

SIEMENS

Stefan Kruse

LOGO! 8

Praktische Einführung
mit Schaltungs- und Programmierbeispielen



Stefan Kruse
LOGO! 8

LOGO! 8

Praktische Einführung mit Schaltungs-
und Programmierbeispielen

von Stefan Kruse

unter Mitarbeit von Armin Ruch
und Joachim Zimmermann

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Autor und Verlag haben alle Texte in diesem Buch mit großer Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung des Verlags oder des Autors, gleich aus welchem Rechtsgrund, ist ausgeschlossen. Die in diesem Buch wiedergegebenen Bezeichnungen können Warenzeichen sein, deren Benutzung durch Dritte für deren Zwecke die Rechte der Inhaber verletzen kann.

www.publicis-books.de

Print ISBN 978-3-89578-439-2
ePDF ISBN 978-3-89578-921-2

Herausgeber: Siemens Aktiengesellschaft, Berlin und München
Verlag: Publicis Pixelpark, Erlangen
© 2015 by Publicis Erlangen, Zweigniederlassung der PWW GmbH

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Bearbeitungen sonstiger Art sowie für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Dies gilt auch für die Entnahme von einzelnen Abbildungen und bei auszugsweiser Verwendung von Texten.

Printed in Germany

Vorwort

Mit dem universellen Steuerungsmodul LOGO! steht seit vielen Jahren eine sichere, schnelle und flexible Möglichkeit für die Realisierung einfacher Automatisierungsaufgaben zur Verfügung. Die einfach zu handhabende Hardwareeinheit integriert die Steuerung, eine Bedien- und Anzeigeeinheit, die Stromversorgung und die Schnittstellen für Programm-Module, Netzwerke und PC-Anschlüsse. Die intuitiv gestaltete Software beinhaltet fertige und praxisübliche Basisfunktionen, z. B. für verzögertes Ein- und Ausschalten, Zählfunktionen, Schutzrelais, Vergleicherstufen oder arithmetische Operationen, die über analoge oder digitale Ein- und Ausgänge verbunden werden können. Durch den modularen Aufbau der Hardware, die einfach zu programmierende Software und zahlreiche, vorgegebene Grundfunktionen eignet sich das System nicht nur für industrielle Einsätze, sondern auch für den Privat- und Hobbybereich.

Aufgrund der einfachen und bequemen Bedienbarkeit der Programmierung, durch die einfache Integration der LOGO! in eine elektrische Schaltung und den minimalen Verdrahtungsaufwand können auch wenig geübte Hobbytechniker professionelle Klein-Automatisierungsprojekte realisieren.

Das vorliegende Buch erläutert die Grundlagen der Informationstechnik und soll dem technischen Anfänger den Einstieg in die Automatisierungstechnik mit LOGO! ermöglichen. Außerdem stellen wir dem versierten Hobbytechniker eine Vielzahl an spannenden und individuell anpassbaren Projekten vor.

Alle realisierten Projekte sind modular aufgebaut. Das bedeutet, dass Schritt für Schritt an alltagsrelevanten Beispielen erworbene Kompetenzen leicht auf individuelle Projekte übertragen werden können. Auch wenn nicht jede der vorgestellten Ideen praktisch umgesetzt werden muss, werden viele Herausforderungen thematisiert und die unterschiedlichsten Lösungsvarianten angeboten. Die vorgestellten Schaltungen können größtenteils ebenso mit älteren LOGO-Modulen realisiert werden. Einige Projekte greifen aber auch gezielt die neuen Möglichkeiten der Version 8, wie z. B. die SMS Funktion, erweiterte Funktionen des Look-and-feel-Textdisplays oder den integrierten Webserver auf. Neben 15 spannenden Alltagsprojekten werden ein Lötlehrgang, Stücklisten und Bezugsquellen für eventuell benötigte Hardware angeboten.

Wir wünschen viel Freude und Erfolg bei spannenden Projekten mit Siemens LOGO! 8.

