



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für metalltechnische Berufe

# Fachwissen Technische Produktdesigner 2

## Lösungen

**1. Auflage**

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 15181**

**Autoren:**

Marcus Gompelmann	OStR, Dipl.-Ing.	Düren
Volker Menges	OStR, Dipl.-Ing.	Lichtenstein
Hermann Meyer	StD	Bielefeld
Gabriele Mols	Dipl.-Ing.	Dortmund
Bernhard Schilling	StR, Dipl.-Ing.	Attenweiler
Mikko Soiniemi	StR	Eningen
Andreas Stenzel	OStR, Dipl.-Ing.	Balingen
Norbert Trapp	Ausbildungsleiter Technische Berufe, SSI Schäfer – Fritz Schäfer GmbH	Neunkirchen

**Verlagslektorat:**

Dr. Astrid Grote-Wolff

**Bildbearbeitung:**

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

1. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke der selben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-1518-1

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Ertstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagbild: nach einer Vorlage von Gabriele Mols

Druck: Plump Druck & Medien GmbH, 53619 Rheinbreitbach

# Lernfeld 9

## 3D-DATENSÄTZE VON BAUGRUPPEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON FÜGEVERFAHREN UND MONTAGETECH- NIKEN ERSTELLEN UND MODIFIZIEREN

### 9.1 | LERNSITUATIONEN

#### LERNSITUATION 1 | Konstruktion Welle-Nabe-Verbindungen

► Seite 10

#### ERGÄNZENDE INFORMATIONEN ZUR LERNSITUATION

##### Thematischer Schwerpunkt:

- ▮ Gestaltung von unterschiedlichen WN-Verbindungen anwenden
- ▮ Erstellen von 3D-Modellen
- ▮ Werkstoffe auswählen
- ▮ Passungen auswählen
- ▮ Form- und Lagetoleranzen nach dem ISO-GPS-Normensystem auswählen und anwenden
- ▮ Geeignete Maschinenelemente aus Firmenkatalogen herausuchen
- ▮ Zusätzliche Informationen aus Firmenkatalogen anwenden
- ▮ Erstellen normgerechter Zusammenbau- und Fertigungszeichnungen

##### Fachliche Voraussetzungen:

- ▮ Erstellen von Bauteilen mit einem CAD-Programm
- ▮ Inhalte aus Lernfeld 1 bis 9

##### Zeitliche Rahmenbedingungen:

- ▮ ca. 3 × 4 USt. plus Hausaufgabenzeit



#### LÖSUNGSVORSCHLÄGE

##### Lösungshinweis:

Zum Lösen der Aufgaben in Lernsituation 1 werden die Zeichnungen **09-01-002 Zahnrad** und **09-01-001 Wellenzapfen** aus dem Medien-Paket des Lehrbuchs benötigt.

Die Lösung für die Zusammenbauzeichnung der WN-Verbindungen sind unter **09-01-A-0** bis **09-01-C-0** zu finden, die Einzelteile entsprechend unter **09-01-A-001 Zahnrad** und **09-01-A-002 Wellenzapfen**. Die drei Varianten unterscheiden sich in den Zeichnungen durch die Buchstaben A, B und C. Laut Aufgabenstellung sollen das Zahnrad und der Wellenzapfen jeder Variante detailliert werden. Vollständigkeitshalber sind alle Einzelteilzeichnungen der jeweiligen Variante im Medien-Paket hinterlegt.

**1.1** Welle-Nabe-Verbindung als Passfederverbindung, Variante A

Berechnung der erforderlichen Passfederlänge:

Gegeben:

$M_t = 282 \text{ Nm}$ ,  $\nu = 2$ ,  $d_w = 32 \text{ mm}$ , Welle aus E295, Zahnrad aus 42CrMo4, damit besteht die Welle aus dem Werkstoff mit der geringeren Festigkeit.

$$\rho_{\text{zul}} = \frac{R_e}{\nu} = \frac{285 \text{ N/mm}^2}{2} \quad \rho_{\text{zul}} = 142,5 \text{ N/mm}^2$$

$$F_u = \frac{2 \cdot M_t}{d} = \frac{2 \cdot 282\,000 \text{ Nmm}}{32 \text{ mm}} \quad F_u = 17\,625 \text{ N}$$

$$L' = \frac{F_u}{t_1 \cdot \rho_{\text{zul}} \cdot i \cdot \varphi} = \frac{17\,625 \text{ N}}{5 \text{ mm} \cdot 142,5 \text{ N/mm}^2 \cdot 1 \cdot 1} \quad L' = 24,7 \text{ mm}$$

$$L = L' + b = 24,7 \text{ mm} + 10 \text{ mm} \quad L = 34,7 \text{ mm} \quad \text{gewählt: } L = 36 \text{ mm}$$

Wellendurchmesser  $\varnothing d = 32 \text{ mm} \Rightarrow b = 10 \text{ mm}$  mit Toleranzklasse P9 (fester Sitz) für die Wellennut und JS9 (leichter Sitz) für die Nabennut, die Passfederhöhe beträgt 8 mm. Die Passfeder sitzt mittig auf dem Wellenzapfen, die Toleranzen für die Nuten in dem Wellenzapfen und dem Zahnrad ergeben sich nach DIN 6885. Die axiale Sicherung der Nabe erfolgt über eine Scheibe, die mittels einer Sechskantschraube axial in der Welle befestigt wird. Die dazu erforderliche Gewindebohrung wird mit einer Zentrierbohrung nach DIN 332 T2 kombiniert.

**1.2** Welle-Nabe-Verbindung als Kegelspanning-Verbindung, Variante B

Bei dieser Lösung wurden zwei Paar Kegelspannringe von der Firma Ringfeder verwendet.

Die Verbindung zentriert nicht, so dass die Nabe im linken Bereich als Zentrieransatz funktiert, für den Bereich der Zentrierung wird eine Passung H7/j6 vorgesehen.

Der rechte Bereich wurde für die Aufnahme der Spannelemente auf  $\varnothing 36 \text{ mm}$  aufgebohrt. Laut Hersteller sind hier als Passung H7/h6 mit einer Rauhtiefe von  $R_t \leq 6 \mu\text{m}$  erforderlich.

Damit ergeben sich für den Lagerzapfen bei einem Nenndurchmesser zwei Bereiche mit unterschiedlichen Passungen.

Die Verspannung der Ringe sollte laut Aufgabenstellung nabenseitig erfolgen. Hierzu dient der Druckflansch. Die Maße für die Durchmesser in der Nabenbohrung ergeben sich aus den Herstellerunterlagen.

Im hinteren Bereich der Bohrung  $\varnothing 36 \text{ mm}$  in der Nabe wurde ein Distanzring eingesetzt, damit sich die Kegelspannringe nicht in der Bohrung verhaken können.

**1.3** Welle-Nabe-Verbindung als Keilwellenverbindung, Variante C

Verwendet wird ein Keilwellenprofil nach ISO 14 –  $8 \times 32 \times 36$ , leichte Reihe

Für den Durchmesser  $d$ : H7/h7

Für den Durchmesser  $D$ : H10/a11

Der Auslaufbereich des Scheibenfräasers wird mit einer Distanzbuchse überbrückt, die Innenbohrung erhält entsprechend große Toleranzwerte und kein Passmaß.

