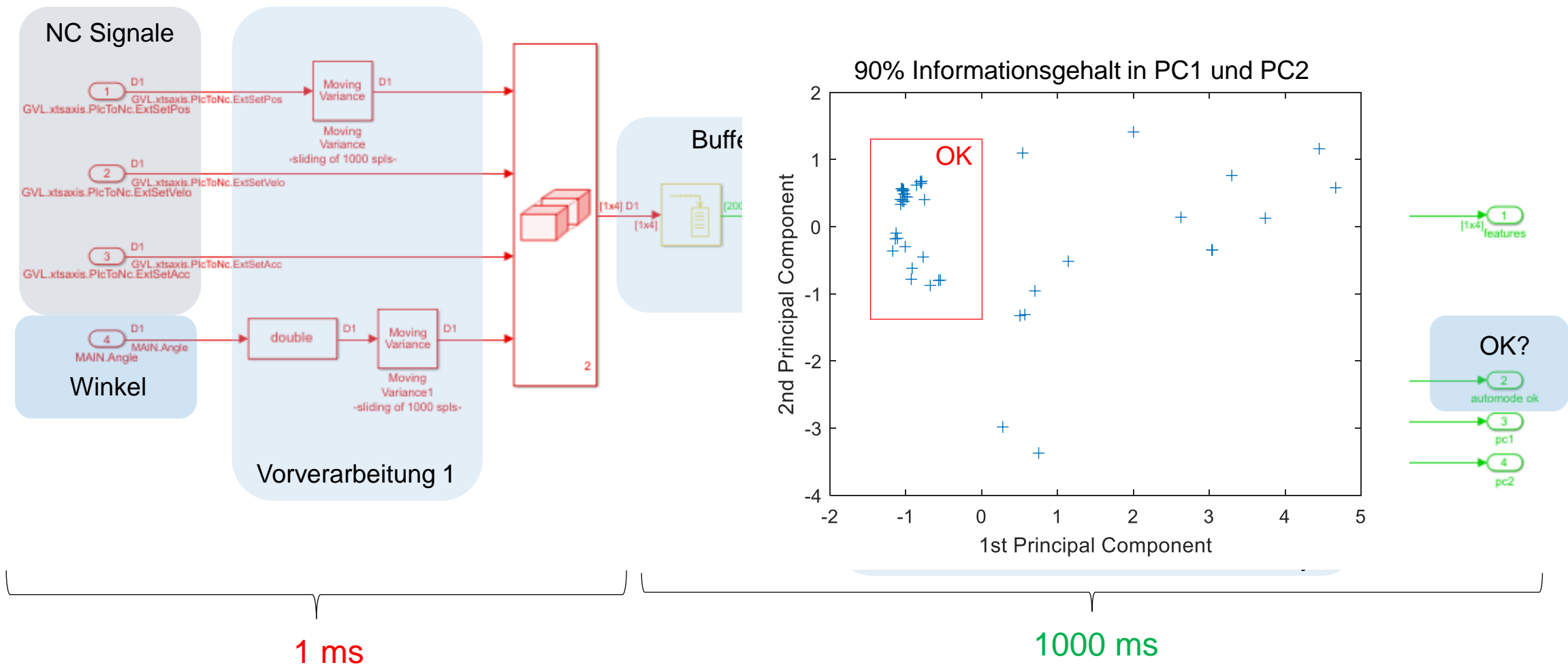
- Inverses Pendel
 - Hardware basierend auf Standard Beckhoff Komponenten
 - Software basierend auf TwinCAT3 sowie MATLAB®/Simulink®
 - **Regler** als Simulink® Modul in der Echtzeit zur Steuerung der NC
 - **Statemachine** als Stateflow™ Modul in der Echtzeit
 - NC-Achse arbeitet mit 1 ms Zykluszeit
 - Automatikmodus simuliert einen wiederkehrenden Arbeitsschritt



