



Technische Hochschule Georg Agricola

INDUSTRIEAUTOMATION EINFÜHRUNG

Bochum

Prof. Dr.-Ing. Lars N. Josler

VORSTELLUNG



Prof. Dr.-Ing. Lars Niklas Josler

Lars.josler@thga.de

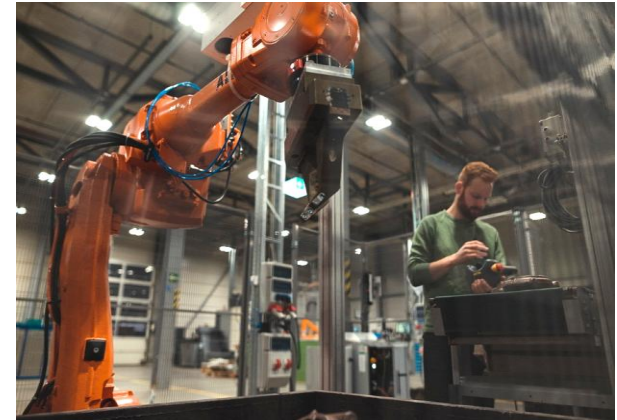
Gebäude 7, Raum 206



Prof. Dr.-Ing. Lars N. Josler
Robotics for Industry, Security &
Research | Engineering Robots for th...



- **2013 – 2015 Studium Maschinenbau B.Eng. an der THGA**
- **2015 – 2018 Studium Maschinenbau M.Sc. an der RUB**
- **2018 – 2023 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktionssysteme**
- **2023 – 2026 Expert Automatisierung und Digitalisierung bei Evonik**
- **Ab 03.2026 Professur: Automatisierungstechnik und Robotik an der THGA**



INHALT DER VORLESUNG

- **Konzept der Veranstaltung**
- **Industrieautomation**
 - Einführung, Geschichte und Begriffe
 - Bestandteile eines Automatisierungssystems
- **Vorstellung der Projekte**



HINWEISE ZUR LEHRVERANSTALTUNG



Anmeldung zum Moodle-Kurs:

<https://moodle.thga.de/course/view.php?id=3169>

Name: **Industrieautomation (SoSe 26)**

Passwort: **@IA**

- Vorlesungsfolien und alle weiteren Unterlagen in Moodle vor der Vorlesung
- Aushang zu den Terminen der Lehrveranstaltung beachten!
- Prüfung: Präsentationen, Bericht und aktive Teilnahme an Terminen

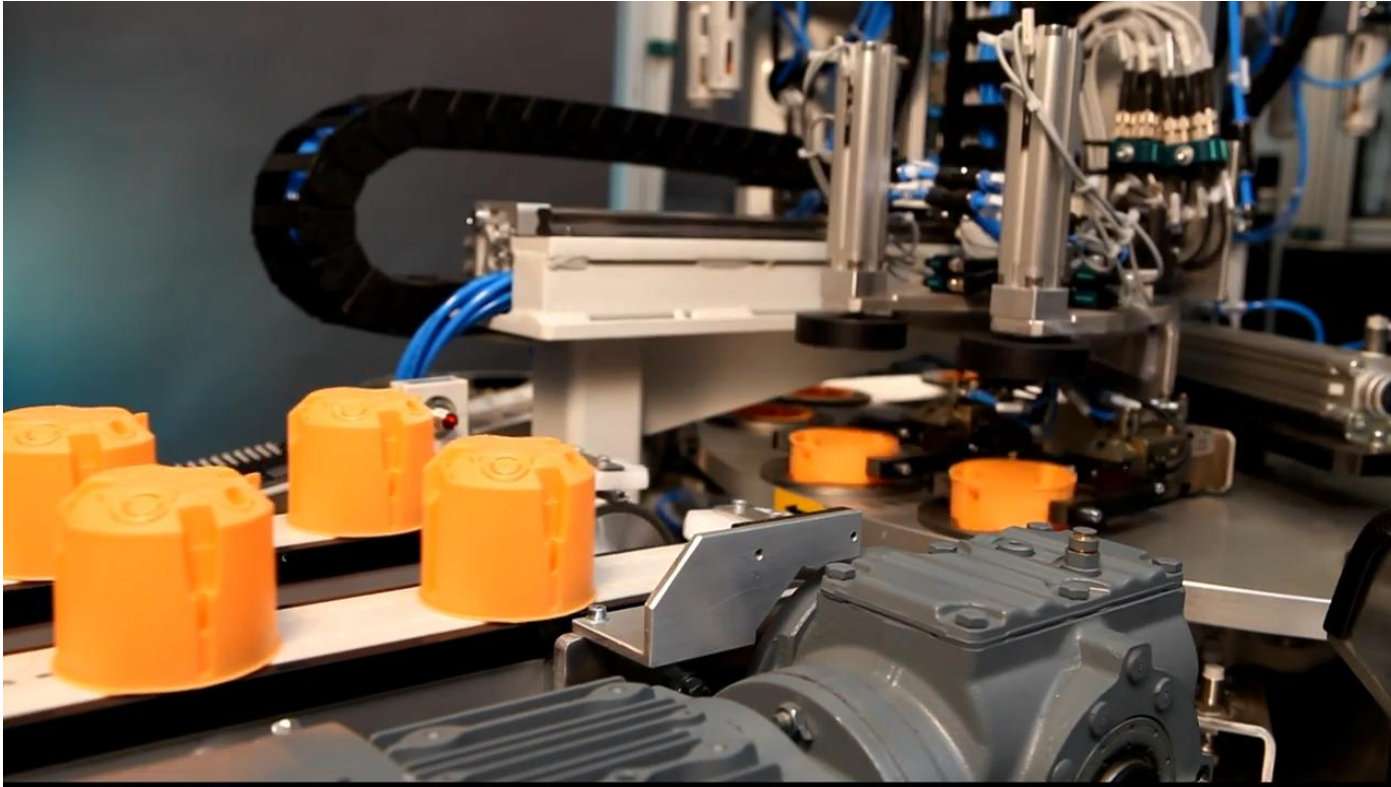


INHALT DER VORLESUNG

- **Konzept der Veranstaltung**
- **Industrieautomation**
 - Einführung, Geschichte und Begriffe
 - Bestandteile eines Automatisierungssystems
- **Vorstellung der Projekte**



MONTAGEANLAGE FÜR HOHLWANDDOSEN



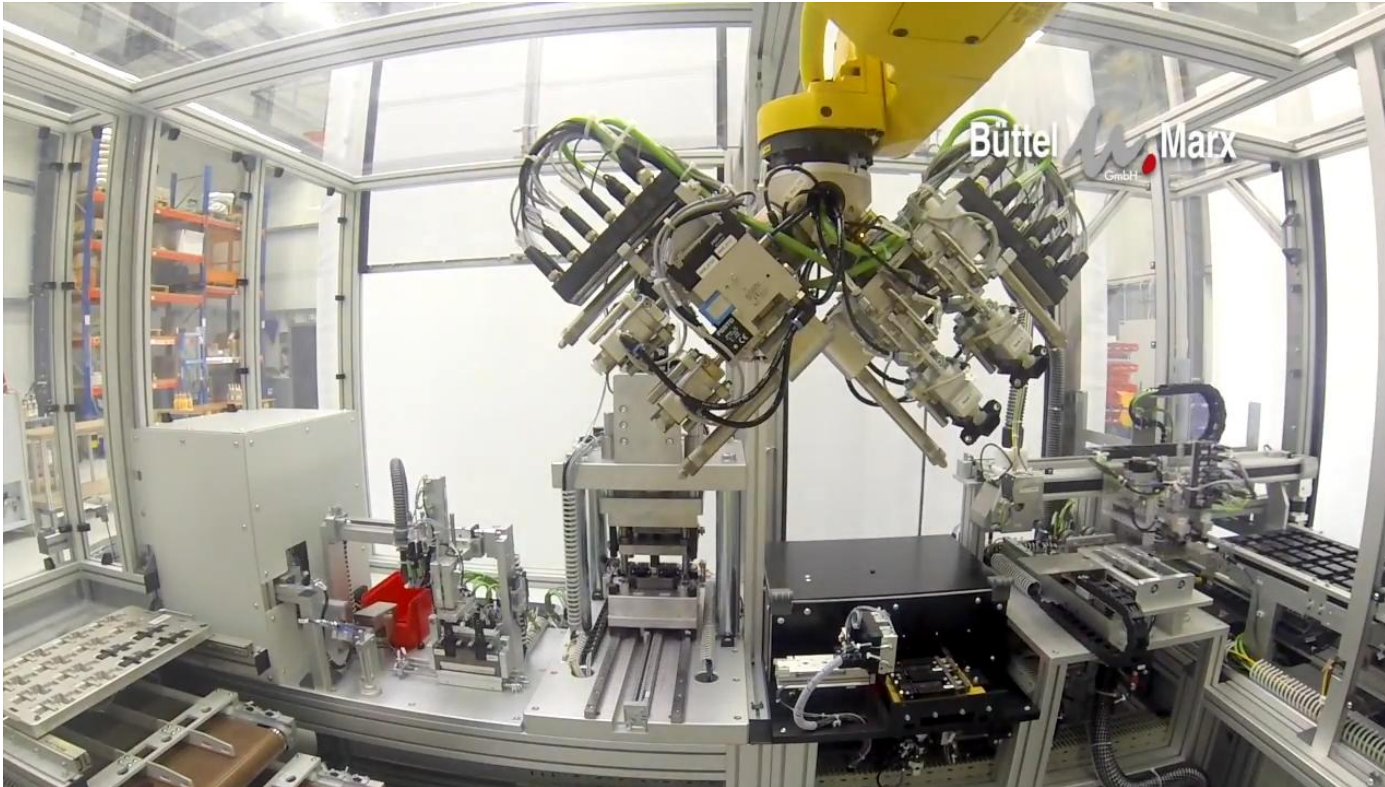
Quelle: RESA Systems [Video](#)

PRALINEN-VERPACKUNGSANLAGEN



Quelle: Schubert GmbH [Video](#)

VOLLAUTOMATISCHE FERTIGUNG UND ENTNAHME VON SPRITZGUSSTEILEN



Quelle: Büttel & Marx GmbH [Video](#)



**Unterstützen diverse Barcodes einschließlich
postalischer 1D- und 2D-Barcodes**

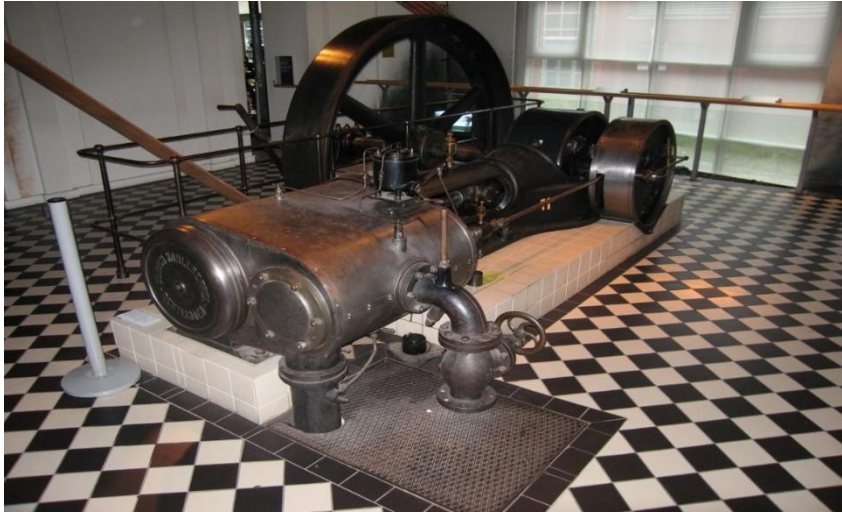
Quelle: NPI

AMAZON WARENLAGER



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=wt7U9pAgv34>

DAMPFMASCHINE ALS ANTRIEB

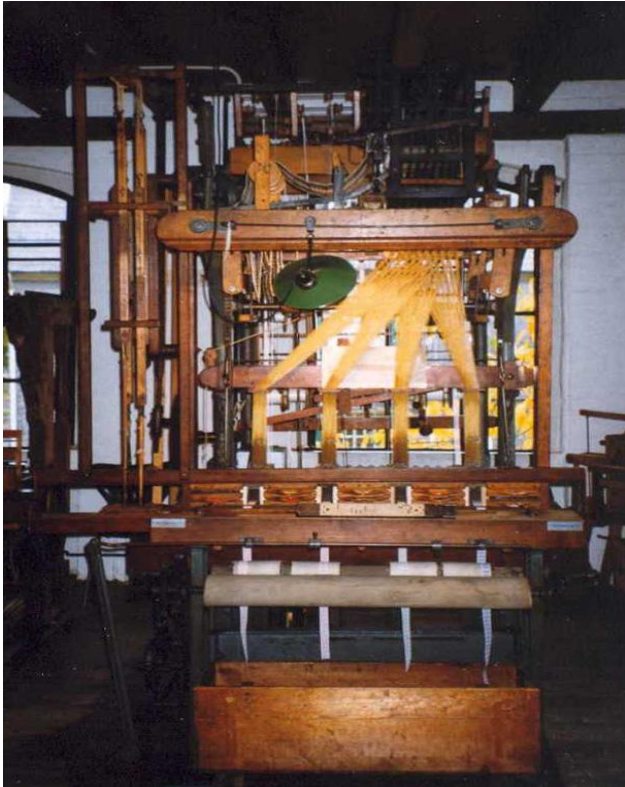


James Watt

konstruierte 1765 eine Maschine die
Wärmeenergie in mechanische Energie
umwandelt.

Quelle: DASA Dortmund

JACQUARD-WEBSTUHL



J.M. Jacquard entwickelt einen über Lochkarten „programmierbaren“ Webstuhl (1805)

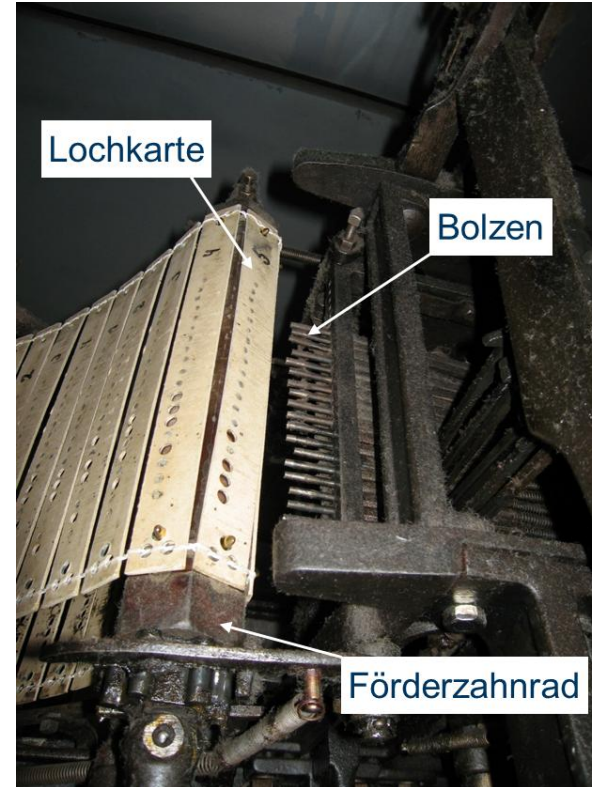
- Durch das Endlosprinzip der Lochkarte konnten beliebig komplexe Muster mechanisch hergestellt werden.
- Genauer genommen waren es keine Lochkarten, sondern lange Lochstreifen und damit eine frühe Anwendung der Digitaltechnik.
- Erste „programmierbare“ Maschine, diese konnte durch den Austausch der Lochkarten umgerüstet werden.