Das Zahnrad wird über einen Sicherungsring axial gesichert, andere Varianten sind ebenfalls möglich.

## ERGÄNZENDE INFORMATIONEN ZUR LERNSITUATION

**Thematischer Schwerpunkt:**

- ▮ Gestaltung von Schweißverbindungen anwenden
- ▮ Erstellen von 3D-Modellen
- ▮ Werkstoffe auswählen
- ▮ Form- und Lagetoleranzen nach dem ISO-GPS-Normensystem auswählen und anwenden
- ▮ Geeignete Maschinenelemente aus Firmenkatalogen herausuchen
- ▮ Zusätzliche Informationen aus Firmenkatalogen anwenden
- ▮ Erstellen normgerechter Zusammenbau- und Fertigungszeichnungen

**Fachliche Voraussetzungen:**

- ▮ Erstellen von Bauteilen mit einem CAD-Programm
- ▮ Inhalte aus Lernfeld 1 bis 9

**Zeitliche Rahmenbedingungen:**

- ▮ ca. 2 × 2 USt. plus Hausaufgabenzeit



## LÖSUNGSVORSCHLÄGE

Die Lösungen für die beiden Entwurfsvarianten finden sich unter **09-02-Skizze 1** und **09-02-Skizze 2**. Die ausgearbeitete Motorkonsole hat die Zeichnungsnummer **09-02-0 Motorkonsole** und die Baugruppe hat die Zeichnungsnummer **09-02-001 Konsole**, die Schweißgruppenzeichnung **09-02-002 Schweißkonsole**, die Einzelteile **09-02-003 Rückwand** und **09-02-004 Rippe**.

**2.1** Lösungsvariante 1 besteht aus einer Rückwand und einem breiten IPB-Träger:

I-Profil DIN 1025 – S235JR-IPB 260, der entsprechend ausgebrannt wird. Um die Bearbeitungsfläche gering zu halten, werden im oberen Bereich des Trägers zwei Leisten angeschweißt, auf denen der Motor befestigt wird. Wandseitig kann mittels Unterlegscheiben auf die Bearbeitung der Rückwand verzichtet werden, alternativ sind auch hier Leisten möglich.

Lösungsvariante 2 besteht aus einzelnen Teilen wie Rückwand, Deckplatte, zwei Rippen und Leisten. Auch hier wird die Bearbeitung der oberen Fläche der Deckplatte durch zwei aufgeschweißte Leisten minimiert. Wandseitig gilt das Gleiche wie schon bei Lösungsvariante 1 beschrieben.

**2.2** Für die weitere Ausarbeitung wird die Variante 2 bevorzugt. Die Größe der Schweißnähte richtet sich nach den Überschlagsformeln auf Seite 65 des Lehrwerks, so werden in Abhängigkeit der Blechdicken Nahtstärken mit a3 und a4 ausgewählt.

Siehe Zeichnung: **09-02-0 Motorkonsole**

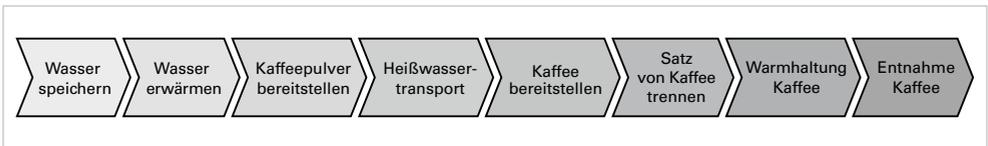
**2.3** Siehe Zeichnung: **09-02-002 Schweißkonsole****2.4** Siehe Zeichnungen: **09-02-003 Rückwand**  
**09-02-004 Rippe****2.5** Siehe Zeichnung: **09-02-001 Konsole**

## 9.3 | WIRKPRINZIPIEN DER VERBINDUNGEN

### WIEDERHOLUNG UND VERTIEFUNG

► Seite 15

1. Eine umfassende konstruktive Aufgabenstellung wird durch die Funktionsanalyse in mehrere einfache Aufgaben unterteilt. Anschließend werden die Teilaufgaben nacheinander gelöst.
2. Eine Baugruppe wird durch eine Funktionsanalyse der Gesamtfunktion in Teilfunktionen unterteilt.
3. Eine Teilfunktion ist ein Teil der Gesamtfunktion und lässt sich weiter unterteilen in Haupt- und Nebenfunktionen. Die Hauptfunktion der Teilfunktion steht dabei im direkten Zusammenhang mit der Gesamtfunktion, während die Nebenfunktion die Hauptfunktion unterstützt oder ergänzt.
4. Funktionsschema einer Kaffeemaschine:



5. Verbindungen werden eingeteilt nach:
  - Stoffschluss: z. B. Schweißen, Löten, Kleben
  - Formschluss: z. B. Passfeder-, Scheibenederverbindung, Keilwelle, Polygonprofil
  - Kraftschlüssige Verbindung: z. B. Pressverbindung, geteilte oder geschlitzte Nabe, Kegelerbindung, Kegelspannringe, Spanscheiben

## 9.4 | SCHRAUBENVERBINDUNGEN

### WIEDERHOLUNG UND VERTIEFUNG

► Seite 28–29

1. Arten von Schraubenverbindungen.
  - Durchsteckverbindung
  - Einschraubverbindung
  - Stiftschraubenverbindung
2. Durch das Anziehen einer Schraubenverbindung auf die erforderliche Vorspannkraft wird eine relativ große Flächenpressung zwischen dem Schraubenkopf oder der Mutter und dem Bauteil erzeugt. Hierdurch werden im Laufe der Zeit im Inneren der Bauteile Kriechprozesse im plastischen Bereich hervorgerufen. Das Material fließt unter der Auflage weg. Gleichzeitig ebnen sich die Rauheiten in den Trennfugen ein. Diesen Vorgang nennt man Setzen.
3. Schraubensicherungen werden unterteilt in:
  - Verliersicherungen
  - Setzsicherungen
  - Losdrehsicherungen
4. Bei Schrauben ab Festigkeitsklasse 8.8 und einem gesteuerten Anziehverfahren sollte die erforderliche Vorspannkraft so groß sein, dass sich die Schraubenverbindung nicht lockert.