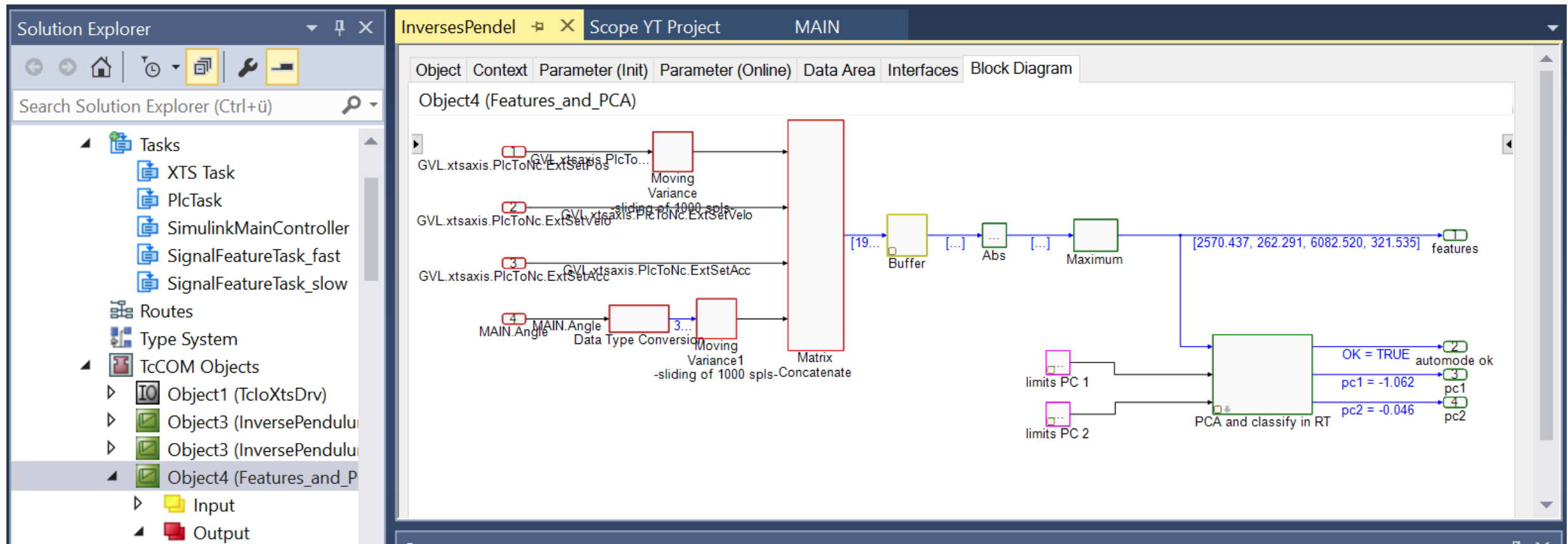
- Überwachung des Automatikmodus durch Analyse vorhandener Signale in der PLC
 - Design in Simulink®



- Überwachung des Automatikmodus durch Analyse vorhandener Signale in der PLC
 - Design in Simulink®



