

# Von der manuellen Steuerung über die elektromagnetische Schaltung mit Relais zur elektronischen Steuereinrichtung – am Beispiel einer Modellbahnfahrt

## Teil 1

Von Dietrich Kadell

### „Auf der Suche nach einem „Bit“ im Technikunterricht“

Eine kleine Gruppe jetzt pensionierter **Fachkollegen im Fachverband Technikunterricht in Schleswig-Holstein e.V.** hat sich mit der Frage beschäftigt, welche in den 80er bis 90er Jahren bewährten Unterrichtseinheiten heute in den Curricula sehr selten vermerkt sind. Nach Beratung mit diesen Kollegen wurde das vorliegende Thema digital aufbereitet.

## Konzept des Unterrichtsprojektes

### Zurück zu überschaubaren Steuerungsfunktionen mit einfachen Aufgabenstellungen

Im Bemühen um die Beteiligung des Technikunterrichts an einer informationstechnischen Grundbildung finden programmierbare Robotic-Baukästen, Mikrocontroller-Boards und rechnergestützte, *numerisch* gesteuerte Werkzeugmaschinen Einzug in die Unterrichtspraxis. Die Kernelemente der modernen Steuerungs- und Regelungstechnik, nämlich die Mikroprozessoren selbst und ihre geräte-technische Nutzung, werden dabei unterrichtlich als sogenannte „Black Box“ benutzt. Die Black-Box-Methode ist wesentlicher Teil der Arbeitsabläufe in Handwerk und Industrie und somit unbestritten fester Bestandteil des Technikunterrichts.

Nun ist zu beobachten, dass physikalische Zusammenhänge zum Aufbau und zur Funktion von Artefakten der Technik im Unterricht oft ausgeklammert werden. Zum Beispiel werden komplizierte, mehrstufige Transistor-schaltungen nach Anweisung montiert,

zwar mit funktioneller Wirkung, jedoch ohne Schaltplanarbeit, ohne Vermittlung des Aufbaus und der Funktion der Halbleiterelemente und deren schaltungstechnisches Zusammenwirken.

In den 80er bis 90er Jahren war jedoch die fachdidaktische Diskussion u. a. von der Erkenntnis geprägt, dass Technik zwar weitreichend das Leben bestimmt, in Funktion und möglicher Wirkung jedoch vom Einzelnen undurchschaubar, auch beunruhigend wahrgenommen wird.

Um dem auf dem Gebiet der Digitaltechnik entgegenzuwirken, ermöglicht das vorliegende Unterrichtsprojekt den Schülerinnen und Schülern Lernprozesse, die beispielhaft Funktionen elektronischer Bauteile und deren funktionstechnisches Wirken in speziellen Schaltungen und Anlagen durchschaubar und realisierbar machen.

- **Es werden verschiedene Aufgaben zur Steuerungstechnik mit elektronischen Bauteilen und logischen Schaltungen der Digitaltechnik gelöst. Als zu steuernde Anlage dient beispielhaft die Fahrt einer Modellbahn auf kurzer Gleisstrecke.**

- Die geplanten Aufgabenfolgen führen schrittweise von manueller Steuerung über elektromagnetische Schaltungen mit Relais zu elektronischen Steuereinrichtungen mit durchschaubar logischen Grundschal-tungen.
- Im Zentrum der Aufgabenfolgen steht als Steuereinrichtung die 1-Bit-Speicherschaltung in Form bistabiler Kippstufen, genannt Flipflops.
- Die logischen Grundschal-tungen bestehen aus selbst gefertigten Logikgattern, die zu Steuereinrichtungen verknüpft die gleichen Schaltaufgaben realisieren wie die Relaisschal-tungen.
- Weiterführend werden die Funktionen der verknüpften Logikgatter schaltplanmäßig und real auf die Anschlüsse von IC-Chips der CMOS-Logikfamilie, 4000er Reihe übertragen.
- Dieses unterrichtliche Vorgehen kann durchaus als ein erster Schritt zur Einführung in die Digital- und Computertechnik verstanden werden. Das Black-Box-Prinzip wird weitgehend vermieden.

