

**Pädagogisches Zentrum
Rheinland-Pfalz
Bad Kreuznach**



PZ-Information 13/2007

Mathematik-Naturwissenschaften

Grundlagen der Informationstechnologie

**Handreichung für das Wahlpflichtfach
Mathematik-Naturwissenschaften der
Realschule und für den fachübergreifenden
projektorientierten Unterricht**

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	Vorbemerkungen	1
2	Unterrichtspraktischer Teil	8
2.1	Codes und Codierungen	8
2.2	Signal, Nachricht und Information	14
2.3	Überwachungsanlagen	16
2.4	Verarbeitung binärer Signale	29
2.5	Schaltalgebra - Rechenregeln bei der Verarbeitung binärer Signale	36
2.6	Speicher für binäre Signale und Zählwerke	43
2.7	Ampelsteuerungen mit Zählwerken und Ringschieberegistern	48
2.8	Ampelsteuerung mit dem Computer	62

1 Vorbemerkungen

„In der Informatik geht es genauso wenig um Computer wie in der Astronomie um Teleskope“.

Edsger Dijkstra (niederländischer Informatiker, 1930-2002)

Die Informatik, d. h. die Wissenschaft von der systematischen Darstellung, Speicherung, Verarbeitung und Übertragung von Informationen, ist selbstverständlicher Teil unseres Alltags geworden. Aus diesem Grund kann nicht darauf verzichtet werden, im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht grundlegende Begriffe und Zusammenhänge der Informatik zu erarbeiten. Im Wahlpflichtfachunterricht der Realschule ist dies nur möglich, wenn sich der Unterricht auf anschauliche Beispiele aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler stützt. Geeignete Modelle fördern den Lernprozess und sind zur Wahrung der Anschaulichkeit des Unterrichtsgegenstandes notwendig.

Eines muss zu Beginn deutlich gesagt werden: Der Themenbereich „Grundlagen der Informationstechnologie“ ist kein Computerkurs. Insofern spiegelt sich die oben zitierte Aussage Dijkstras auch im Lehrplan wieder und trifft auch auf die Themen dieser Unterrichtseinheit zu. Der Computer kann jedoch als Hilfsmittel zur Erarbeitung der Lerninhalte herangezogen werden.

Im vorliegenden Unterrichtskonzept sind die Themenbereiche in sechs verschiedene Themenfelder gegliedert (siehe Übersicht), in denen die im Lehrplan ausgewiesenen verbindlichen Lernziele erarbeitet werden können.

Nr.	Themenfeld	Lerninhalte
1	<i>Codes und Codierung</i>	Geheimschriften Morsealphabet Braille-Code ASCII-Code Grundlagen der Codierung
2	<i>Signal, Nachricht und Information</i>	Grundbegriffe der Kommunikation Anwendung: Signallampen
3	<i>Überwachungsanlagen</i>	Relais als Speicher Ein-/Austaster als Fühler, Bimetall und LDR als „Fühler“ Realisierung unterschiedlicher Überwachungsanlagen: Alarmanlagen, Überhitzungsschutz, Frostmelder
4	<i>Verarbeitung binärer Signale</i>	Verknüpfung binärer Variablen: UND (AND), ODER (OR) und NICHT (NOT) Halbaddierer, Volladdierer, Codierer und Decodierer als technische Realisierung

		der Verknüpfung binärer Variablen Projekt: Bau eines Taschenrechners
5	<i>Schaltalgebra - Rechenregeln bei der Verarbeitung binärer Signale</i>	Regeln der Schaltalgebra: Kommutativ-, Assoziativ- und Distributivgesetz Beweis der Regeln mit Tabellen Äquivalenz und Antivalenz Vereinfachung von Termen
6	<i>Speicher für binäre Signale</i>	RS-Flippflop als statischer Speicher für binäre Signale Anwendung für den RS-Flippflop: Füll- standsregelung t-Speicher als dynamischer Speicher für binäre Signale Anwendung für den t-Speicher: Zählwer- ke, Digitaluhr
7	<i>Ampelsteuerungen mit Zählwerken und Ringschieberegistern</i>	Ampelsteuerung mit Zählwerken Ampelsteuerung mit Ringschieberegister Äquivalenz/Antivalenz JK-Master-Slave-Flipflop
8	<i>Ampelsteuerung mit dem Compu- ter</i>	Ampelsteuerung mit ROBO Pro Connect Box und RCB/LOGITRON-Adapter

Diese Unterteilung in einzelne Themenfelder erscheint insofern sinnvoll, als sich dadurch für die Schülerinnen und Schüler ein Zusammenhang besser erkennen lässt. Diese Vorgehensweise hat sich bereits bei der Erstellung der Handreichungen zur Verfahrenstechnologie und zur Ökologie bewährt.

Sachkompetenz	Methoden- und Sozialkompetenz	Hinweise	Handreichung
<p>Technische Bausteine Größen</p> <p>Beschreibung von Größen und ihren Beziehungen</p> <p>Technische Bausteine zur Realisierung und Darstellung von Zuständen</p> <p>Speicher</p> <p>Operatormodell</p>	<p>Den Begriff „Größe“ bei der Beschreibung von Phänomenen und Systemen anwenden</p> <p>Grundlegende mathematische Begriffe gegeneinander abgrenzen, durch Beispiele repräsentieren und anwenden</p> <p>Anzeigebausteine, Eingabebausteine (Fühler), aktive Bausteine (Treiber, Inverter) und Speicherbausteine kennen und sachgerecht handhaben</p> <p>Die Notwendigkeit der Speicherung von Zuständen erkennen und begründen</p> <p>Die Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe-Struktur kennen und bei der Analyse von Phänomenen und Systemen anwenden</p>	<p>Größen: Name, Symbol, Maßeinheit, Messverfahren Zustandsgröße, Prozessgröße, Regelgröße</p> <p>Wiederholung und Vertiefung grundlegender Begriffe der mathematischen Sprache: Konstante \leftrightarrow Variable; Relation \leftrightarrow Operation; Aussage \leftrightarrow Term; Aussage \leftrightarrow Aussageform; analog \leftrightarrow digital, binär</p> <p>Mechanische, pneumatische, elektrische, elektronische etc. Realisierungsmöglichkeiten</p> <p>Chemische und physikalische Speichermöglichkeiten</p> <p>EVA-Modell; Operatorketten</p>	<p>3. Überwachungsanlagen</p> <p>6. Speicher für binäre Signale</p> <p>7. Ampelsteuerung mit Zählwerken und Ringschieberegister</p> <p>8. Ampelsteuerung mit dem Computer</p>
<p>Wirkungen zwischen technischen Bausteinen Verknüpfungen von binären Variablen</p>	<p>Verknüpfungen von binären Variablen und deren Gesetzmäßigkeiten klassifizieren und technisch realisieren</p>	<p>Identität, Negation, Konjunktion, Disjunktion, Mehrfachnegationen, Kommutativ-, Assoziativ- und Distributivgesetz,</p>	<p>5. Schaltalgebra – Rechenregeln bei der Verarbeitung binärer Signale</p>

	Die Verknüpfungen von binären Variablen bei der Beschreibung von Phänomenen und Systemen anwenden Symbolische Darstellungsformen der Verknüpfungen von binären Variablen kennen und anwenden	Gesetze von De Morgan, Absorptionsgesetz, Termumformungen, Implikation, Äquivalenz, Antivalenz Boole'sche Algebra	
Technische Realisierung von Verknüpfungen	Technische Realisierungen der Verknüpfungen von binären Variablen kennen und anwenden	Mechanische, pneumatische, elektrische oder elektronische etc. Realisierungsmöglichkeiten für: Speicher (Selbsthaltung), Verstärker (Treiber, Puffer), Inverter (NICHT), Verknüpfer (UND, ODER, WENN ... DANN) Äquivalenz, Antivalenz (ausschließendes ODER = XOR)	6. Speicher für binäre Signale 7. Ampelsteuerung mit Zählwerken und Ringschieberegister 8. Ampelsteuerung mit dem Computer
Systemstrukturen Signal- und Energiewandler Analyse einfacher technischer Systeme Signal, Nachricht, Information	Haushalts- und Heimwerkergeräte hinsichtlich ihrer Signal- und Energiewandlerfunktion untersuchen und beschreiben Die Verkettung bzw. Vernetzung von Wandlerfunktionen untersuchen und im Modell darstellen Die Begriffe Signal, Nachricht, Information voneinander unterscheiden und anwenden	Sender-Kanal-Empfänger-Modell Wirkungsketten, Wirkungsdiagramme; Modellbildungssysteme	2. Signal, Nachricht und Information 3. Überwachungsanlagen 6. Speicher für binäre Signale 2. Signal, Nachricht und Information
Kodierungen	Einfache kurze Nachrichten in unterschiedlichen	Piktogramme; Dezimalsystem, Alphabet;	1. Codes und Codierung

	Kodierungen ver- und entschlüsseln	Variablentypen (Zeichentypen); Morse-system; Binärsystem, Hexadezimalsys-tem; Programmiersprachen	
Prozesse Beschreibung zeitunabhän- giger Prozesse Beschreibung zeitabhängi- ger Prozesse Zeitverhalten technischer Bausteine und Systeme	Die gegenseitige Abhängigkeit von Zuständen in Tabellen und Diagrammen darstellen Die Abfolge zeitabhängiger Zustände in Tabel- len und Diagrammen darstellen, unterschiedli- che Darstellungsformen ineinander umwandeln und interpretieren Das Zeitverhalten von technischen Systemen beobachten und darstellen	Zustand-Zustand-Diagramme von Sig- nalwandlern Zeit-Zustand-Diagramme Ablaufdia- gramme Zeitverhalten von Waschmaschinen, Spülmaschinen, Heizungssystemen, Wasserversorgungssystemen	6. Speicher für binäre Sig- nale 3. Überwachungsanlagen 6. Speicher für binäre Sig- nale 7. Ampelsteuerung mit Zählwerken und Ring- schieberegister 8. Ampelsteuerung mit dem Computer
Modelle technischer Systeme	Technische Systeme auf unterschiedliche Arten als Modell darstellen	Funktionsmodell, Wirkungsplan, Schalt- plan, Gleichung, Tabelle, Graph, Compu- tersimulation	3. Überwachungsanlagen 6. Speicher für binäre Sig- nale 7. Ampelsteuerung mit Zählwerken und Ring- schieberegister 8. Ampelsteuerung mit dem Computer

<p>Steuerung von Prozessen Struktur gesteuerter Prozesse</p> <p>Simulation von Überwachungsanlagen</p>	<p>Die Elemente einer Steuerung kennen und zur Beschreibung von gesteuerten Prozessen verwenden</p> <p>Einfache Steuerungssysteme als Funktionsmodell realisieren</p>	<p>Steuerkette</p> <p>z. B. Einbruchsicherung, Haltewunsch-Schaltung, Zeitmessung etc.</p>	<p>3. Überwachungsanlagen 6. Speicher für binäre Signale 7. Ampelsteuerung mit Zählwerken und Ringschieberegister 8. Ampelsteuerung mit dem Computer 3. Überwachungsanlagen</p>
<p>Regelung von Prozessen Struktur geregelter Prozesse</p> <p>Gleichgewicht in offenen Systemen</p> <p>Simulation geregelter Prozesse</p> <p>Wechselwirkungen offener Systeme mit der Umwelt</p> <p>Struktur offener Systeme</p> <p>Zeitverhalten offener Systeme</p>	<p>Die Elemente einer Regelung kennen und zur Beschreibung von geregelten Prozessen verwenden</p> <p>Die Konstanz von Systemgrößen innerhalb eines Toleranzbereichs erkennen</p> <p>Einfache Regelungssysteme als Funktionsmodell realisieren</p> <p>Wechselwirkungen offener Systeme mit der Umwelt beobachten oder recherchieren und dokumentieren</p> <p>Die Verknüpfung der Abhängigkeiten in offenen Systemen darstellen</p> <p>Das Zeitverhalten offener Systeme beobachten und darstellen</p>	<p>Regelkreismodell</p> <p>Zwei-Punkt-Vorratshaltungen</p> <p>Simulation von Vorratshaltungen: Funktionsmodell, Wirkungsplan, Gleichung, Tabelle, Diagramme, Modellbildungssystem</p> <p>z. B. Wechselwirkungen eines Stausees mit seiner Umwelt</p> <p>Wirkungsplan, Gleichung, Computersimulation</p> <p>Tabelle, Zeit-Zustand-Diagramme, Computersimulation</p>	<p>3. Überwachungsanlagen</p>

Selbstverständlich können die hier vorliegenden Materialien nur ein „Gerüst“ darstellen, das je nach Interessenlage der Schülerinnen und Schüler - sowie den Möglichkeiten der Schule - zusätzlich um weitere Inhalte und Unterrichtsbeispiele ergänzt werden kann. Das vorliegende Konzept deckt insofern nur die Minimalforderungen des Lehrplans ab. Inwieweit die Themen dieser Themenfelder im Unterricht vertieft werden, bleibt dem Unterrichtenden überlassen. Je nach Schwerpunktbildung lässt sich damit bis zu einem Schuljahr, vorzugsweise in der Klassenstufe 9 mit vier Wochenstunden, ausfüllen. Das bietet sich an, wenn die Ausstattung der Schule ein selbsttätiges Arbeiten von Schülerinnen und Schülern ermöglicht.

Den Arbeitsblättern ist eine kurze Zusammenfassung des jeweiligen Lerninhaltes vorangestellt, in der die wichtigsten Fachbegriffe erläutert werden. Darüber hinaus werden Hinweise zur unterrichtlichen Umsetzung angeführt und – falls zu den Arbeitsblättern keine Lösungsblätter vorliegen – Hinweise zur Bearbeitung der Arbeitsblätter gegeben.

2 Unterrichtspraktischer Teil

2.1 Codes und Codierung

Lerninhalt:

Seit Menschen mittels Sprache kommunizieren, besteht die Notwendigkeit, Mitteilungen vertraulich zu übermitteln, d. h. so, dass Außenstehende auf den Inhalt der Mitteilung keinen Zugriff haben. Vielfältig sind die Vorgehensweisen, mit deren Hilfe man versuchte, den Inhalt der Mitteilung zu verbergen, sei es durch unsichtbare Tinten oder mehr oder weniger ausgeklügelte Geheimschriften. Die Methoden und Verfahren, die sich mit der Ver- und Entschlüsselung von Mitteilungen befassen, nennt man **Kryptographie**.

Aus mathematischer Sicht ist eine Geheimschrift ein **Code**. Ein Code ist eine Abbildungsvorschrift, die jedem Zeichen eines Zeichenvorrates (*Zeichenvorrat 1* oder *Urbildmenge*) ein Zeichen eines anderen Zeichenvorrates (*Zeichenvorrat 2* oder *Bildmenge*) eindeutig zuordnet. Den Vorgang des Übersetzens eines Zeichens oder einer Zeichenfolge der Urbildmenge in die Bildmenge bezeichnet man als **Codierung** oder **Verschlüsselung**, den umgekehrten Vorgang als **Decodierung** oder **Entschlüsselung**.

Im kommerziellen oder militärischen Bereich spielen solche Verfahren eine wichtige Rolle bei der Übermittlung von Nachrichten. Die wissenschaftliche Entwicklung und Bewertung geeigneter Verschlüsselungsverfahren, mit deren Hilfe Nachrichten vor unbefugten Zugriffen geschützt werden können, ist Aufgabe der **Kryptologie**.

Kryptographen unterscheiden **Substitutionsverfahren**, **Transpositionsverfahren** oder Verfahren mit **polyalphabetischer Substitution**.

Bei Substitutionsverfahren werden die Buchstaben der Mitteilung durch andere Buchstaben, Zahlen oder Symbole ersetzt. Das Substitutionsverfahren bietet keine große Sicherheit, da die unterschiedliche Häufigkeit, mit der die einzelnen Buchstaben des Alphabetes vorkommen, auch beim Verschlüsseln erhalten bleibt. Zusätzlich vereinfacht wird das Entschlüsseln dadurch, dass in der Regel auch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Wörtern beibehalten werden. Auch Wortanalysen, bei denen nach Doppellauten (z. B. SS, NN) oder oft benutzten Buchstabenkombinationen (z. B. QU, CH, ER oder EI) gesucht wird, erleichtern das Entschlüsseln.

Schwieriger zu entschlüsseln sind Mitteilungen, die nach einem Transpositionsverfahren verschlüsselt worden sind. Hier werden die Buchstaben der Mitteilung nach mehr oder weniger aufwändigen Verfahren umgestellt und ohne Worttrennungen aufgeschrieben. Oft wird zusätzlich ein Schlüsselwort verwendet. Mitteilungen, die nach dem Transpositionsverfahren verschlüsselt sind, erkennt man daran, dass die Häufigkeit, mit der einzelne Buchstaben auftreten, der normalen Buchstabenhäufigkeit entspricht.

Verfahren der polyalphabetischen Substitution gelten als relativ sicher. Dem Prinzip nach sind es Substitutionsverfahren. Allerdings wird ein Schlüsselwort verwendet und so dafür gesorgt, dass bei jedem Buchstaben der Mitteilung ein anderes Alphabet zu seiner Verschlüsselung verwendet wird. Die beim Substitutionsverfahren aufgeführten Möglichkeiten, den Geheimtext zu entschlüsseln, greifen daher nicht.

Die gleichen Prinzipien liegen auch Codes, wie dem ASCII-Code, dem Morsealphabet, dem Fernschreibcode oder dem Braille-Code (Blindenschrift) zugrunde. Hier spielt aber weniger die Geheimhaltung einer Nachricht eine Rolle, sondern die Übermittlung der Nachricht bzw. ihre Verarbeitung mit akustischen, elektrischen, elektronischen, optischen oder mechanischen Mitteln.

Literatur:

BEUTELSPACHER, Albrecht: Kryptologie. Friedrich Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Wiesbaden 2002

BEUTELSPACHER, Albrecht: Geheimsprachen. Verlag C. H. Beck oHG, München 2002

Ravensburger Taschenbuch Band 1662: Geheimschriften. Ravensburger Buchverlag Otto Maier GmbH, 1988

SINGH, Simon: Geheime Botschaften. Deutscher Taschenbuch Verlag, 2001

Umsetzung im Unterricht:

Um den Schülerinnen und Schülern einen möglichst lebensnahen, an den Alltagserfahrungen orientierten Einstieg in die Thematik zu schaffen, bietet es sich an, mit der Untersuchung von Geheimschriften und den verschiedenen Möglichkeiten der Codierung zu beginnen.

Anschließend können die so gewonnenen Gesetzmäßigkeiten auf andere Codes übertragen werden. Die hier vorgestellte Auswahl zeigt bei jedem Code besondere Aspekte auf, die bei ihrer Erstellung eine Rolle gespielt haben.

Dem Thema sind fünf Arbeitsblätter zugeordnet:

AB 1 - Geheimschriften verhindern, dass Nachrichten in falsche Hände geraten

AB 2 - Aus der Trickkiste der Kryptographen

AB 3 - Der Morsecode - Samuel Morse schafft die Grundlagen der Telegraphie

AB 4 - Blindenschrift - Blinde können „lesen“

AB 5 - Der Standardcode für den Informationsaustausch

Die Lösungen zu den Arbeitsblättern sind nachfolgend aufgeführt.