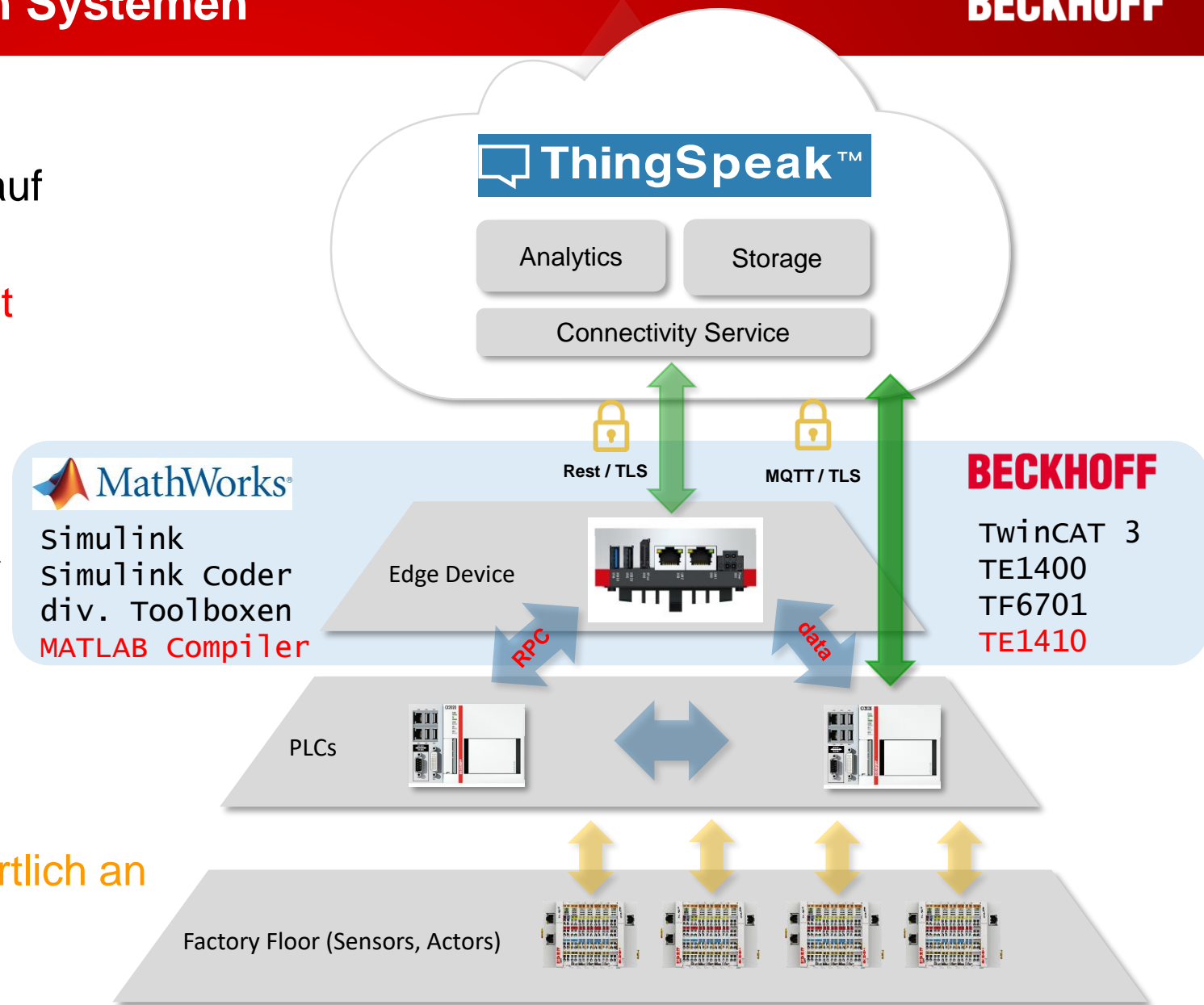
- Überwachung des Automatikmodus durch Analyse vorhandener Signale in der PLC
 - Design in Simulink®
 - Ausführung in der TwinCAT Echtzeit => **deterministische Antwort**



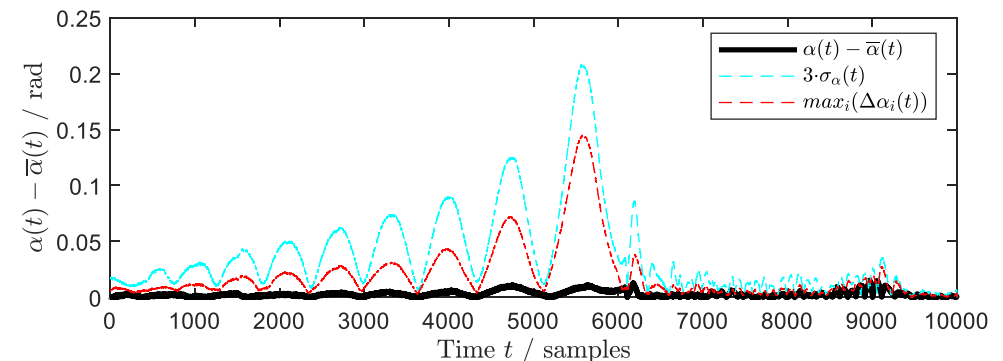
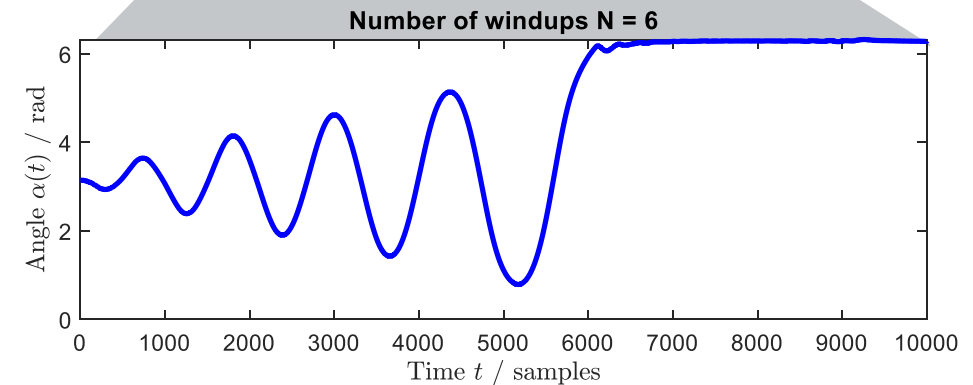
▪ Edge processing

