

Automatisierungstechnik

Automatisierungstechnik - Übung 1	2
Aufgabe 1: Matlab – Wertzuweisung, Script	2
Aufgabe 2: Matlab – Vektoren und Matrizen	2
Aufgabe 3: Matlab – Schleifen	3
Aufgabe 4: Matlab – Grafische Ausgabe.....	3
Aufgabe 5: Matlab – Function.....	3
Kurzlösungen	4

Automatisierungstechnik - Übung 1

Aufgabe 1: Matlab – Wertzuweisung, Script

Lösen Sie bitte folgende Aufgaben mit Hilfe der Hilfe von Matlab (Befehle `doc` und `help`).

Hilfreiche Stichworte sind:

- `general` General purpose commands
- `ops` Operators and special characters
- `eLfun` Elementary math functions
- `eLmat` Elementary matrices and matrix manipulation
- `Lang` Programming language constructs

- a) Berechnen Sie im Command Window Fläche und Umfang eines Kreises mit dem Radius $r=3$. Verwenden Sie dafür die Konstante π und die Funktion `sqrt` (siehe auch `help eLfun`).
- b) Löschen Sie die auf dem Workspace angelegten Variablen mit `clear`.
- c) Schreiben Sie ein einfaches Skript `kegel.m` mit der Funktion für das Volumen.

$$V = \frac{1}{3}r^2h$$

Geben Sie $r=3$ und $h=2$ vor. Was passiert mit dem Workspace, wenn Sie `kegel` ausführen?

- d) Definieren Sie im Skript vor der Berechnung $r=5$ und rufen Sie das Skript erneut auf. Was passiert, wenn sich die auf dem Command Window definierte Variable und die im Skript unterscheiden?

Aufgabe 2: Matlab – Vektoren und Matrizen

Hilfe zu den elementaren Matrizen-Funktionen finden sie unter dem Stichwort `eLmat`.

- a) Erstellen Sie sich einen Vektor mit den Zahlen 1 bis 5 (`help colon`).
- b) Erstellen Sie sich zwei 3x3 Matrizen und wenden Sie nacheinander die Operatoren „+“, „*“, „.*“, „.^“, `dot(a,b)` an.
- c) Vergleichen Sie die beiden Ergebnisse für „*“ und `dot(a,b)`. Wie ist das Ergebnis zu erklären?
- d) Teilen Sie eine der Matrizen aus b durch 0? Welchen Unterschied zu Programmiersprachen wie Java, C/C++, Python (ohne Paket numpy) gibt es?
- e) Erstellen Sie eine Diagonalmatrix mit dem Vektor aus a)
- f) Erstellen sie folgende Matrix ohne sie direkt, elementweise zu definierten!

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- g) Geben Sie alle Werte der ersten Spalte einer Matrix aus b) aus.
(Hilfestellung: „:“ als Operator)

Aufgabe 3: Matlab – Schleifen

Berechnet werden soll die Position einer Masse $m=1200$ kg, die mit einer Kraft $F=800$ N für $T=5$ s lang von $v_0 = 0$ beschleunigt wird. Die Position soll alle $h=0.5$ Sekunden angegeben werden.

Das Weg-Zeit-Gesetz lautet: $s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0$ mit $F = m \cdot a$

- Schreiben Sie ein Skript zur Berechnung des Positionsvektor s mit Hilfe einer For-Schleife (konventionelle Programmierung).
- Legen Sie im Skript aus a) einen neuen Abschnitt (section) an und berechnen Sie den Positionsvektor s indem Sie für die Zeit einen Vektor verwenden.
- Welche Vorteile könnte die zweite Schreibweise für die Bearbeitung auf Multiprozessor-Systemen haben und wieso wird sie durch diese Formulierung möglich?

Aufgabe 4: Matlab – Grafische Ausgabe

Geben Sie das Ergebnis aus Aufgabe 3: grafisch aus und erweitern Sie dafür das dort erstellte Skript.

- Verwenden Sie den Befehl *plot* um den Positionsvektor auszugeben.
- Ergänzen Sie die Beschriftung für die beiden Achsen und geben Sie der Grafik eine Überschrift. Markieren Sie weiterhin jeden berechneten Punkt auf der Kurve.
- Geben Sie die Position über der Zeit aufgetragen für die vektorielle Berechnungsme thode an.
- Markieren Sie das Ergebnis für $t = 2.5$ s und lesen Sie den berechneten Wert für Y aus der Grafik ab.

Aufgabe 5: Matlab – Function

Erstellen Sie mit Matlab eine neue Funktion („New → Function“) und implementieren Sie die Berechnung aus Aufgabe 3:, so dass Zeit und Position inkl. Startwert jeweils eine Spalte des Ausgabevektors sind.

- Weisen Sie das Ergebnis der Funktion einer einzelnen Variablen zu und geben Sie die Position wie in Aufgabe 4: b) aus.
- Weisen Sie den Rückgabewert einem Vektor aus Position und Zeit zu und geben Sie das Ergebnis in einem Plot aus (Position über Zeit).
- Geben Sie für a) nur das 2-Tupel für den Endwert aus.

Kurzlösungen

Lösung 1

a) Matlab-Code

```
r = 3  
A = pi * r^2  
A =  
28.2743
```

b) Matlab-Code

```
clear r A
```

c) Datei kegel.m mit einer Zeile

```
V = 1/3 * r^2 * h;
```

Matlab-Code

```
r = 3;  
h = 2;  
kegel
```

Auf dem Workspace liegt dann die Variable V = 6.

d) Datei kegel.m mit einer Zeile

```
V = 1/3 * r^2 * h;
```

Matlab-Code

```
r = 3;  
h = 2;  
kegel
```

Auf dem Workspace liegt dann die Variable V = 16.667

Lösung 2

a) v = 1:5

b) zum Beispiel:

```
a = [1,2,3; 4,5,6; 7,8,9]  
b = [9,8,7; 6,5,4; 3,2,1]
```

a+b =

```
10 10 10  
10 10 10
```

10 10 10

a*b =
 30 24 18
 84 69 54
 138 114 90
 = dot(a,b,3)

a.*b =
 9 16 21
 24 25 24
 21 16 9

a.^b =
 1 256 2187
 4096 3125 1296
 343 64 9

- c) `dot(a,b)` behandelt a und b jeweils als Sammlung von Vektoren. Um das gleiche Verhalten zu erreichen, muss `dot(a,b,3)` verwendet werden.
- d) `a/0` =

Inf Inf Inf
 Inf Inf Inf
 Inf Inf Inf

Matlab „beherrscht“ die Division durch 0. In anderen Sprachen führt dies in der Regel zu einem Fehler, der gesondert behandelt werden muss, damit es nicht zu einem Programmabbruch kommt.

- e) `diag(1:5)`
 f) `eye(5) + fliplr(eye(5))`
 g) `a(:,1)`

Lösung 3

- a) und
 b) Matlab-Skript
- ```
%% Konstanten
m = 1200;
F = 800;
a = F/m;
v0 = 0;
h = 0.5;
T = 5;
```

```
%% Berechnung konventionell
k = T/h;
for i=0:k
 t1 = i * h;
 s1(i+1) = 0.5 * a * t1^2 + v0;
end
%% Berechnung vektoriell
t2 = 0:h:T;
s2 = 0.5 * a * t2.*t2 + v0;
c) Im zweiten Fall sind weniger Anweisung erforderlich und der Interpreter/Compiler kann die Berechnung für die parallele Berechnung auf mehrere Prozessoren optimieren. Damit ergibt sich ein Geschwindigkeitsvorteil bei komplexen Berechnungen.
```

## Lösung 4

Erweitern des Skripts aus der vorherigen Aufgabe.

- a) plot(s1)
- b) plot(s1, '-+')
   
 xlabel('Schrittnummer')
   
 ylabel('Position in m')
   
 title('Bewegungsprofil')
- c) plot(t2,s2, '-\*')
- d) Data Cursor liefert X:2.5, Y:2.083

## Lösung 5

Matlab-Funktion:

```
function [s, t] = Beschleunigung(m, F, T, h, v0)
 a = F/m;
 t = 0:h:T;
 s = 0.5 * a * t.^2 + v0;
end
```

- a) erg = Beschleunigung(1200, 800, 5, 0.5, 0)
   
 Für Plot kann das abgeänderte Skript aus Aufgabe 4 a) verwendet werden.
- b) [Position, Zeit] = Beschleunigung(1200, 800, 5, 0.5, 0)
   
 Für Plot kann das abgeänderte Skript aus Aufgabe 4 b) verwendet werden.

## Automatisierungstechnik

|                                                         |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Automatisierungstechnik - Übung 2 .....</b>          | <b>2</b>  |
| Aufgabe 1: Das De Morgansche Theorem .....              | 2         |
| Aufgabe 2: Grundfunktionen der Booleschen Algebra ..... | 2         |
| Aufgabe 3: Boolesche Algebra .....                      | 2         |
| Aufgabe 4: Konjunktive und disjunktive Normalform ..... | 3         |
| Aufgabe 5: Minimieren mit dem Karnaugh Diagramm.....    | 4         |
| Aufgabe 6: Kippschaltungen .....                        | 5         |
| Aufgabe 7: Der Zustandsgraph.....                       | 6         |
| Aufgabe 8: Wasserschneidemaschine – Teil 1 .....        | 6         |
| Aufgabe 9: Wasserschneidemaschine – Teil 2.....         | 9         |
| Aufgabe 10: Wasserschneidemaschine – Teil 3 .....       | 10        |
| Aufgabe 11: Wasserschneidemaschine – Teil 4 .....       | 10        |
| <b>Kurzlösungen .....</b>                               | <b>12</b> |

## Automatisierungstechnik - Übung 2

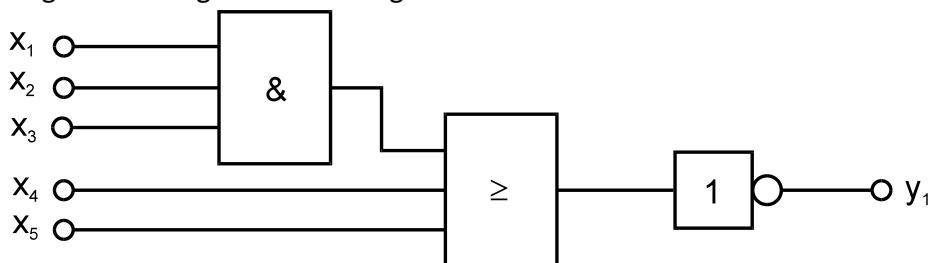
### Aufgabe 1: Das De Morgansche Theorem

Zeigen Sie die Gültigkeit des De Morganschen Satzes am Beispiel:

$$y = (x_3 \vee x_2 \vee x_1) \wedge (x_3 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1) \wedge (\bar{x}_3 \vee x_2 \vee x_1) \wedge (\bar{x}_3 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1)$$

### Aufgabe 2: Grundfunktionen der Booleschen Algebra

- a) Realisieren Sie eine Negation, also eine Schaltung, bei der der Verbraucher ausgeschaltet wird, wenn der Einschalter betätigt wird. Verwenden Sie dazu ein Relais.
- b) Gegeben ist folgende Schaltung:



Verwandeln Sie die oben abgebildete Schaltung in eine Darstellung mit Schaltern.

### Aufgabe 3: Boolesche Algebra

Gesucht ist eine Schaltung, die ein Ausgangssignal liefert, wenn an beiden Eingängen der gleiche logische Wert anliegt.

- a) Zeichnen Sie die Wertetabelle.
- b) Wie heißt eine solche Verknüpfung und wie ist ihr Schaltbild?
- c) Geben Sie die Schaltfunktion an.
- d) Überführen Sie diese Schaltfunktion durch algebraische Umformung in eine Form, die mit NAND-Gattern realisiert werden kann, die zwei Eingänge besitzen.
- e) Geben Sie durch algebraische Umformung eine Form an, die mit NOR-Gattern realisiert werden kann, die zwei Eingänge besitzen.
- f) Zeichnen Sie die einfachere der Lösungen aus 5. und 6.

### Aufgabe 4: Konjunktive und disjunktive Normalform

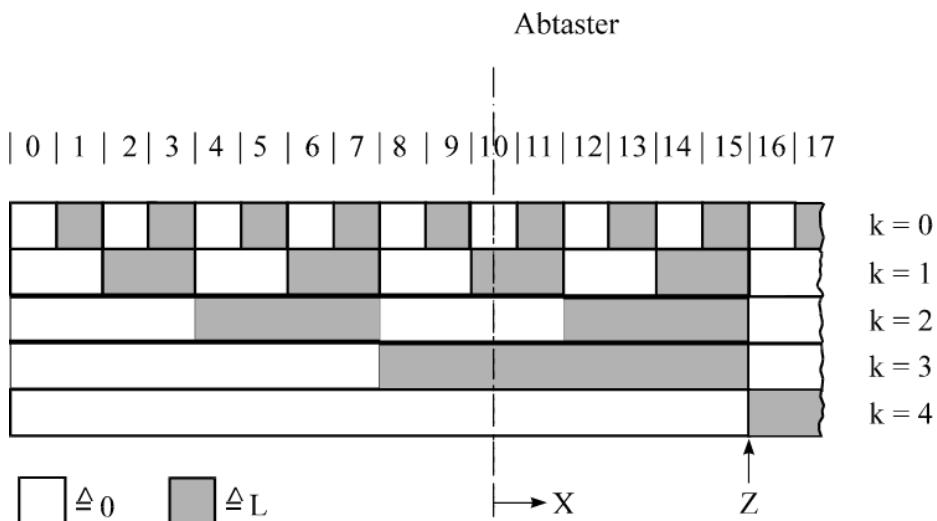
Gegeben ist die folgende vollständige Wertetabelle:

| Zeile | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | y |
|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1 |
| 1     | 0     | 0     | 0     | 1     | 0 |
| 2     | 0     | 0     | 1     | 0     | 1 |
| 3     | 0     | 0     | 1     | 1     | 0 |
| 4     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0 |
| 5     | 0     | 1     | 0     | 1     | 0 |
| 6     | 0     | 1     | 1     | 0     | 0 |
| 7     | 0     | 1     | 1     | 1     | 0 |
| 8     | 1     | 0     | 0     | 0     | 1 |
| 9     | 1     | 0     | 0     | 1     | 0 |
| 10    | 1     | 0     | 1     | 0     | 1 |
| 11    | 1     | 0     | 1     | 1     | 0 |
| 12    | 1     | 1     | 0     | 0     | 0 |
| 13    | 1     | 1     | 0     | 1     | 0 |
| 14    | 1     | 1     | 1     | 0     | 0 |
| 15    | 1     | 1     | 1     | 1     | 0 |

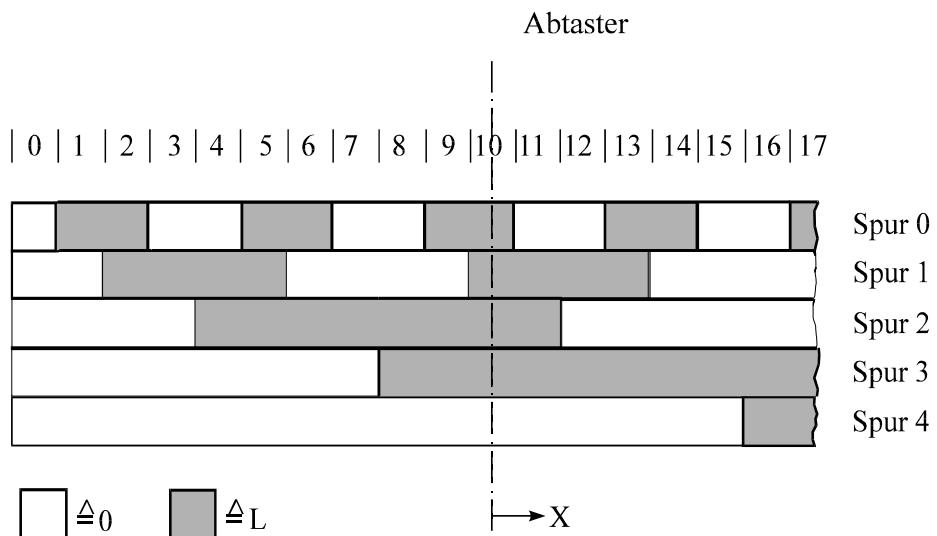
- a) Stellen Sie die disjunktive Normalform auf.
- b) Stellen Sie die konjunktive Normalform auf.
- c) Vereinfachen Sie KNF oder DNF durch Anwendung der Regeln der Booleschen Algebra.
- d) Wandeln Sie die vereinfachte Form so um, dass sie durch NOR-Gatter realisiert werden kann.
- e) Zeichnen Sie ein Schaltbild unter Verwendung von NOR-Gattern.

### Aufgabe 5: Minimieren mit dem Karnaugh Diagramm

Das folgende Bild zeigt das Prinzip eines dual codierten Längenmaßstabes.