Quelle: historisches Zentrum Wuppertal

„LOCHKARTENLESER“



- Meistens aus Pappe
- Mit Lochzange programmiert
- Wird von Webstuhl mit Tastbolzen abgefragt
- Bolzen drücken gegen Lochkarte und erkennen Lochmuster

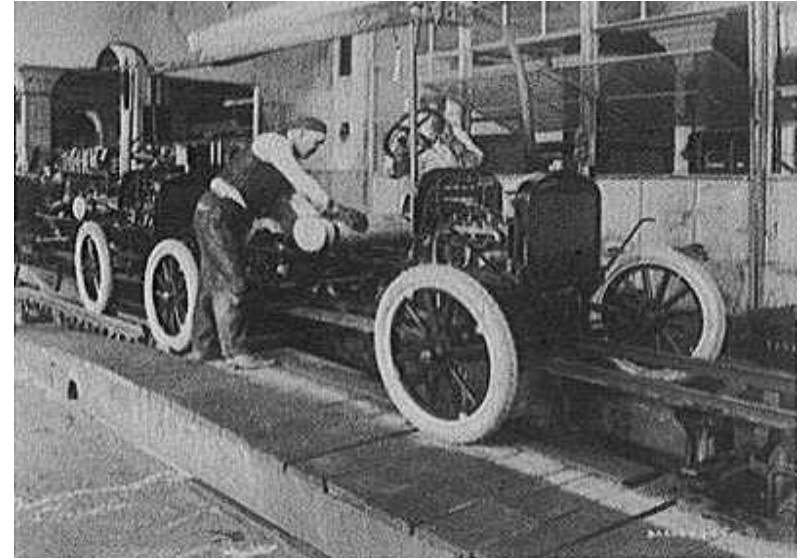


Quelle: DASA Dortmund

EINFÜHRUNG DER SERIENPRODUKTION



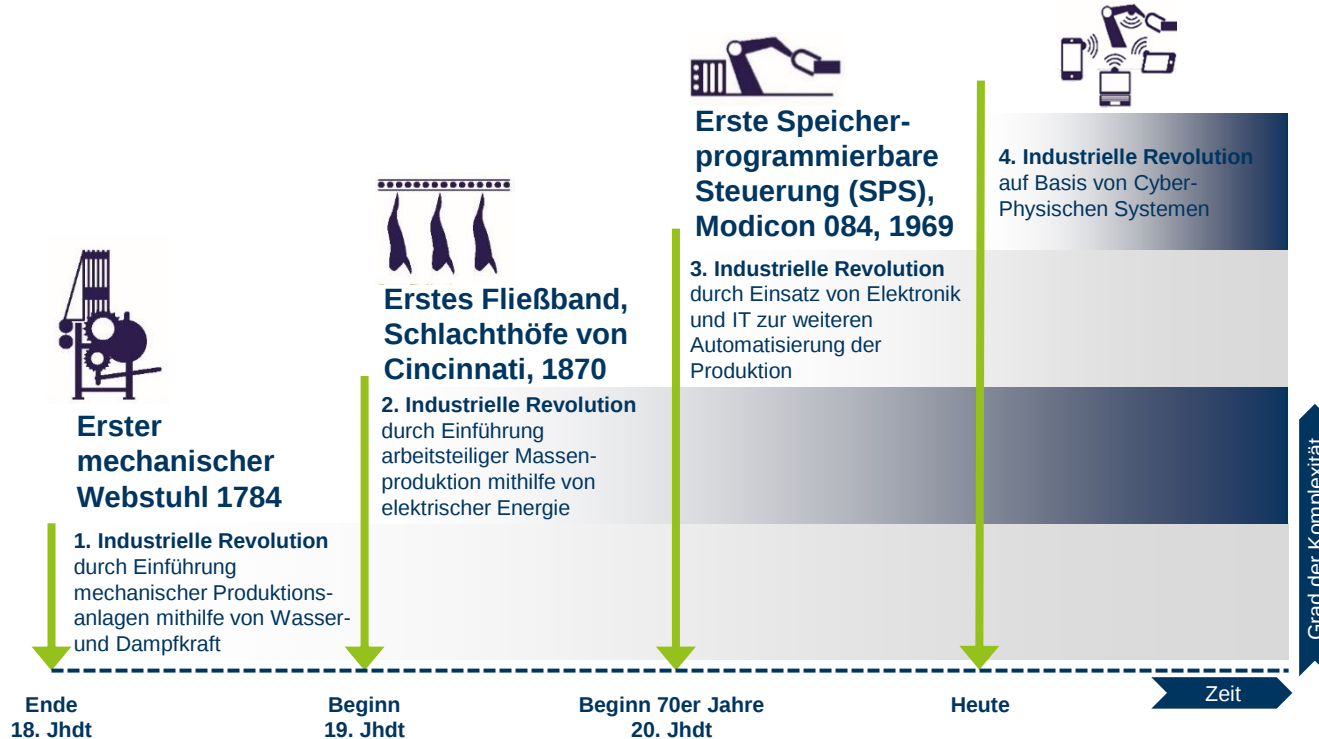
Automobilfertigung bei Ford 1913...



... und 1923

Quelle: <http://www.americalibrary.gov>

VON INDUSTRIE 1.0 ZU INDUSTRIE 4.0



EINFLUSS DER AUTOMATISIERUNG AUF KOSTEN, ZEIT UND TECHNIK

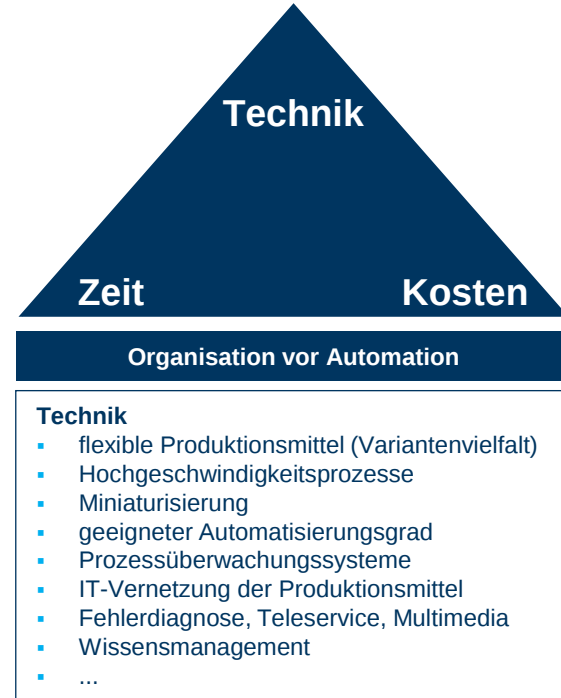


Zeit

- Neuentwicklungen schneller am Markt
- kurze Lieferzeiten bei geringen Beständen
- Durchlaufzeiten verkürzen
- Rüst- und Ausführungszeiten senken
- dynamische Anpassung an Auftragslage
- Produktfehler schneller beheben
- Störungen schneller beseitigen
- fehlerfreie Produktion
- ...

Kosten

- Verringerung der Produktionskosten
- Erhöhung der Produktivität
- hohe Kapazitätsauslastung
- Verringerung der Bestände
- Vermeidung von Nacharbeit
- Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit
- Reduzierung / Beherrschung der Variantenvielfalt
- ...



Jede Investition muss sich durch eine Verbesserung oder Verbilligung der Produkte rentieren.

DEFINITION: AUTOMATISIERUNG



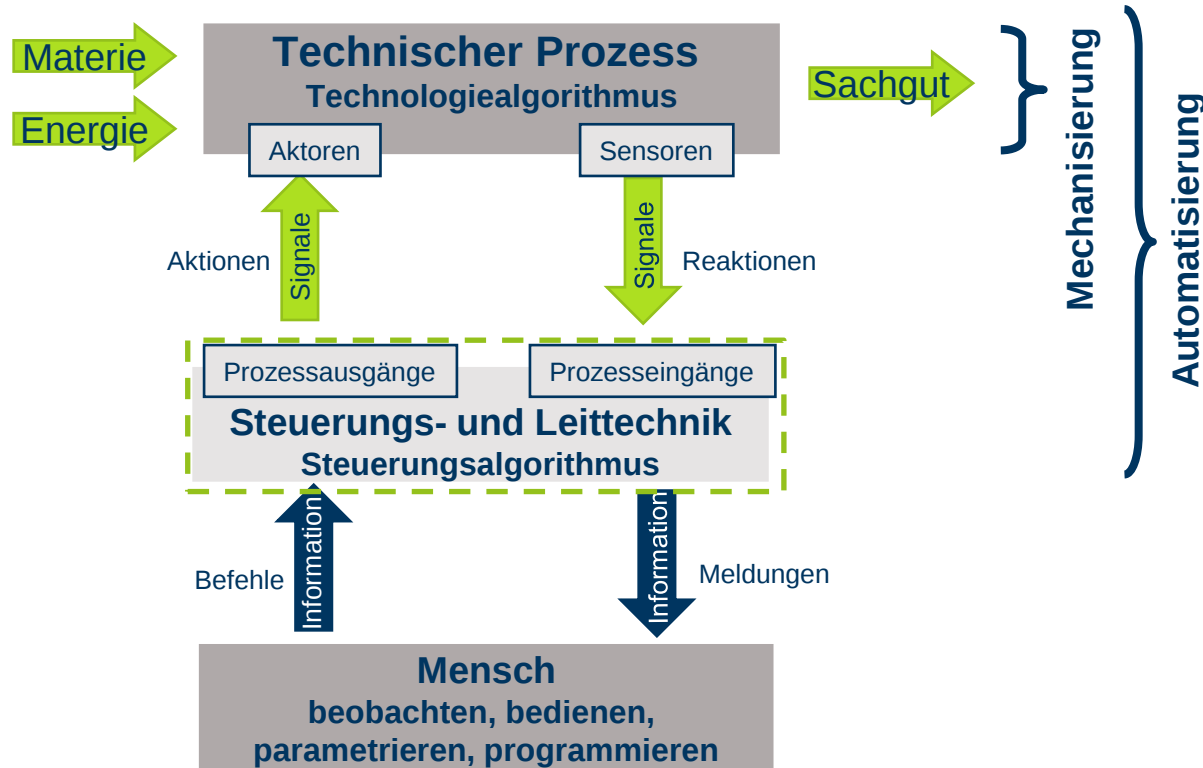
Begriff	Definition
Automatisch	Der Begriff ist griechischen Ursprungs und bedeutet “von selbst geschehend”.
Automat	Ein Automat ist ein selbsttätig arbeitendes künstliches System. Sein Verhalten wird entweder <u>schrittweise</u> durch vorgegebene Entscheidungsregeln oder <u>zeitkontinuierlich</u> nach festgelegten Beziehungen bestimmt. Seine <u>Ausgangsgrößen</u> werden aus seinen <u>Eingangs-</u> und <u>Zustandsgrößen</u> gebildet ¹ . Ein Automat beinhaltet somit Steuerungs- und Regelfunktionen.
Automatisierung	Unter der Automatisierung wird die informationstechnische Entkopplung des Menschen vom Arbeitsprozess verstanden.
Automatisierungsgrad	Der Automatisierungsgrad gibt für ein <u>definiertes System</u> die informationstechnische Entkopplung des Menschen vom Arbeitsprozess an (Einschalt-, Ausschalt- und Überwachungsfunktionen werden nicht einbezogen). $\frac{\text{automatisierte Funktionen}}{\text{automatisierte} + \text{manuelle Funktionen}}$
Automatisierungstechnik	Interdisziplinäre Anwendung der Mess-, Steuerungs-, Regelungs-, Antriebs-, Rechen- und Kommunikationstechnik.

Quelle: ¹DIN 19 233



- **Wichtig: Organisation vor Automation**
 - Erst müssen die Produkte, die Organisation und der Produktionsprozess vereinfacht werden.
 - Anschließend erfolgt die Automatisierung geeigneter Abläufe.
 - Erfolgreiche Automatisierung ist flexibel, überschaubar und leicht bedienbar / beherrschbar
 - Amortisationszeiten von 0,5 - 2 Jahre

AUTOMATISIERTES TECHNISCHES SYSTEM



INHALT DER VORLESUNG

- **Konzept der Veranstaltung**
- **Industrieautomation**
 - Einführung, Geschichte und Begriffe
 - Bestandteile eines Automatisierungssystems
- **Vorstellung der Projekte**



BESTANDTEILE EINES AUTOMATISIERUNGSSYSTEMS (1)



Handhabungssysteme /
Bewegungskinematiken



Quelle: KUKA

Materialfluss-, Förder- und
Ordnungseinrichtungen



Quelle: Alfotec

Greifer / Effektoren



Quelle: Schunk

Sensorik und
Bildverarbeitung



Quelle: Sick

Automatisierungssystem

Steuerung und
Kommunikation



Quelle: Schneider Electric

Mensch-Maschine-
Schnittstelle



Quelle: Elektroniknet

Sicherheitstechnik



Quelle: Direct Industries

Service / Inbetriebnahme



Quelle: Niehues

BESTANDTEILE EINES AUTOMATISIERUNGSSYSTEMS

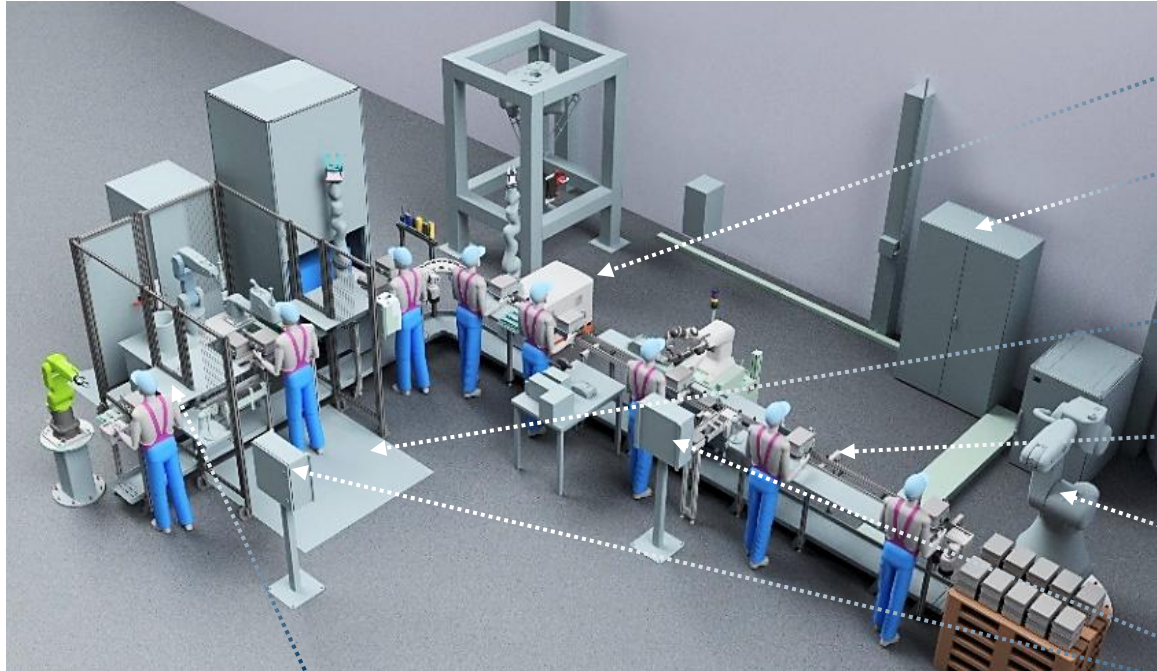
Vorstellung der COssembly



BESTANDTEILE EINES AUTOMATISIERUNGSSYSTEMS



Beispiel: Photovoltaik-Schaltkästen produzieren



**Materialfluss-, Förder- und
Ordnungseinrichtungen**
(VL: AT)



Mobile Robotik
(VL: MDR)



**SPS und
Bussysteme**
(VL: AT)

Sicherheitstechnik
(u. Konzepte)



**Sensortechnik und
Wegmesssysteme**
(VL: AT)



**Handhabungssysteme /
Bewegungskinematiken**
(VL: RO)

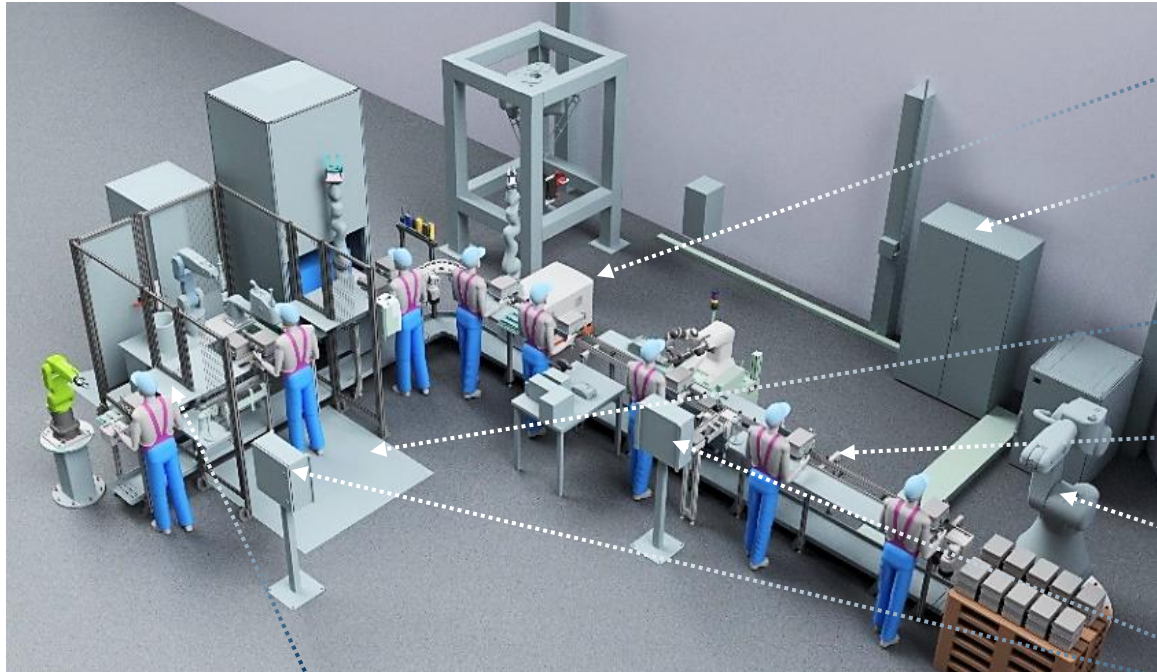
**Manufacturing
Execution System,
IOT & Data Science**



BESTANDTEILE EINES AUTOMATISIERUNGSSYSTEMS



Beispiel: Photovoltaik-Schaltkästen produzieren



**Materialfluss-, Förder- und
Ordnungseinrichtungen**
(VL: AT)



Mobile Robotik
(VL: MDR)



**SPS und
Bussysteme**
(VL: AT)

Sicherheitstechnik
(u. Konzepte)



**Sensortechnik und
Wegmesssysteme**
(VL: AT)



**Handhabungssysteme /
Bewegungskinematiken**
(VL: RO)

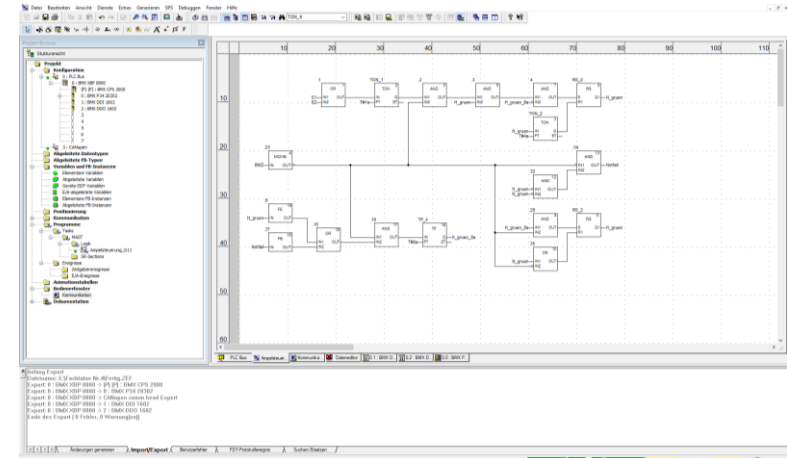
**Manufacturing
Execution System,
IOT & Data Science**