- *Stream processing* sowie Zugriff auf gespeicherte Daten
- **Keine deterministische Antwortzeit**
- **Hohe Bandbreite im LAN** (z. B. Gigabit Ethernet)
- Anwendungen
 - Prozessübergreifende Statistik
 - Modell-basierte Optimierung
 - Anomalie-Detektion
 - Informationsverdichtung

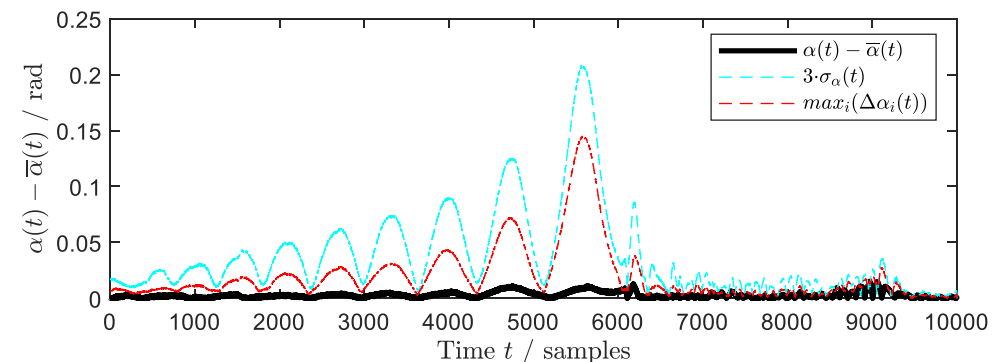
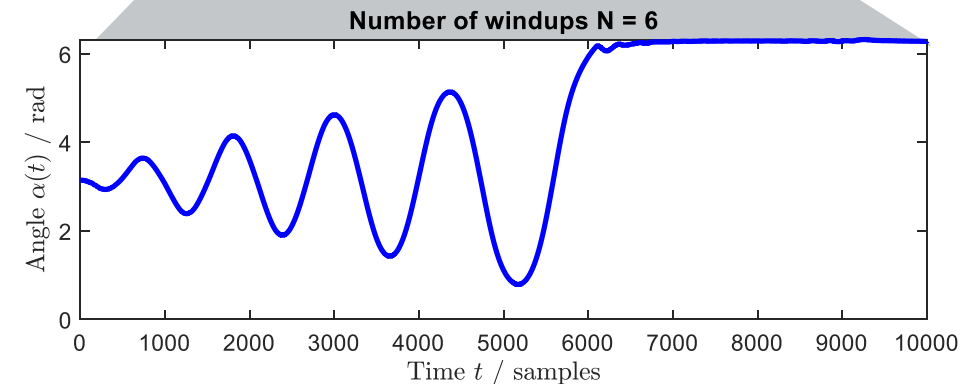
➤ **Lokal-Gesamtheitliche Analyse (örtlich an LAN gebunden)**



- Präzise Analyse des Aufschwingvorgangs anhand des Pendel-Winkels
 - 10 Sekunden @ 1.000 Hz => 10.000 Samples
 - Zu viele Daten für direktes senden an ThingSpeak

