

# Einführung in die Automatisierungstechnik

Studiengang: Produktionstechnik, Systems Engineering

- Vorlesung 07 -

Prof. Dr.-Ing. habil. Andreas Fischer  
Dr.-Ing. Gerald Ströbel



Bremer Institut für  
Messtechnik, Automatisierung  
und Qualitätswissenschaft

# Lehrziele und Gliederung

- V1 Motivation, Anwendungsbereiche, Prozesse und Methoden der Automatisierungstechnik
- V2 Automatisierung in der Produktion
- V3 Boolesche Algebra 1
- Ü1 Matlab Einführung
- V4 Bolsche Algebra 2: Graphen
- Ü2 Übung Boolsche Algebra
- V5 Fuzzy Logic
- Ü3 Fuzzy Logic
- V6 Neuronale Netze
- Ü4 Neuronale Netze
- V7 **Automatisiertes Messen und Steuern**
- Ü5 Automatisiertes Messen und Steuern
- V8 Speicherprogrammierbare Steuerungen
- Ü6 Übungen und Musterklausuren

# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Überblick -

**Messen** (Sensoren, Digitalisierung, Vorverarbeitung) und Steuern (Verarbeiten der Messergebnisse, der Ergebnisse der Vorverarbeitung, Entscheidung, Berechnung der Ausgaben, Regeln) **Steuern** - Ausgabe (analoger oder digitaler Stellgrößen und Datenübertragung, digital/analog Umsetzung für Aktoren

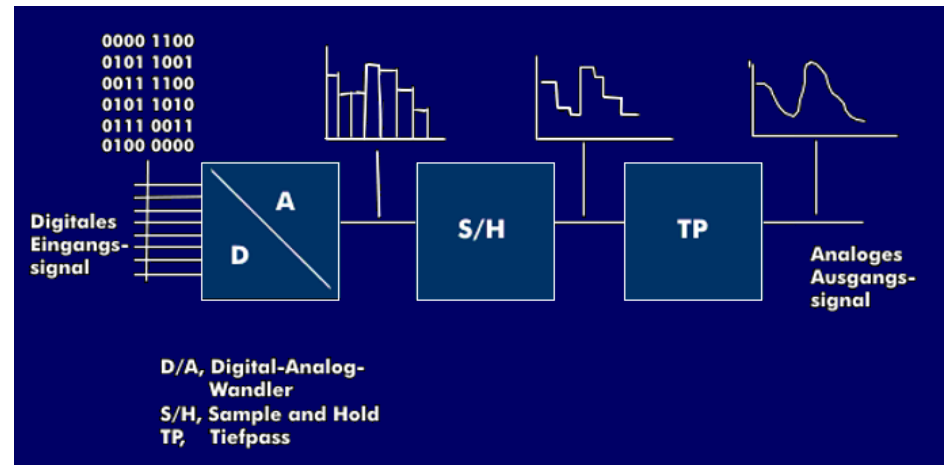
### Messen

- Messdatenaufnahme Sensoren Wandler A/D Wandler, Sensorbus (Echtzeit)
- Messdatenauswertung – Hardware und Software (-Systeme und Methoden)
- Hardware – FPGAs, DSP, Microcontroller
  - FPGA Field Programmable Gate Array, DSP Digitaler Signalprozessor
- Algorithmen
- Softwarewerkzeuge MatLab, LabView sowie Hardware Targets (XPC Target)
- Programmiersprache, Compiler, „Erzeugersoftware“

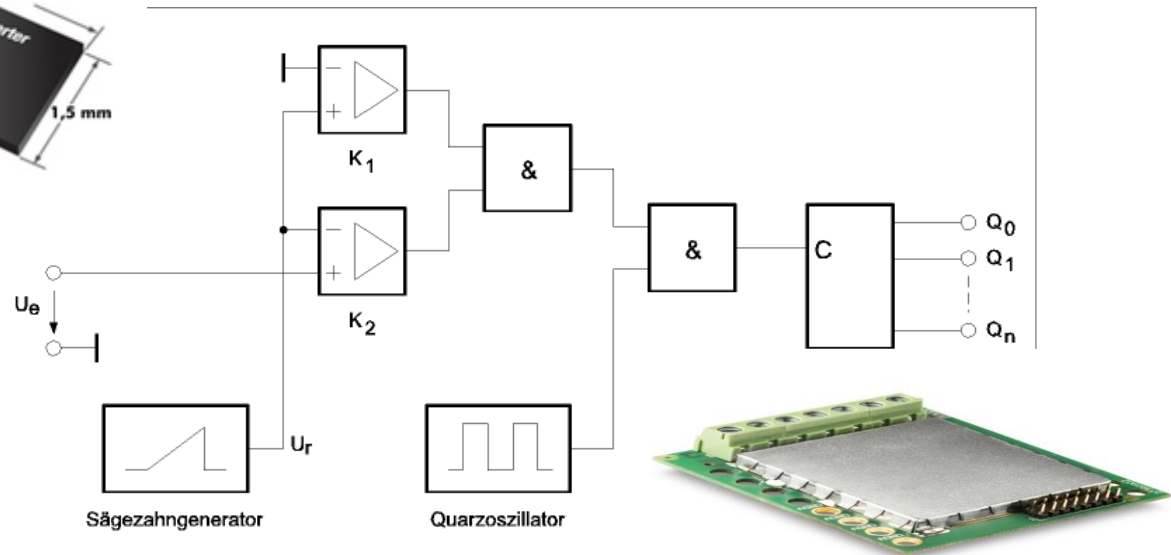
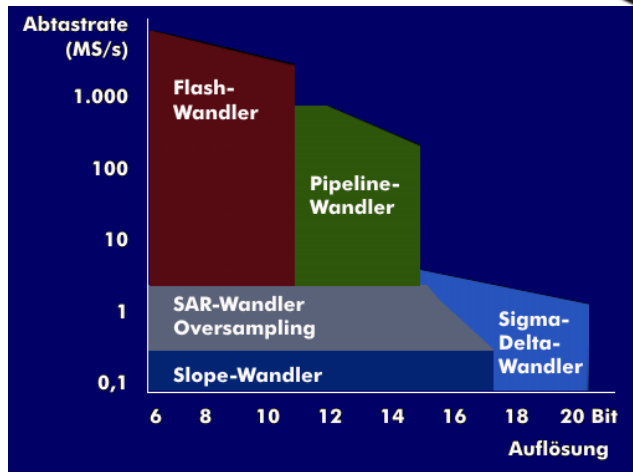
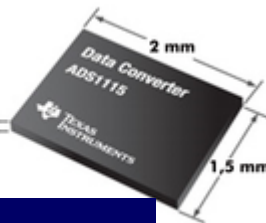
# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Messen und Steuern -

- Industrielle Steuerungstechnik
  - SPS, Robotersteuerung/ CNC Steuerungen
  - **Spezialisierte Automatisierungssysteme**
  - I/O Karten
  - A/D D/A Wandler
  - Software



16-Bit-A/D-Wandler ADS1115  
im QFN-Package von Texas  
Instruments



# Automatisiertes Messen und Steuern

- Wiederholung: Basis und Integrationstechnologien -

Programme

Steuerungen

Automatisierungselemente:  
Sensoren / Aktoren

## Basistechniken der Automatisierung:

- Sensor- und Aktortechnik
- Sensorsysteme, Mechatronik
- Regelungstechnik
- Steuerungstechnik
- Leittechnik (PLS, PLT)
- Robotertechnik

Automatisierung von Folgeprozessen (Steuerungstechnik, Robotertechnik)




Automatisierung von Fließprozessen (Regelungstechnik, Leittechnik)

## Integrationstechniken der Automatisierung:

- Rechnerntechnik
- Informationstechnik
- Kommunikationstechnik (LAN WAN RFID WLAN)
- Mensch-Maschine-Systeme
- Struktur- und Systemtechnik
- Managementtechniken

# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Industrielle Steuerungen in der Automatisierung -