*Das Flipflop hat eine überragende Stellung in der Datentechnik. Alles, was sich hinter dem Begriff „Computer“ verbirgt, ist ohne Flipflop nicht denkbar. Das Flipflop-Prinzip ist Grundbaustein von Schaltungen mit speicherndem Charakter (ein Gedächtnis) und unverzichtbares Bauelement der Digitaltechnik und damit fundamentaler Bestandteil vieler elektronischer Schaltungen von der Quarzuhr bis zum Mikroprozessor (nach Glagla/Lindner, S. 162).*

**Konzeptionell wird erwartet, dass Schülerinnen und Schüler diese Funktionszusammenhänge realisieren, differenziert verstehen und motiviert erleben (Abb. 1).**

### 1. Aufgabenfolge:

Automatische Fahrtrichtungsänderung an den Endstationen ohne und mit Aufenthalt

- Handsteuerung, elektromagnetische Haltegliedsteuerung mit Relais



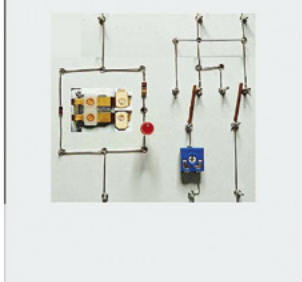
Steuerungstechnik	Steuerkette		
	Eingangsgröße (Sollwert)	Stellgröße	Steuergröße (Istwert)
	<b>Steuereinrichtung</b>	<b>Stellglied</b>	<b>Steuerstrecke</b>
Handsteuerung manuell	Mensch	Umpolschaltung mit zwei Wechselkontakten	↓ Störgrößen ↓ Drehrichtung und Drehzahl des E-Motors der Lok  Fahrstrecke der Modellbahn  
Haltegliedsteuerung elektromagnetisch	1 - Bit - Speicherschaltung Selbsthalteschaltung des Relais	Relais - Umpolschaltung mit zwei Wechselkontakten	
Haltegliedsteuerung elektronisch	1- Bit - Speicherschaltung RS und D-Flipflops CMOS-Logik-Chips  	Relais - Umpolschaltung  	

Abb. 1: Steuerketten im Überblick.

- digital-elektronische Haltegliedsteuerung mit verknüpften Logikgattern und mit Logikchips (ICs)

2. Aufgabenfolge:

Steuerung der Warnanlage am Bahnübergang mit Blinklicht und Tonsignal im Zweirichtungsbetrieb der Bahn auf eingleisiger Strecke

- Digital-elektronische Haltegliedsteuerung mit verknüpften Logikgattern und mit Logikchips (ICs)
- Diese 2. Aufgabenfolge ist wesentlich anspruchsvoller als die 1. Folge und nur mit einer speziellen Kombination von Flipflops, dem Master-Slave-Flipflop, zu realisieren.

**Steuerstrecke Modellbahnanlage** (Abb. 2)

Für die steuerungstechnischen Aufgabenfolgen wurde eine kurze Fahrstrecke einer Modellbahn gewählt.

Diese Anlage ist grundsätzlich austauschbar. Alternativ dazu wurden zum Beispiel im Unterricht andere Funktionsmodelle für die gleichen steuerungstechnischen Schaltungen eingesetzt:

- Seilbahn
- Transportband
- Abfüllanlage
- Schiebetür
- Fahrstuhl

**Aufbau der Schaltmodule nach dem Brettschaltungsprinzip**

Neben unterrichtlicher Nutzung von Leiterplatten (Platinen, gedruckte Schaltungen) hat sich die Brettschaltung als Träger elektrischer und elektronischer Bauteile bewährt.

Der Lehrmittelmarkt bietet Schaltmodule mit Heftzwecken als Lötstützpunkte an.

**Wir empfehlen das übersichtliche und im Unterricht bewährte Brettschaltungsprinzip von Glagla/Lindner (Lit.).**

Diese Art der Brettschaltung nutzt als Lötstützpunkte Aderendhülsen aus Messing, versilbert, als Schaltdraht Kupferdraht, versilbert.

Die Brettschaltungen haben den Vorteil, dass die fertige Schaltung genau dem Stromlaufplan entspricht.

Alle Bauteile liegen an den Stellen, die dem Plan entsprechen.

Alle Leitungen nehmen denselben geometrischen Verlauf wie im Schaltplan. Die Übereinstimmung zwischen Schaltplan und Schaltmodul ist leicht zu kontrollieren.

Die differenzierte Analyse von Stromlauf, Schaltvorgang und steuerungstechnischer Wirkung wird wesentlich unterstützt.

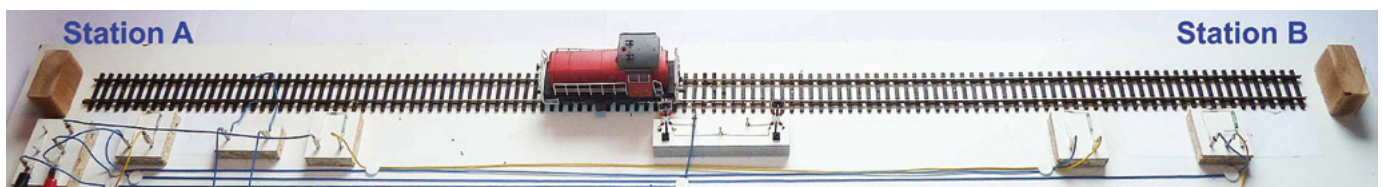


Abb. 2: Gleismodul.