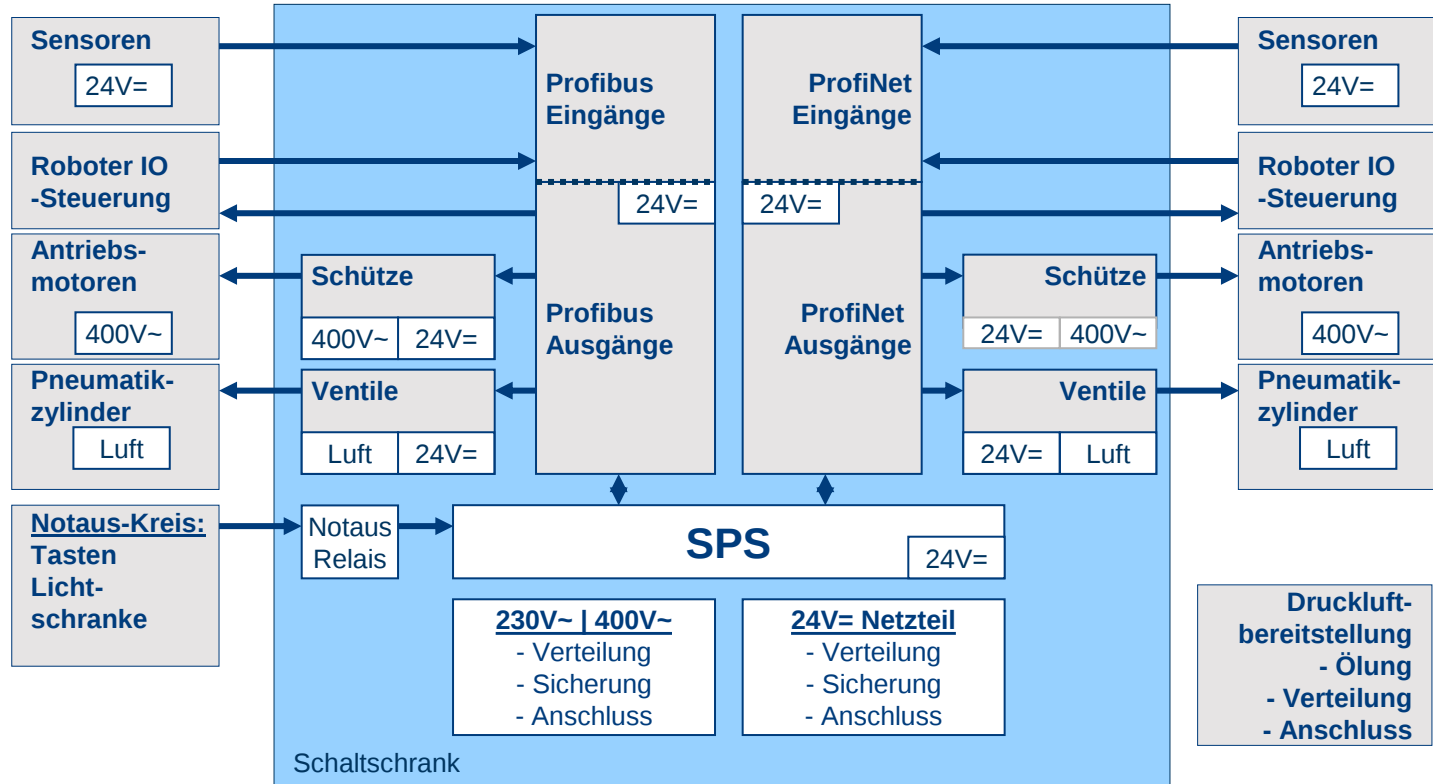


Eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) ist

- ein Gerät, das programmiert und eingesetzt wird, um eine Maschine oder Anlage zu regeln bzw. zu steuern
- ein industrieller Rechner mit Schnittstellen zu Sensoren und Aktoren



SPS IM KONTEXT



AUFBAU EINER SIMATIC S7



Schraub-
anschluss



Basic Controller (S7-1200)

geregelte
Strom-
versorgung



Advanced Controller (S7-1500)

CPU

Bedienpanel

digital
und
analoges
I/O Modul

Status
LEDs

SPS UND NOTWENDIGE PERIPHERIEN IM PRODUKTIONSSYSTEM





Netzteile



Reihenklemmen - 24V
Selektivitätsmodul

FI-Schutzschalter





Schutzschalter



Dezentrale Peripherie



SPS CPU



Schutzschalter

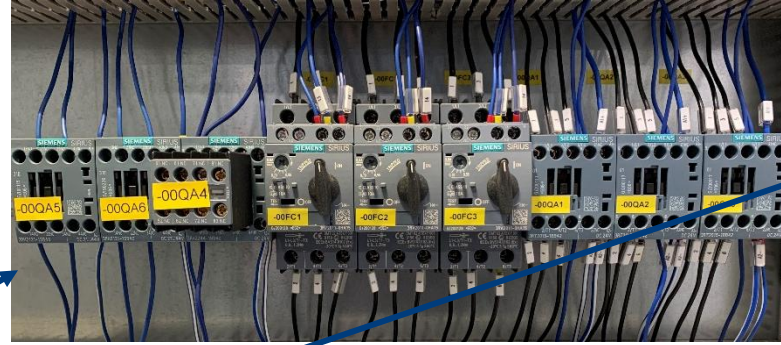




Switch



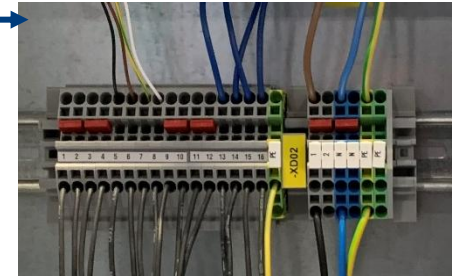
Schütze Motorschutzschalter Schütze



Schutzschalter

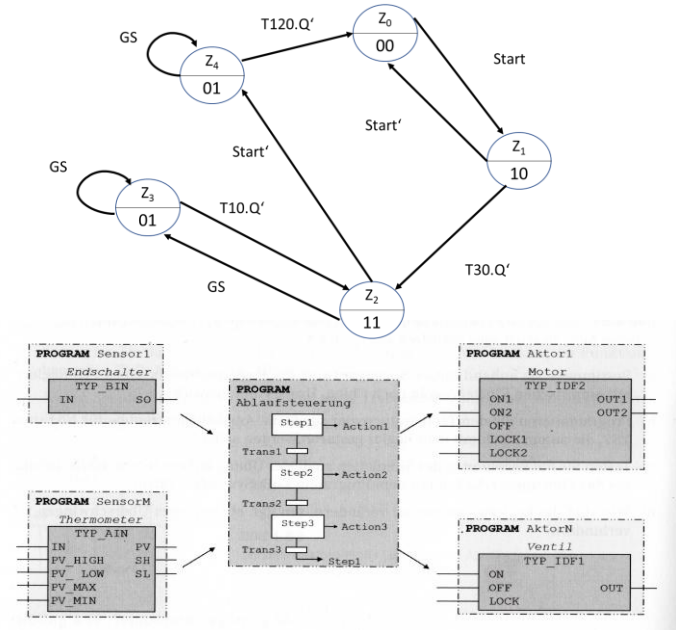


Reihenklemmen

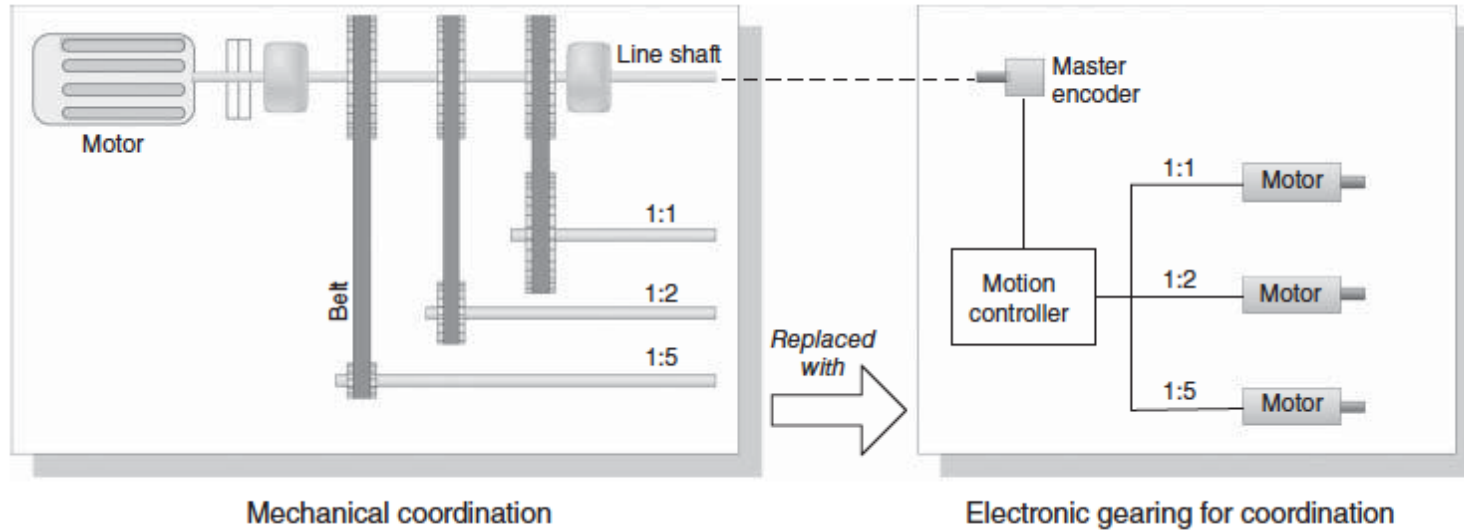




- Ablaufsteuerungen laufen schrittweise ab
- Sie basieren auf dem Prinzip der Petrinetze
- Die Schritte werden als Kette abgearbeitet
- Zwei aufeinander folgende Schritte sind durch die Weiterschaltbedingung (Transition) voneinander getrennt
- Nur wenn die Transition erfüllt ist, aktiviert die Ablaufsteuerung den nächsten Schritt
- In den Schritten können die Aktoren durch Actions aktiviert werden
- In den Transitionen werden die Signale ausgewertet um gegebenenfalls in den nächsten Schritt zu schalten



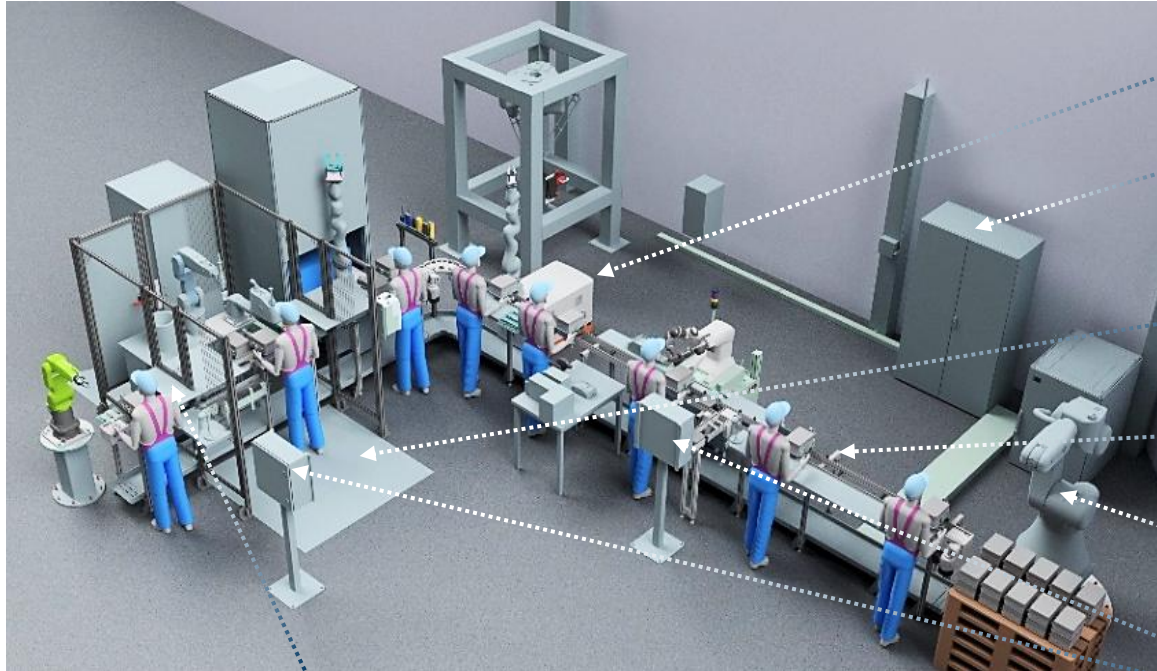
BEWEGUNGSSTEUERUNG



BESTANDTEILE EINES AUTOMATISIERUNGSSYSTEMS



Beispiel: Photovoltaik-Schaltkästen produzieren



**Materialfluss-, Förder- und
Ordnungseinrichtungen**
(VL: AT)



Mobile Robotik
(VL: MDR)



**SPS und
Bussysteme**
(VL: AT)

Sicherheitstechnik
(u. Konzepte)



**Sensortechnik und
Wegmesssysteme**
(VL: AT)



**Handhabungssysteme /
Bewegungskinematiken**
(VL: RO)

**Manufacturing
Execution System,
IOT & Data Science**



BESTANDTEILE EINES AUTOMATISIERUNGSSYSTEMS



Schwerpunkt: Sicherheitstechnik / Sensorik und Bildverarbeitung



WARUM SICHERHEITSTECHNIK?



- Maschine darf keine Menschen gefährden
- Vollständige Kapselung einer Maschine nicht möglich
→ daher Sicherheitsvorkehrungen notwendig, z. B. Schutztüren
- Regeln für die sicherheitsgerechte Gestaltung vorhanden, z. B. in Normen
- Vereinheitlichung in Europa durch die **Maschinenverordnung**
- Rechtssicherheit für Unternehmen
- Schutz der Beschäftigten und Konsumenten

DEFINITION RISIKO, GEFAHR UND SICHERHEIT - DIN EN ISO 12100



Risiko

Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Schadens und seines Schadensausmaßes.

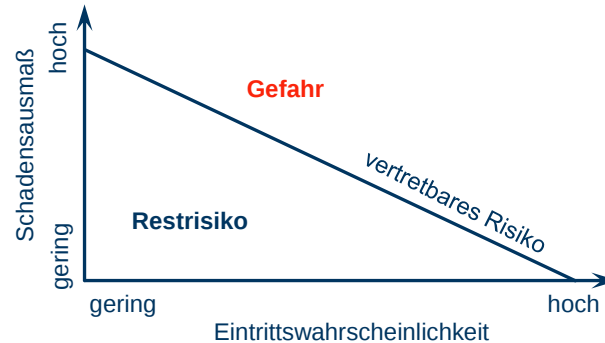
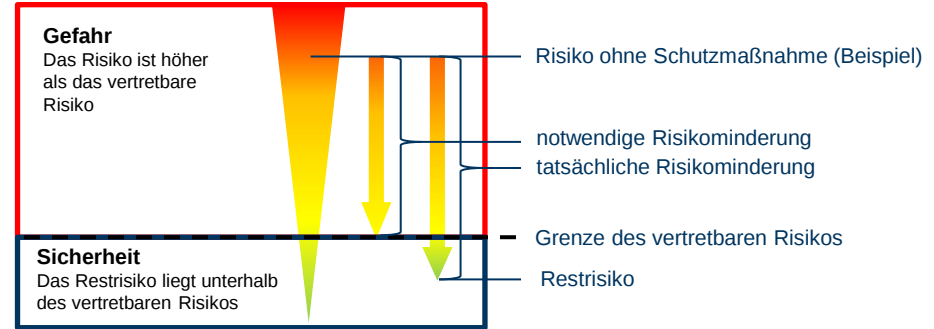
Gefährdung

Potentielle Schadensquelle. Spezifizierbar durch Ursprung (z.B. mechanische oder elektrische Gefährdung) oder Art des erwarteten Schadens (z.B. Gefährdung durch Schneiden, Gefährdung durch Feuer)

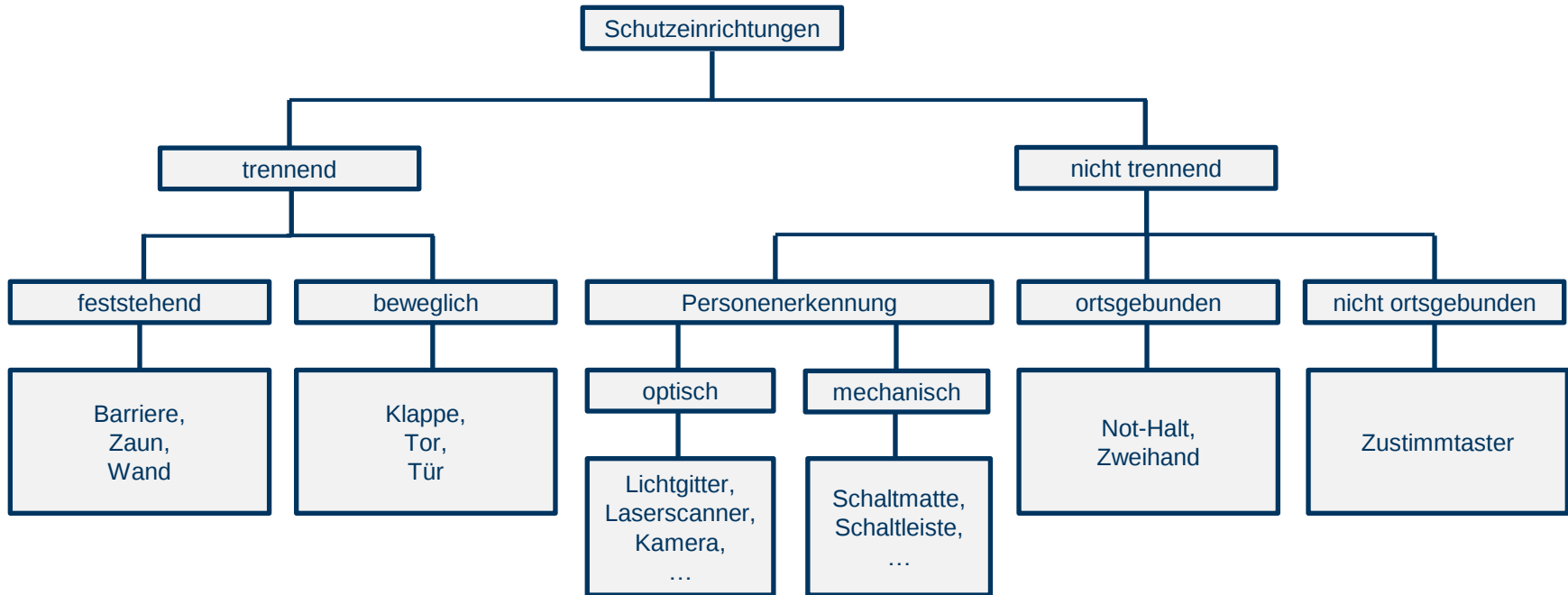
Vertretbares Risiko / Restrisiko

Vertretbares Risiko* ist das annehmbare Risiko, das in einem bestimmten Zusammenhang nach den gültigen Wertvorstellungen der Gesellschaft akzeptiert wird. Restrisiko ist das Risiko, das verbleibt, nachdem Maßnahmen zur Risikominderung getroffen wurden.

