

# Rechnertechnik

Prof. Dr. rer. nat. Peter Gerwinski

Sommersemester 2021

## Wichtiger Hinweis

Diese Vortragsfolien dienen dazu, den Vortrag der/des Lehrenden zu unterstützen. Sie enthalten **nur einen Teil** der Lerninhalte. Wie groß dieser Teil ist, hängt von den konkreten Lerninhalten ab und kann von „praktisch alles“ bis „praktisch gar nichts“ schwanken. Diese Folien alleine sind daher **nicht für ein Selbststudium geeignet!** Hierfür sei auf das Skript verwiesen, in dem allerdings keine tagesaktuellen Änderungen enthalten sind.

Mindestens genauso wichtig wie die Vortragsfolien sind die Beispiel-Programme, die vor Ihren Augen in den Vorlesungen erarbeitet werden. Diese sind im Git-Repository (<https://gitlab.cvh-server.de/pgerwinski/rtech.git>) mit allen Zwischenschritten enthalten und befinden sich in den zu den jeweiligen Kalenderdaten gehörenden Verzeichnissen (z. B. für den 6.4. 2021 unter <https://gitlab.cvh-server.de/pgerwinski/rtech/tree/2021ss/20210406/>).

Wenn Sie die Übungsaufgaben bearbeiten, nutzen Sie die Gelegenheit, Ihre Lösungen in den Übungen überprüfen zu lassen. Wer nach Vergleich mit der Musterlösung zu dem Schluß kommt, alles richtig gelöst zu haben, erlebt sonst in der Klausur oft eine unangenehme Überraschung.

In jedem Fall: *Viel Erfolg!*

# Rechnertechnik

Prof. Dr. rer. nat. Peter Gerwinski

6. April 2021

# Rechnertechnik

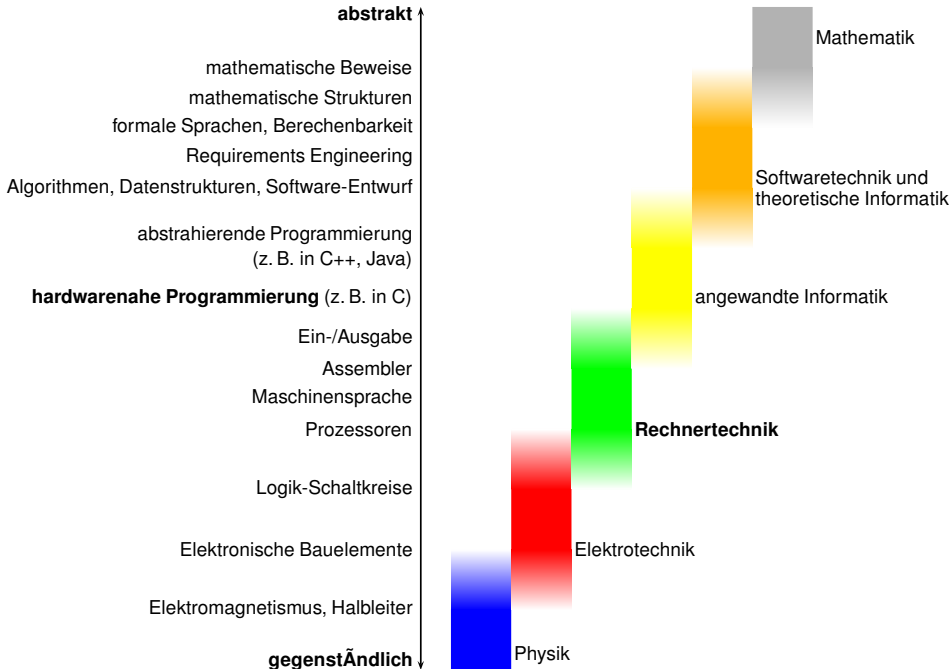
Prof. Dr. rer. nat. Peter Gerwinski

*rerum naturalium* = der natürlichen Dinge (lat.)

