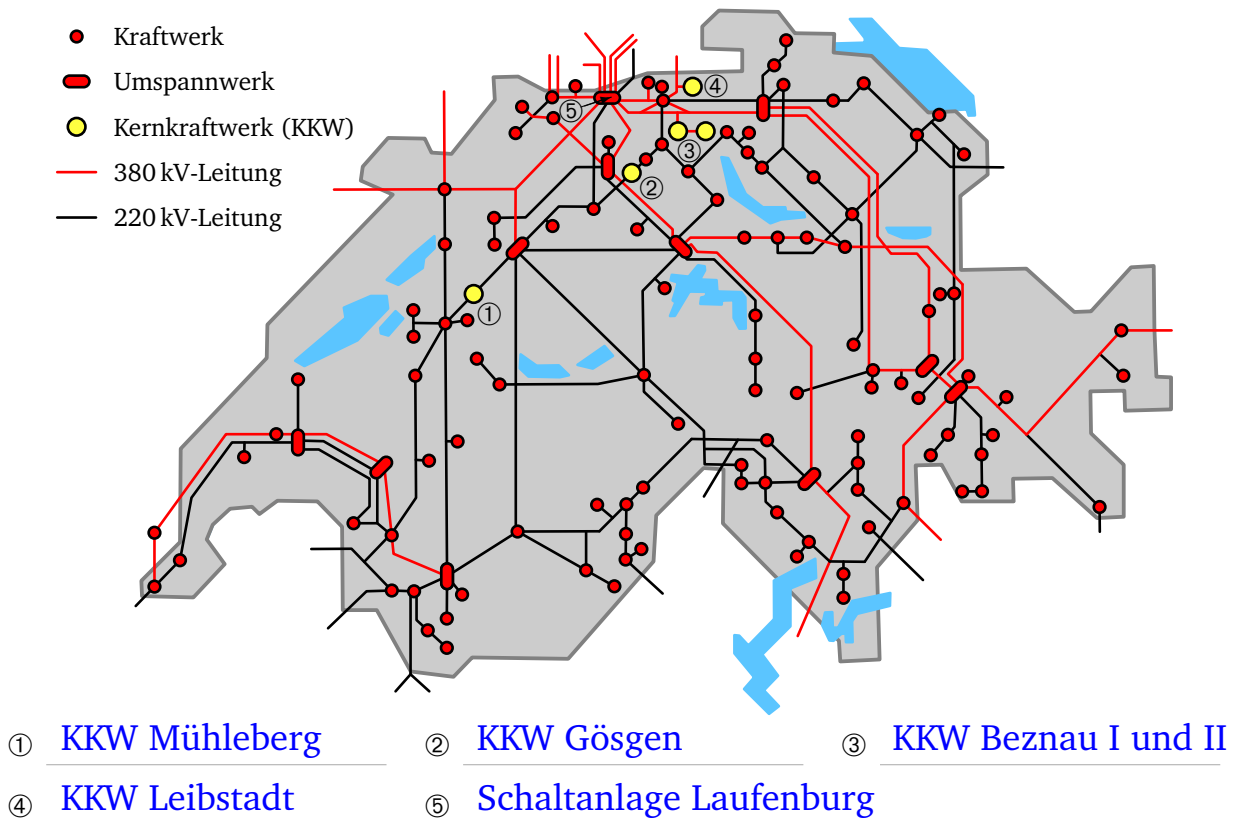


1.2 Schweizerisches Verbundnetz

Die Swissgrid AG mit Sitz in Aarau ist die Eigentümerin des Schweizer Verbundnetzes. Ihr über 6700 Kilometer langes Höchstspannungsnetz transportiert die elektrische Energie mit einer Spannung von 380 kV oder 220 kV.



Obige Karte zeigt die Höchstspannungsleitungen des Schweizer Stromnetzes sowie grössere Kraftwerke und Umspannwerke. Bei den *Kraftwerken* handelt es sich in erster Linie um Kernkraftwerke, Wasserkraftwerke und Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen.

In den *Umspannwerken* werden unterschiedliche Spannungsebenen miteinander verbunden. Sie bestehen aus Leistungstransformatoren und Schaltanlagen. Die Schaltanlagen wiederum verfügen u.a. über Schaltgeräte sowie Sammelschienen und sind für die Stromverteilung im Netz verantwortlich. Die Schweiz ist mit über vierzig Leitungen eng mit den Nachbarländern vernetzt. Wobei die Schaltanlage Laufenburg einen speziell wichtigen Knotenpunkt der Schweizerischen wie auch der europäischen Energieversorgung bildet.