AB 1: Geheimschriften verhindern, dass Nachrichten in falsche Hände geraten

① Der kurze Text ist nach dem sogenannten „Substitutionsverfahren“ verschlüsselt. Bei diesem Verfahren wird jedem Buchstaben des Alphabetes ein anderer Buchstaben des Alphabetes zugeordnet. Hier ist das Geheimschriftalphabet gegenüber dem Klartextalphabet um fünf Buchstaben nach vorn versetzt.

② Da die Buchstaben des Klartextalphabetes nur durch andere Buchstaben ersetzt worden sind bleiben Buchstabenhäufigkeit, Buchstabenkopplungen und Wortlängen erhalten. Dies hilft beim Entschlüsseln.

③ Die Nachricht lautet im Klartext: „DIESER TEXT IST IN GEHEIMSCHRIFT GESCHRIEBEN“.

④ Das Substitutionsverfahren ist nicht besonders sicher. Wortlänge und Buchstabenhäufigkeit sowie der Kontext helfen beim Entschlüsseln des kurzen Textes.

AB 2: Aus der Trickkiste der Kryptographen

Die Nachricht: „DIESER TEXT IST IN GEHEIMSCHRIFT GESCHRIEBEN“ wird nach dem Substitutionsverfahren (unter Verwendung des Schlüsselwortes „ORAKEL“) zu:

42 33 51 34 51 21 44 51 35 44 33 34 44 33 53 13 51 23 51 33 43 34 32 23 21 33 52
44 13 51 34 32 23 21 33 51 22 51 53

Bei Verschlüsselung nach dem Transpositionsverfahren in einer Tabelle wie im gezeigten Beispiel aus sieben Spalten, hier sechs Zeilen, zu:

DIEXESTGSGCEIERSHHEEBSRETTIICENHFMTTRXXIX

Hier ist es notwendig, die 7 x 6 Tabelle mit „X“-en (oder anderen sinnlosen Buchstaben) aufzufüllen. Die zum Auffüllen der Tabelle verwendeten Buchstaben nennen die

Fachleute „Faule“. Texte, die nach einem Transpositionsverfahren verschlüsselt sind, erkennt man daran, dass die Buchstaben in der gleichen Häufigkeit wie bei einem normalen Text auftreten.

Mit dem Schlüsselwort „ORAKEL“ wird der Text von Arbeitsblatt 1 nach der polyalphabetischen Substitution zu:

AJWSAVVNDRWVJNEAEJKOSCEXJVRYHWPTTWHNNN

AB 3: Der Morsecode - Samuel Morse schafft die Grundlagen der Telegraphie

① Der amerikanische Maler und Erfinder Samuel Finley Breese Morse wurde am 27. April 1791 in Charlestown in der Nähe von Boston, Massachusetts, geboren. Er absolvierte zunächst das Yale College (heute Yale University) und wandte sich nach einer Buchhändlerlehre der Malerei zu. 1825 war Morse Mitbegründer und später Präsident der National Academy of Design in New York City. Gleichzeitig lehrte er Malerei und Plastik an der New Yorker Universität (ab 1832 Professor für Zeichenkunst).

1833 begann Morse mit der Entwicklung des ersten brauchbaren elektromagnetischen Schreibtelegraphen (Morseapparat). 1836 reichte er am Patentamt in Washington eine Patentanmeldung ein und versuchte erfolglos, europäische Patente für seinen Apparat zu erhalten. Im selben Jahr entwickelte er das Morsealphabet, dessen Binärcode lange Zeit fast ausschließlich für die Telegraphie verwendet wurde. 1843 bewilligte der amerikanische Kongress 30 000 US-Dollar zur Errichtung einer Telegraphenleitung zwischen Washington D.C. und Baltimore (Maryland). Im Mai 1844 wurde die erste Nachricht übermittelt. Später experimentierte Morse mit der Tiefseekabel-Telegraphie. Er starb am 2. April 1872 in New York City.

② Die Morsezeichen werden durch Punkte und Striche bzw. kurze und lange Ton- oder Lichtsignale dargestellt. Die Morsezeichen für die Buchstaben bestehen aus Punkt-Strich-Kombinationen, die aus 1-4 Punkten und/oder Strichen bestehen können.

③ Die Tabelle der Schülerinnen und Schüler sollte so aussehen:

Zahl der Punkte/ Striche	Zahl der maximal möglichen Zeichen	zugeordnete Buchstaben	Zahl der zugeord- neten Buchstaben
1	2	E, T	2
2	4	A, I, M, N	4
3	8	D, G, K, O, R, S, U, W	8
4	16	B, C, F, H, J, L, P, Q, V, X, Y, Z	12

④ Bei dem Vergleich fällt auf, dass Morse bei der Zuordnung der Buchstaben des Alphabets zu den Morsezeichen offenbar die Buchstabenhäufigkeit berücksichtigt hat. Auf jeden Fall haben häufig vorkommende Buchstaben Morsezeichen aus nur wenigen Punkten und/oder Strichen, während weniger häufig vorkommende Buchstaben längere Morsezeichen haben. Abweichungen sind darauf zurückzuführen,

dass Morse als Amerikaner die Buchstabenhäufigkeit in englischen Texten zugrunde gelegt hat.

Dieses macht Sinn, wenn man bedenkt, dass bei der Übermittlung von Mitteilungen die Morsezeichen nacheinander übertragen werden. Dadurch, dass häufig vorkommende Buchstaben kurze Morsezeichen haben, können Mitteilungen schneller übermittelt werden.

AB 4: Blindenschrift - Blinde können „lesen“

① Die Blindenschrift wurde von dem Franzosen Louis Braille (1809-1852) erfunden. Er erblindete im Alter von drei Jahren und kam 1818 als Waise ins Institut National des Jeunes Aveugles (nationales Blindeninstitut) in Paris. Im Jahr 1828 begann Braille als Blindenlehrer im Blindeninstitut zu arbeiten. Im Lauf der nächsten Jahre entwickelte er die heute gebräuchliche Blindenschrift (Braille-Blindenschrift), die in vielen Ländern mit Erfolg eingesetzt wird. Seine Blindenschrift wird daher auch oft als Braille-Code bezeichnet. Sie besteht aus einem System erhöhter Punkte, die per Hand oder mit einer Maschine auf Papier geprägt und durch Berührung mit den Fingerkuppen gelesen werden.

② Einzelne Buchstaben, Zahlen und Satzzeichen werden durch die Anzahl und Anordnung von maximal sechs Punkten festgelegt. Die Zeichen liegen in einer Zelle bzw. einem Buchstabenraum, der zwei Punkte breit und drei Punkte hoch ist.

③ Die Tabelle der Schülerinnen und Schüler sollte so aussehen:

Zahl der Erhebungen	Zahl der maximal möglichen Zeichen	zugeordnete Buchstaben	Zahl der zugeordneten Buchstaben
1	6	A	1
2	15	B, C, E, I, K	5
3	20	D, F, H, J, L, M, O, S, U	9
4	15	G, N, P, R, T, V, W, X, Z	9
5	6	Q, Y	2
6	1		

Nach dem von Braille entwickelten System gibt es 2^6 Zeichen, d. h. 64 unterschiedliche Blindenschriftzeichen. Das 64. ist das Zeichen ohne Erhebungen, es wird wie in unserer Schriftsprache auch für Worttrennungen benutzt.

④ Beim Auswerten der Tabelle fällt auf, dass die Buchstabenhäufigkeit hier keine große Rolle gespielt haben kann. Vielmehr geht es bei der Blindenschrift ja darum, dass die Zeichen zweifelsfrei ertastet werden können. Das Ertasten und Unterscheiden der Zeichen ist bei Zeichen mit drei oder vier Erhebungen einfacher als bei Zeichen mit wenig Erhebungen. Aus diesem Grund werden Zeichen mit drei bzw. vier Erhebungen bevorzugt verwendet.

☞ Ausführliche Informationen über Blinde und die Blindenschrift erhält man vom DBSV, dem Deutschen Blinden- und Sehbehindertenverband e. V. (im Internet unter der Adresse: www.dbsv.org/). Dort können auch Schülerhefte mit dem Punktschriftalphabet und Übungstexte in Blindenschrift bezogen werden.

AB 5: Der Standard-Code für den Informationsaustausch

① **ASCII** ist eine Abkürzung für „**American Standard Code for Information Interchange**“ (dt.: Amerikanischer Standard-Code für den Informationsaustausch), der seit 1968 verwendet wird. Er beschreibt einen Zeichensatz, der auf dem lateinischen Alphabet beruht, wie er im modernen Englisch und von Computern und anderen Kommunikationseinrichtungen zur Textdarstellung verwendet wird. Mit Hilfe des Codes können digitale Geräte codierte Informationsinhalte senden, empfangen und verarbeiten. Eine der frühesten Formen der Digitalisierung war der Morsecode (siehe AB 3). Der Morsecode wurde mit der Einführung von Fernschreibern aus den Telegrafennetzen verdrängt und durch den Fernschreibcode (Baudot-Code) ersetzt. Vom Fernschreibcode zum ASCII-Code war es dann nur noch ein kleiner Schritt.

In den Anfängen des Computerzeitalters entwickelte sich der ASCII-Code zum Standard-Code für Schriftzeichen. Wie der Name schon sagt, diente der ASCII-Code ursprünglich zur Darstellung von Schriftzeichen der englischen Sprache. Um später auch Sonderzeichen anderer Sprachen darstellen zu können (z. B. deutsche Umlaute), wurde der Code erweitert. Allerdings bot der 8 Bit Code zu wenig Platz, um alle Sonderzeichen gleichzeitig unterzubringen, wodurch verschiedene Erweiterungen notwendig wurden. Auch war es nicht möglich z. B. chinesische Schriftzeichen in einem 8 Bit Code unterzubringen. Das führte später zum Unicode, der nun alle Schriftzeichen der Menschheit enthält. Der Unicode hat den ASCII-Code heute abgelöst.

Die ersten 32 Zeichencodes in ASCII sind für Steuerzeichen (*control character*) reserviert. Dies sind Zeichen, die keine Schriftzeichen darstellen, sondern die zur Steuerung von solchen Geräten dienen (oder dienten), die ASCII verwenden (etwa Drucker). Steuerzeichen sind beispielsweise der Wagenrücklauf für den Zeilenumbruch oder *BEL* (Glocke); dieses Steuerzeichen stammt z. B. noch aus der Zeit der Fernschreiber, um eine eingehende Nachricht anzuzeigen. Seine Existenz ist also historisch begründet. Code 20 (*SP*) ist das Leerzeichen (engl. *space* oder *blank*), welches in einem Text als Leer- und Trennzeichen zwischen Wörtern verwendet und auf der Tastatur durch die große breite Leertaste erzeugt wird. Die Codes 21 bis 7E sind alle *druckbaren* Zeichen, die sowohl Buchstaben, Ziffern und Satzzeichen (siehe Tabelle) enthalten. Code 7F (alle sieben Bits auf eins gesetzt) ist ein Sonderzeichen, welches auch als „Löschzeichen“ bezeichnet wird (*DEL*). Der Code wurde früher wie ein Steuerzeichen verwendet, um auf Papierstreifen oder Lochmaschinen ein bereits gelochtes Zeichen nachträglich durch das Setzen aller Bits, d. h. durch Auslöchen aller sieben Markierungen, löschen zu können.

③ ASCII ist ein Sieben-Bit-Code. Dieser Code verwendet binäre Ganzzahlen, die mit sieben binären Ziffern dargestellt werden (entspricht 0 bis 127), um Informationen darzustellen. Schon früh haben Computer mehr als 7 Bits, oft mindestens Acht-Bit-Zahlenworte, verwendet.

④ Da es in der elektronischen Datenverarbeitung keine Rolle spielt, wie die Zeichen zugeordnet werden, spielt die Häufigkeit von Buchstaben oder Symbolen keine Rolle.

2.2 Signal, Nachricht und Information

Lerninhalt:

Mit dem Begriff **Signal** wird in der Kommunikation eine physikalisch messbare Größe bezeichnet, die sich über die Zeit verändert. In der Praxis lassen sich beispielsweise optische, elektrische oder akustische Signale unterscheiden. Das Signal an sich hat zunächst keine bestimmte Bedeutung.

Nachrichten werden im Allgemeinen durch eine endliche Folge von Signalen übertragen. Ein Signal kann zur Übertragung einer Nachricht genutzt werden, wenn man ihm eine bestimmte Bedeutung zuweist.

Zur **Information** wird diese Nachricht, wenn der Empfänger ihre Bedeutung kennt und sie ihm daher neue Erkenntnisse bringt. D. h., die Nachricht wird erst dann zu einer Information, wenn der Empfänger in der Lage ist, die Nachricht zu entschlüsseln und sich entsprechend verhalten kann. Dazu muss ihm sowohl die vereinbarte Bedeutung als auch der semantische Zusammenhang bekannt sein.

Im Alltag werden gerade die beiden letzten Begriffe nicht so eindeutig unterschieden. Im allgemeinen Sprachgebrauch sind Nachrichten in der Regel Informationen über bestimmte, mehr oder weniger aktuelle Ereignisse durch die Massenmedien. Streng genommen - zumindest im obigen Sinn - ist eine solche Nachricht aber für den Empfänger erst dann eine Information, wenn er die Bedeutung der Nachricht „versteht“.

Literatur:

- Schülerduden Informatik. Bibliografisches Institut & F. A. Brockhaus AG., Mannheim 2003

Umsetzung im Unterricht:

Dieses Thema hat große Bedeutung für das Verständnis der informationstechnologischen Zusammenhänge bei Überwachungsanlagen. Auch bei diesem Thema kann an Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler angeknüpft werden.

Dem Themenfeld ist ein Arbeitsblatt und eine Folienvorlage zugeordnet:

- [FV 1](#) - Übermittlung von Nachrichten mit Rauchzeichen
- [AB 1](#) - Signal, Nachricht und Information

Hinweise zur Folienvorlage und dem Arbeitsblatt sind nachfolgend aufgeführt.

FV 1: Übermittlung von Nachrichten mit Rauchzeichen

Kopiervorlage für eine Folie. Die Abbildung zeigt einen Mann, der mit einer anderen Person mittels Rauchzeichen kommuniziert. An dieser Abbildung lassen sich im Unterricht sehr schön die Grundbegriffe der Kommunikation erarbeiten: Nicht immer hat aufsteigender Rauch eine bestimmte Bedeutung. In diesem Fall wird aber die aufsteigende Rauchsäule von Zeit zu Zeit unterbrochen. Aus dem aufsteigenden Rauch werden so „Rauchsignale“. Wenn der Sender und der Empfänger auf dem anderen Dach für diese Rauchsignale bestimmte Bedeutungen vereinbart haben, können sie auf diese Weise kommunizieren. Ein Außenstehender kann zwar ahnen, dass hier bestimmte Informationen übermittelt werden, da er aber die zwischen Sender und Empfänger vereinbarte Bedeutung nicht kennt, ist es für ihn nur eine Nachricht.

AB 1: Signal, Nachricht und Information

Definitionen:

Signal: Ein Signal ist eine physikalisch messbare Größe, die sich im Verlauf der Zeit ändert (z. B. Lichtsignale, Tonsignale o. ä.).

Nachricht: Eine Nachricht ist ein Signal, dem eine Bedeutung zugeordnet ist.

Information: Eine Information ist eine Nachricht, deren Bedeutung man kennt und sich daher entsprechend verhalten kann.

① Für den Fahrer, der die Bedienungsanleitung des PKW genau kennt, ist das Aufleuchten der Anzeige eine Information. Er weiß aufgrund des Symbols, wie er sich in diesem Fall zu verhalten hat.

Für den Beifahrer ist es unter der Voraussetzung, dass er die Bedeutung des Symbols auf der Anzeige nicht kennt, eine Nachricht.

② a) Signale sind nur dann Nachrichten, wenn ihnen eine Bedeutung zugeordnet worden ist. Signale, denen keine Bedeutung zugeordnet worden ist, sind also keine Nachrichten, insofern ist die Aussage falsch.

b) Eine Nachricht ist nur dann eine Information, wenn ich deren Bedeutung kenne und mich von daher entsprechend verhalten kann. Kenne ich die Bedeutung nicht, ist es für mich nur eine Nachricht: Ich weiß, dass sie eine Bedeutung hat, kenne sie aber nicht. Unter dieser Prämisse ist die Aussage richtig.

c) Durch die Telefonleitung werden elektrische Signale weitergeleitet. Für elektrische Signale hat der menschliche Körper keine Sinnesorgane. Erst im Hörer werden diese in akustische Signale umgewandelt, die man hören kann. Insofern ist diese Aussage falsch.

d) Zeitungen liefern nur Nachrichten ins Haus. Nur wenn ich diese verstehe, sind es für mich Informationen. Unter dieser Prämisse ist die Aussage falsch.

2.3 Überwachungsanlagen

Lerninhalt:

Einfache Stromkreise lassen sich ohne Probleme in Überwachungsanlagen umwidmen, wenn man den möglichen Zuständen der einzelnen Bauteile eine Bedeutung zuordnet. Auf diese Weise lassen sich zwischen räumlich getrennten Bauteilen, z. B. einem Taster und einem Summer, Nachrichten übermitteln. Jemand, der die Bedeutung dieser Nachricht kennt, erhält damit eine Information, die ihn in die Lage versetzt, entsprechend zu handeln. Diese Überlegungen deuten schon an, dass dieses Thema die Behandlung der Themen „Codierungen“ und „Signal, Nachricht und Information“ voraussetzt und die Herleitung des „Signal-Kanal-Empfänger-Modells“ vorbereitet.

Die Zusammenhänge können mit den Schülerinnen und Schülern anhand von Funktionsmodellen anschaulich erarbeitet werden. Schaltpläne und die tabellarische Beschreibung der Schaltung unterstützen die Schülerinnen und Schüler im Verständnis des Wirkungsgefüges. Unter Umständen bietet es sich an, in dieses Thema auch einfache Regelungssysteme, z. B. Füllstandsregelungen, einzubeziehen.

Bei anspruchsvolleren Anwendungen ist die Speicherung von Signalen erforderlich. Durch die Verwendung eines Relais wird eine Möglichkeit zur Speicherung von Signalen aufgezeigt. Hier geht es aber weniger um das Verständnis der Funktionsweise eines Relais. Es wird hier vielmehr als „Blackbox“ eingesetzt, d. h. als Taster, der durch elektrischen Strom betätigt werden kann.

Umsetzung im Unterricht:

Auch bei diesem Thema kann an Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler angeknüpft werden. Zum Einstieg kann ein einfacher Stromkreis aus Stromquelle, Austaster und Summer als „Alarmanlage“ demonstriert werden.

Materialien zur Erarbeitung der Thematik:

- [AB 1](#) – Übungsaufgaben zum Thema Überwachungsanlagen
- [AB 2](#) – Das Relais – ein Schalter, der mit Strom betätigt wird
- [AB 3](#) – Das SKE-Modell
- [LI 1](#) – Bau einer Relaisplatte
- [FV 1](#) – Kopiervorlage für eine Tabelle zur Beschreibung von Überwachungsanlagen

AB 1: Übungsaufgaben zum Thema Überwachungsanlagen

Auf dem Arbeitsblatt sind beispielhaft fünf Aufgabenstellungen zusammengestellt, die im Unterricht mit den Schülerinnen und Schülern erarbeitet werden können. Unverzichtbar ist dabei, dass die Schülerinnen und Schüler zu jeder Aufgabenstellung in Gruppen das entsprechende Funktionsmodell aufbauen und erklären (FV 1). Die Aufgabenstellungen lassen sich nach den Möglichkeiten der Schule und in Abhängigkeit von der Interessenlage der Schülerinnen und Schüler natürlich erweitern.