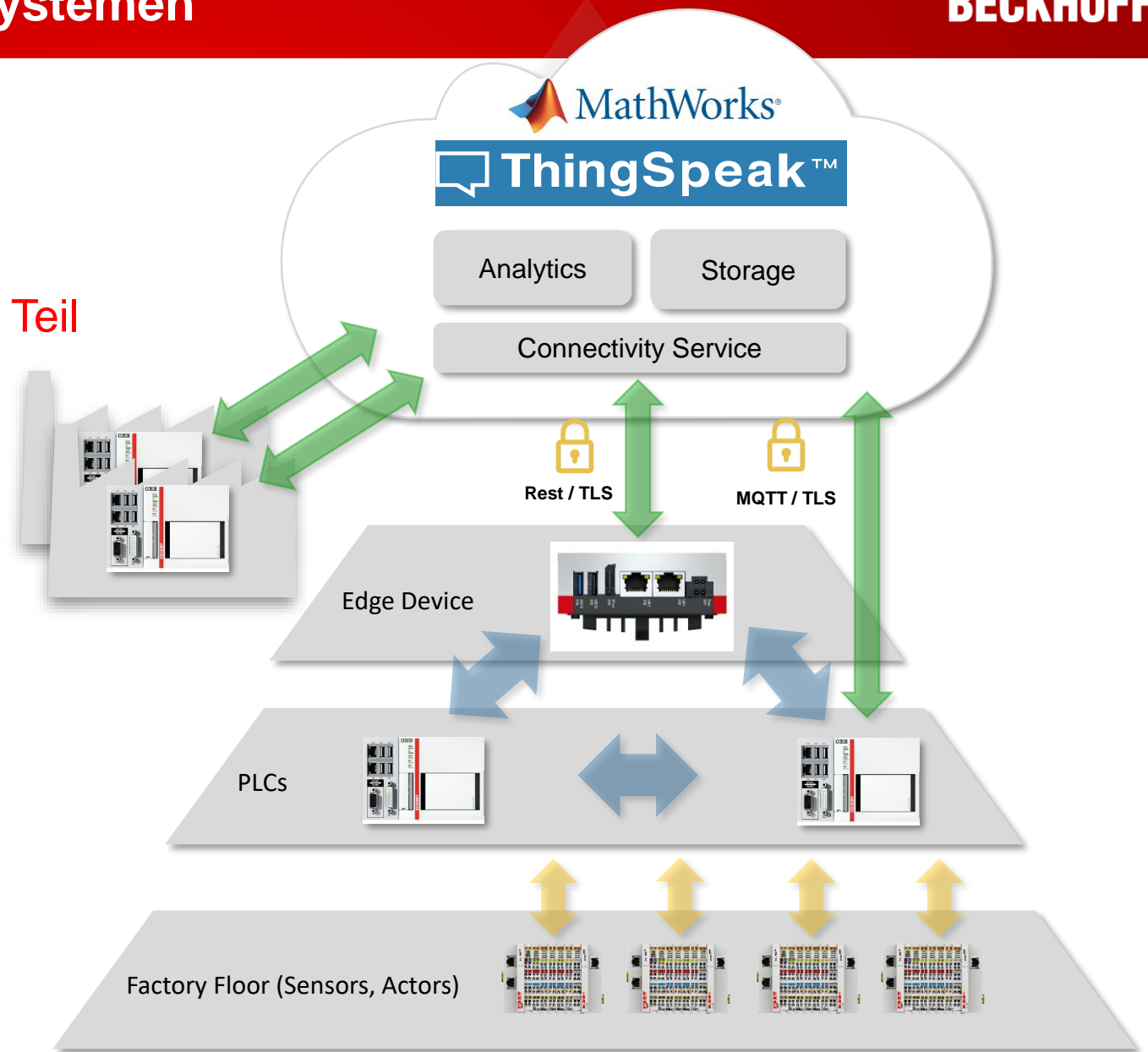


- Präzise Analyse des Aufschwingvorgangs anhand des Pendel-Winkels
 - 10 Sekunden @ 1.000 Hz => 10.000 Samples
 - Zu viele Daten für direktes senden an ThingSpeak
- PLC nutzt Dienst einer MATLAB Runtime (z.B. MCR) zur Verarbeitung der Daten
 - Ein ADS Server (*port*) kann mehrere Services (*idxgrp*, *idxoffset*) anbieten
 - Standard MATLAB Umgebung kann alle MATLAB Toolboxen nutzen um Daten zu verarbeiten
 - Zur weiteren Kommunikation an ThingSpeak kann z.B. die ThingSpeak Support Toolbox genutzt werden



- **Cloud** computing in ThingSpeak
 - *Stream processing* sowie Zugriff auf gespeicherte Daten
 - **Keine deterministische Antwort | zum Teil hohe Latenz**
 - **Limitierte Bandbreite**
 - Einfache Integration verschiedener Prozesse
 - *Serverless architecture*
 - Anwendungen
 - Prozessübergreifende Statistik
 - Modell-basierte Optimierung
 - Anomalie-Detektion