In unserem Beispiel sei die angeschlossene Auswertelektronik jedoch für einen Längenmaßstab vorgesehen, der mit dem Gray-Code arbeitet, wie im folgenden Bild dargestellt.

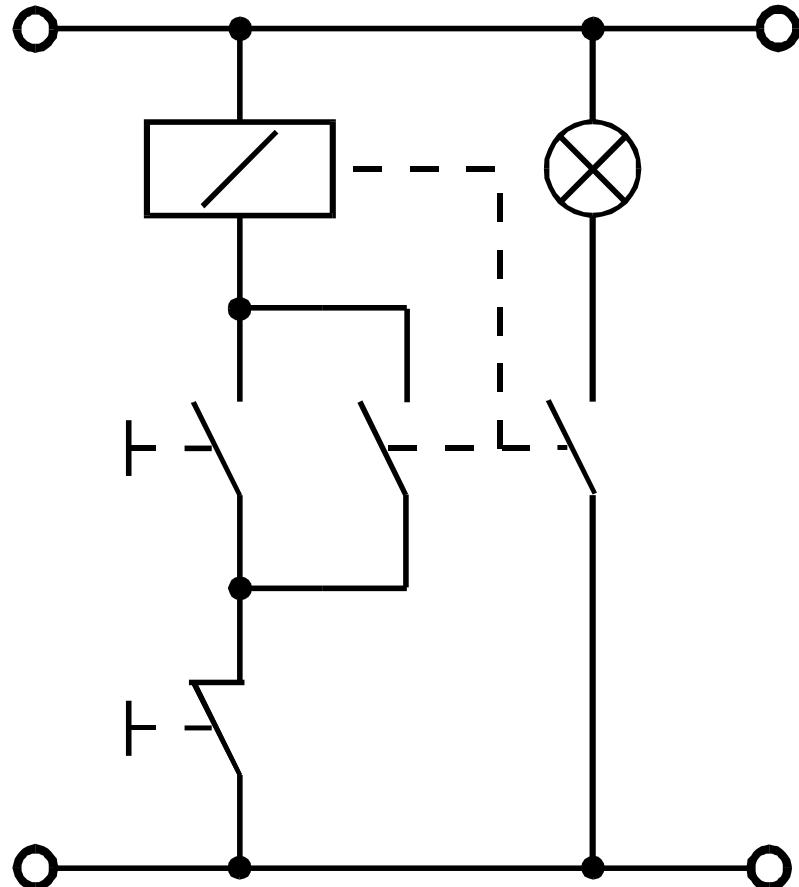


Darum soll eine Schaltung entworfen werden, die einen dualen Code mit vier Stellen in einen Gray-Code umwandelt.

- Wie viele Ein- und Ausgänge besitzt die Schaltung?
- Stellen Sie die vollständige Wertetabelle für alle Ausgänge auf.
- Erstellen Sie ein Karnaugh Diagramm für jeden Ausgang.
- Welcher besonderen Funktion genügt die Verknüpfung der letzten 3 Stellen. Warum meinen Sie, hat die vierte Stelle eine andere Schaltfunktion?
- Zeichnen Sie einen Dual-zu Gray-Code-Wandler für n Stellen.

### Aufgabe 6: Kippschaltungen

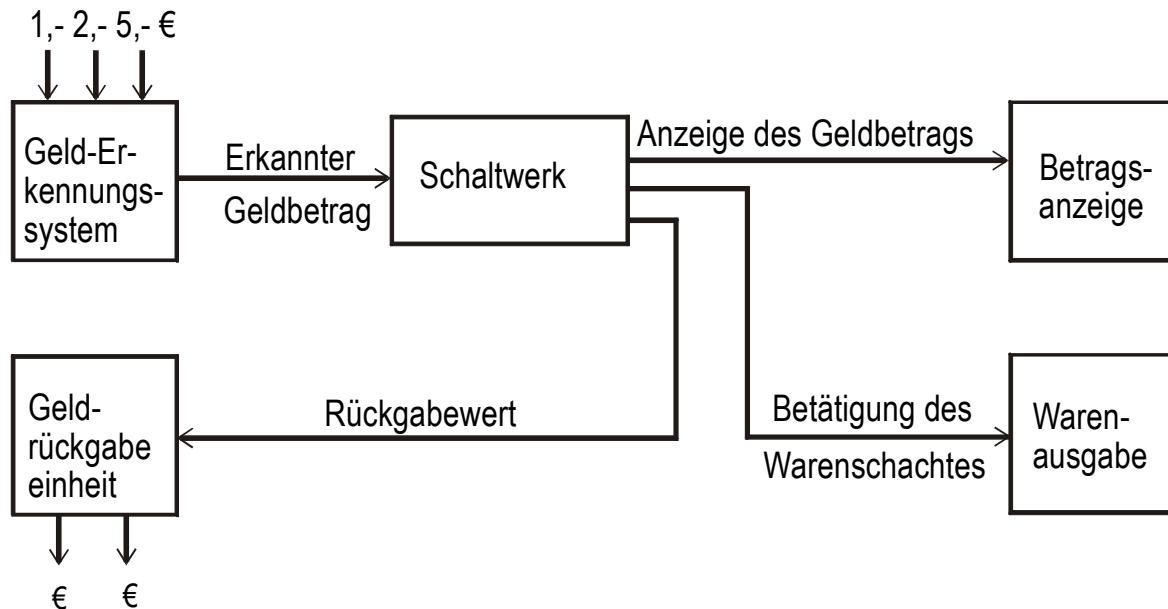
Gegeben ist folgende, in der Praxis als "Schütz mit Selbsthaltung" bekannte Schaltung:



- Wozu könnte diese Schaltung nützlich sein?
- Überführen Sie die Schaltung in eine Darstellung mit logischen Grundelementen.
- Geben Sie die Wertetabelle des Ausgangs der Schaltung in Abhängigkeit von allen Eingängen an und minimieren Sie die Schaltfunktionen.
- Wie viele Zustände kann die Schaltung einnehmen? Geben Sie die binäre Zustands-Ausgangs-Matrix der Schaltung an.

### Aufgabe 7: Der Zustandsgraph

Gegeben ist der folgende Geld-Automat:



Er soll die Summe des jeweils eingeworfenen Geldbetrages (möglich sind Münzen zu 1€, 2€ und Scheine zu 5€) anzeigen und bei Erreichen eines Warenwertes von 4,- € die Ware ausgeben. Überzahlte Beträge sollen zurückgezahlt werden.

Hilfestellung:

Der innere Zustand des Automaten hängt nur vom bereits eingeworfenen Betrag ab.

- Handelt es sich um einen Mealy- oder einen Moore-Automaten?
- Zeichnen Sie den Zustandsgraphen.
- Wie viele Ausgänge muss das Münzerkennungssystem mindestens haben?
- Wie viele Speicherelemente werden zur Realisierung des Schaltwerkes benötigt?
- Geben Sie eine mögliche Codierung zur Ansteuerung der Betragsanzeige an.

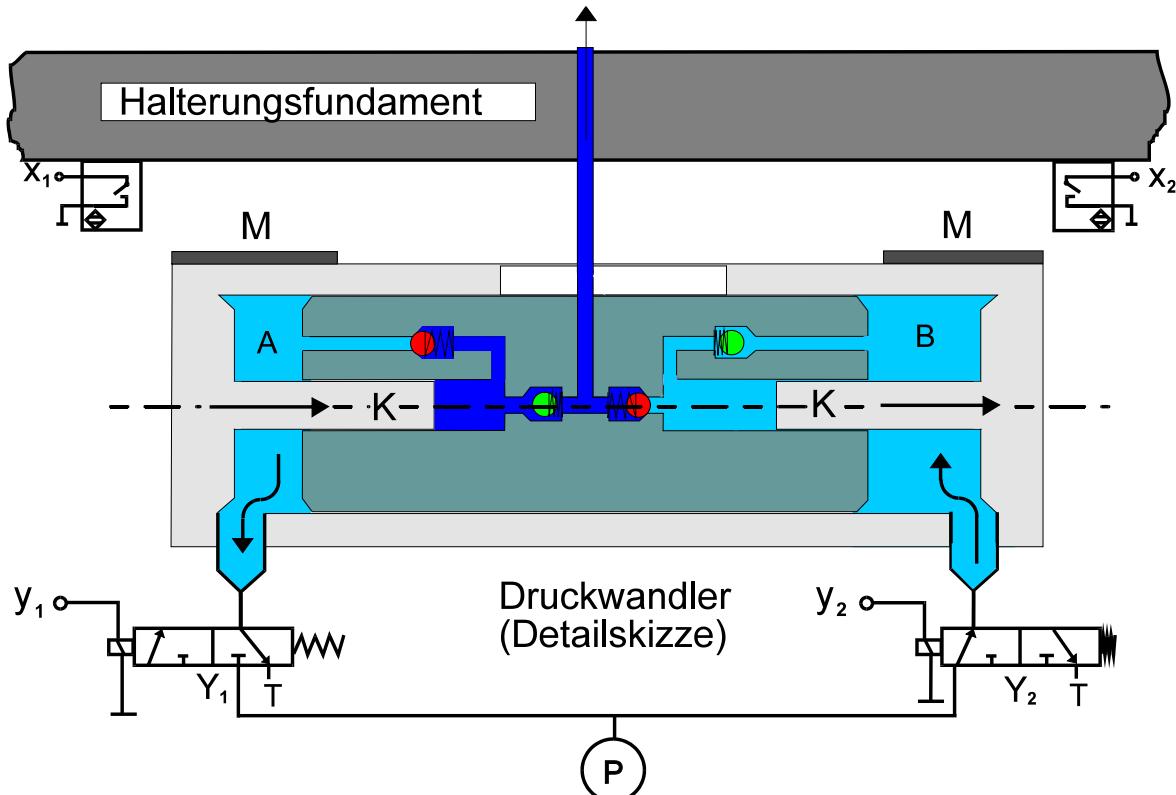
### Aufgabe 8: Wasserschneidemaschine – Teil 1

Gegeben sind zwei Exemplare des unten detailliert skizzierten Druckwandlers einer Wasserschneidemaschine. Diese sind im Arbeitszustand dargestellt.

Der von der Pumpe erzeugte Anfangsdruck (200 bar) wird über das auf Durchfluss geschaltete Ventil in die Kammer B gepresst. Das Ventil, im Ruhezustand befindlich, ermöglicht gleichzeitig den Abfluss aus Kammer A.

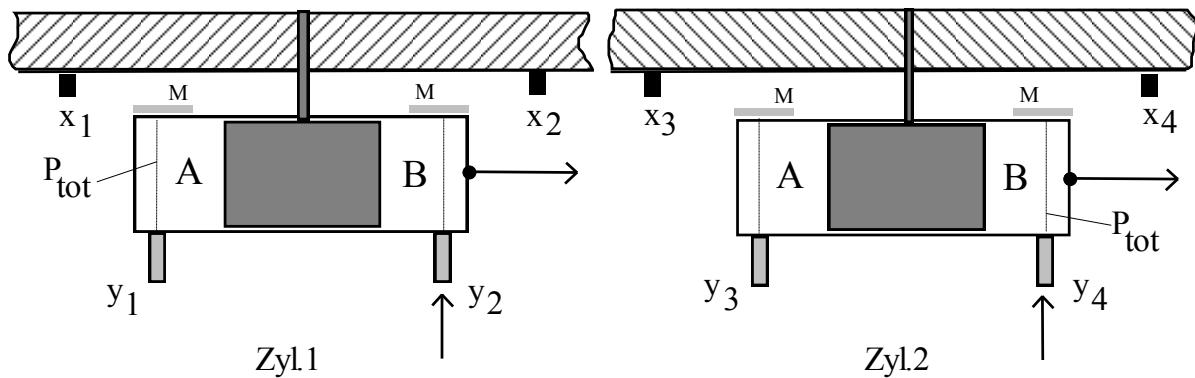
Während dieses Vorganges bewegt sich der äußere Zylindermantel nach rechts, wobei der linke Kolben die Wasserfüllung aus der Hochdruckkammer presst (4000 bar). Dieser Vorgang dauert solange an, bis der Näherungsschalter schließt.

Danach beginnt der Vorgang in umgekehrter Richtung von neuem (ist auf Durchfluss, auf Abfluss geschaltet), der äußere Zylindermantel bewegt sich nach links.



|                                                                                                                          |                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| A,B : Arbeitskammern                                                                                                     | P : Pumpe              |
| Y <sub>1</sub> : Steuerventil (Ruhestellung auf Abfluß)                                                                  | T : Abflußleitung      |
| Y <sub>2</sub> : Steuerventil (Arbeitsstellung auf Zufluß)                                                               | M : Kontaktplatte      |
| x <sub>1,2</sub> : Näherungsschalter                                                                                     |                        |
| K : Kolben                                                                                                               |                        |
|  : Kugelrückschlagventil, geschlossen | Hochdruck, 4000 bar    |
|  : Kugelrückschlagventil, geöffnet    | Arbeitsdruck, 200 bar  |
|                                                                                                                          | Äußerer Zylindermantel |

Es werden die zwei nachfolgend skizzierten Druckwandler verwendet:



**y<sub>1</sub>...4:** Elektrisch schaltbare Ventile

**x<sub>1</sub>...4:** Näherungsschalter

**M:** Kontaktplatte

**P<sub>tot</sub>** : Oberer bzw. unterer Totpunkt

Folgende Kolbenbewegungen in Abhängigkeit der Ventilzustände können auftreten:

| <b>y<sub>1</sub></b> | <b>y<sub>2</sub></b> | <b>y<sub>3</sub></b> | <b>y<sub>4</sub></b> | <b>Kolben 1</b>         | <b>Kolben 2</b>         |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 0                    | 0                    | 0                    | 0                    | Steht                   | Steht                   |
| 0                    | 0                    | 0                    | 1                    | Steht                   | Richtung x <sub>4</sub> |
| 0                    | 0                    | 1                    | 0                    | Steht                   | Richtung x <sub>3</sub> |
| 0                    | 0                    | 1                    | 1                    | Steht                   | Nicht vorgesehen!       |
| 0                    | 1                    | 0                    | 0                    | Richtung x <sub>2</sub> | Steht                   |
| 0                    | 1                    | 0                    | 1                    | Richtung x <sub>2</sub> | Richtung x <sub>4</sub> |
| 0                    | 1                    | 1                    | 0                    | Richtung x <sub>2</sub> | Richtung x <sub>3</sub> |
| 0                    | 1                    | 1                    | 1                    | Richtung x <sub>2</sub> | Nicht vorgesehen!       |
| 1                    | 0                    | 0                    | 0                    | Richtung x <sub>1</sub> | Steht                   |
| 1                    | 0                    | 0                    | 1                    | Richtung x <sub>1</sub> | Richtung x <sub>4</sub> |
| 1                    | 0                    | 1                    | 0                    | Richtung x <sub>1</sub> | Richtung x <sub>3</sub> |
| 1                    | 0                    | 1                    | 1                    | Richtung x <sub>1</sub> | Nicht vorgesehen!       |
| 1                    | 1                    | 0                    | 0                    | Nicht vorgesehen!       | Steht                   |
| 1                    | 1                    | 0                    | 1                    | Nicht vorgesehen!       | Richtung x <sub>4</sub> |
| 1                    | 1                    | 1                    | 0                    | Nicht vorgesehen!       | Richtung x <sub>3</sub> |
| 1                    | 1                    | 1                    | 1                    | Nicht vorgesehen!       | Nicht vorgesehen!       |

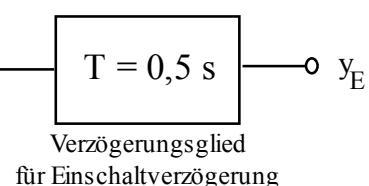
Die Zylinder arbeiten nach folgendem Ablaufschema:

| Bewegungsablauf              | Zylinderbewegung      | Haltepunkt     |
|------------------------------|-----------------------|----------------|
| 1. (beide Zylinder in Mitte) | Zyl. 1 Richtung $x_2$ | Hält bei $x_2$ |
| 2.                           | Zyl. 2 Richtung $x_3$ | Hält bei $x_3$ |
| 3.                           | Zyl. 1 Richtung $x_1$ | Hält bei $x_1$ |
| 4.                           | Zyl. 2 Richtung $x_4$ | Hält bei $x_4$ |
| 5.                           | Zyl. 1 Richtung $x_2$ | Hält bei $x_2$ |

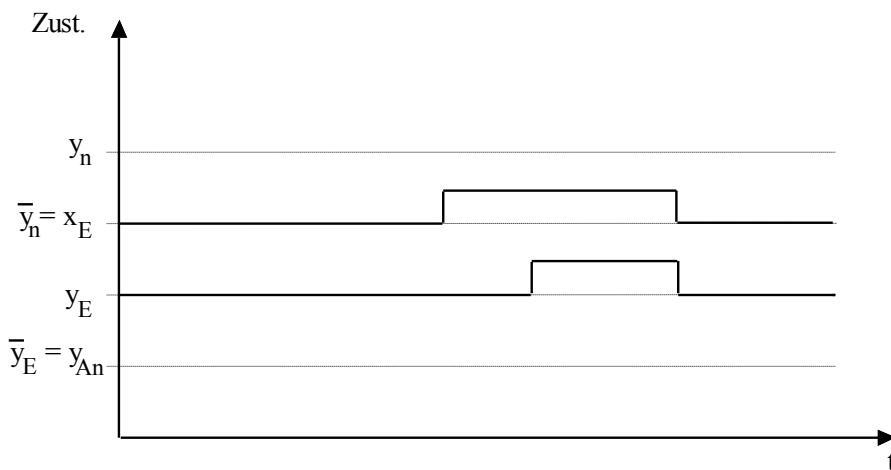
- a) Es gibt Schalterstellungen, die das System bei korrekter Funktion nicht einnehmen kann. Die Stellung der zugehörigen Ventile soll zunächst als beliebig angenommen werden.  
 Stellen Sie die Wertetabelle für die Schaltfunktionen auf, mit denen die Ausgänge  $y_1 \dots y_4$  angesteuert werden können.
- b) Geben Sie für den Ausgang  $y_1$  die disjunktive Normalform an und zeichnen Sie diese Schaltfunktion.
- c) Geben Sie für die Ausgänge  $y_n$  das Karnaugh-Veitch Diagramm an und geben Sie mit Hilfe des erstellten Karnaugh-Veitch-Diagrammes die minimierten Schaltfunktionen  $y_n$  an.
- d) Zeichnen Sie das Schaltbild.
- e) Wie könnte man auf einige mögliche Fehlfunktionen der Schalter schließen?
- f) Was für Funktionen an den Ventilen und in der Werkzeugmaschine könnten in diesem Fall ausgelöst werden?