Die Lösungen (die Schaltskizzen und die Tabellen zur Beschreibung der Funktion) befinden sich am Ende der Ausführungen.

AB 2: Das Relais – ein Schalter, der mit Strom betätigt wird

Auf diesem Arbeitsblatt wird die Funktionsweise eines Relais erklärt. Außerdem enthält es Arbeitsaufträge, mit denen sich die Schülerinnen und Schüler in die Arbeitsweise und die Verwendungsmöglichkeiten eines Relais einarbeiten können. Ergänzend sollten nach den Versuchen die Begriffe „Ruhekontakt“ und „Arbeitskontakt“ eingeführt werden. Der Schülerinnen und Schüler sollten wissen, dass beim Schließen des Steuerstromkreises die Relaiskontakte von den Ruhe- auf die Arbeitskontakte wechseln.

Die Lösungen zu den Aufgaben ergeben sich aus der Aufgabenstellung und sind hier nicht aufgeführt.

AB 3: Das SKE-Modell

Mit diesem Arbeitsblatt sollen die Aspekte, die bei allen Überwachungsanlagen eine Rolle spielen, noch einmal systematisch betrachtet und verallgemeinert werden. Alle Beispiele von AB 1 lassen sich mit dem SKE-Modell beschreiben. Dieses Arbeitsblatt hat daher die Aufgabe, den Schülerinnen und Schülern - über die rein technischen Aspekte hinaus - die allgemeinen Gesichtspunkte nochmals vor Augen zu führen und eine Brücke zu den vorher behandelten Themen „Signal, Nachricht und Information“ und letztendlich auch „Codes und Codierung“ zu schlagen.

Zu 1.)

In der Umgangssprache versteht man unter Kommunikation den Austausch von Nachrichten bzw. Informationen zwischen Menschen. Unter Kommunikation in diesem Zusammenhang versteht man die Übermittlung einer Nachricht (Information) zwischen einem „Sender“ und einem „Empfänger“ durch einen „Kanal“ in einem technischen System. Ein Sender ist hier der Ausgangspunkt einer Nachricht, der „Kanal“ ist der Weg, den die Nachricht vom Sender zum „Empfänger“ nimmt und der „Empfänger“ ist das Ziel der Nachricht. Damit eine Nachricht im „Kanal“ übermittelt werden kann, muss sie vom Sender codiert und vom Empfänger wieder decodiert werden (siehe Lösung zu [AB 3](#)).

Auf gleiche Weise lässt sich auch die weitere Übertragung der Nachricht von der Klingel (Sender) durch die Luft (Kanal) zum Ohr eine Wachmanns (Empfänger) im SKE-Modell beschreiben.

Zu 2. und 3.)

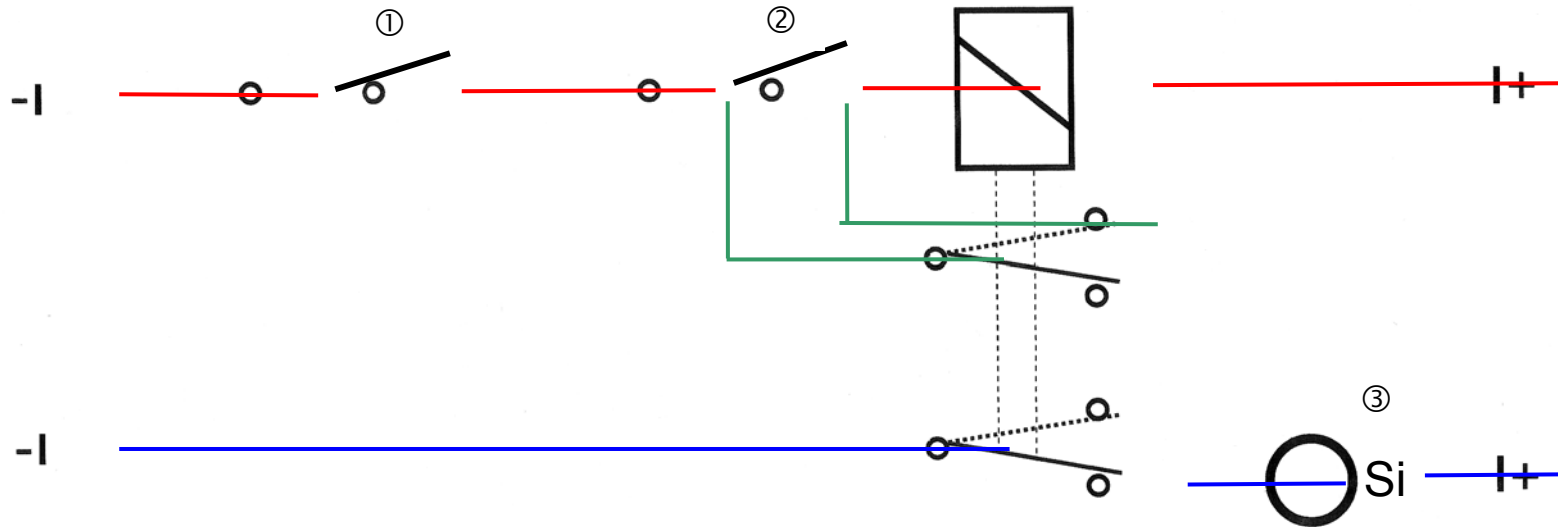
Die Ergebnisse zu den beiden Aufgaben sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Signalwandler	Umwandlung ... Signale in ... Signale
Austaster	mechanischer ... elektrische
Klingelspule	elektrischer ... magnetische
Wagnerscher Hammer	magnetischer ... mechanische
Klingelglocke	mechanischer ... akustische
Ohr (Trommelfell)	akustischer ... mechanische

LI 1: Bau einer Relaisplatte

Relaisplatten können mit den Schülerinnen und Schülern, u. U. im Werkunterricht, einfach hergestellt werden. Wichtig ist, dass ihre Funktion vor dem Einsatz in komplexen Schaltungen überprüft wird. Pro Schülergruppe wird eine Relaisplatte benötigt. Eine Bauanleitung und Bezugsquellen für die benötigten Bauteile befinden sich auf dem Lehrerinformationsblatt. Hat die Schule nicht genügend Ein- und Austaster zur Verfügung, können auch diese relativ leicht hergestellt werden, indem man Klingelknöpfe in Gehäuse einbaut. Die Anschlüsse werden dabei auf Telefonbuchsen gelegt.

I Schaltskizze für die Bildersicherung im Museum



① Eintaster am Bild (ist betätigt, solange das Bild an seinem Platz ist)

② Eintaster zum „scharf“ machen der Diebstahlsicherung

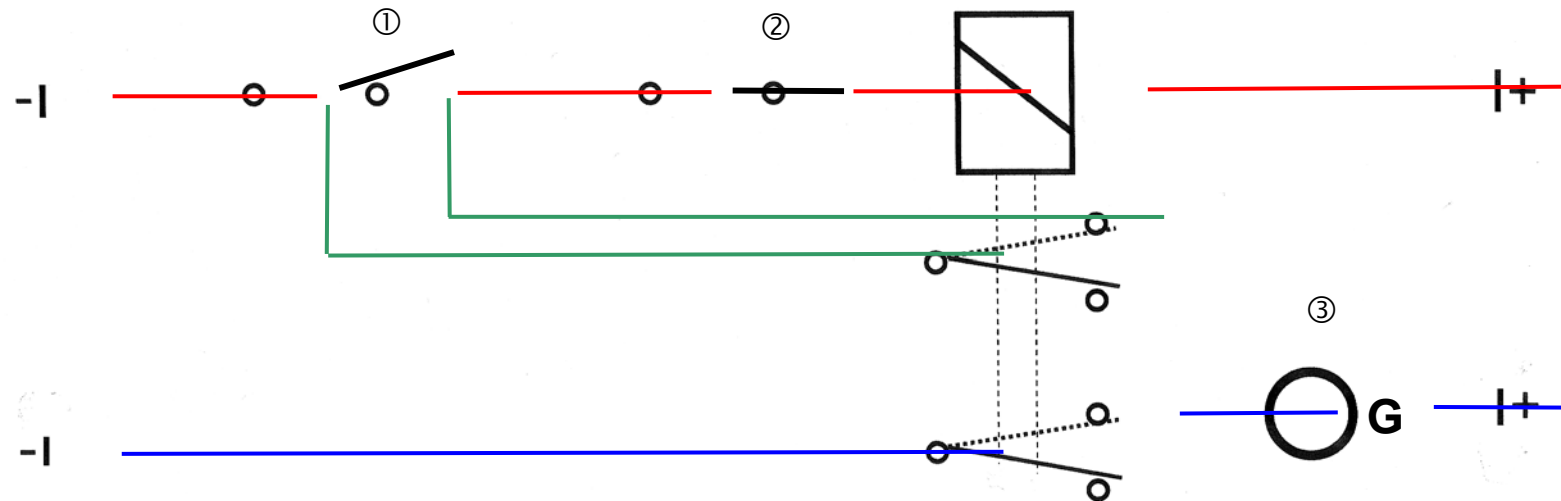
③ Sirene

I Tabellarische Beschreibung der Funktion der *Bildersicherung im Museum*

Betriebszustand	① Eintaster am Bild	② Eintaster zum „scharf“ machen	Relais			③ Sirene
			Steuerstromkreis	Relaiskontakte	Wirkstromkreis	
Alarmanlage wird „scharf“ gemacht	<i>ist</i> betätigt	<i>wird</i> betätigt	<i>wird</i> geschlossen	<i>wechseln</i> auf die Arbeitskontakte	<i>wird</i> unterbrochen	<i>geht</i> aus
Alarmanlage ist „scharf“	<i>ist</i> betätigt	<i>ist</i> nicht betätigt	<i>ist</i> geschlossen	<i>liegen</i> auf den Arbeitskontakten *	<i>ist</i> unterbrochen	<i>ist</i> aus
Bild wird vom Dieb entfernt	<i>wird</i> nicht mehr betätigt	<i>ist</i> nicht betätigt	<i>wird</i> unterbrochen	<i>wechseln</i> auf die Ruhekontakte	<i>wird</i> geschlossen	<i>geht</i> an
Bild ist entfernt worden	<i>ist</i> nicht betätigt	<i>ist</i> nicht betätigt	<i>ist</i> unterbrochen	<i>bleiben</i> auf den Ruhekontakten	<i>bleibt</i> geschlossen	<i>ist</i> an
Dieb blockiert den Austaster	<i>wird</i> betätigt	<i>ist</i> nicht betätigt	<i>bleibt</i> unterbrochen	<i>bleiben</i> auf den Ruhekontakten	<i>bleibt</i> unterbrochen	<i>bleibt</i> an

* *wegen der Selbsthalteschaltung*

II Schaltskizze für den Überhitzungsschutz bei einem Computer



① Eintaster als Bimetallkontakt (wird geschlossen sobald die max. zulässige Temperatur erreicht wird)

② Austaster zum Ausschalten des Kühlgebläses

③ Zusatzgebläse

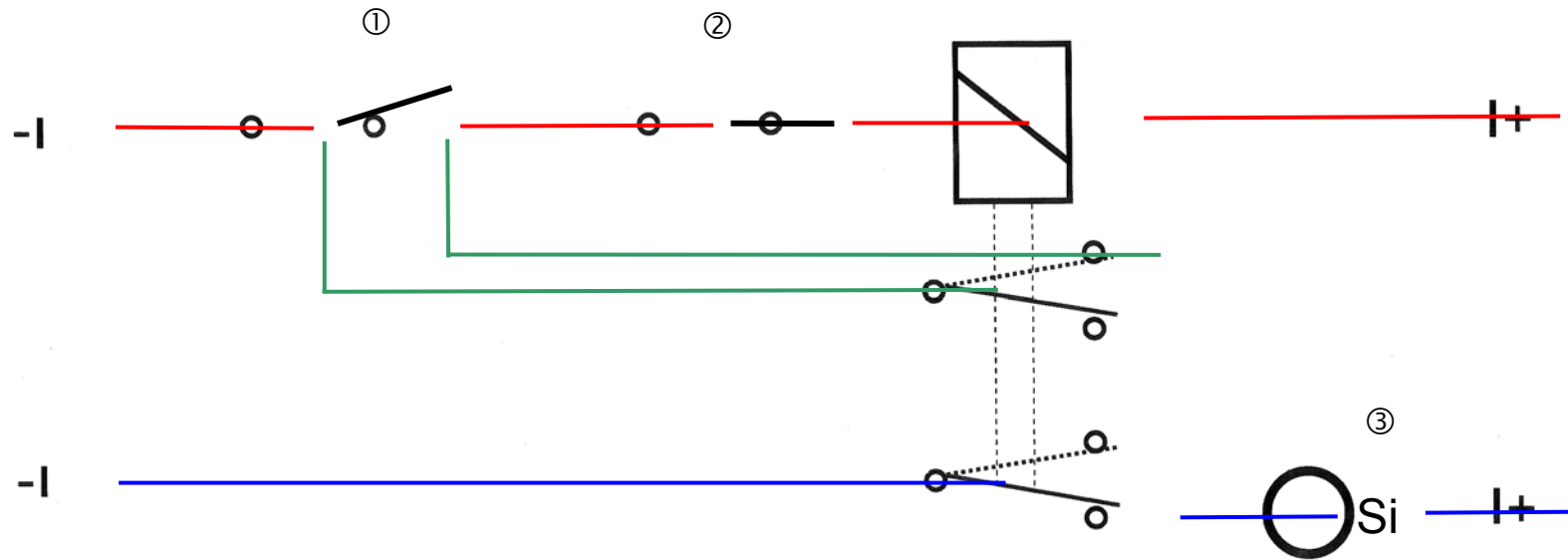
II Tabellarische Beschreibung der Funktion des *Überhitzungsschutzes beim Computer*

In der Schaltskizze kann der Bimetallkontakt durch einen Eintaster simuliert werden. Solange die Temperatur unter 50 °C ist, ist dieser Eintaster nicht betätigt. Sobald die Temperatur auf 50 °C steigt, wird er betätigt. Er bleibt so lange betätigt, wie die Temperatur mehr als 50 °C beträgt.

Temperatur im Computergehäuse	① Eintaster (Bimetall)	② Austaster zum Ausschalten des Zusatzgebläses	Relais			③ Gebläse
			Steuerstromkreis	Relaiskontakte	Wirkstromkreis	
< 50 °C	<i>ist nicht betätigt</i>	<i>ist nicht betätigt</i>	<i>ist unterbrochen</i>	<i>liegen auf den Ruhekontakten</i>	<i>ist unterbrochen</i>	<i>ist aus</i>
50 °C	<i>wird betätigt</i>	<i>ist nicht betätigt</i>	<i>wird geschlossen</i>	<i>wechseln auf die Arbeitskontakte</i>	<i>wird geschlossen</i>	<i>geht an</i>
> 50 °C	<i>ist betätigt</i>	<i>ist nicht betätigt</i>	<i>bleibt geschlossen</i>	<i>bleiben auf den Arbeitskontakten*</i>	<i>bleibt geschlossen</i>	<i>ist an</i>
sinkt gerade wieder unter 50 °C	<i>wird nicht mehr betätigt</i>	<i>ist nicht betätigt</i>	<i>ist geschlossen</i>	<i>bleiben auf den Arbeitskontakten</i>	<i>bleibt geschlossen</i>	<i>ist an</i>
Zusatzkühlgebläse wird ausgeschaltet	<i>ist nicht betätigt</i>	<i>wird betätigt</i>	<i>wird unterbrochen</i>	<i>wechseln auf die Ruhekontakte</i>	<i>wird unterbrochen</i>	<i>geht aus</i>

* wegen der **Selbsthaltung**

III Schaltskizze für die Einbruchsicherung beim Juwelier



① Eintaster zur Inbetriebnahme

② Austaster als Drähte in der Schaufensterscheibe

③ Alarmsirene, die außen am Laden angebracht ist

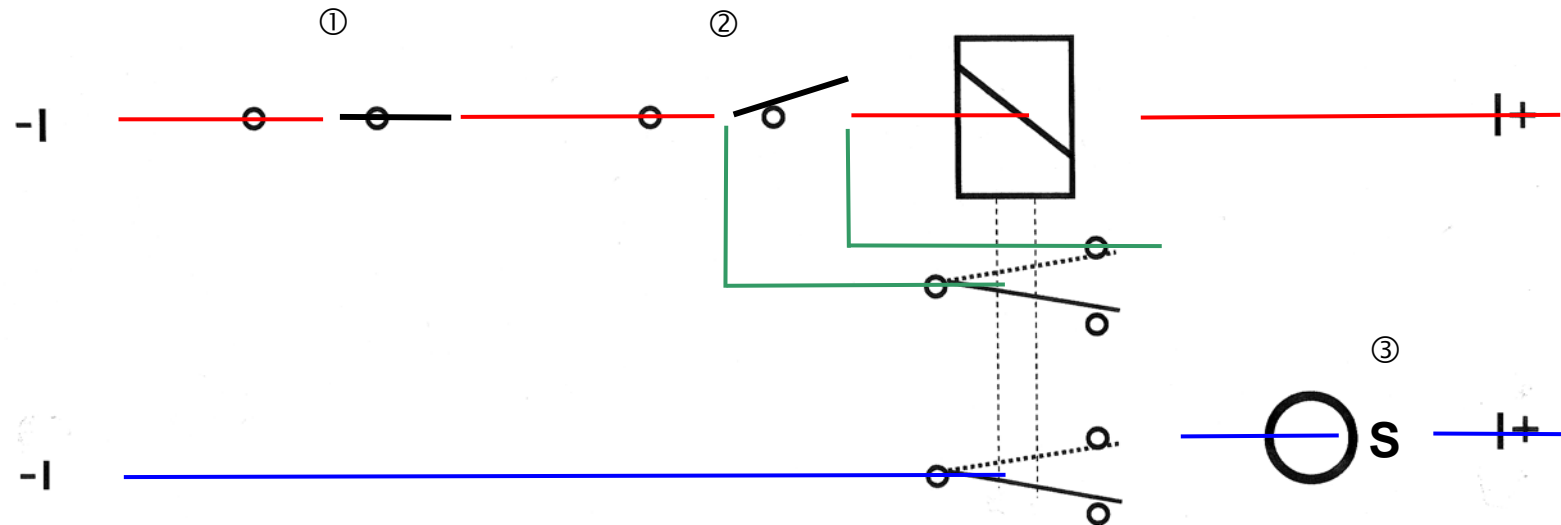
III Tabellarische Beschreibung der Funktion der *Einbruchsicherung beim Juwelier*

In der Schaltskizze können die eingeschmolzenen Drähte durch einen Austaster simuliert werden. Wenn die Drähte intakt sind, ist dieser Austaster nicht betätigt. Sobald die Drähte durchtrennt werden, wird er betätigt.