6. April 2021

# Vorab: Online-Werkzeuge

- **Mumble:** Seminarraum 2  
Fragen: Mikrophon einschalten oder über den Chat  
Umfragen: über den Chat
- **VNC:** Kanal 6, Passwort: `testcvh`  
Eigenen Bildschirm freigeben: per VNC-Server oder Web-Interface  
Kamerabild übertragen: Link zu Web-Interface auf Anfrage
- Allgemeine Informationen: <https://www.cvh-server.de/online-werkzeuge/>
- Notfall-Schnellzugang: <https://www.cvh-server.de/virtuelle-raeume/>  
Seminarraum 2, VNC-Passwort: `testcvh`
- Bei Problemen: bitte notieren:  
Art des Problems, genaue Uhrzeit, JavaScript-Fehlermeldungen (F12)
- GitLab: <https://gitlab.cvh-server.de/pgerwinski/rtech>  
Links auf die Datei klicken, nicht mittig auf den Kommentar.



# Rechnertechnik

Rechner (engl.: Computer) = Werkzeug, das beim Rechnen hilft

# Rechnertechnik

Rechner (engl.: Computer) = Werkzeug, das beim Rechnen hilft

- Finger



# Rechnertechnik

Rechner (engl.: Computer) = Werkzeug, das beim Rechnen hilft

dem menschlichen Hirn

- Finger

# Rechnertechnik

Rechner (engl.: Computer) = Werkzeug, das beim Rechnen hilft

dem menschlichen Hirn

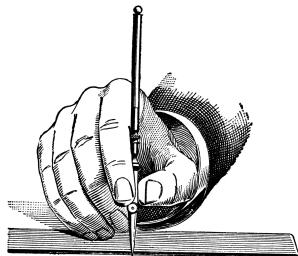
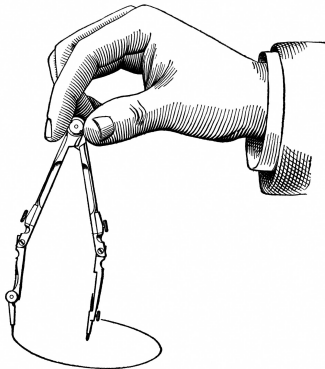
- Finger
- Papier und Bleistift, Sand, Tontafeln etc.

# Rechnertechnik

Rechner (engl.: Computer) = Werkzeug, das beim Rechnen hilft

dem menschlichen Hirn

- Finger
- Papier und Bleistift, Sand, Tontafeln etc.
- Zirkel und Lineal

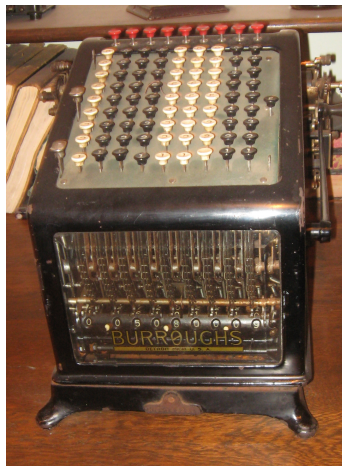


# Rechnertechnik

Rechner (engl.: Computer) = Werkzeug, das beim Rechnen hilft

dem menschlichen Hirn

- Finger
- Papier und Bleistift, Sand, Tontafeln etc.
- Zirkel und Lineal
- Abakus
- Mechanische Rechenmaschine
- Rechenschieber
- Taschenrechner



# Rechnertechnik

Rechner (engl.: Computer) = Werkzeug, das beim Rechnen hilft

dem menschlichen Hirn

- Finger
- Papier und Bleistift, Sand, Tontafeln etc.
- Zirkel und Lineal
- Abakus
- Mechanische Rechenmaschine
- Rechenschieber
- Taschenrechner
- Computer

# Rechnertechnik

Rechner (engl.: Computer) = Werkzeug, das beim Rechnen hilft

dem menschlichen Hirn

- Finger
- Papier und Bleistift, Sand, Tontafeln etc.
- Zirkel und Lineal
- Abakus
- Mechanische Rechenmaschine
- Rechenschieber
- Taschenrechner
- Analog-Computer
- (Digital-)Computer

# Rechnertechnik

## 1 Einführung

1.1 Was ist Rechnertechnik?

1.2 Was ist ein Computer?

## 2 Vom Schaltkreis zum Computer

2.1 Logik-Schaltkreise

2.2 Binärdarstellung von Zahlen

2.3 Vom Logik-Schaltkreis zum Addierer

2.4 Negative Zahlen

2.5 Vom Addierer zum Computer

...