* Das vertretbare Risiko wird vom Hersteller der Maschine vor der Risikoeinschätzung festgelegt und begründet.



MÖGLICHE TECHNISCHE SCHUTZEINRICHTUNGEN





- Für hochzuverlässige oder „neuartige“ Systeme liegen keine direkt nutzbaren Erfahrungen auf Systemebene vor; wegen der Höhe der Investition und involvierten Gefahren sind (Vorab-) Aussagen zur Ausfallwahrscheinlichkeit (Zuverlässigkeit) und zu Risiken nötig.
- Lösungsansatz: Zerlegung aus den Systemkomponenten, deren Eigenschaften eher bekannt sind, lässt sich über deren funktionelle und logische Verknüpfung das Gesamtsystemmodellieren und analysieren.



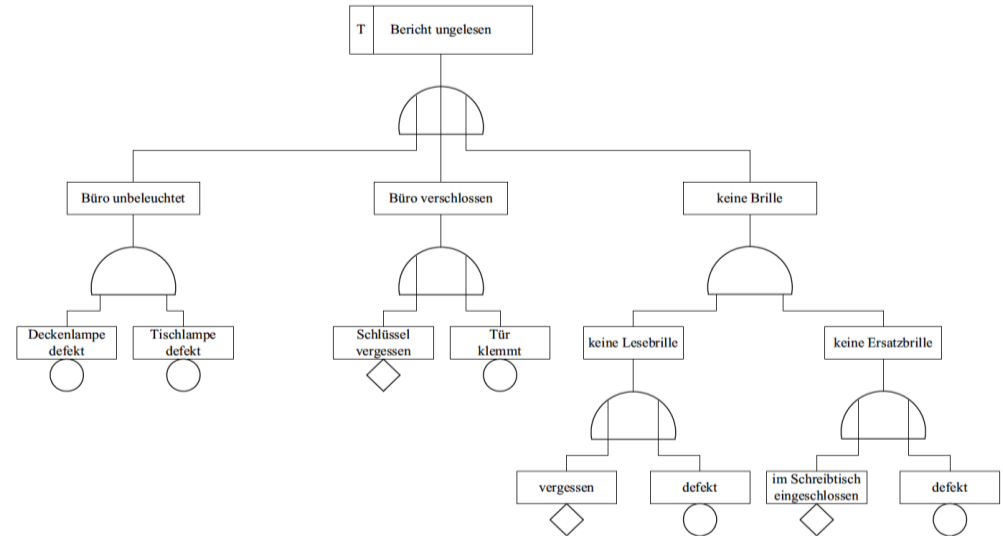
ANSATZ DER FAULT TREE ANALYSIS (FTA)



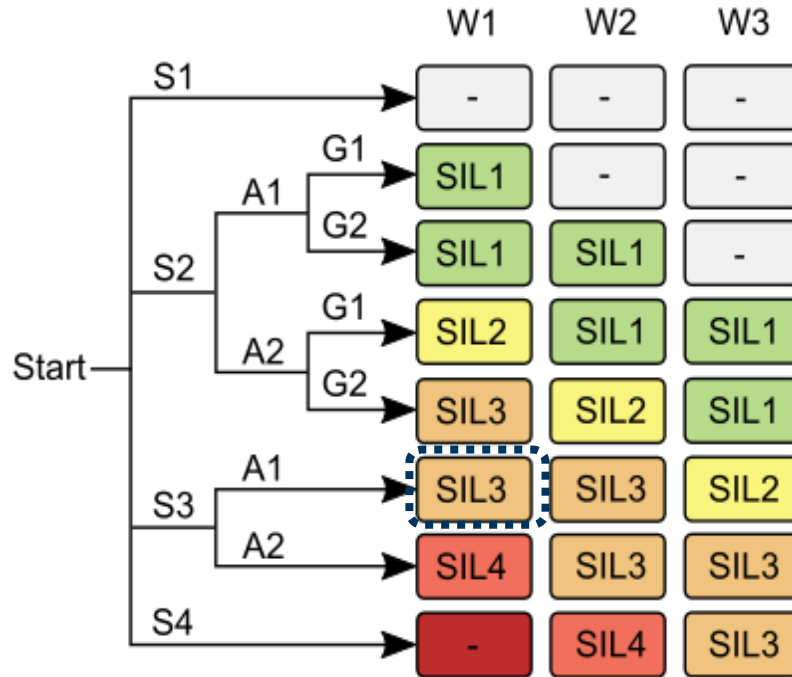
- Ziel: Anlagen sicher machen um Schäden von Mensch, Umwelt und Geräten abzuwenden**

Symbol	Alternative Symbole		Benennung
			ODER-Verknüpfung logische Vereinigung einer Menge
			UND-Verknüpfung logischer Durchschnitt einer Menge

Symbol	Benennung	Symbol	Benennung
	Bezeichnung des „top event“		nicht weiter entwickeltes Ereignis
	Kommentar, Beschreibung		Transfer zu einem separaten Fehlerbaum
	Basisereignis		Transfer von einem separaten Fehlerbaum



SAFETY INTEGRITY LEVEL (SIL)



**S3
A1**

S = Schadensausmaß / Schwere der Verletzung:

- S1 = leichte (reversible Verletzung)
- S2 = ernste (irreversible Verletzung Tod)
- S3 = Tod mehrerer Personen
- S4 = katastrophale Auswirkungen mit vielen Toten

A = Häufigkeit und Dauer des Aufenthalts:

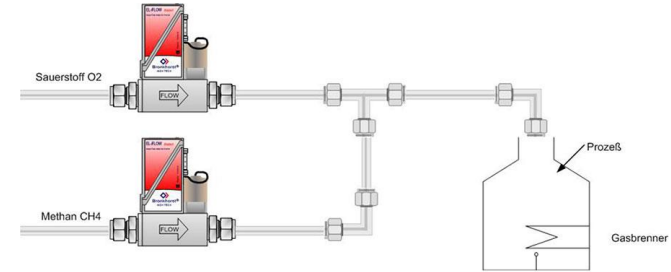
- A1 = selten oder kurze Gefährdungsexposition
- A2 = häufig (mehr als einmal pro Stunde/Schicht)

G = Möglichkeit zur Vermeidung/Begrenzung des Schadens:

- G1 = möglich
- G2 = kaum möglich

W = Eintrittswahrscheinlichkeit:

- W1 = sehr gering
- W2 = gering
- W3 = relativ hoch

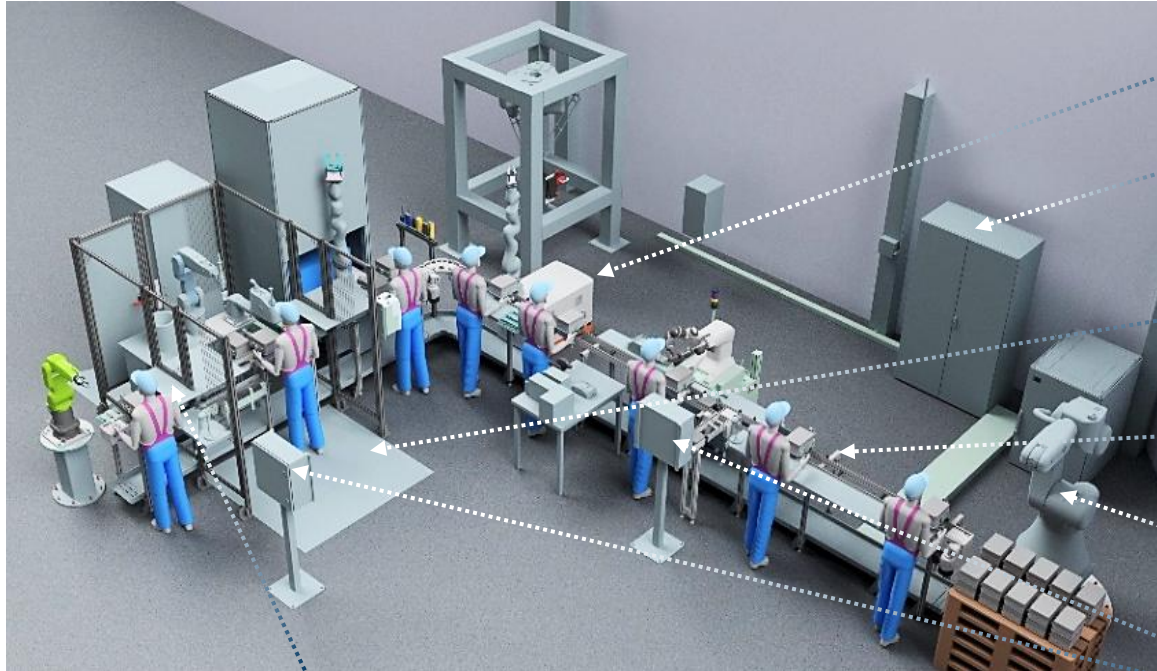


Quelle: Norm IEC 61508 u. IEC 61511

BESTANDTEILE EINES AUTOMATISIERUNGSSYSTEMS



Beispiel: Photovoltaik-Schaltkästen produzieren



**Materialfluss-, Förder- und
Ordnungseinrichtungen**
(VL: AT)



Mobile Robotik
(VL: MDR)



**SPS und
Bussysteme**
(VL: AT)

Sicherheitstechnik
(u. Konzepte)



**Sensortechnik und
Wegmesssysteme**
(VL: AT)



**Handhabungssysteme /
Bewegungskinematiken**
(VL: RO)

**Manufacturing
Execution System,
IOT & Data Science**



ROBOTIK UND SEINE AUSPRÄGUNGEN



Industrie-
robotik



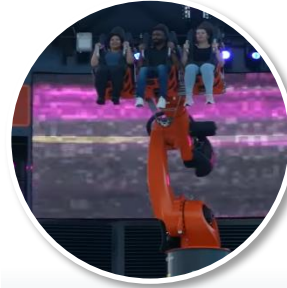
Mobile
Robotik



Mensch
Roboter
Kollaboration
(MRK)



Service-
robotik



Eventrobotik

ROBOTIK

INDUSTRIEROBOTER - DEFINITION NACH DER EUROPÄISCHEN NORM EN 775



Ein **Industrieroboter** ist automatisch gesteuertes, wiederprogrammierbares, vielfach einsetzbares Handhabungsgerät mit mehreren Freiheitsgraden, das entweder ortsfest oder beweglich in automatisierten Fertigungssystemen eingesetzt werden kann.

- Besteht im Allgemeinen aus
 - dem Manipulator
 - der Steuerung
 - Effektor (Werkzeug, Greifer, etc.).
- Oft mit verschiedenen Sensoren ausgerüstet
- Kommunikationsschnittstelle, die den Roboter versorgt und kontrolliert, solange diese Peripheriegeräte durch das Steuergerät des Roboters überwacht werden.
- Einmal programmiert ist diese Maschine in der Lage, einen Arbeitsablauf autonom durchzuführen, oder die Ausführung der Aufgabe abhängig von Sensorinformationen in Grenzen zu variieren

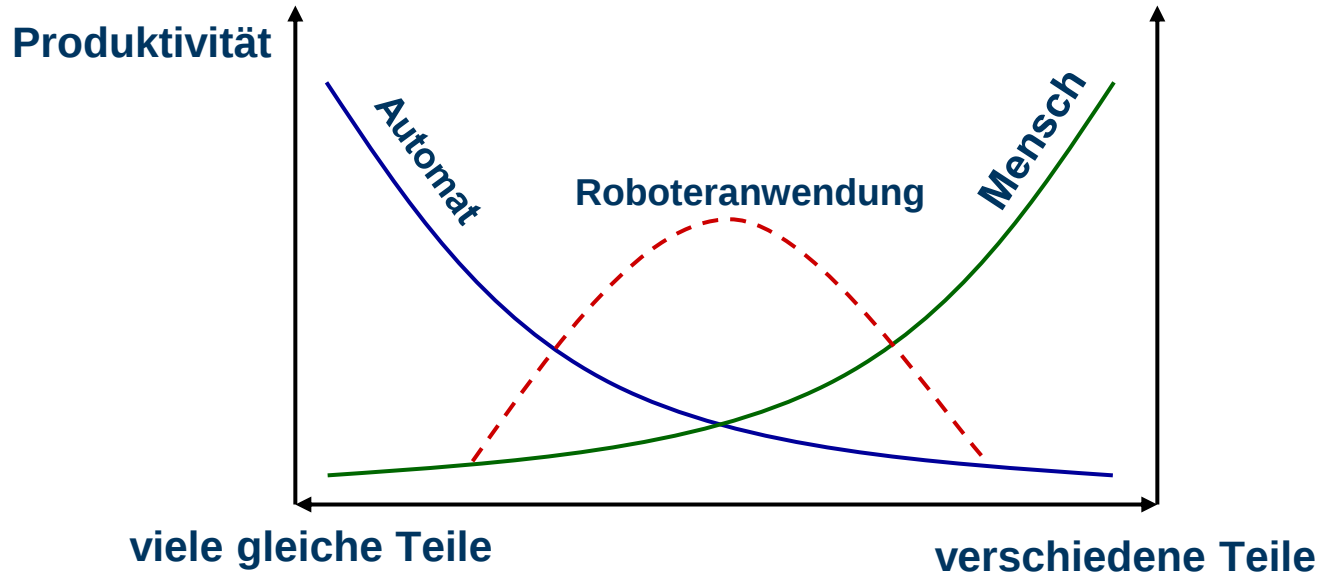


Quelle: ABB

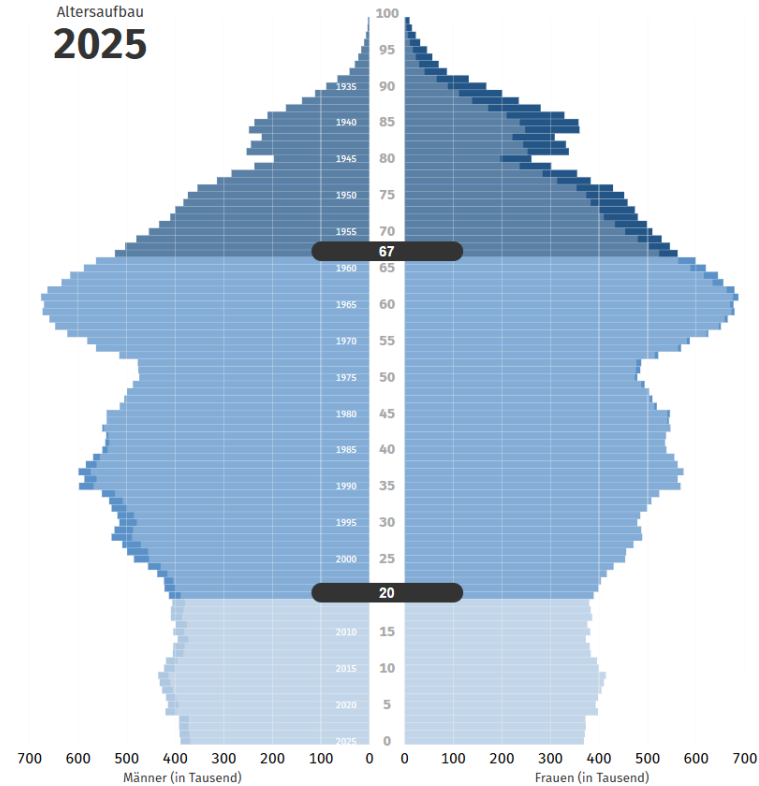
GRÜNDE ZUR ANWENDUNG VON ROBOTERN



- Kombinieren der Effizienz von Automatisierungs-Anlagen mit der Flexibilität des Menschen
- Hauptsächlich für komplexe und ermüdende Aufgaben mit überschaubarer Anzahl an Teilen