Betriebszustand	① Eintaster (Inbetriebnahme)	② Austaster (Drähte in der Scheibe)	Relais			③ Alarmsirene
			Steuerstromkreis	Relaiskontakte	Wirkstromkreis	
Alarmanlage <i>wird</i> betriebsbereit gemacht	<i>wird</i> betätigt	<i>ist</i> nicht betätigt	<i>wird</i> geschlossen	<i>wechseln</i> auf die Arbeitskontakte	<i>wird</i> unterbrochen	<i>geht</i> aus
Alarmanlage <i>ist</i> betriebsbereit	<i>ist</i> nicht betätigt	<i>ist</i> nicht betätigt	<i>bleibt</i> geschlossen	<i>bleiben</i> auf den Arbeitskontakten*	<i>bleibt</i> unterbrochen	<i>ist</i> aus
Einbrecher schlägt die Schaufensterscheibe ein	<i>ist</i> nicht betätigt	<i>wird</i> betätigt	<i>wird</i> unterbrochen	<i>wechseln</i> auf die Ruhekontakte	<i>wird</i> geschlossen	<i>geht</i> an
Alarm <i>ist</i> ausgelöst	<i>ist</i> nicht betätigt	<i>ist</i> nicht betätigt	<i>ist</i> unterbrochen	<i>liegen</i> auf den Ruhekontakten	<i>ist</i> geschlossen	<i>ist</i> an
Einbrecher versucht die Anschlussdrähte zur Scheibe kurzzuschließen	<i>ist</i> nicht betätigt	<i>wird</i> nicht mehr betätigt	<i>bleibt</i> unterbrochen	<i>bleiben</i> auf den Ruhekontakten	<i>bleibt</i> geschlossen	<i>bleibt</i> an

* wegen der **Selbthalteschaltung**

IV Schaltskizze für den Frostmelder



① Austaster zur Inbetriebnahme

② Eintaster als Bimetallkontakt (wird betätigt, sobald die Temperatur auf 0 °C sinkt)

③ Signallampe

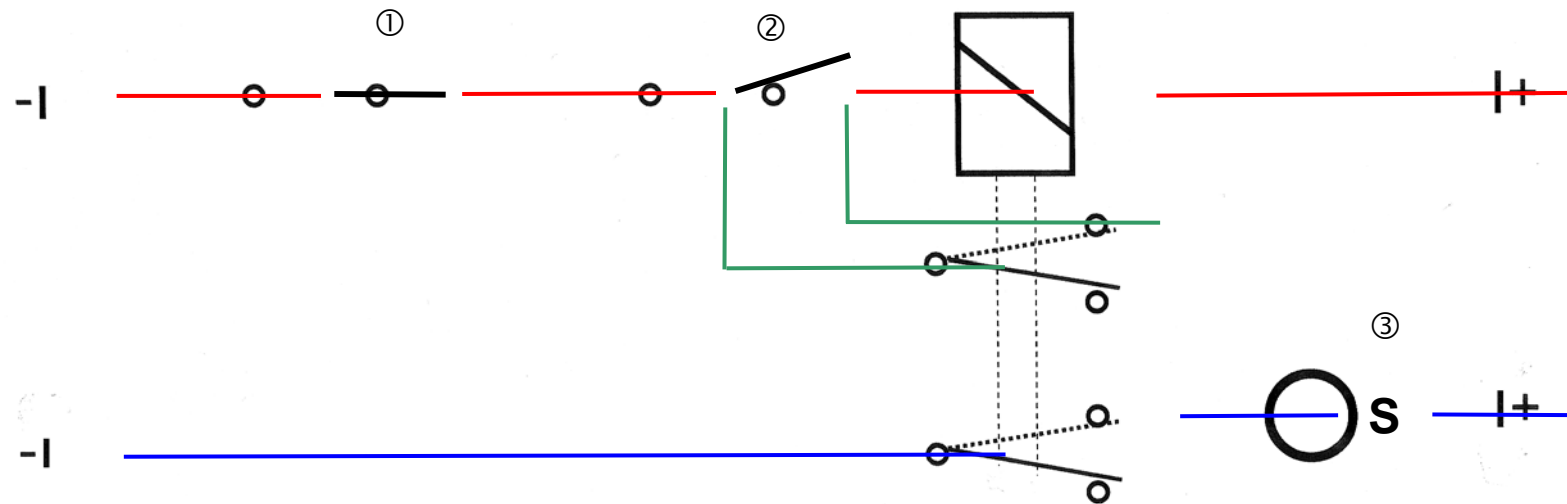
IV Tabellarische Beschreibung der Funktion des *Frostmelders*

In der Schaltskizze kann der Bimetallkontakt durch einen Eintaster simuliert werden. Wenn die Temperatur auf 0 °C sinkt, wird dieser Eintaster betätigt. Sobald die Temperatur wieder über 0 °C steigt, wird er nicht mehr betätigt. Er bleibt also nur solange betätigt, wie die Temperatur 0 °C oder weniger beträgt.

Betriebszustand	Austaster zur Inbetriebnahme	Eintaster als Bimetall	Relais			Signalleuchte
			Steuerstromkreis	Relaiskontakte	Wirkstromkreis	
Frostmelder wird betriebsbereit gemacht (Temp. > 0 °C)	<i>wird betätigt</i>	<i>ist nicht betätigt</i>	<i>wird unterbrochen</i>	<i>wechseln auf die Ruhekontakte</i>	<i>wird unterbrochen</i>	<i>geht aus</i>
Alarmanlage ist betriebsbereit	<i>ist nicht betätigt</i>	<i>ist nicht betätigt</i>	<i>ist unterbrochen</i>	<i>liegen auf den Ruhekontakten</i>	<i>ist unterbrochen</i>	<i>ist aus</i>
Lufttemperatur sinkt auf 0 °C	<i>ist nicht betätigt</i>	<i>wird betätigt</i>	<i>wird geschlossen</i>	<i>wechseln auf die Arbeitskontakte</i>	<i>wird geschlossen</i>	<i>geht an</i>
Lufttemperatur 0 °C oder darunter	<i>ist nicht betätigt</i>	<i>ist betätigt</i>	<i>ist geschlossen</i>	<i>bleiben auf den Arbeitskontakten</i>	<i>ist geschlossen</i>	<i>ist an</i>
Lufttemperatur steigt wieder über 0 °C	<i>ist nicht betätigt</i>	<i>wird nicht mehr betätigt</i>	<i>bleibt geschlossen</i>	<i>bleiben auf den Arbeitskontakten*</i>	<i>bleibt geschlossen</i>	<i>bleibt an</i>

* wegen der **Selbthalteschaltung**

V Schaltskizze für die Überfallschiene am Bankschalter



- ① Austaster zum „scharf“ machen
- ② Eintaster als Überfallschiene
- ③ Signallampe in der Überwachungszentrale

V Tabellarische Beschreibung der Funktion der Überfallschiene

Betriebszustand	Austaster zum „scharf“ machen	Eintaster (Überfallschiene)	Relais			Signallampe
			Steuerstromkreis	Relaiskontakte	Wirkstromkreis	
Alarmanlage wird betriebsbereit gemacht	wird betätigt	ist nicht betätigt	wird unterbrochen	wechseln auf die Ruhekontakte	wird unterbrochen	geht aus
Alarmanlage ist betriebsbereit	ist nicht betätigt	ist nicht betätigt	ist unterbrochen	liegen auf den Ruhekontakten	ist unterbrochen	ist aus
Alarm wird ausgelöst	ist nicht betätigt	wird betätigt	wird geschlossen	wechseln auf die Arbeitskontakte	wird geschlossen	geht an
Alarm ist ausgelöst	ist nicht betätigt	ist nicht betätigt	bleibt geschlossen	bleiben auf den Arbeitskontakten*	ist geschlossen	ist an

* wegen der **Selbthalteschaltung**

2.4 Verarbeitung binärer Signale

Lerninhalt:

In der Signalverarbeitung nennt man ein Signal, das nur zwei Zustände annehmen kann, ein binäres Signal. Binär (engl. *binary*) heißt: aus zwei Grundeinheiten bestehend.

In Bereichen der Informationstechnologie ist mit binär oder binär codiert die Darstellung von Werten durch einen „Binärcode“, also mit nur zwei Symbolen (meistens 0 und 1), gemeint. Mit dem zu Binärcode auch synonym genutzten Wort „Binärsystem“ ist meistens aber das mathematische Dualsystem gemeint. Der Begriff bezeichnet das Stellenwertsystem mit der Basis 2.

Das Dualsystem (auch „Zweiersystem“) ist das bekannteste und meistverbreitete Zahlensystem, welches zwei Ziffern zur Darstellung von Zahlen benutzt. Die zwei Ziffern des Dualsystems werden oft mit den Symbolen 0 und 1 dargestellt. In älterer Literatur mit Bezug auf elektronische Datenverarbeitung werden manchmal die Symbole Low (L) und High (H) verwendet. Hierbei steht dann meistens Low für den Wert 0 und High für den Wert 1.

Aufgrund seiner Anwendung in der Digitaltechnik ist das Dualsystem neben dem gewöhnlich benutzten Dezimalsystem das wichtigste Stellenwertsystem.

Es gibt mehrere Möglichkeiten der Umrechnung vom Dezimal- ins Dualsystem. Im Folgenden ist die Divisionsmethode am Beispiel $41_{(10)}$ beschrieben:

$41 : 2 = 20$	Rest 1
$20 : 2 = 10$	Rest 0
$10 : 2 = 5$	Rest 0
$5 : 2 = 2$	Rest 1
$2 : 2 = 1$	Rest 0
$1 : 2 = 0$	Rest 1

Die entsprechende Dualzahl ergibt sich, indem man die errechneten Reste von unten nach oben aufschreibt: $101001_{(2)}$.

Um nun eine Dualzahl in die entsprechende Dezimalzahl umzurechnen, werden alle Ziffern jeweils mit ihrem Stellenwert (entsprechende Zweierpotenz) multipliziert und dann addiert.

Beispiel:

$$1010_{(2)} = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 8 + 0 + 2 + 0 = 10_{(10)}.$$

Die Produkte, die durch eine Null als Stelle zustande gekommen sind, hätten nicht errechnet werden müssen, sollten aber zur besseren Übersicht notiert werden.

Die binäre Logik mit zwei Wahrheitswerten (wahr und falsch) gehorcht den Regeln der Booleschen Algebra. In der Mathematik ist eine boolesche Algebra eine spezielle algebraische Struktur, die die Eigenschaften der logischen Operatoren UND, ODER, NICHT sowie die Eigenschaften der mengentheoretischen Verknüpfungen „Durchschnitt“, „Vereinigung“, „Komplement“ abstrahiert.

Sie ist benannt nach George Boole, der sie im 19. Jahrhundert definierte, um algebraische Methoden in der Aussagenlogik anwenden zu können. Er publizierte 1847 eine erste Fassung der Booleschen Algebra. Sie wurde später von John Venn, W. Stanley Jevons und Charles Peirce erweitert. Boole arbeitet mit UND-, ODER- und NICHT-Operationen. Claude Shannon benutzte die boolesche Algebra erstmals zur Beschreibung elektrischer Schaltungen. Heute wird sie vielfach bei der Entwicklung elektronischer Schaltungen angewandt.

Die Operatoren der booleschen Algebra werden auf verschiedene Weisen geschrieben. Oft schreibt man sie als UND, ODER, NICHT (bzw. engl. AND, OR, NOT), abgekürzt mit \wedge , \vee und \neg .

Literatur:

- Schülerduden Informatik. Dudenverlag. Mannheim 2003

Umsetzung im Unterricht:

Im Unterricht empfiehlt sich eine tätige Aneignung der Lerninhalte. Zunächst sollte eine Wiederholung des Dualsystems (*AB 1: Vergleich: Dezimalsystem – Dualsystem*) erfolgen. Anschließend können die Grundverknüpfungen (UND, ODER und NICHT) mit einem geeigneten Lehrgerätesystem (z. B. Logitron der Firma GRS, im Internet: grs-kg.de) oder zur Not mit einem Logiksimulator (z. B. Digital Simulator Version 5.56) auf dem Computer - empirisch - erarbeitet werden.

Dem Thema sind neun Arbeitsblätter zugeordnet:

- [AB 1](#) – Vergleich: Dezimalsystem - Dualsystem
- [AB 2](#) – Binäre Signale können verknüpft werden
- [AB 3](#) – Addition von zwei einstelligen Dualzahlen mit elektronischen Bausteinen
- [AB 4](#) – Informationsblatt: Der Halbaddierer/Informationsblatt: Der Volladdierer
- [AB 5](#) – Der Volladdierer: Addition von drei einstelligen Dualzahlen
- [AB 6](#) – Der Paralleladdierer
- [AB 7](#) – Der Codierer Dez-Dual
- [AB 8](#) – Der Decodierer und die Sieben-Segment-Anzeige
- [AB 9](#) – Der Decodierer Dual – Dez
- [AB 10](#) – Der Paralleladdierer (mit integrierten Bausteinen)
- [AB 11](#) – Informationsblatt: Codierer/Informationsblatt: Dezimalanzeige

Hinweise zu den Arbeitsblättern und den Lösungen sind nachfolgend aufgeführt.

AB 1: Vergleich: Dezimalsystem – Dualsystem

Mit diesem Arbeitsblatt soll den Schülerinnen und Schülern in einer Wiederholung der Unterschied zwischen Dezimalsystem und Dualsystem vor Augen geführt werden. Im Mathematikunterricht der Realschule wird das Dualsystem in der Klassenstufe 5 eingeführt. Unter Umständen ist es hilfreich, wenn an dieser Stelle auch die Umwandlung von Dezimalzahlen in Dualzahlen und umgekehrt wiederholt wird.

AB 2: Binäre Signale können verknüpft werden

Hier geht es um die Möglichkeiten Signale logisch zu verknüpfen. Eingeführt werden die logischen Operatoren UND, ODER und NICHT. Diese Grundverknüpfungen lassen sich am besten mit den entsprechenden Bausteinen eines Lehrgerätesystems, z. B. „Logitron“ oder einem Logiksimulator aus dem Internet ermitteln. Die Schaltung und die Ergebnisse der Verknüpfung sind auf dem [Lösungsblatt](#) zu AB 2 angegeben.

Die Merksätze zu ② lauten folgendermaßen:

- Der NICHT-Baustein führt am Ausgang ein 1-Signal, wenn sein Eingang mit einem 0-Signal belegt ist und umgekehrt.
- Der UND-Baustein führt am Ausgang nur dann ein 1-Signal, wenn beide Eingänge mit einem 1-Signal belegt sind. In allen anderen Fällen führt der Ausgang ein 0-Signal.
- Der ODER-Baustein führt am Ausgang ein 1-Signal, wenn mindestens einer der beiden Eingänge mit einem 1-Signal belegt ist.

AB 3: Addition von Dualzahlen mit elektronischen Bausteinen

Gemäß der methodischen Prämisse „Vom Einfachen zum Komplizierten“ geht man bei den weiteren Überlegungen vom einfachsten aller möglichen Beispiele aus, nämlich der Addition von zwei einstelligen Dualzahlen.

Die Lösungen sind auf einem [Lösungsblatt](#) angegeben.

AB 4: Informationsblatt: Der Halbaddierer

Auf diesem Arbeitsblatt geht es darum, dass die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeiten des integrierten Bausteins, des so genannten Halbaddierers, sichern, um auf diese Informationen gegebenenfalls zurückgreifen zu können. Mit diesem Informationsblatt wird auch das Schaltsymbol des Halbaddierers eingeführt. Auf diesem Arbeitsblatt befindet sich auch ein Informationsblatt zum Volladdierer, obwohl er erst später eingeführt wird.

Informationsblatt: Der Volladdierer

Dieses Arbeitsblatt erlaubt es den Schülerinnen und Schülern, die Möglichkeiten des integrierten Bausteins, des so genannten Volladdierers, zu sichern, um auf diese In-

formationen gegebenenfalls zurückgreifen zu können. Mit diesem Informationsblatt wird auch das Schaltsymbol des Volladdierers eingeführt. [Lösung](#):

AB 5: Der Volladdierer – Addition von drei einstelligen Dualzahlen

Bei der Addition von mehrstelligen Dualzahlen ist wie beim Dezimalsystem an der nächst höherwertigen Stelle ein Übertrag zu berücksichtigen. Dies hat zur Folge, dass außer bei der Stelle 2^0 an allen höherwertigen Stellen drei einstellige Dualzahlen addiert werden müssen. Die Addition von drei einstelligen Dualzahlen kann in drei Schritten vorgenommen werden: In einem ersten Schritt werden die beiden ersten Summanden addiert. Dabei ergibt sich die Zwischensumme für die Stelle 2^0 und ein Übertrag an der Stelle 2^1 . Zu der Zwischensumme aus der Addition der ersten beiden Summanden wird in einem zweiten Schritt der dritte Summand addiert. Auch hier ergibt sich die Summe für die Stelle 2^0 und ein Übertrag an der Stelle 2^1 . Diese Summe entspricht der Summe für die Addition der drei einstelligen Dualzahlen. Anschließend werden in einem dritten Schritt die beiden Überträge addiert. Ihrer Summe entspricht der Übertrag an der Stelle 2^1 .

Wie man sieht, kann die Addition von drei einstelligen Dualzahlen auf drei Additionsschritte, in denen jeweils zwei einstellige Dualzahlen addiert werden, zurückgeführt werden. Der Baustein zur Addition von zwei einstelligen Dualzahlen ist den Schülerinnen und Schülern bereits bekannt, es ist der Halbaddierer. Zur Addition von drei einstelligen Dualzahlen werden also drei Halbaddierer benötigt. Bei genauer Untersuchung der Schaltung kann man feststellen, dass bei der Addition der beiden Überträge kein Übertrag auftreten kann, d. h., der dritte Halbaddierer kann durch einen einfacheren Baustein, einen ODER-Baustein, ersetzt werden (siehe Tabelle auf dem Arbeitsblatt). [Lösung](#)

AB 6: Der Paralleladdierer

Der Einfachheit halber beschränkt man sich im Unterricht auf die Addition von zwei einstelligen Dezimalzahlen. Auch damit lässt sich die Arbeitsweise eines Rechners im Prinzip darstellen.

Bei der Umwandlung der einstelligen Dezimalzahlen 0 bis 9 treten maximal vierstellige Dualzahlen auf. Das heißt, zur Addition von zwei einstelligen Dezimalzahlen sind zwei vierstellige Dualzahlen zu addieren. Das folgende Beispiel soll dies verdeutlichen:

			2^3	2^2	2^1	2^0
	3		0	0	1	1
	+	5	0	1	0	1
			<i>Überträge</i>	1	1	1
<i>Summe</i>	8		<i>Summe</i>	1	0	0

Wie man sieht, sind an der Stelle 2^0 lediglich zwei einstellige Dualzahlen zu addieren, da ein Übertrag aus vorangegangenen Additionen hier nicht auftreten kann, hierfür reicht ein Halbaddierer aus. An den Stellen 2^1 , 2^2 und 2^3 müssen mögliche Überträge berücksichtigt werden, d. h., es sind jeweils drei einstellige Dualzahlen zu addieren, hierfür ist für jede Stelle ein Volladdierer erforderlich. Zur Addition von zwei einstelligen Dezimalzahlen bzw. der zwei entsprechenden vierstelligen Dualzahlen werden also ein Halbaddierer und drei Volladdierer benötigt.

