

**Automatisierungstechnik**  
—  
**ein Überblick**

**Stefan Seifermann, PTW, TU Darmstadt**

Mai 2017

Die Aufgabe der folgenden Ausführungen ist es, einen kurzen, strukturierten Überblick über das weite Feld der Automatisierungstechnik zu geben, jedoch bewusst nicht zu tief in technische Details einzusteigen. Hierfür wird auf die einschlägige Fachliteratur bzw. auf die zahlreich verfügbaren Herstellerkataloge verwiesen. Zur Strukturierung wird eine Unterteilung in die Bereiche Aktorik, Sensorik und Steuerung vorgenommen, wohl wissend, dass die Einzelbereiche stets eng miteinander verknüpft sind.

## 1. Aktorik

Aktoren erzeugen Bewegungen, indem sie Energie in mechanische Energie in der gewünschten Bewegungsform umwandeln.<sup>1</sup> Im Folgenden werden nach der Energieform unterschieden

- Elektrik
- Industrierobotik als Sonderform der Elektrik
- Pneumatik
- Hydraulik
- Schwerkraft

**Elektrische Energie** ist die Hauptenergiequelle in der Automatisierungstechnik.<sup>2</sup> Die Antriebsfunktion wird über Elektromotoren realisiert, an die nach Bedarf Getriebe, Kupplungen, Bremsen und Messsysteme angeflanscht werden. Zum Einsatz kommen unterschiedliche Arten von Motoren:<sup>3</sup>

- Gleichstrommotor
- Drehstrommotor
- Drehstrom-Servomotor
- Schrittmotor
- Linearmotor

Beim **Gleichstrommotor** werden die Drehzahl über die Spannung, und das Drehmoment über den Strom proportional geregelt. Der kleinere und leichtere **Drehstrommotor** (als Synchron- bzw. Asynchronmotor) wird in der Industrie am

---

<sup>1</sup> Vgl. Hesse 2000, S. 97

<sup>2</sup> Vgl. Groover 2008, S. 88; Dies gilt insbesondere, da auch pneumatische und hydraulische Energie letztlich elektrisch erzeugt werden.

<sup>3</sup> Vgl. Hesse 2000, S. 97-103

häufigsten eingesetzt. Er wird in der Regel über einen Frequenzumrichter angesteuert. **Drehstrom-Servomotoren** eignen sich für den Positionierbetrieb. Sie enthalten ein Drehzahl- und Winkelmesssystem. Beim **Schrittmotor** werden gepulste elektrische Signale in Drehbewegungen mit definiertem Winkel umgewandelt. Jeder Impuls ergibt einen Winkelschritt. **Linearmotoren** erzeugen kein Drehmoment, sondern eine direkte lineare Kraft, die in einer Verschiebebewegung resultiert.

Die **Industrierobotik**<sup>4</sup> nimmt als Unterform der elektrisch angetriebenen Automatisierungstechnik eine wichtige Rolle ein.<sup>5</sup> Bei einem Industrieroboter handelt es sich um einen flexibel programmierbaren Automaten mit mindestens drei Achsen. Mehrere hintereinandergeschaltete, translatorisch oder rotatorisch gegeneinander verschiebbare Glieder ermöglichen den Ersatz menschlicher Arbeiten, vor allem in Kombination mit geeigneter Sensorik und Endeffektoren wie z.B. Greifer. So können insbesondere stark repetitive oder gesundheitsgefährdende Tätigkeiten wahrgenommen werden.<sup>6</sup> Hinsichtlich der Bauform sind kartesische Roboter mit drei translatorischen Grundachsen von Drehgelenkrobotern mit drei Drehgelenkachsen zu unterscheiden. Ist die erste Drehachse als waagrechte Achse ausgelegt, spricht man von einem SCARA-Roboter (selective compliance assembly robot arm) mit hoher Steifigkeit. Bei einer senkrechten Ausführung handelt es sich um einen Universalroboter. Ferner kommen häufig Portalroboter zum Einsatz, insbesondere, wenn große Strecken zu überwinden und sperrige Teile zu handhaben sind. Parallelkinematische Roboter (z.B. Tripoden oder Hexapoden) existieren ebenfalls. Die Entscheidung für oder gegen die jeweilige Roboterart hängt letztlich stark mit den Anforderungen der Aufgabe zusammen.<sup>7</sup>

Als Vorteile der Industrierobotik werden reduzierte Herstellkosten und -zeiten sowie die Übernahme von Tätigkeiten in Zeiten des Fachkräftemangels angeführt.<sup>8</sup> Nachteilig können sich – vor allem für KMU – die relativ hohen Anschaffungs- und Weiterentwicklungskosten sowie die Notwendigkeit hochqualifizierten Personals bemerkbar machen.<sup>9</sup> Gerade für die Peripherie jenseits des Industrieroboters selbst sind hohe (finanzielle) Aufwände zu erwarten,<sup>10</sup> die den Einsatz von „überqualifizierten“ Robotern für einfache Aufgaben wirtschaftlich unattraktiv

---

<sup>4</sup> Das Feld der „Robotik“ ist sehr umfangreich und schließt beispielsweise auch Serviceroboter mit ein. (vgl. Hesse 2000, S. 132) Aus diesem Grund wird vom Verfasser eine Beschränkung auf die „Industrierobotik“ als zielführend erachtet.

