

**CARL HANSER VERLAG**

Reinhard Langmann

**Taschenbuch Automatisierung**

3-446-21793-2

[www.hanser.de](http://www.hanser.de)

---

# 0 Einleitung

Reinhard Langmann

---

0

## 0.1 Begriff der Automatisierung

Der Begriff **Automation** oder **Automatisierung** kommt vom griechischen Wort „auto“ und bedeutet die selbstständige Ausführung eines Prozesses, bei dem Material, Informationen und Energie verändert oder umgeformt werden. Erste bekannte automatisierungstechnische Anwendungen stammen aus dem Jahr 230 v. u. Z. Zu dieser Zeit entwickelte der Grieche PHILON eine Öllampe mit Nivauregelung.

Nach DIN 19 233 bedeutet **Automatisieren** künstliche Mittel einzusetzen, damit ein Vorgang selbsttätig abläuft.

Im Laufe der vergangenen 2000 Jahre hat sich der Inhalt der Automatisierung gravierend verändert. Man kann dabei im Wesentlichen drei Phasen unterscheiden:

- Bis Anfang des letzten Jahrhunderts stand in der **ersten Phase** der Automatisierung die Mechanisierung im Mittelpunkt.
- Danach, in der **zweiten Phase**, erfolgte eine stürmische Entwicklung der Automatisierung durch den Einsatz der Elektrizität, Elektrotechnik und Elektronik.
- Aktuell befindet sich die Automatisierung durch den verstärkten Einsatz der Rechentechnik und Informationstechnologie bereits in der **dritten Phase**.

Die Automatisierung durchdringt unser tägliches Leben zwar immer stärker, wird jedoch immer weniger wahrgenommen. Aus diesem riesigen Gebiet behandelt dieses Taschenbuch primär Inhalte der **technischen Automatisierung**. Eine Reihe von Grundprinzipien, Algorithmen und Modelle gilt aber auch im Bereich der nichttechnischen Automatisierung (z. B. Regelalgorithmen oder Zustandsmodelle bei selbsttätigen biologischen oder gesellschaftlichen Abläufen).

---

## 0.2 Fachinhalt

Die Automatisierung technischer Prozesse war und ist als Fachdisziplin gesehen immer außerordentlich stark **interdisziplinär** geprägt. Diese Interdisziplinarität bezieht sich sowohl auf die fachlichen Inhalte wie auch auf die Art der zu automatisierenden technischen Prozesse.

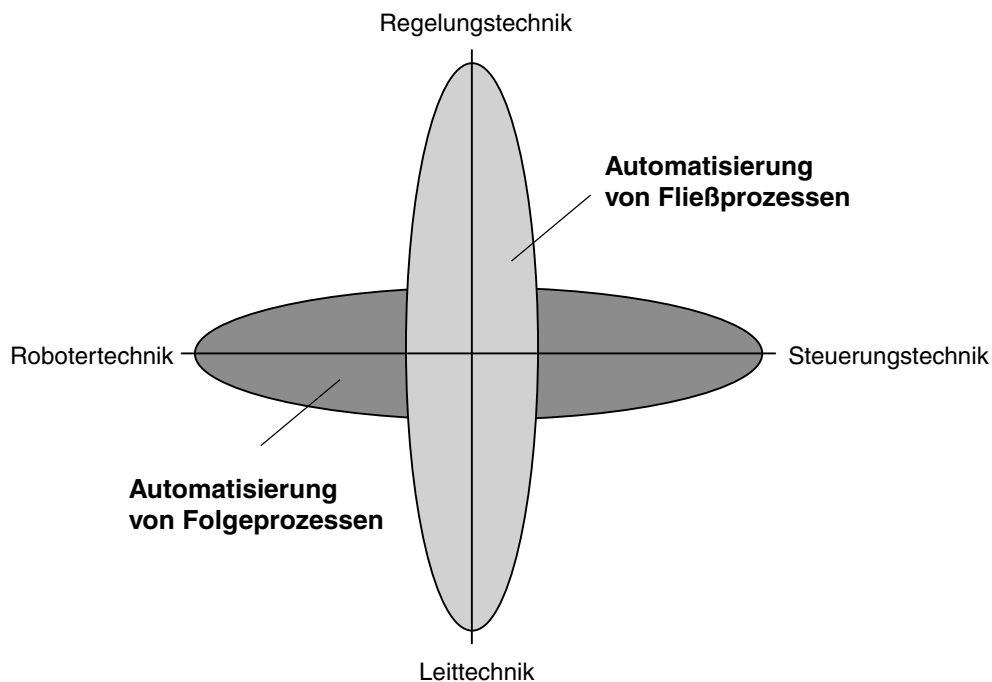
Bisher gibt es keinen fest definierten Fachinhalt der Automatisierung, sondern abhängig vom Einsatzbereich werden die Fachinhalte unterschiedlich interpretiert. Es existieren aber wohl allgemein anerkannte Kernfelder (Basistechniken) der Automatisierung und darüber hinaus weitere Fachfelder, die integrative Wirkung besitzen (Integrationstechniken).