## 3 Architekturmerkmale von Prozessoren

## 4 Der CPU-Stack

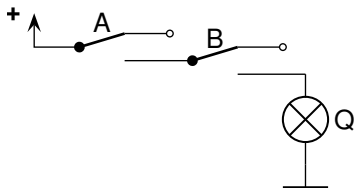
...

## 2 Vom Schaltkreis zum Computer

### 2.1 Logik-Schaltkreise

#### Logik mit Lichtschaltern

- *Reihenschaltung*





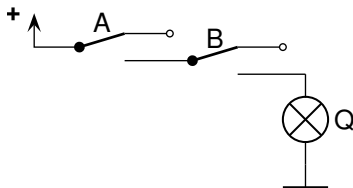
## 2 Vom Schaltkreis zum Computer

### 2.1 Logik-Schaltkreise

#### Logik mit Lichtschaltern

- *Reihenschaltung*

Lampe leuchtet nur, wenn beide Schalter betätigt sind.



## 2 Vom Schaltkreis zum Computer

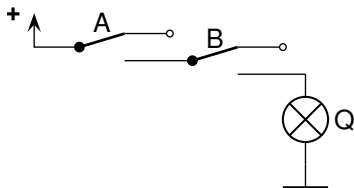
### 2.1 Logik-Schaltkreise

#### Logik mit Lichtschaltern

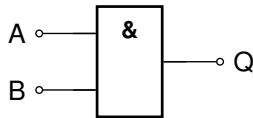
- Reihenschaltung*

Lampe leuchtet nur, wenn beide Schalter betätigt sind.

*Und-Verknüpfung*



| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |



## 2 Vom Schaltkreis zum Computer

### 2.1 Logik-Schaltkreise

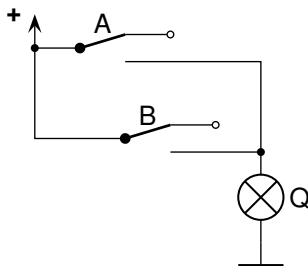
#### Logik mit Lichtschaltern

- *Reihenschaltung*

Lampe leuchtet nur, wenn beide Schalter betätigt sind.

*Und-Verknüpfung*

- *Parallelschaltung*



## 2 Vom Schaltkreis zum Computer

### 2.1 Logik-Schaltkreise

#### Logik mit Lichtschaltern

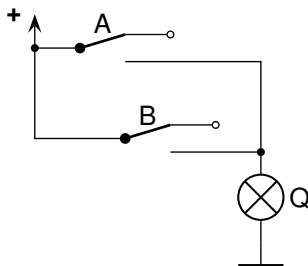
- *Reihenschaltung*

Lampe leuchtet nur, wenn beide Schalter betätigt sind.

*Und-Verknüpfung*

- *Parallelschaltung*

Lampe leuchtet, wenn mindestens ein Schalter betätigt ist.



## 2 Vom Schaltkreis zum Computer

### 2.1 Logik-Schaltkreise

#### Logik mit Lichtschaltern

- *Reihenschaltung*

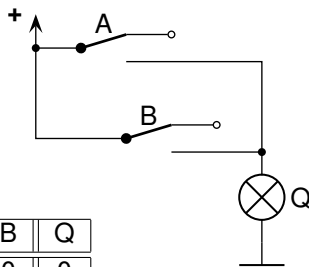
Lampe leuchtet nur, wenn beide Schalter betätigt sind.

*Und-Verknüpfung*

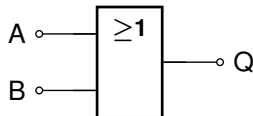
- *Parallelschaltung*

Lampe leuchtet, wenn mindestens ein Schalter betätigt ist.

