

Heinz Frisch, Erwin Lösch, Thomas Megele

# **Industriemechanik Lernfelder 10 bis 15**

Lernsituationen, Technologie, Technische Mathematik

Lösungen

5. Auflage

Zusatzmaterialien zu Titel

Für Lehrerinnen und Lehrer:

Lösungen zum Arbeitsheft: 978-3-427-42085-9

Für Schülerinnen und Schüler:

Arbeitsheft: 978-3-427-42084-2

**westermann** GRUPPE

© 2021 Bildungsverlag EINS GmbH, Köln, [www.westermann.de](http://www.westermann.de)

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen bzw. vertraglich zugestanden Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Nähere Informationen zur vertraglich gestatteten Anzahl von Kopien finden Sie auf [www.schulbuchkopie.de](http://www.schulbuchkopie.de).

Für Verweise (Links) auf Internet-Adressen gilt folgender Haftungshinweis: Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle wird die Haftung für die Inhalte der externen Seiten ausgeschlossen. Für den Inhalt dieser externen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich. Sollten Sie daher auf kostenpflichtige, illegale oder anstößige Inhalte treffen, so bedauern wir dies ausdrücklich und bitten Sie, uns umgehend per E-Mail davon in Kenntnis zu setzen, damit beim Nachdruck der Verweis gelöscht wird.

**Die Seiten dieses Arbeitshefts bestehen zu 100 % aus Altpapier.**

Damit tragen wir dazu bei, dass Wald geschützt wird, Ressourcen geschont werden und der Einsatz von Chemikalien reduziert wird. Die Produktion eines Klassensatzes unserer Arbeitshefte aus reinem Altpapier spart durchschnittlich 12 Kilogramm Holz und 178 Liter Wasser, sie vermeidet 7 Kilogramm Abfall und reduziert den Ausstoß von Kohlendioxid im Vergleich zu einem Klassensatz aus Frischfaserpapier. Unser Recyclingpapier ist nach den Richtlinien des Blauen Engels zertifiziert.

Druck und Bindung: Westermann Druck GmbH, Braunschweig

ISBN 978-3-427-42086-6

# Inhaltsverzeichnis

## Lernfeld 10

1	Getriebe	5
1	1 Riementrieb	6
	A Arten der Drehmoment-Übertragung	6
	B Kraftschlüssige Riementriebe	6
	C Vorteile und Nachteile	6
2	2 Kettentrieb	7
	A Anwendung von Kettentrieben	7
	B Aufbau eines Kettentriebs	7
	C Ketten	7
	D Vor- und Nachteile	7
3	3 Zahnradtrieb	8
	A Zahnradtrieb und Riementrieb	8
	B Zahnräder und Zahnradtriebe	8
	C Stirnräder	9
	D Kegelradtrieb	9
	E Schraubenradtrieb	10
	F Schneckentrieb	10
	G Zahnradabmessungen	10
	H Zahnformen	11
	• Berechnungen zu Riementrieb und Zahnradtrieb	12
	• Berechnungen zu Zahnrädern	13
	• Berechnungen zum Drehmoment an Zahnrädern	14
2	Kupplungen	15
	A Zweck	15
	B Einteilung der Kupplungen	15
	C Starre Kupplungen	15
	D Bewegliche Kupplungen	16
	E Klauen- und Zahnkupplungen	17
	F Reibungskupplungen	17
	G Sicherheitskupplungen	17
3	Schweißen	18
1	1 Schutzgasschweißen	18
	A Grundsätzliches zum Schutzgasschweißen	18
	B MIG- und MAG-Schweißen	19
	C WIG-Schweißen	20
	D Wolfram-Plasmaschweißen (WP)	21
	E Schweißnahtformen	22
	F Arbeitssicherheit	22
	• Berechnungen zum Schutzgasschweißen	23
2	2 Pressschweißen	24
	A Pressschweißen – Schmelzschweißen	24
	B Abbreinstumpfschweißen	24
	C Reibschweißen	24
4	Sicherheitseinrichtungen	25
	A Sicherheitseinrichtungen an Maschinen zum Schutz des Menschen (Beispiele)	25
	B Sicherheitseinrichtungen an Maschinen zum Schutz der Maschine (Beispiele)	26
5	Elektromagnetismus	27
	A Generatorprinzip	27
	B Spannungserzeugung in einem Generator	27
	C Motorprinzip	28
	D Leistungsberechnung	30

## Lernfeld 11

	Überwachen der Produkt- und Prozessqualität	31
1	1 Qualitätsmanagement	31
	A Arbeitsbereiche des Qualitätsmanagements	31
	B Qualitätsnormen	32
	C Qualitätsgrundsätze	32
2	2 Untersuchen der Maschinenfähigkeit – Projekt Tellerrad	33
	A Aufgaben zum Projekt Tellerrad	33
	B Durchführung der Maschinenfähigkeitsuntersuchung	35
	C Wahrscheinlichkeitsnetz	36
	D Histogramm	37
	E Bewertung der Maschinenfähigkeit	38
3	3 Statistische Prozessregelung	39
	A Qualitätsregelkarten	39
	B Prozessverläufe	40

C	Untersuchen der Prozessfähigkeit – Projekt Ritzel	41
D	Ursache-Wirkungs-Diagramm (Ishikawa-Diagramm)	41
E	Aufgaben zum Projekt Ritzel	42
F	Durchführung der Prozessfähigkeitsuntersuchung	42
G	Mittelwertkarte	43
H	Spannweitenkarte (R-Karte)	43
I	Ermittlung der Prozessfähigkeit	44
J	Bewertung von Prozessen	46
4	Industrie 4.0	47
A	Zum Wortverständnis	47
B	Industrie 4.0	47