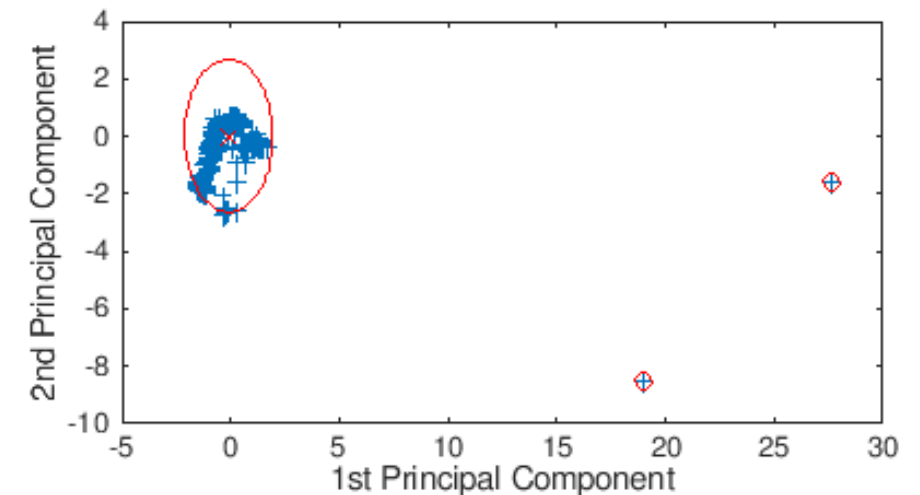
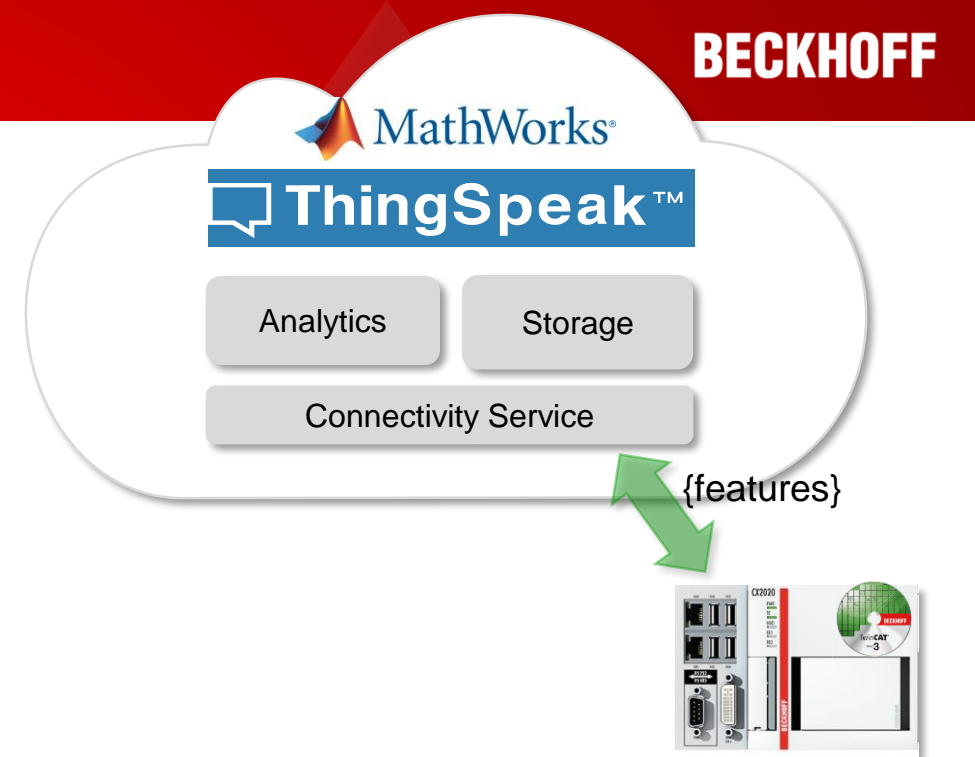
➤ **Global ganzheitliche Analyse**