<sup>5</sup> Vgl. Nof 2009, S. 19; Inaba und Sakakibara 2009, S. 349

<sup>6</sup> Vgl. Hesse 2000, S. 131 f.

<sup>7</sup> Vgl. Hesse 2000, S. 134-139

<sup>8</sup> Vgl. Inaba und Sakakibara 2009, S. 352

<sup>9</sup> Vgl. Erbe o.J., S. 20

<sup>10</sup> Vgl. Hesse 2000, S. 10

machen.<sup>11</sup> Ferner muss der Roboter in einen störungsfreien Prozess mit einem hohen Automatisierungsgrad der angrenzenden Funktionen eingebunden werden, um die erwarteten Vorteile auch tatsächlich realisieren zu können.<sup>12</sup> Darüber hinaus gibt es immer noch Aufgaben, in denen die Flexibilität des Menschen dem Roboter technisch überlegen ist.<sup>13</sup>

Die **Pneumatik** als gasförmiges Druckübertragungsmedium ist in vielen industriellen Branchen verbreitet.<sup>14</sup> Vorteilhaft sind die umfassende Verfügbarkeit von Druckluft in industriellen Umgebungen und die zu realisierenden kleinen Bauräume, vor allem für geringe zu bewegende Massen. Die pneumatischen Automatisierungselemente reichen von einfachen Ventil-Zylinder-Kombinationen bis hin zu komplexen Dreh-/Schwenkeinheiten oder linearen servopneumatischen Achsen, die über ein Baukastensystem zu umfangreichen Lösungen zusammengestellt werden können. Die Ansteuerung erfolgt z.B. über stufenlose Proportionalwegeventile, meist in Verbindung mit weiteren mechanischen, elektromagnetischen oder pneumatischen Ansteuerelementen.<sup>15</sup>

Wenn von der Automatisierungstechnik eine präzise Übertragung von großen Kräften bei gleichzeitig langsamerer Reaktionsgeschwindigkeit gefordert wird, so kommt die **Hydraulik** zum Einsatz.<sup>16</sup> Wesentliche Bauelemente für die hydraulische Automatisierung sind die Hydraulikpumpe, Ventile sowie Arbeitszylinder bzw. Hydromotoren zur tatsächlichen Kraftausübung.<sup>17</sup> Hydropneumatische Antriebe kombinieren die hohe Arbeitsgeschwindigkeit der Pneumatik mit der guten Steuerbarkeit der Hydraulik.<sup>18</sup>

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Einsatzbereiche von Hydraulik, Pneumatik und Elektrik in Abhängigkeit von Stellgeschwindigkeit und Stellkraft.