## Lernfeld 12

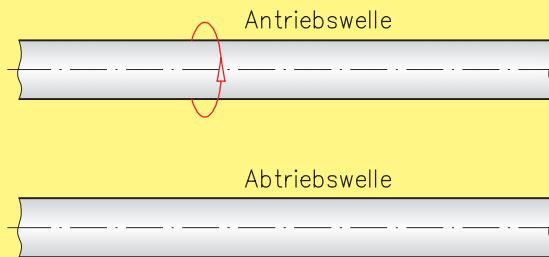
1	Statistische Fehlerauswertung	48
A	Reklamationen	48
B	Paretodiagramm	49
2	Lernsituation: Warten und Inspizieren eines Spiralkegelgetriebes	50
	Information	51
A	Zahnräder im Spiralkegelgetriebe	51
B	Lager und Lagerkräfte im Spiralkegelgetriebe	52
C	Warten und Inspizieren des Spiralkegelgetriebes	53
	Planung	55
	Ausführung – Kontrolle	56
	Bewertung – Dokumentation – Präsentation	56
3	Werkstoffprüfverfahren	57
A	Ziele und Einteilung der Prüfverfahren	57
B	Härteprüfungen	58
C	Zugversuch	59
	• Berechnungen zum Zugversuch	62
D	Kerbschlagbiegeversuch	63
E	Zerstörungsfreie Prüfungen	64

## Lernfeld 13

1	Lernsituation: Hydraulik 1	65
	Information	65
A	Komponenten einer Hydraulikanlage	66
B	Hydropumpen	66
C	Hydrozylinder	68
D	Druckventile	69
E	Wegeventile	69
	Planung – Ausführung – Kontrolle	70
2	Lernsituation: Hydraulik 2	72
	Information	72
A	Hydromotoren	72
B	Stromventile	73
	Planung – Ausführung – Kontrolle	74
3	Hydraulik 3 (Ergänzungen)	76
A	Sperrventile	76
B	Proportionalventile	76
C	Hydrospeicher	77
D	Differenzialschaltung	77
E	Leistungsberechnung	78
4	Lernsituation: Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)	79
	Information	79
A	Arbeitsweise einer SPS	80
B	Einfache Verknüpfungssteuerungen	81
C	Ablaufsteuerungen	82
D	GRAFCET (DIN EN 60848)	82
E	Realisierung der Ablaufsteuerung mit einer SPS	83
	Ausführung – Kontrolle	84

## Lernfeld 14/15

<b>Projekte zur Abschlussprüfung Teil 2</b>		87
1	Projekt Spiralkegelgetriebe	88
2	Projekt Stirnrad-Schneckengetriebe	94
3	Projekt Schnecken-Planetengetriebe	100
	Bildquellenverzeichnis	105

**Problemstellung:**

Eine Welle (Antriebswelle) soll ihre Drehbewegung auf eine parallele Welle (Abtriebswelle) übertragen. Welche grundsätzlichen technischen Möglichkeiten zur Übertragung der Drehbewegung kennen Sie aus Ihrer Erfahrung?

Übertragung der Drehbewegung mittels Zahnrädern, Riemen, Ketten

Die Drehrichtung der Abtriebswelle soll umgekehrt zur Antriebswelle sein. Welche der von Ihnen genannten Möglichkeiten kommt in Frage?

Zahnräder (nur 2 Räder! kein Zwischenrad!)

**Begriff, Aufgaben und Arten von Getrieben**

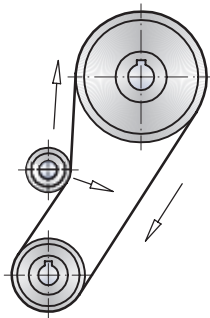
- ① Was versteht man unter einem Getriebe?

Unter einem Getriebe versteht man den Teil einer Maschine, der eingebaut ist zwischen Antriebsmotor und anzutreibender Welle (Arbeitswelle).

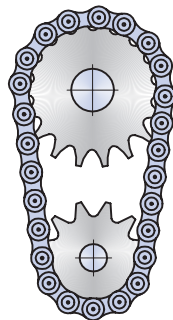
- ② Welche besonderen Aufgaben haben Getriebe?

**Aufgaben** { Änderung der Drehzahlen  
Änderung des Drehmoments  
Umkehrung der Drehrichtung  
Änderung der Bewegungsart (drehend → geradlinig)

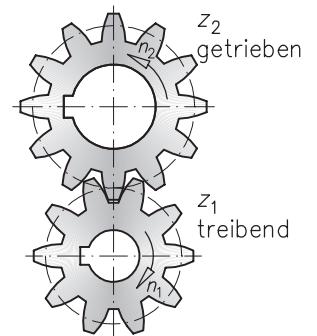
- ③ Welche Arten von Getrieben unterscheidet man nach den bewegungsübertragenden Bauteilen?



Riementrieb



Kettentrieb



Zahradtrieb

## E Schraubenradtrieb

Welchen Vor- und Nachteil haben Schraubenradtriebe?



**Vorteil:** Übertragung von Drehmomenten zwischen sich kreuzenden Wellen (Kreuzungswinkel kann beliebig sein)

**Nachteil:** Übertragung nur kleiner Drehmomente, da Zahnflanken nur Punktberührung haben

## F Schneckentrieb

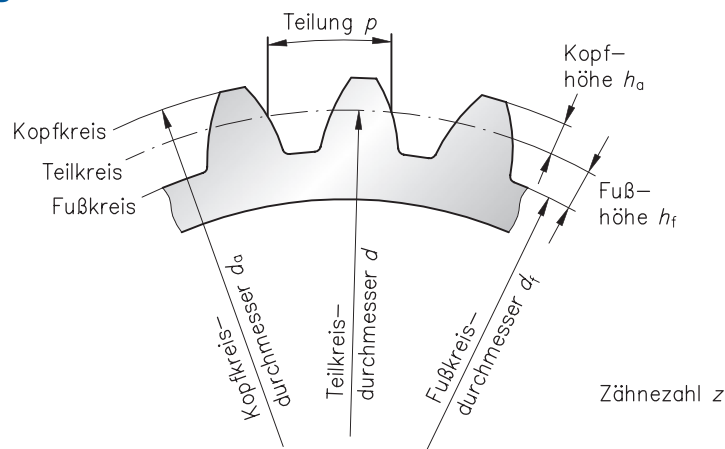
In welchen Fällen verwendet man Schneckentriebe?