1.2.1 Smart Grid

Unsere Energieversorgung befindet sich aktuell im Umbruch. Mit der Energiewende werden vermehrt erneuerbare Energien wie z.B. Solar- und Windkraft in unser Stromnetz integriert. Dadurch, dass diese Schwankungen unterlegen sind, ist entweder zu viel Strom vorhanden oder zu wenig. Die Sonne scheint und der Wind weht; dann mal wieder nicht. Das verlangt nach einem intelligenten Stromnetz - dem *Smart Grid*.

Damit das Smart Grid funktioniert, kommen intelligente Stromzähler (*Smart Meter*) zum Einsatz. Diese Geräte ermöglichen den Teilnehmern im Stromnetz ihre Verbräuche und ihre Erzeugungen auf einem separaten Datennetz zu kommunizieren. Eine moderne Steuerungszentrale wertet diese Daten aus und ist dadurch in der Lage, die schwankende Energiezufuhr und die Stromversorgung zu regeln.

3 Messtechnik

Lernziele: Sie können ...

- ✓ die Messgerätekategorien, die Sinnbilder (inkl. RMS, TRMS) auf Messgeräten korrekt interpretieren
- ✓ Berechnungen zu Messfehler bei analogen und digitalen Messgeräten fehlerfrei durchführen
- ✓ eine direkte bzw. indirekte Messung eines Widerstandes (oder einer Leistung) beschreiben



3.1 Allgemeines

3.1.1 Messvorgang

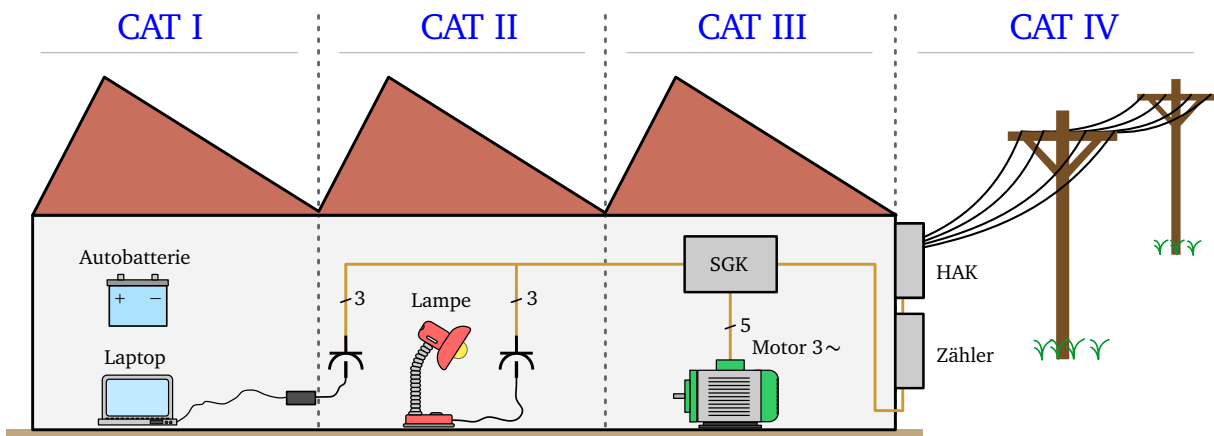
Messen heisst eine unbekannte Grösse mit einer festgelegten Masseinheit vergleichen.

Man bestimmt damit den Zahlenwert einer physikalischen Grösse, z.B. der Stromstärke. Der Messwert ist ein Vielfaches (z.B. 8 A) oder ein Bruchteil (z.B. 60 mA) der Grundgrösse 1 A.

3.1.2 Messgerätekategorien

Die Messgerätekategorien geben die zulässigen Einsatzbereiche für Messgeräte im Niederspannungsnetz an. Dabei wird berücksichtigt, dass je näher eine Messung an der Trafostation durchgeführt wird, die Gefahr durch z.B. Überspannungen und Kurzschlussströme zunimmt. So ist der maximale Kurzschlussstrom (und damit auch die Gefahr) beim Messen am HAK viel grösser als an der letzten Steckdose einer Installation.

Die Messgerätekategorie wird auf Messgeräten mit römischen Ziffern gekennzeichnet. Fehlt die Angabe, darf das Gerät nur für Messungen der Kategorie 1 (CAT I) benutzt werden.



CAT I: Messungen an Stromkreisen, die *nicht* direkt mit dem 230 V-Netz verbunden sind.
z.B. Batterien, batteriebetriebene Geräte, Elektronik, Telefonanlagen usw.