<ul style="list-style-type: none"> <li>• SPS Speicherprogrammierbare Steuerungen</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RC Robotersteuerungen</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CNC</li> <li>• Computerized Numerical Control</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AS</li> <li>• Automatisierungssysteme</li> <li>• (spezialisierte Prozessrechner)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steuerung und Überwachung</li> <li>- eines Prozesses</li> <li>- von Maschinen oder Anlagen</li> <li>Echtzeit Bus Systeme (Feldbus, PROFIBUS)</li> <li>Dezentralisierung, WLAN, Mobilfunk, RFID (Industrie 4.0)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegungsprogramm</li> <li>• Positionierung</li> <li>• Bahnsteuerung (3-D)</li> <li>• Ablauffolge</li> <li>LAN (Ethernet)</li> <li>Echtzeit Bus Systeme (Feldbus, PROFIBUS)</li> <li>Dezentralisierung, WLAN, Mobilfunk, RFID (Industrie 4.0)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bearbeitungsprogramme</li> <li>• Konturen (2-D) / Bahnen 3D, mehrere Achsen</li> <li>• Bearbeitungskenngrößen (überwachen und steuern)</li> <li>• LAN, Feldbusse, Echtzeitkommunikation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozesssteuerung</li> <li>• Überwachung</li> <li>• Erkennung</li> <li>• Identifizieren</li> <li>• Klassifizieren</li> <li>• LAN Feldbusse</li> <li>Echtzeitkommunikation, WLAN, Mobilfunk, NFC, RFID, (Industrie 4.0)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Einmal-Programmierung SPS Programm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholte Anwenderprogrammierung</li> <li>• Bewegungsprogramm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholte Anwenderprogrammierung</li> <li>• Bearbeitungsprogramm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einmal-Programmierung</li> <li>• z.B. Menügeführt</li> <li>• „Funktionsorientiertes“ Programm</li> </ul>

# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Messdatenverarbeitung und Steuerung -

- **Micro-Controller:** Programmierung von Micro-Computern (Controllern) als Steuerungen -
  - Direkte Implementierung mit Programmiersystem (PC) oder von ausgetesteten Entwicklungen (MatLab) durch „Compiler“
- **FPGAs:** Field Programmable Gate Array - ein integrierter Schaltkreis für logische Schaltungen
  - der Begriff Programmierung bei FPGAs beschreibt nicht nur die Vorgabe zeitlicher Abläufe, sondern auch die Definition der gewünschten Schaltungsstruktur
  - mittels Hardwarebeschreibungssprache formuliert und von einer Erzeugersoftware in ein Konfigurationsfile übersetzt
  - Beschreibt wie die physikalischen Elemente im FPGA verschaltet werden sollen.  
„Konfiguration eines FPGAs“
- **DSP** Digitale Signalprozessoren
  - aufwendige Signalverarbeitungsaufgaben mit hoher Effizienz, spezialisierter hoch-integrierter Microcomputer

NXP ARM Cortex™ Microcontroller  
Product Series Overview



performance / functionality ↑			
	Cortex-M0 40 - 50 MHz	Cortex-M3 V2 60 - 72 MHz	Cortex-M3 V2 100+ MHz
	LPC1100	LPC1300	LPC1700
	Low Power	Mixed Signal	High Performance
	16-bit applications battery operated, sensors	16/32-bit applications power management, human interface	16/32-bit applications fast communications, motor control, industrial controls



# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Messwerterfassung und Vorverarbeitung -

Sensor-Systeme:

z.B.: Laser, Laserdioden / CCD Kameras / Optik / Infrarottechnik  
Bildverarbeitungsmethoden (Software, Algorithmen)

Analog Digital Wandler

FPGAs Field Programmable Gate Array

### **FPGA Einsatz:**

- Echtzeit-Verarbeitung von einfachen bis komplexen Algorithmen
- digitalen Signalverarbeitung (digitale Filter, DSP)
- schnellen Fourier-Transformation
- Protokoll-Implementierungen, -Konvertierung
- die Kodierung/Dekodierung von digitalen Videosignalen
- die Ver-/Entschlüsselung von Daten in Echtzeit
- Fehlerkorrekturverfahren

sind Anwendungsgebiete.

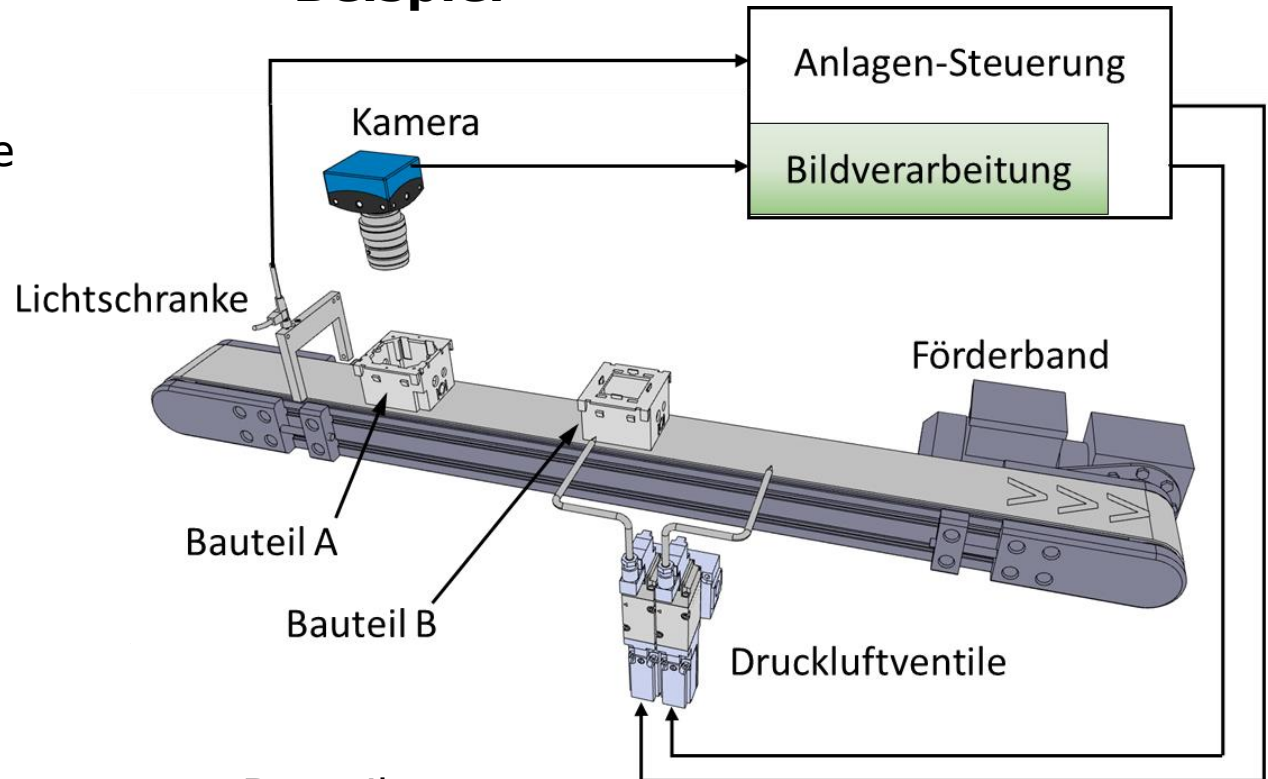




# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Beispiel -

Aufbau der Sortieranlage



- Lichtschränke erkennt neues Bauteil
- Foto vom neuen Bauteil wird ausgewertet
- je nach Bauteil wird Ventil 1 oder 2 angesteuert, um das Bauteil vom Förderband in den jeweiligen Sammelbehälter geblasen
- nicht erkannte Bauteile werden am Ende des Förderbandes gesammelt

# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Beispiel Programmiersprachen -