Schwäbisch-Gmünd,
im Februar 2015

*Stefan Kruse
Armin Ruch
Joachim Zimmermann*

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Die moderne Informationstechnik	9
1.1 Elektrotechnische Grundlagen	10
1.1.1 Sensoren	10
1.1.2 Aktoren	11
1.2 Steuern und Regeln	12
1.2.1 Einteilung von Steuerungssystemen	13
1.2.2 Einteilung von Regelungssystemen	14
1.3 Speicherprogrammierbare Schaltungen und programmierbare Relais	16
2 Einführung in das Arbeiten mit Siemens LOGO! Soft Comfort	18
2.1 Die Programmoberfläche	18
2.1.1 Entwickeln eines Programms	19
2.2 Einstellungen	21
2.2.1 Blockeigenschaften	21
2.2.2 Grundlegende Programmeinstellungen	22
2.3 Die Hilfefunktion	22
2.4 Der Simulationsmodus	23
3 Anschluss der LOGO! und Übertragen eines Programms	24
3.1 Fertige Übungsplatinen zum Simulieren	24
3.2 Der Anschluss von Sensoren und Aktoren	24
3.3 Stromversorgung	25
3.4 Die LOGO! im Netzwerk	26
3.4.1 Die Möglichkeiten eines Webservers	26
3.5 Externe Speichermedien	31
3.6 SMS-Funktion	32
3.6.1 Datenaustausch von CMR2020 mit der LOGO!	35
3.7 Erweiterungskomponenten für die LOGO!	35
3.8 Versuchsprojekt für die Schaltungsverdrahtung	36
3.8.1 Schaltung zur Hardwaresimulation	36
3.8.2 Ein einfaches Programm: der Dämmerungsschalter	39
3.9 Einbindung der LOGO! in 5-V-Systeme	40
3.10 Übertragen von Programmen	41
3.10.1 Programme in die LOGO! senden	41
3.10.2 Programme aus der LOGO! laden	42
3.10.3 Schutz der LOGO! durch den Administratormodus	42

4 Einfache Übungen mit der LOGO!	43
4.1 Schalten durch digitale Signale	43
4.2 Schalten durch analoge Signale	44
4.3 Zeitverzögerungen	45
4.4 Vergleicherschaltung	46
4.5 Takt- bzw. Frequenzmessung	48
4.6 Informationsausgabe auf einem Display	49
4.6.1 Tickerfunktion und farbige Hintergrundbeleuchtung	50
4.7 Vereinfachen komplexer Schaltungen	51
4.7.1 Auftrennen und zusammenfügen von Verbindungen	51
4.7.2 Erstellen von UDF-Bausteinen	52
5 Planung und Durchführung eines Projekts in der Informationstechnik	54
5.1 Projektplanung am Beispiel einer Ventilatorschaltung	54
5.2 Sicherheitshinweise	60
5.3 Ein einfacher Lötkurs	61
5.3.1 Herstellung einer Platine für die Simulation der Eingänge der LOGO!	61
6 Der Einsatz der LOGO! im Alltag	64
6.1 Eine Wetterstation	65
6.1.1 Teilprogramm Windmessung	66
6.1.2 Teilprogramm Temperaturmessung	67
6.1.3 Teilprogramm Niederschlagsmessung	68
6.1.4 Gesamtprogramm für Wetterstation	70
6.2 Ein Beleuchtungssystem	71
6.3 Eine Pflanzenstation für die Fensterbank	75
6.4 Ein Teekoher	78
6.4.1 Teilprojekt Wasserkocher	79
6.4.2 Teilprojekt Teetasse	79
6.4.3 Teilprojekt Steuerung	80
6.5 Ein elektronisches Schloss	86
6.5.1 Schieberegister-Funktion der LOGO!	87
6.5.2 Kurzbeschreibung des Funktionsplans	88
6.6 Objektüberwachung	91
6.6.1 Integration einer Kamera	94
6.7 Eine intelligente Gartenbewässerung mit Nutzwassersteuerung	97
6.7.1 Teilprojekt Bodenfeuchtemessung	98
6.7.2 Teilprojekt Gießvorgang	98
6.7.3 Gesamtschaltung Gartenbewässerung	99
6.8 Geschwindigkeitsmessung mit der LOGO!	105
6.9 Steuerung einer Solaranlage	110
6.10 Warmwassererzeugung mit einem Schwedenofen	114
6.11 Eine (Auto)alarmanlage	118
6.12 Futterautomat für Aquarium oder Terrarium	124