Beispiel: Inverses Pendel | Anomalie-Detektion

- Übertragung von Signalmerkmalen an ThingSpeak
 - Auch Aggregation mehrerer Typ-ähnlicher Maschinen möglich (Statistik!)
- Berechnung der PCA in ThingSpeak
 - Größere Datenmenge zur Berechnung der Transformationsmatrix
 - Vorwissen der lokalen Klassifikation kann einbezogen werden

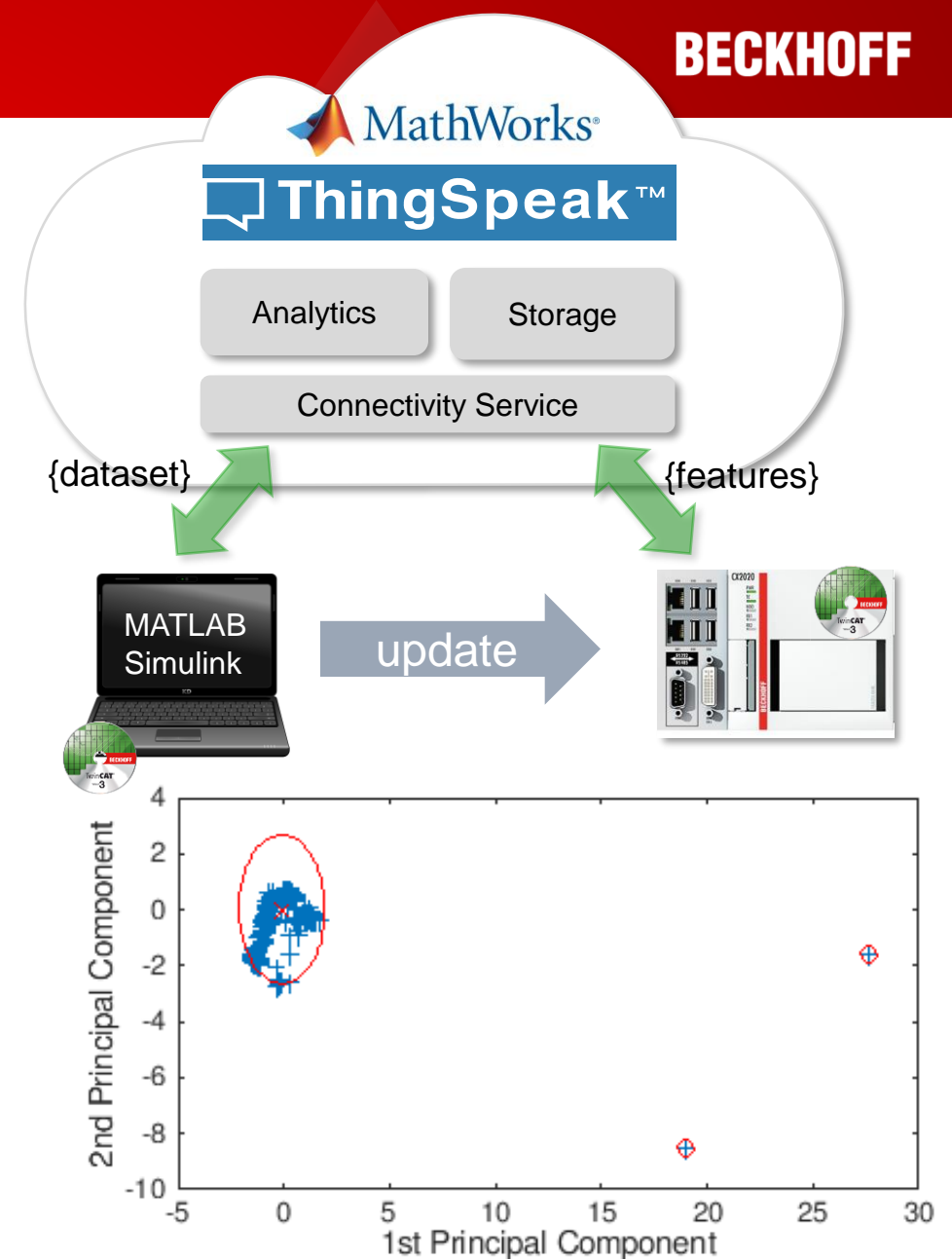
BECKHOFF



Beispiel: Inverses Pendel | Anomalie-Detektion

BECKHOFF

- Übertragung von Signalmerkmalen an ThingSpeak
 - Auch Aggregation mehrerer Typ-ähnlicher Maschinen möglich (Statistik!)
- Berechnung der PCA in ThingSpeak
 - Größere Datenmenge zur Berechnung der Transformationsmatrix
 - Vorwissen der lokalen Klassifikation kann einbezogen werden
- Bei Abweichungen zwischen lokaler und globaler Analyse
 - Zugriff auf ThingSpeak Datenspeicher
 - Berechnung neuer Grenzwerte bzw. Transformationsmatrizen
 - Deployment auf der lokalen Steuerung