### Programmiersprache LabVIEW



- Entwicklungsumgebung speziell für Techniker, Ingenieure, Wissenschaftler
- für Mess- Steuer- und Regelsysteme
- Grafische Programmiersprache
- Maßgeschneiderte Benutzungsschnittstellen
- Grafisches Programm und Benutzungsschnittstelle bilden immer eine Einheit
- sehr umfangreiche Hardware-Integration
- Embedded-Hardware vom gleichen Hersteller

# Automatisiertes Messen und Steuern

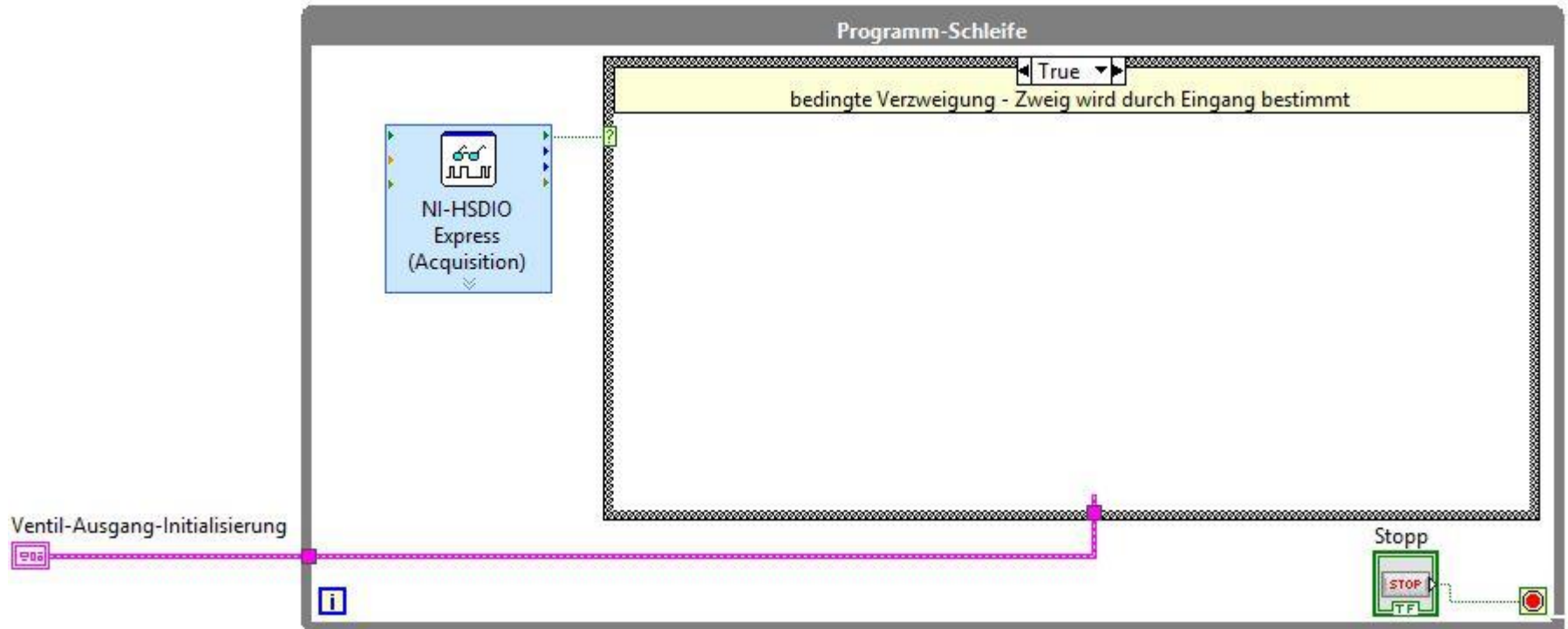
## - Softwaresysteme LabView -



- Schleife für kontinuierlich laufendes Programm
- Mehrere Schleifen können parallel zueinander ausgeführt werden (Multitasking)

# Automatisiertes Messen und Steuern

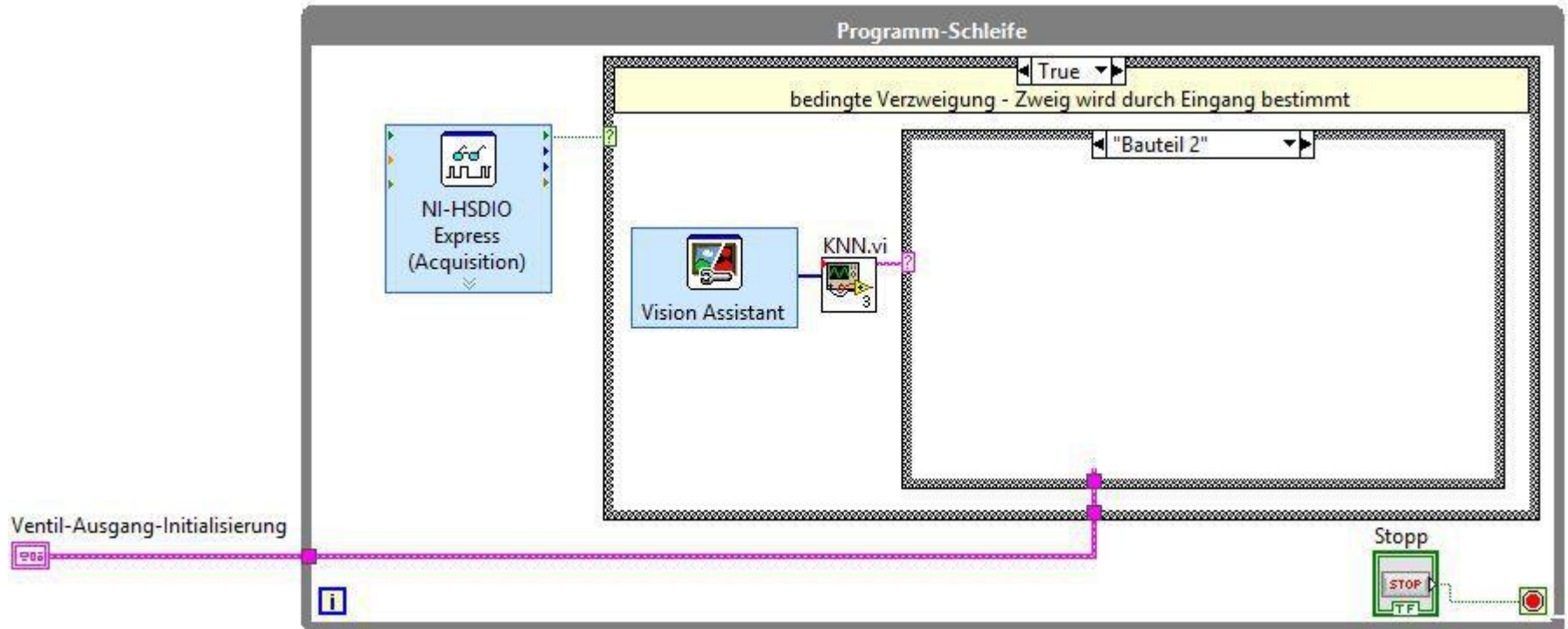
## - Softwaresysteme LabView -



- Bedingte Verzweigung hier in Abhängigkeit eines digitalen Eingangs (entspricht IF oder CASE)
- Die einzelnen Fälle werden in jeweils eigenen Rahmen dargestellt.

# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Softwaresysteme LabVIEW -

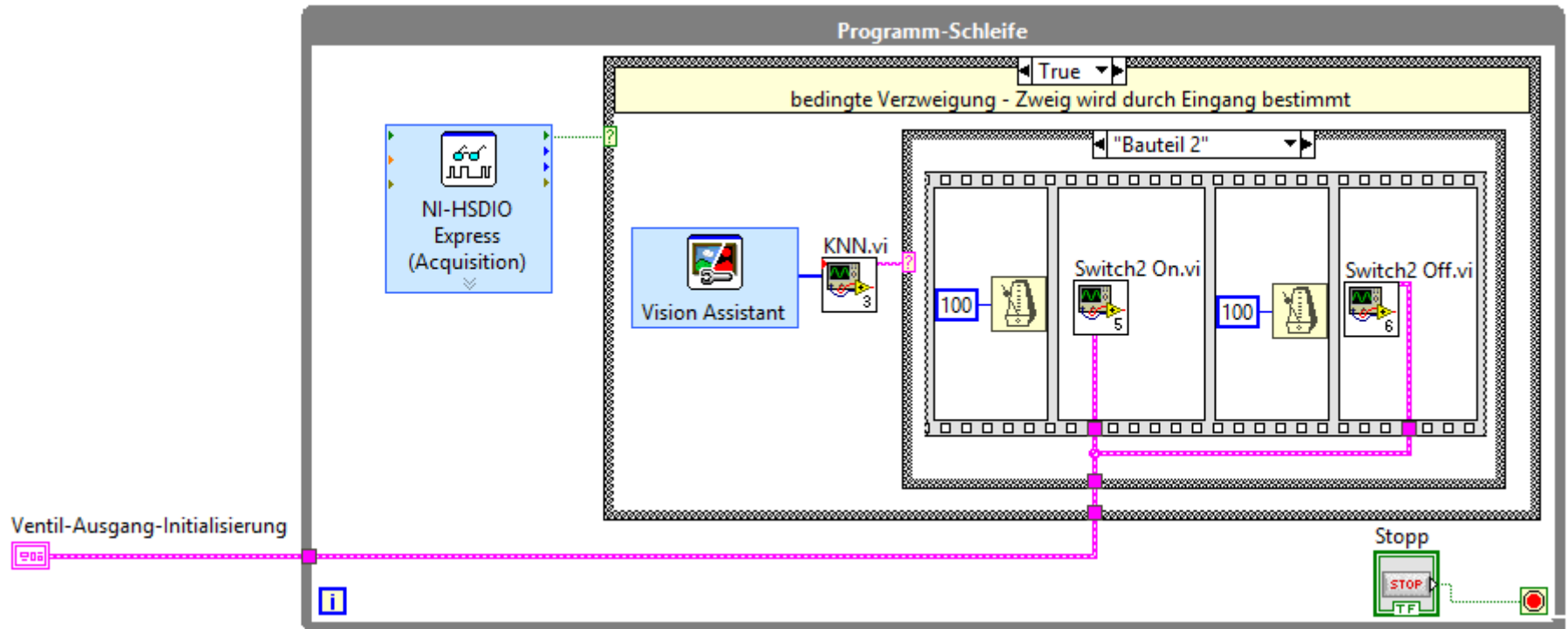


- Verarbeitung eines eingelesenen Bildes in einem Unterprogramm KNN.vi
- (Sub-)Programme werden Virtual Instruments (VI) genannt

LabVIEW - Beispielprogramm

# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Softwaresysteme LabView -

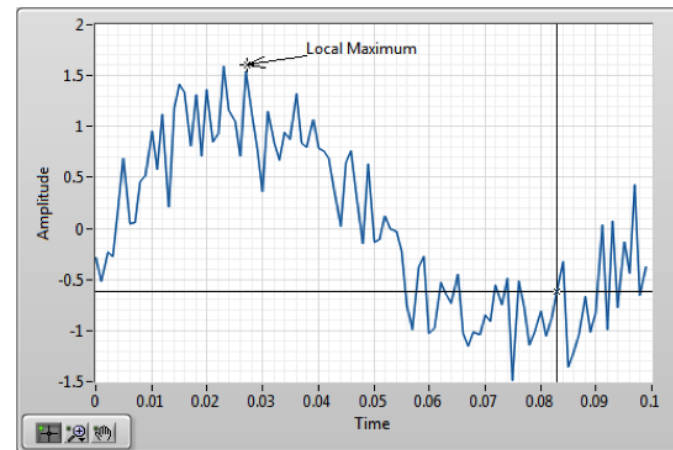
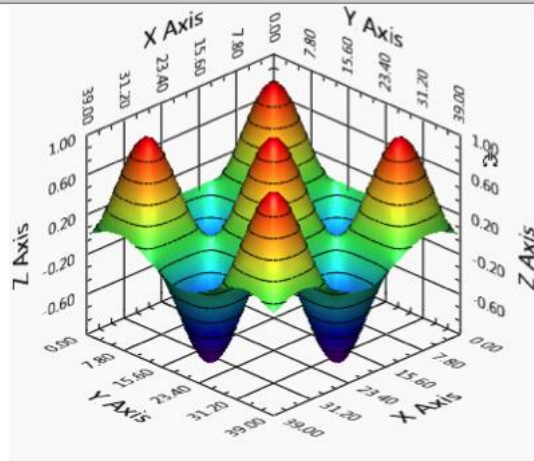
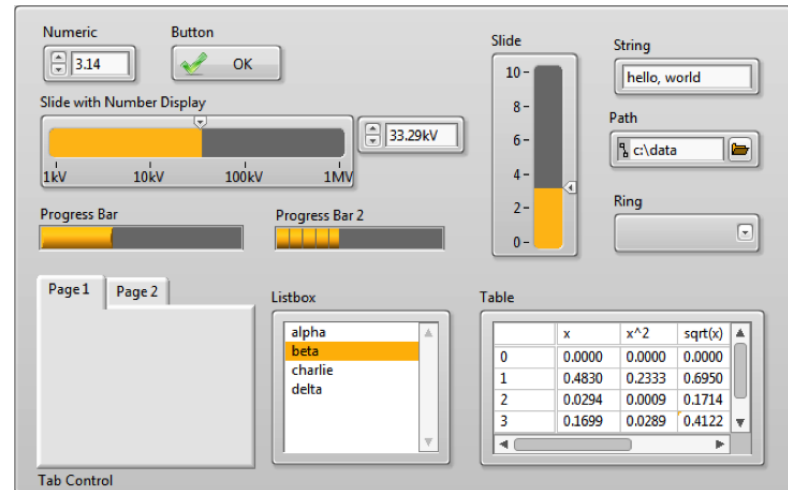
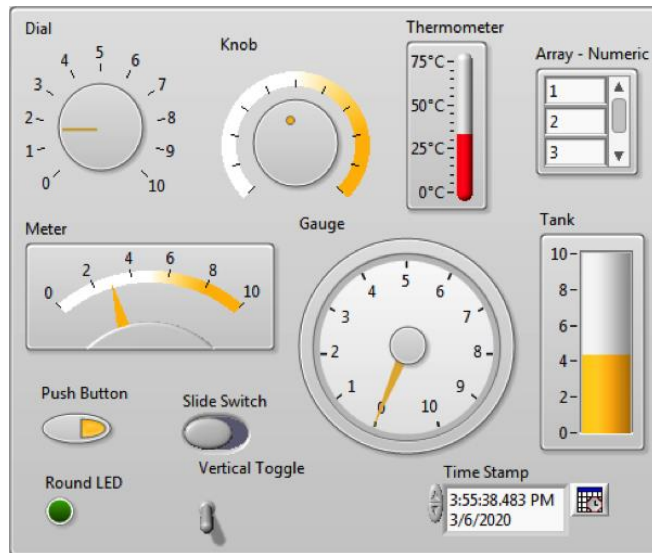


- Reihenfolge der Abarbeitung: alle Eingänge / Vorgänger müssen zuerst berechnet werden
- Besteht keine direkte Abhängigkeit, so können auch Sequenzen definiert werden

# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Softwaresysteme LabView -

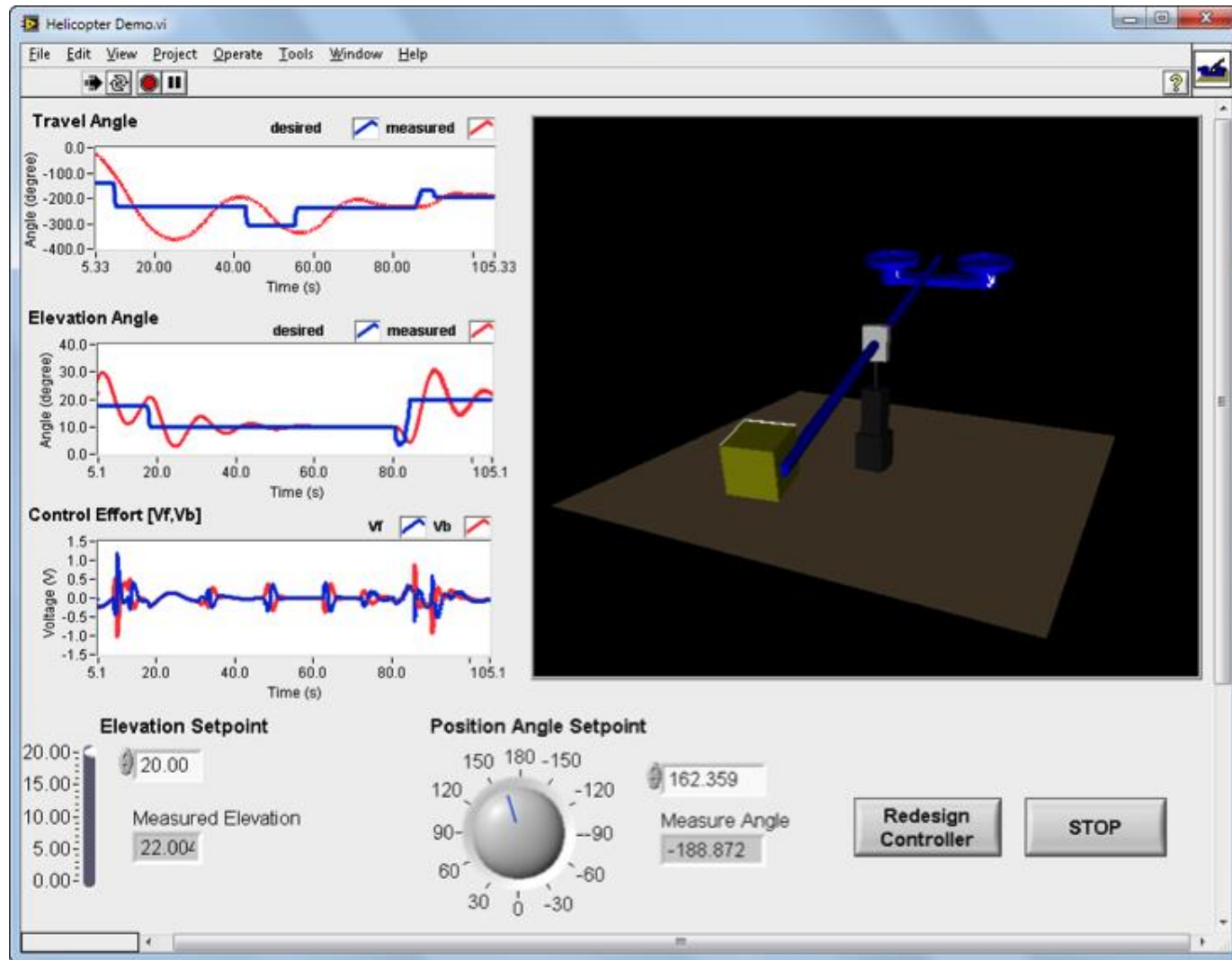
Beispiele für Elemente der Benutzungsschnittstelle





# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Beispiel LabView: Helikoptersimulator mit 3D-Bildfunktion -





# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Technologien, Standards, Protokolle, Kommunikation -

**SCADA** Supervisory control and data acquisition

Level 2 Prozessleitebene in der Automation (entsprechend der Pyramide, OSA Modell)

Aufgabe: z.B. „Bedienen und Beobachten, Rezeptverwaltung und Ausführung, Messwertarchivierung

Anwendung: Prozesssteuerung, Windenergieanlagen (WEA)

Normen: IEC 62264 führt die Bezeichnungen Level 0 bis 4 ein und beschäftigt sich mit der Integration Ebenen 2,3 und 4.

ISA-88.01 und ISA-95 definieren ein physisches Modell.

**Bus Systeme** (Kommunikation):

CAN Bus (PKW)

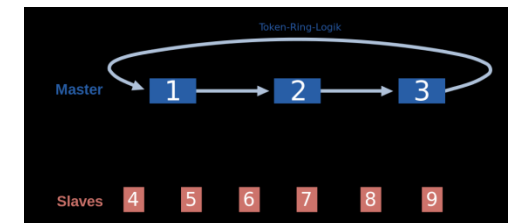
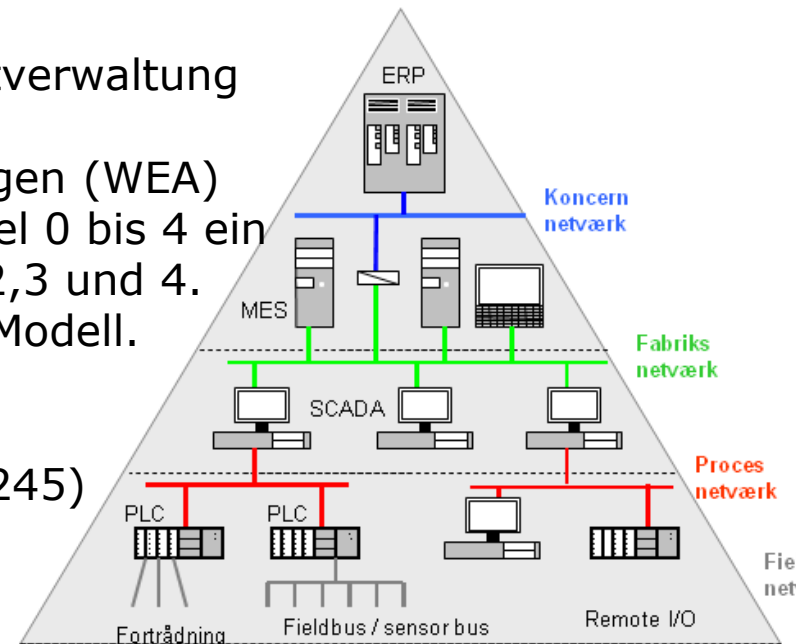
Feldbusse (Process field bus) PROFIBUS (DIN 19245)

seit 1999 in IEC 61158/IEC 61784 festgelegt.

**Sensor Bus:** AS-Interface ist in den Normen EN 50295 und IEC 62026-2 standardisiert.

## Anwendungen

Fertigungsautomatisierung, In-Prozess Messtechnik, Energiesysteme, CMS Condition monitoring (WEA)



PROFIBUS Token Ring Quelle: Cabfdb

# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Beispiel: In-process surface inspection -

### Task

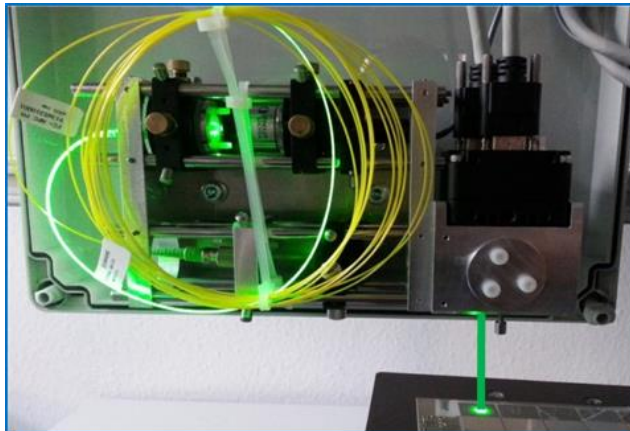
- roughness characterization
- smooth technical surfaces
- running production processes
- surface velocity < 300 m/min
- plane and cylindrical objects