*Oder-Verknüpfung*



| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |



## 2 Vom Schaltkreis zum Computer

### 2.1 Logik-Schaltkreise

#### Logik mit Lichtschaltern

- *Reihenschaltung*

Lampe leuchtet nur, wenn beide Schalter betätigt sind.

*Und-Verknüpfung*

- *Parallelschaltung*

Lampe leuchtet, wenn mindestens ein Schalter betätigt ist.

*Oder-Verknüpfung*

- **Sie sind dran:**

Man kann die Lampe jederzeit an jedem der beiden Schalter ein- oder ausschalten.

*Exklusiv-Oder-Verknüpfung*

## 2 Vom Schaltkreis zum Computer

### 2.1 Logik-Schaltkreise

#### Logik mit Lichtschaltern

- *Reihenschaltung*

Lampe leuchtet nur, wenn beide Schalter betätigt sind.

*Und-Verknüpfung*

- *Parallelschaltung*

Lampe leuchtet, wenn mindestens ein Schalter betätigt ist.

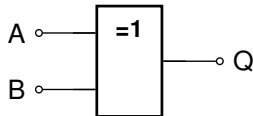
*Oder-Verknüpfung*

- **Sie sind dran:**

Man kann die Lampe jederzeit an jedem der beiden Schalter ein- oder ausschalten.

*Exklusiv-Oder-Verknüpfung*

| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |



## 2 Vom Schaltkreis zum Computer

### 2.1 Logik-Schaltkreise

#### Logik mit Lichtschaltern

- *Reihenschaltung*

Lampe leuchtet nur, wenn beide Schalter betätigt sind.

*Und-Verknüpfung*

- *Parallelschaltung*

Lampe leuchtet, wenn mindestens ein Schalter betätigt ist.

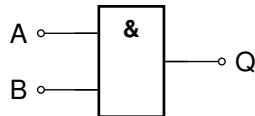
*Oder-Verknüpfung*

- **Sie sind dran:**

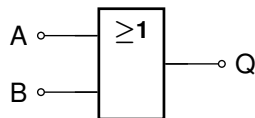
Man kann die Lampe jederzeit an jedem der beiden Schalter ein- oder ausschalten.

*Exklusiv-Oder-Verknüpfung*

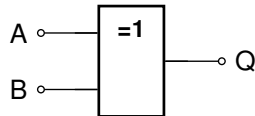
| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |



| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |



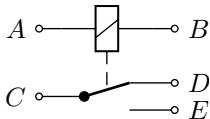
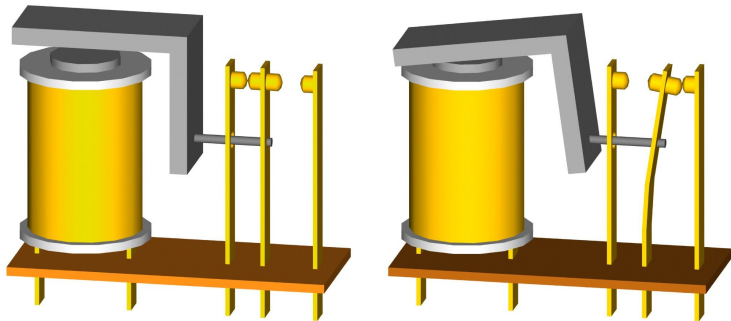
| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |





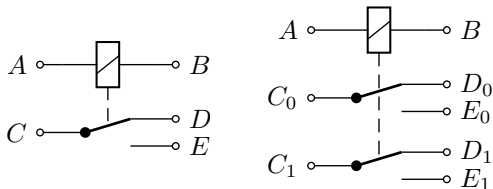
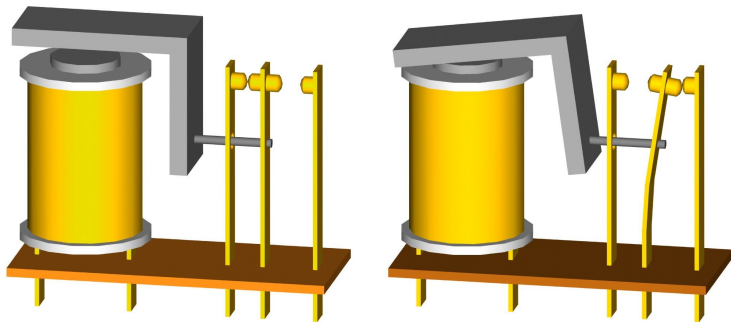
## 2.1 Logik-Schaltkreise