Bei sorgfältiger handwerklicher Fertigung der Schaltmodule ist deren ästhetische und funktionelle Wirkung als wertvolles technisches Produkt offensichtlich und wird gerne von den Schülerinnen und Schülern auch im Elternhaus präsentiert.

### Unterrichtsbeispiel im curricularen Zusammenhang

Die geplanten elektrischen und elektronischen Schaltungen erfordern unterrichtlich vorlaufende und verfügbare Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler.

**Unerlässlich zum Erreichen der anspruchsvollen Lernziele dieser Unterrichtseinheit ist Basiswissen bezüglich einfacher Stromkreisschaltungen und im besonderen Maße Kenntnis von Funktion und Aufbau der zu nutzenden Halbleiterbauelemente. Das vorliegende Unterrichtsbeispiel ist also als Fortsetzung curricular vorausgegangener Unterrichtsinhalte zu verstehen.**

Für die Einführung in die Elektronik wurden erfolgreich die Arbeitsbögen des ALS-Verlages genutzt, s. Lit.-Nr. 1. Diese Arbeitsbögen sind heute noch erhältlich.

Auch auf fachgerechte Lötverbindungen, Lötausstattung, Sicherheitsmaßnahmen, Lötmaterial, Netz- und Messgeräte wird hier nicht eingegangen, sie sind jedoch Voraussetzung für die vorliegenden Aufgabenstellungen.

### Literaturhinweise

Die einschlägige Fachliteratur einschließlich der Unterrichtshilfen für die Hand der Schüler ist umfangreich. Der vorliegenden Auswahl liegt kein bewertender Vergleich zu Grunde.

1. Gerd Schenk  
**Elektronik I – Schaltungen mit Halbleiterdioden – Bestell-Nr. 29.009**  
**Elektronik II – Schaltungen mit Transistoren – Bestell-Nr. 29.010**  
**Elektronik III – Transistorschaltungen mit Kondensatoren – Bestell-Nr. 29.014**  
ALS-Verlag, Frankfurt

2. Joseph Glagla/Gert Lindner  
**Wege in die Elektronik**  
Ein Lern- und Werkbuch für Selbststudium und Unterricht  
Otto Maier Verlag, Ravensburg, 1980
3. Charles Platt, Übersetzung von Philip Steffan  
**Make: Elektronik**  
Lernen durch Entdecken  
O'Reilly Verlag Köln, 2010  
ISBN 978-3-89721-601-3  
*Sehr zu empfehlen für den Einstieg in die Unterrichtspraxis.*
4. Die Stichwortsuche im Internet ist hilfreich und muss erwähnt werden.

## Erste Aufgabenfolge

- Aufbau von Steuereinrichtungen für Fahrten einer HO-Lok auf eingleisiger Strecke
- Automatische Fahrtrichtungsänderung an den Endstationen ohne und mit Aufenthalt

### 1. Allgemeine Hinweise

- Zur Organisation des Unterrichts darf vermerkt werden:

Der didaktisch als problem- und handlungsorientiert angelegte Unterricht gewährleistet kognitives, affektives und psychomotorisches Lernen und damit individuelle Erfolgserlebnisse.

Technische Fähigkeiten, Denk- und Handlungsprozesse sind Merkmale des Individuums, des einzelnen Schülers. Diese Fähigkeiten des Einzelnen sind zu entdecken und zu fördern. Somit ist die Einzelarbeit aus lernpsychologischen Gründen bedeutsames Element des Technikunterrichts und der Unterrichtsorganisation.

Oft beobachtet:

Sollen mehrere Schüler gemeinsam an einem Objekt (z. B. nur an einem technischen Baukasten) problemorientiert Lösungen finden und praktisch umsetzen, ist ein Schüler so dominant, oft vorwiegend, dass die gewünschten individuellen Lernprozesse für die anderen Schüler nicht initiiert werden.

Einzelarbeit erfordert grundsätzlich mit Nachdruck eine Ausstattung des

Fachbereiches, die den besonderen bildungswirksamen Möglichkeiten des Technikunterrichts gerecht wird.