Schneckentriebe für

große Übersetzungsverhältnisse nur ins Langsame



## G Zahnradabmessungen



Der Teilkreisdurchmesser ist das Ausgangsmaß zur Berechnung aller übrigen Maße am Zahnrad. Für die Fertigung ist es deshalb wichtig, dass dieses Ausgangsmaß eine möglichst „glatte“ Zahl ist.

- ① Wie kommt man zu einer solchen „glatte“ Zahl für das Maß des Teilkreisdurchmessers?

Der Umfang des Teilkreises errechnet sich aus Teilung  $\cdot$  Zähnezahl, also  $U = p \cdot z$ . Da die normale Kreisformel  $U = d \cdot \pi$  lautet, können wir auch schreiben:  $d \cdot \pi = p \cdot z$ . Um den Teilkreisdurchmesser  $d$  zu errechnen, muss der Umfang durch  $\pi$  geteilt werden, also  $d = \frac{U}{\pi}$ , oder anders geschrieben:  $d = \frac{p \cdot z}{\pi}$ . Das Ergebnis wäre in der Regel ein unendlicher Dezimalbruch (z. B.  $d = \frac{10 \text{ mm} \cdot 18}{\pi} = 57,29578\dots \text{ mm}$ ).

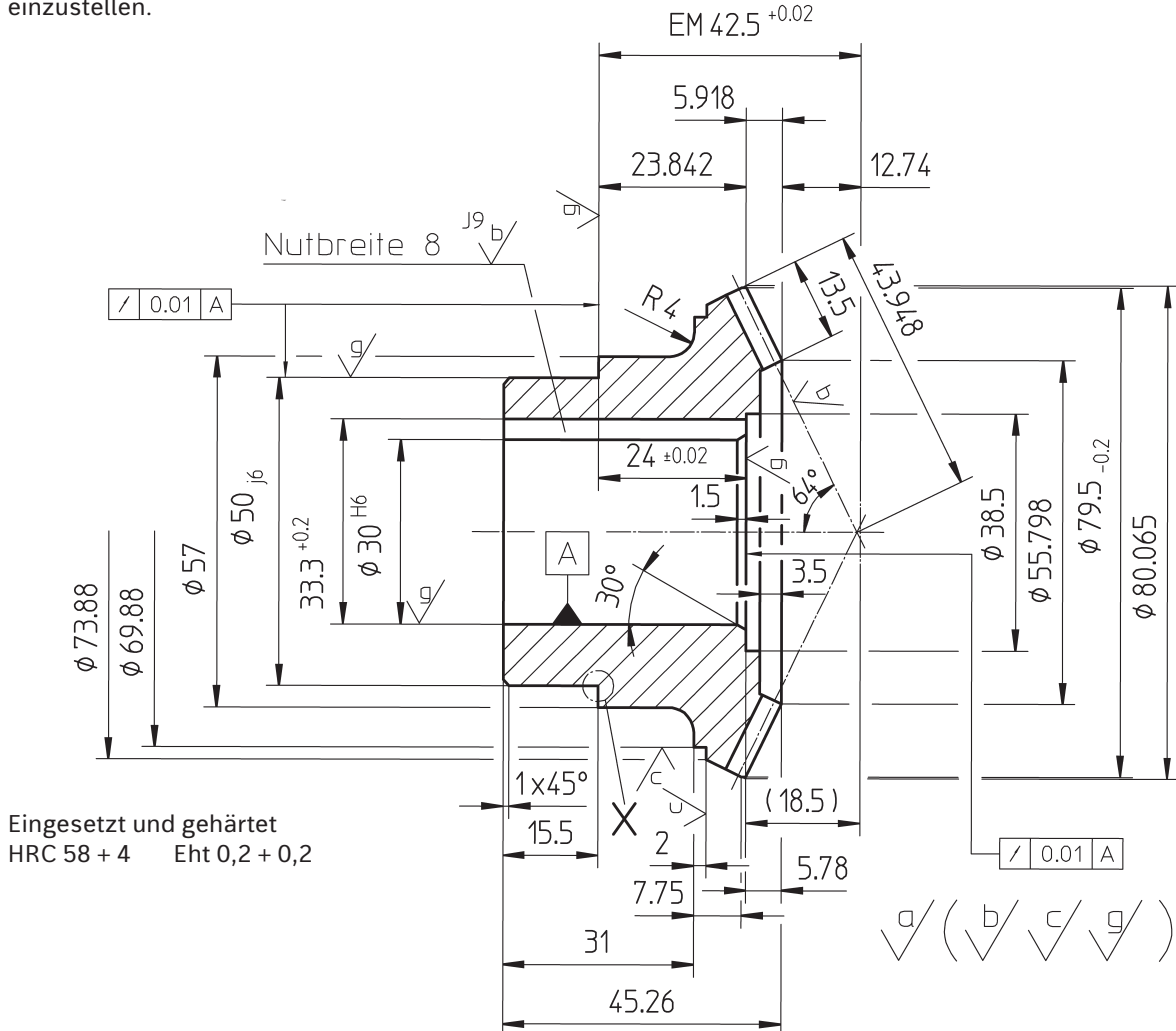
Solche Maße müssten bei der Fertigung aufgerundet oder abgerundet werden, was bei Zahnradtrieben zu Ungenauigkeiten im Eingriff der Räder führen würde. Um dies zu vermeiden, wählt man für die

## 2 Untersuchen der Maschinenfähigkeit – Projekt Tellerrad

Das abgebildete Tellerrad ist im Kegelgetriebe S. 88 Pos. 15 montiert.

Nach der spanenden Bearbeitung wird das Tellerrad in einer automatischen Durchlauf-Härteanlage aufgekohlt, gehärtet und angelassen.

Für die Qualitätssicherung ist es erforderlich, die Fertigungsstraße auf ihre Maschinenfähigkeit zu untersuchen bzw. einzustellen.