CAT II: Messungen an Stromkreisen, die gesteckt mit dem 230 V-Netz verbunden sind.
z.B. Betriebsmittel mit Verbindung zur Steckdose, d.h. Nachttischlampe, TV usw.

CAT III: Messungen an Installationen, die fest mit dem 3×400 V-Netz verbunden sind.
z.B. festangeschlossene Motoren, SGK, Sammelschienen, CEE-Steckdosen 63 A usw.

CAT IV: Messungen an der Quelle der Niederspannungsinstallationen.
z.B. Zuleitung zu Gebäuden, HAK, Anschluss-Überstromunterbrecher, Zähler usw.

4.2 Digitaltechnik

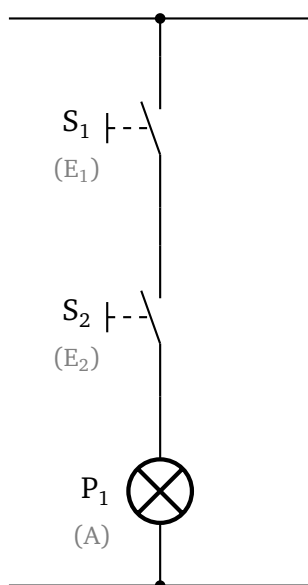
Lernziele: Sie können ...

- ✓ von den Verknüpfungen (AND, OR, NAND usw.) die Eigenschaften nennen und die Symbole zeichnen
- ✓ Stromlaufschemas, Zeitablaufdiagramme, Wertetabellen und logische Digitalschaltungen entwickeln

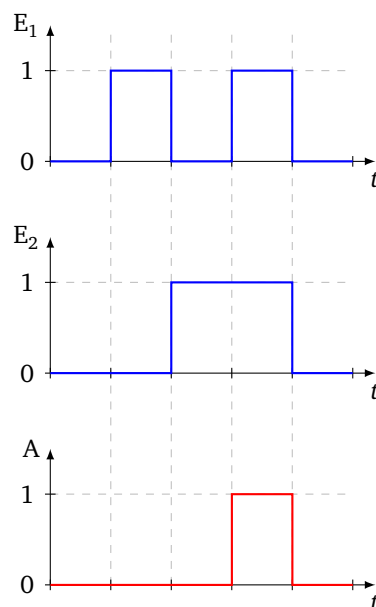
Kleine SPS-Steuerungen wie z.B. die LOGO! der Firma Siemens werden häufig grafisch mithilfe eines Funktionsplans programmiert. Der Funktionsplan nutzt dabei Verknüpfungen der Digitaltechnik (z.B. AND, OR usw.), welche in diesem Abschnitt erarbeitet werden. Jede Verknüpfung lässt sich dabei als Schaltzeichen, als Stromlaufschema, als Zeitablaufdiagramm oder als Wertetabelle eindeutig darstellen.

4.2.1 UND-Verknüpfung (AND)

Stromlaufschema:



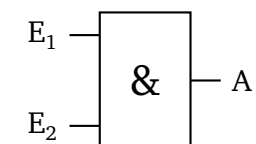
Zeitablaufdiagramm:



Wertetabelle:

E ₂	E ₁	A
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Schaltzeichen:



Die UND-Verknüpfung hat nur dann am Ausgang den Wert 1, wenn alle Eingangssignale gleichzeitig den Wert 1 haben.

Eine logische 1 bedeutet: Taster betätigt, Lampe hell, Motor läuft usw.

Bei einer logischen 1 ist auf der Leitung ein Signal vorhanden, z.B. +5 V.

Eine logische 0 bedeutet: Taster nicht betätigt, Lampe dunkel, Motor läuft nicht usw.

Bei einer logischen 0 ist auf der Leitung kein Signal vorhanden, bzw. 0 V.

Ein typischer Anwendungsfall einer UND-Verknüpfung ist die Zweihandbedienung, z.B. bei Pressen. Die Presse lässt sich wegen der UND-Verknüpfung nur dann in Betrieb setzen, wenn die beiden getrennt angeordneten Sicherheitstaster gleichzeitig betätigt werden. Diese Schaltung dient der Unfallverhütung.

Bei der Kleinststeuerung LOGO! haben die Verknüpfungen (z.B. AND, OR usw.) allesamt jeweils vier Eingänge. Der Einfachheit halber werden hier die Verknüpfungen, wie in der Digitaltechnik üblich, mit nur zwei Eingängen dargestellt.