Folgerichtig ist die Entscheidung für Einzelarbeit der Schülerinnen und Schüler, auch wenn mancherorts der Fachtat einen jämmerlichen, abgehängten Eindruck hinterlässt:

Somit stehen für dieses Unterrichtsbeispiel jedem Schüler ein Gleismodul, ein Netzgerät und ein digitales Multimeter zur Verfügung. Jede Schülerin und jeder Schüler erarbeiten und fertigen ihre eigenen Schaltmodule und Anlagen zur Steuerung der Bahnfahrt.

- Die in dieser Unterrichtseinheit benutzten Bauteile unterliegen nicht einer besonderen Kostenabwägung und stellen keine Beschaffungsempfehlungen dar. Alternativen werden hier nicht gelistet. Das vielfältige Angebot elektrischer und elektronischer Bauteile wird hier nicht thematisiert.

- Auch auf die spezifische Werkzeug- und Arbeitsplatzausstattung wird hier nicht eingegangen. Verweis auf Literaturangaben.

- **Arbeitsbögen zu dieser Unterrichtseinheit mit weiteren Hinweisen und Unterlagen können online abgerufen werden auf der Homepage des Fachverbandes Technikunterricht in SH e.V. ([www.ftush.de](http://www.ftush.de))**

### 2. Aufbau des Gleismoduls

(Abb. 2)

Für die 1. Aufgabenfolge dieser Unterrichtseinheit werden der Verteiler, der Fahrstromanschluss und die Signalgeber 1 und 4 benötigt.

Signalgeber 2 und 3 und die Warnlichtanlage sind Bauteile der 2. Aufgabenfolge.

#### Gleisanlage:

H0-Spur, Zweischienen-Zweileiter-System, Gleichstrom, z. B. von Pico, Fleischmann, Roco

#### Lok:

HO-Gleichstrommodelle für das Zweischienensystem, z. B. Pico, Fleischmann, Roco

Gebrauchte HO-Modelle werden günstig angeboten. Auch Schüler können oft Fahrmodelle zur Verfügung stellen. (Abb. 3)

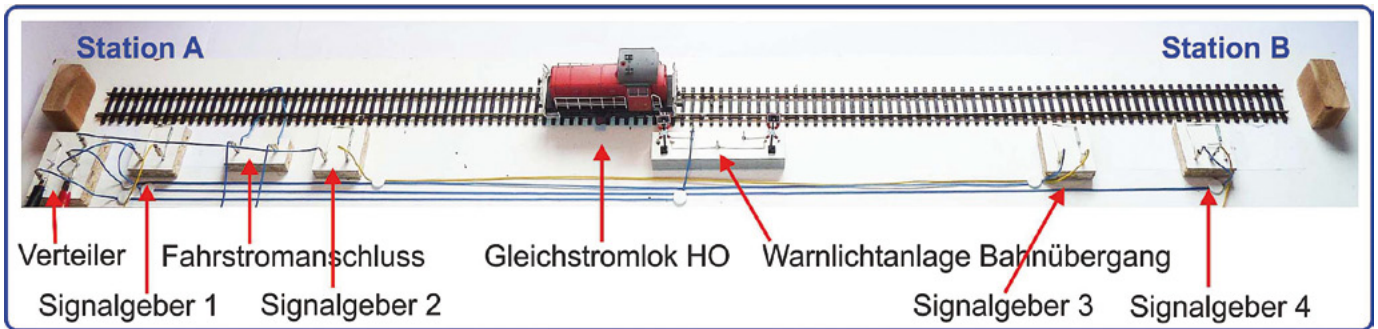


Abb. 2: Gleismodul für die Aufgabenfolgen 1 und 2.

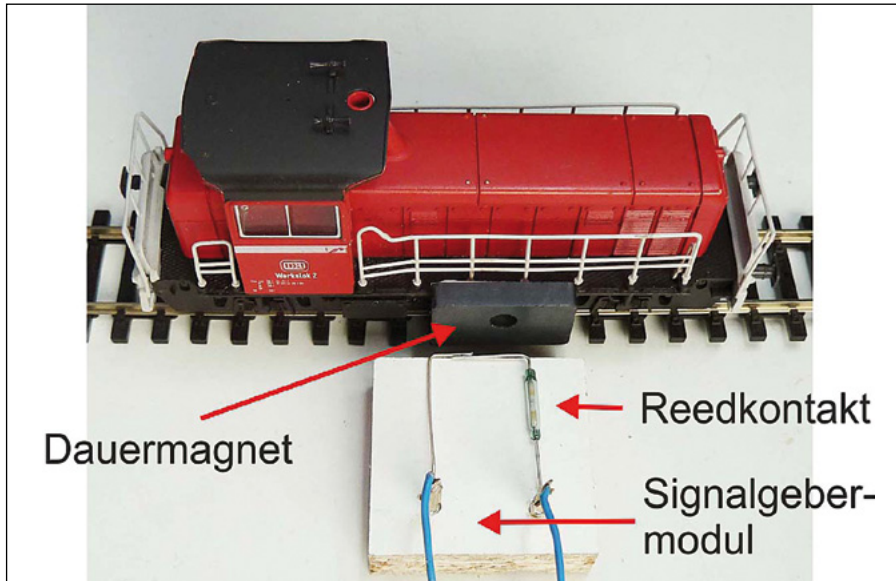


Abb. 3: Lok mit Signalgebermodul.