### Aufgabe 9: Wasserschneidemaschine – Teil 2

Ist ein Zylinder am jeweiligen Endschalter angekommen, soll er sich noch ca. 0,5 s weiterbewegen, während der andere schon begonnen hat zu arbeiten. Der Endschalter bleibt, bedingt durch die Länge der Kontaktplatte K dabei noch geschlossen. Hierdurch kann ein Druckabfall beim



Umschalten der Zylinder vermieden werden. Durch Einsatz eines Verzögerungsgliedes (Einschaltverzögerung) kann dieses Problem gelöst werden, wenn seine das Einschalten verzögernde Funktion in eine das Ausschalten verzögernde Funktion umgewandelt wird.



- Vervollständigen Sie die Signalverläufe im vorbereiteten Diagramm.
- Skizzieren Sie die Beschaltung der Ausgänge  $y_n$  des Schaltnetzes mit den Verzögerungsgliedern so, dass obiger Signalverlauf möglich ist.

### Aufgabe 10: Wasserschneidemaschine – Teil 3

Um einen einzelnen Druckwandler zu betreiben, benötigt man ein RS-Flipflop.

Skizzieren Sie die Beschaltung des Flipflops mit Näherungsschaltern und Ventilen, damit der "Stand-Alone-Betrieb" des Zylinders 1 möglich ist.

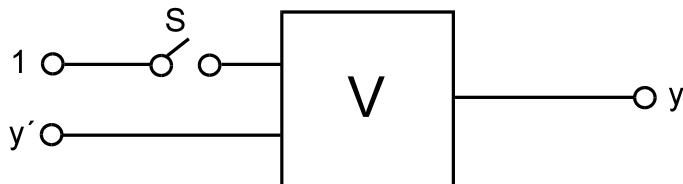
### Aufgabe 11: Wasserschneidemaschine – Teil 4

Gegeben sind ein Blockschaltbild (s. Ende der Aufgabe) und die Ergebnisse aus Aufgabe 1, 2 und 3.

Unter Verwendung eines Schaltnetzes sollen mit Hilfe des Umschalters **S** folgende Betriebszustände ausgewählt werden können:

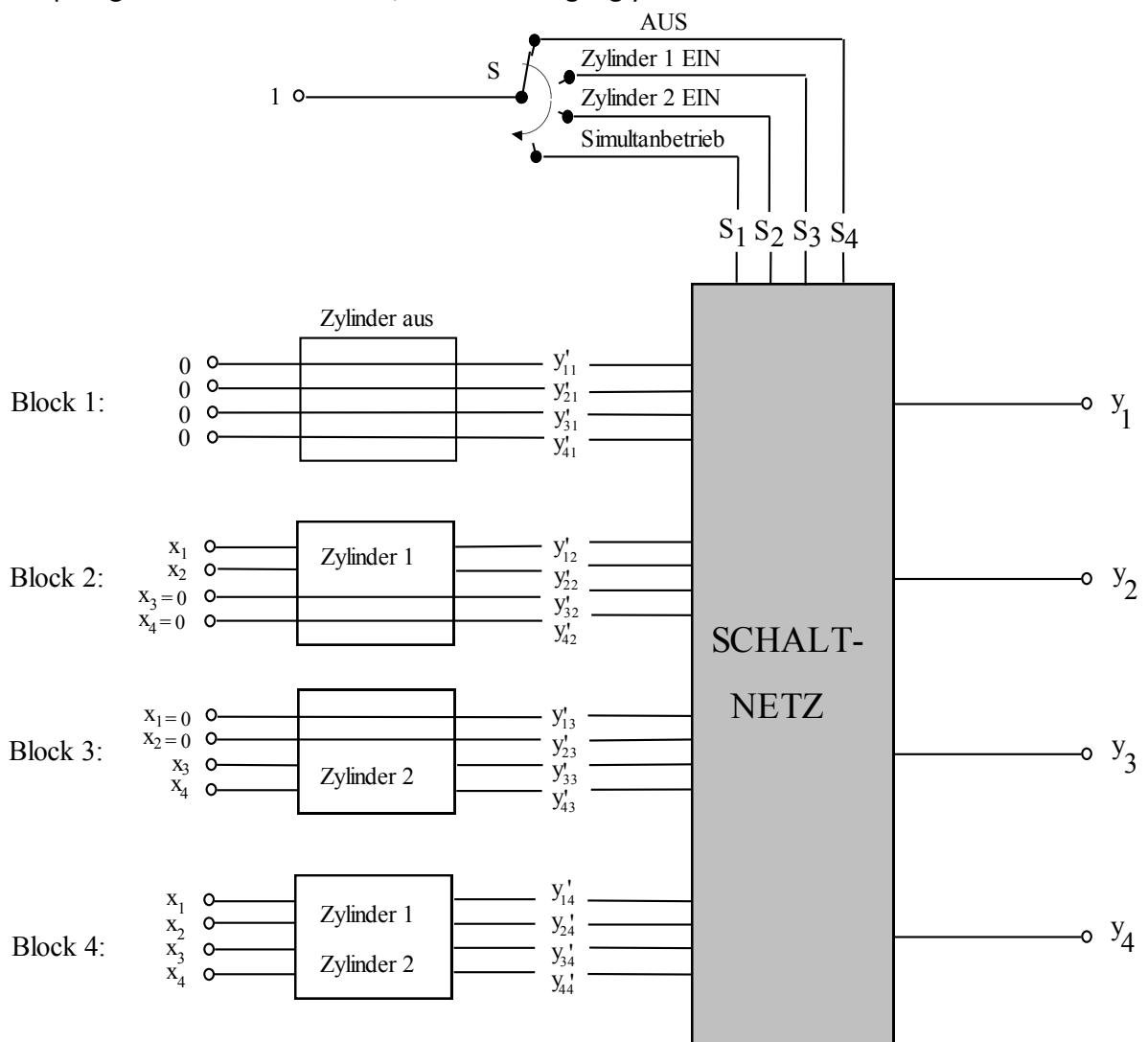
- Ausschalten der Anlage (Block 1)
  - Einzelbetrieb Hochdruckwandler 1 (Block 2; Ergebnis Aufgabe 3) sowie
  - Einzelbetrieb Hochdruckwandler 2 (Block 3; Ergebnis Aufgabe 3) sowie
  - Simultanbetrieb Hochdruckwandler 1 und 2 (Block 4; Ergebnis Aufgabe 2)
- Das Umschalten der Blöcke 1...4 aus dem Blockschaltbild soll unter Verwendung des nachfolgend skizzierten binären Umschalters realisiert werden.  
 Dieser Umschalter legt den Eingang  $y'$  in Abhängigkeit von der Stellung des Schalters **S** auf den Ausgang.

Geben Sie die notwendige Verknüpfung V an.



| Zeile | S | y  |
|-------|---|----|
| 0     | 0 | 0  |
| 1     | 1 | y' |

- b) Geben Sie eine Schaltung an, die alle 4 Ausgänge  $y'_1$  m aus dem Blockschaltbild in Abhängigkeit von der Stellung des Schalters S auf den Ausgang  $y_1$  legt.  
 Benutzen Sie dazu die binären Umschalter aus Aufgabe 4.1, die Sie mit einer geeigneten Schaltverknüpfung zusammenfassen.
- c) Zeichnen Sie das gesamte Schaltnetz. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Verknüpfung V dann entfallen kann, wenn der Eingang  $y'_{nm} = 0$  ist.



## Kurzlösungen

### Lösung 1

$$y = (x_3 \vee x_2 \vee x_1) \wedge (x_3 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1) \wedge (\bar{x}_3 \vee x_2 \vee x_1) \wedge (\bar{x}_3 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1)$$

mit  $a = x_3 \vee x_2 \vee x_1$

und  $b = \bar{x}_3 \vee x_2 \vee x_1$

folgt

$$\begin{aligned} y &= a \wedge (x_3 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1) \wedge b \wedge (\bar{x}_3 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1) \\ &= ((a \wedge x_3) \vee (a \wedge \bar{x}_2) \vee (a \wedge \bar{x}_1)) \wedge ((b \wedge \bar{x}_3) \vee (b \wedge \bar{x}_2) \vee (b \wedge \bar{x}_1)) \\ &= (a \wedge b \wedge x_3 \wedge \bar{x}_3) \vee (a \wedge b \wedge x_3 \wedge \bar{x}_2) \vee (a \wedge b \wedge x_3 \wedge \bar{x}_1) \vee \\ &\quad \vee (a \wedge b \wedge \bar{x}_3 \wedge \bar{x}_2) \vee (a \wedge b \wedge \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_1) \vee (a \wedge b \wedge \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_1) \vee \\ &\quad \vee (a \wedge b \wedge \bar{x}_3 \wedge \bar{x}_1) \vee (a \wedge b \wedge \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_1) \vee (a \wedge b \wedge \bar{x}_1) \end{aligned}$$

mit  $z = a \wedge b = (x_3 \vee x_2 \vee x_1) \wedge (\bar{x}_3 \vee x_2 \vee x_1)$

$$\begin{aligned} &= (x_3 \wedge \bar{x}_3) \vee (x_3 \wedge x_2) \vee (x_3 \wedge x_1) \vee (\bar{x}_3 \wedge x_2) \vee x_2 \vee \\ &\quad \vee (x_2 \wedge x_1) \vee (\bar{x}_3 \wedge x_1) \vee (x_2 \wedge x_1) \vee x_1 \\ &= [x_2 \wedge (x_3 \vee \bar{x}_3 \vee 1 \vee x_1)] \vee [x_1 \wedge (x_3 \vee \bar{x}_3 \vee 1)] \\ &= x_2 \vee x_1 \end{aligned}$$

$$y = (x_2 \vee x_1) \wedge$$

$$\begin{aligned} &\wedge [(x_3 \wedge \bar{x}_2) \vee (x_3 \wedge \bar{x}_1) \vee \bar{x}_2 \vee (\bar{x}_2 \wedge \bar{x}_1) \vee (\bar{x}_3 \wedge \bar{x}_1) \vee \bar{x}_1 \vee (\bar{x}_3 \wedge \bar{x}_2)] \\ &= (x_2 \vee x_1) \wedge [\bar{x}_2 \wedge (x_3 \vee 1 \vee \bar{x}_1 \vee \bar{x}_3)] \vee [\bar{x}_1 \wedge (x_3 \vee \bar{x}_3 \vee 1)] \\ &= (x_2 \vee x_1) \wedge (\bar{x}_2 \vee \bar{x}_1) \\ &= (x_2 \wedge \bar{x}_2) \vee (x_2 \wedge \bar{x}_1) \vee (\bar{x}_2 \wedge x_1) \vee (x_1 \wedge \bar{x}_1) \\ &= (\bar{x}_2 \wedge x_1) \vee (x_2 \wedge \bar{x}_1) \end{aligned}$$

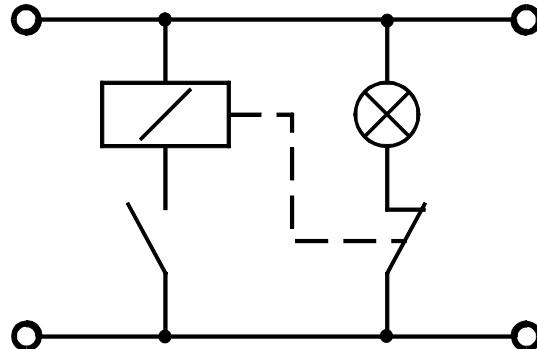
$$\Rightarrow \bar{y} = \overline{(\bar{x}_2 \wedge x_1)} \wedge \overline{(x_2 \wedge \bar{x}_1)} = (x_2 \vee \bar{x}_1) \wedge (\bar{x}_2 \vee x_1)$$

$$\begin{aligned}
y \wedge \bar{y} &= 0 = [(\bar{x}_2 \vee x_1) \wedge (\bar{x}_2 \vee \bar{x}_1)] \wedge [(\bar{x}_2 \vee \bar{x}_1) \wedge (\bar{x}_2 \vee x_1)] \\
&= (\bar{x}_2 \vee x_1) \wedge (\bar{x}_2 \vee \bar{x}_1) \wedge (\bar{x}_2 \vee \bar{x}_1) \wedge (\bar{x}_2 \vee x_1) \\
&= \left[ x_2 \vee \underbrace{(x_1 \wedge \bar{x}_1)}_0 \right] \wedge \left[ \bar{x}_2 \vee \underbrace{(\bar{x}_1 \wedge x_1)}_0 \right] \\
&= x_2 \wedge \bar{x}_2 = 0
\end{aligned}$$

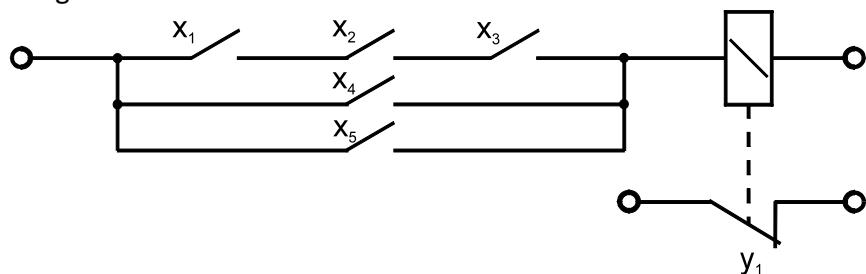
qed.