**Relais: Strom schaltet einen Schalter**



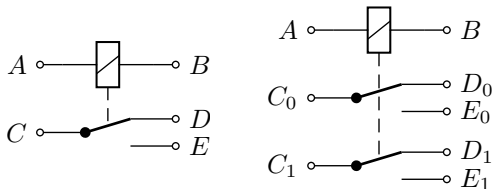
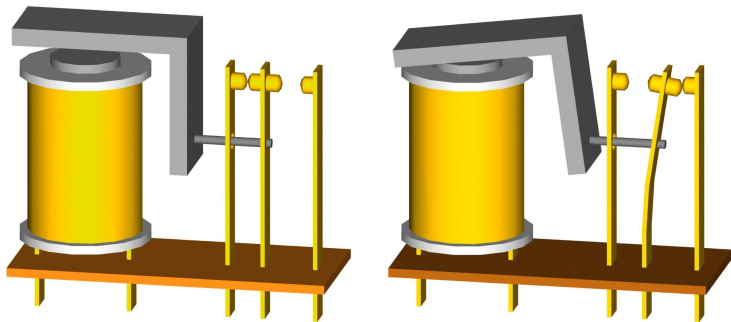
## 2.1 Logik-Schaltkreise

### Relais: Strom schaltet einen Schalter



## 2.1 Logik-Schaltkreise

### Relais: Strom schaltet einen Schalter



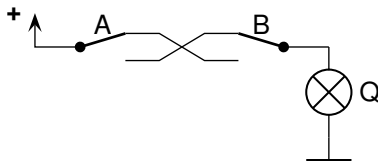
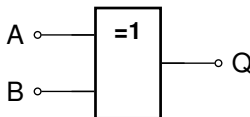
→ Logik-Schaltungen  
werden kombinierbar.

## 2.1 Logik-Schaltkreise

### Logik-Schaltungen kombinieren

- Und-Verknüpfung: Reihenschaltung
- Oder-Verknüpfung: Parallelschaltung
- Exklusiv-Oder-Verknüpfung  
„entweder A oder B, aber nicht beide“

| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

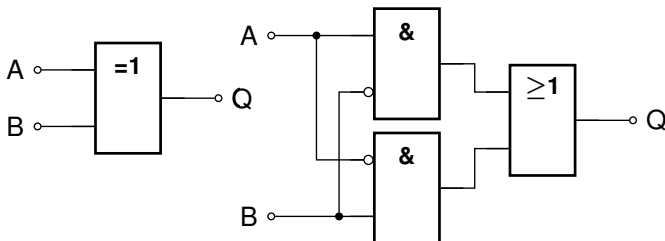


## 2.1 Logik-Schaltkreise

### Logik-Schaltungen kombinieren

- Und-Verknüpfung: Reihenschaltung
- Oder-Verknüpfung: Parallelschaltung
- Exklusiv-Oder-Verknüpfung:  
(A und nicht B) oder (B und nicht A)

| A | B | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |



## 2.2 Binärdarstellung von Zahlen

Dezimalzahl:

$$\begin{aligned} 537_{10} &= 7 \cdot 1 + 3 \cdot 10 + 5 \cdot 100 \\ &= 7 \cdot 10^0 + 3 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^2 \end{aligned}$$

Binärzahl:

$$\begin{aligned} 26_{10} = 11010_2 &= 0 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 4 + 1 \cdot 8 + 1 \cdot 16 \\ &= 0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^4 \end{aligned}$$

## 2.2 Binärdarstellung von Zahlen

Rechnen mit Dezimalzahlen:  $44_{10} + 46_{10}$

$$\begin{array}{r} 44 \\ + 46 \\ \hline 90 \end{array}$$

Rechnen mit Binärzahlen:  $44_{10} + 46_{10} = 101100_2 + 101110_2$

$$\begin{array}{r} 101100 \\ + 101110 \\ \hline 1\ 11 \\ 1011010 \end{array}$$

Ergebnis:

$$\begin{aligned} 1011010_2 &= 0 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^6 \\ &= 2 + 8 + 16 + 64 \\ &= 90 \end{aligned}$$