Die Schaltskizze kann dem [Lösungsblatt](#) zum Arbeitsblatt entnommen werden. Siehe auch AB 10 – Der Paralleladdierer. Auf diesem Arbeitsblatt werden die integrierten Bausteine zur Eingabe der Summanden als einstellige Dezimalzahl (Codierer) und zur Ausgabe der Summe (Dezimalanzeige) verwendet.

Beim Überprüfen der Schaltung mit elektronischen Bausteinen (z. B. Logitron) sollte darauf geachtet werden, dass die Summe keinen Wert größer als zehn haben darf, d. h., dass auch die Summe einstellig bleiben muss.

AB 7: Der Codierer Dez-Dual

Selbstverständlich möchte man bei einem Taschenrechner die Summanden nicht als Dualzahlen sondern als Dezimalzahlen eingeben. Aus diesem Grund muss dem eigentlichen Rechenwerk ein Codierer vorgeschaltet werden, der Dezimalzahlen in Dualzahlen umwandelt. In der folgenden Tabelle sind den Dezimalzahlen von 0 bis 9 die entsprechenden vierstelligen Dualzahlen gegenübergestellt:

<i>Dez</i>	<i>Dual</i>			
	2^3	2^2	2^1	2^0
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

In diesem Fall stellen die Dezimalzahlen die unabhängigen Variablen dar, denn sie sind selbstverständlich frei wählbar. Die Stellen 2^0 , 2^1 , 2^2 und 2^3 der vierstelligen Dualzahlen sind die abhängigen Variablen, denn es hängt davon ab, welche Dezimalzahl gewählt wurde, ob ihr Wert 1 oder 0 beträgt. Die Stelle 2^0 hat z. B. bei allen ungeraden Dezimalzahlen den Wert 1, die Stelle 2^1 hat z. B. immer dann den Wert 1, wenn die Dezimalzahlen 2, 3, 6 oder 7 gewählt wurden, usw. (siehe Tabelle). Um die Codierung zu realisieren werden für jede Stelle ODER-Bausteine benötigt. Für die Stelle 2^0 ein ODER-Baustein mit fünf Eingängen, für die Stelle 2^1 ein ODER-Baustein mit vier Eingängen, für die Stelle 2^2 ein ODER-Baustein mit vier Eingängen und für die Stelle 2^3 ein ODER-Baustein mit zwei Eingängen.

Die Schaltskizze kann dem [Lösungsblatt](#) zum Arbeitsblatt entnommen werden.

AB 8: Codierer Dezimal-Dual und Siebensegmentanzeige

Üblicherweise werden Zahlen bei einem Taschenrechner auf einer so genannten „Siebensegmentanzeige“ dargestellt. Eine Siebensegmentanzeige ist ein Anzeigeelement aus sieben separat sichtbar schaltbaren Balken (Segmenten), die in Form zweier übereinander stehender Rechtecke angeordnet sind. Besonders einfach lassen sich mit ihr die dezimalen Ziffern 0 ... 9 darstellen. Allerdings werden die Ziffern meist abstrahiert dargestellt. Insbesondere ist dies bei den Ziffern 4 und 7 erforderlich.

Zur Ansteuerung von Siebensegmentanzeigen werden die Dualzahlen erst in Dezimalzahlen umgewandelt. Mit Hilfe eines EPROM (Abkürzung für „Erasable and Programmable Read Only Memory“), d. h. eines Speicherchips, dessen Inhalte nur gelesen werden können, werden dann die einzelnen Segmente angesteuert. Auf dem Arbeitsblatt wird die Funktion dieses EPROMS verdeutlicht. Die einzelnen Segmente (senkrechte Leitungsbahnen) werden über die einzelnen dezimalen Ziffern (waagrechte Leitungsbahnen) angesteuert. Dioden sichern, dass die Signale nicht zurückfließen können. Die Diode (griech.: *di* zwei, doppelt; *hodos* Weg) ist ein elektronisches Bauelement mit zwei Polen, das für Strom durchlässig ist, der in eine Richtung fließt und für Strom, der entgegengesetzt durch den Leiter fließt, nicht. Dioden kann man also mit einem mechanischen Ventil vergleichen, da dieses auch nur Massfluss in eine Richtung erlaubt.

Die genaue Position von Dioden kann dem [Lösungsblatt](#) zum Arbeitsblatt entnommen werden. Unter Umständen kann es zu geringfügigen Abweichungen kommen, je nachdem, wie die Ziffern dargestellt werden.

Falls im Unterricht auch der Codierer Dual-Dezimal erarbeitet werden soll, ist das Arbeitsblatt AB 9 (*AB 9 – Der Decodierer Dual – Dez*) mit Lösungsblatt beigelegt.

AB 9: Codierer Dezimal-Dual und Siebensegmentanzeige

Je nach Interessenlage der Lernenden, kann auch der Codierer Dual-Dezimal ohne Schwierigkeiten im Unterricht erarbeitet werden. Dieser Codierer ist integrierter Bestandteil der Siebensegmentanzeige. Falls im Unterricht der Codierer Dual-Dezimal erarbeitet werden soll, ist ein Arbeitsblatt mit [Lösungsblatt](#) beigelegt.

AB 10: Paralleladdierer (mit integrierten Bausteinen)

Dieses Arbeitsblatt stellt eine Ergänzung zu AB 6 dar. Es zeigt die Schaltung des vollständigen Paralleladdierers. Zur Eingabe der Summenden werden jetzt Codierer und zur Ausgabe der Summe eine Dezimalanzeige verwendet. Der Unterrichtende kann selbst entscheiden, welches Arbeitsblatt er einsetzt, unter Umständen auch beide. Siehe [Lösungsblatt](#).

AB 11: Informationsblatt: Codierer

Dieses Arbeitsblatt enthält die Informationen über den Codierer als integrierten Baustein. Die Schülerinnen und Schüler können auf diese Informationen bei Bedarf jederzeit zurückgreifen. Mit diesem Informationsblatt wird auch das Schaltsymbol des Codierers eingeführt.

Auf diesem Arbeitsblatt befindet sich auch ein Informationsblatt zur Dezimalanzeige.

Informationsblatt: Dezimalanzeige

Dieses Arbeitsblatt enthält außerdem die Informationen über die Dezimalanzeige als integrierten Baustein. Die Schülerinnen und Schüler können auf diese Informationen bei Bedarf jederzeit zurückgreifen. Mit diesem Informationsblatt wird auch das Schaltsymbol der Dezimalanzeige eingeführt. Siehe [Lösungsblatt](#).

2.5 Schaltalgebra - Rechenregeln bei der Verarbeitung binärer Signale

Lerninhalt:

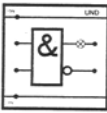
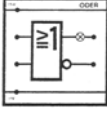
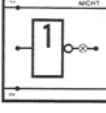
Logische Verknüpfungen lassen sich mit einer besonderen Art von Mathematik darstellen. Man spricht von der Schaltalgebra, die aus der Booleschen Algebra hervorgeht. Die Schaltalgebra ist ein „Hilfsmittel“ zur Berechnung binärer Schaltungen. Der Begriff „binär“ bezieht sich hier auf die beiden möglichen Zustände der zu verarbeitenden binären Signale (0-Signal bzw. 1-Signal).

Heute wird zwischen Schaltalgebra und Boolescher Algebra nur noch selten unterschieden, da sie aus mathematischer Sicht identisch sind. Lediglich in der Wahl der Terminologie bestehen Unterschiede, da die Schaltalgebra ausdrücklich zur Beschreibung der Zusammenhänge bei der Verarbeitung binärer Signale in Schaltungen verwendet wird.

Die Schaltungen, die man mithilfe der Schaltalgebra berechnet, wurden früher hauptsächlich in Relais-technik realisiert (siehe „Überwachungsanlagen“). Heute baut man binäre Schaltwerke überwiegend aus elektronischen Bauelementen. Hierbei werden die logischen Zustände durch unterschiedliche Spannungspegel realisiert.

Grundlage der Schaltalgebra ist das Dualsystem (binäres Zahlensystem). Wie in der Mathematik arbeitet man in der Schaltalgebra mit Formeln und Variablen, die meistens mit Großbuchstaben bezeichnet werden.

Die Schaltalgebra ist auf den drei Grundverknüpfungen UND, ODER und NICHT aufgebaut (siehe „Verarbeitung binärer Signale“). Mit diesen drei Grundverknüpfungen kann man beliebige Schaltnetze aufbauen. Alle anderen logischen Verknüpfungen basieren auf einer Kombination dieser Grundverknüpfungen.

Verknüpfung	Operator	Funktionsgleichung	Realisierung
UND (Konjunktion)	\wedge	$Z = A \wedge B$	
ODER (Disjunktion)	\vee	$Z = A \vee B$	
NICHT (Negation)	\neg	$Z = \bar{A}$	

Regeln der Schaltalgebra

Das **Kommutativgesetz** (Vertauschungsgesetz) der Algebra gilt sinngemäß auch bei der Schaltalgebra. Wie bei den natürlichen oder ganzen Zahlen macht das Kommutativgesetz eine Aussage über die Vertauschbarkeit von Variablen bei der UND- oder ODER-Verknüpfung.

$$Z = A \wedge B \wedge C = C \wedge B \wedge A$$

$$Z = A \vee B \vee C = C \vee B \vee A$$

Entsprechend gibt es auch ein **Assoziativgesetz** (Klammergesetz) das aussagt, dass die Reihenfolge der Verknüpfung beliebig ist.

$$Z = A \wedge (B \wedge C) = (A \wedge B) \wedge C$$

$$Z = A \vee (B \vee C) = (A \vee B) \vee C$$

Auch für die Schaltalgebra gibt es das **Distributivgesetz** (Verteilungsgesetz). Man unterscheidet das konjunktive und das disjunktive Distributivgesetz:

$$Z = A \wedge (B \vee C) = (A \wedge B) \vee (A \wedge C)$$

$$Z = A \vee (B \wedge C) = (A \vee B) \wedge (A \vee C)$$

Spezialfälle

$$\text{UND} \quad A \wedge 0 = 0 \quad A \wedge 1 = A \quad A \wedge A = A \quad A \wedge \bar{A} = 0$$

$$\text{ODER} \quad A \vee 0 = A \quad A \vee 1 = 1 \quad A \vee A = A \quad A \vee \bar{A} = 1$$

Gesetze nach De Morgan

Negationszeichen, die mehrere Variablen einer Funktionsgleichung betreffen, kann man nur auftrennen, wenn man das Funktionszeichen nach De Morgan wechselt.

$$Z = \overline{A \wedge B} = \bar{A} \vee \bar{B}$$

$$Z = \overline{A \vee B} = \bar{A} \wedge \bar{B}$$

Mithilfe dieses Gesetzes kann man UND-Verknüpfungen in ODER- und NICHT-Verknüpfungen umwandeln und umgekehrt.

Vorrangregeln

Von links nach rechts nimmt die Priorität ab: $() \quad \bar{\quad} \quad \wedge \quad \vee$

Kürzungsregeln

$$A \wedge (A \vee B) = A$$

$$A \vee (A \wedge B) = A$$

Umsetzung im Unterricht:

Dieses Themenfeld vermittelt den Schülerinnen und Schülern grundlegende Kenntnisse der Schaltalgebra. Ziel ist zunächst die Kenntnis und die Einübung wichtiger Regeln, mit deren Hilfe die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, Schaltungen zu vereinfachen. Das Aufstellen schaltalgebraischer Gleichungen spielt erst bei Ampelschaltungen eine Rolle und sollte auch dort erst eingeführt werden.

Dem Themenfeld sind zwei Arbeitsblätter und zwei Kopiervorlagen zugeordnet. Für den Beweis der Regeln bleibt es der Lehrkraft überlassen, ob sie sich für den Unterricht Folien anfertigt oder die Schaltungen zusammen mit den Schülerinnen und Schülern an der Tafel entwickelt.

- **AB 1** - Regeln der Schaltalgebra
- **AB 2** - Anwendung der Regeln – Vereinfachung von Termen
- **KV 1a** - Tabelle für den Beweis schaltalgebraischer Regeln (2 binäre Variablen)
- **KV 1b** - Tabelle für den Beweis schaltalgebraischer Regeln (3 binäre Variablen)

AB 1: Regeln der Schaltalgebra

Auf diesem Arbeitsblatt sind die wichtigsten Regeln der Schaltalgebra zusammengefasst. Mithilfe von Tabellen lassen sich diese Regeln einfach beweisen. Kopiervorlagen (KV 1a und KV 1b) für geeignete Tabellen sind beigelegt. Die Beweise sind nachstehend aufgeführt:

Assoziativgesetze:

Zu beweisen ist: $Z = A \wedge (B \wedge C) = (A \wedge B) \wedge C$

A	B	C	$B \wedge C$	$A \wedge (B \wedge C)$	$A \wedge B$	$(A \wedge B) \wedge C$
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	1	1	1	1



Zu beweisen ist: $Z = A \vee (B \vee C) = (A \vee B) \vee C$

A	B	C	$B \vee C$	$A \vee (B \vee C)$	$A \vee B$	$(A \vee B) \vee C$
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1



Distributivgesetze:

Zu beweisen ist: $Z = A \wedge (B \vee C) = (A \wedge B) \vee (A \wedge C)$

A	B	C	$B \vee C$	$A \wedge (B \vee C)$	$A \wedge B$	$A \wedge C$	$(A \wedge B) \vee (A \wedge C)$
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1



Zu beweisen ist: $Z = A \vee (B \wedge C) = (A \vee B) \wedge (A \vee C)$

A	B	C	$B \wedge C$	$A \vee (B \wedge C)$	$A \vee B$	$A \vee C$	$(A \vee B) \wedge (A \vee C)$
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1



Kürzungsregeln:

Zu beweisen ist: $A \wedge (A \vee B) = A$

Zu beweisen ist: $A \vee (A \wedge B) = A$

A	B	$A \vee B$	$A \wedge (A \vee B)$
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	1	1



A	B	$A \wedge B$	$A \vee (A \wedge B)$
0	0	0	0
0	1	0	0
1	0	0	1
1	1	1	1



AB 2: Anwendung der Regeln: Vereinfachung von Termen

Arbeitsblatt mit Übungsaufgaben zur Anwendung der Rechenregeln der Schaltalgebra. Durch Anwendung der Regeln an einfachen Beispielen soll den Schülerinnen und Schülern deutlich gemacht werden, dass sich dadurch Schaltnetze stark vereinfachen lassen. Damit verringert sich die Zahl der notwendigen Bausteine. Auf Grund dessen werden die Schaltnetze übersichtlicher und wegen der geringeren Zahl von Bausteinen auch billiger. Hier wird noch nicht darauf eingegangen, wie diese Gleichungen erstellt werden.

Aufgabe (1):

$$Z = (A \wedge B \wedge \bar{C}) \vee (A \wedge B \wedge C)$$

$$Z = A \wedge [(B \wedge \bar{C}) \vee (B \wedge C)]$$

$$Z = A \wedge [B \wedge (\bar{C} \vee C)]$$

$$Z = A \wedge [B \wedge 1]$$

$$Z = A \wedge B$$

Aufgabe (2):

$$Z = (A \wedge \bar{B} \wedge C) \vee (A \wedge B \wedge C)$$

$$Z = A \wedge [(B \wedge C) \vee (B \wedge \bar{C})]$$

$$Z = A \wedge [C \wedge (\bar{B} \vee B)]$$

$$Z = A \wedge [C \wedge 1]$$

$$Z = A \wedge C$$

Aufgabe (3):

$$Z = (\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge C) \vee (\bar{A} \wedge B \wedge \bar{C}) \vee (\bar{A} \wedge B \wedge C)$$

$$Z = \bar{A} \wedge [(B \wedge C) \vee (B \wedge \bar{C}) \vee (B \wedge C)]$$

$$Z = \bar{A} \wedge [(B \wedge C) \vee B \wedge (\bar{C} \vee C)]$$

$$Z = \bar{A} \wedge [(B \wedge C) \vee (B \wedge 1)]$$

$$Z = \bar{A} \wedge [(B \wedge C) \vee B]$$

$$Z = \bar{A} \wedge [(B \vee B) \wedge (C \vee B)]$$

$$Z = \bar{A} \wedge [1 \wedge (C \vee B)]$$

$$Z = \bar{A} \wedge [C \vee B]$$

$$Z = \bar{A} \wedge (B \vee C)$$

Aufgabe (4):

$$Z = (\bar{A} \wedge B \wedge \bar{C}) \vee (\bar{A} \wedge B \wedge C) \vee (A \wedge B \wedge \bar{C}) \vee (A \wedge B \wedge C)$$

$$Z = \bar{A} \wedge [(B \wedge \bar{C}) \vee (B \wedge C)] \vee A \wedge [(B \wedge \bar{C}) \vee (B \wedge C)]$$

$$Z = \bar{A} \wedge [B \wedge (\bar{C} \vee C)] \vee A \wedge [B \wedge (\bar{C} \vee C)]$$

$$Z = \bar{A} \wedge [B \wedge 1] \vee A \wedge [B \wedge 1]$$

$$Z = (\bar{A} \wedge B) \vee (A \wedge B)$$

$$Z = B \wedge (\bar{A} \vee A)$$

$$Z = B \wedge 1$$

$$Z = B$$

Aufgabe (5):

$$Z = (\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge \bar{C}) \vee (\bar{A} \wedge B \wedge C) \vee (\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge C) \vee (A \wedge \bar{B} \wedge C) \vee (A \wedge B \wedge C)$$

$$Z = (\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge \bar{C}) \vee C \wedge [(\bar{A} \wedge B) \vee (\bar{A} \wedge \bar{B}) \vee (A \wedge \bar{B}) \vee (A \wedge B)]$$

$$Z = (\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge \bar{C}) \vee C \wedge [\bar{A} \wedge (B \vee \bar{B}) \vee A \wedge (B \vee \bar{B})]$$

$$Z = (\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge \bar{C}) \vee C \wedge [(\bar{A} \wedge 1) \vee (A \wedge 1)]$$

$$Z = (\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge \bar{C}) \vee C \wedge [\bar{A} \vee A]$$

$$Z = (\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge \bar{C}) \vee (C \wedge 1)$$

$$Z = (\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge \bar{C}) \vee C$$

$$Z = (\bar{A} \vee C) \wedge (\bar{B} \vee C) \wedge (\bar{C} \vee C)$$

$$Z = (\bar{A} \vee C) \wedge (\bar{B} \vee C) \wedge 1$$

$$Z = (\bar{A} \vee C) \wedge (\bar{B} \vee C)$$

$$Z = C \vee (\bar{A} \wedge \bar{B})$$

Aufgabe (6):

$$Z = (\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge C) \vee (\bar{A} \wedge B \wedge C) \vee (A \wedge \bar{B} \wedge \bar{C}) \vee (A \wedge \bar{B} \wedge C) \vee (A \wedge B \wedge \bar{C}) \vee (A \wedge B \wedge C)$$

$$Z = \bar{A} \wedge [(\bar{B} \wedge C) \vee (B \wedge C)] \vee A \wedge [(\bar{B} \wedge \bar{C}) \vee (\bar{B} \wedge C) \vee (B \wedge \bar{C}) \vee (B \wedge C)]$$

$$Z = \bar{A} \wedge [C \wedge (\bar{B} \vee B)] \vee A \wedge [(\bar{B} \wedge (\bar{C} \vee C)) \vee B \wedge (\bar{C} \vee C)]$$

$$Z = \bar{A} \wedge [C \wedge 1] \vee A \wedge [(\bar{B} \wedge 1) \vee (B \wedge 1)]$$

$$Z = (\bar{A} \wedge C) \vee A \wedge [\bar{B} \vee B]$$

$$Z = (\bar{A} \wedge C) \vee (A \wedge 1)$$

$$Z = (\bar{A} \wedge C) \vee A$$

$$Z = (\bar{A} \vee A) \wedge (C \vee A)$$

$$Z = 1 \wedge (C \vee A)$$

$$Z = C \vee A$$

$$Z = A \vee C$$

2.6 Speicher für binäre Signale und Zählwerke

Lerninhalt:

In elektronischen Taschenrechnern oder in Computern müssen Signale gespeichert werden. Die Möglichkeit der Speicherung binärer Signale mit elektronischen Bauteilen ist daher für viele Anwendungen von großer Bedeutung. Die elektronischen Bauteile zur Speicherung binärer Signale nennt man FLIPFLOPs. Ein FLIPFLOP, auch „bistabile Kippstufe“ oder „bistabiles Kippglied“ genannt, ist eine elektronische Schaltung, die zwei stabile Zustände einnehmen kann. Je nach Funktion unterscheidet man dabei das RS-Flipflop, das t-Flipflop und das JK-Master-Slave-Flipflop.