**Basistechniken der Automatisierung:**

- Sensor- und Aktortechnik
- Regelungstechnik
- Steuerungstechnik
- Leittechnik
- Robotertechnik

**Integrationstechniken der Automatisierung:**

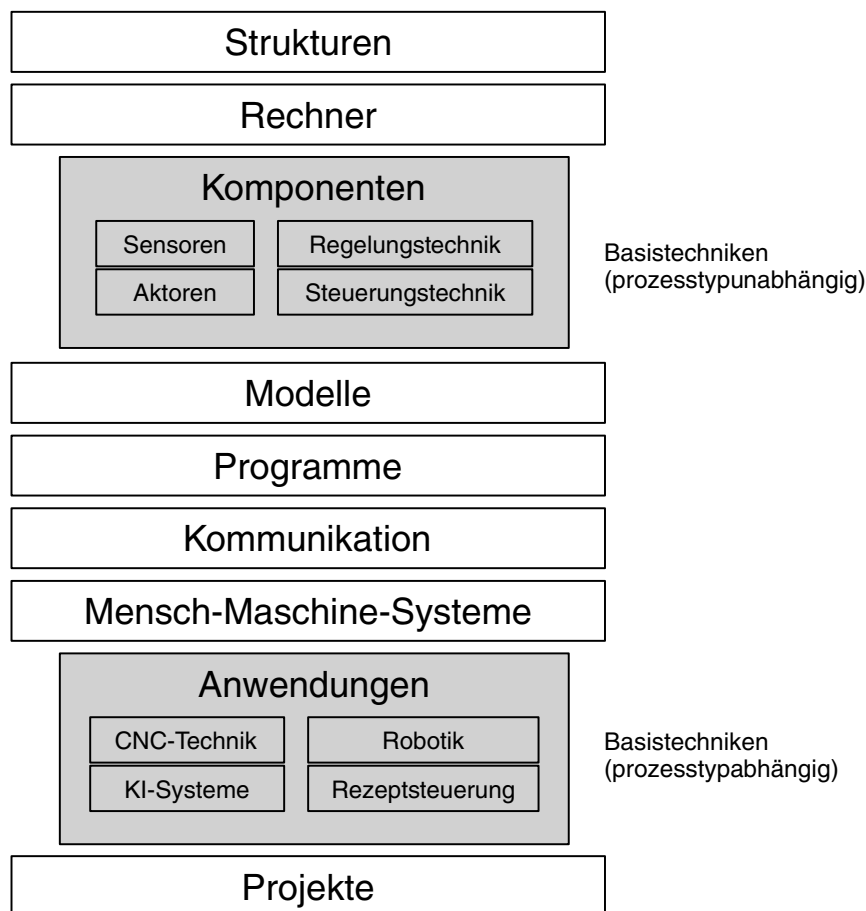
- Rechnertechnik
- Informationstechnik
- Kommunikationstechnik
- Mensch-Maschine-Systeme
- Struktur- und Systemtechnik
- Managementtechniken



*Bild 0.1 Beispiel für die unterschiedliche Gewichtung der Fachinhalte bei der Automatisierung*

Je nach Art des technischen Prozesses (Fließ-, Folge- oder Stückgutprozess) werden die einzelnen Techniken der Automatisierung mit unterschiedlicher Gewichtung zugeordnet (→ Bild 0.1).

Das vorliegende Taschenbuch als ein allgemein gültiges Nachschlagewerk orientiert sich mehr an den Integrationstechniken der Automatisierung und ordnet die Basistechniken in diese ein. Damit ergibt sich der in Bild 0.2 visualisierte Fachinhalt der Automatisierung.