---

<sup>11</sup> Vgl. Hesse 2000, S. 137

<sup>12</sup> Vgl. Eversheim 1989, S. 108

<sup>13</sup> Vgl. Inaba und Sakakibara 2009, S. 363

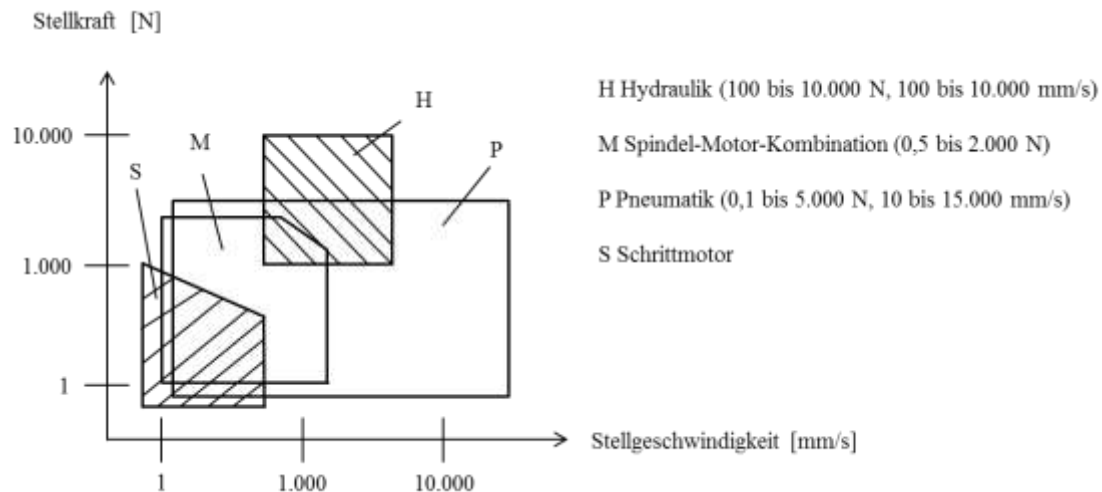
<sup>14</sup> Vgl. Hesse 2000, S. 29

<sup>15</sup> Vgl. Hesse 2000, S. 30-35

<sup>16</sup> Vgl. Groover 2008, S. 143

<sup>17</sup> Vgl. Hesse 2000, S. 40

<sup>18</sup> Vgl. Hesse 2000, S. 39



**Abbildung 1: Anwendungsbereiche von Hydraulik, Pneumatik und Elektrik<sup>19</sup>**

Vor allem im Rahmen der Low-cost Automatisierung spielen **Schwerkraft**-getriebene Automatisierungslösungen eine wichtige Rolle. Sie können insbesondere für Weitertransporte und Rückführungen vorteilhaft zum Einsatz kommen. Durch den Verzicht auf eine separate externe Energiequelle werden zusätzliche Störungen bewusst vermieden.<sup>20</sup>

## 2. Sensorik

Sensoren stellen in der Automatisierungstechnik notwendige Informationen über die Umwelt bereit, die von der Steuerung verarbeitet und in Reaktionen umgewandelt werden. Die zum Einsatz kommenden Sensortypen sind stark aufgabenspezifisch und divers.<sup>21</sup> Tabelle 1 gibt einen Überblick über sensorisch erfassbare physikalische Parameter.

<sup>19</sup> Darstellung aus Hesse 2000, S. 30

<sup>20</sup> Vgl. Takeda 1996, S. 72

<sup>21</sup> Vgl. Pinnekamp 2009, S. 547

**Tabelle 1: Überblick über sensorisch erfassbare physikalische Parameter<sup>22</sup>**

<b>Bereich</b>	<b>Physikalisch erfassbare Parameter</b>
Mechanik	Entfernung, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Position, Winkel, Massendurchfluss, Füllstand, Spannung, Bewegung, Vibration
Thermodynamik	Temperatur, Druck, Zusammensetzung, Dichte, Energiegehalt
Elektrik	Spannung, Strom, Phase, Frequenz, Phasenwinkel, Leitfähigkeit
Magnetik	Magnetisches Feld
Elektromagnetik	Strahlungsintensität, Lichtschwankung, Lichtausbreitung
Andere	Radioaktivität, Identität

Hinsichtlich der Art der Informationsaufnahme sind folgende Sensortypen zu unterscheiden:<sup>23</sup>

- Taktile Sensoren
- Induktive Sensoren
- Kapazitive Sensoren
- Optoelektronische Sensoren
- Bildgebende Sensoren
- Strahlungssensoren

### **3. Steuerungen**

Als Steuerung wird einerseits der Prozess der Umwandlung von Eingangsgrößen in Ausgangsgrößen nach definierten Regeln bezeichnet, andererseits wird damit auch häufig die physisch realisierte Hardware, in der die Steuerungsvorgänge ablaufen, verbunden.<sup>24</sup> Für die Automatisierungstechnik sind vor allem folgende Steuerungsarten relevant:

- Mechanische Steuerung
- Verbindungsprogrammierte Steuerung (VPS)
- Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)
- Numerische Steuerung (NC)
- Robotersteuerung

<sup>22</sup> Tab. nach Pinnekamp 2009, S. 547 und Hesse 2000, S. 226

<sup>23</sup> Vgl. Hesse 2000, S. 226

<sup>24</sup> Vgl. Hesse 2000, S. 19

**Mechanische Steuerungen** werden über mechanische Baugruppen wie Kurvenscheiben, Getriebe, Kupplungen, Hebel oder Federn realisiert. Neben der Weg- und Schaltinformation wird über mechanische Steuerungen auch Energie übertragen. Während sich Präzision, hohe Übertragungsgeschwindigkeit, geringe Kosten und die lange Lebensdauer als vorteilhaft erweisen, sind mechanische Steuerungen durch ihre Anpassung auf einen spezifischen Anwendungsfall äußerst unflexibel gegenüber selbst marginalen Ablaufänderungen.<sup>25</sup>

Ähnlich unflexibel sind **verbindungsprogrammierte Steuerungen**, bei denen der Programmablauf über eine physische Verdrahtung bzw. Verrohrung oder Verschlauchung gelöst ist. Ablaufänderungen gehen stets mit Hardwareänderungen einher.<sup>26</sup>