Das RS-Flipflop ist der einfachste Speicher für binäre Signale. Es ist ein so genannter statischer Speicher, denn er hat zwei Eingänge, einen Eingang zum Setzen und einen zum Rücksetzen. Ist der Speicher rückgesetzt, führt sein Ausgang ein 0-Signal, ist er gesetzt, führt sein Ausgang ein 1-Signal.

Das t-FLIPFLOP (t-Speicher) dagegen ist ein dynamischer Speicher. Es hat zum Setzen und Rücksetzen nur einen Eingang, weil er nicht mit 1- oder 0-Signalen gesetzt bzw. rückgesetzt wird, sondern mit 1→0-Signalwechseln. Findet an seinem Eingang ein 1→0-Signalwechsel statt, wird er gesetzt, wenn er rückgesetzt war und umgekehrt. Da die Zahl der Signalwechsel am Ausgang nur halb so groß ist wie die Zahl der Signalwechsel am Eingang, findet er in Zählwerken Verwendung.

Noch mehr Möglichkeiten bietet das JK-(Master-Slave)-Flipflop. Es hat zwei weitere Eingänge J und K, mit denen das Speicherverhalten gesteuert werden kann. Je nach den Signalen, die an diesen so genannten Vorbereitungseingängen anliegen, kann der Speicher z. B. nur gesetzt oder nur rückgesetzt werden. Diese zusätzliche Funktion ist für die Anwendung in Ringschieberegistern von Bedeutung.

Literatur:

- Schülerduden Informatik. Bibliografisches Institut & F. A. Brockhaus AG, Mannheim 2003

Umsetzung im Unterricht:

Dieses Thema vermittelt den Schülerinnen und Schülern weitere Einblicke in die Signalverarbeitung mit elektronischen Bauteilen. Flipflops wurden in erster Linie entwickelt, um Zählschaltungen zu realisieren. Aus diesem Grund soll den Zählschaltungen im Unterricht eine breite Bedeutung zukommen. Zählschaltungen in Zählwerken oder Uhren sind außerdem für Schülerinnen und Schüler besonders einfach nachzuvollziehen und bieten sich daher für eine Betrachtung im Unterricht besonders an.

Dem Themenfeld sind 11 Arbeitsblätter zugeordnet. Der Lehrkraft bleibt es überlassen, ob sie sich für den Unterricht Folien anfertigt oder die Schaltungen zusammen mit den Schülerinnen und Schülern an der Tafel entwickelt.

- AB 1 - Ein Speicher für binäre Signale aus NOR-Bausteinen
- AB 2 - Füllstandsregelung
- AB 3 - t-Speicher – Speicherung von Signalen mit 1→0-Signalwechseln
- AB 4 - Aus t-Speichern lässt sich ein Zählwerk bauen
- Ab 5 - Zählwerk modulo-10 (Zähldekade)
- AB 6 - Zählwerk modulo-100 aus Zähldekaden
- AB 7 - Lottozahlengenerator
- AB 8a - Zählwerk für die Minuten bei einer Digitaluhr
- AB 8b - Zählwerk für die Stunden bei einer Digitaluhr
- AB 9 - Informationsblatt: RS-FLIPFLOP
- AB 10 - Informationsblatt: t-SPEICHER

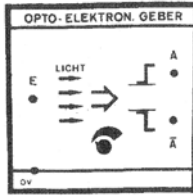
AB 1: Speicher für binäre Signale aus NOR-Bausteinen

Ein FLIPFLOP besteht im Wesentlichen aus zwei NOR-Bausteinen. Bei der Untersuchung der Funktion mit den Schülerinnen und Schülern ist es im Prinzip egal, von welchem Speicherzustand man bei Beginn der Betrachtungen ausgeht. Ist er gesetzt, führt der zweite NOR-Baustein am Ausgang ein 1-Signal, wenn er rückgesetzt ist ein 0-Signal. Wenn man sich einmal festgelegt hat, kann man den Zyklus in sinnvoller Abfolge durchspielen: FF ist rückgesetzt – FF wird gesetzt – FF ist gesetzt – FF wird rückgesetzt.

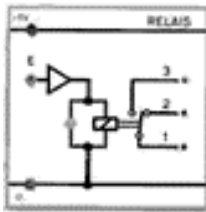
In der Praxis ist den beiden NOR-Bausteinen noch eine Schaltung vorangestellt, die das Signalpaar S=1 und R=1 verhindert. Dieses Signalpaar macht nämlich keinen Sinn, da sich diesem Signalpaar kein eindeutiges Signal am Ausgang zuordnen lässt. Zu beachten ist, dass viele handelsübliche FLIPFLOPs, so auch die von Logitron, mit 0-Signalen gesetzt bzw. rückgesetzt werden. Beide Schaltungen befinden sich auf dem Lösungsblatt zu [AB 1](#). Außerdem sind die Funktionen des integrierten Bausteins auf einem Infoblatt zusammengefasst (AB 9: Informationsblatt: RS-FLIPFLOP).

AB 2: Füllstandsregelung mit elektronischen Bauteilen

Hier geht es um eine einfache Anwendung des FLIPFLOPS. Zusätzlich werden zwei opto-elektronische Geber und ein Relais benötigt. Als Pumpe bietet sich eine Pumpe für die Scheibenwaschanlage eines PKW an. Preiswerte Kreiselpumpen für ca. € 3,- sind bei der Firma Winkler Schulbedarf (im Internet unter der Adresse: winklerschulbedarf.com) zu beziehen.



Die opto-elektronischen Geber werden an der unteren und oberen Grenze benötigt. Dazu wird an der oberen und unteren Grenze ein Photowiderstand angebracht, der mit dem Eingang E des opto-elektronischen Gebers verbunden ist. Ist dieser Photowiderstand beleuchtet, führt der Ausgang A ein 1-Signal, ist er nicht beleuchtet ein 0-Signal. Mit diesem Baustein kann also registriert werden, ob der Schwimmer die untere bzw. obere Grenze erreicht.



Das Relais schaltet um, wenn der Eingang E mit einem 1-Signal belegt wird. Es wird benötigt, um die Pumpe ein- bzw. auszuschalten.

Die Schaltung für die Füllstandsregelung ist auf dem [Lösungsblatt](#) angegeben. Alternativ lassen sich die gleichen Überlegungen an einem Förderband (z. B. realisiert mit Fischertechnik Bauteilen) anstellen.

AB 3: t-Speicher – Speicherung von Signalen mit 1→0-Signalwechseln

Mit dem t-Speicher lernen die Schülerinnen und Schüler einen Speicherbaustein kennen, der mit 1→0-Signalwechseln gesetzt bzw. rückgesetzt wird. Wenn die Schülerinnen und Schüler die Funktionsweise des t-Speichers wie auf dem Arbeitsblatt angegeben ausprobiert haben, lässt sich aus der Tabelle ersehen, dass sich der Speicherzustand nur bei 1→0-Signalwechseln ändert. Immer dann, wenn am Eingang T ein 1→0-Signalwechsel erfolgt, wird der t-Speicher gesetzt, wenn er vorher rückgesetzt war, bzw. rückgesetzt, wenn er vorher gesetzt war. Diese Eigenschaft ist insbesondere für Zählwerke von Bedeutung ([Lösung](#)).

Zu diesem Baustein ist auch ein Infoblatt ([AB 10](#): Informationsblatt: t-SPEICHER) beigelegt.

AB 4: Aus t-Speichern lässt sich ein Zählwerk bauen

Bei t-Speichern ist die Zahl der 1→0-Signalwechsel am Ausgang Q nur halb so groß wie die Zahl der 1→0-Signalwechsel am Eingang T (siehe Lösungsblatt zu AB 4). Im Vergleich mit einer Zuordnungstabelle für Dezimal- und Dualzahlen erkennen die Schülerinnen und Schüler, dass dies hier genauso ist. Für jede Stelle der Dualzahl wird ein t-Speicher benötigt, die wie auf dem Arbeitsblatt gezeigt, hintereinander geschaltet werden müssen ([siehe Lösungsblatt](#)).

AB 5: Zählwerk modulo-10

Ein Zählwerk modulo-10 (Zähldekade) kann aus einem Zählwerk modulo-16 abgeleitet werden. Ein Zählwerk modulo-16 besteht aus vier t-Speichern. Bei jedem zehnten Zählimpuls (1→0-Signalwechsel) muss es mit dem Zählerstand 0 zu zählen beginnen. Um zu verhindern, dass es bis zum Zählerstand 15 durchzählt, müssen bei jedem zehnten Zählimpuls alle t-Speicher rückgesetzt werden. Beim Rücksetzen ist zu bedenken, dass es nicht ausreicht, nur die t-Speicher rückzusetzen, die gesetzt sind, sondern am sinnvollsten alle. Beim Zählerstand zehn ist der t-Speicher für die Stelle 2^1 und 2^3 gesetzt. Würde man nur diese beiden rücksetzen, hätte dies am Eingang des t-Speichers für 2^2 einen 1→0-Signalwechsel zur Folge. Das Zählwerk würde dann mit der Vier zu zählen beginnen. Um derartigen Problemen aus dem Wege zu gehen, sollte man es sich zur Regel machen, stets alle t-Speicher rückzusetzen. Die Schaltung selbst kann dem [Lösungsblatt](#) zu AB 5 entnommen werden.

AB 6: Zählwerk modulo-100

Zur Herleitung eines Zählwerks modulo-100 lassen sich prinzipiell zwei Wege einschlagen. Man könnte es zum Beispiel aus einem Zählwerk modulo-128 ableiten, indem man beim 100. Zählimpuls alle sieben t-Speicher rücksetzt. Allerdings bringt die Lösung das Problem mit sich, wie der Zählerstand angezeigt werden kann. In der Praxis wird daher ein anderer Weg eingeschlagen. Man stellt dieses Zählwerk aus zwei Zähldekaden zusammen. Eine Zähldekade zählt die Einer-Stelle und eine zweite die Zehner-Stelle. Man benötigt für diese Lösung zwar mehr Bausteine, allerdings ist es einfach aus vorgefertigten „Standard“-Zähldekaden zusammenzusetzen. Die Schaltung selbst kann dem [Lösungsblatt](#) zu AB 6 entnommen werden.

AB 7: Zählwerk für einen Lottozahlengenerator

Der Lottozahlengenerator ist hier ein Zählwerk modulo-50. Seine Besonderheit ist, dass er nach dem fünfzigsten Zählimpuls mit dem Zählerstand 1 beginnt. Der t-Speicher für die 2^0 des Zählwerks der Einerstelle muss also nach dem fünfzigsten Zählimpuls gesetzt werden.

Die Schaltskizze befindet sich auf einem [Lösungsblatt](#).

AB 8a: Zählwerk für die Minuten bei einer Digitaluhr

Uhren beruhen auf Zählwerken. Im Grunde werden von ihnen die 1→0-Signalwechsel gezählt, die von einem Taktgeber in bestimmten Zeitabständen erzeugt werden. Erfolgen diese 1→0-Signalwechsel z. B. im Abstand von einer Minute, brauchen diese „Zählimpulse“ nur von einem Zählwerk modulo-60 (aus einer Zähldekade für die „Einer“ und einem Zählwerk modulo-6 für die „Zehner“) gezählt zu werden. Bei jedem sechzigsten Zählimpuls wird dann ein Zählwerk für die Stunden (Zählwerk modulo-24 aus einer Zähldekade für die „Einer“ und einem Zählwerk modulo-3 für die „Zehner“) hoch gezählt. Die Lösung befindet sich auf einem [Lösungsblatt](#).

AB 8b: Zählwerk für die Stunden bei einer Digitaluhr

Die Besonderheit bei dem Zählwerk für die Stunden ist, dass das Zählwerk für die Einer-Stunden, so lange das Zählwerk für die Zehner-Stunden noch nicht zwei anzeigt, von 0 bis 9 durchzählen muss, bei 24 aber beide Zählwerke sowohl für die Einer- und die Zehner-Stunden rückgesetzt werden müssen.

Im Unterricht wird dieses Zählwerk schrittweise entwickelt. Sinnvoll ist es, mit dem Zählwerk für die Minuten zu beginnen. Das Prinzip, komplexe Zählwerke aus einzelnen Zähleinheiten aufzubauen, kennen die Schülerinnen und Schüler bereits vom Zählwerk modulo-100 aus Zähldekaden. Die Herleitung eines Zählwerks modulo-6 erfolgt nach den gleichen Überlegungen wie bei der Herleitung der Zähldekade, mit dem Unterschied, dass bei dem Zählerstand sechs alle t-Speicher rückgesetzt werden müssen.

Das Problem, das beim Zählwerk für die Stunden auftritt, wurde vorstehend schon dargestellt. Schaltungstechnisch bedeutet das, dass das Zählwerk für die Einer-Stunden bei jedem zehnten Zählimpuls rückgesetzt werden muss und außerdem beim Zählerstand 24 (Zählerstand zwei bei den Zehner-Stunden und Zählerstand vier bei den Einer-Stunden). Die Schaltung ist auf dem Lösungsblatt angegeben. Es empfiehlt sich, die Schaltung mit Hilfe dieser Erläuterungen nachzuvollziehen. Die Lösung befindet sich auf einem [Lösungsblatt](#).

2.7 Ampelsteuerungen mit Zählwerken und Ringschieberegistern

Lerninhalt:

Anlagen zur Verkehrssteuerung werden offiziell als Lichtzeichenanlagen oder Lichtsignalanlagen, umgangssprachlich meistens als Ampeln bezeichnet. Sie werden zur Steuerung des fließenden Verkehrs, zur Verbesserung des Verkehrsflusses oder zur Entschärfung gefährlicher Verkehrssituationen eingesetzt. Sie dienen somit vor allem der Verkehrssicherheit. Typische Aufstellorte sind Kreuzungen und Einmündungen mit hohem Verkehrsaufkommen oder Unfallschwerpunkten, Fußgängerübergänge, Tunnel und Engstellen (z. B. bei Baustellen). Lichtzeichenanlagen steuern den Verkehr mit Hilfe der drei Signalfarben Grün, Gelb und Rot. Zur Regelung des Verkehrs werden diese Farben einzeln oder in Kombination angezeigt. Rot ist einheitlich auf der ganzen Welt immer oben, um Menschen mit Rot/Grün-Sehschwäche (Farbenblindheit) die Orientierung zu ermöglichen. In Deutschland werden vier Ampelphasen unterschieden: Rot (keine Einfahrerlaubnis), Rot-Gelb (Achtung, gleich wird die Erlaubnis zur Einfahrt gegeben), Grün (der Verkehr ist freigegeben) und Gelb (Achtung, Signalanlage wechselt gleich auf Rot).

Einen kompletten Durchlauf aller vier Ampelphasen bezeichnet man als Ampelzyklus. Die Längen der einzelnen Phasen sind in einem Signalzeitenplan so festgelegt, dass zwischen den Grün- und Rotzeiten die kritischen Verkehrsflächen geräumt werden können. Diese Zeiten heißen Zwischenzeiten oder Räumzeiten und werden anhand der Räumwege, Einfahrwege und Geschwindigkeiten ermittelt. Bei verkehrabhängiger Steuerung wird durch Einsatz von Detektoren die optimale Zeit für einen Ampelzyklus (Umlaufzeit) ermittelt. Die Umlaufzeit kann über einen gewissen Zeitraum konstant sein und per Tages- oder Wochenautomatik durch Umschaltung variiert werden. Auf diese Weise kann die Zeit für einen Ampelzyklus an unterschiedliches Verkehrsaufkommen (Berufs-, Tages- und Nachtverkehr usw.) flexibel angepasst werden. Üblicherweise liegt die Umlaufzeit zwischen 60 und 120 Sekunden.

Ampelsteuerungen lassen sich auf unterschiedliche Weise realisieren. Eine einfache Möglichkeit bieten Steuerwerke, die auf Zählwerken basieren. Sie sind preiswert herzustellen, jedoch wenig flexibel, wenn Änderungen des Ampelzyklus erforderlich werden. Aufwändiger sind Steuerwerke, die auf Ringschieberegistern beruhen. Ihre größere Flexibilität wird aber durch den höheren Preis des Steuerwerks erkauft. Ein Höchstmaß an Flexibilität bieten Ampelsteuerungen mit dem Computer. Der gegenüber den vorgenannten Möglichkeiten sehr hohe Preis wird dadurch wettgemacht, dass sie ohne großen Aufwand an die geforderten Bedingungen angepasst werden können. Zusammenfassend kann man also sagen, dass mit zunehmender Flexibilität der Preis für das Steuerwerk (Hardware) steigt.




Umsetzung im Unterricht:




Ampelanlagen sind den Schülerinnen und Schülern aus dem Alltag bekannt, die Überprüfung der richtigen Funktionsweise der Funktionsmodelle durch Schülerinnen und Schüler ist also leicht möglich. Eine selbsttätige Aneignung der Lerninhalte durch praktische Übungen ist auf jeden Fall zu ermöglichen. Die Planung von Ampelsteuerungen erweitert und vertieft Kenntnisse der Schaltalgebra. Die Vereinfachung von Termen wurde im Themenblock „Verarbeitung binärer Signale“ eingeübt. Anhand anschaulicher Beispiele können die Steuerwerke von den Schülerinnen und Schülern auf Grundlage des bisher Gelernten mit etwas Hilfe leicht geplant werden.

Steuerung einer Ampel mit einem Zählwerk

Aufgabe: Plane das Steuerwerk für eine Verkehrsampel. Ein Ampelzyklus ist in acht Zeitabschnitte (ZA) unterteilt: drei Zeitabschnitte Rot, einen Zeitabschnitt Rot-Gelb, drei Zeitabschnitte Grün und einen Zeitabschnitt Gelb. Das Steuerwerk beruht also auf einem Zählwerk modulo-8 und benötigt deshalb 3 Dualziffern Q_0 , Q_1 , Q_2 .