**Reedkontakte:**

Die Montage der Reedkontakte quer zur Gleisrichtung ist erforderlich. Kontaktzunge und Magnetfeld stehen in T-Form zueinander. In Längsrichtung montiert würde bei Vorbeifahrt der Lok der Reedkontakt mehrfach schalten.

Die Signalgeber 1, 2 und 3 sind Reedkontakte mit Schließfunktion, 1 x ein. Signalgeber 4 ist ein Wechsler, 1 x um. Er wird für die elektromagnetische Steuerung der Bahnfahrt benötigt. (Abb. 4)

**Warnlichtanlage:**

Hier wird aus Gründen der Anschauung der Bausatz „H0 Andreaskreuz Viessmann 5058A“ benutzt. Ein Modul mit einem Lämpchen 3,5 Volt erfüllt unsere Zwecke.

**Netzgerät und Multimeter:**

Im Idealfall stehen jedem Schüler ein Netzgerät und ein digitales Multimeter zur Verfügung.

Die Fachraumausstattung stellt sicher stabilisierte DC-Labornetzgeräte, geeignet für Schülerversuche gemäß

RISU 2013/GUV 2012, zur Verfügung. Für unsere elektrotechnischen und elektronischen Experimente sind kostengünstige Steckernetzteile sehr gut geeignet: Elektrische Werte: 3 – 12 VDC stufenweise einstellbar, 300 mA, 3,6 W, stabilisiert.

**3. Hinweise zur Montage der Schaltmodule**

Der Aufbau der Schaltmodule erfolgt nach dem Brettschaltungsprinzip von Glagla/Lindner, siehe Ausführungen zum Konzept.

Es hat den Vorteil gegenüber dem bekannten Heftzweckenprinzip, dass die fertige Schaltung genau dem Stromlaufplan entspricht. Alle Bauteile liegen an den Stellen, die dem Plan entsprechen. Alle Leitungen nehmen denselben geometrischen Verlauf wie im Schaltplan.

Die Modul-Grundplatte besteht aus einer Spanplatte mit der Stärke 10 mm, Kunststoff weiß beschichtet.

Als Beispiel wird der Aufbau des Logikmoduls „NAND-Gatter“ abgebildet. Maße und Aufbau der einzelnen Module und entsprechende Bohrvorlagen können online abgerufen werden unter [www.ftush.de](http://www.ftush.de). (Abb. 5)

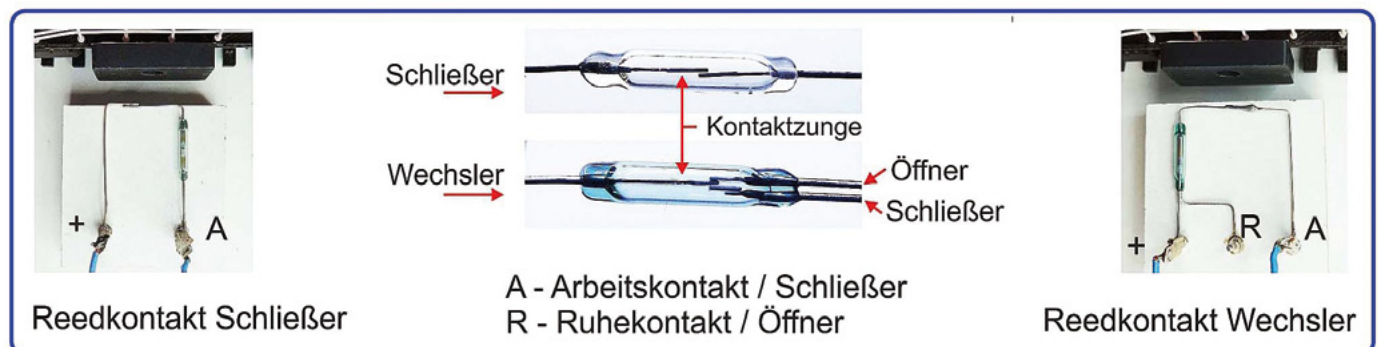


Abb. 4: Signalgebermodule am Gleis.