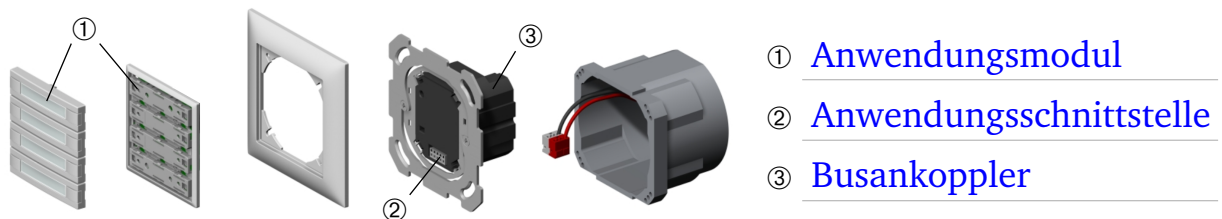
5.3 KNX-Busteilnehmer

5.3.1 Grundaufbau

Ein KNX-Bussystem besteht aus Sensoren und Aktoren. Sensoren senden einen Befehl an einen Aktor, welcher schaltet und so den Verbraucher ansteuert. Sensoren und Aktoren sind Busteilnehmer und besitzen je ihren eigenen Mikroprozessor. Jedes angeschlossene Busgerät hat somit eine eigene Intelligenz; ein zentraler Computer (Leitstelle) wird nicht benötigt.

Weil beim KNX-Bussystem die „Intelligenz“ auf viele Busteilnehmer verteilt ist, spricht man von einem dezentralen Bussystem.

Der Aufbau aller Busteilnehmer (Sensoren, Aktoren usw.), die an die Busleitung des KNX angeschlossen werden, ist grundsätzlich gleich. Jeder Teilnehmer besteht aus:

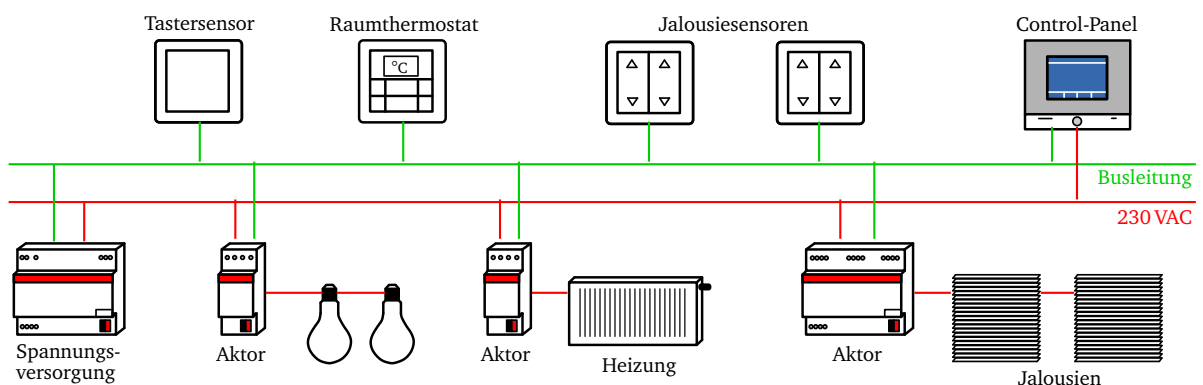


- Das *Anwendungsmodul (AM)* ist für die eigentliche Aktion zuständig. Es definiert, ob der Busteilnehmer ein Sensor, ein Aktor oder beides ist.
- Die *Anwendungsschnittstelle (AST)* ist ein 10- oder 12-poliger Stecker. Dieser verbindet das Anwendungsmodul mit dem Busankoppler. Viele Hersteller liefern ihre Aktoren ohne AST aus. Anwendungsmodul und Busankoppler sind dann fest verbunden.
- Der *Busankoppler (BA)* besitzt alle elektronischen Komponenten, um ein Telegramm (Datenpaket) aufs Buskabel zu senden bzw. vom Buskabel zu empfangen. Weiter besteht er aus einem Mikroprozessor (inkl. Anwendungssoftware) mit Speicher. Er stellt dadurch die Intelligenz des Busteilnehmers dar.

Der Busankoppler empfängt das Telegramm von der Busleitung und gibt den Befehl an das Anwendungsmodul, z.B. einem Aktor, weiter. Wie das Anwendungsmodul die Information interpretiert, ist in der Anwendungssoftware durch die Parametereinstellung definiert. Damit ein Busteilnehmer korrekt funktioniert, müssen Anwendungsmodul, Busankoppler und Anwendungssoftware vom gleichen Hersteller stammen.