*Bild 0.2 Fachinhalt der Automatisierung entsprechend dem vorliegenden Taschenbuch (markierte Teile – Basistechniken, nichtmarkierte Teile – Integrationstechniken)*

Auch hier ist jedoch festzustellen, dass im Taschenbuch jeweils der eine oder andere Prozesstyp bei der Darstellung der Inhalte überwiegt. Über alle Kapitel gesehen sollte sich dies jedoch ausgleichen, sodass insgesamt eine ausgewogene und allgemein gültige Darstellung der Fachinhalte erfolgt. Zur Vertiefung für die Automatisierung bestimmter Prozesstypen muss dann die jeweilige Spezialliteratur herangezogen werden.

---

# 1 Strukturen

Norbert Große, Wolfgang Schorn

---

## 1.1 Automatisierung technischer Prozesse

---

### 1.1.1 Grundbegriffe

---

#### 1.1.1.1 Prozess und Prozesstechnik

Unter einem **Prozess** versteht man Abläufe, mit welchen Materie, Energie oder Information umgeformt bzw. transportiert werden, DIN EN ISO 10 628 /1.1/. Die **Prozesstechnik** befasst sich mit der Durchführung solcher Vorgänge.

Nach SCHÖNE /1.2/ und TGL 25 000-1 /1.3/ definiert man weitere Teilgebiete (→ Bild 1.1).

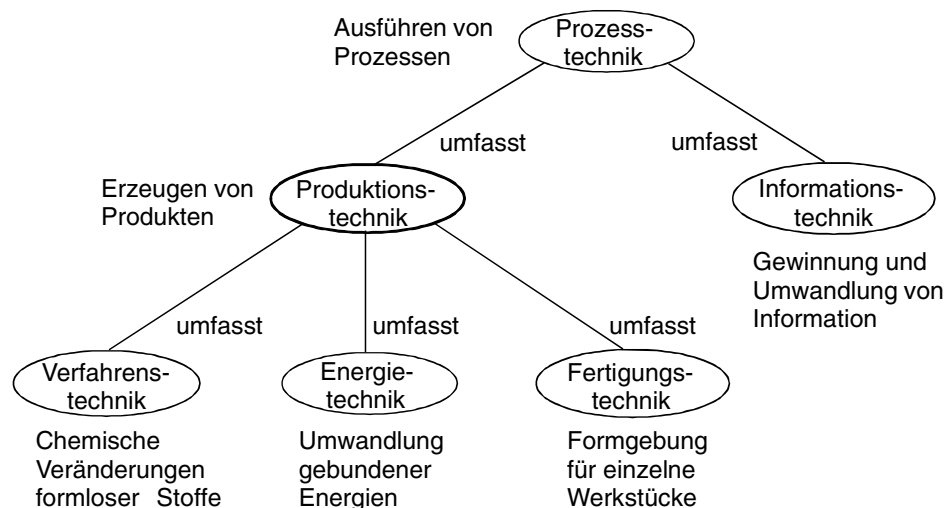


Bild 1.1 Teilgebiete der Prozesstechnik nach SCHÖNE /1.2/

---

#### 1.1.1.2 Produktionstechnik

Bei der Produktionstechnik geht es um die Herstellung von Produkten und um die Gewinnung nutzbarer Energien. Hierbei unterscheidet man drei Kategorien:

- Gegenstand der **Verfahrenstechnik** ist das Erzeugen formloser Stoffe. Dies sind typisch Gase, Flüssigkeiten, Pasten, Pulver, Granulate u. dgl. In den

folgenden Abschnitten wird schwerpunktmäßig auf verfahrenstechnische Prozesse (nach DIN EN ISO 10 628 /1.1/ auch **Verfahren** genannt) eingegangen.

- Das Ziel der **Fertigungstechnik** ist die Herstellung einzelner Werkstücke mit definierter Form und festgelegten Abmessungen. Bei diesen Gütern spielt die geometrische Gestalt eine wichtige Rolle.
- Im Bereich der **Energietechnik** werden gebundene Energien in Energieformen umgesetzt, welche sich unmittelbar in technischen Anwendungen nutzen lassen. Es geht dabei um das Umwandeln, Transportieren und Speichern von Energie.

### 1.1.1.3 Informationstechnik

Bei informationstechnischen Prozessen befasst man sich mit der Gewinnung und Auswertung von Informationen. Unter anderem gehören Mess- und Prüfprozesse ebenso dazu wie die Vorgänge bei der Informationsverarbeitung mittels EDV-Anlagen und Prozessleitsystemen.