6.13 Telemetrie für das Ferienhaus	128
6.13.1 Teilprojekt: Absicherung der Zugänge	129
6.13.2 Teilprojekt: Frost- und Feuchtigkeits-Überwachung	130
6.13.3 Zusätzliche Möglichkeiten der Fernanzeige und Fernsteuerung	131
6.14 Ein Service für Senioren	134
6.14.1 Teilprojekt Bewegungsmelder	135
6.14.2 Teilprojekt Wasserverbrauch	138
6.14.3 Teilprojekt Medikamenteneinnahme	140
6.15 Der automatische Rasenmäher	143
6.15.1 Teilprojekt Steuerung der zwei Motoren	146
6.15.2 Teilprojekt Rasenmäher in Parkposition bringen	148
6.15.3 Teilprojekt Rasenmäher mit geringer Batterieleistung	150
6.15.4 Teilprojekt Rasenmäher in Parkposition	151
6.15.5 Teilprojekt Kippsicherung	153
6.15.6 Vereinfachung durch UDF-Blöcke	155
7 Anhang	159
7.1 Signalbezeichnungen	159
7.2 Zeitverzögerungen	160
Literatur	161
Index	162

1 Die moderne Informationstechnik

Mehr als alle anderen Bereiche der Technik haben die Entwicklungen der Informationstechnik in den letzten Jahrzehnten die Lebensbereiche des Menschen maßgeblich verändert. Dabei umfasst die moderne Informationstechnik ein weites Feld. Sie beinhaltet die Bereiche:

- Elektrotechnik (Forschung, Entwicklung und Produktion von Artefakten und Verfahren, die im Zusammenhang mit elektrischer Energie stehen),
- Informatik (systematische Verarbeitung von Informationen),
- technische Informatik (Planung, Konstruktion, Realisierung, Betrieb und Bewertung von informationstechnischen Systemen),
- Nachrichtentechnik (Aufnahme, Übertragung, Verarbeitung und Speicherung von Informationen),
- Automatisierungstechnik (Verbindung der Überschneidungen von Mess-, Steuer- und Regeltechnik) und
- die in den letzten Jahren neu entstandene Mensch-Computer-Interaktion (Planung und Konstruktion von interaktiven Systemen und der Schnittstelle von Mensch und Maschine).

Bild 1.1 zeigt die Verbindung der an der Informationstechnik beteiligten Disziplinen.

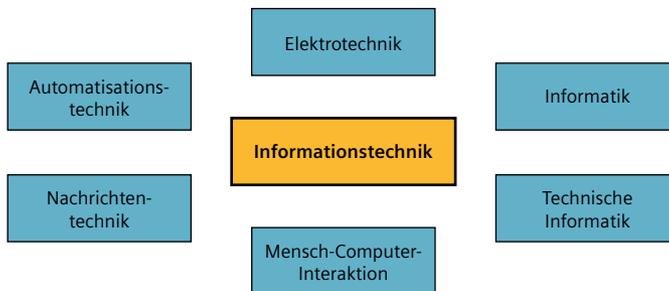


Bild 1.1 Disziplinen der Informationstechnik

Alle der Informationstechnik zugrunde liegenden Disziplinen beruhen auf dem gleichen Funktionsprinzip: Nach dem systematischen Grundprinzip von Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe¹ (EVA) lassen sich sowohl räumlich als auch zeitlich die meisten informationstechnischen Prozesse beschreiben. Die Verbindung mit einer Einteilung der unterschiedlichen Art der Arbeitsgegenstände

¹ Dworatschek, S. (1989): Einführung in die Datenverarbeitung. 8. Auflage, de Gruyter, Berlin.

nach Stoff, Energie und Information², ermöglicht eine klare Zuordnung der Elemente der Informationstechnik und eine Beschreibung der Wechselwirkungen zwischen den Komponenten des Systems und seiner Umgebung (Tabelle 1.1).