BEVÖLKERUNGSPYRAMIDE IN DEUTSCHLAND



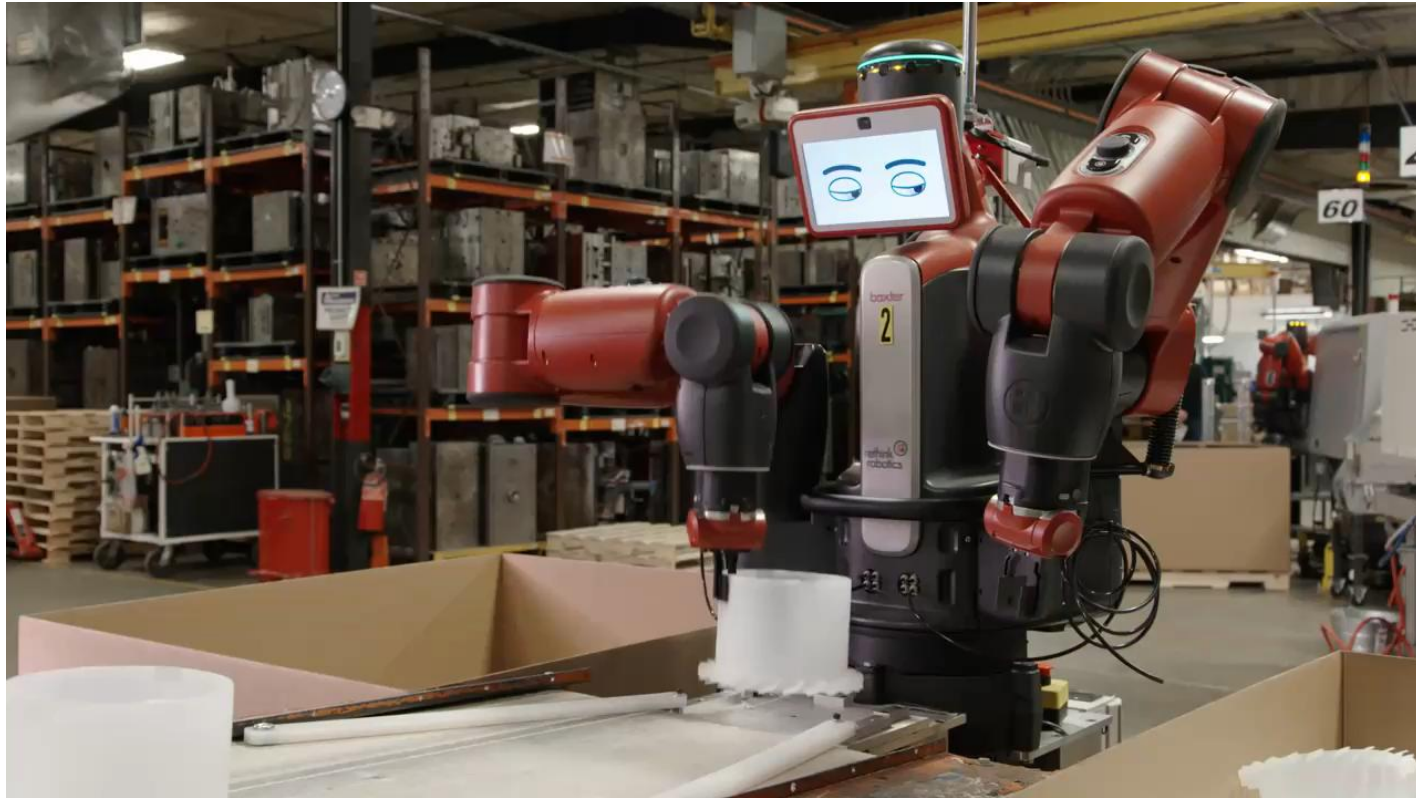
Quelle: [Bevölkerungspyramide: Altersstruktur Deutschlands von 1950 - 2070](#)

ROBOTEREINSATZ IN DER GIEßEREI



[Quelle: KUKA]

SERVICEROBOTER IN DER PRODUKTION



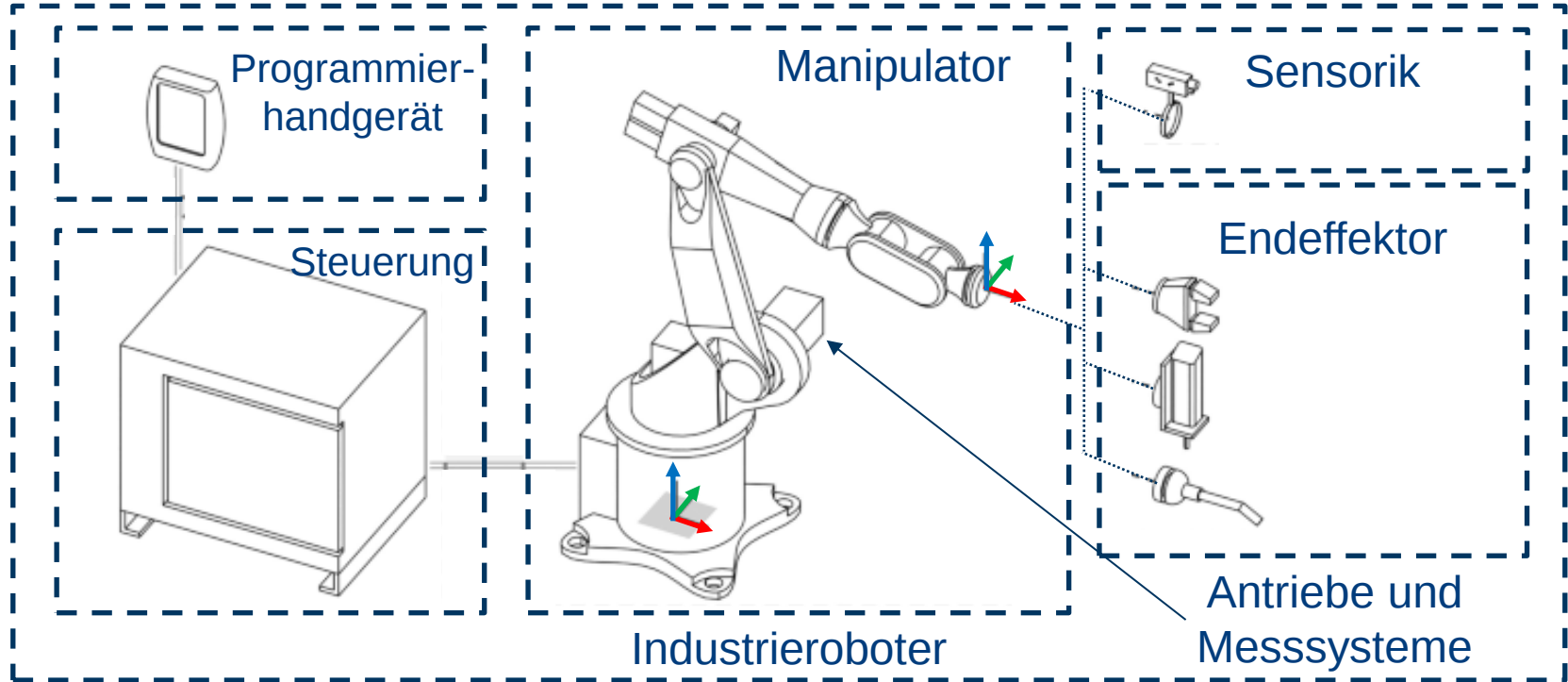
Quelle: Stuttgarter Zeitung & Stuttgarter Nachrichten

MRK BEISPIEL: MONTAGE MIT INDUSTRIEROBOTERN

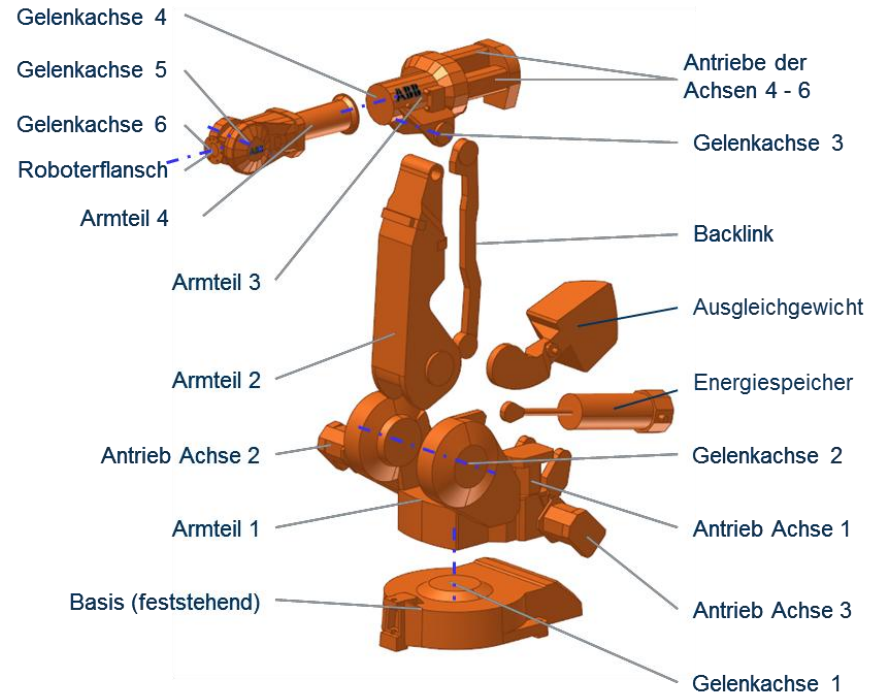


Quelle: [Mensch-Roboter-Kollaboration in der industriellen Anwendung bei thyssenkrupp System Engineering](#)

KOMPONENTEN VON INDUSTRIEROBOTERN



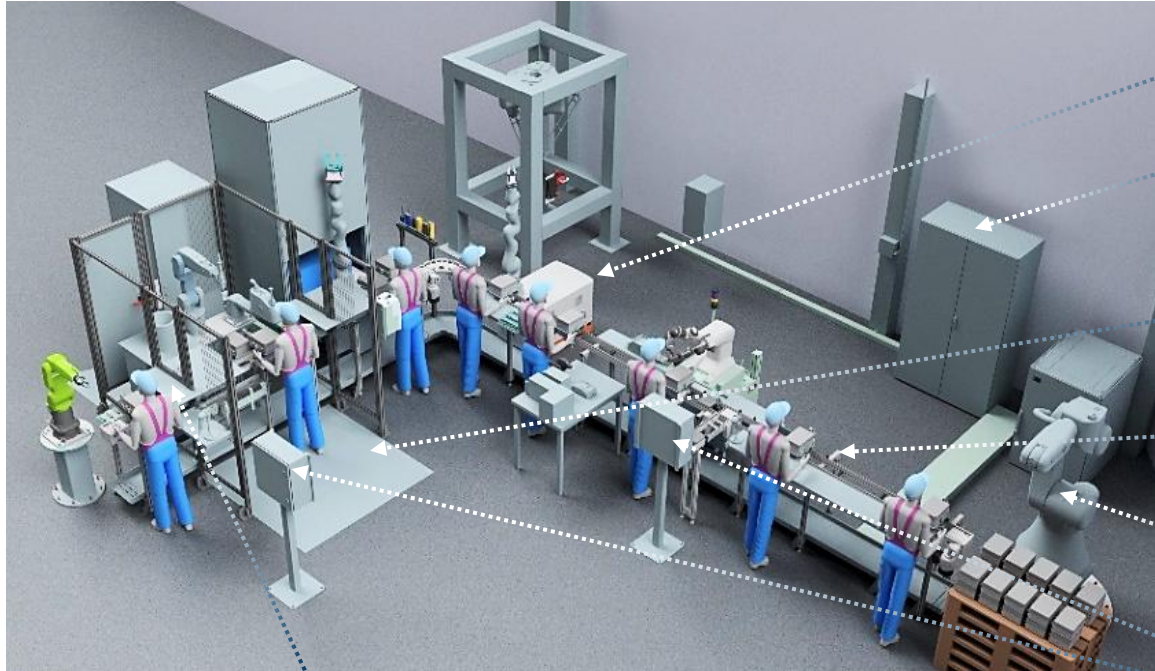
KOMPONENTEN EINES ROBOTERS



Source: ABB

BESTANDTEILE EINES AUTOMATISIERUNGSSYSTEMS

Beispiel: Photovoltaik-Schaltkästen produzieren



**Materialfluss-, Förder- und
Ordnungseinrichtungen**
(VL: AT)



Mobile Robotik
(VL: MDR)



**SPS und
Bussysteme**
(VL: AT)

Sicherheitstechnik
(u. Konzepte)



**Sensortechnik und
Wegmesssysteme**
(VL: AT)



**Handhabungssysteme /
Bewegungskinematiken**
(VL: RO)

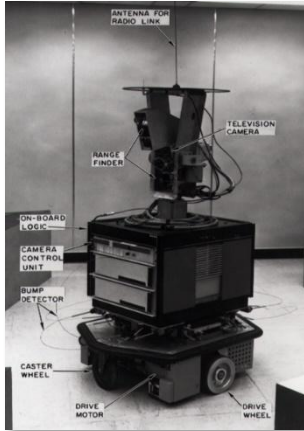
**Manufacturing
Execution System,
IOT & Data Science**



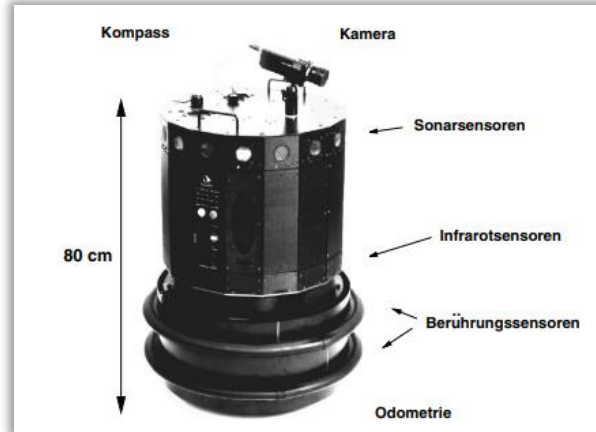


- Die meisten Roboter, die heute in der Industrie verwendet werden („Fließbandroboter“), werden an einem festen Arbeitsplatz eingesetzt und sind nicht mobil. Mobile Roboter unterscheiden sich davon grundlegend: Sie können ihren Standort durch Lokomotion (aktive Ortsveränderung) verändern.

Zeitliche Entwicklung des mobilen Roboters:



1967



1990



Heute







Mecanum Räder



Radantrieb



Propeller



Beingemetrie



Kettenantrieb



MECANUM RÄDER



HERAUSFORDERUNGEN MOBILER ROBOTIK GEGENÜBER INDUSTRIELLER ROBOTIK



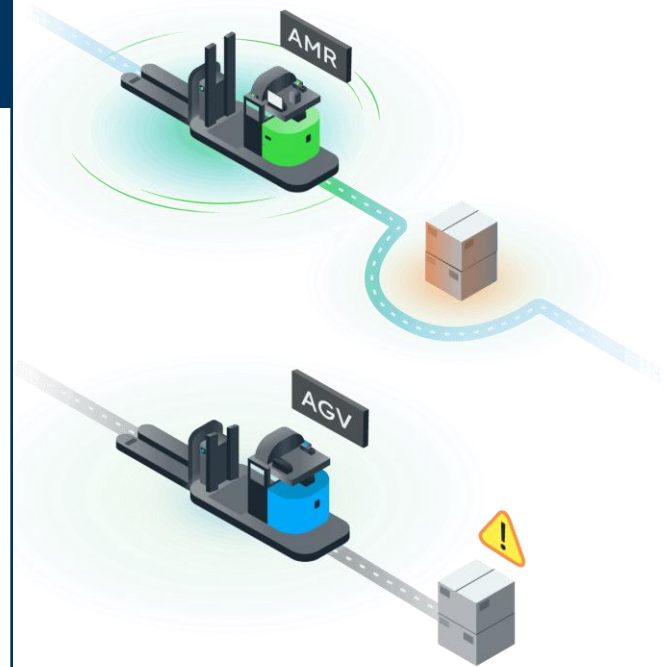
- **Navigation und Lokalisierung**
 - Mobile Roboter müssen in dynamischen Umgebungen navigieren, was präzise Lokalisierung und Kartenbildung erfordert.
 - Stationäre Roboter arbeiten in einer festgelegten Umgebung mit begrenzten Variablen und können sich auf vordefinierte Bahnen oder Positionen verlassen.



UNTERSCHIEDE AGV VS. AMR



Automated Guided Vehicle	Autonomous Mobile Robot
• Folgt fixen Wegen • Keine oder limitierte Hindernisumfahrung • Folgt definierten Abläufen • Geringe Anzahl an Sensorik • Werden häufig in Flotten verwendet • Hoher Installationsaufwand • Definierte Bewegungsabläufe • Hoher Aufwand, Änderungen einzuführen	• Intelligente Wegeplanung • Dynamische Hindernisumfahrung • Kann autonom Entscheidungen treffen • Hohe Anzahl an höherwertiger Sensorik zur Umgebungswahrnehmung • Können auch einzeln verwendet werden • Geringer Installationsaufwand • Freie Bewegungsplanung • Selbstadaptierendes System





- Die **Lokalisierung** bezeichnet die Bestimmung der Position des Roboters in seiner Umgebung. Idealerweise sollte der Roboter zu jedem Zeitpunkt seinen aktuellen Standort übermitteln können.
- Die Fähigkeit zur **Kartierung** ermöglicht es, die Umgebung selbstständig zu erkennen und Änderungen wahrzunehmen. Des Weiteren muss die Karte gespeichert und immer aktualisiert werden.
- Die **Wegeplanung** umfasst die Planung der Routen für die Roboter. Die Fahrzeuge müssen in der Lage sein, von ihrer jeweiligen aktuellen Position zu einer Zielposition zu navigieren. Dabei wird zwischen **globaler** und **lokaler Wegeplanung** unterschieden. Während bei der globalen Planung versucht wird, einen optimalen Weg von Start- zu Zielort zu planen, müssen bei der lokalen Planung zum Beispiel schnell Alternativwege beim Auftreten eines Hindernisses erzeugt werden. Dabei ist gegebenenfalls nicht der optimale Weg relevant, sondern die schnelle beziehungsweise zeitnahe Reaktion.