Zuordnungstabelle:

ZA	Q_0	Q_1	Q_2			
0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	1	0	0
2	0	1	0	1	0	0
3	1	1	0	1	1	0
4	0	0	1	0	0	1
5	1	0	1	0	0	1
6	0	1	1	0	0	1
7	1	1	1	0	1	0

Um das Steuerwerk planen zu können, müssen zunächst die Funktionsgleichungen für die einzelnen Ampelleuchten in der *disjunktiven Normalform* aufgeschrieben werden. Dazu werden alle Kombinationen der unabhängigen Variablen (Q_0 , Q_1 , Q_2), für die die abhängige Variable (,  und ) den Wert 1 hat, als Konjunktionen geschrieben und disjunktiv miteinander verknüpft. Hat die unabhängige Variable den Wert 0, wird sie negiert eingesetzt.

$$Z_{\text{Rot}} = (\overline{Q_0} \wedge \overline{Q_1} \wedge \overline{Q_2}) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1} \wedge \overline{Q_2}) \vee (\overline{Q_0} \wedge Q_1 \wedge \overline{Q_2}) \vee (Q_0 \wedge Q_1 \wedge \overline{Q_2})$$

Vereinfachung:

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_2} \wedge [(\overline{Q_0} \wedge \overline{Q_1}) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1}) \vee (\overline{Q_0} \wedge Q_1) \vee (Q_0 \wedge Q_1)]$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_2} \wedge [\overline{Q_0} \wedge (\overline{Q_1} \vee Q_1) \vee Q_0 \wedge (\overline{Q_1} \vee Q_1)]$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_2} \wedge [(\overline{Q_0} \wedge 1) \vee (Q_0 \wedge 1)]$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_2} \wedge (\overline{Q_0} \vee Q_0)$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_2} \wedge 1$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_2}$$

$$Z_{\text{Gelb}} = (Q_0 \wedge Q_1 \wedge \overline{Q_2}) \vee (Q_0 \wedge Q_1 \wedge Q_2)$$

Vereinfachung:

$$Z_{\text{Gelb}} = Q_0 \wedge [(Q_1 \wedge \overline{Q_2}) \vee (Q_1 \wedge Q_2)]$$

$$Z_{\text{Gelb}} = Q_0 \wedge [Q_1 \wedge (\overline{Q_2} \vee Q_2)]$$

$$Z_{\text{Gelb}} = Q_0 \wedge (Q_1 \wedge 1)$$

$$Z_{\text{Gelb}} = Q_0 \wedge Q_1$$

$$Z_{\text{Grün}} = (\overline{Q_0} \wedge \overline{Q_1} \wedge Q_2) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1} \wedge Q_2) \vee (\overline{Q_0} \wedge Q_1 \wedge Q_2)$$

Vereinfachung:

$$Z_{\text{Grün}} = Q_2 \wedge [(\overline{Q_0} \wedge \overline{Q_1}) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1}) \vee (\overline{Q_0} \wedge Q_1)]$$

$$Z_{\text{Grün}} = Q_2 \wedge [\overline{Q_0} \wedge (\overline{Q_1} \vee Q_1) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1})]$$

$$Z_{\text{Grün}} = Q_2 \wedge [(\overline{Q_0} \wedge 1) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1})]$$

$$Z_{\text{Grün}} = Q_2 \wedge [\overline{Q_0} \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1})]$$

$$Z_{\text{Grün}} = Q_2 \wedge [(\overline{Q_0} \vee Q_0) \wedge (\overline{Q_0} \vee \overline{Q_1})]$$




$$Z_{\text{Grün}} = Q_2 \wedge [1 \wedge (\overline{Q_0} \vee \overline{Q_1})]$$

$$Z_{\text{Grün}} = Q_2 \wedge (\overline{Q_0} \vee \overline{Q_1})$$

An dieser Stelle kann den Schülerinnen und Schülern deutlich gemacht werden, welche Bedeutung die Regeln der Schaltalgebra zur Vereinfachung von Termen haben. Die Komplexität der Schaltung wird wesentlich geringer. In der Praxis bedeutet dies weniger Kosten für Herstellung und Wartung.

Aufgabe: Das Verkehrsaufkommen hat sich geändert. Plane das Steuerwerk für eine Verkehrsampel. Ein Ampelzyklus besteht jetzt aus zwei Zeitabschnitten Rot, einem Zeitabschnitt Rot-Gelb, vier Zeitabschnitten Grün und einem Zeitabschnitt Gelb. Plane das Steuerwerk.

Zuordnungstabelle:

ZA	Q ₀	Q ₁	Q ₂			
0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	1	0	0
2	0	1	0	1	1	0
3	1	1	0	0	0	1
4	0	0	1	0	0	1
5	1	0	1	0	0	1
6	0	1	1	0	0	1
7	1	1	1	0	1	0

$$Z_{\text{Rot}} = (\overline{Q_0} \wedge \overline{Q_1} \wedge \overline{Q_2}) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1} \wedge \overline{Q_2}) \vee (\overline{Q_0} \wedge Q_1 \wedge \overline{Q_2})$$

Vereinfachung:

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_2} \wedge [(\overline{Q_0} \wedge \overline{Q_1}) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1}) \vee (\overline{Q_0} \wedge Q_1)]$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_2} \wedge [\overline{Q_0} \wedge (\overline{Q_1} \vee Q_1) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1})]$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_2} \wedge [(\overline{Q_0} \wedge 1) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1})]$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_2} \wedge [\overline{Q_0} \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1})]$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_2} \wedge [(\overline{Q_0} \vee Q_0) \wedge (\overline{Q_0} \vee \overline{Q_1})]$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_2} \wedge [1 \wedge (\overline{Q_0} \vee \overline{Q_1})]$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_2} \wedge (\overline{Q_0} \vee \overline{Q_1})$$

$$Z_{\text{Gelb}} = (\overline{Q_0} \wedge Q_1 \wedge \overline{Q_2}) \vee (Q_0 \wedge Q_1 \wedge Q_2)$$

Vereinfachung:

$$Z_{\text{Gelb}} = Q_1 \wedge [(\overline{Q_0} \wedge \overline{Q_2}) \vee (Q_0 \wedge Q_2)]$$

$$Z_{\text{Gelb}} = Q_1 \wedge (Q_0 \equiv Q_2)$$

$$Z_{\text{Grün}} = (Q_0 \wedge Q_1 \wedge \overline{Q_2}) \vee (\overline{Q_0} \wedge \overline{Q_1} \wedge Q_2) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1} \wedge Q_2) \vee (\overline{Q_0} \wedge Q_1 \wedge Q_2)$$

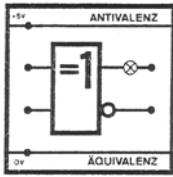
Vereinfachung:

$$Z_{\text{Grün}} = Q_1 \wedge [(Q_0 \wedge \overline{Q_2}) \vee (\overline{Q_0} \wedge Q_2)] \vee \overline{Q_1} \wedge [(\overline{Q_0} \wedge Q_2) \vee (Q_0 \wedge Q_2)]$$

$$Z_{\text{Grün}} = Q_1 \wedge (Q_0 \neq Q_2) \vee \overline{Q_1} \wedge [Q_2 \wedge (\overline{Q_0} \vee Q_0)]$$

$$Z_{\text{Grün}} = Q_1 \wedge (Q_0 \neq Q_2) \vee \overline{Q_1} \wedge [Q_2 \wedge 1]$$

$$Z_{\text{Grün}} = Q_1 \wedge (Q_0 \neq Q_2) \vee (\overline{Q_1} \wedge Q_2)$$



Der Einfachheit halber verwendet man hier einen ANTI-VALENZ/ÄQUIVALENZ-Baustein. Der ANTI-VALENZ/ÄQUIVALENZ-Baustein ist ein integrierter Baustein.

						Antivalenz (\neq)
A	B	\bar{A}	\bar{B}	$\bar{A} \wedge B$	$A \wedge \bar{B}$	$(\bar{A} \wedge B) \vee (A \wedge \bar{B})$
0	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0	1
1	0	0	1	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0

Der Ausgang (oben) eines ANTIVALENZ-Bausteins führt nur dann ein 1-Signal, wenn die beiden Eingänge mit unterschiedlichen Signalen (1 und 0 oder 0 und 1) belegt sind.

							Äquivalenz (\equiv)
A	B	\bar{A}	\bar{B}	$A \wedge B$	$\bar{A} \wedge \bar{B}$	$(A \wedge B) \vee (\bar{A} \wedge \bar{B})$	
0	0	1	1	0	1	1	
0	1	1	0	0	0	0	
1	0	0	1	0	0	0	
1	1	0	0	1	0	1	

Entsprechend führt beim ÄQUIVALENZ-Baustein der Ausgang (unten) immer dann ein 1-Signal, wenn die beiden Eingänge mit dem gleichen Signal (0 und 0 bzw. 1 und 1) belegt sind.

Beim Vergleich der beiden Steuerwerke wird deutlich, dass Ampelsteuerungen, die auf Zählwerken basieren, äußerst unflexibel sind. Ändert sich das Verkehrsaufkommen so, dass eine Abänderung des Ampelzyklus erforderlich wird, muss ein völlig neues Zählwerk geplant und hergestellt werden. Für eine Ampelsteuerung mit Zählwerken spricht allerdings, dass sie relativ preiswert herzustellen sind.

Aufgabe: Ergänze das Steuerwerk für die Verkehrsampel um eine Ampel für Fußgänger, so dass sie an einem Zebrastreifen eingesetzt werden kann. Ein Ampelzyklus besteht aus drei Zeitabschnitten Rot, einem Zeitabschnitt Rot-Gelb, drei Zeitabschnitten Grün und einem Zeitabschnitt Gelb. Die Fußgänger haben drei Zeitabschnitte Grün während der Rotphase für die Autos. Plane das Steuerwerk!

Zuordnungstabelle:

ZA	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Autos			Fußgänger	
				●	●	●	●	●
0	0	0	0	1	0	0	0	1
1	1	0	0	1	0	0	0	1
2	0	1	0	1	0	0	0	1
3	1	1	0	1	1	0	1	0
4	0	0	1	0	0	1	1	0
5	1	0	1	0	0	1	1	0
6	0	1	1	0	0	1	1	0
7	1	1	1	0	1	0	1	0

Fußgängerampel:

$$Z_{\text{Grün}} = (\overline{Q_0} \wedge \overline{Q_1} \wedge \overline{Q_2}) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1} \wedge \overline{Q_2}) \vee (\overline{Q_0} \wedge Q_1 \wedge \overline{Q_2})$$

Vereinfachung:

$$Z_{\text{Grün}} = \overline{Q_2} \wedge [(\overline{Q_0} \wedge \overline{Q_1}) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1}) \vee (\overline{Q_0} \wedge Q_1)]$$

$$Z_{\text{Grün}} = \overline{Q_2} \wedge [\overline{Q_0} \wedge (\overline{Q_1} \vee Q_1) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1})]$$

$$Z_{\text{Grün}} = \overline{Q_2} \wedge [(\overline{Q_0} \wedge 1) \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1})]$$

$$Z_{\text{Grün}} = \overline{Q_2} \wedge [\overline{Q_0} \vee (Q_0 \wedge \overline{Q_1})]$$

$$Z_{\text{Grün}} = \overline{Q_2} \wedge [(\overline{Q_0} \vee Q_0) \wedge (\overline{Q_0} \vee \overline{Q_1})]$$

$$Z_{\text{Grün}} = \overline{Q_2} \wedge [1 \wedge (\overline{Q_0} \vee \overline{Q_1})]$$

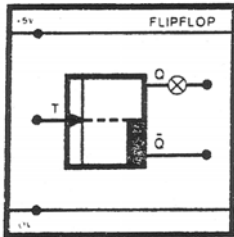
$$Z_{\text{Grün}} = \overline{Q_2} \wedge (\overline{Q_0} \vee \overline{Q_1})$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Z_{\text{Grün}}}$$

Ampelsteuerungen mit einem Ringschieberegister bieten wesentliche Vorteile gegenüber Steuerungen mit Zählwerken. Diese Steuerungen lassen sich programmieren, so dass bei Veränderung des Ampelzyklus nur das Steuerprogramm, nicht aber die Schaltung für das Steuerwerk geändert werden muss.

Für Ringschieberegister werden so genannte JK-MASTER-SLAVE-FLIPFLOPs benötigt. Ein JK-Master-Slave-Flipflop verfügt gegenüber dem normalen Flipflop über

die beiden Vorbereitungseingänge J und K, mit denen das Verhalten des Speichers beeinflusst werden kann.



J und K sind die beiden Vorbereitungseingänge, T ist der Eingang des t-Speichers und Q der Ausgang des Speichers. In Abhängigkeit von der Belegung der Vorbereitungseingänge J und K ändert sich bei einem 1→0-Signalwechsel an T das Speicherverhalten wie folgt:




J	K	Speicherverhalten
0	0	FF kann weder gesetzt noch rückgesetzt werden
0	1	FF kann nur gesetzt werden (wenn es rückgesetzt ist)
1	0	FF kann nur rückgesetzt werden (wenn es gesetzt ist)
1	1	FF arbeitet wie ein normaler t-Speicher

Mehrere JK-Flipflops lassen sich nun zu einem Schieberegister zusammenschalten. Sind der Ausgang Q des letzten FFs und der Eingang J des ersten FFs sowie der Ausgang \bar{Q} des letzten FFs und der Eingang K des ersten FFs miteinander verbunden, spricht man von einem Ringschieberegister (siehe AB „Ringschieberegister“). Innerhalb eines solchen Ringschieberegisters können nun Signale (Bitmuster) verschoben werden (siehe Lösung zu AB „Ringschieberegister“).

Die Aufgabenstellungen, die oben mit Zählwerken realisiert wurden, sollen nun mit einem Ringschieberegister gelöst werden. Es ergibt sich folgende Zuordnungstabelle:

ZA	●	●	●	Zu- stand
0	1	0	0	1
1	1	0	0	
2	1	0	0	
3	1	1	0	2
4	0	0	1	3
5	0	0	1	
6	0	0	1	
7	0	1	0	4

Diese Zustände werden den möglichen Zuständen der letzten beiden JK-Flipflops des Ringschieberegisters zugeordnet:

Q _o	Q _u				Zu- stand	ZA
0	0	1	0	0	1	3
0	1	1	1	0	2	1
1	0	0	0	1	3	3
1	1	0	1	0	4	1

Um zu ermitteln, wie die Ampelleuchten an das Ringschieberegister anzuschließen sind, müssen wieder die Funktionsgleichungen aufgestellt werden:

$$Z_{\text{Rot}} = (\overline{Q_0} \wedge \overline{Q_u}) \vee (\overline{Q_0} \wedge Q_u)$$

Vereinfachung:

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_0} \wedge (\overline{Q_u} \vee Q_u)$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_0} \wedge 1$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Q_0}$$

$$Z_{\text{Grün}} = (Q_0 \wedge \overline{Q_u})$$

$$Z_{\text{Gelb}} = (\overline{Q_0} \wedge Q_u) \vee (Q_0 \wedge Q_u)$$

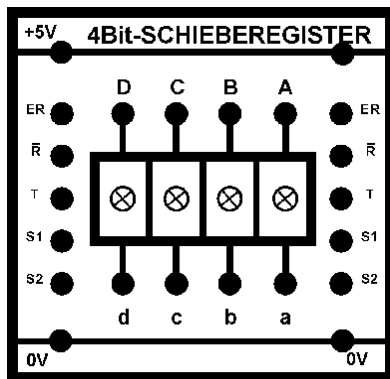
Vereinfachung:

$$Z_{\text{Gelb}} = Q_u \wedge (\overline{Q_0} \vee Q_0)$$

$$Z_{\text{Gelb}} = Q_u \wedge 1$$

$$Z_{\text{Gelb}} = Q_u$$

Da bei einem Ampelzyklus vier Zustände unterschieden werden müssen, wird ein zweistufiges Ringschieberegister benötigt, wobei die beiden Stufen im gleichen Takt geschaltet werden müssen (siehe Arbeitsblatt „Ampelsteuerung mit einem Ringschieberegister“). Die Ringschieberegister können aus einzelnen Flipflops aufgebaut werden. Zweckmäßiger ist es jedoch, diese aus dem integrierten Baustein, einem 4-Bit-Schieberegister, aufzubauen.



Das links abgebildete Schieberegister besteht aus vier Flipflops. Der Eingang T entspricht dem Eingang T eines Flipflops. In Abhängigkeit von der Belegung der Eingänge S1 und S2 lässt sich die Schieberichtung beeinflussen. Ist S1 mit einem 1-Signal und S2 mit einem 0-Signal belegt, werden die Signale nach rechts geschoben. Die Ausgangssignale der einzelnen Flipflops können an den Leuchtdioden abgelesen werden. Leuchtet die betreffende Leuchtdiode, führt der betreffende Flipflop am Ausgang ein 1-Signal, leuchtet sie nicht, führt er ein 0-Signal.

Weitere Details können der Lösung zu AB 6 entnommen werden.

Die Ampel soll nun mit einem Ringschieberegister gesteuert werden.

Zustand	A ₀	A _u	●	●	●	Zeitab- schnitte
1	0	0	1	0	0	3
2	1	0	1	1	0	1
3	0	1	0	0	1	3
4	1	1	0	1	0	1

$$Z_{\text{Rot}} = (\overline{A_o} \wedge \overline{A_u}) \vee (A_o \wedge \overline{A_u})$$

Vereinfachung:

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{A_u} \wedge [\overline{A_o} \vee A_o]$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{A_u} \wedge 1$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{A_u}$$

$$Z_{\text{Gelb}} = (A_o \wedge \overline{A_u}) \vee (A_o \wedge A_u)$$

Vereinfachung:

$$Z_{\text{Gelb}} = A_o \wedge [\overline{A_u} \vee A_u]$$

$$Z_{\text{Gelb}} = A_o \wedge [1]$$

$$Z_{\text{Gelb}} = A_o$$

$$Z_{\text{Grün}} = (\overline{A_o} \wedge A_u)$$

Daraus ergibt sich das Steuerprogramm:

1	0	0	0	1	0	0	0	A _o
1	1	1	1	0	0	0	0	A _u

Bei Änderung des Ampelzyklus braucht nur das Steuerprogramm geändert zu werden. An der Schaltung selbst ändert sich nichts:

1	0	0	0	0	1	0	0	A _o
1	1	1	1	1	0	0	0	A _u

Wenn die Ampeln an einem Fußgängerübergang mit einem Ringschieberegister gesteuert werden sollen, ergibt sich folgende Zuordnungstabelle:

	Zustand	A ₀	A _u	●	●	●	●	●	Zeitabschnitte
	1	0	0	1	0	0	0	1	3
	2	1	0	1	1	0	1	0	1
	3	0	1	0	0	1	1	0	3
	4	1	1	0	1	0	1	0	1

Das Steuerwerk nimmt vier verschiedene Zustände ein.