Tabelle 1.1 Kombination des EVA-Prinzips mit der Systematik technologischer Grundvorgänge

Arbeitsgegenstände	„EVA“-Prinzip		
	Eingabe (E)	Verarbeitung (V)	Ausgabe (A)
Stoff	z. B. Wasser	z. B. Erwärmung	z. B. Wasserdampf
Energie	z. B. Sonnenenergie	z. B. Wärmetauscher	z. B. Wärmeenergie
Information	z. B. Ist-Temperaturwert	z. B. Auslösen eines Schaltvorgangs	z. B. Soll-Temperaturwert

1.1 Elektrotechnische Grundlagen

Für die Planung einer automatisierten Schaltung muss dieses „EVA“-Funktionsprinzip auf das zu bearbeitende Projekt übertragen werden. In der geplanten steuerungs- und regelungstechnischen Anlage werden durch elektrische Spannung Informationen übertragen und verarbeitet. Dabei dienen Sensoren als Medium zur Informationserfassung, welches Prozesszustände in weiterverarbeitbare Informationen umwandeln. Die erfassten Informationen werden so gewandelt, dass sie von der Steuerung als Eingangsgröße verarbeitet werden können. Nach der Informationsverarbeitung werden sie in für den Aktor lesbare Informationen gewandelt und vom Aktor in Prozessenergie gewandelt. Das Ablaufschema in Bild 1.2 verdeutlicht dies an einem Beispiel.

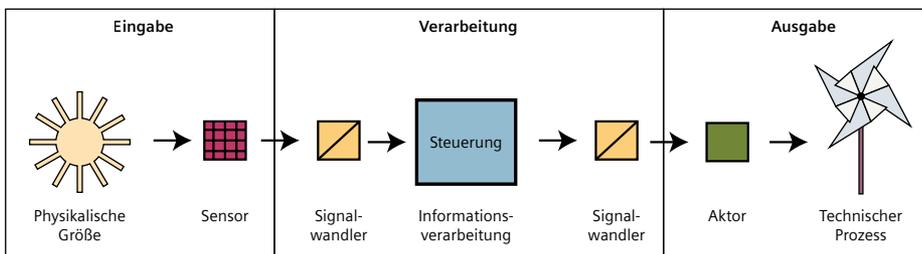


Bild 1.2 Ablaufschema und Komponenten einer steuerungstechnischen Einrichtung

1.1.1 Sensoren

Die Erfassung von Messsignalen oder physikalischen Umgebungswerten geschieht mit Hilfe von Sensoren. Diese sind elektronische Bauteile, welche Informationen über Eigenschaften, Zustände und Vorgänge der Umwelt erfassen. Dabei werden nichtelektrische Messgrößen – beispielsweise Temperatur, Druck, akustische und optische Größen – in elektrisch auswertbare Größen umgewandelt. Diese elektrischen Größen können in einer Steuerungseinheit

² Ropohl, G. (1979): Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik, München, Wien.

verarbeitet werden. Durch Sensoren kann ein System also bestimmte Informationen, Eigenschaften, Zustände oder Vorgänge seiner Umwelt wahrnehmen.