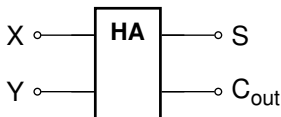
## 2.3 Vom Logik-Schaltkreis zum Addierer

- Und-Verknüpfung: Reihenschaltung
- Oder-Verknüpfung: Parallelschaltung
- Exklusiv-Oder-Verknüpfung:  
(A und nicht B) oder (B und nicht A)
- Halbaddierer: 1-Bit-Addierer mit 2 Eingängen (X, Y)

Ausgang  $S = X$  exklusiv-oder  $Y$

Ausgang  $C_{out} = X$  und  $Y$

| X | Y | $C_{out}$ | S |
|---|---|-----------|---|
| 0 | 0 | 0         | 0 |
| 0 | 1 | 0         | 1 |
| 1 | 0 | 0         | 1 |
| 1 | 1 | 1         | 0 |





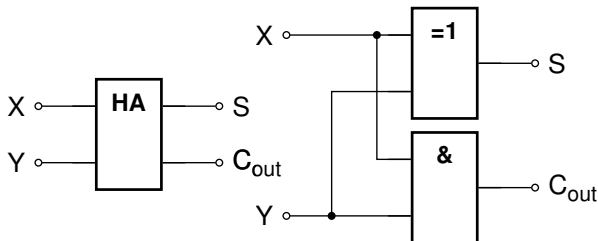
## 2.3 Vom Logik-Schaltkreis zum Addierer

- Und-Verknüpfung: Reihenschaltung
- Oder-Verknüpfung: Parallelschaltung
- Exklusiv-Oder-Verknüpfung:  
(A und nicht B) oder (B und nicht A)
- Halbaddierer: 1-Bit-Addierer mit 2 Eingängen (X, Y)

Ausgang  $S = X$  exklusiv-oder  $Y$

Ausgang  $C_{out} = X$  und  $Y$

| X | Y | $C_{out}$ | S |
|---|---|-----------|---|
| 0 | 0 | 0         | 0 |
| 0 | 1 | 0         | 1 |
| 1 | 0 | 0         | 1 |
| 1 | 1 | 1         | 0 |



## 2.3 Vom Logik-Schaltkreis zum Addierer

- Und-Verknüpfung: Reihenschaltung
- Oder-Verknüpfung: Parallelschaltung
- Exklusiv-Oder-Verknüpfung:  
(A und nicht B) oder (B und nicht A)
- Halbaddierer: 1-Bit-Addierer mit 2 Eingängen (X, Y)  
Ausgang  $S = X \text{ exklusiv-oder } Y$   
Ausgang  $C_{\text{out}} = X \text{ und } Y$
- Volladdierer: 1-Bit-Addierer mit 3 Eingängen (X, Y,  $C_{\text{in}}$ )  
Sie sind dran.

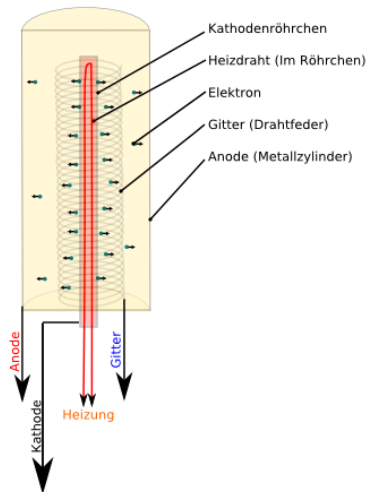
## 2.3 Vom Logik-Schaltkreis zum Addierer