## Lösung 2

a) Schaltung



b) Schaltung

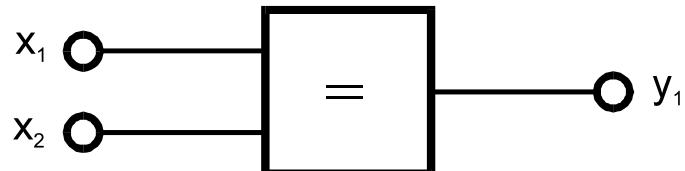


## Lösung 3

a) Dialoge der Anwendung bei der Erstellung des KNN

| Zeile | $x_1$ | $x_2$ | $y_1$ |
|-------|-------|-------|-------|
| 0     | 0     | 0     | 1     |
| 1     | 0     | 1     | 0     |
| 2     | 1     | 0     | 0     |
| 3     | 1     | 1     | 1     |

- b) Eine solche Verknüpfung nennt man Äquivalenz oder Äquijunktion. Sie hat folgendes Schaltbild:



- c)  $(x_1 \wedge x_2) \vee (\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_2)$   
d) Es werden 5 Gatter benötigt.

$$a \vee b = \overline{\bar{a} \wedge \bar{b}}$$

$$y = \overline{(x_1 \wedge x_2) \wedge (\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_2)}$$

$$a = a \wedge a \Rightarrow \bar{a} = \overline{a \wedge a}$$

$$y = \overline{(x_1 \wedge x_2) \wedge ((\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_1) \wedge (x_2 \wedge x_2))}$$

- e) Es werden 6 Gatter benötigt.

$$a \wedge b = \overline{\bar{a} \vee \bar{b}}$$

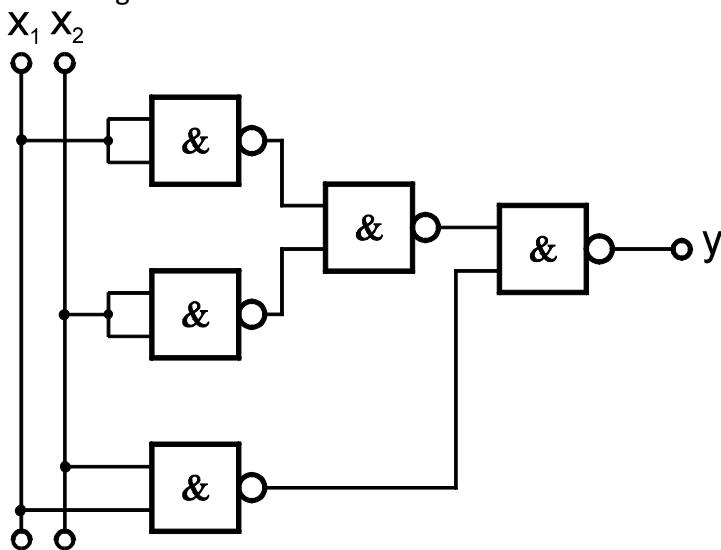
$$y = \overline{(\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2)} \vee \overline{(x_1 \vee x_2)}$$

$$a = a \vee a \Rightarrow \bar{a} = \overline{a \vee a}$$

$$a = a \vee 0 \Rightarrow \bar{a} = \overline{a \vee 0}$$

$$y = \overline{\overline{(x_1 \wedge x_1)} \vee \overline{(x_2 \vee x_2)} \vee \overline{(x_1 \vee x_2)} \vee 0}$$

- f) Schaltung



## Lösung 4

a) Gleichung

$$y = (\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_3 \wedge \bar{x}_4) \vee (\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge x_3 \wedge \bar{x}_4) \\ \vee (x_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_3 \wedge \bar{x}_4) \vee (x_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge x_3 \wedge \bar{x}_4)$$

b) Gleichung

$$\bar{y} = (\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_3 \wedge x_4) \vee (\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge x_3 \wedge x_4) \\ \vee (\bar{x}_1 \wedge x_2 \wedge \bar{x}_3 \wedge \bar{x}_4) \vee (\bar{x}_1 \wedge x_2 \wedge \bar{x}_3 \wedge x_4) \\ \vee (\bar{x}_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge \bar{x}_4) \vee (\bar{x}_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge x_4) \\ \vee (x_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_3 \wedge x_4) \vee (x_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge x_3 \wedge x_4) \\ \vee (x_1 \wedge x_2 \wedge \bar{x}_3 \wedge \bar{x}_4) \vee (x_1 \wedge x_2 \wedge \bar{x}_3 \wedge x_4) \\ \vee (x_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge \bar{x}_4) \vee (x_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge x_4)$$

$$y = (x_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee \bar{x}_4) \wedge (x_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3 \vee \bar{x}_4) \\ \wedge (x_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3 \vee x_4) \wedge (x_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3 \vee \bar{x}_4) \\ \wedge (x_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3 \vee x_4) \wedge (x_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3 \vee \bar{x}_4) \\ \wedge (\bar{x}_1 \vee x_2 \vee x_3 \vee \bar{x}_4) \wedge (\bar{x}_1 \vee x_2 \vee \bar{x}_3 \vee \bar{x}_4) \\ \wedge (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3 \vee x_4) \wedge (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee x_3 \vee \bar{x}_4) \\ \wedge (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3 \vee x_4) \wedge (\bar{x}_1 \vee \bar{x}_2 \vee \bar{x}_3 \vee \bar{x}_4)$$

c) Gleichung

$$y = \left[ \bar{x}_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_4 \wedge \underbrace{(x_3 \vee \bar{x}_3)}_1 \right] \vee \left[ x_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_4 \wedge \underbrace{(x_3 \vee \bar{x}_3)}_1 \right]$$

$$y = (\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_4) \vee (x_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_4)$$

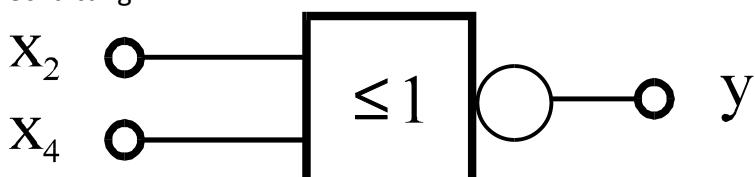
$$y = \underbrace{(x_1 \vee \bar{x}_1)}_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_4$$

$$y = \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_4$$

d) Gleichung

$$y = \overline{x_2 \vee x_4}$$

e) Schaltung



## Lösung 5

- a) Die Schaltung hat vier Eingänge und vier Ausgänge.  
b) Tabelle

| <b>Zeile</b> | $x_4$ | $x_3$ | $x_2$ | $x_1$ | $y_4$ | $y_3$ | $y_2$ | $y_1$ |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 1            | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 1     |
| 2            | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 1     | 1     |
| 3            | 0     | 0     | 1     | 1     | 0     | 0     | 1     | 0     |
| 4            | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 1     | 1     | 0     |
| 5            | 0     | 1     | 0     | 1     | 0     | 1     | 1     | 1     |
| 6            | 0     | 1     | 1     | 0     | 0     | 1     | 0     | 1     |
| 7            | 0     | 1     | 1     | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     |
| 8            | 1     | 0     | 0     | 0     | 1     | 1     | 0     | 0     |
| 9            | 1     | 0     | 0     | 1     | 1     | 1     | 0     | 1     |
| 10           | 1     | 0     | 1     | 0     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| 11           | 1     | 0     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 0     |
| 12           | 1     | 1     | 0     | 0     | 1     | 0     | 1     | 0     |
| 13           | 1     | 1     | 0     | 1     | 1     | 0     | 1     | 1     |
| 14           | 1     | 1     | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     | 1     |
| 15           | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     |

- c) Karnaugh-Diagramme

|       |       | $x_2 x_1$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------|-------|-----------|----|----|----|----|
|       |       | $x_4 x_3$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
| $x_4$ | $x_3$ | 00        | 0  | 0  | 0  | 0  |
|       |       | 01        | 0  | 0  | 0  | 0  |
|       |       | 11        | 1  | 1  | 1  | 1  |
|       |       | 10        | 1  | 1  | 1  | 1  |

 $y_4$ 

$$y_4 = x_4$$

|       |       | $x_2 x_1$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------|-------|-----------|----|----|----|----|
|       |       | $x_4 x_3$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
| $x_4$ | $x_3$ | 00        | 0  | 0  | 0  | 0  |
|       |       | 01        | 1  | 1  | 1  | 1  |
|       |       | 11        | 0  | 0  | 0  | 0  |
|       |       | 10        | 1  | 1  | 1  | 1  |

 $y_3$ 

$$y_3 = (\bar{x}_4 \wedge x_3) \vee (x_4 \wedge \bar{x}_3)$$

|       |       | $x_2 x_1$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------|-------|-----------|----|----|----|----|
|       |       | $x_4 x_3$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
| $x_4$ | $x_3$ | 00        | 0  | 0  | 1  | 1  |
|       |       | 01        | 1  | 1  | 0  | 0  |
|       |       | 11        | 1  | 1  | 0  | 0  |
|       |       | 10        | 0  | 0  | 1  | 1  |

 $y_2$ 

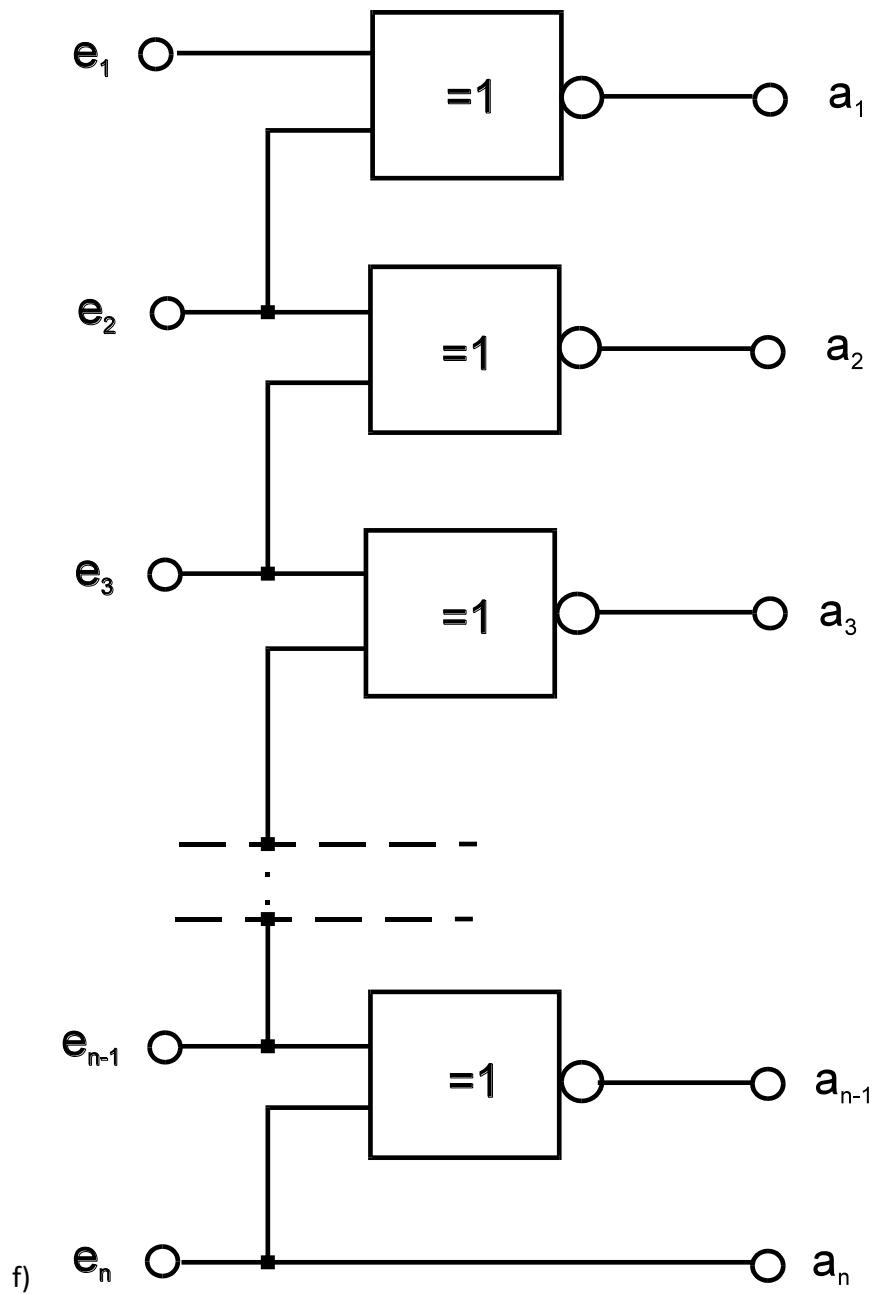
$$y_2 = (x_2 \wedge \bar{x}_3) \vee (\bar{x}_2 \wedge x_3)$$

|       |       | $x_2 x_1$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------|-------|-----------|----|----|----|----|
|       |       | $x_4 x_3$ | 00 | 01 | 11 | 10 |
| $x_4$ | $x_3$ | 00        | 0  | 1  | 0  | 1  |
|       |       | 01        | 0  | 1  | 0  | 1  |
|       |       | 11        | 0  | 1  | 0  | 1  |
|       |       | 10        | 0  | 1  | 0  | 1  |

 $y_1$ 

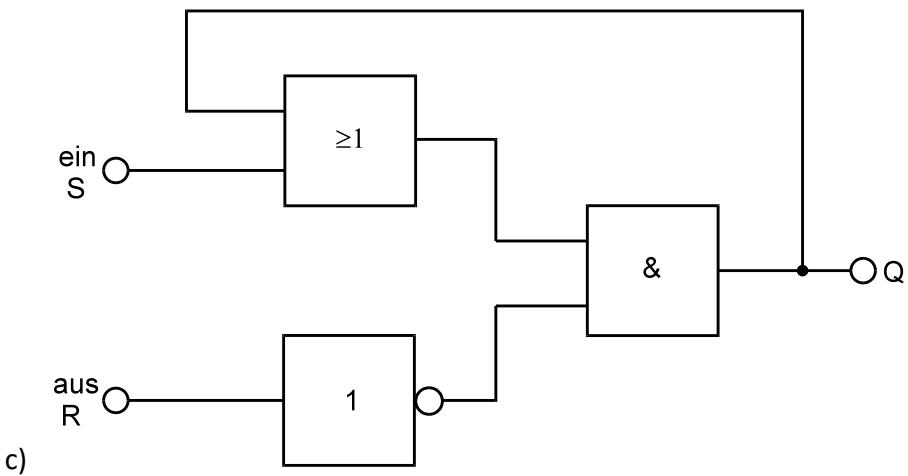
$$y_1 = (\bar{x}_2 \wedge x_1) \vee (x_2 \wedge \bar{x}_1)$$

- d) Sie stellen eine Antivalenzfunktion zwischen dem Eingang, dessen Wertigkeit dem Ausgang entspricht, und dem Eingang mit der nächst höheren Wertigkeit dar. Die vierte Stelle hat eine andere Schaltfunktion, weil das Bit mit der Wertigkeit fünf nicht dekoriert werden muss.
- e) Schaltung



### Lösung 6

- Die Schaltung erlaubt ein Ein- und Ausschalten des Verbrauchers durch Druck auf die Ein- bzw. Austaste.
- Schaltung



- d) Diese Schaltfunktion stellt die charakteristische Gleichung der Schaltung dar:

| <b>Zeile</b> | $R_\xi$ | $S_\xi$ | $Q_\xi$ | $Q_{\xi+1}$ |
|--------------|---------|---------|---------|-------------|
| 0            | 0       | 0       | 0       | 0           |
| 1            | 0       | 0       | 1       | 1           |
| 2            | 0       | 1       | 0       | 1           |
| 3            | 0       | 1       | 1       | 1           |
| 4            | 1       | 0       | 0       | 0           |
| 5            | 1       | 0       | 1       | 0           |
| 6            | 1       | 1       | 0       | X           |
| 7            | 1       | 1       | 1       | X           |

| $R_\xi$ | $S_\xi$ | $Q_\xi$ | $Q_{\xi+1}$ |
|---------|---------|---------|-------------|
| 0       | 0       | 0       | 1           |
| 1       | 0       | 1       | 1           |
| X       | X       | X       | X           |
| 0       | 0       | 0       | 0           |

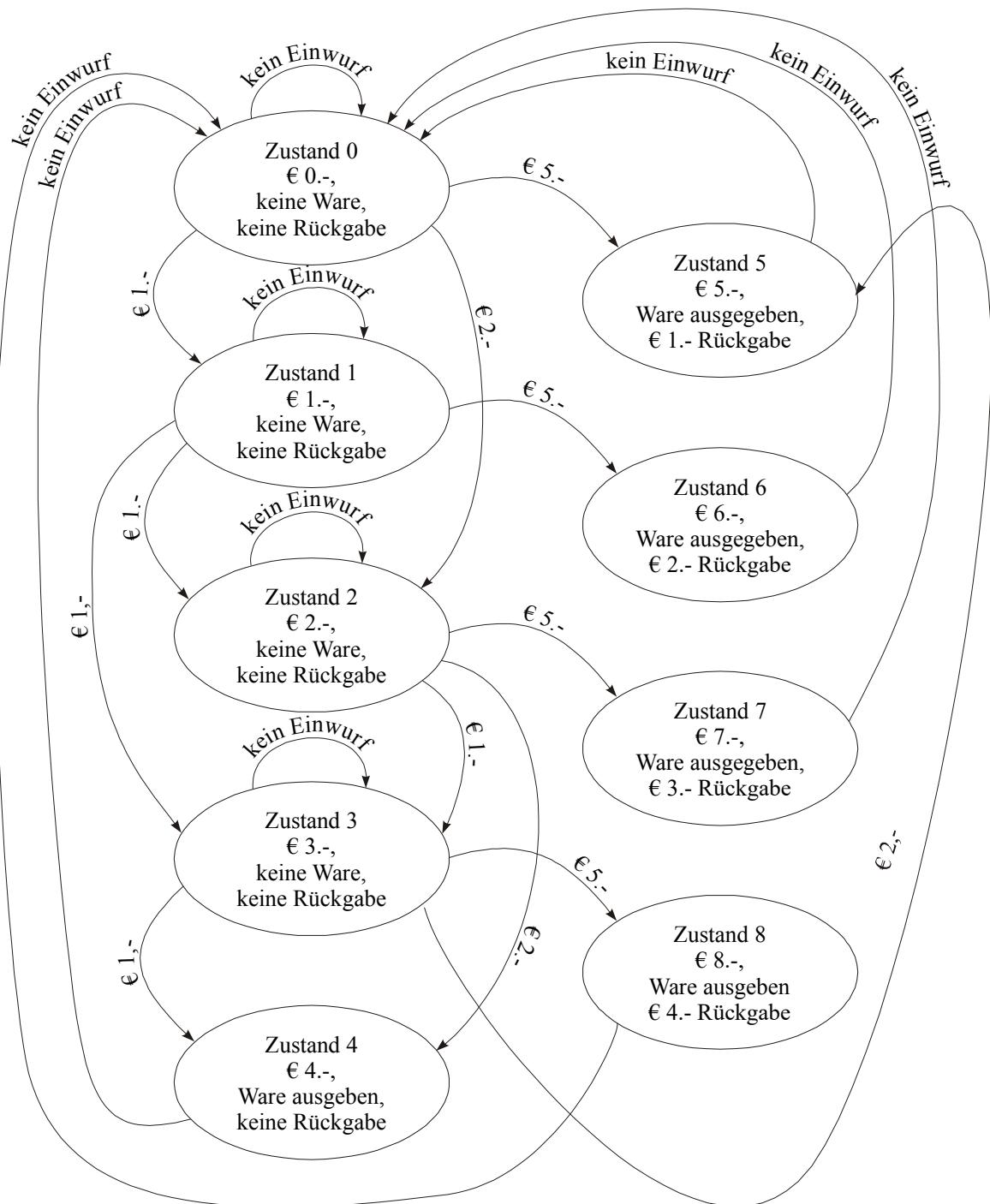
$$Q_{\xi+1} = [\bar{R} \wedge (S \vee Q)]_\xi$$