5. Die Anzahl der Trennfugen begrenzen
- ▮ Kontrolliertes Anziehen der Schraubenverbindung
  - ▮ Oberflächenrauheiten an den zu verbindenden Bauteilen begrenzen
  - ▮ Ausreichend lange Schrauben verwenden
  - ▮ Querkräfte durch zusätzliche Elemente wie z. B. Passtifte aufnehmen
  - ▮ Weiche Zwischenlagen vermeiden
6. Durch die hohe Vorspannkraft ab Festigkeitsklasse 8.8 wird der Sicherungsring schon so plattgedrückt, dass die federnde Wirkung nicht mehr vorhanden ist und damit der Federring wirkungslos ist. Er stellt dann nur ein Bauteil mit einer zusätzlichen Trennfuge dar und erhöht die Gefahr des Lockerns.
7. Unterlegscheiben sind bei Schraubenverbindungen nur dann sinnvoll, wenn
- ▮ Bauteiloberflächen geschützt werden sollen,
  - ▮ die Flächenpressung unter der Auflagefläche von Mutter oder Schraube nicht ausreicht,
  - ▮ die Bauteiloberfläche sehr rau (unbearbeitet) ist.
8. Eine Verliersicherung verhindert das Auseinanderfallen einer Schraubenverbindung, jedoch nicht das Losdrehen.  
Eine Losdrehsicherung verhindert das Losdrehen einer Schraubenverbindung.
9. Ein Gewindefreistich nach DIN 76 dient als Werkzeugauslauf bei der Gewindefertigung. So kann der Bolzen bis zur Anlagefläche angeschraubt werden.
10. Als Bewegungsgewinde eignen sich vor allem Trapez- und Sägengewinde.
11. Bewegungsgewinde wandeln eine Drehbewegung in eine Längsbewegung um. Anwendungsbeispiele sind z. B. Hebebühnen, Vorschubspindeln, Druckspindeln in Walz- und Presswerken und der Schraubstock.
12. Mehrgängige Bewegungsgewinde kommen dann zum Einsatz, wenn schnellere Längsbewegungen gefordert sind.

13. a) Festigkeitsklasse 8.8  $\Rightarrow R_e = 640 \text{ N/mm}^2$  ( $8 \cdot 8 \cdot 10 \text{ N/mm}^2$ )

$$\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_e}{\nu} = \frac{640 \text{ N/mm}^2}{2,5} = 256 \text{ N/mm}^2$$

b)  $S = \frac{F_A}{\sigma_{\text{zul}}} = \frac{14000 \text{ N}}{256 \text{ N/mm}^2} = 54,69 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{M10 mit } S = 58,0 \text{ mm}^2$

14.

a)  $F_A = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot i} \cdot p \cdot \nu$

$$F_A = \frac{\pi \cdot 450^2 \text{ mm}^2}{4 \cdot 8} \cdot 1 \text{ N/mm}^2 \cdot 1,2 = 23856,47 \text{ N}$$

- b) Festigkeitsklasse 8.8  $\Rightarrow R_e = 640 \text{ N/mm}^2$  ( $8 \cdot 8 \cdot 10 \text{ N/mm}^2$ )

$$\sigma_{\text{zul}} = \frac{R_e}{\nu} = \frac{640 \text{ N/mm}^2}{2,5} = 256 \text{ N/mm}^2$$

c)  $S = \frac{F_A}{\sigma_{\text{zul}}} = \frac{23856,47 \text{ N}}{256 \text{ N/mm}^2} = 93,19 \text{ mm}^2 \Rightarrow \text{M16 mit } S = 157 \text{ mm}^2$

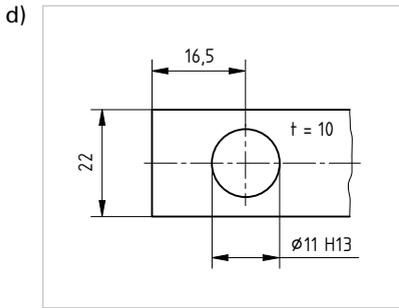
15.

a)  $F_A = \frac{F_Q}{n} = \frac{5000 \text{ N}}{2} = 2500 \text{ N}$  (Kraft je Schraube)

$$F_A = \frac{\varphi \cdot F_A}{\mu} = \frac{1,5 \cdot 2500 \text{ N}}{0,25} = 15000 \text{ N}$$

b)  $F_V = 15000 \text{ N} \Rightarrow \text{M10 (Tabellenbuch)}$

c) Schraube phosphatiert, leicht geölt  $\Rightarrow \mu = 0,12$   
Tabellenbuch:  $F_V = 43,4 \text{ kN}$ ,  $M_A = 71 \text{ Nm}$



e)  $L = 2 \cdot t + m + u = 2 \cdot t + m + 2 \cdot P = 2 \cdot 10 \text{ mm} + 8,4 \text{ mm} + 2 \cdot 1,5 \text{ mm} = 31,4 \text{ mm}$   
 Gewählt: Sechskantschraube ISO 4017 – M10 x 35 – 10.9

## 9.9 | ELEMENTE ZUR LAGESICHERUNG

### WIEDERHOLUNG UND VERTIEFUNG

► Seite 50–51

1. a) Verbindungen werden nach ihrem Wirkprinzip unterteilt in formschlüssige, kraftschlüssige, vorgespannt formschlüssige und stoffschlüssige Verbindungen.
  - ▮ Formschlüssige Verbindung: Beide Bauteile haben die gleiche Form und greifen formschlüssig ineinander, die Kraftübertragung erfolgt an den Wirkflächen durch Flächenpressung.
  - ▮ Kraftschlüssige Verbindung: Die Bauteile werden durch Klemmen oder Pressen so zusammengeführt, dass zwischen den Bauteilen kein Spiel mehr vorhanden ist, die dann wirksame Reibung überträgt die auftretenden Kräfte.
  - ▮ Vorspannt formschlüssige Verbindung: Ist eine Kombination aus Form- und Reibschluss und tritt bei Keilen auf.
  - ▮ Stoffschlüssige Verbindung: Beide Bauteile werden an den Stoßstellen zu einer unlösbaren Einheit vereint, dies kann mit oder ohne Zusatzwerkstoffe erfolgen.
- b)
  - ▮ Formschlüssige Verbindungen: Passfeder-, Keilwellen-, Stift- und Scheibenfederverbindung, Polygonwelle
  - ▮ Kraftschlüssige Verbindungen: Press- und Kegelfeder-, geschlitzte und geteilte Nabe, Kegelspannringe, Spannscheiben
  - ▮ Vorspannt formschlüssige Verbindungen: Nasen-, Hohl- und Flachkeile
  - ▮ Stoffschlüssige Verbindungen: Klebe-, Löt- und Schweißverbindungen
2. Die Kraftübertragung an einer Passfederverbindung erfolgt durch Formschluss.
3. Bei einer Passfederverbindung wirkt an der geraden Seitenfläche Flächenpressung.

4. Vorteile Passfederverbindung	Nachteile Passfederverbindung
selbstzentrierend	Nabe muss axial gesichert werden
einfache Montage und Demontage	für einseitige, stoßfreie Drehmomente
einfache Fertigung	hohe Kerbwirkung in der Welle
Nabe unter Last verschiebbar	Unwucht

5.  $M_t = 400 \text{ Nm}$ ; Wellendurchmesser  $d = 40 \text{ mm} \Rightarrow$  aus DIN 6885:  $b = 12 \text{ mm}$ ,  $h = 8 \text{ mm}$

$$F_u = \frac{2 \cdot M_t}{d} = \frac{2 \cdot 400\,000 \text{ Nmm}}{40 \text{ mm}} \quad F_u = 20\,000 \text{ N}$$

Nabe:

$$\rho_{zul} = \frac{R_m}{\nu} = \frac{250 \text{ N/mm}^2}{1,5} = 166,7 \text{ N/mm}^2 \text{ (Die Nabe hat die geringere Festigkeit.)}$$