## 1.1.2 Strukturierung verfahrenstechnischer Prozesse

### 1.1.2.1 Verfahrensabschnitte

Untergliedern kann man verfahrenstechnische Prozesse (Verfahren) in weitere Einheiten, die sog. **Verfahrensabschnitte** (nach DIN 61512-1 /1.5/ auch: **Prozessabschnitte**). Hierunter sind Teile von Verfahren zu verstehen, welche sich organisatorisch weitgehend autark ausführen lassen und zur Verarbeitung von Stoffen dienen.

Im einfachsten Fall sind in Anlehnung an Eigenberger /1.6/ folgende Kategorien von Verfahrensabschnitten entsprechend der Art der technologischen Vorgänge unterscheidbar:

- **Stoffaufbereitung:** Hierbei werden die zu verarbeitenden Einsatzstoffe für die Produktion vorbereitet, z. B. zerkleinert, aufkonzentriert usw. Die chemischen Stoffeigenschaften werden hierbei nicht verändert.
- **Stoffumwandlung:** In einem solchen Verfahrensabschnitt stellt man die eigentlichen Produkte her. Es finden chemische Vorgänge (Reaktionen) statt, wobei neue Stoffe (i. Allg. auch unerwünschte Nebenprodukte) entstehen.
- **Stoffaufarbeitung:** Die produzierten Ausgangsstoffe werden Nachbehandlungsschritten unterzogen. Hierzu gehören beispielsweise Trennvorgänge sowie Abfüll- und Verpackungsarbeiten. Auch hier bleiben die Stoffeigenschaften erhalten.

Eine alternative Möglichkeit der Definition von Verfahrensabschnitten ergibt sich aus der zur Ausführung gewählten Produktionsmethode (kontinuierlich, diskontinuierlich).

### 1.1.2.2 Grundoperationen

Verfahrensabschnitte setzen sich aus Vorgängen zusammen, welche die Eigenschaften der Stoffe beeinflussen oder Stoffe transportieren bzw. speichern. Diese Vorgänge bezeichnet man nach NAMUR NE 33 /1.7/ als **leittechnische Grundoperationen**, nach DIN 61 512-1 /1.5/ als **Prozessoperationen**.

Bei diskontinuierlicher Produktion besteht ein Verfahrensabschnitt aus einer sequenziellen Folge von Grundoperationen, welche jeweils zu quasistationären Zwischenzuständen mit definierten Produkteigenschaften führen. Kontinuierliche Verfahrensabschnitte enthalten – abgesehen von An- und Abfahrvorgängen – stets *eine* Grundoperation. Leittechnische Grundoperationen sind Arbeitsfolgen zur Realisierung der folgend beschriebenen verfahrenstechnischen Grundoperationen sowie der Speicher- und Transportoperationen.

Nach TGL 25 000-1 /1.3/ stellen **verfahrenstechnische Grundoperationen** zielgerichtete Handlungen dar, mit welchen man Zwischenprodukte mit definierten Eigenschaften erzeugen kann. Mittels solcher Grundoperationen werden über physikalische Vorgänge die Zusammensetzung, der Verteilungsgrad oder der Energieinhalt des betreffenden Guts verändert.

Der angelsächsische Begriff „Unit Operation“ wurde 1915 von LITTLE /1.8/ in den USA geprägt. Nach TGL 25 000-1 /1.3/ kann man folgende Einteilung vornehmen:

- **Grundoperationen zur Stofftrennung:** Hiermit sind z. B. Vorgänge zum Destillieren, Filtrieren, Trocknen, Eindampfen, Kondensieren etc. verbunden.
- **Grundoperationen zur Stoffvereinigung:** Dazu zählt man das Kneten, Suspendieren, Verschmelzen, Mischen von Gasen usw.
- **Grundoperationen zur Stoffzerteilung:** Hierzu gehören das Brechen, Mahlen, Zerschneiden u. a.
- **Grundoperationen zum Agglomerieren:** Diese bedeuten z. B. Tablettieren, Brikettieren, Sintern u. dgl.
- **Grundoperationen zum Ändern der Enthalpie:** Hierunter versteht man Aufheiz- und Abkühlvorgänge wie etwa Verdampfen, Erstarren, Kondensieren, Erwärmen und Abkühlen von Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen.

Die bei solchen Operationen ablaufenden physikalischen Vorgänge können ggf. chemische Reaktionen hervorrufen. NAMUR NE 33 /1.7/ bezeichnet Reaktionsschritte ebenfalls als chemisch-technische bzw. biologisch-technische Grundoperationen, was jedoch nicht dem in der Verfahrenstechnik üblichen Sprachgebrauch entspricht.