- e) Die Schaltung kann zwei Zustände einnehmen.  
f) Tabelle

| $\vec{Z}_\xi$ | $\vec{X}_\xi$ |     |     |     | $\vec{Y}_\xi$ |
|---------------|---------------|-----|-----|-----|---------------|
|               | 00            | 01  | 10  | 11  |               |
| aus           | aus           | ein | aus | aus | 0             |
| ein           | ein           | ein | aus | aus | 1             |

## Lösung 7

- a) Da die Anzeige des bereits eingeworfenen Münzbetrages und die Ausgabe der Ware nur davon abhängt, in welchem Zustand sich der Automat befindet, gilt:
- $$\vec{Y}_\xi = \omega(\vec{Z})_\xi$$
- Darum handelt es sich um einen Moore-Automaten.
- b) Diagramm



- c) Das Münzkennungssystem muss zwischen drei Münztypen unterscheiden können und auch erkennen können, wenn kein Münzeinwurf erfolgt. Die Eingangsvariablen müssen also 4 Werte annehmen können. Daher benötigt man zwei binäre Ausgänge.
- d) Das Schaltwerk hat 9 Zustände. Jede Zustandsvariable wird durch ein Speicherelement repräsentiert.  $n$  Speicherelemente können Zustände abbilden. Daraus folgt, dass 4 Speicherelemente benötigt werden.

$$m = 2^n$$

Zustände abbilden. Daraus folgt, dass 4 Speicherelemente benötigt werden.

e) Zustände

- a) -.- 0000
- b) 1.- 0001
- c) 2.- 0010
- d) 3.- 0011
- e) 4.- 0100
- f) 5.- 0101
- g) 6.- 0110
- h) 7.- 0111
- i) 8.- 1000

### Lösung 8

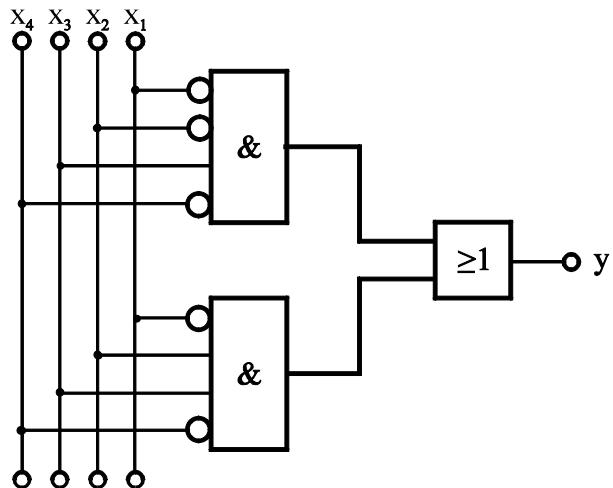
a)

| <b>Zelle</b> | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $y_1$ | $y_2$ | $y_3$ | $y_4$ |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     |
| 1            | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     |
| 2            | 0     | 0     | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     |
| 3            | 0     | 0     | 1     | 1     | x     | x     | x     | x     |
| 4            | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     |
| 5            | 0     | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     | 1     | 0     |
| 6            | 0     | 1     | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     |
| 7            | 0     | 1     | 1     | 1     | x     | x     | x     | x     |
| 8            | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     |
| 9            | 1     | 0     | 0     | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     |
| 10           | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     |
| 11           | 1     | 0     | 1     | 1     | x     | x     | x     | x     |
| 12           | 1     | 1     | 0     | 0     | x     | x     | x     | x     |
| 13           | 1     | 1     | 0     | 1     | x     | x     | x     | x     |
| 14           | 1     | 1     | 1     | 0     | x     | x     | x     | x     |
| 15           | 1     | 1     | 1     | 1     | x     | x     | x     | x     |

x = don't care

b)

$$y_1 = (\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge x_3 \wedge \bar{x}_4) \vee (\bar{x}_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge \bar{x}_4)$$



c)

|  |  | $x_3 x_4$ |    | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--|--|-----------|----|----|----|----|----|
|  |  | $x_1 x_2$ | 00 |    |    | X  | 1  |
|  |  | 01        |    |    | X  | 1  |    |
|  |  | 11        | X  | X  | X  | X  |    |
|  |  | 10        |    |    | X  |    |    |

$y_1$

$$y_1 = \bar{x}_1 \wedge x_3$$

|  |  | $x_3 x_4$ |    | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--|--|-----------|----|----|----|----|----|
|  |  | $x_1 x_2$ | 00 | 1  | 1  | X  |    |
|  |  | 01        |    |    | X  |    |    |
|  |  | 11        | X  | X  | X  | X  |    |
|  |  | 10        |    |    | 1  | X  |    |

$y_2$

$$y_2 = (\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge \bar{x}_3) \vee (x_1 \wedge x_4)$$

|  |  | $x_3 x_4$ |    | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--|--|-----------|----|----|----|----|----|
|  |  | $x_1 x_2$ | 00 |    |    | X  |    |
|  |  | 01        | 1  | 1  | X  |    |    |
|  |  | 11        | X  | X  | X  | X  |    |
|  |  | 10        |    |    | X  |    |    |

$y_3$

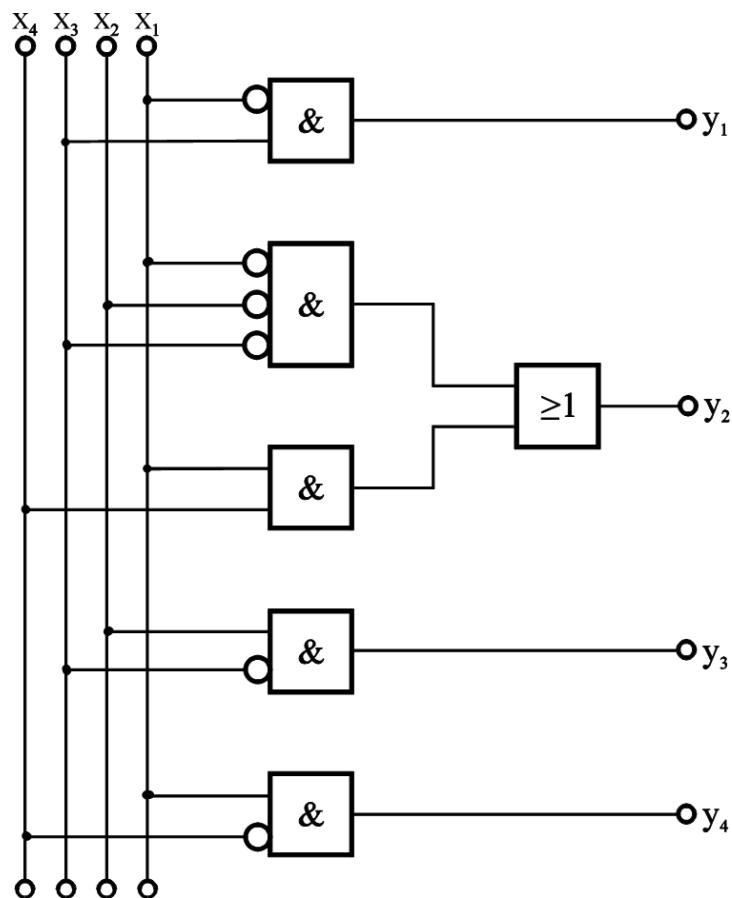
$$y_3 = x_2 \wedge \bar{x}_3$$

|  |  | $x_3 x_4$ |    | 00 | 01 | 11 | 10 |
|--|--|-----------|----|----|----|----|----|
|  |  | $x_1 x_2$ | 00 |    |    | X  |    |
|  |  | 01        |    |    | X  |    |    |
|  |  | 11        | X  | X  | X  | X  |    |
|  |  | 10        | 1  |    | X  |    | 1  |

$y_4$

$$y_4 = x_1 \wedge \bar{x}_4$$

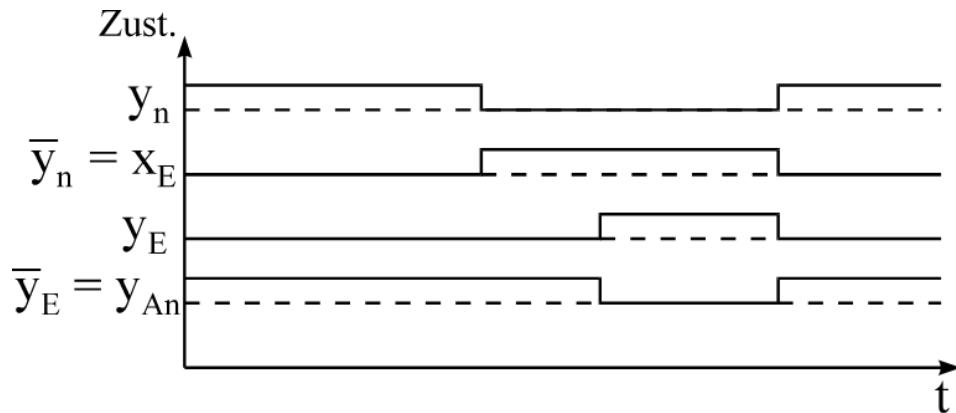
d)



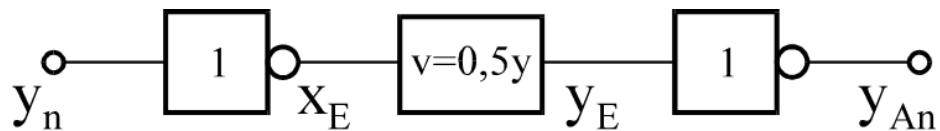
- e) Im Kanaugh-Veitch Diagramm sind bestimmte Felder als beliebig gekennzeichnet, da bei korrektem Betrieb der Anlage die entsprechenden Eingangsvektoren nicht auftreten können. Treten diese Werte dennoch auf, liegt eine Fehlfunktion der Schalter vor.
- f) Maschine abschalten. Fehlermeldung in der Anzeige auslösen.

### Lösung 9

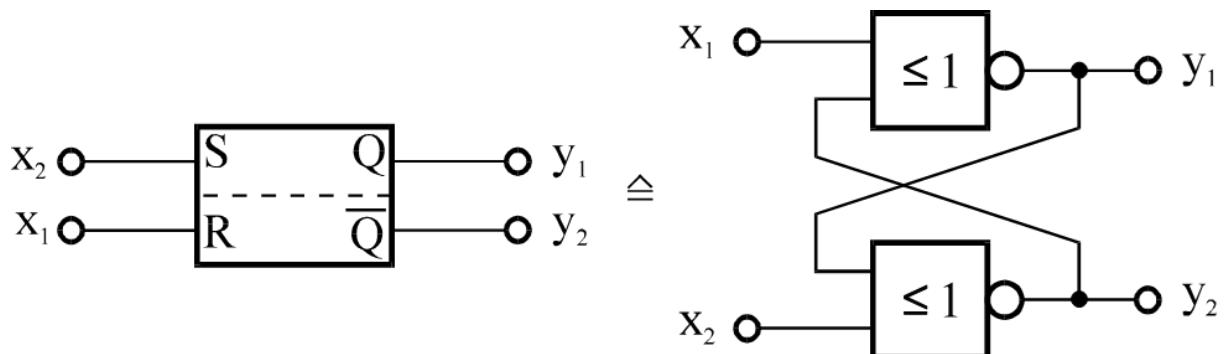
a)



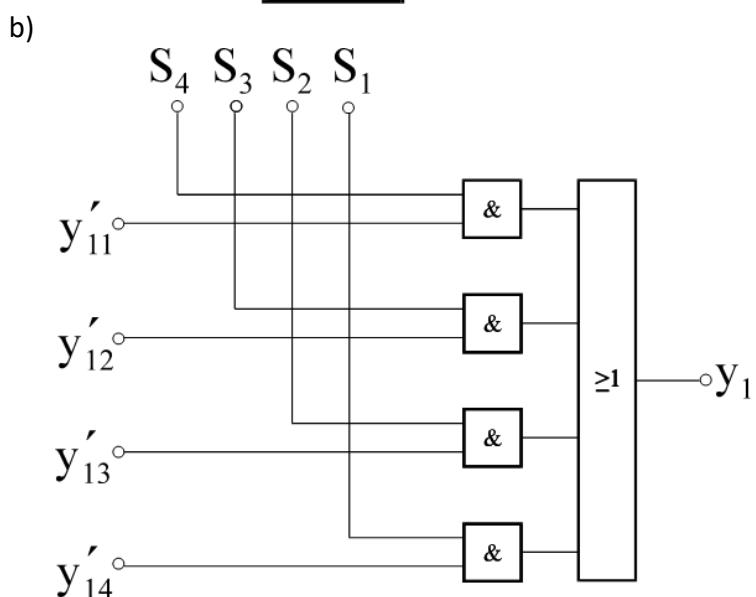
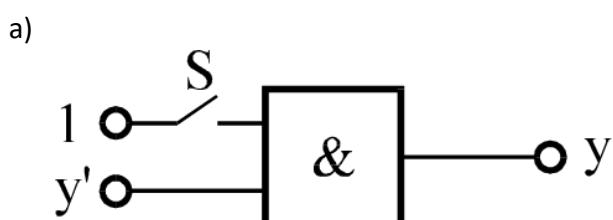
b)

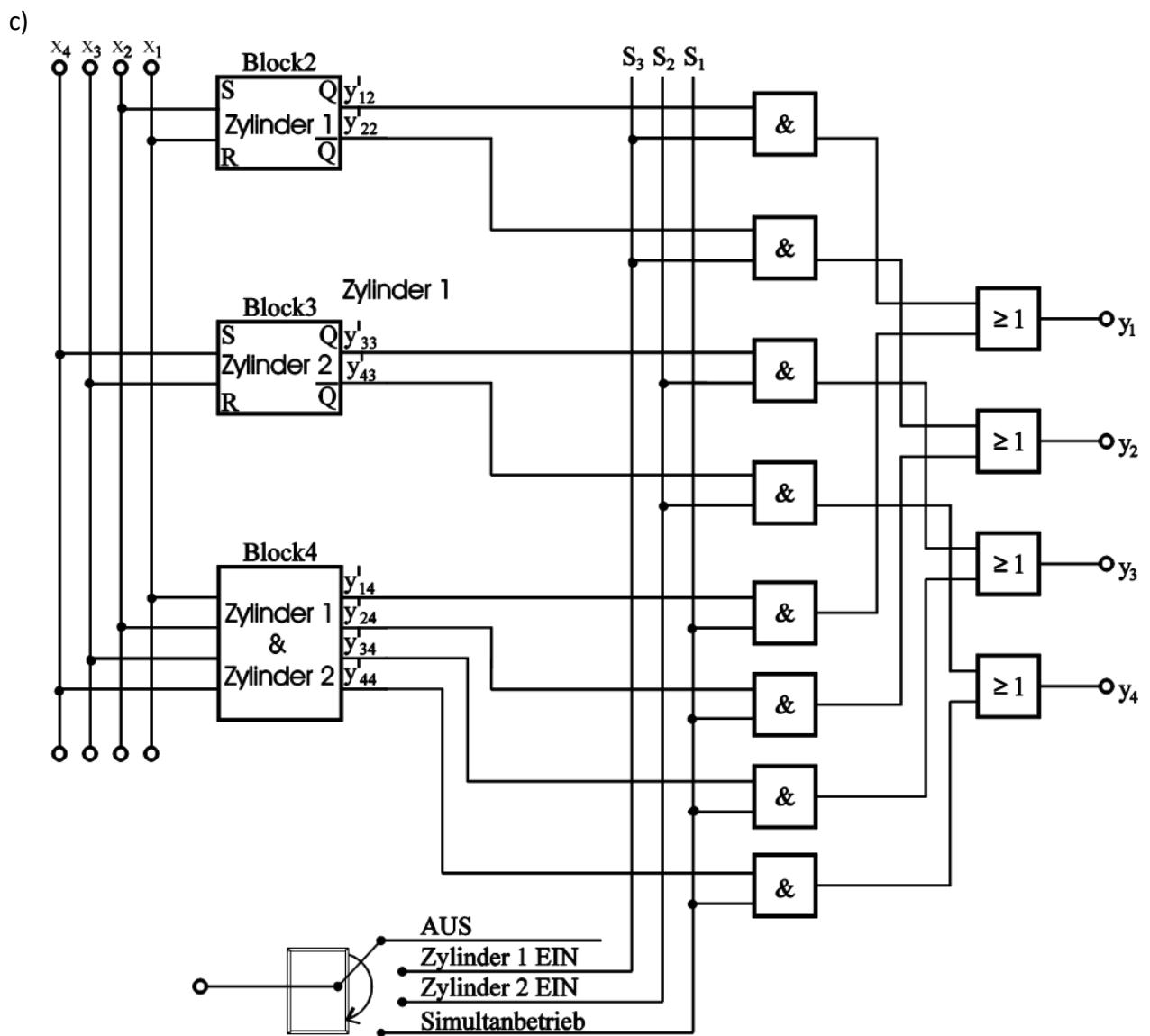


### Lösung 10



### Lösung 11





## Automatisierungstechnik

|                                                   |          |
|---------------------------------------------------|----------|
| <b>Automatisierungstechnik - Übung 3 .....</b>    | <b>2</b> |
| Aufgabe 17: Fuzzy-Logic – Temperaturregelung..... | 2        |
| Aufgabe 18: Fuzzy Logic – Unscharfe Menge.....    | 2        |
| Aufgabe 19: Fuzzy Logic – Unscharfe Menge.....    | 3        |
| Aufgabe 20: Fuzzy Logic – Defuzzifizierung.....   | 3        |
| <b>Kurzlösungen .....</b>                         | <b>5</b> |

## Automatisierungstechnik - Übung 3

### Aufgabe 17: Fuzzy-Logic – Temperaturregelung

Anhand einer einfachen Klimaanlage soll die Funktionsweise einer unscharfen Steuerung erklärt werden. Eine unscharfe Steuerung wird in drei Schritten aufgebaut.

