

# Interaktiver mechanischer Logik-Baustein

Eberhard Engelhardt

BA Sachsen – Staatliche Studienakademie Dresden

Eberhard.Engelhardt@BA-Dresden.de

## Zusammenfassung

Der vorliegende mechanische „Logik-Baustein“ ermöglicht eine anschauliche Erläuterung der zweiwertigen logischen Grundfunktionen mit zwei Eingängen und einem Ausgang. Ohne weitere Erklärungen ist der Zusammenhang zwischen Eingängen und dem Ausgang sofort ersichtlich. Der „Logik-Baustein“ lässt sich mit wenigen Handgriffen auf jede beliebige der 16 zweistelligen Junktoren der zweiwertigen Logik einstellen ohne die Lage der Eingänge und des Ausgangs zu verändern. Kompliziertere logische Schaltungen lassen sich durch Kopplung von mehreren der mechanischen „Logik-Bausteine“ realisieren.

## 1 Einleitung

Beginnend mit den von Konrad Zuse im mechanischen Rechner Z1 verwendeten Schaltgliedern (Zuse, 1936) gab und gibt es die verschiedensten Ansätze, um logische Grundschaltungen mechanisch zu realisieren. Dabei werden immer einzelne logische Schaltungen realisiert. Im besten Fall können mit einem Baukastensystem verschiedene logische Schaltungen aus Einzelteilen zusammen gebaut werden.

Es gibt bereits einige mechanische Realisierungen von Logik-Schaltungen, bei denen die zwei logischen Werte 0 und 1 durch Rotation bzw. Stillstand von Teilen gekennzeichnet sind. Eine Umsetzung dieses Ansatzes unter Verwendung von Zahnrädern und Kopplungsmöglichkeiten, wurde durch den Mathematik-Professor Dr. Thomas Püttmann (Ruhr-Universität Bochum) mit den fischertechnik-Modellen (fischertechnik community) realisiert (Abbildung 1).

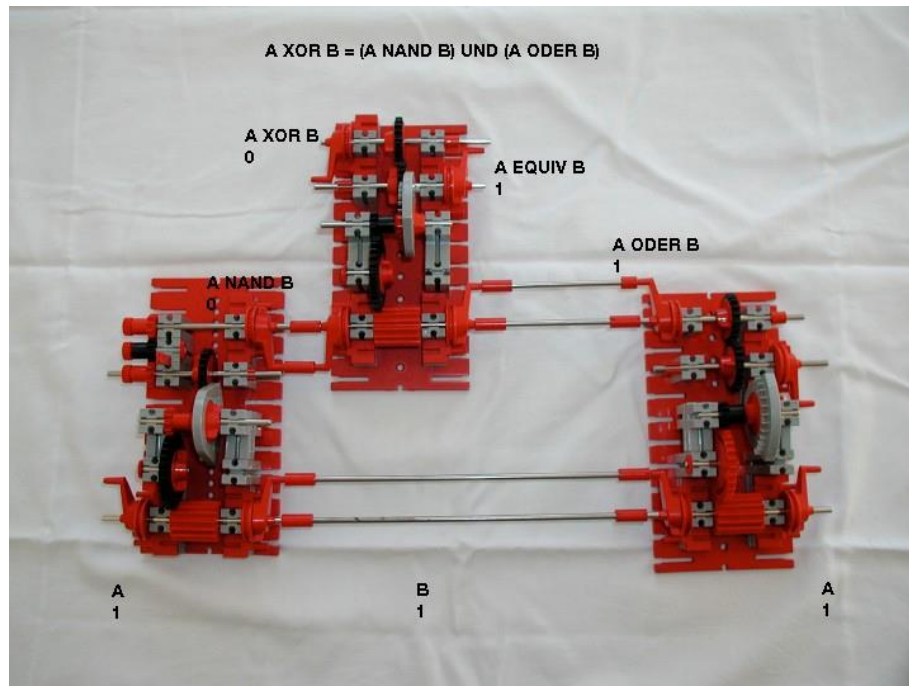


Abbildung 1: [https://www.ftcommunity.de/details.php?image\\_id=26653](https://www.ftcommunity.de/details.php?image_id=26653)

## 2 Implementierung

Die vorliegende technische Lösung realisiert mechanische Logik-Gatter mit zwei Eingängen und einem Ausgang, womit sich alle 16 zweistelligen verschiedenen Logik-Gatter umsetzen lassen.

Die Anordnung der Eingänge und des Ausgangs des mechanischen Logik-Gatters entsprechen der Lage bei dem entsprechenden DIN-Symbol (DIN 40700, Juli 1976). Das erleichtert die Umsetzung von Schaltplänen mittels der vorliegenden technischen Lösung.

Die Realisierung aller 16 logischen Verknüpfungen wird durch auf den Achsen verschiebbare Zahnkränze und durch steckbare Aufschriften-Ringe erreicht. Die Achsen für die Eingänge und den Ausgang sind an den Enden mit steckbaren Ringen versehen, auf denen die beiden möglichen Werte 0 und 1 stehen. Zur Einstellung der gewünschten Logik-Schaltung werden die Aufschriften-Ringe so gesteckt, dass der entsprechende Wert 0 oder 1 nach oben zeigt (Abbildung 2). Die drei Zahnkränze lassen sich durch Stifte je nach gewünschter Logik-Schaltung auf der Achse fixieren oder freigeben, so dass sie auf der Achse beweglich sind.

Die Eingänge können in beliebiger Drehrichtung um 180° gedreht werden, bis der gewünschte Wert 0 oder 1 zu sehen ist. Die Eingänge müssen in beliebiger Reihenfolge aber nacheinander einzeln gedreht werden.