→ **globale Planung**: der Roboter hat das Wissen zuvor über die Umgebung in Kartenformat. (Start- zu Zielpunkt Planung)

→ **lokale Planung**: Basiert auf dem Input der Sensoren. Schnelle und rechtzeitige Reaktion auf Ereignisse. Wissen über komplette Umgebung unwichtig.

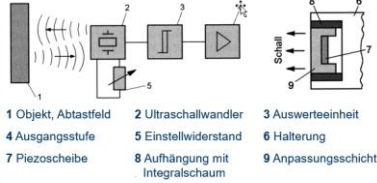
HERAUSFORDERUNGEN MOBILER ROBOTIK GEGENÜBER INDUSTRIELLER ROBOTIK



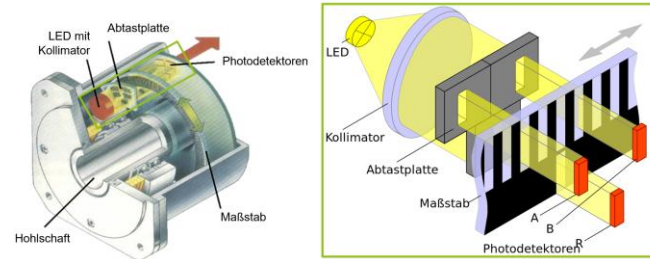
- **Kollisionserkennung und –vermeidung**
 - Mobile Roboter stehen in engem Kontakt zu Menschen, bzw. sind nicht durch Sicherheitszonen von Ihnen getrennt und müssen daher Kollisionen mit anderen Objekten oder Personen erkennen und vermeiden, was eine leistungsfähige Sensorik und Algorithmen zur Kollisionsvermeidung erfordert.
 - Stationäre Roboter sind oft durch ihre feste Position und vorprogrammierten Bahnen vor solchen Kollisionen geschützt, erfordern also nicht zwingend ein Reaktionsvermögen.
- **Sensorik**
 - Mobile Roboter müssen oft verschiedene Sensortypen (z. B. Lidar, Kameras, Infrarotsensoren) kombinieren, um ein umfassendes Bild ihrer Umgebung zu erhalten.
 - Stationäre Roboter verwenden häufig weniger komplexe Sensorkonfigurationen, da sie weniger Variablen berücksichtigen müssen.
- **Energieverwaltung**
 - Mobile Roboter müssen effizient mit Energie umgehen, da sie oft batteriebetrieben sind. Die Einsatz- und Ladezeit sind kritische Faktoren.



Ultraschallsensoren



Inkrementalgeber



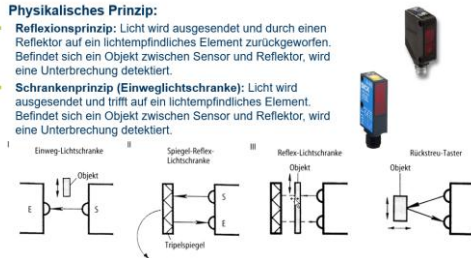
Stoßfänger Sensoren



Lasersensoren

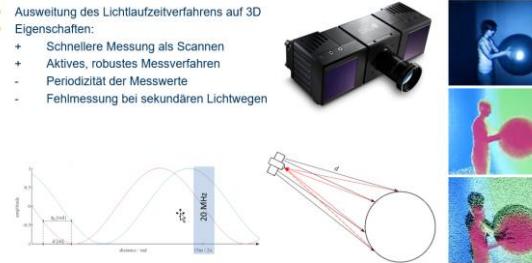
Physikalisches Prinzip:

- Reflexionsprinzip:** Licht wird ausgesendet und durch einen Reflektor auf ein lichtempfindliches Element zurückgeworfen. Befindet sich ein Objekt zwischen Sensor und Reflektor, wird eine Unterbrechung detektiert.
- Schrankenprinzip (Einweglichtschranke):** Licht wird ausgesendet und trifft auf ein lichtempfindliches Element. Befindet sich ein Objekt zwischen Sensor und Reflektor, wird eine Unterbrechung detektiert.

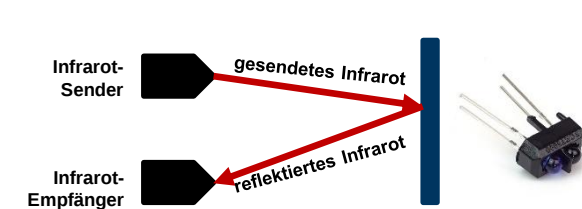


Tiefenkameras

- Ausweitung des Lichtlaufzeitverfahrens auf 3D
- Eigenschaften:
 - + Schnellere Messung als Scannen
 - + Aktives, robustes Messverfahren
 - Periodizität der Messwerte
 - Fehlmessung bei sekundären Lichtwegen



Infrarotsensoren



SIMULTANE LOKALISIERUNG UND KARTENERSTELLUNG (SLAM)



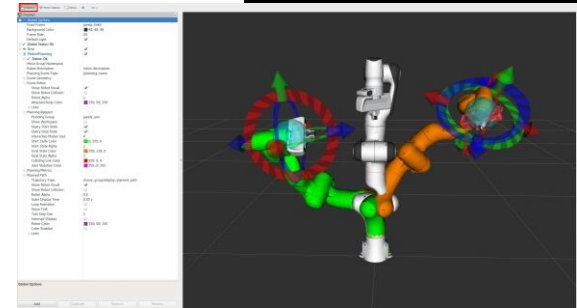
<< >>

ROBOT OPERATING SYSTEM 2 (ROS2)

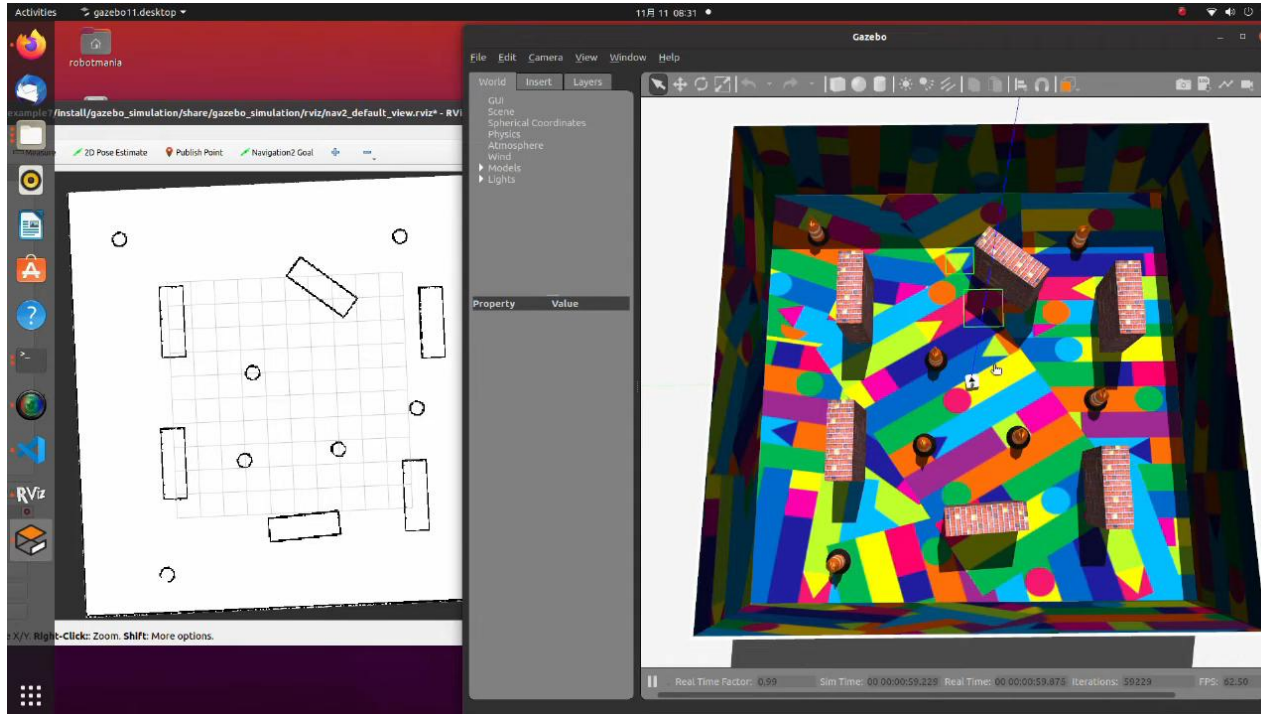


- Open-Source-Framework für die Entwicklung autonomer Roboteranwendungen.
- Klare Regeln und Strukturen für den Aufbau von Robotersoftware (Packages, Nodes)
- Kommunikationsinfrastruktur (Middleware) für den Austausch zwischen Nodes.
- modulares Framework
- ROS2 unterstützt mehrere Plattformen und enthält integrierte Sicherheitsfunktionen.
- ermöglicht Aufgaben wie Navigation, Manipulation und Wahrnehmung.

ROS2™



BEISPIEL: GAZEBO UND RGB-KAMERA

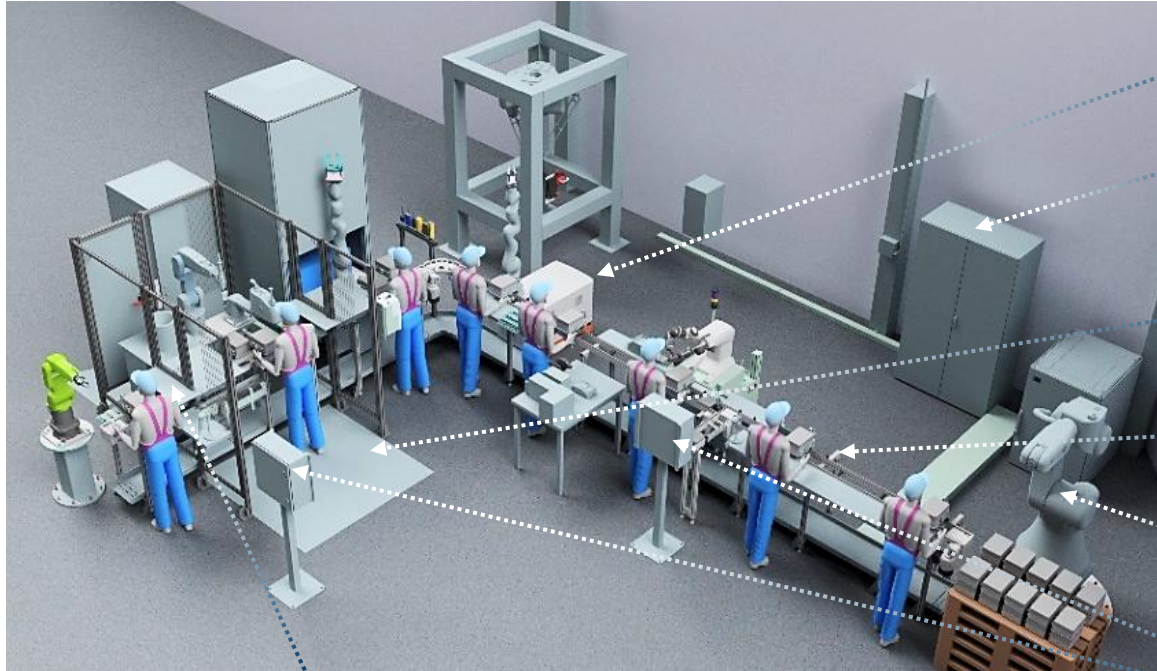


[Robot navigation using only an RGBD camera - YouTube](#)

BESTANDTEILE EINES AUTOMATISIERUNGSSYSTEMS



Beispiel: Photovoltaik-Schaltkästen produzieren



**Materialfluss-, Förder- und
Ordnungseinrichtungen**
(VL: AT)



Mobile Robotik
(VL: MDR)



**SPS und
Bussysteme**
(VL: AT)

Sicherheitstechnik
(u. Konzepte)