Für die Übung wird das Fuzzy-Modul von Matlab verwendet, das Sie mit dem Befehl `fuzzy` starten können.

Als erstes gilt es herauszufinden, mit welchen Eingaben X das System welche Ausgaben Y erzeugen soll. Für eine Klimaanlage z. B. ist damit X die Raumtemperatur in Grad Celsius und Y die Drehzahl des Motors der Klimaanlage. Angenommen, dass bei hoher Drehzahl des Motors die Luft gekühlt wird, dann soll die Drehzahl bei niedriger Temperatur auch niedrig sein und bei hoher Temperatur ebenfalls hoch. Zweitens gilt es, die unscharfen Mengen für X und Y zu bestimmen. Dazu werden scharfe Werte unscharfen Mengen zugeordnet, was auch Fuzzifizierung genannt wird.

- Stellen Sie die Raumtemperatur X mit fünf unscharfen Mengen dar. Decken Sie dabei den Bereich von 0 °C bis 33 °C ab und die angenehme Zieltemperatur sei bei 18 °C.
- Stellen Sie die Motordrehzahl Y mit fünf unscharfen Mengen dar. Die Motordrehzahl von 0 bis 100 kann z. B. für Umdrehungen pro Minute oder ähnliches stehen.

Anschließend müssen nun die unscharfen Regeln (fuzzy rules) aufgestellt werden. Es gilt also die Mengen, die die Motordrehzahl repräsentieren, mit den Mengen, die die Temperaturen repräsentieren, zu verbinden. So muss jeder Motordrehzahl-Menge eine Temperatur-Menge zugewiesen werden. Ist z.B. die Temperatur im Bereich KALT, dann wollen wir, dass der Motor ausgeschaltet wird, damit es nicht noch kälter wird. Wir wollen ja, dass die Temperatur im angenehmen Bereich bleibt. Damit haben wir schon die erste Regel: Wenn X ist KALT, dann Y ist HALT.

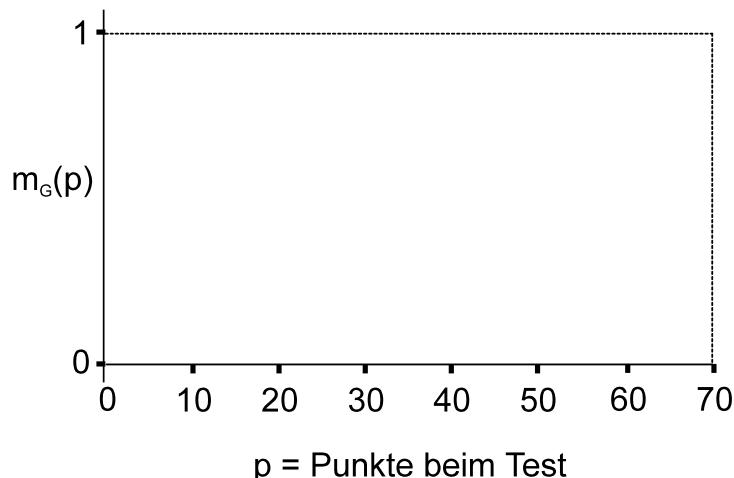
- Formulieren sie die fünf Regeln umgangssprachlich.
- Stellen Sie die Regeln als Rechtecke in einem Diagramm dar, in dem Sie Fuzzy-Regeln für Raumtemperatur und Motordrehzahl gegenüberstellen.
- Die Defuzzifizierung soll nach der Schwerpunktmethoden erfolgen. Bestimmen Sie die Motordrehzahl für eine Raumtemperatur von 17,5 °C.

### Aufgabe 18: Fuzzy Logic – Unscharfe Menge

Überlegen Sie für die unscharfe Menge

$$G = \{\text{gute Noten}\}$$

zur Bewertung eines Tests eine diskrete Zugehörigkeitsfunktion und stellen Sie diese graphisch dar, in dem Sie folgende Abbildung erweitern.



Begründen Sie Ihre Wahl und überlegen Sie, warum sich hier eine diskrete Zugehörigkeitsfunktion eignet (denken Sie auch an die Benotung des Tests mit 1, 2, 3, 4, 5 und 6).

### Aufgabe 19: Fuzzy Logic – Unscharfe Menge

Unscharfe Mengen lassen sich als sogenannte Wertepaare darstellen. Zum Beispiel für die Menge der schnellen Autos:

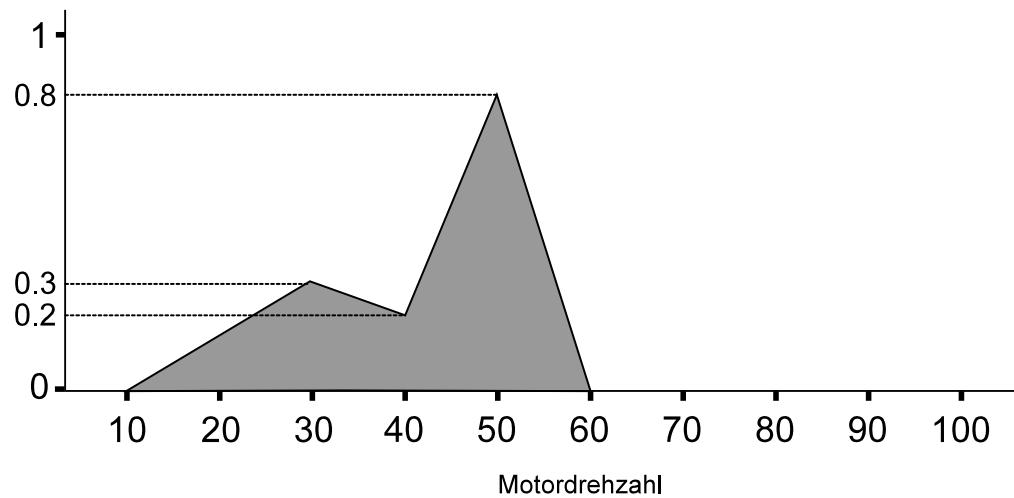
$$SCHNELL = \{(Audi; 0.6), (Mercedes; 0.7), (Bugatti; 1.0), (BMW; 0.8), (Porsche; 0.9)\}.$$

So ist z. B. ein BMW zu 80 % so schnell wie das schnellste Auto (Bugatti).

- a) Die unscharfe Menge soll als Element die Autos Audi, BMW, Bugatti, Mercedes, Porsche und Inrome enthalten. Überlegen Sie zu jedem Auto, wie häufig es vorkommen könnte und schreiben Sie die Wertepaare zu der Menge SELTEN auf (bedenken Sie, dass es derzeit keine "Inrome"-Autos gibt!).
- b) Berechnen Sie die Vereinigungsmenge SCHNELL\_ODER\_SEL滕 und stellen Sie sie als Wertepaare dar. Zeigen Sie dafür explizit die Berechnung für Audi und Inrome.
- c) Berechnen Sie die Schnittmenge für SCHNELL\_UND\_SEL滕 und stellen Sie sie als Wertepaare dar. Zeigen Sie dafür explizit die Berechnung für BMW und Inrome.
- d) Berechnen Sie die Komplementmenge von SEL滕 und stellen Sie sie als Wertepaare dar. Zeigen Sie dafür explizit die Berechnung für Bugatti und Inrome.

### Aufgabe 20: Fuzzy Logic – Defuzzifizierung

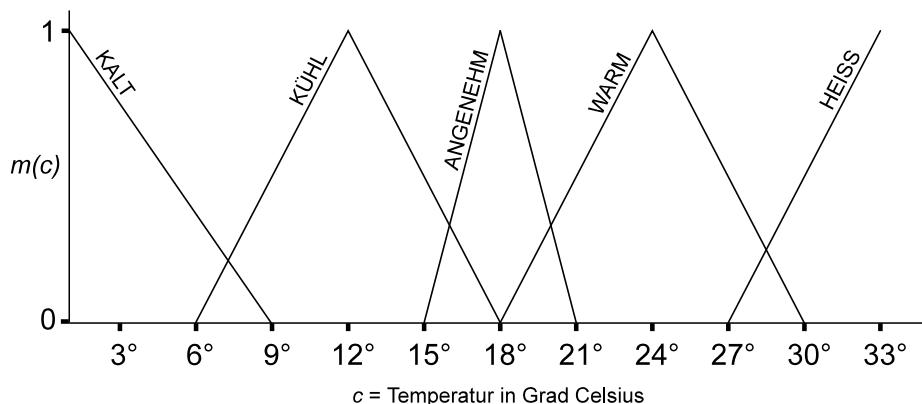
Defuzzifizieren Sie die unscharfe Menge in folgender Abbildung:



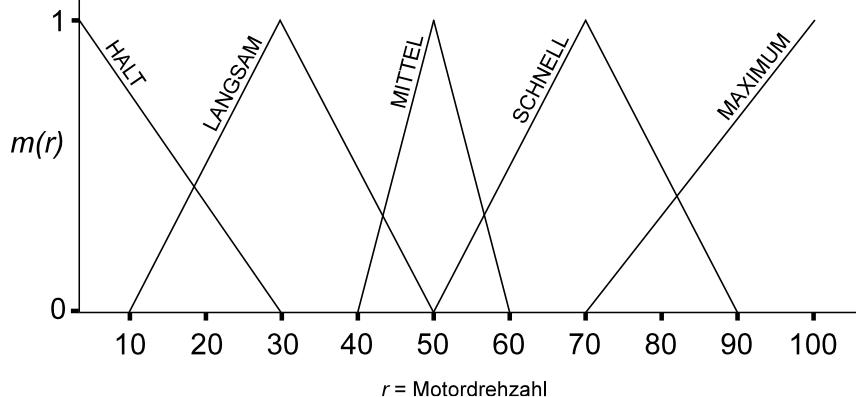
## Kurzlösungen

### Lösung 17 Fuzzy-Logic – Temperaturregelung

- a) KALT, KÜHL, ANGENEHM, WARM und HEISS

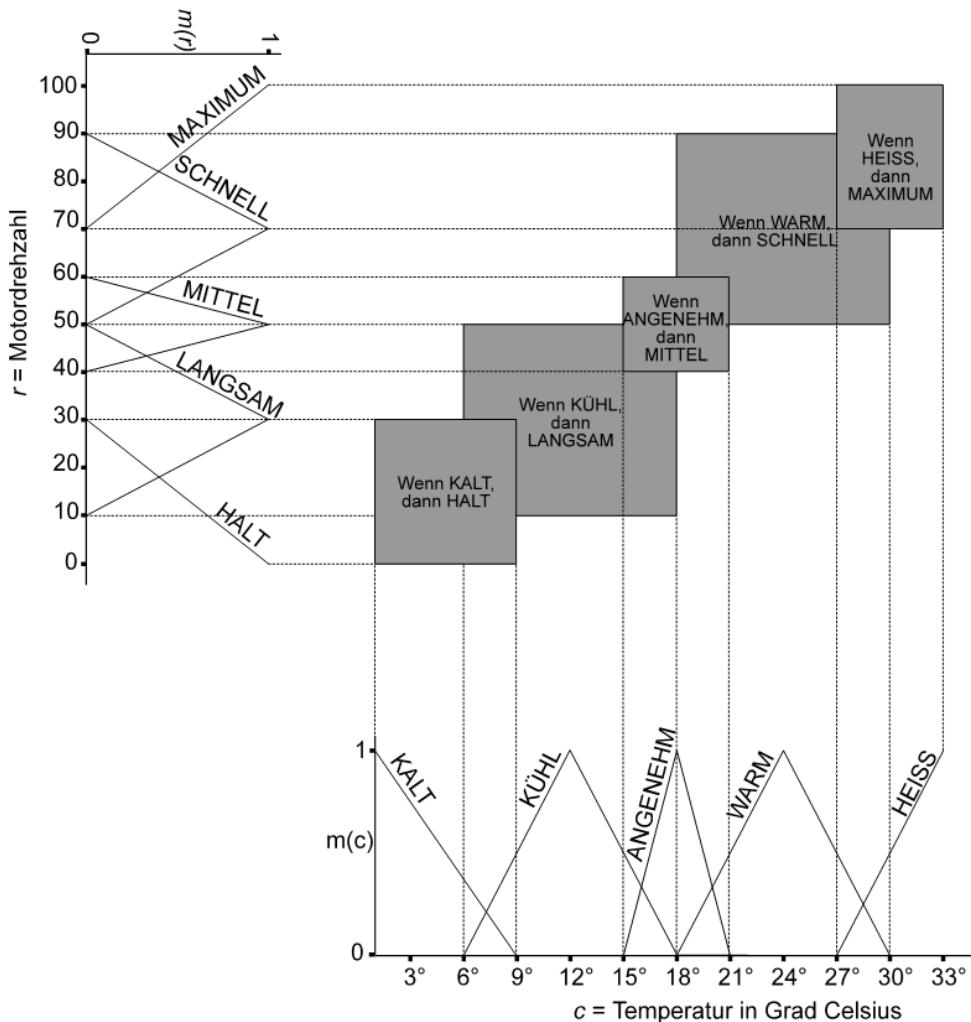


- b) HALT, LANGSAM, MITTEL, SCHNELL und MAXIMUM



- c)
1. Regel: Wenn die Temperatur kalt ist, dann halte den Motor an.
  2. Regel: Wenn die Temperatur kühl ist, dann soll der Motor langsam laufen.
  3. Regel: Wenn die Temperatur angenehm ist, dann soll der Motor mit mittlerer Drehzahl laufen.
  4. Regel: Wenn die Temperatur warm ist, dann soll der Motor schnell laufen.
  5. Regel: Wenn die Temperatur heiß ist, dann soll der Motor mit maximaler Drehzahl laufen.

d)



e)

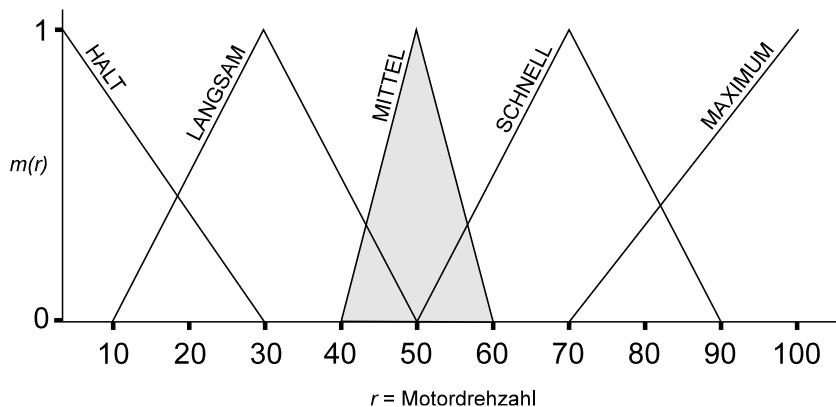


Bild 19-12: Bei 180 soll die Motorendrehzahl zur unscharfen Menge MITTEL gehören

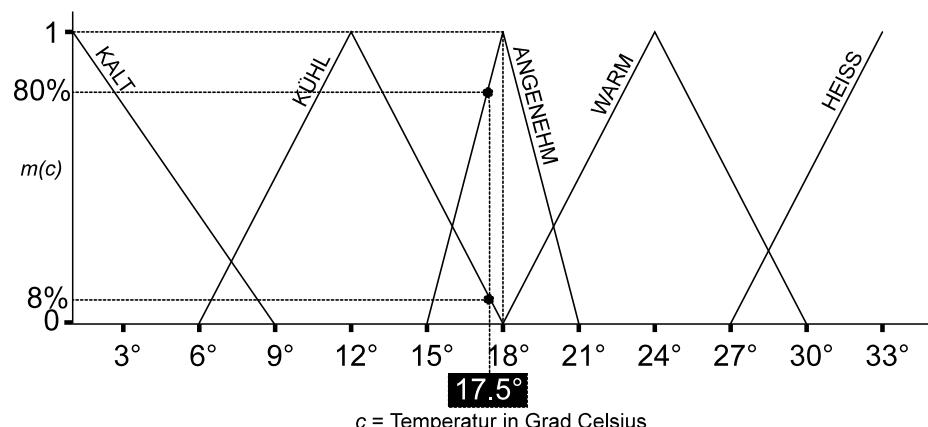


Bild 19-13: Regel ANGENEHM und Regel KÜHL feuern

Angenommen, die Temperatur fällt jetzt auf 17,5 °C. Diese Eingabe zählt nun zu 80 % zu der Menge ANGENEHM und zu 8 % zu der Menge KÜHL und zu 0 % zu den anderen Mengen (Bild. 19-13).