Zuse Z3: Rechner aus Relais



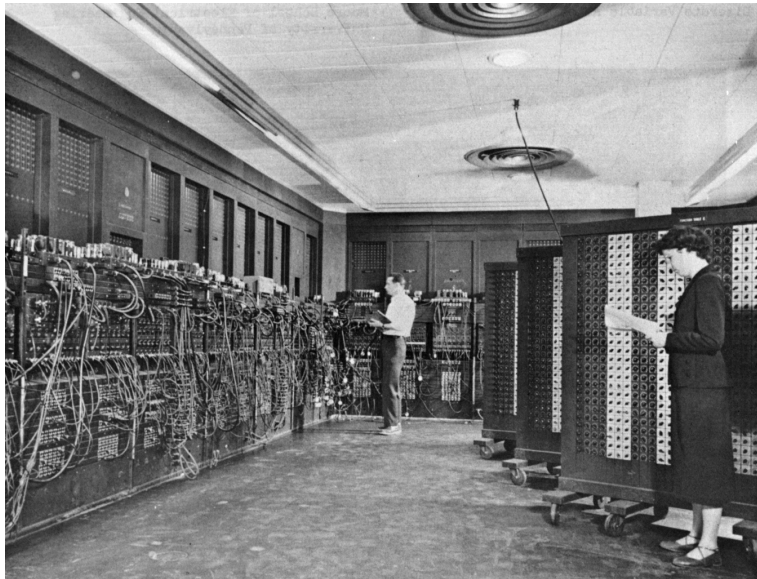
## 2.3 Vom Logik-Schaltkreis zum Addierer

Statt Relais: Elektronenröhren



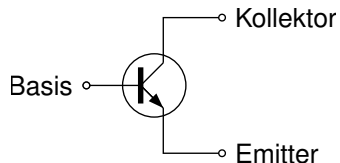
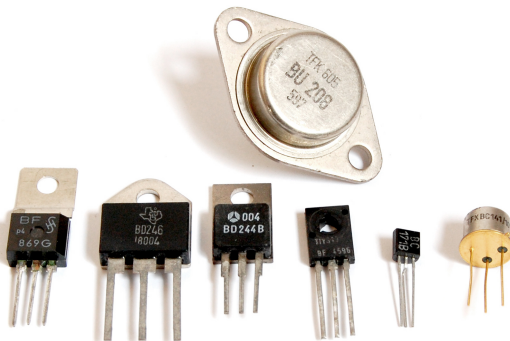
## 2.3 Vom Logik-Schaltkreis zum Addierer

ENIAC: Rechner aus Elektronenröhren

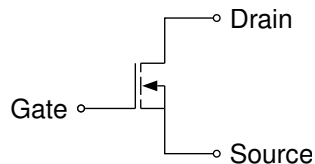


## 2.3 Vom Logik-Schaltkreis zum Addierer

Statt Elektronenröhren: Transistoren



Bipolartransistor

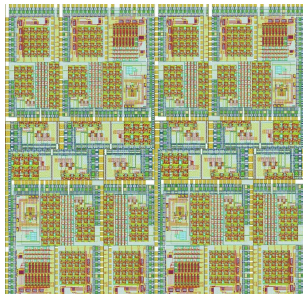
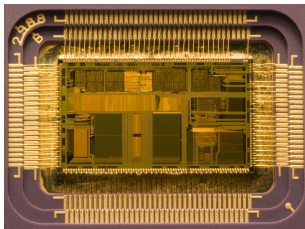
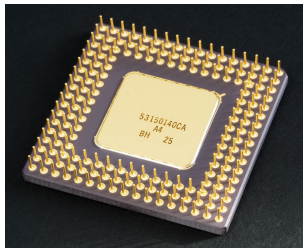


Feldeffekttransistor

## 2.3 Vom Logik-Schaltkreis zum Addierer

Miniaturisierte Transistoren: Integrierte Schaltkreise

*Integrated Circuit – IC*



# Rechnertechnik

## 1 Einführung

1.1 Was ist Rechnertechnik?

1.2 Was ist ein Computer?

## 2 Vom Schaltkreis zum Computer

2.1 Logik-Schaltkreise

2.2 Binärdarstellung von Zahlen

2.3 Vom Logik-Schaltkreis zum Addierer

2.4 Negative Zahlen

2.5 Vom Addierer zum Computer

...

## 3 Architekturmerkmale von Prozessoren

## 4 Der CPU-Stack

...