**Sensortechnik und
Wegmesssysteme**
(VL: AT)

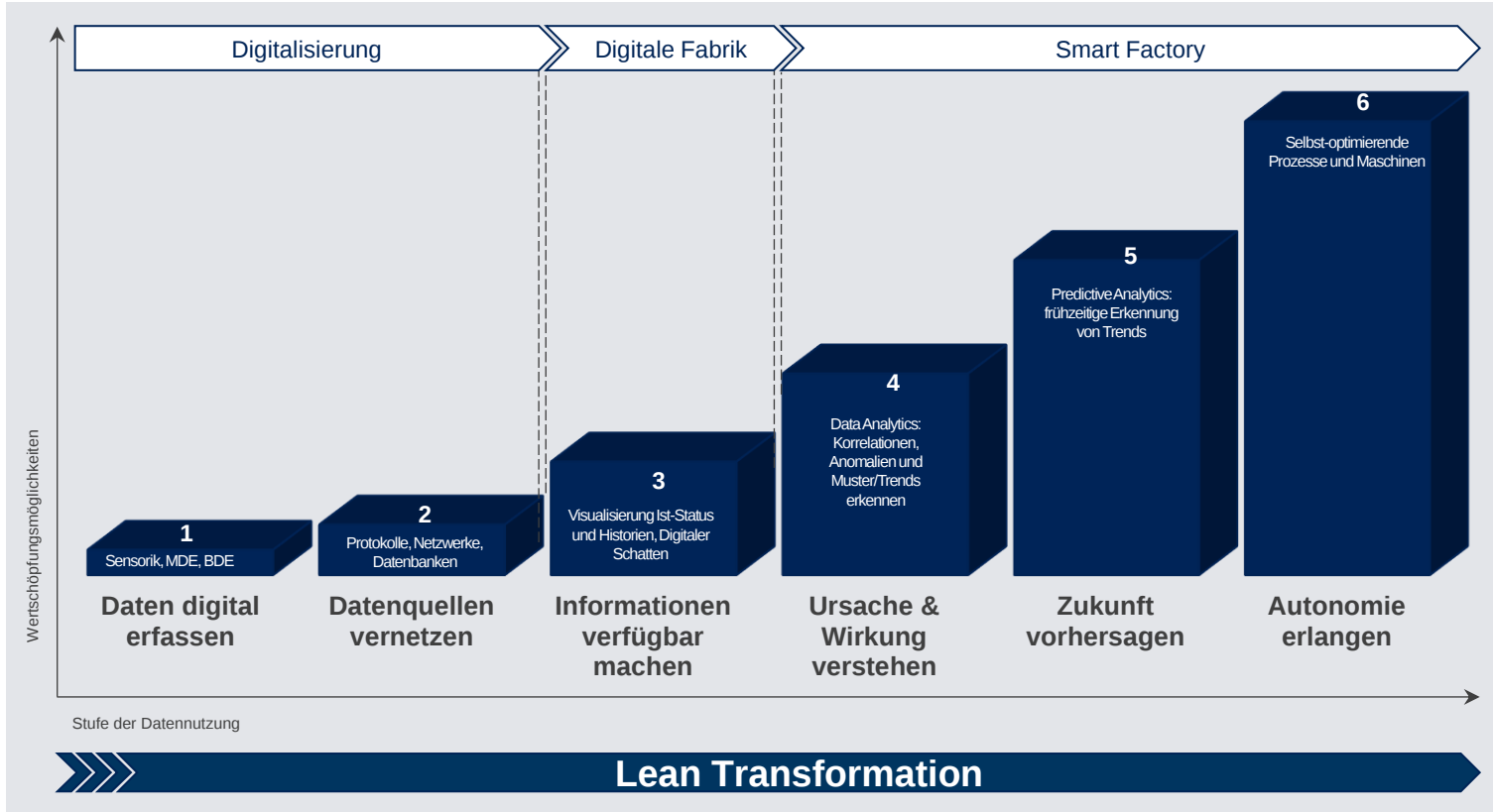


**Handhabungssysteme /
Bewegungskinematiken**
(VL: RO)

**Manufacturing
Execution System,
IOT & Data Science**

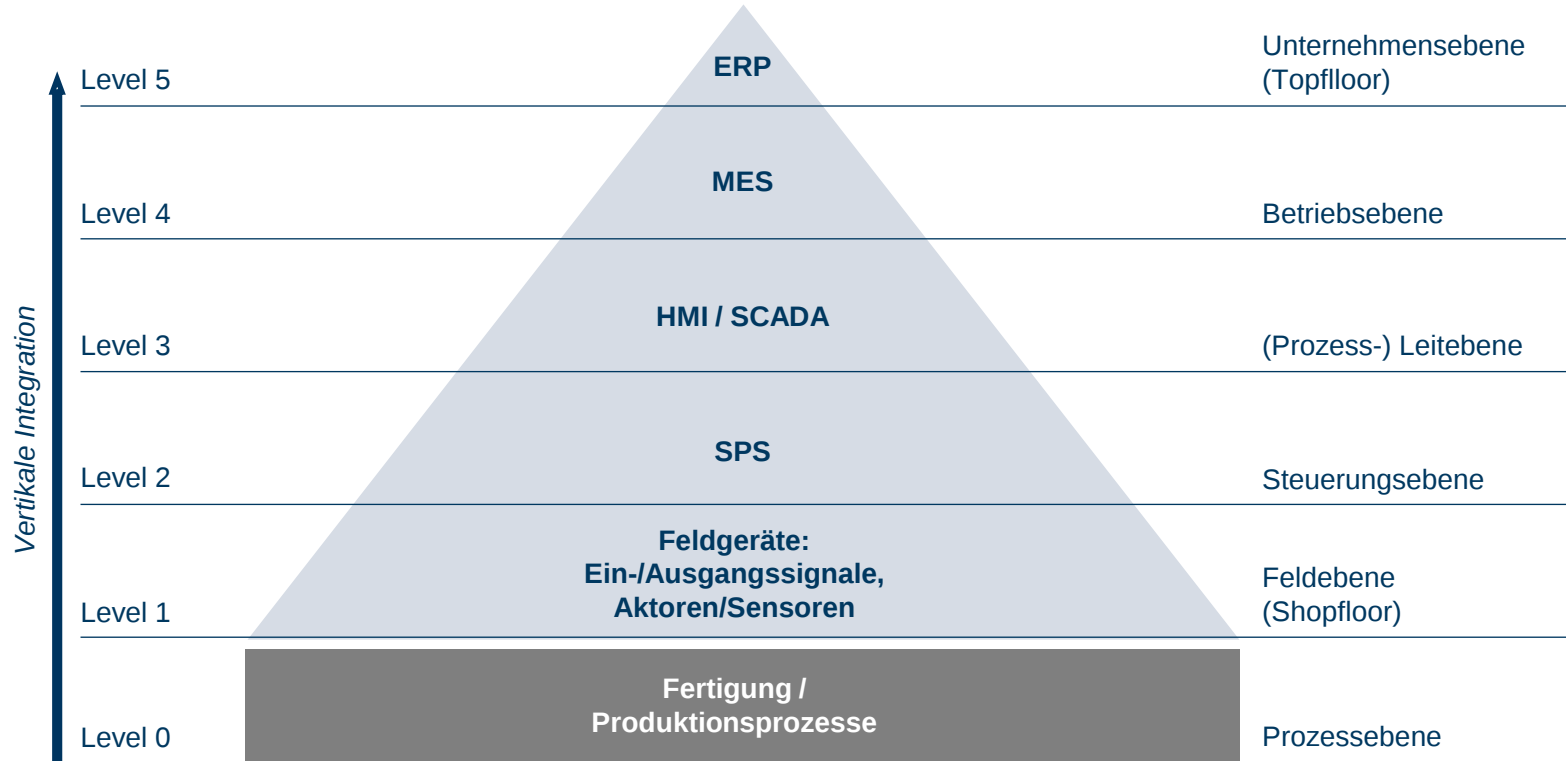


DIE SMART FACTORY ENTSTEHT SCHRITTWEISE ÜBER EINEN SYNCHRONISIERTEN TRANSFORMATIONSPROZESS VON DIGITALISIERUNG UND LEAN MANAGEMENT



Vgl.: Schuh, G. et al.: Industrie 4.0 Maturity Index. Managing the Digital Transformation of Companies (acatech STUDY), Munich: Herbert Utz Verlag 2017, p. 16.

KLASSISCHE AUTOMATISIERUNGSPYRAMIDE NACH SIEPMANN



In Anlehnung an Siepmann (2016): Industrie 4.0 - Technologische Komponenten, in: Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0, Roth, A. (Hrsg.), Berlin Heidelberg, Springer Gabler Verlag, S. 49

DARSTELLUNG NACH VDI 5600



Ebenen

Systeme

Unternehmens-
leitebene

ERP

Produktionsgrobplanung, Bestellabwicklung, Auftragsvorgaben, NC-Programme, Dokumente, Verdichtete Ist-Daten, Mengen und Zeiten, Prüfergebnisse, etc.

Fertigungs-
leitebene

MES

Produktionsfeinplanung, Produktionsdatenerfassung, KPI-Ermittlung, Materialmanagement, Qualitätsmanagement, Ergänzung der Stammdaten durch Feindaten, Online-Information, Auswertung der erfassten Daten

Fertigungs-
ebene



Arbeitsplätze/
Maschinen/
Anlagen

Erfassung / Übernahme von Daten zu Aufträgen, Maschinen, Material, Prozessen, Prüfmerkmalen, Werkzeugen, Chargen, etc.



< Übersicht

33021833

PRODUKTION4 >

fälligsseit 126 Minute(n)

403121381

KEIN MATERIAL5

406457A2500

PRODUKTION13

fälligsseit 126 Minute(n)

406457B66

PRODUKTION0

PZE

Nachrichten

Arbeitsplatz / Maschine

Arbeitsplatz / Maschine 33021	Kurzbezeichnung HAND02	Gruppe FINISH	Status PRODUKTION	OEE 0,65
	Takte 0	Beginn 22.03.2016 06:00		Dauer [Std:Min] 11955:29
	Sollzyklus 20,000		Istzyklus 0,000	Gutmenge 833
			Ausschuss 4	Ausschussquote 0,47

Arbeitsgänge

+

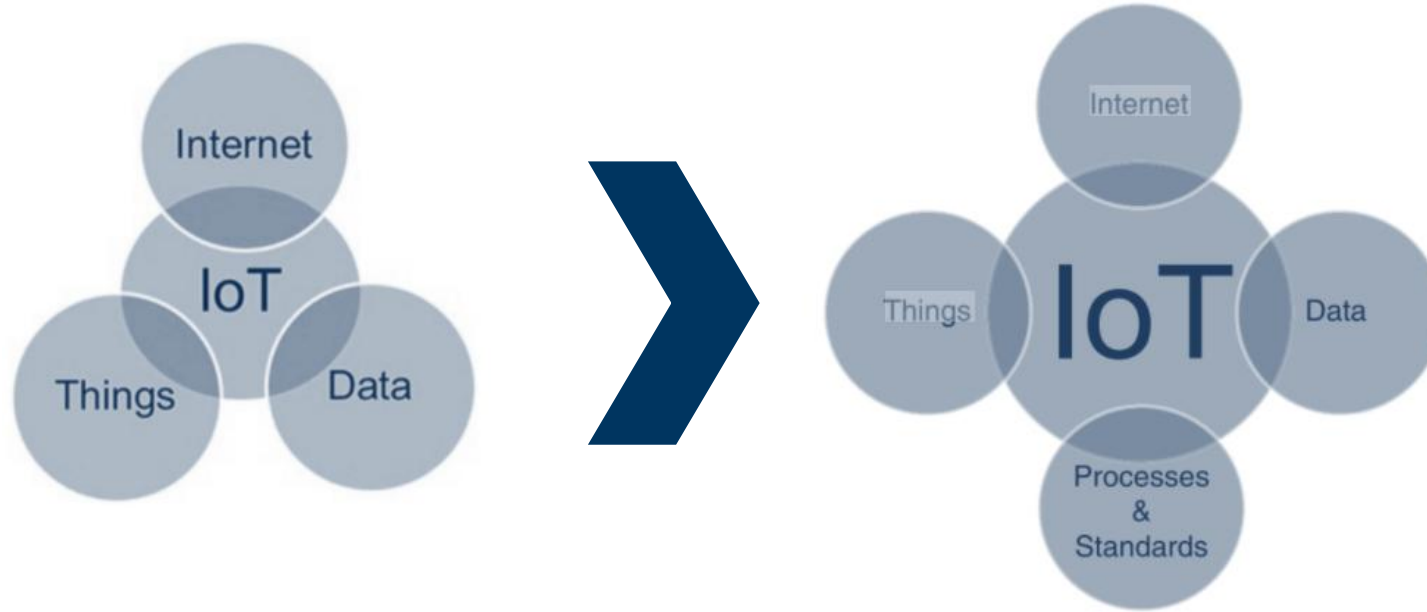
MES Auftragsnummer
S30002090200
Entgraten

Prüfstatus
fälligsseit 126 Minute(n)

Mengen (Soll / Gut / Ausschuss)
1200 / 660 / 0

Angemeldete Personen

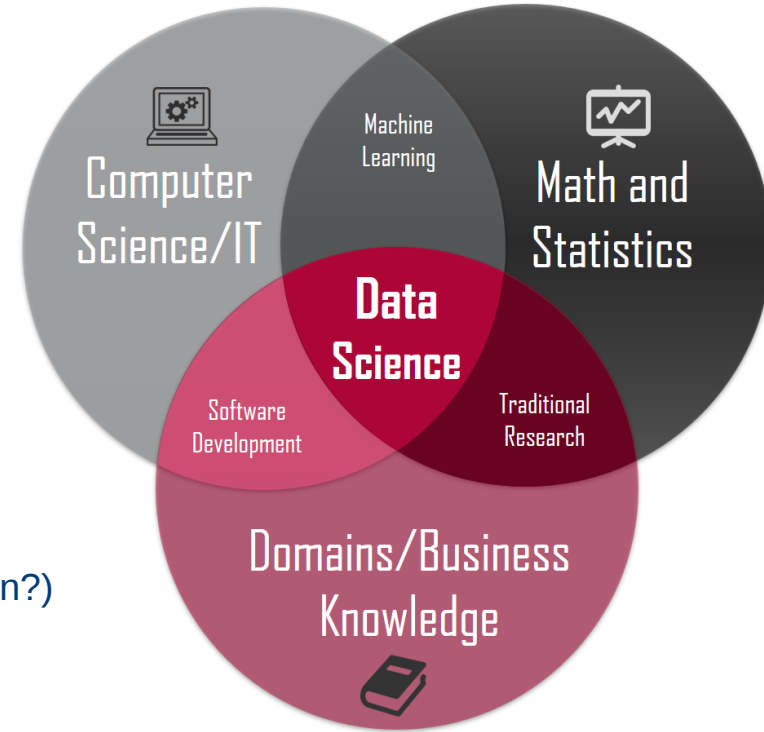
+	Person 10002630	Person 85741	Person 40563	Person 10002854	Person 50014
	Name Weis, Sabine	Name Meier, Josef	Name Griever, Maria	Name Becker, Jürgen	Name Albert



„Ziel des IoT ist es, automatisch relevante Informationen aus der realen Welt zu **erfassen**, miteinander zu **verknüpfen** und im Netzwerk **verfügbar** zu machen, indem reale Dinge, die eigenen Zustandsinformationen für die Weiterverarbeitung im Netzwerk zur Verfügung stellen.“



- Generierung von Wissen aus Daten
- *"use the most powerful hardware, the most powerful programming systems, and the most efficient algorithms to solve problems"*
(Lescovec et al., Mining of Massive Datasets)
- **Beispiele:**
 - Text- und Bilderkennung
 - Churn Prediction (Wird der Kunde den Vertrag verlängern?)
 - Empfehlungssysteme (Spotify, Netflix, Amazon)
 - Predictive Maintenance



HOW BIG IS BIG DATA?



■ Beispiel Fabrik



$$10 \frac{MB}{\text{Maschine} \cdot \text{Tag}} \cdot 365 \frac{\text{Tage}}{\text{Jahr}} \cdot 10 \text{ Maschinen} \approx 40 \text{ GB/Jahr}$$



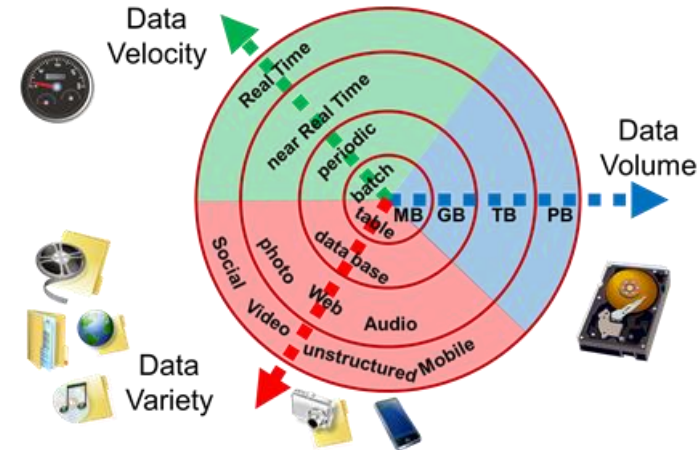
■ Beispiel Energieversorger (z.B. Smart-Meter Daten)

$$5 \frac{MB}{\text{Kunde} \cdot \text{Tag}} \cdot 365 \frac{\text{Tage}}{\text{Jahr}} \cdot 40000 \text{ Kunden} \approx 73.000 \frac{GB}{\text{Jahr}}$$



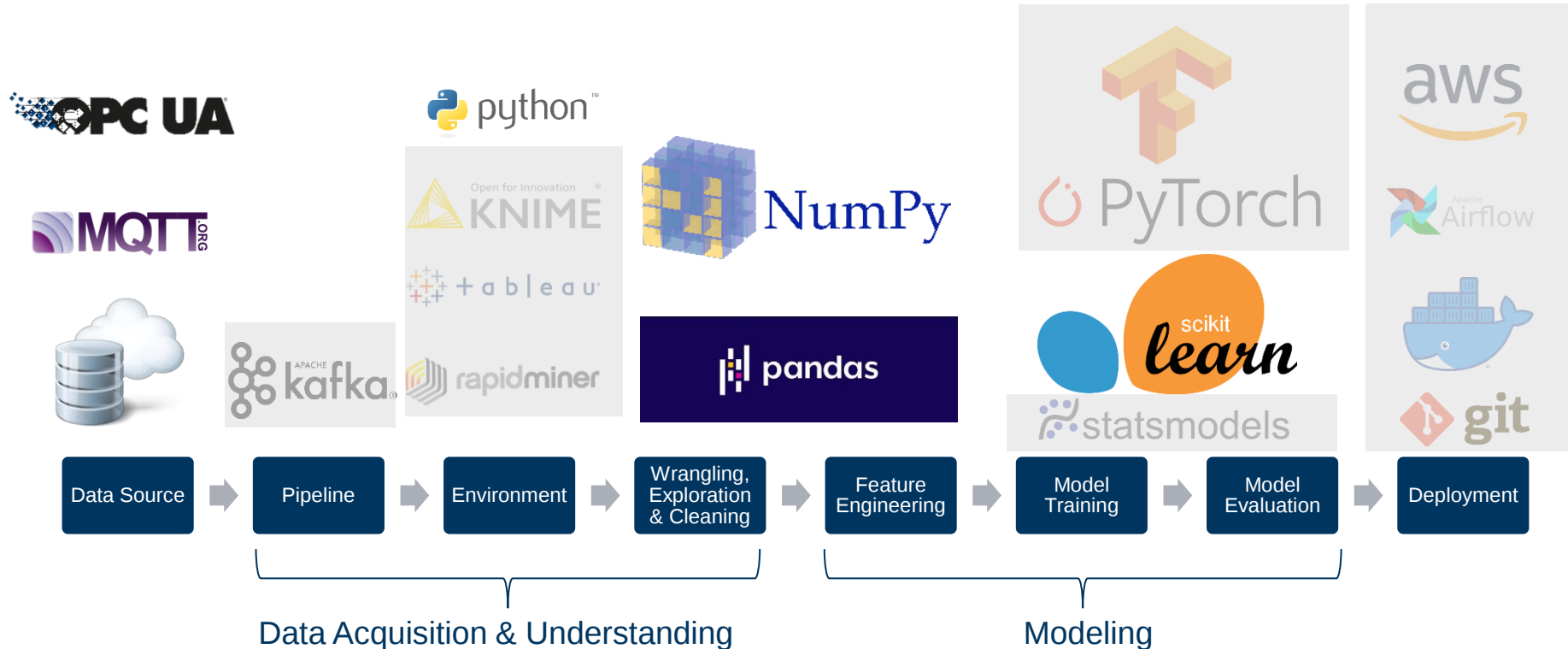
■ Beispiel Social Media Website

$$100 \cdot 10^6 \frac{\text{Fotos}}{\text{Tag}} \cdot 365 \frac{\text{Tage}}{\text{Jahr}} \cdot 1 \frac{MB}{\text{Foto}} \approx 36.500.000 \frac{GB}{\text{Jahr}} = 36.5 \text{ PB (Petabyte)}$$



Quellen:
[PC](#)
[Server](#)
[Amazon](#)
[Snowmobile](#)

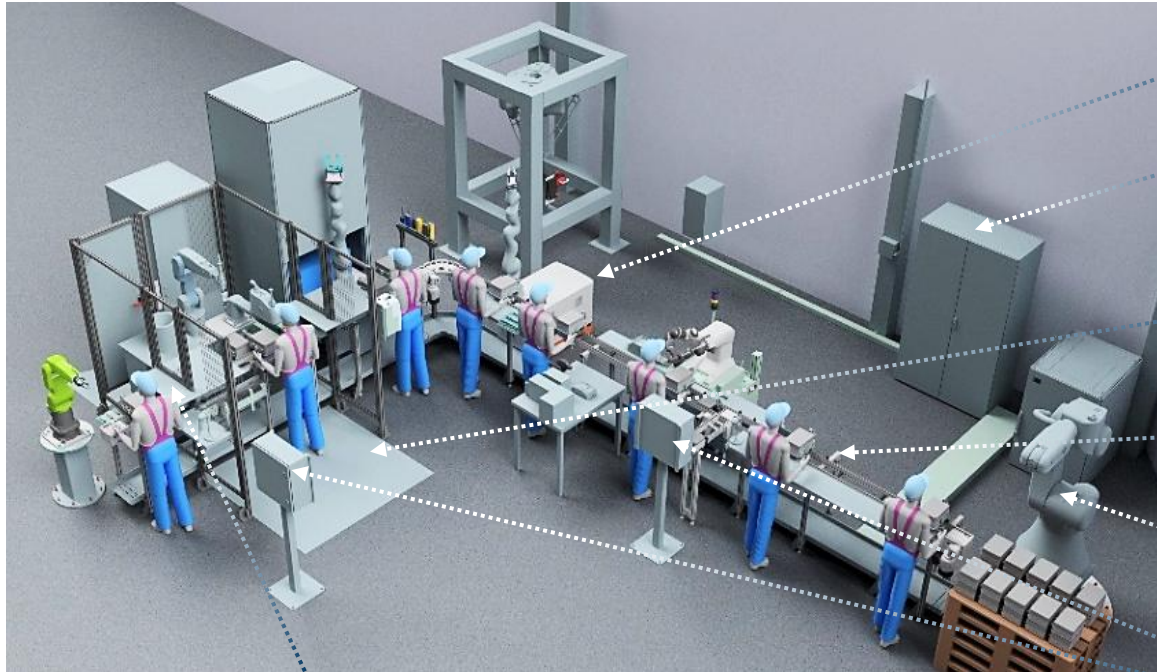
DEVELOPMENT STACK



BESTANDTEILE EINES AUTOMATISIERUNGSSYSTEMS



Beispiel: Photovoltaik-Schaltkästen produzieren



**Materialfluss-, Förder- und
Ordnungseinrichtungen**
(VL: AT)



Mobile Robotik
(VL: MDR)