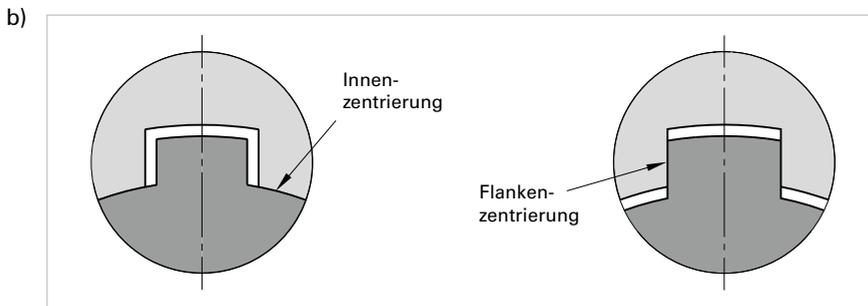
$$L' = \frac{F_u}{(h - t_1) \cdot i \cdot \varphi \cdot \rho_{zul}} = \frac{20\,000 \text{ N}}{(8 \text{ mm} - 5 \text{ mm}) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 166,7 \text{ N/mm}^2} = 39,992 \text{ mm}$$

$$L = L' + b = 39,992 \text{ mm} + 12 \text{ mm} = 52 \text{ mm}$$

Gewählt:  $L = 56 \text{ mm}$  (52 mm ist keine genormte Länge einer Passfeder)

6. Zylinderstifte nach ISO 2338 haben als Toleranzklasse m6 oder h8.

7. a) Innenzentrierung wird verwendet für genauen Rundlauf, wie z. B. bei Werkzeugmaschinen.  
Flanken-zentrierung wird verwendet, wenn wechselnde und stoßartige Drehmoment auftreten.

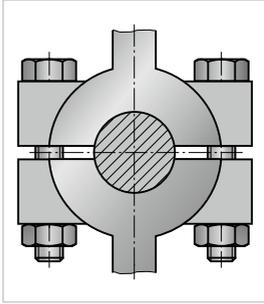


8. Bei einer zylindrischen Pressverbindung wird der Außendurchmesser der Welle größer als der Bohrungsdurchmesser der Nabe ausgeführt. Nach dem Fügen liegt ein Übermaß vor. Hierbei entsteht am Umfang der Fügestelle eine gleichmäßige Fugenpressung  $p$ .

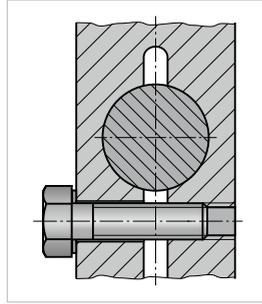
9. Vorteile zylindrische Pressverbindung	Nachteile zylindrische Pressverbindung
Zentrierung Welle/Nabe	Verbindung kaum lösbar
geeignet für Wechsel- und Stoßbelastung	hohe Kerbwirkung an den Übergangsstellen
einfache und preiswerte Fertigung	Nabe nicht verschiebbar

10. Keile sind nur für mittlere Drehzahlen geeignet, bei langsam laufenden Wellen mit geringen Anforderungen an die Laufgenauigkeit.
11. Sie werden auf glatten Wellen und durchgehend glatten Nabenbohrungen verwendet. Die Bauteile können schnell gewechselt werden und ermöglichen ein Einstellen an jeder gewünschten Stelle der Welle. Sie zeichnen sich durch eine hohe Rundlaufgenauigkeit aus.
12. Durch den Kegelwinkel von ca.  $17^\circ$  fallen die Ringe nach Lösen der Klemmringe auseinander (keine Selbsthemmung) und die Nabe liegt frei.
13. Zusätzliche Passfedern behindern den sicheren Kraftschluss.
14. Klemmverbindungen werden überwiegend zur Befestigung von Naben auf langen und glatten Wellen verwendet.

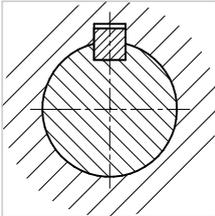
15. a) Geteilte Nabe



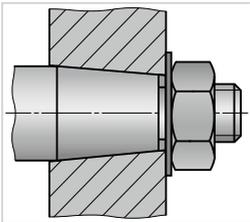
b) Geschlitzte Nabe



16. Passfederverbindung im Schnitt:



17. Kegelpressverband:



18. Lösung lautet: b) Keilwellenverbindung und c) Passfederverbindung

19. Lösung lautet: c) Kegelpressverband

20. Lösung lautet: d) Ringspannelemente

## 9.10 | NIETVERBINDUNGEN

### WIEDERHOLUNG UND VERTIEFUNG

► Seite 52

1. Nietverbindungen zählen zu den formschlüssigen Verbindungen.

2. Bei den Nietverbindungen werden unterschieden:

- feste Verbindung
- dichte Verbindung
- feste und dichte Verbindung
- Haftverbindung

3. Niete werden unterschieden nach ihrer Kopfform, der Schaftausführung und dem Nietverfahren.
4. Nietverbindungen werden im Leichtbau (Luft- und Raumfahrttechnik), im Brückenbau, im Kesselbau und im Fahrzeugbau (z. B. im Schiffsbau) verwendet.

## 9.13 | KLEBEN

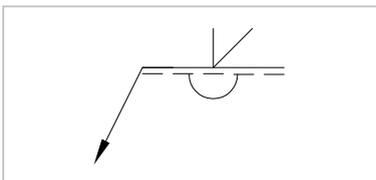
### WIEDERHOLUNG UND VERTIEFUNG

► Seite 74

1. Schweißverbindungen zählen zu den stoffschlüssigen Verbindungen.
2. Die Umhüllung der Stabelektrode entwickelt beim Abschmelzen einen Schutzgasmantel, der den Lichtbogen stabilisiert und die Schweißzone gegen die Umgebungsluft abschirmt. Die abschmelzende Umhüllung schwimmt als Schlacke auf der Schweißnaht und verhindert so eine Verzunderung und zu schnelle Abkühlung der Schweißstelle.
3. Schweißverfahren werden in Schmelzschweißverfahren und Pressschweißverfahren unterteilt.
4. Beim WIG-Schweißen brennt der Lichtbogen zwischen der nicht abschmelzenden Wolfram-Elektrode und dem Werkstück, während er beim MIG- und MAG-Schweißen zwischen einer abschmelzenden Drahtelektrode und dem Werkstück brennt.  
Bei allen Schutzgasschweißverfahren werden Lichtbogen und Schmelzbad durch ein Schutzgas gegen die Atmosphäre abgeschirmt.
5. Minimale und maximale Abmessungen in Abhängigkeit von der Bauteildicke:  

$$3 \text{ mm} \leq a \leq 0,7 \cdot t_{\min}$$

$$a \geq \sqrt{t_{\max}} - 0,5$$
6.
  1. Angabe für die Nahtart (Symbol) und ggf. der Nahtdicke, z. B. a3 E
  2. Angabe für die Länge der Einzelnaht, z. B. 20
  3. Angabe für den Abstand zwischen Einzelnähten in Klammern, z. B. 10
  4. Angabe, ob die Naht ringsum geschweißt wird, z. B. 
  5. Angabe für eine Baustellennaht: 
  6. Angaben u. a. für Schweißverfahren, Schweißposition, Schweißelektrode, Bewertungsgruppe, z. B.: 111/ISO 5817 – B/ISO 6947-PB
7.
  - a) Bezugs-Strichlinie
  - b) Bezugs-Volllinie
  - c) Gabel
8. Bei einer Stumpfnahht wird die Nahtdicke nur angegeben, wenn die Naht nicht durchgeschweißt wird.
9. Nahtsymbol für eine durchgehende HV-Naht, die mit Gegenlage geschweißt wird:



10. a) Siehe Zeichnungen **09-000-001** bis **09-000-004**  
 b) Siehe Zeichnung **09-000-005**  
 c) Siehe Zeichnung **09-000-006**

## 9.15 | TECHNICAL ENGLISH

### REPETITION AND CONSOLIDATION

► Seite 101

1. Shaft-hub connections are the connecting part between a shaft and a hub part. They transmit torque and forces. There are many different applications such as in clamping sets.