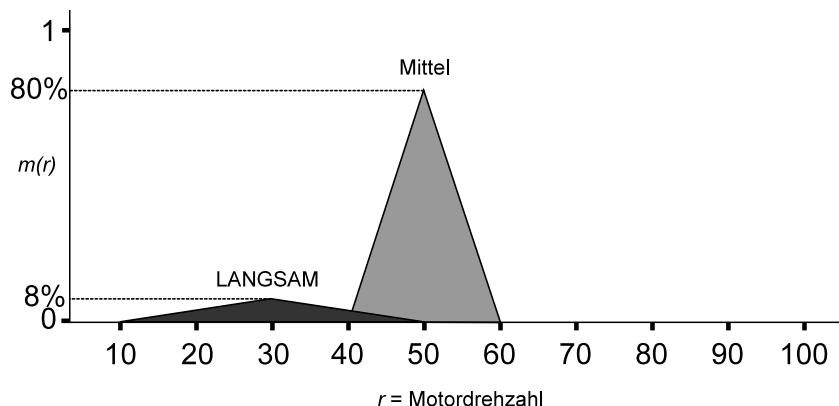


Bild 19-14: Regel MITTEL feuert zu 80 % und Regel LANGSAM zu 8 %

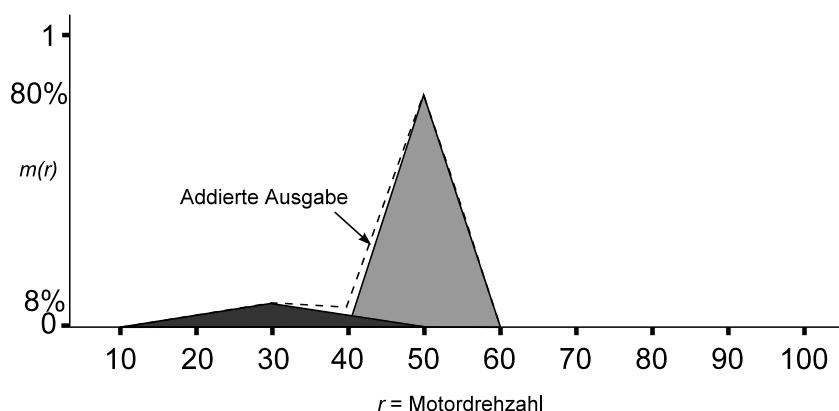


Bild 19-15: Addition zweier unscharfer Mengen

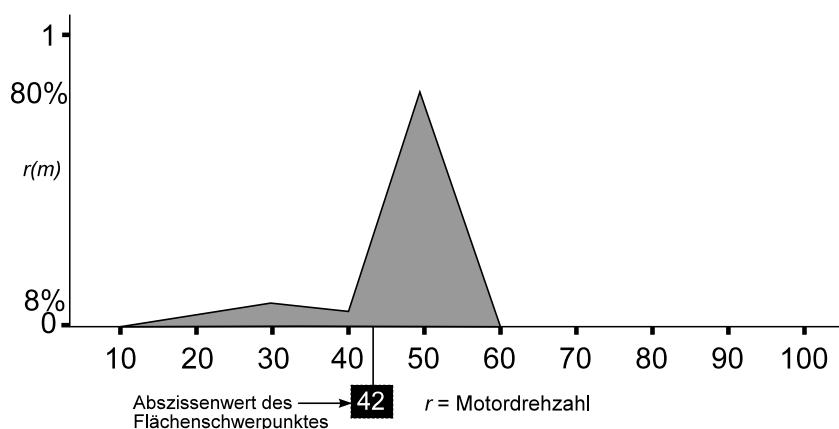
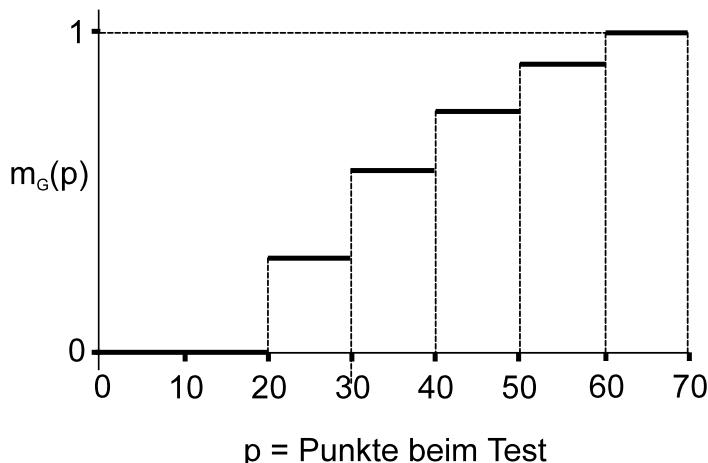


Bild 19-16: Defuzzifizierung zweier unscharfer Mengen

## Lösung 18

Die folgende Abbildung zeigt eine mögliche diskrete Zugehörigkeitsfunktion von G. Je mehr Punkte erreicht werden, desto größer ist der Wahrheitswert und desto mehr gehört die entsprechende Note zur Menge der guten Noten. Auch ist darauf geachtet worden, dass beim Erreichen weniger Punkte die zugehörigen Wahrheitswerte klein sind, da die damit erreichten Noten nur wenig zur Menge G zählen.

Eine diskrete Zugehörigkeitsfunktion eignet sich hier besonders, weil ein Punkt mehr oder weniger eine ganze Note ausmachen kann und dies auch durch deutliche Änderungen bei den Wahrheitswerten klar gemacht werden soll.



## Lösung 19

- a) SELTEN =  
 $\{(Audi; 0.5), (Mercedes; 0.3), (BMW; 0.4), (Porsche; 0.8), (Bugatti; 0.9), (\text{In-rome}; 1.0)\}$
- b) SCHNELL\_ODER\_SELTERN =  
 $\{(Audi; 0.6), (Mercedes; 0.7), (BMW; 0.8), (Porsche; 0.9), (Bugatti; 0.9), (\text{Inro-me}; 1.0)\}$

Explizite Rechnung für Audi und Inrome:

$$m_{\text{SCHNELL}}(\text{Audi}) = 0.6$$

$$m_{\text{VORKOMMEN}}(\text{Audi}) = 0.5$$

$$m_{\text{SCHNELL\_UND\_VORKOMMEN}}(\text{Audi})$$

$$= \max \{m_{\text{SCHNELL}}(\text{Audi}); m_{\text{VORKOMMEN}}(\text{Audi})\}$$

$$= \max \{0.6; 0.5\}$$

$$= 0.6$$

$$m_{\text{SCHNELL}}(\text{Inrome}) = 0.0$$

$$m_{\text{SELTEN}}(\text{Inrome}) = 1.0$$

$$m_{\text{SCHNELL\_ODER\_SELTERN}}(\text{Inrome}) = \max \{m_{\text{SCHNELL}}(\text{Inrome});$$

$$m_{\text{SELTEN}}(\text{Inrome})\}$$

$$= \max \{0.0; 1.0\}$$

$$= 1.0$$

- c) SCHNELL\_UND\_SELten =  
 $\{(Audi; 0.5), (Mercedes; 0.3), (BMW; 0.4), (Porsche; 0.8), (Bugatti; 0.9), (\text{Inrome}; 0.0)\}$

Explizite Rechnung für BMW und Inrome:

$$\begin{aligned} m_{\text{SCHNELL}}(\text{BMW}) &= 0.8 \\ m_{\text{SELten}}(\text{BMW}) &= 0.4 \\ m_{\text{SCHNELL\_UND\_SELten}}(\text{BMW}) &= \min \{m_{\text{SCHNELL}}(\text{BMW}); m_{\text{SELten}}(\text{BMW})\} \\ &= \min \{0.8; 0.4\} \\ &= 0.4 \\ m_{\text{SCHNELL}}(\text{Inrome}) &= 0.0 \\ m_{\text{SELten}}(\text{Inrome}) &= 1.0 \\ m_{\text{SCHNELL\_UND\_SELten}}(\text{Inrome}) &= \min \{m_{\text{SCHNELL}}(\text{Inrome}); m_{\text{SELten}}(\text{Inrome})\} \\ &= \min \{0.0; 1.0\} \end{aligned}$$

- d) NICHT\_SELten =  
 $\{(Audi; 0.5), (\text{Mercedes}; 0.7), (\text{BMW}; 0.6), (\text{Porsche}; 0.2), (\text{Bugatti}; 0.1), (\text{Inrome}; 0)\}$

Explizite Rechnung für Bugatti und Inrome:

$$\begin{aligned} m_{\text{SELten}}(\text{Bugatti}) &= 0.9 \\ m_{\text{NICHT\_SELten}}(\text{Bugatti}) &= 1 - m_{\text{SELten}}(\text{Bugatti}) \\ &= 1 - 0.9 \\ &= 0.1 \\ m_{\text{SELten}}(\text{Inrome}) &= 1 \\ m_{\text{NICHT\_SELten}}(\text{Inrome}) &= 1 - m_{\text{SELten}}(\text{Inrome}) \\ &= 1 - 1 \\ &= 0 \end{aligned}$$

## Lösung 20

Zuerst werden die Polygonsegmente bzw. die Punkte bestimmt. Es gibt vier Segmente und damit fünf Punkte:

$$P_1 = (10, 0.0)$$

$$P_4 = (50, 0.8)$$

$$P_2 = (30, 0.3)$$

$$P_5 = (60, 0.0)$$

$$P_3 = (40, 0.2)$$

Somit ergibt sich für  $x_s$  folgende Berechnung:

$$\begin{aligned}
 x_s &= \frac{20 \times [(60 + 10) \times 0.3 + (20 + 30) \times 0.0]}{3 \times (20 \times 0.3)} \\
 &\quad + \frac{10 \times [(80 + 30) \times 0.2 + (60 + 40) \times 0.3]}{+ 10 \times 0.5} \\
 &\quad + \frac{10 \times [(100 + 40) \times 0.8 + (80 + 50) \times 0.2]}{+ 10 \times 1.0} \\
 &\quad + \frac{10 \times [(120 + 50) \times 0.0 + (100 + 60) \times 0.8]}{+ 10 \times 0.8} \\
 &= \frac{20 \times [21 + 0] + 10 \times [22 + 30]}{3 \times} \\
 &\quad + \frac{10 \times [112 + 26] + 10 \times [0.0 + 128]}{(6 + 5 + 10 + 8)} \\
 &= \frac{420 + 520 + 1380 + 1280}{3 \times 29} \\
 &= \frac{3600}{87} \\
 &\approx \underline{\underline{41.3}}
 \end{aligned}$$

## Automatisierungstechnik

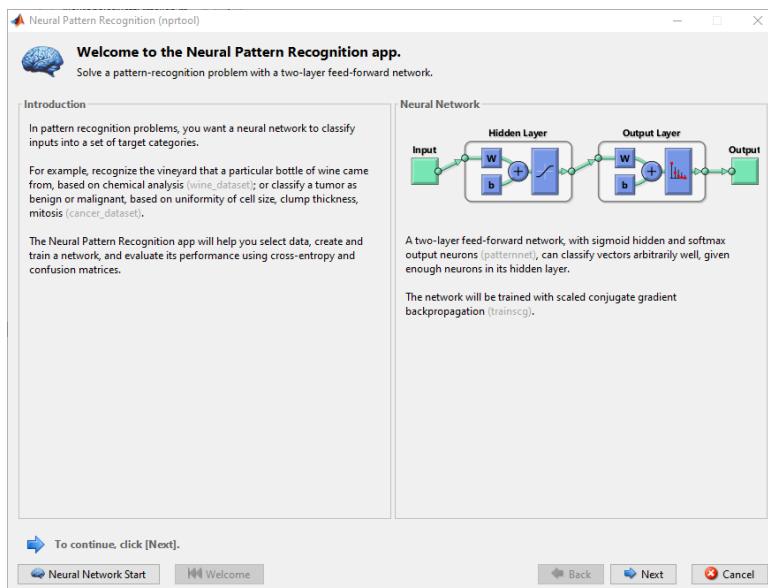
|                                                          |          |
|----------------------------------------------------------|----------|
| <b>Automatisierungstechnik - Übung 4 .....</b>           | <b>2</b> |
| Aufgabe 1: Neural Pattern Recognition Application .....  | 2        |
| Aufgabe 2: Erzeugen eines KNN auf der Kommandozeile..... | 3        |
| <b>Automatisierungstechnik - Übung 5 .....</b>           | <b>4</b> |
| Aufgabe 3: Ablaufdiagramm Sortieranlage .....            | 4        |

## Automatisierungstechnik - Übung 4

### Aufgabe 1: Neural Pattern Recognition Application

Die *Neural Pattern Recognition Application* erleichtert das Erstellen künstlicher neuronaler Netze auf Basis vorhandener Daten. Die Auswahl der Daten erfolgt dabei geführt durch die Applikation und kann auf den Workspace oder mat-Dateien zugreifen.

Von der Matlab-Kommandozeile startet man das Programm mit: nprtool



- Importieren Sie die Eingangs- und Zieldaten und erstellen sie ein Netz mit zehn verborgenen Neuronen. Verwenden Sie die Standardeinstellungen der Anwendung zur Aufteilung der Trainings-, Validierungs- und Test-Daten.
- Trainieren sie das Netzwerk und lassen Sie sich die Konfusionsmatrix ausgeben.
- Wie verhält sich die Konfusionsmatrix, wenn Sie den Trainingsvorgang wiederholen?
- Wie wirkt es sich aus, wenn Sie die Aufteilung der Trainings-, Validierungs- und Test-Daten oder die Anzahl der verborgenen Neuronen ändern?

## Aufgabe 2: Erzeugen eines KNN auf der Kommandozeile

Neben der *Neural Pattern Recognition Application* können künstliche neuronale Netze auch von der Kommandozeile oder in Matlab-Skripten erzeugt werden. Hier stehen wesentlich mehr und flexiblere Möglichkeiten zur Verfügung.

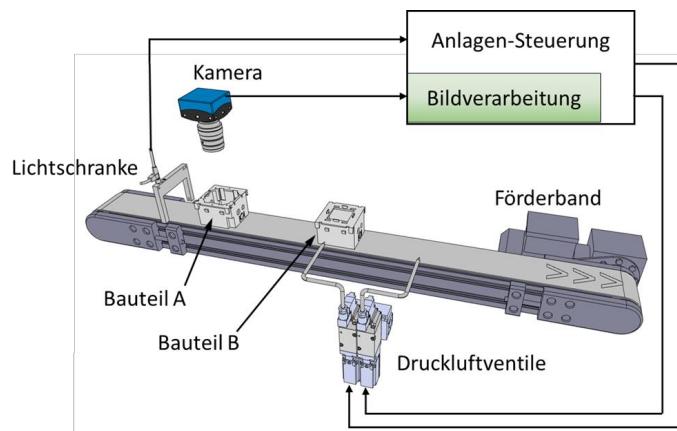
Verwenden Sie für diese Aufgabe wieder die Bilder aus vTrainImages und die Zieldaten tTrain.