Der Ausgang wird durch die Mechanik entweder im Uhrzeigersinn oder entgegen des Uhrzeigersinns bewegt und der entsprechende Wert 0 oder 1 ist zu sehen. Da die Drehrichtung beliebig ist, können die Logik-Bausteine auch beliebig gekoppelt werden um komplexere Schaltungen zu realisieren.

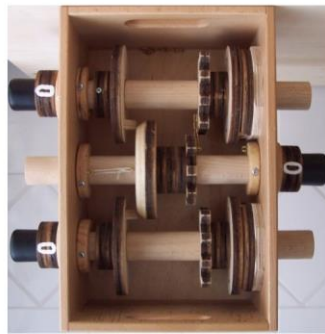


Foto 1

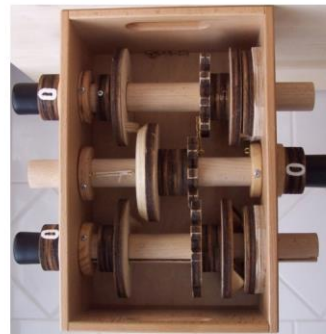


Foto 2



Foto 3

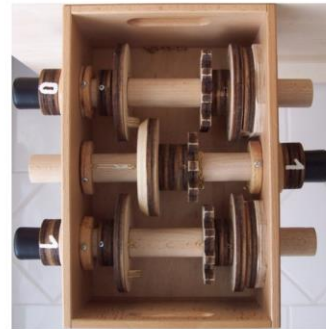


Foto 4

Abbildung 2: eigene Fotos des Logik-Bausteins als OR-Schaltung

### 3 Diskussion

Bei bisherigen Lösungen zur mechanischen Realisierung von Logik-Schaltungen sind die einzelnen Logik-Verknüpfungen hinsichtlich der Position oder Lage der Ein- und Ausgänge sehr unterschiedlich und dadurch für den Einsatz als Unterrichts-Hilfsmittel nicht so einfach zu realisieren wie die vorliegende Lösung.

Dadurch, dass bei der vorliegenden Lösung ein Baustein jede der 16 elementaren Verknüpfungen realisieren kann, werden relativ wenige Bausteine für komplexere Schaltungen benötigt. Es spielt keine Rolle, wie viele *verschiedene* Grundschaltungen zum Aufbau einer komplexeren Schaltung benötigt werden.

Die Anordnung der Eingänge und des Ausgangs des mechanischen Logik-Gatters entsprechen der Lage bei dem entsprechenden DIN-Symbol. Das erleichtert die Umsetzung von Schaltplänen mittels der vorliegenden technischen Lösung und verbessert Übersichtlichkeit und Wiedererkennbarkeit.

## 4 Demonstration

Mit Hilfe des Bausteins lassen sich die logischen Grundsaltungen anschaulich erläutern und demonstrieren. Besucher können mit wenigen Handgriffen jede gewünschte logische Grundsaltung mit zwei Eingängen und einem Ausgang einstellen und sich von der korrekten Funktionsweise der Mechanik überzeugen. Dazu werden die Aufschriften-Ringe der Eingänge und des Ausgangs in die gewünschte Lage gesteckt und die drei Zahnräder entsprechend der gewünschten Schaltung mit je einem Stift auf einer Position festgehalten oder freigegeben, so dass sie auf der Achse beweglich sind.

Der Mechanik-Baustein kann in einer Dauer von maximal 30 Minuten vor einer beliebig großen Gruppe von Besuchern erläutert und demonstriert werden.

Besucher können einzeln selbst in wenigen Minuten die Funktionsweise kennen lernen.

Es lassen sich mehrere Bausteine miteinander koppeln, um kompliziertere Schaltungen auf diese Weise zu realisieren.

## 5 Zusammenfassung

Der universelle mechanische Logik-Baustein lässt sich sehr gut als Lern- und Lehrmittel für Informatik-Unterricht bzw. Mathematik-Unterricht in Schulen einsetzen. Der Einsatz kann in beliebigen Unterrichtsräumen ohne besondere Ausstattung erfolgen. Als Lehrmittel kann der universelle mechanische Logik-Baustein für die anschauliche Erläuterung von beliebigen zweistelligen Logik-Funktionen verwendet werden. Die Schüler können mit mehreren Exemplaren von Miniatur-Versionen des Logik-Bausteins (ca. 10 x 6 x 4 cm) experimentieren.

Der universelle mechanische Logik-Baustein kann als Beispiel einer tatsächlich Be-greifbaren Interaktion (Tangible User Interface) verstanden werden. Die Beschäftigung der Schüler auf diese Weise mit den zweistelligen Logik-Schaltungen trägt zum tieferen Verständnis und zu einem dauerhafteren Lerneffekt bei.

## Literaturverzeichnis

Boole, George (1847). *The Mathematical Analysis of Logic -- Being an Essay Towards a Calculus of Deductive Reasoning*. Cambridge: Macmillan Publishers.

Zuse, Konrad (1936). *Mechanisches Schaltglied*. Patent Nr. 907948, Konrad Zuse Internet Archive. ZIA ID: 0115.

## Autor



### **Engelhardt, Eberhard**

Eberhard Engelhardt studierte Mathematische Kybernetik und Rechentchnik an der Technischen Universität Dresden mit dem Anschluss als Diplom-Mathematiker. Im Anschluss arbeitete er bei VEB robotron Elektronik als Projektant für Systemunterlagen und nach der „Wende“ in verschiedenen großen und kleinen Firmen als Software-Entwickler und Trainer für UNIX und Programmierung. Seit dem 1.11.2000 ist er bei der BA Sachsen – Staatliche Studienakademie Dresden als Dozent für Softwareengineering angestellt.