1. Die Automatisierungspyramide...
... und was hat das mit ThingSpeak™ zu tun?
2. Kommunikation mit MQTT...
... und warum das die Unternehmens-IT glücklich macht?
3. ThingSpeak™ – IoT Analytics Platform
4. Drei Beispiele zur Datenverarbeitung auf den Ebenen der Pyramide...
... und warum Flexibilität den Erfolg bringt?

1. Die Automatisierungspyramide...

... und was hat das mit ThingSpeak™ zu tun?

Gesamtheitliche Analyse von Daten auf SCADA/ERP Ebene ohne Echtzeit-Anspruch

2. Kommunikation mit MQTT...

... und warum das die Unternehmens-IT glücklich macht?

3. ThingSpeak™ – IoT Analytics Platform

4. Drei Beispiele zur Datenverarbeitung auf den Ebenen der Pyramide...

... und warum Flexibilität den Erfolg bringt?

1. Die Automatisierungspyramide...

... und was hat das mit ThingSpeak™ zu tun?

Gesamtheitliche Analyse von Daten auf SCADA/ERP Ebene ohne Echtzeit-Anspruch

2. Kommunikation mit MQTT...

... und warum das die Unternehmens-IT glücklich macht?

Technische Kommunikationsrichtung immer zum Connectivity Service ausgehend

3. ThingSpeak™ – IoT Analytics Platform

4. Drei Beispiele zur Datenverarbeitung auf den Ebenen der Pyramide...

... und warum Flexibilität den Erfolg bringt?

1. Die Automatisierungspyramide...

... und was hat das mit ThingSpeak™ zu tun?

Gesamtheitliche Analyse von Daten auf SCADA/ERP Ebene ohne Echtzeit-Anspruch

2. Kommunikation mit MQTT...

... und warum das die Unternehmens-IT glücklich macht?

Technische Kommunikationsrichtung immer zum Connectivity Service ausgehend

3. ThingSpeak™ – IoT Analytics Platform

Easy to use IoT Platform

4. Drei Beispiele zur Datenverarbeitung auf den Ebenen der Pyramide...

... und warum Flexibilität den Erfolg bringt?

1. Die Automatisierungspyramide...

... und was hat das mit ThingSpeak™ zu tun?

Gesamtheitliche Analyse von Daten auf SCADA/ERP Ebene ohne Echtzeit-Anspruch

2. Kommunikation mit MQTT...

... und warum das die Unternehmens-IT glücklich macht?

Technische Kommunikationsrichtung immer zum Connectivity Service ausgehend

3. ThingSpeak™ – IoT Analytics Platform

Easy to use IoT Platform

4. Drei Beispiele zur Datenverarbeitung auf den Ebenen der Pyramide...

... und warum Flexibilität den Erfolg bringt?

Lokal | at Edge | ThingSpeak™ >> Datenrate, Datenkompression, Gesamtheitlich

Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Unternehmenszentrale
Hülshorstweg 20
33415 Verl
Deutschland

Telefon: +49 5246 963-0
Fax: +49 5246 963-198
E-Mail: info@beckhoff.de
Web: www.beckhoff.de

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG

Alle Bilder sind urheberrechtlich geschützt. Die Weitergabe und Nutzung durch Dritte ist nicht gestattet.

Beckhoff®, TwinCAT®, EtherCAT®, EtherCAT P®, Safety over EtherCAT®, TwinSAFE®, XFC® und XTS® sind eingetragene und lizenzierte Marken der Beckhoff Automation GmbH. Die Verwendung anderer in dieser Präsentation enthaltenen Marken oder Kennzeichen durch Dritte kann zu einer Verletzung von Rechten der Inhaber der entsprechenden Kennzeichen führen.

Die Informationen in dieser Präsentation enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsabschluss ausdrücklich vereinbart werden.