Übung

- Verbinden Sie alle KNX-Komponenten, die AC 230 V benötigen mit einer roten Leitung und alle KNX-Komponenten, die DC 24 V benötigen mit einer grünen Leitung.



2 Transformator

2.1 Einphasentransformator

2.1.1 Funktionsweise

2.1 Aufgabe ✓

Wie nennt man a) die Eingangsseite und b) die Ausgangsseite eines Transformators?

2.2 Aufgabe ✓

Beschreiben Sie den prinzipiellen Aufbau eines Transformators.

2.3 Aufgabe ✓

Was versteht man unter dem Streufluss Φ_S ?

2.4 Aufgabe ✓

Beschreiben Sie die Funktionsweise eines Transformators.

2.5 Aufgabe ✓

Warum kann konstanter Gleichstrom nicht transformiert werden?

2.6 Aufgabe ✓

Nennen Sie vier Anwendungen von Transformatoren.

2.7 Aufgabe ✓

Transformatoren werden mit einem Eisenkern ausgerüstet, um eine ...

- gute magnetische Kopplung der Wicklungen zu erreichen
- Erhöhung der Wirbelstromverluste zu erreichen
- gute mechanische Festigkeit der Wicklungen zu erzielen
- Erhöhung der Kupferwärmeverluste zu erreichen

2.1.2 Spannungsübersetzung

2.8 Aufgabe ✓

Welche Beziehung gilt bei einem *idealen* Transformator?

- $U_1 \cdot N_1 = U_2 \cdot N_2$
 $U_1 \cdot U_2 = N_1 \cdot N_2$
 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$
 $\frac{U_1}{N_2} = \frac{U_2}{N_1}$

2.9 Aufgabe ✓

Was versteht man unter dem Übersetzungsverhältnis \ddot{u} eines Transformators?

- das Verhältnis zwischen Sekundär- und Primärwindungszahl
- das Verhältnis von der Primär- zur Sekundärspannung
- das Verhältnis von der Sekundär- zur Primärspannung

3.9 Aufgabe ✓

Ein Messgerät ist mit folgenden Angaben gekennzeichnet. Welche Behauptungen sind *falsch*?



1.5



- Es handelt sich um ein Instrument für Gleich- und Wechselstrom.
- Das Instrument besitzt ein Drehspulmesswerk ohne Zusatzschaltung.
- Es handelt sich um ein Betriebsmessgerät der Genauigkeitsklasse 1.5.
- Das Instrument darf nicht in senkrechter Gebrauchslage verwendet werden.
- Die Prüfspannung des Messgerätes beträgt 20 kV.

3.10 Aufgabe ✓

Welche Genauigkeitsklassen haben Präzisionsmessgeräte?

3.11 Aufgabe ✓

Erklären Sie den Begriff *Genauigkeitsklasse*.

3.12 Aufgabe ✓

In welchem Teil der Skala eines analogen Messinstrumentes soll der Zeiger liegen?

- im ersten Drittel in der Mitte im obersten Drittel in der zweiten Hälfte

3.13 Aufgabe ✓

Wo können durch die Konstruktion eines Messgerätes Messfehler entstehen? (3 Beispiele)

3.14 Aufgabe ✓

Eine Spannung von 100 V soll möglichst genau gemessen werden.

Welches Messgerät wählen Sie? Kreuzen Sie an.

- Messbereich 300 V; Klasse 1.0 Messbereich 200 V; Klasse 1.5
 Messbereich 150 V; Klasse 1.5 Messbereich 120 V; Klasse 1.5

3.15 Aufgabe ✓

Hans Murx misst an den Klemmen eines Motors eine Spannung von 360 V.

Sein analoges Messgerät der Klasse 1.0 ist auf den Messbereich 400 V eingestellt.

Hans Murx möchte den tatsächlichen Spannungsbereich berechnen. Er macht dies wie folgt:

$$\text{absoluter Messfehler:} \quad F = \pm \frac{k \cdot E}{100} = \pm \frac{1.0 \cdot 360 \text{ V}}{100} = \pm 3.6 \text{ V}$$

$$\text{minimale Spannung:} \quad U_{\min} = M - F = 362 \text{ V} - 3.6 \text{ V} = \underline{\underline{358.4 \text{ V}}}$$

$$\text{maximale Spannung:} \quad U_{\max} = M + F = 362 \text{ V} + 3.6 \text{ V} = \underline{\underline{365.6 \text{ V}}}$$

Leider ist das Ergebnis falsch. Wo hat Hans Murx den Fehler gemacht? Korrigieren Sie.