### Objectives

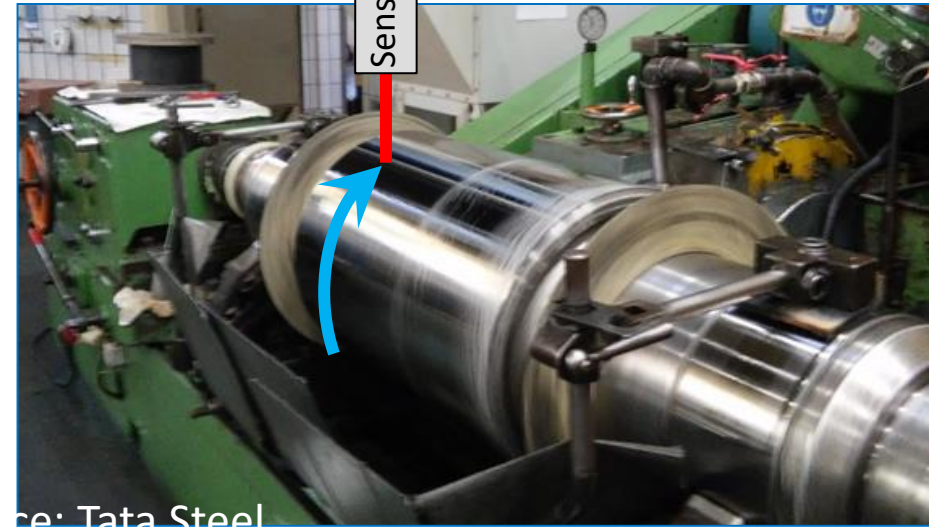
- extensive surface coverage
  - large view field  $\varnothing$  10 mm
  - high measuring rate > 300 Hz
- real-time measurement



Work rolls with optically smooth surfaces



Optical measuring setup

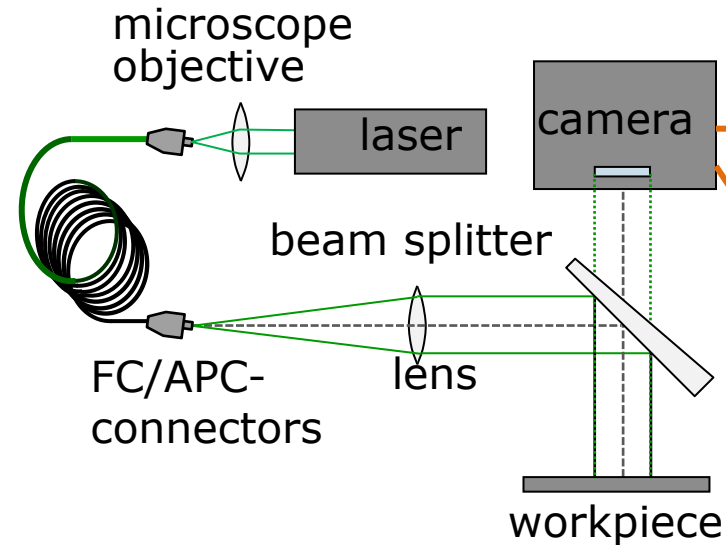


Work roll recycling and measurement

# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Messtechnische Lösung - Rauheitsmessung -

Scattered light measuring setup



- optical fiber as spatial filter
- wedged beam splitter plate
- camera, 2 MPixel, 340 FPS
- roughness dependent partially developed speckle patterns

### Data processing

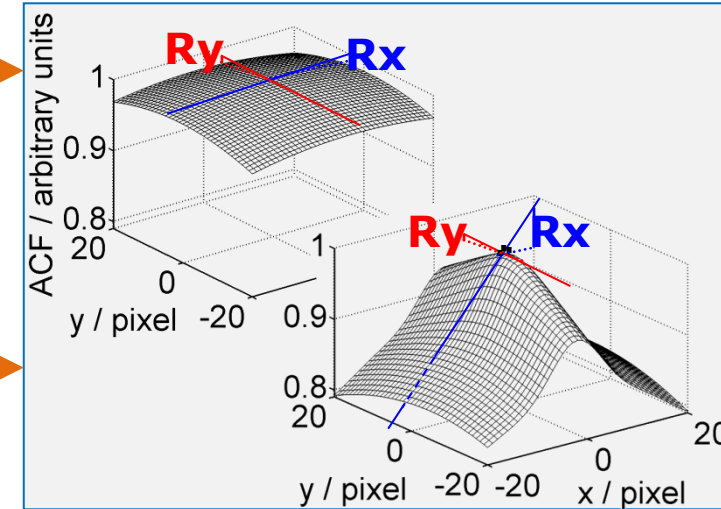
- mean pixel intensity value from previous image
- software-based image processing (fallback, test, ...)

digital images

$S_a = 3 \text{ nm}$

$S_a = 25 \text{ nm}$

**FPGA**  
image processing



- FPGA → direct autocorrelation function (ACF)
- optical roughness parameters  $R_x$ ,  $R_y$  (slope of ACF)

### FPGA-based approach

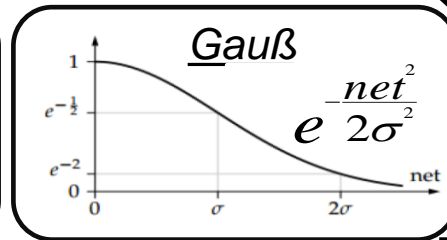
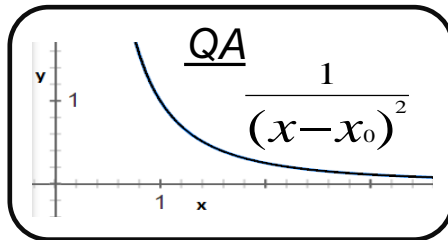


# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Beispiel Laserschmelzen -

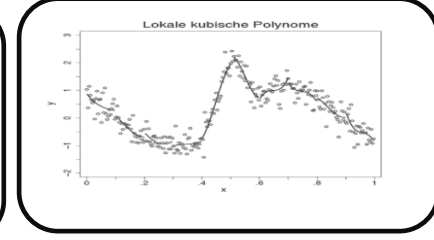
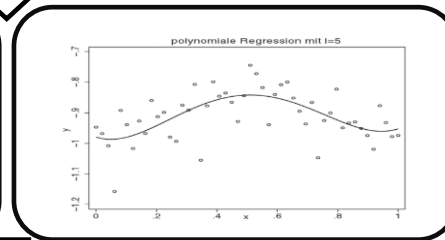
- Aufgabe: fast, adaptive control strategy (Schnelle Adaptive Regelung)
- Anwendung: Laserschmelzprozess mit zahlreichen Einflussgrößen
- Lösung: Integration der Regelung mit den Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) in eine industrielle Steuerungsumgebung SPS
  - Übertragung der Funktionalität auf ein Reaction Modul (FPGA basiert) zur Verringeren der Zykluszeit, Verbesserung der Ausführungsgeschwindigkeit und Genauigkeit der Ausgaben

### Radiale Basisfunktionen-Netze



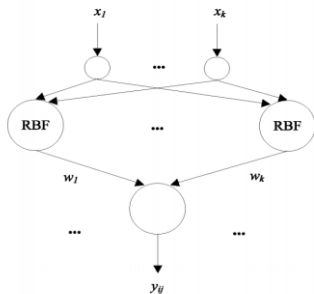
Training

### Polynomische Modelle



Anwendung Polyfit(n)

Polyfit-piecewise



**Eingangs-  
größen**

Berechnung anhand des  
Modells (eval-Methode)