**SPS und
Bussysteme**
(VL: AT)

Sicherheitstechnik
(u. Konzepte)



**Sensortechnik und
Wegmesssysteme**
(VL: AT)



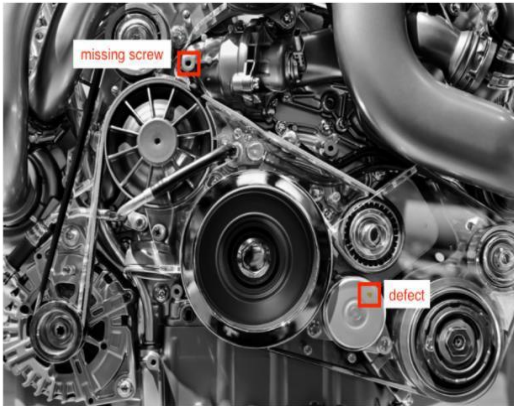
**Handhabungssysteme /
Bewegungskinematiken**
(VL: RO)

**Manufacturing
Execution System,
IOT & Data Science**





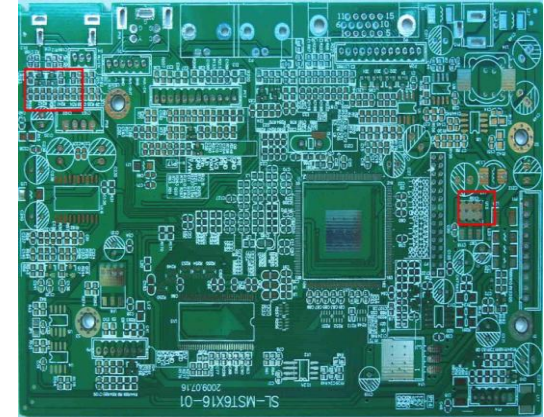
Überprüfung von Automobilteilen



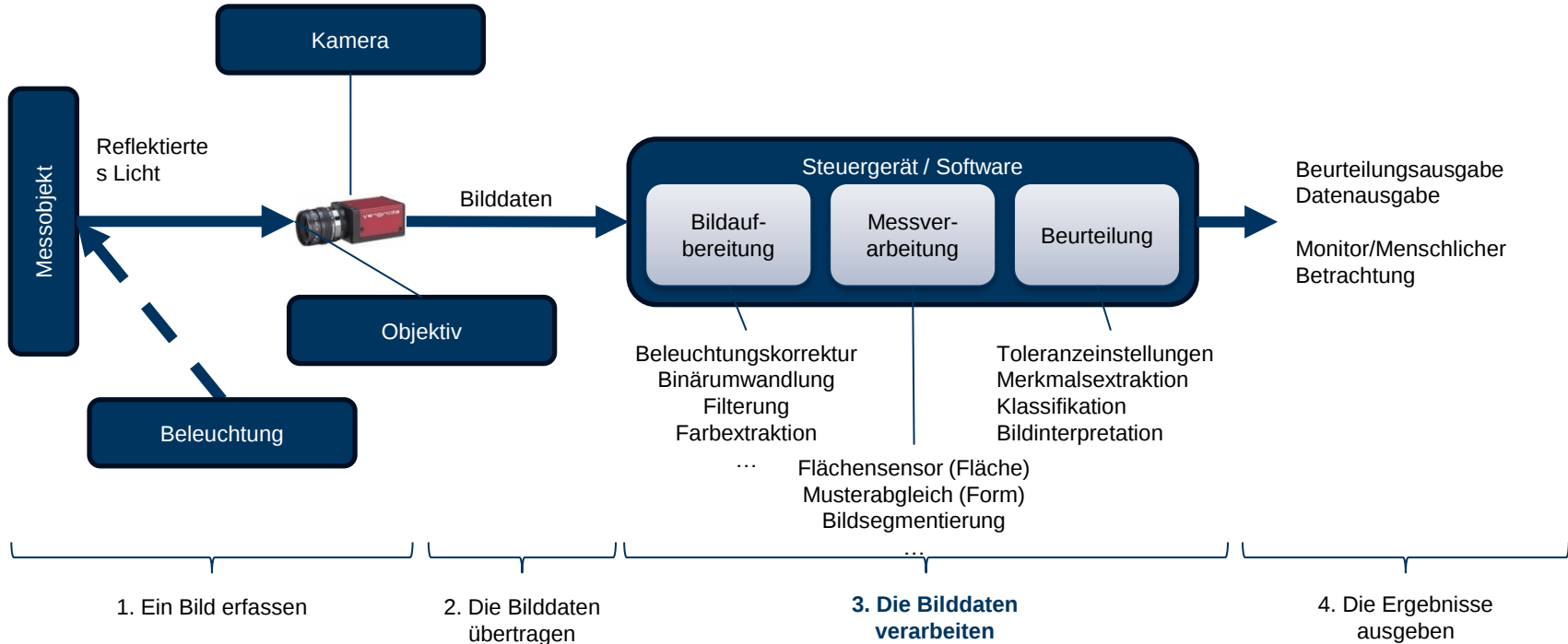
Bin Picking



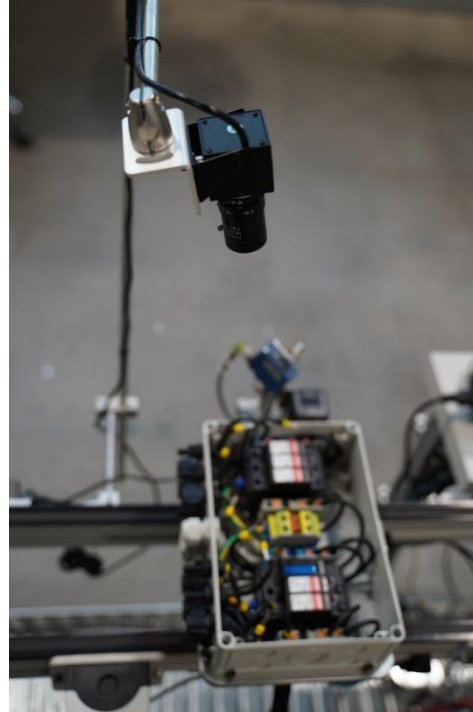
Fehlerdetektion auf Platinen



ABLAUF DER BILDVERARBEITUNG



BILDERKENNUNG MIT KI – COSSEMBLY



BILDERKENNUNG MIT KI – COSSEMBLY LIVE-BILD



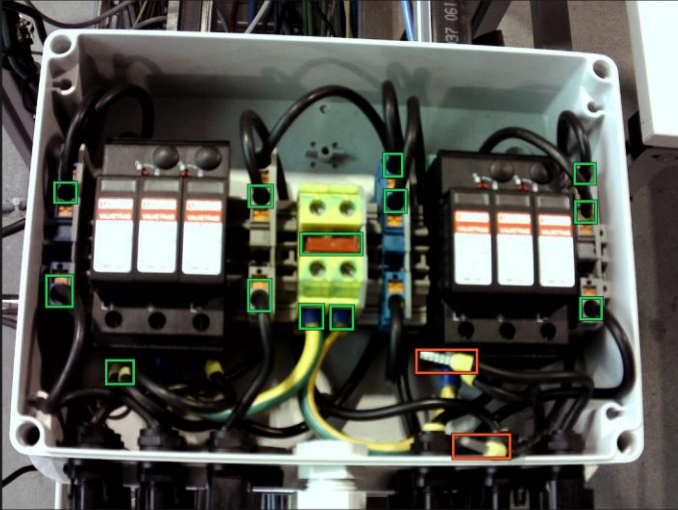
Wiring Status Screen Commands [Icons]

SQLAR 5 [Icons] Help

X11	X21		X31	X41
X12	X22	BR	X32	X42
X13	X23		X33	X43
S1	G1	S2	G2	G3
			S3	G4
				S4

Center Bridge is present
1 of 8 Pushed Ferrules is still missing
There are 2 Free Dangling Ferrules

Reset



Box arrived

Initial Wiring due

Override

All Wiring

Override

INHALT DER VORLESUNG

- Einführung in die Industrieautomation
- Konzept des Seminaristischen Unterrichts
- **Vorstellung der Projekte**



GRUPPE: MODELLIERUNG UND IMPLEMENTIERUNG VON SPS-PROGRAMMIERUNG



■ Grundlagen:

- Grundlagen der SPS-Programmierung
- Überblick über typische Programmiersprachen (IEC 61131-3)
- Organisation von Steuerungsprogrammen: Programme, Funktionsbausteine, Funktionen, Modularisierung
- Beschreibungsmethoden: Netzwerke, Schaltwerke, Ablaufsteuerungen, Zustandsteuerungen
- Modellierung von Steuerungen: Moore-Automaten, Mealy-Automaten, Synthese sequentieller Schaltungen, Analyse sequentieller Schaltungen, Petrinetze, Nebenläufige Schrittketten
- Moderne Methoden: Objektorientierte Steuerungsentwicklung, Modularisierung, Wiederverwendbare Softwarekomponenten, Best Practices
- Digitale vs. analoge Signale
- Signalverarbeitung und Entprellung
- Visualisierungsmöglichkeiten (HMI)

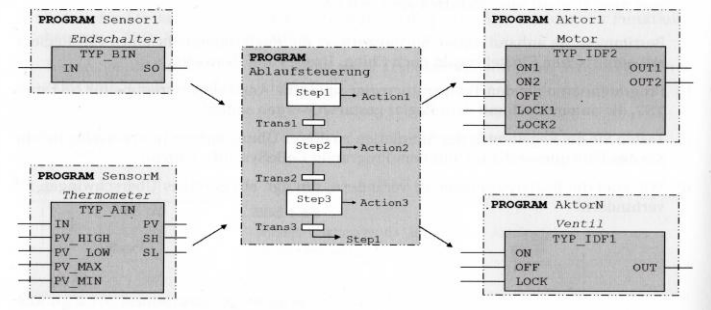


■ Ausarbeitung:

- Neuen Praktikumsversuch Automatisierungstechnik
- Einbinden mehrerer Sensoren
- Definition der Aufgabenstellung des Versuchs
- Festlegen des Versuchsablaufs
- Planung der SPS-Logik

■ Praktische Umsetzung

- Versuchsaufbau definieren
- Erstellen einer Programmierung im TIA-Portal
- Schaltpläne erstellen
- Erstellung einer Visualisierung (HMI)



GRUPPE: SICHERHEITS-SPS



- **Grundlagen:**
 - Grundlagen der funktionalen Sicherheit
 - Normen: Maschinenrichtlinie, EN ISO 13849, IEC 62061
 - Safety Integrity Level (SIL)
 - Performance Level (PL)
 - Sicherheitskomponenten: Not-Aus, Lichtgitter, Sicherheitsrelais, Sicherheitsscanner
 - Aufbau und Funktionsweise von Sicherheits-SPS
- **Ausarbeitung:**
 - Auslegen einer Roboterzelle mit einem Förderband
- **Praktische Umsetzung**
 - Erstellen und Auslegen der Zelle
 - Simulation von Fehlersituationen in TIA-Portal
 - Visualisierung der Sicherheitszustände
- ...





- **Grundlagen:**
 - Aufbau von Radrobotern: Differentialantrieb, Omnidirektional, Ackermann-Lenkung
 - Sensorik: Lidar, Ultraschall, Kamera
 - Steuerung: Trajektorienplanung, Kinematik, Regelung
 - ROS-Struktur: Nodes, Topics, Messages, Services
 - Simulation: Gazebo, Stage oder TurtleBot-Simulation
- **Ausarbeitung:**
 - Beispielaufgabe: Hindernisvermeidung in einer Umgebung, Wegpunktnavigation, Kartenerstellung (SLAM)
 - Nodes definieren: Sensordatenerfassung (Lidar/Kamera), Steuerungslogik, Navigation/Path Planning, Visualisierung (RViz)
- **Praktische Umsetzung**
 - Simulation des Radroboters in ROS/Gazebo
 - Implementierung der Bewegungssteuerung
 - Einbindung von Sensoren zur Hinderniserkennung
 - Navigation zu vordefinierten Zielen
 - Testen und Debugging der Steuerung
- ...





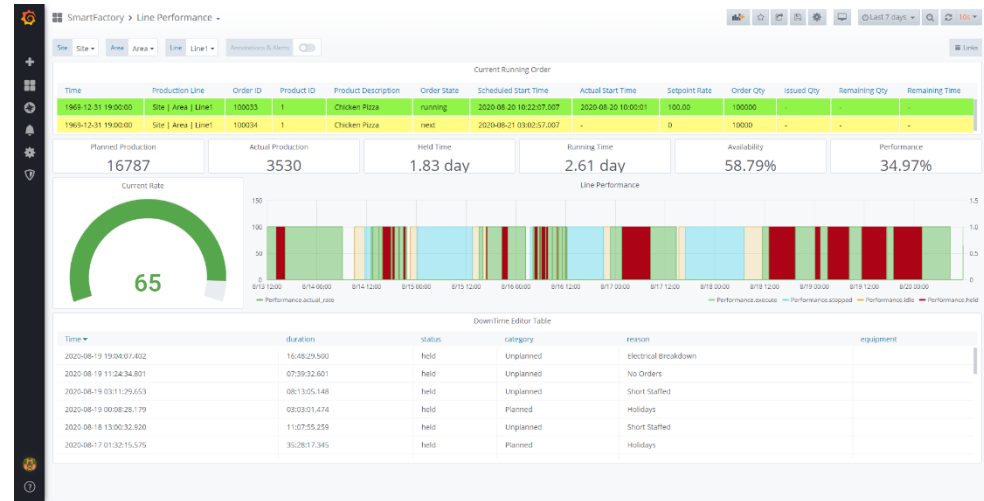
- **Grundlagen:**
 - Aufbau von Laufrobotern: Bipedal, Quadrupedal
 - Sensorik: IMU, Kraftsensoren
 - Steuerung: Schrittplanung, Gangzyklen, Balance
 - ROS-Struktur: Nodes, Topics, Messages, Services
 - Simulation: Gazebo, PyBullet oder andere ROS-kompatible Simulatoren
- **Ausarbeitung:**
 - Beispielaufgabe: Gehen auf vorgegebener Bahn, Hindernisse erkennen und umgehen
 - Nodes definieren: Sensordatenerfassung (IMU, Kraftsensoren), Schrittplanung, Gangstabilisierung, Visualisierung
- **Praktische Umsetzung**
 - Simulation des Laufroboters in ROS
 - Implementierung der Schrittsteuerung
 - Testen von Gangzyklen und Balance
 - Reaktion auf virtuelle Hindernisse
 - Integration von Sensordaten
- ...



GRUPPE: MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM (MES)



- **Grundlagen:**
 - Einordnung von MES in die Automatisierungspyramide
 - Aufgaben eines MES: Produktionsplanung, Datenerfassung, Rückverfolgbarkeit
 - Schnittstellen zu ERP, SPS
- **Ausarbeitung:**
 - Aufsetzen eines Open-Source-MES
 - Definition einer Beispielproduktion
- **Praktische Umsetzung**
 - Installation eines MES
 - Anbindung einer Datenquelle: SPS, Simulation, Sensorik
 - Visualisierung von Produktionsdaten
- ...





- **Grundlagen:**
 - Industrial IoT
 - Kommunikationsprotokolle: MQTT, OPC UA,
 - Datenarchitekturen
 - Edge vs. Cloud
- **Ausarbeitung:**
 - Auswahl einer Komponente (z. B. Sensor oder SPS)
 - Definition eines Datenszenarios: Temperatur, Zustände, Produktionsdaten
- **Praktische Umsetzung**
 - Datenübertragung mit MQTT, OPC UA oder vergleichbar
 - Nutzung eines Brokers (z. B. HiveMQ)
 - Speicherung der Daten
- ...





- **Grundlagen:**

- Grundlagen von Data Science in der Industrie
- Predictive Maintenance
- Sensordaten in technischen Systemen
- Arten von Machine Learning: Supervised Learning, Unsupervised Learning
- Typische Modelle: Entscheidungsbäume, Random Forest, Neuronale Netze
- Datenaufbereitung und Feature Engineering

- **Ausarbeitung:**

- Definition eines technischen Szenarios, z. B.: Ausfall eines Motors, Verschleiß eines Lagers
- Festlegen: Welche Sensordaten verwendet werden (z. B.): Temperatur, Vibration, Stromaufnahme
- Welche Zielgröße vorhergesagt werden soll

- **Praktische Umsetzung**

- Datensatz auswählen oder generieren
- Datenvorverarbeitung
- Training eines Machine-Learning-Modells
- Vorhersage von Maschinenzuständen
- Tools z. B.: Python, Scikit-Learn, Jupyter Notebook