Um Stoffe sequenziell oder nebenläufig in mehreren Verfahrensabschnitten zu bearbeiten, werden weitere Operationen zum Lagern und Fördern von Stoffen und Energieträgern benötigt. Es hängt weitgehend von der gewählten Produktionsmethode (kontinuierlich, diskontinuierlich) und von der gegebenen Anlage ab, inwieweit diese Vorgänge bei der Prozessausführung erforderlich sind.

Bei **Speicheroperationen** geht es um das Aufbewahren von Einsatzstoffen, Zwischenprodukten und Endprodukten unter Aufrechterhaltung der physikalischen Bedingungen. Hierbei bleiben die Stoffeigenschaften weitgehend unverändert.

Speicheroperationen verwendet man u. a. zum *Entkoppeln* von Verfahrensabschnitten.

**Transportoperationen** dienen dazu, die entstehenden Zwischenprodukte sowie Energieträger (z. B. Heißdampf, Kühlwasser ...) zwischen den einzelnen Apparaturen der Anlage (siehe unten) zu fördern. Hierbei bleiben die Stoffeigenschaften erhalten.

Transportoperationen dienen zum *Verknüpfen* von Verfahrensabschnitten. Zu diesen Operationen zählen Vorgänge wie das Schalten von Produktwegen, Umpumpen, Dosieren, Abfüllen etc.

---

### 1.1.2.3 Grundfunktionen

Die Elemente der leittechnischen Grundoperationen sind **Grundfunktionen**, DIN 61 512-1 /1.5/ verwendet hierfür den Begriff **Prozessschritt**.

Eine **Grundfunktion** ist ein elementarer Vorgang bei der Durchführung eines Verfahrens.

In DIN EN ISO 10 628 /1.1/ wird im Sinne eines „einfachsten Vorgangs bei der Durchführung eines Verfahrens“ der Terminus *Grundoperation* verwendet. Die zitierten Regelwerke nennen als Beispiele Vorgänge wie Rühren, Dosieren und Heizen.

### 1.1.2.4 Gegenüberstellung von Begriffen

Bild 1.2 zeigt den Zusammenhang der aufgeführten Strukturbegriffe.

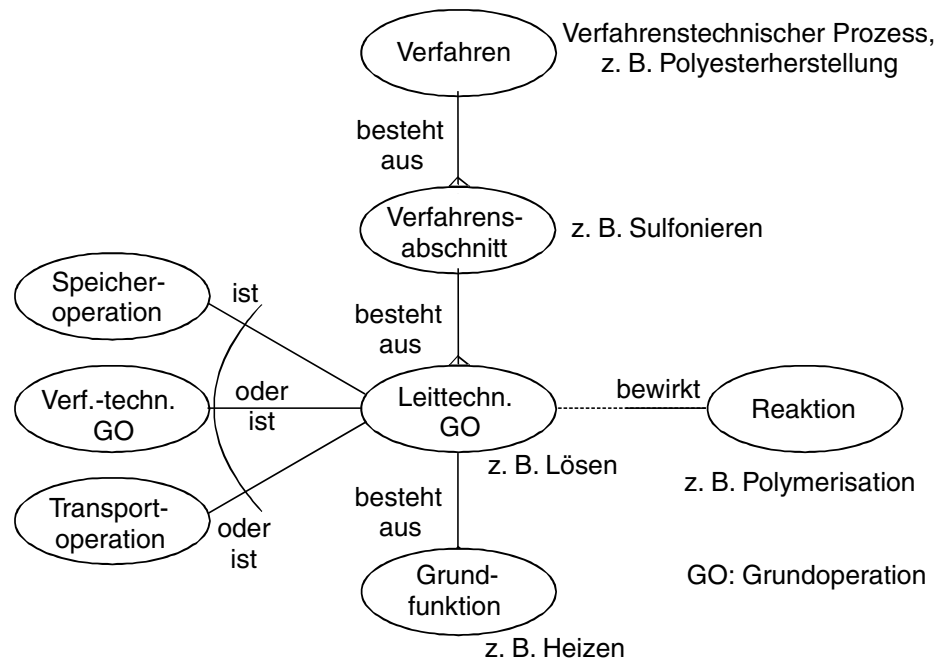


Bild 1.2 Strukturierungsbegriffe der Verfahrenstechnik

In der Vergangenheit haben sich für gleiche Objekte unterschiedliche Termini eingebürgert, welche in mehreren Regelwerken festgehalten sind. Eine diesbezügliche Zusammenstellung ist in SCHORN, GROSSE /1.9/ enthalten. Tabelle 1.1 stellt diese Begriffe aus den relevanten Normen und Richtlinien gegenüber.