**Ausgang**



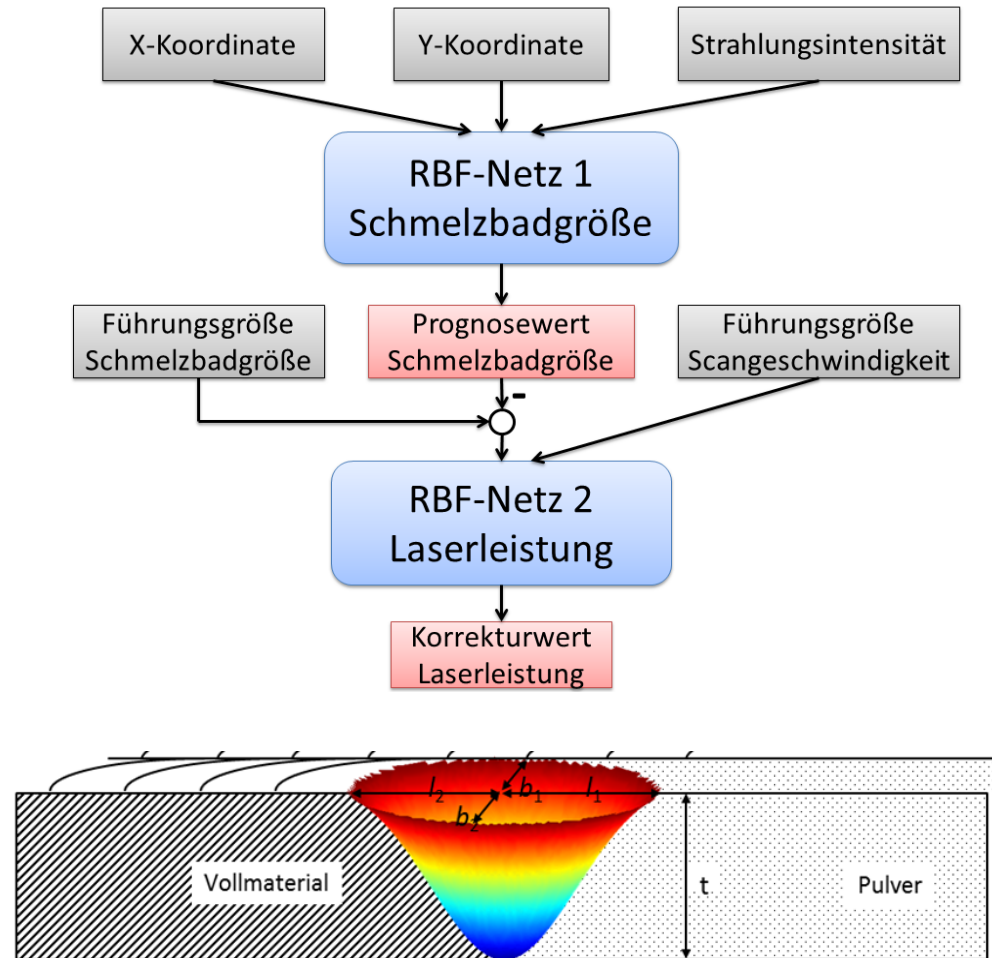
# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Messtechnische Lösung -

### Der Laserschmelzprozess

Bestimmung der **Schmelzbadgröße**  
(X- und Y-Koordinaten und Strahlungsintensität)

Bestimmung der **Laserleistung**  
(Schmelzbadgröße, Differenz zwischen Ist-/Sollwert und Scangeschwindigkeit)



# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Messtechnische Lösung -

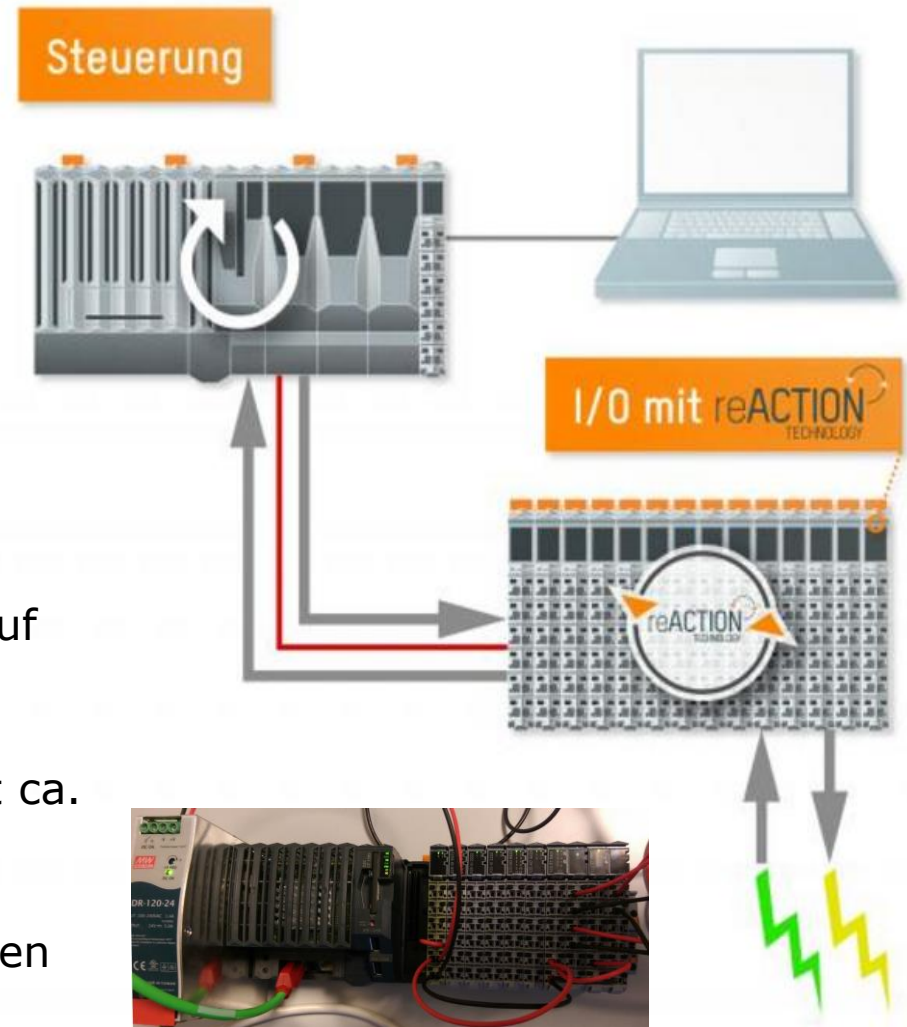
Realisierung der SPS-Programme

SPS + Reaction Modul:

- FPGA-Basis
- Direkte Verbindung mit der SPS
- Eigenständige Abarbeitung des zugeordneten Programms
- Programmierung im Funktionsbaustein-Editor
- Zykluszeit abhängig von der Komplexität (minimal  $1\mu\text{s}$ )

Ziel: Berechnung des Prognosewertes auf dem Reaction Modul

- Die Gesamtzeit zur Generierung des Ausgangssignals sinkt auf insgesamt ca.  $15\text{-}35\mu\text{s}$
- Einschränkungen der Genauigkeit können mit Aufwand minimiert werden



Quelle: B&R

# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Messtechnische Lösung -

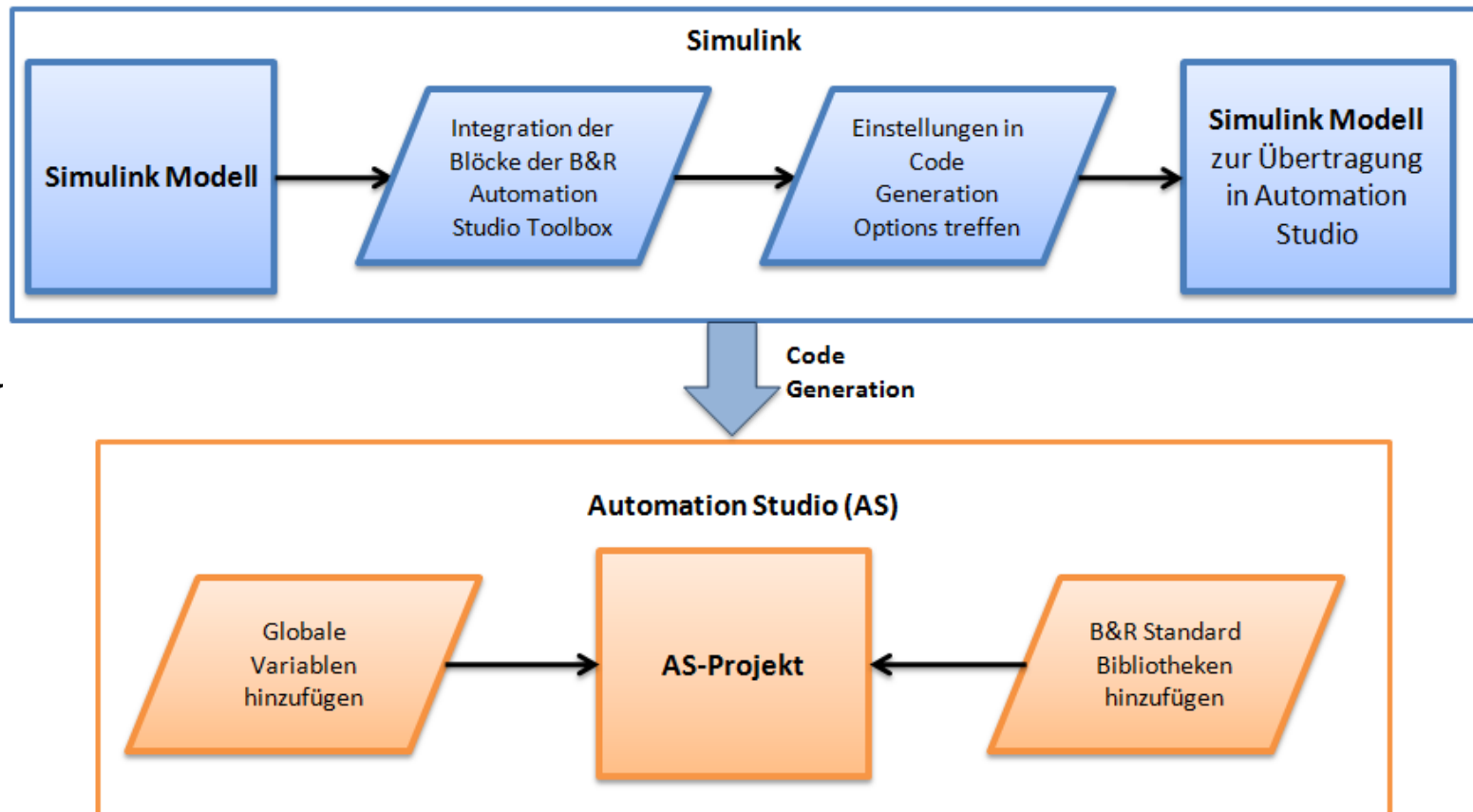
### Einschränkungen auf dem Reaction Modul

Einschränkung	Auswirkung	Lösung
Keine Fließkommazahlen	Genauigkeit sinkt	Zusätzliche Divisionsblöcke, Datenbereich optimieren
Eingeschränkte Datenübertragung	Manuelle Einstellungen, kein automatisches Update (3 Eingänge)	Internen Speicher verwenden, Funktionalität aufteilen
Verzögerungen bei Datenübertragungen zwischen zwei Reaction Modulen	Zykluszeit steigt	Reaction Modul mit mehreren Eingängen verwenden
Maximaler Datenbereich DINT	Genauigkeit sinkt	Reaction Programmablauf ändern, zusätzliche Divisionsblöcke verwenden

# Automatisiertes Messen und Steuern

## - Messtechnische Lösung -

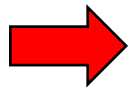
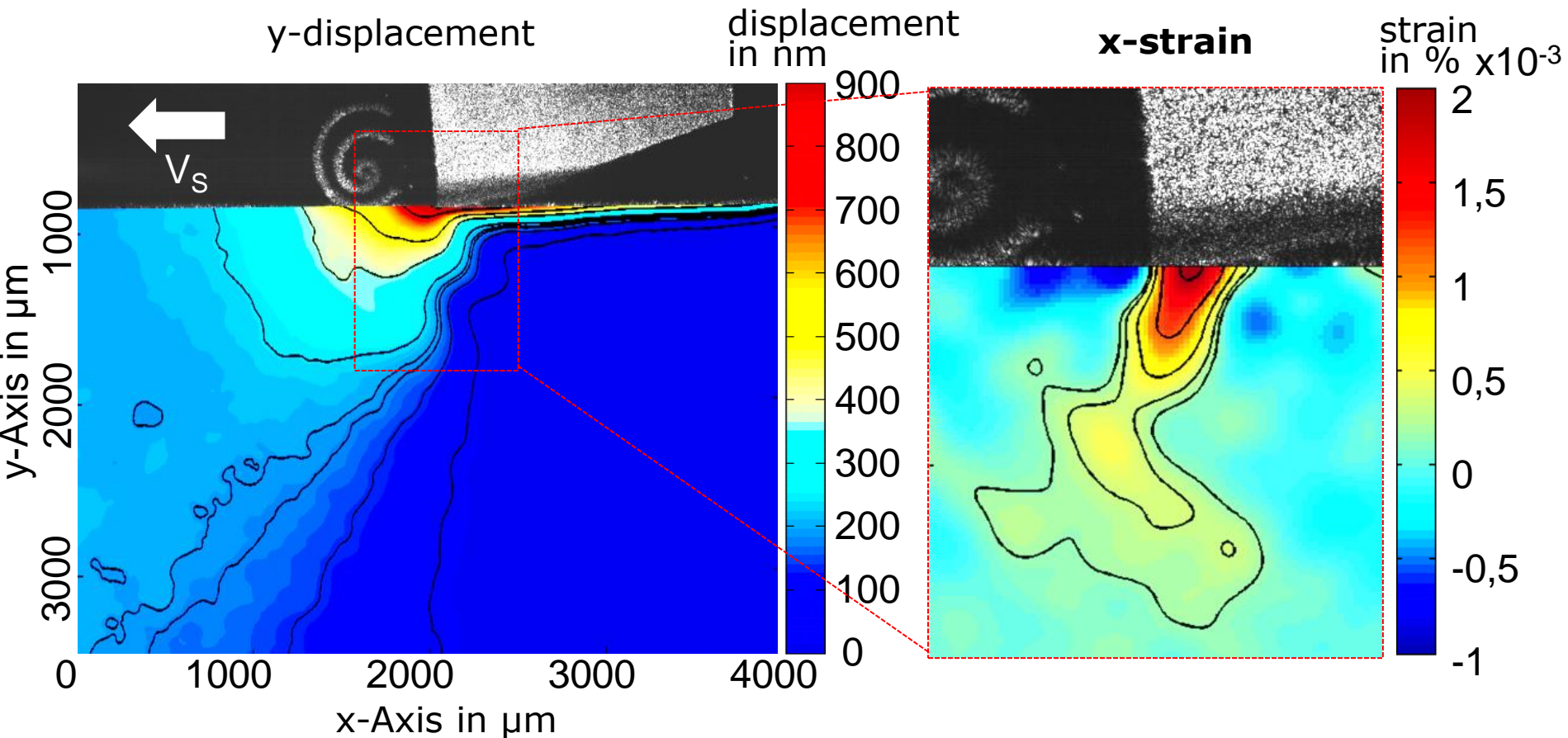
Überführung der Simulink-Modelle auf die SPS mit der Toolbox „B&R Automation Studio Target for Simulink“





# Automatisiertes Messen und Steuern

- In Process Messtechnik beim Spanabheben -



High spatial and temporal resolution of measured deformation and strain fields even in dynamic processes

# Lehrziele und Gliederung

- V1 Motivation, Anwendungsbereiche, Prozesse und Methoden der Automatisierungstechnik
- V2 Automatisierung in der Produktion
- V3 Boolesche Algebra 1
- Ü1 Matlab Einführung
- V4 Bolsche Algebra 2: Graphen
- Ü2 Übung Boolsche Algebra
- V5 Fuzzy Logic
- Ü3 Fuzzy Logic
- V6 Neuronale Netze
- Ü4 Neuronale Netze
- V7 **Automatisiertes Messen und Steuern**
- Ü5 Automatisiertes Messen und Steuern
- V8 Speicherprogrammierbare Steuerungen
- Ü6 Übungen und Musterklausuren