2.

Advantages	Disadvantages
hub can be moved under load	notch effect on shaft
easy to install and uninstall	unbalance
connection is self-centering	not useful for changing torques
cheap	hub has to be secured axially

3. Fretting corrosion happens when there is movement between the individual components and a high surface pressure at a tight fit. This happens, for example, when a key allows rotary movement between shaft and hub.

## 10.1 | LERNSITUATIONEN

### LERNSITUATION 1

### Analysieren einer pneumatischen Zweihandsicherheitschaltung

► Seite 103

#### ERGÄNZENDE INFORMATIONEN ZUR LERNSITUATION

##### Thematischer Schwerpunkt:

- Lesen, Verstehen und Erstellen von Pneumatikplänen
- Lesen, Verstehen und Ergänzen von GRAFCET-Plänen

##### Fachliche Voraussetzungen:

- Kenntnisse der Pneumatik Elemente
- Bausteine und Aufbau eines GRAFCET
- Inhalte der Kapitel 10.3 bis 10.4

##### Zeitliche Rahmenbedingungen:

- ca. 2 x 2 USt. plus Hausaufgabenzeit



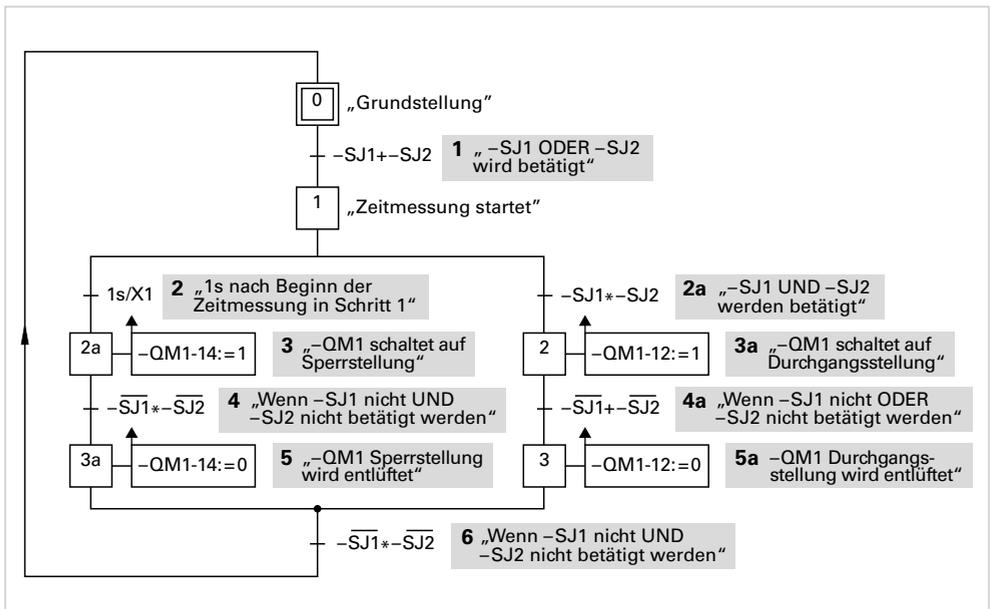
#### LÖSUNGSVORSCHLÄGE

- 1.1** –KH1: ODER-Glied bzw. Wechselventil. Wenn –SJ1 oder –SJ2 betätigt werden, wird das Zeitglied –KH3 gestartet.
- KH2: UND-Glied bzw. Zweidruckventil. Wenn –SJ1 und –SJ2 betätigt werden, wird über –QM1 Luft auf den Steuereingang –QM2-14 gegeben, der Zylinder fährt aus. Dies gelingt nur, wenn –QM1 nicht über –KH3 gesperrt wurde.
- 1.2** –KH3 ist ein Zeitglied. Sobald am Eingang 12 ein Signal anliegt, wird der Luftspeicher in –KH3 gefüllt. Wenn sich genug Druck aufgebaut hat, so dass das 3/2-Wegeventil gegen die Federkraft schaltet, schaltet –KH3 von 1 nach 2 durch und sperrt –QM1.

1.3

Benennung	Komponente
-MM1	Doppeltwirkender Zylinder, einseitige Kolbenstange, einstellbare Endlagendämpfung, magnetischer Kolben
-GQ1	Wartungseinheit
-SJ1	Handbetätigtes 3/2-Wegeventil mit Federrückstellung
-SJ2	Handbetätigtes 3/2-Wegeventil mit Federrückstellung
-KH1	Wechselventil
-KH2	Zweidruckventil
-KH3	Zeitglied, in Ruhestellung gesperrt
-QM1	3/2-Wegeventil, beidseitig pneumatisch betätigt
-QM2	5/2-Wegeventil, druckluftbetätigt und federrückgestellt

1.4



1.5

Anfangszustand: Beide Taster sind nicht gedrückt. -MM1 ist eingefahren.

Wenn -SJ1 und -SJ2 gedrückt werden, liegt am Anschluss 1 von -QM1 Druckluft an. Ob diese Druckluft über den Anschluss 2 zum Zylinder -MM1 gelangt, hängt davon ab, ob die beiden Taster innerhalb einer Sekunde gedrückt werden. Durch dieses Zeitlimit wird verhindert, dass beispielsweise ein Taster durch ein Klebeband oder durch Verklemmen dauerhaft betätigt wird.

Wenn -SJ1 oder -SJ2 (oder auch beide Taster) betätigt werden, startet eine Zeitmessung.

Nun können zwei Fälle eintreten:

1. Der jeweils andere Taster wird innerhalb einer Sekunde nicht gedrückt, dann schaltet -QM1 auf Sperrstellung. Beispiel: Der Taster -SJ1 wird betätigt und innerhalb einer Sekunde wird nicht ebenfalls der Taster -SJ2 betätigt. Selbst wenn dann später -SJ2 dazu betätigt wird, bleibt -QM1 auf Sperrstellung. -MM1 bleibt eingefahren.  
Wenn beide Taster nicht betätigt werden, wird die Sperrstellung von -QM1 wieder aufgehoben.

2. Der jeweils andere Taster wird innerhalb einer Sekunde ebenfalls gedrückt, dann bleibt –QM1 auf Durchgangsstellung. Beispiel: Der Taster –SJ1 wird betätigt und innerhalb einer Sekunde wird ebenfalls der Taster –SJ2 betätigt. Selbst wenn dann nach einer Sekunde das Sperrsignal kommt, bleibt –QM1 auf Durchgang geschaltet. –MM1 fährt aus.