- a) Erstellen sie das künstliche Neuronale Netz auf der Kommandozeile. Recherchieren sie dazu mit dem Befehl doc die Befehle patternnet, train, view, net und plotconfusion.
- b) Überprüfen Sie die Funktionsfähigkeit des KNN mit dem Datensatz vTestImages und vergleichen Sie das Ergebnis mit der Konfusionsmatrix aus dem Trainingsdurchlauf.
- c) Speichern Sie das erzeugte KNN in einer Datei. Löschen Sie das erzeugte KNN im Workspace und laden sie es von Ihrer gespeicherten Datei. Erzeugen Sie einen Simulink-Funktionsblock mit dem Befehl gensim.

## Automatisierungstechnik - Übung 5

### Aufgabe 3: Ablaufdiagramm Sortieranlage

Folgendes Bild zeigt eine Sortieranlage für optisch unterscheidbare Bauteile:



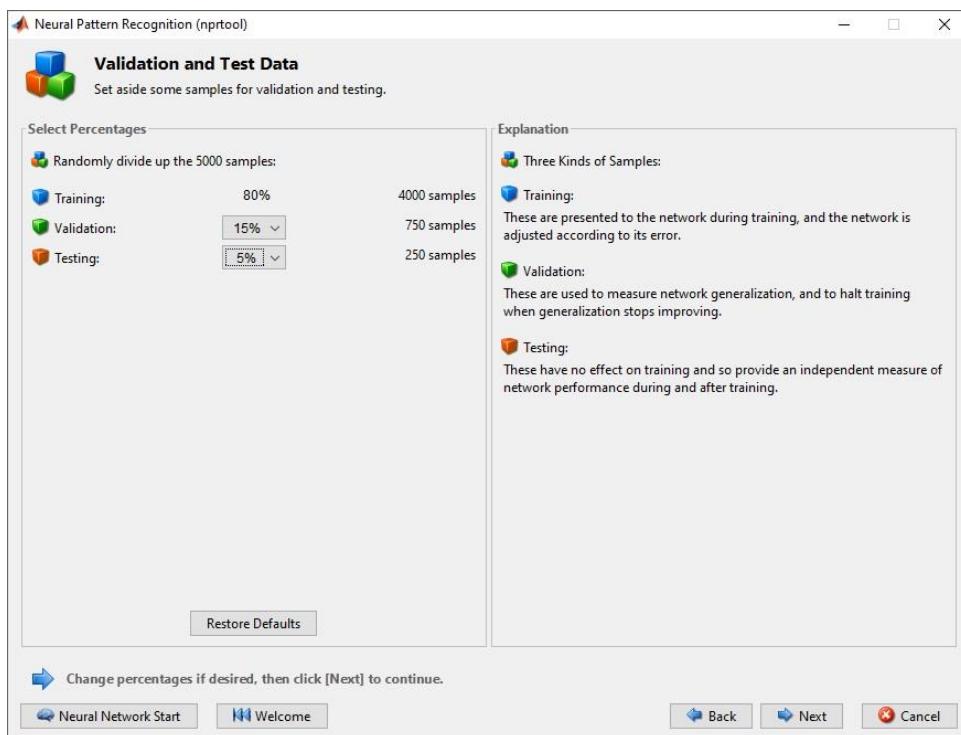
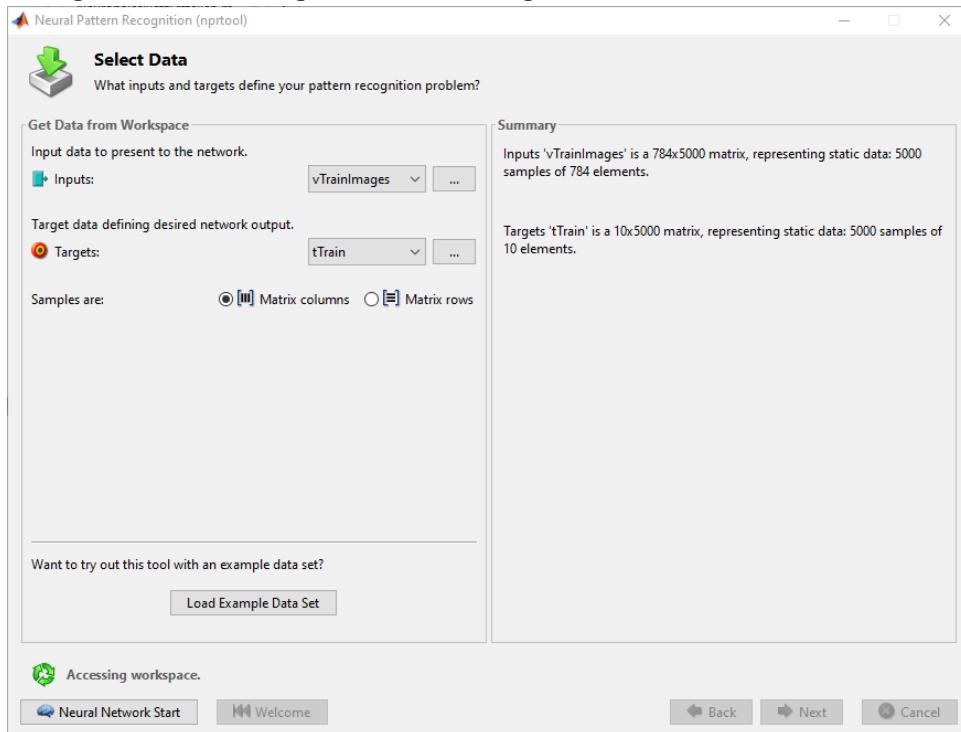
Bauteile verschiedener Art werden auf einem Förderband von links nach rechts mit gleichmäßiger Geschwindigkeit transportiert. Der Sortievorgang soll aufgrund optisch unterscheidbarer Merkmale der Bauteile erfolgen. Die Orientierung der Bauteile auf dem Förderband ist zufällig.

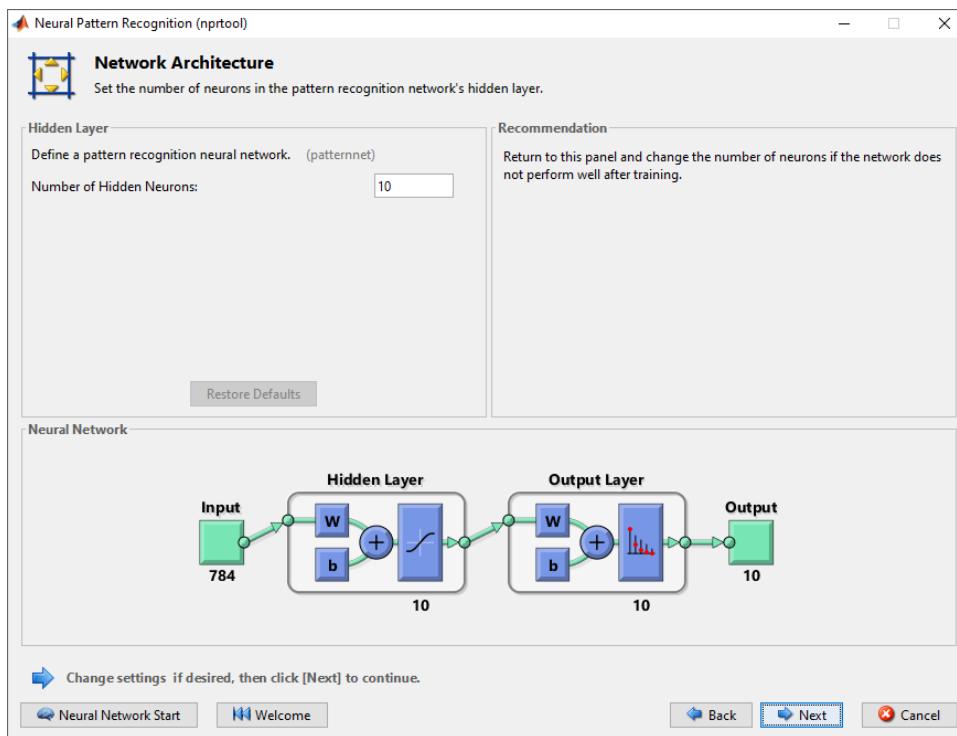
Durchläuft das Bauteil die Lichtschranke, so wird die Kamera ausgelöst und ein Bild vom Bauteil an die Steuerung geschickt. Diese kann zwei verschiedene Bauteile unterscheiden. Die Bauteile werden per Druckluft vom Förderband jeweils in einen eigenen Auffangbehälter geblasen. Nicht erkannte oder fehlerhafte Bauteile fallen in einen dritten Auffangbehälter am Ende des Förderbands.

- Zeichnen Sie einen Ablaufplan, der kontinuierlich zwei Bauteile sortiert.
- Erstellen Sie eine Liste aller Ein- und Ausgänge.

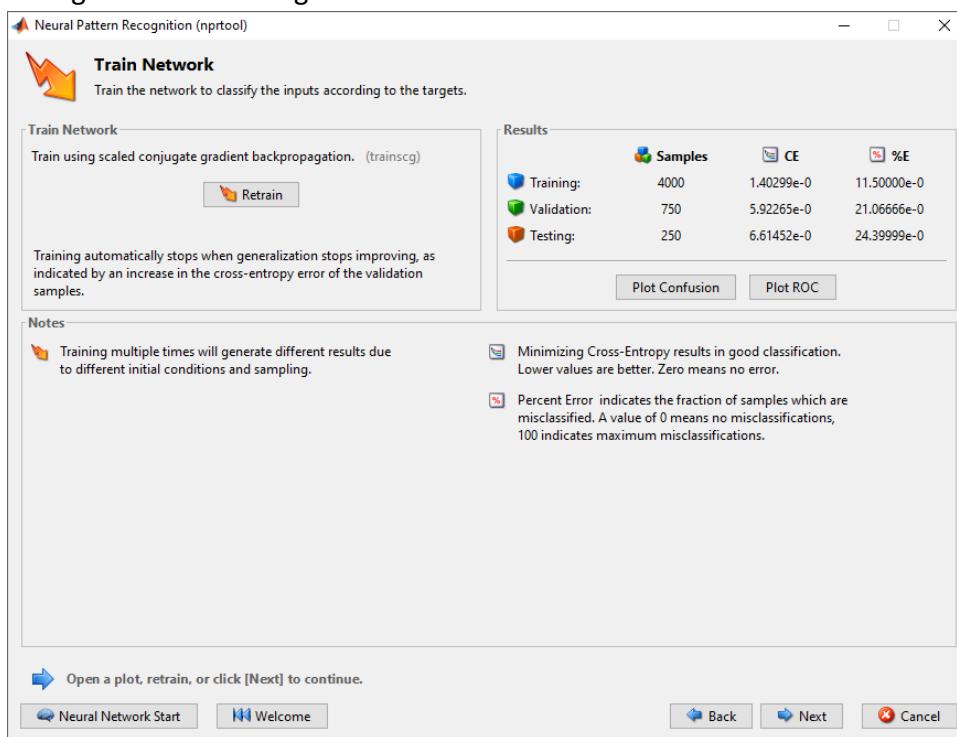
## Lösung 1

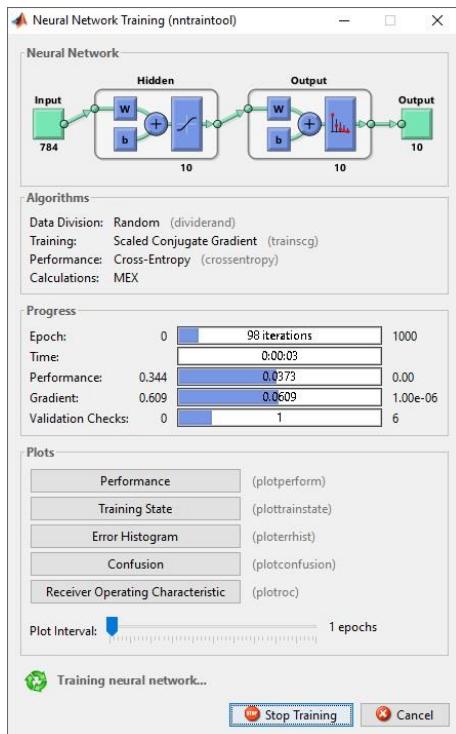
### a) Dialoge der Anwendung bei der Erstellung des KNN





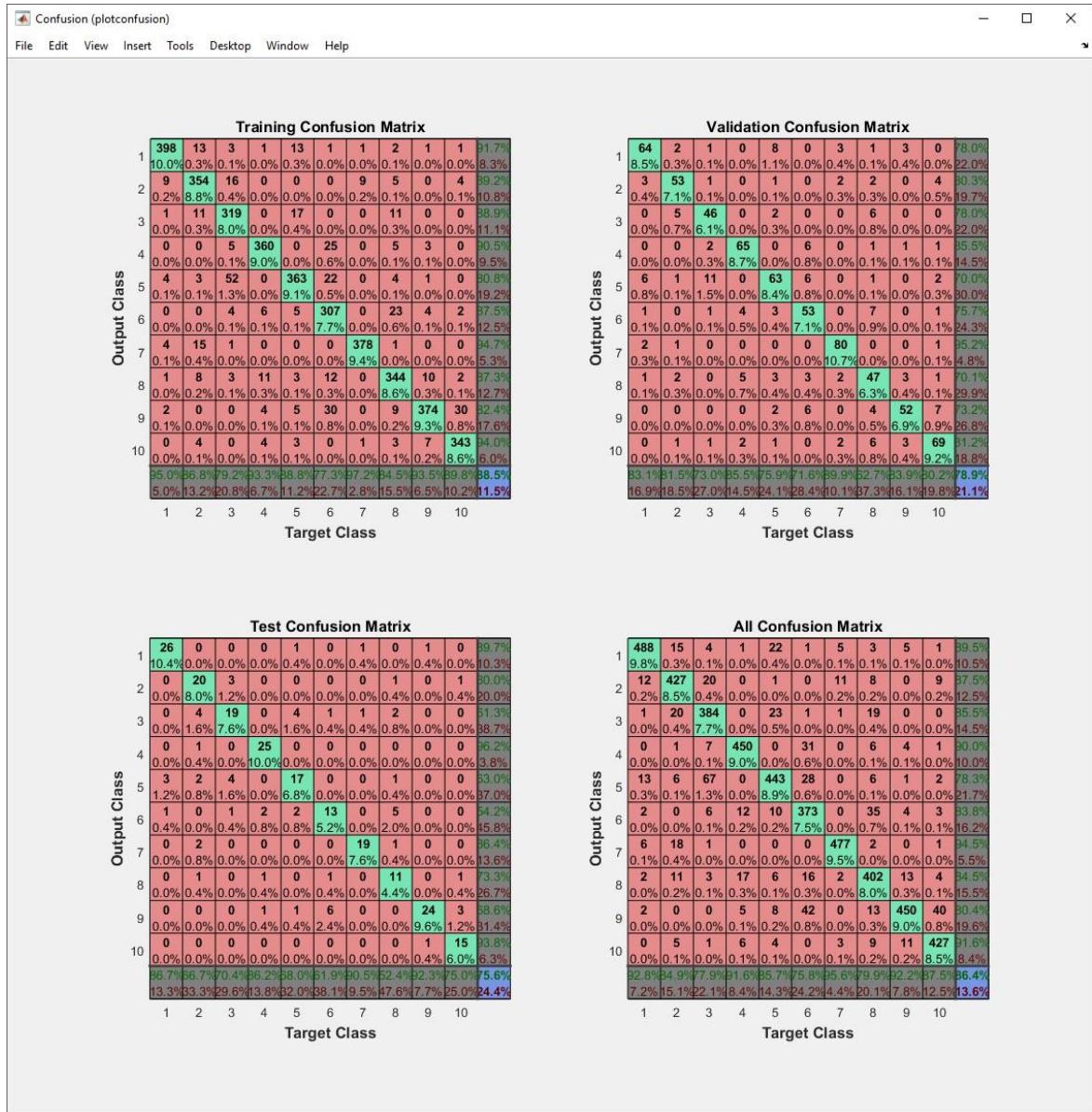
b) Dialoge der Anwendung zum Trainieren des Netzwerkes





- c) Konfusionsmatrix deren Werte im Detail immer leicht abweichen, da die Verteilung des Datensatzes auf Trainings-, Validierungs- und Testdatensätze bei jedem Durch-

lauf variiert.



## Lösung 2

a) Matlab-Code

```
% define neural network
net = patternnet(10)
```

```
% train neural network with training data
net = train(net,vTrainImages,tTrain);
% display resulting network
view(net)
```

```
% plot confusion matrix
```

```
y = net(vTrainImages);
```

```
plotconfusion(tTrain,y,'Training Data');
```

b) Matlab-Code

```
% test network and plot confusion matrix
```

```
y = net(vTestImages);
```

```
plotconfusion(tTest,y,'Testing Data');
```

c) Matlab-Code

```
% save neural net from workspace to file
```

```
save('net.mat', 'net');
```

```
% loading the neural net into workspace
```

```
clear net;
```

```
load('net.mat');
```

```
% generate Simulink block for neural network simulation
```

```
gensim(net);
```