© Westermann Gruppe

### A Aufgaben zum Projekt Tellerrad

- ① Bestimmen Sie den Werkstoff des Tellerrads, erläutern Sie das Kurzzeichen und begründen Sie, warum dieser Werkstoff für die Herstellung des Tellerrads geeignet ist.

16MnCr5

Einsatzstahl mit 0,16 % Kohlenstoff, 1,25 % Mangan und etwas Chrom

Besonders geeignet zum Einsatzhärten (= Kombination zäher Kern + verschleißfeste Oberfläche).

- ② Erläutern Sie die Angabe auf der Zeichnung: „Eingesetzt und gehärtet.“

Einsatzstähle haben 0,1–0,2 % Kohlenstoff und sind nur durch Zufuhr von Kohlenstoff härtbar.

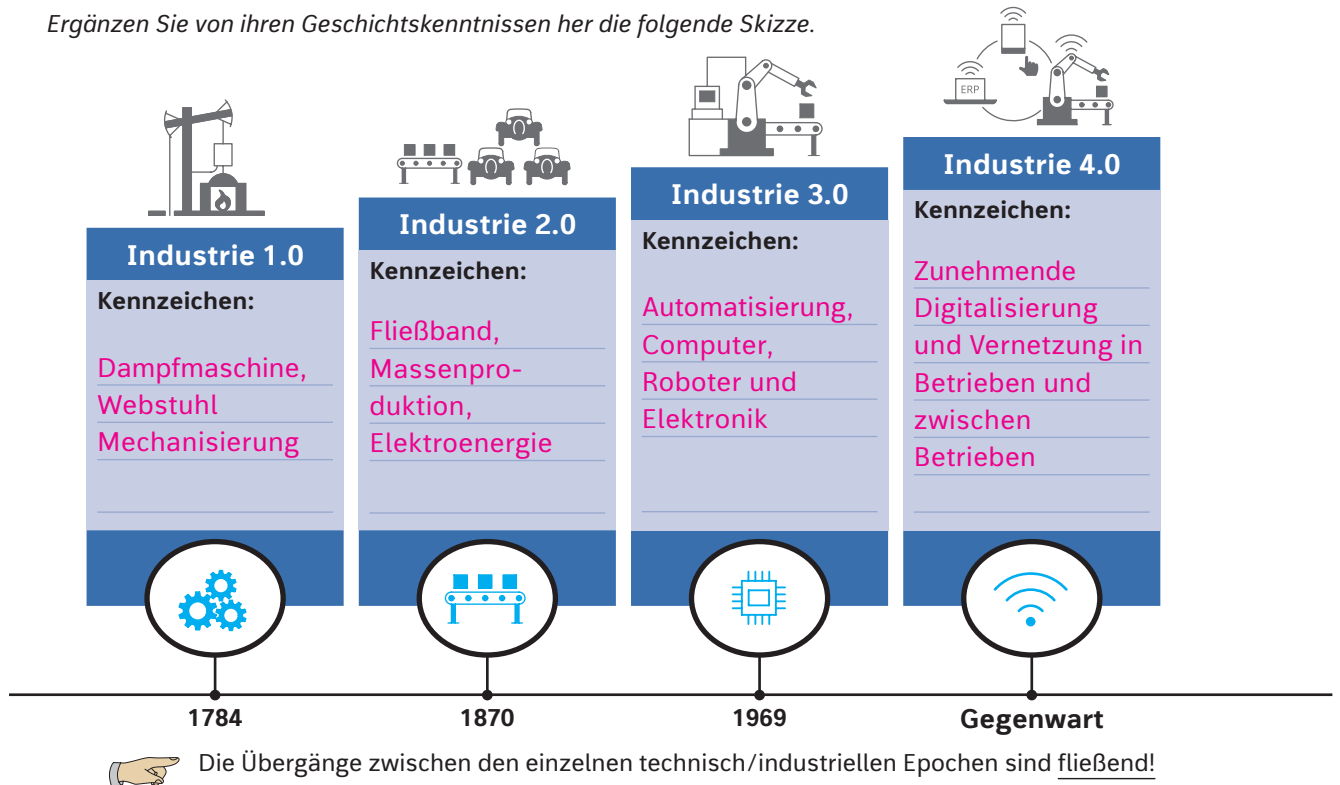
Das Einsetzen („Aufkohlen“) erfolgt im Koks-Kohle-Kasten im Glühofen, im zyanhaltigen Salzbad oder im Gasofen mit C-haltigen Gasen.

Anschließend wird das Werkstück in Öl abgeschreckt (≙ gehärtet).

## A Zum Wortverständnis

Die Begriffe „Industrie 4.0“ – ebenso 1.0, 2.0 und 3.0 – kommen aus der Computersprache und bezeichnen Abschnitte in der technisch/industriellen Entwicklung der Neuzeit und Gegenwart, eng verbunden mit Erfindung und Einsatz neuer Maschinen und Arbeitsverfahren. Andere Bezeichnungen dafür sind auch: erste industrielle Revolution, zweite industrielle Revolution, usw.

Ergänzen Sie von ihren Geschichtskennntnissen her die folgende Skizze.



## B Industrie 4.0

- ① Was ist die leitende Idee bei Industrie 4.0?

Unterstreichen Sie farbig entscheidende Aussagen in folgendem Text.

Im Produktionsprozess ist alles digital miteinander vernetzt – von der betriebswirtschaftlichen Abwicklung bis zur kompletten Produktion: Kundenauftrag, spezielle Kundenwünsche, Materialbeschaffung, Organisation der technisch/maschinellen Reihenfolge, Organisation des Qualitätsmanagements, Organisation der Arbeitsabläufe, Organisation der zugelieferten Komponenten, Organisation der Auslieferung und Zahlungsmodalitäten (und vieles andere mehr).

Kurz: Der gesamte Herstellungsprozess vom Kundenauftrag bis zur Auslieferung ist digital vernetzt und kontrolliert möglichst ohne menschliches Eingreifen (humanfrei).

- ② Warum kann der Mensch – obwohl fehlerhaft und teuer – bei Industrie 4.0 nicht ganz ausgeschaltet werden?

Er entwirft das vernetzte System, programmiert es mit Mathematik und Statistik und optimiert es ggf.

**Auftrag:** Das Spiralkegelgetriebe (vgl. S. 88/89) wurde nach 9000 Betriebsstunden ausgebaut. Warten und inspizieren Sie es gemäß Betriebsanleitung.



#### Informieren/orientieren Sie sich, indem Sie ...

- den Zweck und die verschiedenen Arten von Getrieben kennenlernen,
- verschiedene Zahnradgetriebe vergleichen,
- durch einfache Berechnungen die Gesetzmäßigkeiten von Getrieben erfahren,
- die Aufgaben, den Aufbau und die verschiedenen Arten von Lagern herausfinden,
- die Belastungen der Lager bestimmen und berechnen,
- sich Kenntnisse über die Aufgaben, Eigenschaften und Materialien von Dichtungen aneignen,
- die Wartungs- und Inspektionsanleitung in den Maschinendokumenten nachlesen,
- sich mit den Umweltschutz- und Sicherheitsvorschriften vertraut machen.

#### Planen/entscheiden Sie, indem Sie ...

- die Art der Reinigung und Reinigungsmittel festlegen,
- die erforderlichen Schmierstoffe bereitstellen,
- alle Ersatzteile bereithalten,
- für die geeigneten Prüfmittel sorgen,
- die fachgerechte Entsorgung anfallender Stoffe sicherstellen,
- die notwendigen Werkzeuge und Vorrichtungen beschaffen,
- einen Arbeitsplan erstellen.

#### Führen Sie Wartung und Inspektion durch, indem Sie ...

- das Getriebe reinigen,
- das Öl ablassen und überprüfen,
- Altöl und Reinigungsmittel in die entsprechenden Sammelbehälter geben,
- das Getriebe demontieren,
- die Einzelteile reinigen und auf Verschleiß prüfen,
- das Getriebe mit den Ersatzteilen wieder montieren,
- Spiel und Tragbild der Verzahnung einstellen,
- Öl auffüllen.

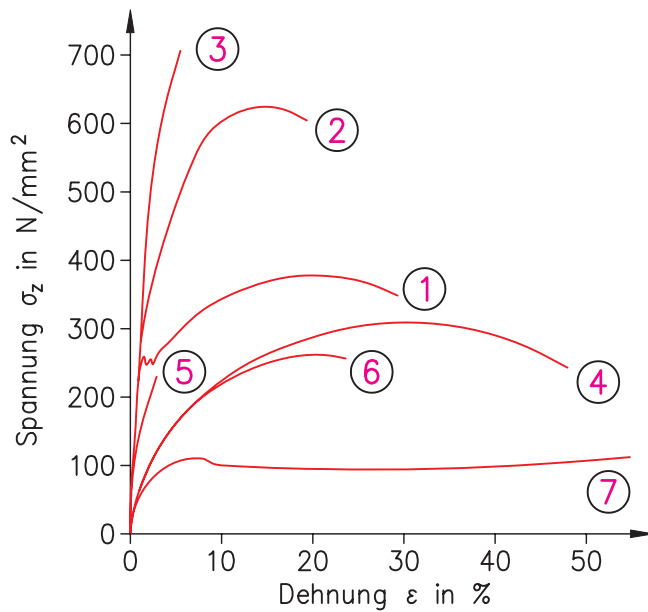
#### Kontrollieren Sie, indem Sie ...

- prüfen, ob alle Teile richtig montiert sind,
- die Funktionsfähigkeit aller Komponenten feststellen,
- nachschauen, ob die eingefüllte Ölmenge korrekt ist,
- die Dichtheit des Getriebes feststellen.

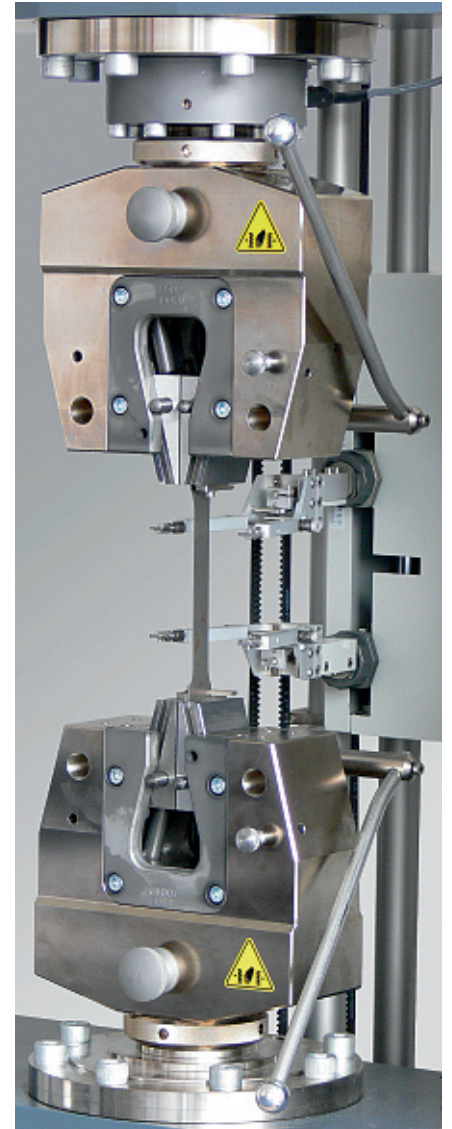
#### Bewerten und dokumentieren Sie, indem Sie ...

- ein Wartungs- und Inspektionsprotokoll anfertigen,
- bei aufgetretenen Verschleißerscheinungen deren Ursache bestimmen,
- den Gesamtzustand des Getriebes beurteilen,
- das momentane Instandhaltungskonzept kritisch überdenken,
- in einer Präsentation Ihre gewonnenen Erkenntnisse weitergeben.

- ⑤ Die Abbildung zeigt Spannungs-Dehnungs-Diagramme verschiedener Werkstoffe.
- Überlegen Sie, welche Kurve zu welchem der unten aufgeführten Werkstoffe gehört, und tragen Sie die Nummern in die Kreise ein.
  - Welcher Werkstoffgruppe gehören die Werkstoffe aufgrund der gegebenen Kurzzeichen an?



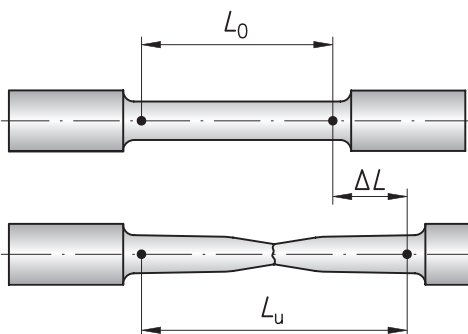
Nr.	Kurzzeichen	Werkstoffgruppe
1	S235JR	Unlegierter Baustahl
2	C45	Vergütungsstahl
3	90MnCrV8	Legierter Werkzeugstahl, gehärtet
4	CuSn3	Kupfer-Zinn-Legierung
5	EN-GJL-200	Gusseisen mit Lamellengrafit
6	AlMg5	Aluminium-Knetlegierung
7	Polystyrol	Kunststoff



Universal-Prüfmaschine

- ⑥ Was bedeuten beim Zugversuch die Formelzeichen  $L_0$ ,  $L_u$  und  $\Delta L$ ?

Probestab vor dem Versuch



Probestab nach dem Versuch

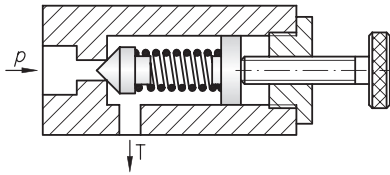
$L_0$  = Anfangsmesslänge

$L_u$  = Messlänge nach dem Bruch

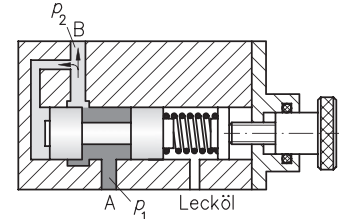
$\Delta L$  = Verlängerung

**D Druckventile**

Informieren Sie sich über die Funktionsweise dieser Druckventile und geben Sie deren Bezeichnung und Verwendungszweck in hydraulischen Steuerungen an.



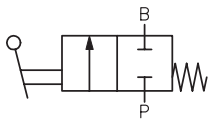
Bezeichnung: Druckbegrenzungsventil (DBV)  
 Funktionsweise: Es öffnet ab einem gewissen Druck auf der Zuflusseite (P).  
 Verwendung: Zur Steuerung des Arbeitsdrucks, zum Schutz vor Überdruck, als Folgeventil



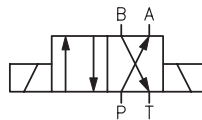
Druckreduzierventil  
Es schließt ab einem gewissen Druck auf der Abflusseite (B).  
Für einen zweiten Ölkreis mit niedrigerem Druck als im ersten Ölkreis

**E Wegeventile**

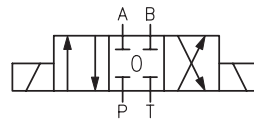
① Erläutern Sie diese Symbole für Wegeventile.



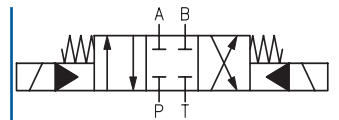
2/2-Wegeventil, hebelbetätigt mit Rückstellfeder



4/2-Wegeventil, beidseitig elektromagnetisch betätigt

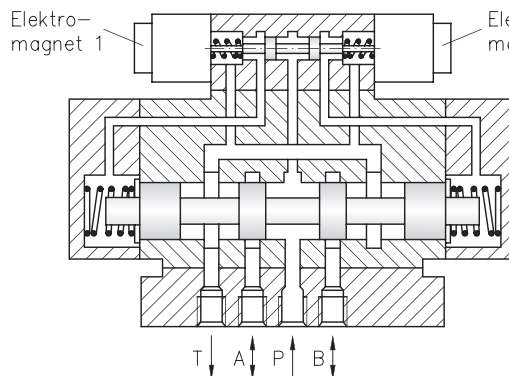


4/3-Wegeventil, Sperrnullstellung, elektromagnetisch betätigt



hydr. vorgesteuertes 4/3-Wegeventil, federzentriert

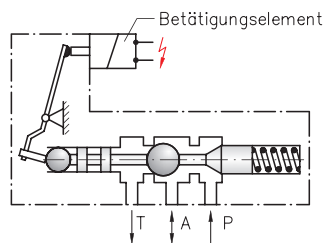
② Benennen Sie die beiden Komponenten dieses vorgesteuerten Wegeventils.



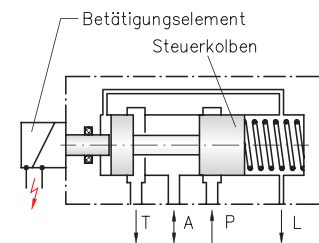
Vorsteuerventil

Hauptventil

③ Stellen Sie die unterschiedlichen Bauarten der beiden skizzierten Wegeventile fest. Welche Besonderheiten und welche Verwendung haben sie?



Bauart: Sitzventil  
 Vorteil: Leckölfrei und bessere Abdichtung bei hohen Drücken  
 Verwendung: bei hohen Drücken



Schieberventil  
kleine Schaltkräfte bei Drücken unter 300 bar

## C Ablaufsteuerungen

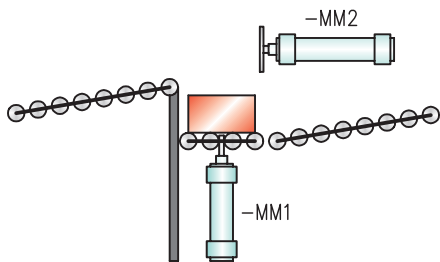
Welche allgemeinen Merkmale kennzeichnen eine Ablaufsteuerung (Schrittfolge)?

- Die einzelnen Schritte werden nacheinander durchlaufen.
- Es ist immer nur ein Schritt gesetzt (aktiv).
- Ein neuer Schritt wird gesetzt (aktiviert), wenn die Übergangsbedingungen erfüllt sind und der vorhergehende Schritt aktiv ist.
- Wird ein neuer Schritt gesetzt, so wird der vorhergehende deaktiviert.

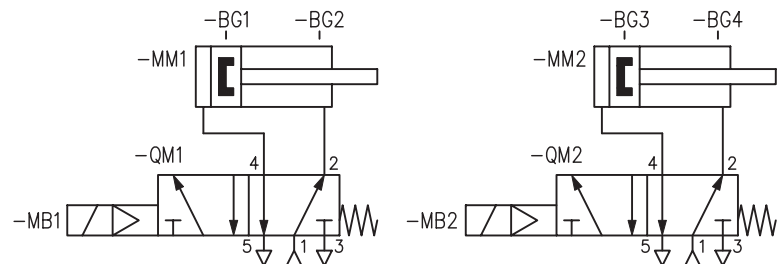
## D GRAFCET (DIN EN 60848)

In einem GRAFCET werden Steuerfunktionen mit Schritten und Weichschaltbedingungen (Transitionen) dargestellt. An jeden Schritt können beliebig viele Aktionen angeschossen werden. Es gibt auch verzweigte Abläufe. Der GRAFCET ist technologieunabhängig, d. h. die Realisierung kann z. B. pneumatisch, elektrohydraulisch oder durch eine SPS erfolgen.

### Technologieschema



### Pneumatikplan

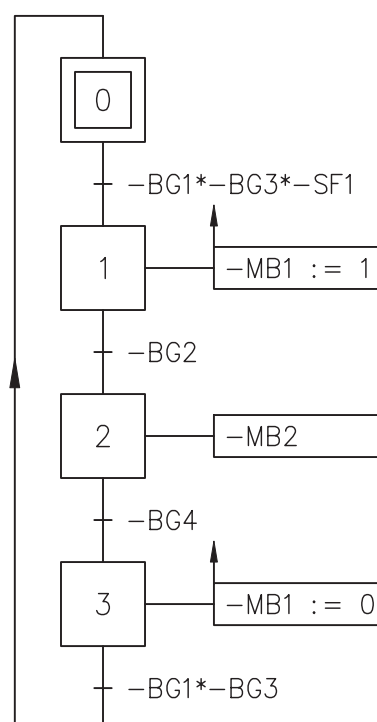


- a) Ergänzen Sie den folgenden GRAFCET durch kurze Kommentare.  
 b) Erklären Sie die Übergangsbedingung (Transition) von Schritt 0 auf Schritt 1.  
 c) Beschreiben Sie den Unterschied der Aktion bei Schritt 1 und der Aktion bei Schritt 2.

- b) Beide Zylinder müssen eingefahren sein und -SF1 muss betätigt sein (Schließer).

- c) Beim Aktivieren von Schritt 1 wird -MB1 speichernd wirkend der Wert 1 zugeordnet. Magnet -MB2 in Schritt 2 wird der Wert 1 kontinuierlich zugeordnet, d. h. mit dem Ende von Schritt 2 erhält -MB2 automatisch wieder den Wert 0.

### GRAFCET



### a) „Kommentar“

„Startschritt“

„Startbedingung“

„Heben“

„-MM1 ausgefahren“

„Verschieben“

„-MM2 ausgefahren“

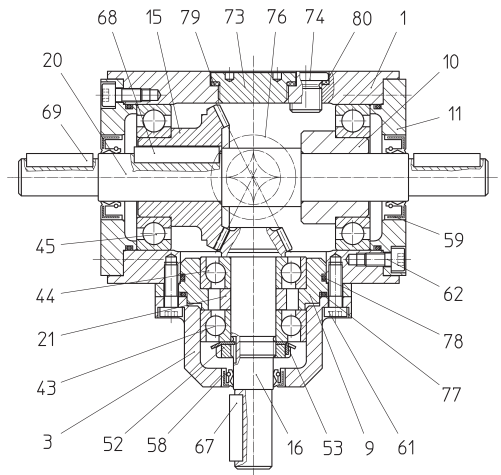
„Einfahren (beide)“

„Grundstellung“

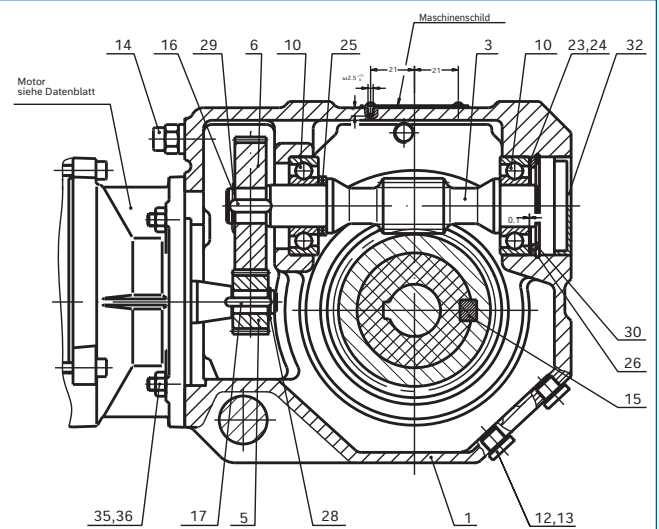


**Projekt 1**

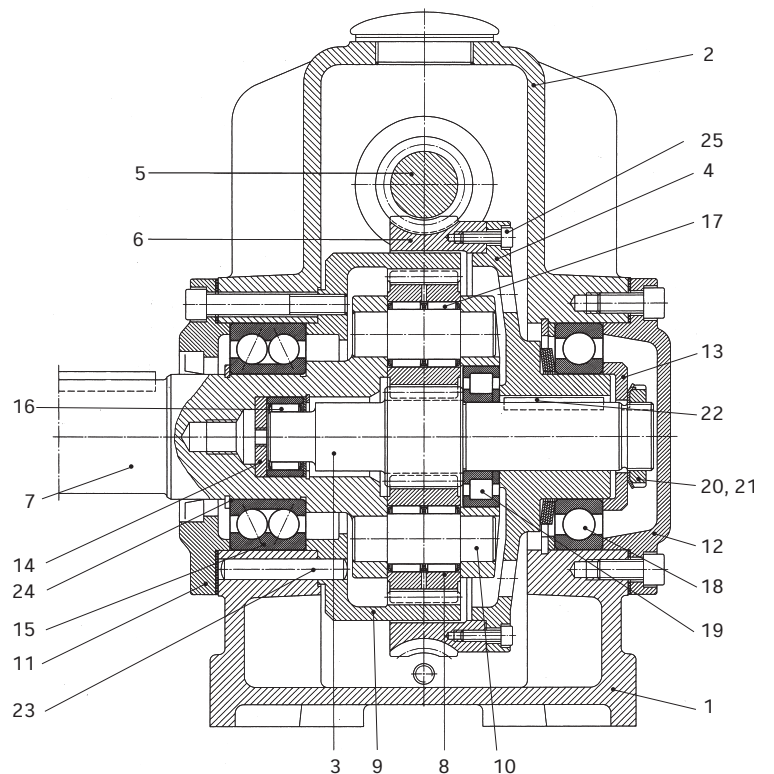
Spiralkegelgetriebe

**Projekt 2**

Stirnrad-Schneckengetriebe

**Projekt 3**

Schnecken-Planetengetriebe



## Bildquellenverzeichnis

|ATLANTA Antriebssysteme E. Seidenspinner GmbH & Co. KG, Bietigheim-Bissingen: 10.2. |AUMA Drives GmbH, Coswig: 87.2, 94.1. |CABA-Blind Antriebsaggregate GmbH, Kehl - Goldscheuer: 9.3. |Di Gaspare, Michele (Bild und Technik Agentur für technische Grafik und Visualisierung), Bergheim: Titel, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 7.1, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11, 9.1, 9.5, 10.1, 10.3, 11.1, 11.2, 11.3, 12.1, 12.2, 12.3, 13.1, 13.3, 13.5, 14.1, 14.2, 15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5, 16.1, 16.2, 16.3, 16.4, 16.5, 17.1, 17.2, 17.3, 17.4, 17.5, 18.1, 20.1, 20.2, 20.3, 21.1, 22.1, 22.2, 22.3, 22.4, 22.5, 22.6, 22.7, 22.8, 22.9, 22.10, 22.11, 22.12, 22.13, 23.1, 24.1, 24.2, 27.1, 27.2, 27.3, 27.4, 28.1, 28.2, 28.3, 29.1, 29.2, 30.1, 30.2, 30.3, 30.5, 34.1, 36.1, 37.3, 38.1, 39.1, 40.1, 40.2, 40.3, 40.4, 40.5, 40.6, 40.7, 43.2, 43.4, 45.2, 46.1, 47.1, 47.2, 47.3, 47.4, 47.5, 47.6, 47.7, 47.8, 49.1, 51.1, 51.2, 52.1, 57.1, 58.1, 58.2, 58.3, 58.4, 59.1, 59.2, 60.1, 60.2, 61.2, 61.3, 63.2, 63.3, 64.1, 64.2, 65.1, 66.1, 66.2, 66.3, 67.1, 67.2, 67.3, 67.4, 67.5, 67.6, 67.7, 67.8, 68.1, 68.2, 68.3, 68.5, 68.6, 68.7, 68.8, 69.1, 69.2, 69.3, 69.4, 69.5, 69.6, 69.7, 69.8, 69.9, 70.1, 70.2, 70.3, 71.2, 72.1, 72.2, 73.2, 73.3, 73.4, 73.5, 74.1, 74.3, 75.1, 75.2, 76.1, 76.2, 76.3, 76.4, 76.5, 76.6, 76.7, 77.1, 77.2, 77.3, 77.4, 77.5, 78.1, 79.1, 79.2, 79.3, 80.1, 80.2, 80.3, 80.4, 80.5, 80.6, 80.7, 81.1, 81.2, 81.3, 81.4, 81.5, 81.6, 81.7, 81.8, 81.9, 81.10, 82.1, 82.2, 82.3, 82.4, 84.1, 84.2, 91.2, 91.3, 92.1, 93.3, 97.2, 99.2. |Fa. Zwick GmbH & Co. KG, Ulm: 61.1, 63.1. |fotolia.com, New York: Les Cunliffe 8.1; Thomas Otto 8.5. |HELLA GmbH & Co. KGaA, Lippstadt: 26.1. |Knuth Werkzeugmaschinen GmbH - www.knuth.de, Wasbek: 25.1, 25.2. |Merkle Schweißanlagen-Technik GmbH, Kötz: 19.1, 19.2. |Modellbau Glück, Osterhofen: 8.4. |Renner, Erich, Günzburg: 8.3, 9.2. |Schaeffler Technologies GmbH & Co KG, Herzogenaurach: 87.3, 100.1. |TANDLER Zahnrad- und Getriebefabrik GmbH & Co. KG, Bremen: Titel, 33.1, 41.1, 41.2, 48.1, 50.1, 53.1, 53.2, 53.3, 53.5, 53.6, 53.8, 87.1, 88.1, 89.1, 90.1. |Wippermann jr. GmbH, Hagen: 7.2, 7.3. |WMH Herion Antriebstechnik GmbH, Wolnzach: 8.2. |ZwickRoell GmbH & Co. KG, Ulm: Titel. |© MÄDLER, Stuttgart: 8.6, 8.7, 9.4.

Wir arbeiten sehr sorgfältig daran, für alle verwendeten Abbildungen die Rechteinhaberinnen und Rechteinhaber zu ermitteln. Sollte uns dies im Einzelfall nicht vollständig gelungen sein, werden berechnete Ansprüche selbstverständlich im Rahmen der üblichen Vereinbarungen abgegolten.