Tabelle 1.1 Begriffe in der Normung

DIN EN 61 512-1	NE 33	DIN 28 004 T.1	TGL 25 000 B1.1
Prozess	Prozess, Verfahren	Prozess, Verfahren	
Prozessabschnitt	Verfahrensabschnitt	Verfahrensabschnitt	
Prozessoperation	Grundoperation		Grundoperation
Prozessschritt	Grundfunktion	Grundoperation	

### 1.1.3 Darstellungsformen für Prozesse

#### 1.1.3.1 Grundfließbild

Das **Grundfließbild** entsprechend DIN EN ISO 10 628 /1.1/ gibt Vorgänge und deren Zusammenhänge mit Rechtecken und gerichteten Linien wieder (→ Bild 1.3).



entstehenden Zwischenprodukten inkl. der Energien wiederzugeben, werden als zusätzliche grafische Elemente der Kreis zur Darstellung von Stoffen und die Raute für Energien bzw. Energieträger benutzt. Die hierin enthaltenen Prozesselemente repräsentieren wie beim Grundfließbild Verfahrensabschnitte bzw. Grundoperationen, Pfeile stellen konditionale Zusammenhänge dar. Ein Phasenmodell enthält ausführlichere Informationen über ein Verfahren als das Grundfließbild. Auch hier sind für Speicher- und Transportfunktionen keine eigenen Symbole vorgesehen, da das Phasenmodell von einer konkreten Prozessausführung auf einer gegebenen Anlage abstrahiert.

### 1.1.3.3 Ablaufplan

Eine weitere Möglichkeit zur Darstellung von Prozessen ist der **Ablaufplan** mit Symbolen nach DIN EN 61 131-3 /1.11/. Man verwendet ihn, wenn man die zur Prozessdurchführung erforderlichen Aktivitäten hervorheben will. Bild 1.5 gibt ein diskontinuierliches Verfahren wieder.

Bei einem **Ablaufplan** stellen die Rechtecke **Schritte** (d. h. Maßnahmen) zur Durchführung von Vorgängen dar; auch hier können diese Vorgänge Verfahrensabschnitte oder Grundoperationen sein. Die gerichteten Linien repräsentieren konditionale Zusammenhänge, und die Bedingungen zum Durchführen eines Schritts in Abhängigkeit von anderen Schritten gibt man mit Querbalken an. Übergänge zwischen Schritten nennt man **Transitionen**. Neben den Schrittsymbolen kann man Details bez. der zugehörigen Maßnahmen notieren. Diese Details nennt man **Aktionen**.

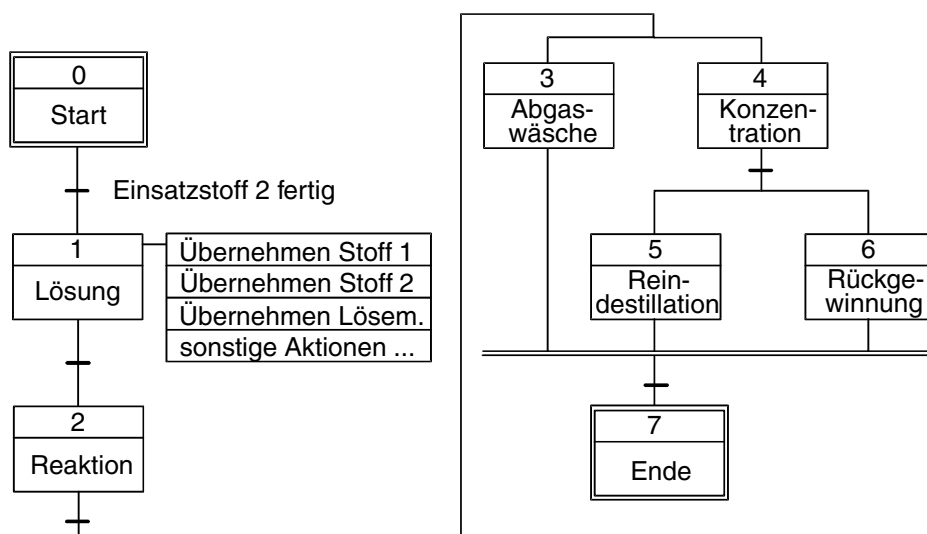


Bild 1.5 Ablaufplan nach DIN EN 61 131-3 /1.11/