Wenn einer der beiden Taster nicht betätigt wird, wird die Durchgangsstellung von –QM1 aufgehoben, –MM1 startet die Einfahrbewegung. Danach geht die Schaltung wieder in den Anfangszustand zurück.

Wenn jetzt beide Taster nicht betätigt werden, geht die Schaltung wieder in den Anfangszustand zurück.

**LERNSITUATION 2****Bedienungsanleitung für elektrohydraulischen Scherenhubtisch erstellen**

▶ Seite 104

**ERGÄNZENDE INFORMATIONEN ZUR LERNSITUATION****Thematischer Schwerpunkt:**

- Lesen, Verstehen und Erstellen von Pneumatikplänen
- Lesen, Verstehen und Erstellen von Stromlaufplänen
- Lesen, Verstehen und Ergänzen von GRAFCET-Plänen

**Fachliche Voraussetzungen:**

- Kenntnisse der Pneumatik Elemente
- Kenntnisse der Elektronik Elemente und der Stromlaufpläne
- Bausteine und Aufbau eines GRAFCET
- Inhalte der Kapitel 10.5 bis 10.8

**Zeitliche Rahmenbedingungen:**

- ca. 3 × 2 USt. plus Hausaufgabenzeit

**LÖSUNGSVORSCHLÄGE****2.1**

Benennung	Komponente
–MM1	Doppeltwirkender Hydraulik-Zylinder, einseitige Kolbenstange, einstellbare Endlagendämpfung, magnetischer Kolben
–RN1	Drosselrückschlagventil, Zulaufdrosselung
–RN2	Drosselrückschlagventil, Zulaufdrosselung
–QM1	4/3-Wegeventil, hydraulisch vorgesteuert, Sperrmittelstellung
–GP1	Hydraulikaggregat mit Motor, Pumpe, Druckbegrenzungsventil und Manometer

**2.2**

Wird die Quetschsicherung –SJ7 ausgelöst, wird dies über –KF6 im Stromweg 9 gespeichert. Der Öffner –KF6 in Stromweg 19 öffnet und der Tisch kann nicht weiter abgesenkt werden. Außerdem leuchtet über –KF4 im Stromweg 15 der Leuchtmelder –PF2. Vor dem weiteren Absenken muss zuerst über –SJ5 ein Reset durchgeführt werden.

- 2.3** **Betätigt:** Bei Betätigung des Totmannschalters wird im Stromweg 18 durch das Schließen von –KF5 das Hoch- und Herunterfahren ermöglicht. In Strompfad 11 wird das Drücken des Totmannschalters über –KF7 gespeichert.

Solange der Totmannschalter gedrückt wird, verhindert ein durch –KF5 betätigter Öffner im Stromweg 13, dass das Loslassen des Totmannschalters gespeichert wird.

Losgelassen: Wird der Totmannschalter losgelassen, wird durch das Öffnen des Schließers –KF5 im Stromweg 18 das weitere Hoch- und Herunterfahren verhindert.

Außerdem ist für Sekundenbruchteile im Stromweg 13 der Schließer –KF7 noch geschlossen und der Öffner –KF5 nicht mehr betätigt, so dass das Loslassen des Totmannschalters über –KF8 gespeichert und die Speicherung durch –KF7 im Stromweg 11 zurückgesetzt wird. Durch –KF8 leuchtet auch der Leuchtmelder –PF2.

Wurde der Totmannschalter losgelassen, bleibt der Fehler so lange im Stromweg durch –KF8 gehalten, bis der Reset-Taster den Fehlerspeicher (Schritt 2) über –KF5 zurücksetzt.

Vor dem Wiederaufahren muss wieder der Totmannschalter gedrückt und gehalten werden.

- 2.4**
1. Die Betätigung des „Steuerung Ein“- Tasters (–SJ1) ist Voraussetzung für alle Aktionen. Wenn der Scherenhubtisch nicht mehr im Einsatz ist, kann über „Steuerung Aus“ (–SJ2) eine unbeabsichtigte Bedienung ausgeschlossen werden
  2. Der Totmannschalter –SJ6 muss immer gedrückt werden, damit –SJ3 (Hochfahren) und –SJ4 (Herunterfahren) wirken können. Bei Abschaltung durch das Loslassen von –SJ6 muss vor dem Wiedereinschalten erst über –SJ5 ein Reset durchgeführt werden.
  3. So lange –SJ3 „Hochfahren“ betätigt wird, fährt der Tisch hoch, bis er an der höchsten Position angekommen ist oder bis –SJ3 „Hochfahren“ losgelassen wird.
  4. So lange –SJ4 „Herunterfahren“ betätigt wird, fährt der Tisch herunter, bis er an der tiefsten Position angekommen ist oder bis –SJ4 „Herunterfahren“ losgelassen wird.
  5. Wird die Quetschsicherung –SJ7 ausgelöst, leuchtet der Leuchtmelder –PF2 und der Tisch kann nicht weiter abgesenkt werden. Vor dem weiteren Absenken muss erst über –SJ5 ein Reset durchgeführt werden.

### LERNSITUATION 3

## Dokumentation und Verbesserung des Ablaufs an einer Greifereinheit

► Seite 106

### ERGÄNZENDE INFORMATIONEN ZUR LERNSITUATION

#### Thematischer Schwerpunkt:

- ▮ Lesen, Verstehen und Erstellen von Pneumatikplänen
- ▮ Aufbau, Funktionsweise und Anschluss einer SPS
- ▮ Lesen, Verstehen und Ergänzen von GRAFCET-Plänen

#### Fachliche Voraussetzungen:

- ▮ Kenntnisse der Pneumatik Elemente
- ▮ Kenntnisse der Elektronik Elemente
- ▮ Kenntnisse der SPS-Programmiersprachen
- ▮ Bausteine und Aufbau eines GRAFCET
- ▮ Inhalte des Kapitels 10.9

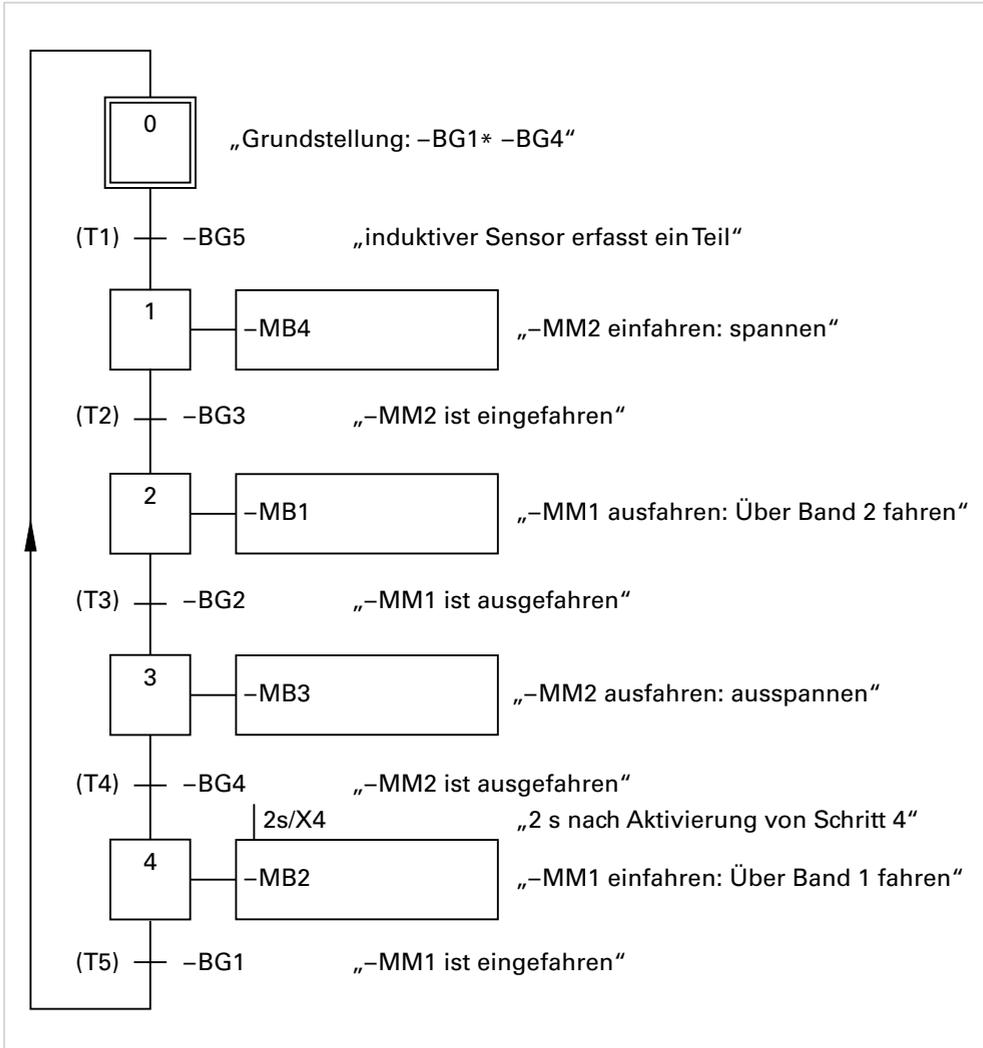
#### Zeitliche Rahmenbedingungen:

- ▮ ca. 3 × 2 USt. plus Hausaufgabenzeit



## LÖSUNGSVORSCHLÄGE

3.1



GRAFCET der Greifereinheit (Schrittfolge)

3.2

Schritt 4 muss zeitverzögert beginnen. Dazu wird ein TON-Baustein (Anzugsverzögerung) eingesetzt. Die Zeitverzögerung, z. B. von 2 Sekunden, kann entweder in der Übergangsbedingung T4 in Bild 1 oder an der Aktion im Schritt 4 in Bild 2, Seite 18, angegeben werden. Bild 1, Seite 18, und Bild 3, Seite 18, zeigen jeweils die Umsetzung im SPS-Programm in Form eines Funktionsplans.

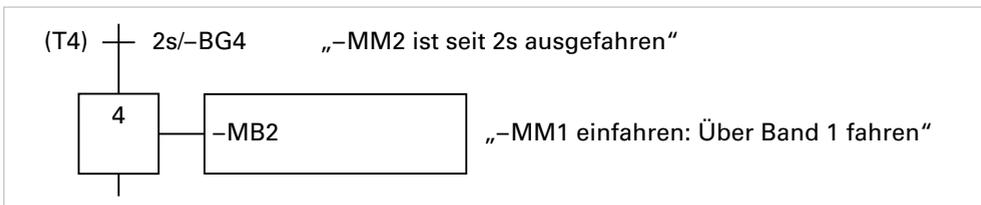


Bild 1: GRAFCET mit der Zeitverzögerung in der Übergangsbedingung

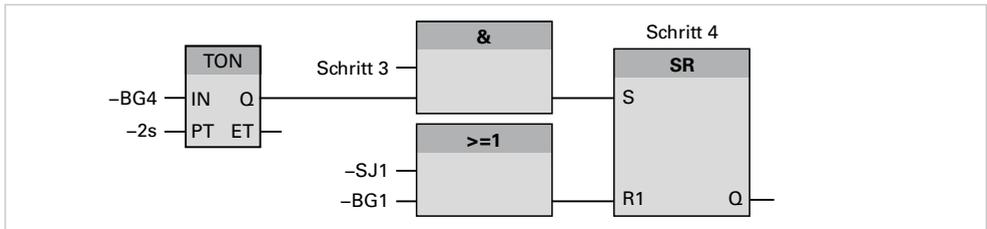


Bild 1: Funktionsplan (SPS-Programm) mit der Zeitverzögerung in der Übergangsbedingung

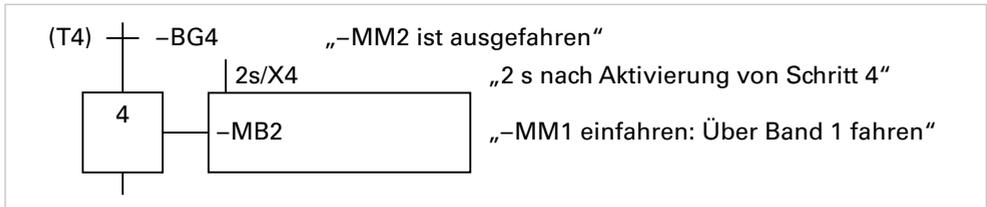


Bild 2: GRAFCET mit der Zeitverzögerung an der Aktion in Schritt 4

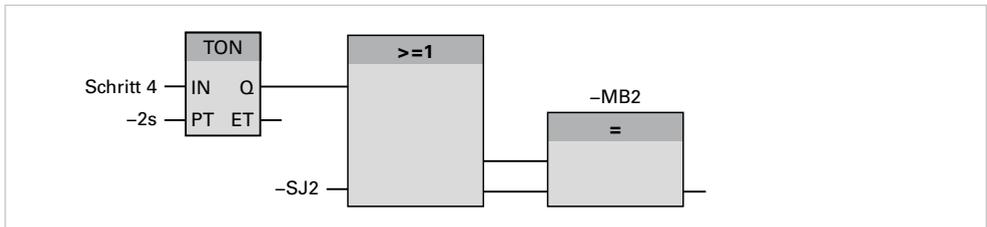


Bild 3: Funktionsplan (SPS-Programm) mit der Zeitverzögerung an der Aktion in Schritt 4

- 3.3** Der induktive Sensor erkennt nur metallische Teile, Kunststoffteile werden nicht erkannt. -BG5 liefert aus diesem Grund kein Signal und die Schrittkette läuft nicht ab.  
Abhilfe: Wenn auch nichtmetallische Teile erkannt werden sollen, muss beispielsweise ein kapazitiver Sensor oder ein optischer Sensor (Lichtschranke) eingesetzt werden.

## 10.4 | PNEUMATISCHE STEUERUNGEN

### WIEDERHOLUNG UND VERTIEFUNG

► Seite 140

1. Die Pläne werden sonst zu aufwendig und unübersichtlich.
2. -GQ1: Wartungseinheit. Sie enthält:
  - einen Filter, um kleinste Teilchen, z. B. mechanischen Abrieb, aus der Druckluft herauszufiltern.
  - einen Wasserabscheider, um in der Druckluft befindliches Restwasser herauszuholen. Filter und Wasserabscheider sind gemeinsam im linken Symbol innerhalb -GQ1 dargestellt.
  - ein Druckregelventil (mittleres Symbol innerhalb -GQ1), an dem der Betriebsdruck der Anlage eingestellt werden kann.
  - einen Druckmesser (Manometer), an dem der Betriebsdruck, z. B. 6 bar, abgelesen werden kann (rechtes Symbol innerhalb -GQ1).