Wie die Sinnesorgane beim Menschen, gibt es für die Erkennung verschiedener physikalischer und chemischer Umweltbedingungen in der Technik eine Vielzahl von Sensoren. Mit Hilfe von Infrarotsensoren, Ultraschallsensoren oder einfachen Tastern kann beispielsweise ein Roboter Hindernisse oder Abgründe erkennen, um sich in seiner Umgebung bewegen zu können. Daneben gibt es für die Messung von Umgebungsfaktoren beispielsweise Temperatur-, Luftfeuchtigkeits-, Feuchtigkeits-, Strahlungs-, Druck-, Erschütterungs-, Gas-, Bewegungs-, Licht- und Akustik-Sensoren. Moderne Roboter verfügen außerdem über GPS-Module, durch die sie genaue Informationen bezüglich ihres Standorts ermitteln und weitergeben können.

Grundsätzlich unterliegen alle Sensoren den folgenden Kriterien:

- Ein Sensor sollte so einfach wie möglich aufgebaut und zu handhaben sein. Dies betrifft die Eigenschaften des Gehäuses, die Möglichkeit der Anschlüsse und die Kalibrierbarkeit des Sensors.
- Ein Sensor sollte so robust wie irgend möglich sein. Meist werden Sensoren mechanischen Belastungen wie z. B. Stößen, Vibrationen oder Umwelteinflüssen wie Sonnenstrahlung oder Witterung ausgeliefert. Das heißt, der eigentliche Sensor sollte mit Hilfe eines Gehäuses oder einer technischen Maßnahme geschützt sein.
- Bei der Ausführung eines Sensors unterscheidet man zwischen aktiver oder passiver Baugruppe. Einige Sensoren brauchen eine aktive Stromquelle (z. B. einen Infrarotsensor mit einer Infrarot-LED). Dabei ist mit einem Mehrverbrauch an Strom zu rechnen. Passive Sensoren empfangen ihre Signale aus der Umwelt (z. B. ein Taster bekommt einen Stoß). Mit Hilfe passiver Bauteile erfolgt die Erfassung der meisten Umweltgrößen wie Temperatur und Feuchtigkeit, Licht und Vibration oder Kraft.
- Die Auswertbarkeit der Messwerte erfolgt in analogen oder digitalen Signalen. Die Auswertung eines analogen Signals basiert häufig auf dem Prinzip des Spannungsteilers: In den Sensor wird eine Grundspannung eingegeben und eine Teilspannung ausgegeben. Die entstandene Differenz wird erfasst und mittels Wertetabelle im Programm ausgewertet. Ein digitales Signal oder ein Impuls hingegen wird als klar definierte Eingabe gewertet und weiterverarbeitet.

1.1.2 Aktoren

Während Sensoren, wie beschrieben, eine physikalische Größe in elektrischen Strom umwandeln, machen Aktoren als technische Gegenstücke zu Sensoren genau das Gegenteil. Sie wandeln elektrische Signale von der Steuerungseinheit in eine andere Energieform wie z. B. in eine mechanische Bewegung oder in andere physikalische Größen³ wie Lichtstärke, Temperatur oder Schall um. Die elektrische Energie wird dabei in eine andere Energieform, z. B. in kinetische Energie (für Bewegung) umgewandelt. So kann das System Einfluss auf seine Umwelt nehmen. Aktoren werden auch als Antriebselemente bezeichnet.

³ Ropohl, G. (1979): Allgemeine Technologie: Eine Systemtheorie der Technik, München, Wien.

Systematisieren lassen sich Aktoren in folgende ihren Umwandlungsverfahren entsprechenden Bereiche:

- **Elektromagnetische Aktoren:** Elektrische Energie wird in mechanische Energie gewandelt. Dies kann in Form von Bewegungsenergie oder Rotationsenergie über einen Schalter, Schieber oder über ein Potentiometer erfolgen. Auch Lautsprecher, die über eine Membran Schalldruck erzeugen oder Motoren, deren Rotoren von einem elektromagnetischen Feld bewegt werden zählen in diese Kategorie.
- **Piezelektrische Aktoren:** Hierbei wird die Umkehrung des Piezoeffekts genutzt. Dieser beruht darauf, dass beim Anlegen einer Spannung an einen Piezokristall eine Verformung in die Länge oder Breite erzeugt wird. Anwendungsbereiche von piezelektrischen Aktoren sind Drucker, Lautsprechern oder Schalter.
- **Optische und optoelektrische Aktoren:** Durch elektrische Energie wird Licht emittiert. Diese Art Aktoren werden für die direkte Ausgabe von Beleuchtung z. B. bei Scheinwerfern oder in der optischen Übertragungstechnik z. B. bei Optokopplern, in Displays oder bei der Bilderkennung genutzt.
- **Magnetostriktive Aktoren:** Hierbei wird die Längenänderung von ferromagnetischen Materialien unter Magnetfeldern genutzt. Diese Art der Aktoren können unter hohen Drücken und Temperaturen als sehr präzise Stellelemente im Mikrometer-Bereich genutzt werden.
- **Elektrostatische Aktoren:** Elektrostatische Felder werden genutzt, um in der Mikrosystemtechnik kleine, mechanische Teile zu bewegen. Diese Technik kommt bei Lautsprechern, bei der Bewegung von Mikrospiegeln in optischen Schaltern und in der Drucktechnik zum Einsatz.

Zu den wichtigsten Aktoren im Hobbybereich gehören neben Motoren auch Lampen, Lautsprecher, Pneumatikzylinder, Ultraschallmotoren und Membranpumpen.

1.2 Steuern und Regeln

In der Steuerungstechnik werden in der Regel Eingänge und Ausgänge verwendet. Diese beiden Begriffe werden meist auch als Input und Output bezeichnet.

Wenn man sich mit Automatisierungstechnik auseinandersetzt, werden oftmals die Begriffe „Steuern und Regeln“ verwendet. Was versteht man in der Technik jedoch unter diesen Begriffen? Aufschluss gibt die DIN Norm 19226, die inzwischen durch die IEC 60050-351 Norm ersetzt wurde. Dort werden „Steuern“ bzw. „Regeln“ folgendermaßen definiert:

„... Steuern ist ein Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Eingangsgrößen eine oder mehrere Ausgangsgrößen auf eine bestimmte Art und Weise beeinflussen. Der Informationsfluss ist dabei offen. Ein Signal wird in das technische System als Eingangsgröße eingegeben und macht sich im System an einer anderen Stelle als Ausgangsgröße bemerkbar. Diese Ausgangsgröße beeinflusst die Eingangsgröße in keiner Weise.“⁴

⁴ Vgl. Beuth (2014): DIN IEC 60050-351. Beuth Verlag GmbH, Berlin.

Hingegen ist Regeln ein Vorgang, „...bei dem fortlaufend eine Größe, die Regelgröße (zu regelnde Größe), erfasst, mit einer anderen Größe, der Führungsgröße, verglichen und im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird.“⁵

1.2.1 Einteilung von Steuerungssystemen

Allen Steuerungen liegt das gleiche Funktionsprinzip zugrunde: Eine Eingangsgröße beeinflusst durch bestimmte Gesetzmäßigkeiten in einem System, zielgerichtet eine Ausgangsgröße. Steuerungen nehmen dabei keinen Vergleich von Eingangs- und Ausgangsgröße vor, ihr Wirkungsablauf ist offen. Je nach der Art der Steuerung unterscheidet man zwischen Führungs- und Programmsteuerungen (Bild 1.3).