Autos :

$$Z_{\text{Rot}} = (\overline{A_o} \wedge \overline{A_u}) \vee (A_o \wedge \overline{A_u})$$

Vereinfachung :

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{A_u} \wedge (\overline{A_o} \vee A_o)$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{A_u} \wedge 1$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{A_u}$$

$$Z_{\text{Gelb}} = (A_o \wedge \overline{A_u}) \vee (A_o \wedge A_u)$$

Vereinfachung :

$$Z_{\text{Gelb}} = A_o \wedge (\overline{A_u} \vee A_u)$$

$$Z_{\text{Gelb}} = A_o \wedge 1$$

$$Z_{\text{Gelb}} = A_o$$

$$Z_{\text{Grün}} = (\overline{A_o} \wedge A_u)$$

Fußgänger

$$Z_{\text{Grün}} = (\overline{A_o} \wedge \overline{A_u})$$

$$Z_{\text{Rot}} = \overline{Z_{\text{Grün}}}$$

Daraus ergibt sich das Steuerprogramm:

1	0	0	0	1	0	0	0	A ₀
1	1	1	1	0	0	0	0	A _u

Erläuterungen zu den Arbeitsblättern:

Hier folgen nur noch ergänzende Anmerkungen zu den Arbeitsblättern. Die einzelnen Aufgaben sind - mit Angabe der Lösungsansätze - unter dem Punkt Lerninhalte beschrieben.

Dem Thema sind 11 Arbeitsblätter zugeordnet:

- AB 1a Ampelsteuerung mit einem Zählwerk
- AB 1b Ampelsteuerung mit einem Zählwerk
- AB 2 Infoblatt: ANTIVALENZ/ÄQUIVALENZ-Baustein
- AB 3 Ampelsteuerung an einem Fußgängerübergang
- AB 4 Das JK-Master-Slave Flipflop
- AB 5 Infoblatt: Das JK-MASTER-SLAVE FLIPFLOP
- AB 6 Ringschieberegister
- AB 7 4-Bit-Schieberegister
- AB 8a Ampelsteuerung mit einem Ringschieberegister
- AB 8b Ampelsteuerung mit einem Ringschieberegister
- AB 9 Ampelsteuerung an einem Fußgängerübergang mit einem Ringschieberegister

AB 1a/1b: Ampelsteuerung mit einem Zählwerk

Die Aufgaben sowie die Lösungen sind oben bei der „Umsetzung im Unterricht“ angegeben. Ein Lösungsblatt mit der vollständigen Schaltskizze liegt bei. Im Unterrichtsgespräch ist auf jeden Fall herauszustellen, dass bei einer Veränderung des Ampelzyklus ein völlig neues Steuerwerk erforderlich ist, damit deutlich wird, dass Ampelsteuerungen, die auf Zählwerken beruhen, wenig flexibel sind. Lösung zu [AB 1a](#), Lösung zu [AB 1b](#)

AB 2: Infoblatt: ANTIVALENZ/ÄQUIVALENZ-Baustein

Der Antivalenz/Äquivalenz-Baustein ist ein integrierter Baustein. Er ist nicht zwingend erforderlich, jedoch können mit diesem Baustein Schaltungen vereinfacht werden. Der Antivalenz-Baustein führt am Ausgang ein 1-Signal, wenn seine beiden Eingänge mit unterschiedlichen Signalen belegt sind. Sein negierter Ausgang (Äquivalenz) führt ein 1-Signal, wenn seine beiden Eingänge mit gleichen Signalen belegt sind. [Lösung](#)

AB 3: Ampelsteuerung an einem Fußgängerübergang

Die Aufgabe sowie die Lösung sind oben bei der „Umsetzung im Unterricht“ angegeben. Als weitere Übung zur Vertiefung wird hier die Ampelsteuerung von Arbeitsblatt

1a durch eine Fußgängerampel ergänzt. Auf dem [Lösungsblatt](#) ist nur die Schaltung für die Fußgängerampel eingezeichnet.

AB 4: Das JK-Master-Slave Flipflop

Das JK-Master-Slave Flipflop ist der Grundbaustein für Schieberegister. Mithilfe des Arbeitsblatts kann den Schülerinnen und Schülern die Arbeitsweise des JK-Master-Slave Flipflops nahe gebracht werden. Die Schülerinnen und Schüler erproben den neuen Baustein und erarbeiten sich so die Funktion der beiden Vorbereitungseingänge.

Auf dem Arbeitsblatt ist die Experimentieranleitung für die Schülerinnen und Schüler zu entnehmen. Mögliche Lösungen können dem ausgefüllten [Lösungsblatt](#) entnommen werden.

AB 5: Informationsblatt: JK-Master-Slave Flipflop

Auf dem Informationsblatt sind die wichtigsten Eigenschaften des JK-Master-Slave Flipflop zusammen gefasst. Ein [Lösungsblatt](#) liegt bei.

AB 6: Ringschieberegister

Am Beispiel eines Lauflichtes wird die Arbeitsweise eines Ringschieberegisters veranschaulicht. Mit Hilfe der Tabelle kann das Ringschieberegister untersucht werden. Die Lösung kann dem [Lösungsblatt](#) entnommen werden.

AB 7: 4-Bit-Schieberegister

Im 4-Bit-Schieberegister sind vier Flipflops zu einem Schieberegister zusammen gefasst. Die Eigenschaften des Bausteins sind auf dem Arbeitsblatt beschrieben. Logitron stellt zwei Schieberegister-Bausteine zur Verfügung: Ein 4-Bit-R/L-Schieberegister (Bestellnummer: 1054/€ 68,-) und ein 8-Bit-R-Schieberegister (Bestellnummer: 1055/€ 56,-). [Lösung](#)

AB 8a/8b: Ampelsteuerung mit einem Ringschieberegister

Die Ampelanlagen, die beim Einstieg in diesen Themenbereich noch mit Steuerwerken auf der Grundlage von Zählwerken gesteuert wurden, werden jetzt mit Ringschieberegistern gesteuert. Im Unterrichtsgespräch muss herausgestellt werden, dass bei einer Veränderung des Ampelzyklus lediglich das Ringschieberegister neu programmiert werden muss. Ansonsten bleibt die Schaltung gleich. Mit etwas mehr „Hardware“-Aufwand erreicht man eine deutlich größere Flexibilität. Die Lösungen sind oben bei „Umsetzung im Unterricht“ beschrieben, die Schaltskizzen können den Lösungsblättern entnommen werden. Auf dem Lösungsblatt [8b](#) ist die Schaltung identisch mit der auf Lösungsblatt [8a](#). Hier ist daher nur das Steuerprogramm eingetragen.

AB 9: Ampelsteuerung an einem Fußgängerübergang mit einem Ringschieberegister

Die Ampelanlage nimmt während des Ampelzyklus gegenüber dem vorhergehenden Beispiel jetzt fünf verschiedene Zustände ein. Ein zweistufiges Ringschieberegister kann höchstens vier unterschiedliche Zustände einnehmen. Aus diesem Grund ist für diese Steuerung ein dreistufiges Ringschieberegister erforderlich. Von den acht möglichen Zuständen werden jedoch nur fünf genutzt. Die Lösung ist oben bei „Umsetzung im Unterricht“ beschrieben, die Schaltskizze kann dem [Lösungsblatt](#) entnommen werden.

2.8 Ampelsteuerungen mit dem Computer

Lerninhalt:

Ampelsteuerungen mit dem Computer bieten ein Höchstmaß an Flexibilität, weil sie ohne großen Aufwand an die geforderten Bedingungen angepasst werden können. Bei diesen Steuerungen wird das Steuerprogramm vom Computer abgearbeitet.

Bei der Ampelsteuerung mit dem Computer geht es im Wesentlichen darum, dass die Schülerinnen und Schüler das Steuerprogramm für den Computer entwickeln. Die hier aufgeführten Beispiele werden mithilfe der grafischen Programmiersprache RoboPro der Firma Fischertechnik realisiert. Eine Demoversion kann aus dem Internet unter der Adresse www.fischertechnik.de/de/computing/download.html heruntergeladen werden. Allerdings können mit der Demoversion keine Peripheriegeräte angesteuert werden. Diese grafische Programmieroberfläche für Windows 98, ME, NT, 2000 und XP bietet für die Schülerinnen und Schüler einen einfachen Einstieg, da lediglich die Ablaufpläne aus verschiedenen vorgegebenen Softwarebausteinen programmiert werden müssen.

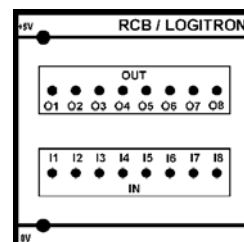


Über ein geeignetes Interface, wie zum Beispiel der Robo Connect Box (Abb. links) der Firma Knobloch GmbH, die über eine USB-Schnittstelle mit dem Computer verbunden wird (Informationen im Internet unter der Adresse www.knobloch-gmbh.de/elektr/rcb.htm), kann das den Schülerinnen und Schülern aus den vorangegangenen Unter-

richtsbeispielen bekannte Logitron Lehrgerätesystem im Onlinemodus angesteuert werden.

Bei der Installation darf die Robo Connect Box zunächst nicht an den Rechner angeschlossen werden, da vorher die RoboPro-Software installiert werden muss. Da auf der CD nicht die aktuelle RoboPro-Version geliefert wird, muss nach der Installation unbedingt ein Update durchgeführt werden (in RoboPro/Hilfe/neue Version downloaden). Wird diese installiert, wird die alte Version automatisch überschrieben. Nun kann die Robo Connect Box (RCB) an den Computer angeschlossen werden. Anschließend ist nur noch der Treiber, wie in der Bedienungsanleitung beschrieben, zu installieren und in RoboPro der COM/USB-Button zu betätigen und USB auszuwählen.

Logitron stellt passend dazu den RCB/Logitron-Adapter (Abb. rechts) zur Verfügung. Über acht Leitungen (OUT) können Daten ausgegeben werden und über acht weitere (IN) eingelesen werden. Dieser Baustein wird über die Robo Connect Box mit dem Computer verbunden.



Diese Kombination aus RoboPro, Robo Connect Box und RCB/Logitron-Adapter stellt eine preisgünstige Lösung dar, mit der eine Vielzahl von Beispielen realisiert werden kann. Einige davon sind unten beschrieben.

Umsetzung im Unterricht:

In einem ersten Beispiel soll das Steuerprogramm für eine Verkehrsampel entwickelt werden, bei der ein Ampelzyklus in acht Zeitabschnitte (ZA) unterteilt ist: drei Zeitabschnitte Rot, einen Zeitabschnitt Rot-Gelb, drei Zeitabschnitt Grün und einen Zeitabschnitt Gelb.

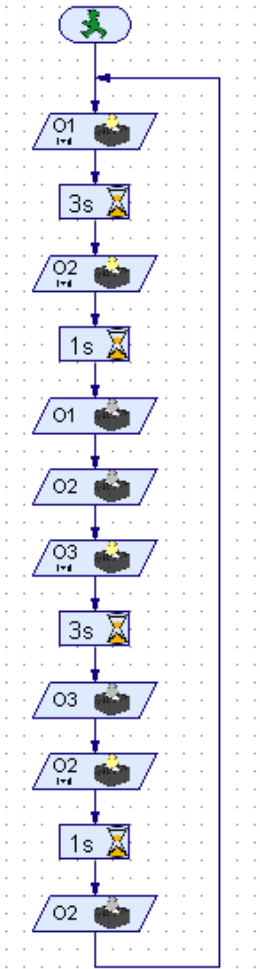
Die Zuordnungstabelle ergibt sich zu:

ZA	●	●	●	Ampelphase	Dauer
0	1	0	0	1	3
1	1	0	0		
2	1	0	0		
3	1	1	0	2	1
4	0	0	1	3	3
5	0	0	1		
6	0	0	1		
7	0	1	0	4	1

Belegung der Ausgänge am RCB/Logitron-Adapter:

RCB/Logitron-Adapter															Ampelphase	Dauer		
Ausgang								Eingang										
O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8			
●	●	●																
1	0	0															1	3
1	1	0															2	1
0	0	1															3	3
0	1	0															4	1

Das ROBO Pro-Steuerprogramm sieht dann folgendermaßen aus:



Die Richtigkeit des Steuerprogramms kann direkt an der Ampel überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden.

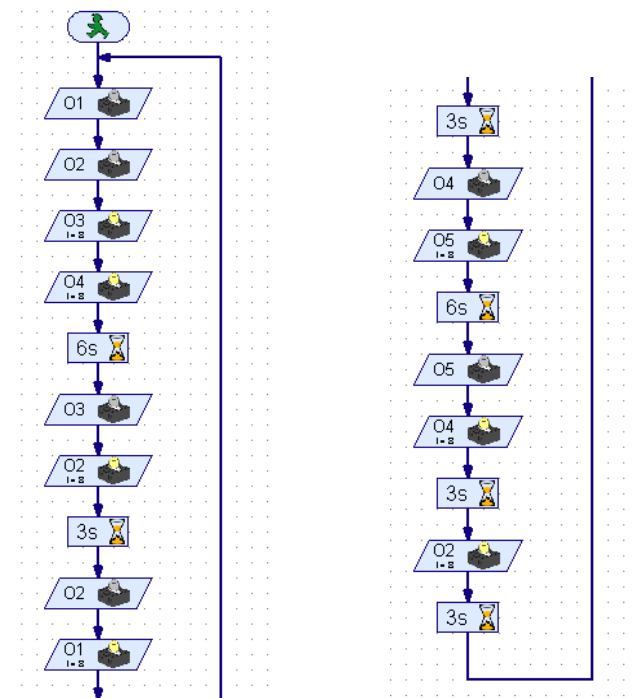
In einem zweiten Beispiel soll die Verkehrsampel um eine Fußgängerampel erweitert werden. Die Zuordnungstabelle ist nachfolgend abgebildet:

ZA						Ampelphase	Dauer
0	0	0	1	1	0	1	3
1	0	0	1	1	0		
2	0	0	1	1	0		
3	0	1	0	1	0	2	1
4	1	0	0	1	0	3	1
5	1	0	0	0	1	4	3
6	1	0	0	0	1		
7	1	0	0	0	1		
8	1	0	0	1	0	5	1
9	1	1	0	1	0	6	1

Belegung der Ausgänge am RCB/Logitron-Adapter:

RCB/Logitron-Adapter																	
Ausgang								Eingang								Ampelphase	Dauer
O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8		
0	0	1	1	0												1	3
0	1	0	1	0												2	1
1	0	0	1	0												3	1
1	0	0	0	1												4	3
1	0	0	1	0												5	1
1	1	0	1	0												6	1

Das ROBO Pro-Steuerprogramm sieht dann folgendermaßen aus (der besseren Übersichtlichkeit wegen ist es in zwei Teile unterteilt):



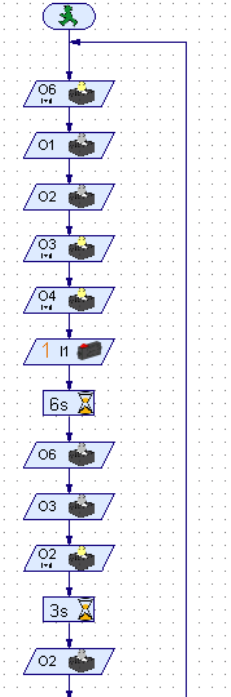
Teil 1 des Steuerprogramms Teil 2 des Steuerprogramms

In einem dritten Beispiel soll diese Ampel um einen Taster erweitert werden, mit dem Fußgänger bei Bedarf Grün anfordern können. Damit die Fußgänger den Taster nicht die ganze Zeit betätigen müssen, muss das Signal mit Hilfe eines Flipflops gespeichert werden. Der Zustand des Flipflops wird über I1 eingelesen. Damit der Flipflop nach der Umschaltung auf Grün wieder rückgesetzt wird, wird er mit einem 0-Signal über O6 rückgesetzt. Wichtig ist, dass der Rücksetzeingang des Flipflops anschließend wieder mit einem 1-Signal belegt wird, da er sonst nicht erneut gesetzt werden kann.

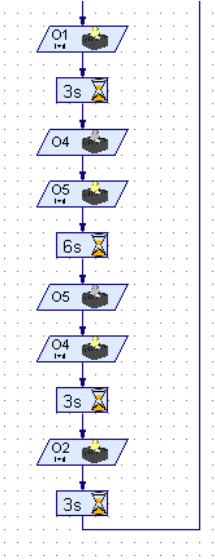
Belegung der Ausgänge am RCB/Logitron-Adapter:

RCB/Logitron-Adapter															Ampelphase	Dauer	
Ausgang								Eingang									
O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8		
					\bar{R}			Q									
0	0	1	1	0												1	3
0	1	0	1	0												2	1
1	0	0	1	0												3	1
1	0	0	0	1												4	3
1	0	0	1	0												5	1
1	1	0	1	0												6	1

Das ROBO Pro-Steuerprogramm sieht dann folgendermaßen aus (der besseren Übersichtlichkeit wegen ist es wieder in zwei Teile unterteilt):



Teil 1 des Steuerprogramms



Teil 2 des Steuerprogramms

Erläuterungen zu den Arbeitsblättern:

Dem Thema sind 3 Arbeitsblätter und eine Kopiervorlage zugeordnet:

- **AB 1** – Steuerung einer Ampel mit dem Computer
- **AB 2** – Steuerung einer Ampel an einem Fußgängerübergang mit dem Computer
- **AB 3** – Steuerung einer Ampel an einem Fußgängerübergang mit dem Computer (mit Grünanforderung)
- **KV 1** – Belegungsplan RCB/Logitron-Adapter

AB 1: Steuerung einer Ampel mit dem Computer

Die Aufgabe sowie die Lösung sind oben bei der „Umsetzung im Unterricht“ angegeben. Ein **Lösungsblatt** mit der vollständigen Anschlusskizze liegt bei. Im Unterrichtsgespräch sollte die große Flexibilität im Hinblick auf die Veränderung des Ampelzyklus bei sich verändertem Verkehrsaufkommen hervorgehoben werden. Es sollte aber auch deutlich werden, dass die Kosten für diese Art der Steuerung am höchsten sind.

AB 2: Steuerung einer Ampel an einem Fußgängerübergang mit dem Computer

Die Gedanken zu dieser Aufgabe sind oben beschrieben. Im Grunde handelt es sich um die Ampel von AB 1, die hier um eine Fußgängerampel erweitert ist. Die Anschlussbelegung kann dem **Lösungsblatt** entnommen werden.

AB 3: Steuerung einer Ampel an einem Fußgängerübergang mit dem Computer (mit Grünanforderung)

Die Aufgabe sowie die Lösung sind oben bei der „Umsetzung im Unterricht“ angegeben. Als weitere Übung zur Vertiefung werden hier nicht nur Daten aus dem Computer ausgegeben, sondern auch Informationen eingelesen. Zur Speicherung der Information, dass ein Fußgänger Grün angefordert hat, ist ein FlipFlop notwendig (da man nicht möchte, dass der Fußgänger, bis er Grün bekommt, den Taster betätigt). Der FlipFlop muss nach dem Grün für die Fußgänger natürlich wieder rückgesetzt werden (O6). Damit am Rücksetzsignal nicht während der ganzen Zeit ein 0-Signal anliegt – er könnte dann nicht mehr gesetzt werden – muss er über O6 wieder mit einem 1-Signal belegt werden. Dem **Lösungsblatt** kann die Anschlussbelegung für dieses Beispiel entnommen werden.

KV 1: Belegungsplan RCB/Logitron-Adapter

Diese Kopiervorlage ist hilfreich, um die Überlegungen zum Steuerprogramm zu fixieren. Beispiele zur Ausführung des Belegungsplans siehe oben.