–QA1: Druckluftquelle, z. B. Kompressor, –QO1: Wartungseinheit. Sie enthält:

- einen Filter, um kleinste Teilchen, z. B. mechanischen Abrieb, aus der Druckluft herauszufiltern,
- einen Wasserabscheider, um in der Druckluft befindliches Restwasser herauszuholen.

Am Druckregelventil kann der Betriebsdruck der Anlage eingestellt werden, am Druckmesser (Manometer) kann der Druck, z. B. 6 bar, abgelesen werden.

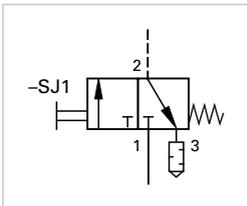
3. –QM2: Schnellentlüftungsventil, durch große Querschnitte wird die aus dem Zylinder gedrückte Luft direkt und schnell ins Freie entlassen. Die dem Zylinder über das Schnellentlüftungsventil zuströmende Luft kommt über das Stellglied.

–RN1: Drosselrückschlagventil, die aus dem Zylinder gedrückte Luft wird über die einstellbare Drossel entlassen. Die Zuluft kann unbehindert über das in diese Richtung geöffnete Rückschlagventil strömen.

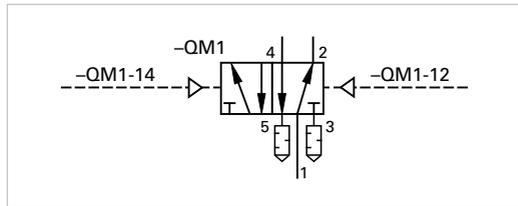
4. An den beiden Stellen, an denen sich die Striche befinden, sind in der realen Schaltung die rollenbetätigten Ventile –BG1 und –BG2 angebracht. Hier sind die Betätigungsstellen.

Im Pneumatikplan werden diese Ventile an ihrer Wirkungsstelle eingezeichnet, also bei den Signaleingabegliedern unterhalb der Signalverarbeitung.

5.



**Handbetätigtes und federrückgestelltes 3/2-Wegeventil: 3 Anschlüsse, 2 Schaltstellungen; 1: Druckanschluss, 2: Arbeitsanschluss, 3: Abluftanschluss mit Schalldämpfer.**



**Beidseitig pneumatisch betätigtes 5/2-Wegeventil: 5 Anschlüsse, 2 Schaltstellungen; 1: Druckanschluss, 2 und 4: Arbeitsanschlüsse, 3 und 5: Abluftanschlüsse mit Schalldämpfer, 14 und 12: Steueranschlüsse.**

6. a) Ein Pneumatikplan wird von unten nach oben in folgende Abschnitte eingeteilt: Versorgungsglieder, Signaleingabe, Signalverarbeitung, Signalausgabe, Antriebsglieder.
- b) Die Einteilung erfolgt nach dem EVA-Prinzip. Die Buchstaben stehen für:
- Eingabe (Signaleingabe, z. B. durch handbetätigte oder rollenbetätigte Ventile),
  - Verarbeitung (Signalverarbeitung, z. B. durch Zweidruckventile) und
  - Ausgabe (Signalausgabe, z. B. durch Wegeventile).

Bei einer pneumatischen Steuerung kommen noch die Versorgungsglieder (z. B. Kompressor) und Antriebsglieder (z. B. Zylinder) hinzu.

Auch ein Mobiltelefon arbeitet nach dem EVA-Prinzip: Eingabe z. B. über Icons oder Tastenfelder auf dem Touchscreen, Verarbeitung durch die App im Speicher und Ausgabe an die Anzeigefelder auf dem Touchscreen. Ein Versorgungsglied ist beispielsweise der Akku, das Anzeigefeld selbst ist mit dem Antriebsglied vergleichbar.

7. Die Zustände sind:

- Bedingung erfüllt: 1, true,
- Bedingung nicht erfüllt: 0, false

8. Der +-Operator (+ wird als „oder“ gesprochen) kann in der Logik wie eine Addition behandelt werden:  $0 + 0 = 0$ ;  $1 + 0 = 1$ ;  $0 + 1 = 1$ ;  $1 + 1 = 2$ . Das Ergebnis der Verknüpfung ist true (=1), wenn das Ergebnis größer oder gleich 1 ist.

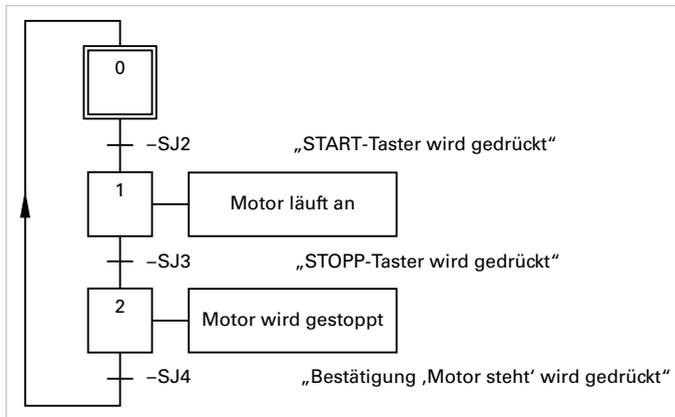
-SJ1	-SJ2	-SJ1 + -SJ2 ≥ 1
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

9. Die Darstellung eines schrittweise ablaufenden Prozesses erfolgt in einem GRAFCET. (Eine weitere Darstellungsmöglichkeit ist das Flussdiagramm, dies ist allerdings in der Steuerungstechnik zur Entwicklung eines SPS-Programmes weniger geeignet.)

10. Grundregeln:

- Schritte und Weichschaltbedingungen müssen sich abwechseln.
- In einer Kette darf immer nur ein Schritt aktiv sein.

- 11.



## 10.6 | SCHRITTKETTEN

### WIEDERHOLUNG UND VERTIEFUNG

► Seite 147

$$1. \quad Q = A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{amb}}{p_{amb}} = \frac{(3,2 \text{ cm})^2 \cdot \pi}{4} \cdot 2,5 \text{ cm} \cdot 20 \frac{1}{\text{min}} \cdot \frac{8 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}{1 \text{ bar}}$$

$$= 3619,11 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 3,619 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$2. \quad Q = 2 \cdot \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{amb}}{p_{amb}} \Rightarrow d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{2 \cdot \pi \cdot s \cdot n} \cdot \frac{p_{amb}}{p_e + p_{amb}}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 351,858 \frac{\text{L}}{\text{min}} \cdot 1000 \frac{\text{cm}^3}{\text{L}}}{\pi \cdot 8 \text{ cm} \cdot 40 \frac{1}{\text{min}}} \cdot \frac{1 \text{ bar}}{6 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}} = 10 \text{ cm} = 100 \text{ mm}$$