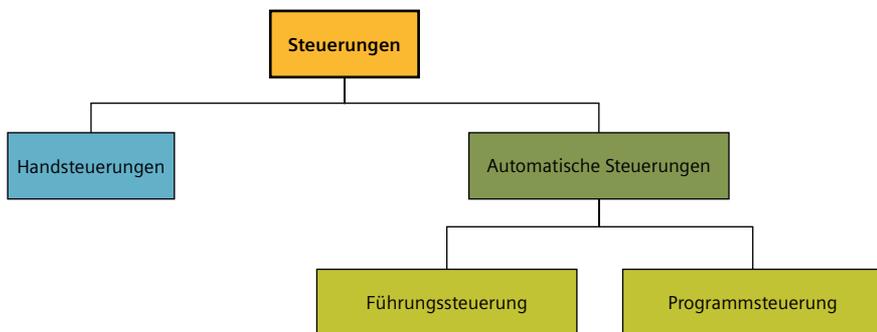


Bild 1.3 Systematisierung der Steuerungen

Unterscheidungsmöglichkeiten von gängigen Steuerungen sind beispielsweise die Versorgungsenergie des Systems, die Art der Signalverarbeitung, ein analoges oder digitales Verfahren oder die gesteuerte Größe. Wie in Bild 1.4 dargestellt, geschieht die technische Darstellung einer Steuerung mit Hilfe von Blockschaltbildern.



Bild 1.4 Allgemeines Blockschaltbild einer Steuerung

Die einfachste Form der Steuerung ist die Handsteuerung. Sie lässt sich mit den einfachen Beispielen des Öffnens eines Wasserhahns, des Betätigen der Haustürklingel oder des Lenkens eines Fahrrades erklären. Dies zeigt Bild 1.5.



Bild 1.5 Blockschaltbild der Hausklingelanlage

⁵ ebd.

Automatische Steuerungen sind komplexer und funktionieren auch, ohne dass ein Mensch die Anlage beeinflusst. Bei dieser Art der Anlagen werden die gesteuerten Größen selbstständig an der vorgegebenen Führungsgröße angepasst.

Diese Vorgehensweise lässt sich einfach an einer Beleuchtungsanlage verdeutlichen:

Sobald eine Person nachts ein Gebäude betritt, soll das Licht eingeschaltet werden. Der Eingang des Bewegungsmelders nimmt Signale auf. Die erfassten Signale werden von einer Schaltung verarbeitet. Am Ausgang der Anlage ist eine Lampe angeschlossen. Sobald der Erfassungsbereich des Melders eine Bewegung registriert, veranlasst er also, dass die Lampe eingeschaltet wird. In den Bildern 1.6 und 1.7 sind Schaltplan und Blockschaltbild dieses Systems dargestellt.

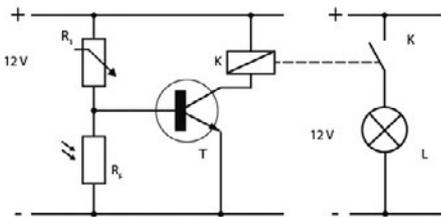


Bild 1.6 Schaltplan einer Beleuchtungsanlage



Bild 1.7 Blockschaltbild einer Beleuchtungsanlage

1.2.2 Einteilung von Regelungssystemen

Im Gegensatz zu einer Steuerung wird bei einer Regelung die zu beeinflussende Größe permanent gemessen und mit dem im System hinterlegten Sollwert verglichen. Wenn aufgrund einer von außen einwirkender Störgrößen der Ist-Wert (Regelgröße) vom Sollwert (vorgegebenen Führungsgröße) abweicht, reagiert das System und korrigiert sich selbstständig. Dazu muss die Regelgröße ständig erfasst und mit der Führungsgröße verglichen werden:

$$\text{Regeldifferenz} = \text{Führungsgröße} - \text{Regelgröße}$$

Diese Aufgabe übernimmt in der Regel eine elektronische Steuerung oder ein Computer zwischen dem Stellglied und dem Output. Beim Auftreten einer Regeldifferenz zwischen dem Soll- und dem Ist-Wert wird automatisch ein Stellsignal erteilt und die Abweichung der Werte ausgeglichen. Das Funktionsprinzip lässt sich einfach am Beispiel einer Heizungsanlage verdeutlichen:

Eine Person stellt die gewünschte Raumtemperatur ein. Die gewünschte Temperatur ist ein Sollwert, denn die Temperatur in dem Zimmer soll diesen Wert halten. Ein Stellglied prüft nun fortlaufend, ob die gewünschte Temperatur erreicht ist. Die tatsächliche Temperatur im Raum ist also ein Ist-Wert. Wenn