Frei programmierbare Steuerungen sind flexibel anpassbare Weiterentwicklungen starrer Steuerungen. Zu unterscheiden sind SPS-, NC- und Robotersteuerung. Die wesentlichen Funktionselemente der **Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS)** sind ein Speicher, ein Prozessor sowie diverse Ein- und Ausgänge, auf die Signale von Sensoren und für Aktoren aufgeschaltet werden. Das Programm wird je nach Notwendigkeit auf den Speicher geschrieben und abgerufen. Grundlegende Operationen, Merker und Zeitgeber ermöglichen individuell gestaltbare Programmabläufe.<sup>27</sup> Für die Programmierung stehen fünf verschiedene Programmiersprachen zur Verfügung: Anweisungsliste (AWL), Kontaktplan (KOP), Funktionsbausteinsprache (FBS), Ablaufsprache (AS) und Strukturierter Text (ST).<sup>28</sup>

**Numerische Steuerungen (NC)** überführen alphanumerisch codierte Weg- und Schaltinformationen in Relativbewegungen zwischen Werkzeug und Werkstück (über den NC-Kern) sowie in Steuerbefehle für die Anpassteuerung (meist über eine integrierte SPS oder Software-SPS realisiert).<sup>29</sup> Im NC-Kern werden die Programmdaten des NC-Programms über eine Geometriedatenverarbeitung mit Satzvorschau und Interpolation mit den Werten der Lageregelung der Arbeits- und Vorschubantriebe abgeglichen und entsprechend direkt angesteuert.<sup>30</sup> Die Programmierung erfolgt über direkte, manuelle Eingabe von Programmsätzen, grafikunterstützte Werkstattorientierte Programmierung (WOP) über Bauteilfeatures

---

<sup>25</sup> Vgl. Weck und Brecher 2006, S. 30; Hesse 2000, S. 26-28

<sup>26</sup> Vgl. Hesse 2000, S. 48

<sup>27</sup> Vgl. Hesse 2000, S. 49

<sup>28</sup> Vgl. Deutsches Institut für Normung 2013

<sup>29</sup> Vgl. Weck und Brecher 2006, S. 151 und 154-159

<sup>30</sup> Vgl. Weck und Brecher 2006, S. 167

oder über die Programmgenerierung aus der CAD-Zeichnung mit Hilfe einer CAD/CAM-Schnittstelle.<sup>31</sup>

Einen eigenen Ansatz verfolgt die **Robotersteuerung**. Industrieroboter verfügen regulär über sechs Freiheitsgrade, entlang derer die Bahn des Roboters gesteuert werden muss. Ferner sind diverse Koordinatentransformationen durchzuführen und Echtzeit-Sensordaten in die Berechnungen zu integrieren. Neben den oben beschriebenen Programmierverfahren anderer Steuerungen erweisen sich bei Robotersteuerungen insbesondere das Teach-In-Verfahren und das Playback-Verfahren als vorteilhaft. Bei ersterem wird eine gewünschte Position im Raum angefahren und gespeichert, bei letzterem wird der Roboterarm entlang der beabsichtigten Bahn geführt und die Bewegungsfolgen über Wegmesssysteme erfasst und später im Programm wiedergegeben.<sup>32</sup>

---

<sup>31</sup> Vgl. Weck und Brecher 2006, S. 207-252

<sup>32</sup> Vgl. Weck und Brecher 2006, S. 355 und 380



## Literaturverzeichnis

- Deutsches Institut für Normung (2013): DIN EN 61131-3. Speicherprogrammierbare Steuerungen. Teil 3: Programmiersprachen. Berlin: Beuth.
- Erbe, Heinz-H. (o.J.): Technologies for cost effective automation in manufacturing (low cost automation). In: IFAC Professional Briefs.
- Eversheim, Walter (1989): Organisation in der Produktionstechnik. Band 4: Fertigung und Montage. Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage. Düsseldorf: VDI.
- Groover, Mikell P. (2008): Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. Third Edition. Upper Saddle River: Pearson Education.
- Hesse, Stefan (2000): Fertigungsautomatisierung. Automatisierungsmittel, Gestaltung und Funktion. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg.
- Inaba, Yoshiharu; Sakakibara, Shinsuke (2009): Industrial Intelligent Robots. In: Nof, Shimon Y. (Hrsg.): Springer Handbook of Automation. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 349-363.
- Nof, Shimon Y. (2009): Automation. What it means to us around the World. In: Nof, Shimon Y. (Hrsg.): Springer Handbook of Automation. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 13-52.
- Pinnekamp, Friedrich (2009): Product Automation. In: Nof, Shimon Y. (Hrsg.): Springer Handbook of Automation. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 545-558.
- Takeda, Hitoshi (1996): Automation ohne Verschwendung. Mensch und Maschine perfekt kombiniert. Landsberg: mi-Verlag.
- Weck, Manfred; Brecher, Christian (2006): Werkzeugmaschinen 4. Automatisierung von Maschinen und Anlagen. 6., neu bearbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer.