

# Leseprobe

**Christiani**

seit 1931

Hermann Geiss

## Einführung in die Getriebetechnik

Einfach und praxisnah mit Aufgaben



Auszubildende

**SEW**  
EURODRIVE

Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG  
[www.christiani.de](http://www.christiani.de)

<b>1</b>	<b>Getriebe</b>	1
<b>1.1</b>	<b>Getriebearten</b>	1
<b>1.2</b>	<b>Bezugsgrößen bei Getrieben</b>	1
<b>1.3</b>	<b>Getriebe mit gestufter Übersetzung</b>	1
1.3.1	Nicht schaltbare Getriebe	2
1.3.2	Schaltbare Getriebe	2
<b>1.4</b>	<b>Getriebe mit stufenloser Übersetzung</b>	2
<b>1.5</b>	<b>Getriebebauformen</b>	2
1.5.1	Stirnradgetriebe	3
1.5.2	Kegelradgetriebe	4
1.5.3	Schneckengetriebe	4
1.5.4	Planetengetriebe	5
1.5.5	Schieberädergetriebe	6
1.5.6	Kupplungsgetriebe	6
1.5.7	Wendegetriebe	7
1.5.8	Reibradgetriebe	8
1.5.9	Zugmitteltrieb verstellbar	8
1.5.10	Kurvengetriebe	9
1.5.11	Malteserkreuzgetriebe	9
1.5.12	Cyclogetriebe	10
1.5.13	Harmonic Drive Getriebe	10
1.5.14	Wälzkörpergetriebe	10
1.5.15	Hydrostatisches Getriebe	11
1.5.16	Kugelgewindetrieb	12
<b>1.6</b>	<b>Kenngößen und Kenndaten</b>	13
1.6.1	Technische Dokumentation	13
1.6.2	Befestigungsarten von Getrieben	14
1.6.3	Wellenanordnung	15
1.6.4	Antriebsanschlüsse	16
<b>2</b>	<b>Getriebemontage</b>	23
<b>2.1</b>	<b>Allgemeine Hinweise</b>	23
2.1.1	Allgemein	23
2.1.2	Bestimmungsgemäße Verwendung	23
2.1.3	Mängelhaftungsansprüche	23
2.1.4	Produktnamen und Marken	23
2.1.5	Aufbau der Warnhinweise	23
2.1.6	Haftungsausschluss	24
2.1.7	Mitgeltende Unterlagen	24
<b>2.2</b>	<b>Montage Stirnradgetriebe</b>	24
2.2.1	Stückliste und Explosionszeichnung	25
2.2.2	Aufbau des Schulungskoffers	26
2.2.3	Getriebemontage	29
2.2.4	Montageanleitung 2-stufiges Getriebe	30
2.2.5	Montageanleitung eines 3-stufigen Stirnradgetriebes	43
2.2.6	Ansprechpartner	59
<b>2.3</b>	<b>Montage Kegelradgetriebe</b>	59
2.3.1	Stückliste und Explosionszeichnung	60
2.3.2	Aufbau des Schulungskoffers	61
2.3.3	Getriebemontage	65
2.3.4	Ersatzteilliste und Ansprechpartner	80
<b>2.4</b>	<b>Montage Schneckenradgetriebe</b>	81
2.4.1	Stückliste und Explosionszeichnung	82
2.4.2	Aufbau des Schulungskoffers	83
2.4.3	Getriebemontage	86
2.4.4	Ersatzteilliste und Ansprechpartner	98

<b>2.5</b>	<b>Montage Planetengetriebe</b> .....	100
2.5.1	Stückliste und Explosionszeichnung .....	100
2.5.2	Aufbau des Schulungskoffers .....	101
2.5.3	Getriebemontage .....	104
2.5.4	Montage Adapter ECH05 .....	105
2.5.5	Montage Abtriebskopf (1-stufiges Getriebe) .....	110
2.5.6	Endmontage (1-stufiges Getriebe) .....	117
2.5.7	Montage Adapter ECH05 (2-stufiges Getriebe) .....	121
2.5.8	Montage Abtriebskopf (2-stufiges Getriebe) .....	126
2.5.9	Endmontage (2-stufiges Getriebe) .....	136
2.5.10	Ersatzteilliste und Ansprechpartner .....	140

### **3 Maschinenelemente .....** 141

<b>3.1</b>	<b>Befestigungselemente</b> .....	141
3.1.1	Schraubenarten .....	141
3.1.2	Muttern .....	144
3.1.3	Festigkeitsklassen und Anzugsmomente .....	145
3.1.4	Verbindungsarten .....	147
3.1.5	Schraubensicherungen .....	147
3.1.6	Schraubenwerkzeuge .....	149
3.1.7	Gewinde .....	150
3.1.8	Sicherungsring .....	151
<b>3.2</b>	<b>Wellen- Nabenverbindungen</b> .....	152
3.2.1	Formschlüssige Wellen-Nabenverbindungen .....	152
3.2.2	Stift- und Bolzenverbindungen .....	155
3.2.3	Kraftschlüssige Wellen-Nabenverbindungen .....	157
<b>3.3</b>	<b>Wellen und Achsen</b> .....	158
3.3.1	Wellen .....	158
3.3.2	Achsen .....	158
3.3.3	Montage und Demontage von Achsen und Wellen .....	159
<b>3.4</b>	<b>Kupplungen</b> .....	161
3.4.1	Nicht schaltbare Kupplungen .....	162
3.4.2	Schaltbare Kupplungen .....	163
3.4.3	Ein- und Ausbau von Kupplungen .....	165
3.4.4	Bremsen .....	166
<b>3.5</b>	<b>Wälzlager</b> .....	167
3.5.1	Einteilung und Aufbau von Wälzlagern .....	167
3.5.2	Wälzlagerarten .....	168
3.5.3	Lagerbezeichnung und Kurzzeichen .....	173
3.5.4	Einbau von Wälzlagern .....	177
3.5.5	Ausbau von Wälzlagern .....	182
3.5.6	Schmierung von Wälzlagern .....	183
<b>3.6</b>	<b>Gleitlager</b> .....	184
3.6.1	Gleitlagerwerkstoffe .....	184
3.6.2	Schmierungsarten .....	185
<b>3.7</b>	<b>Schmierstoffe und Schmierverfahren</b> .....	186
3.7.1	Schmierstoffe .....	186
3.7.2	Schmierverfahren .....	190
3.7.3	Schmierplan .....	192
<b>3.8</b>	<b>Dichtungen und Dichtungsarten</b> .....	194
3.8.1	Statische Dichtungen .....	194
3.8.2	Dynamische Dichtungen - Berührend .....	196
3.8.3	Berührungslose Dichtungen .....	199
<b>3.9</b>	<b>Federn</b> .....	200
3.9.1	Federnarten .....	200
3.9.2	Federrate .....	203

<b>3.10</b>	<b>Riemen und Ketten</b> .....	203
3.10.1	Kettentriebe .....	203
3.10.2	Riementriebe .....	206
<b>3.11</b>	<b>Zahnräder</b> .....	210
3.11.1	Zahnprofile .....	210
3.11.2	Bestimmungsgrößen von Zahnrädern .....	211
3.11.3	Zahnradarten .....	212
3.11.4	Schäden an Zahnrädern .....	214
<b>4</b>	<b>Wartung und Instandhaltung</b> .....	215
<b>4.1</b>	<b>Instandhaltungsstrategie</b> .....	215
4.1.1	Vorausschauende Instandhaltungsstrategie .....	215
4.1.2	Schadensabhängige Instandhaltungsstrategie .....	216
4.1.3	Vorbeugende Instandhaltungsstrategie .....	216
<b>4.2</b>	<b>Instandhaltung</b> .....	217
4.2.1	Inspektion .....	217
4.2.2	Wartung .....	218
4.2.3	Instandsetzung .....	218
4.2.4	Begriffe zur Instandhaltung nach DIN 31051 .....	219
<b>4.3</b>	<b>Systematische Fehlersuche</b> .....	220
4.3.1	Systematische Vorgehensweise .....	220
4.3.2	Hinweise zur Arbeitssicherheit .....	222
4.3.3	Hinweise zum Umweltschutz .....	222
<b>5</b>	<b>Kenntnisfragen zur Getriebetechnik und Maschinenelementen</b> .....	223
<b>5.1</b>	<b>Gebundene Fragen zur Getriebetechnik</b> .....	223
5.1.1	Lösungshinweise für Mathematikaufgaben .....	236
<b>5.2</b>	<b>Übungsfragen ungebunden</b> .....	237

### 3.4.1 Nicht schaltbare Kupplungen

(Bild 3.4.2) Beschäftigen wir uns zuerst mit den nicht schaltbaren Kupplungen. Sie verbinden die Wellenenden permanent miteinander. Man unterscheidet dabei starre und elastische Kupplungen. Elastische Kupplungen können im Gegensatz zu starren Kupplungen Schwingungen oder Stöße mindern. Je nach Bauform können auch Fluchtfehler (b), Winkelversatz (a) oder axialer Versatz (c) ausgeglichen werden. Nachfolgend finden Sie die gebräuchlichsten Bauformen der nicht schaltbaren Kupplungen.

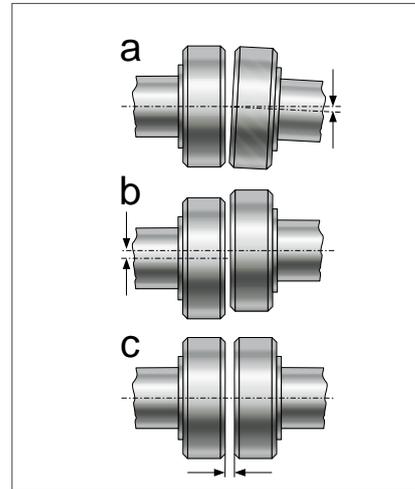


Bild 3.4.2

#### Schalenkupplung

(Bild 3.4.3) Diese Kupplungsbauf orm besteht aus zwei gleichen Halbschalen. Die Halbschalen werden mit Schrauben auf die Wellenenden geklemmt. Durch diese Bauform ist die Kupplung leicht zu montieren und zu demontieren. Auch Passungsrost, der im Laufe der Zeit entsteht, hat keine Auswirkung auf die Montage, da die Halbschalen einfach nach oben abgenommen werden können.

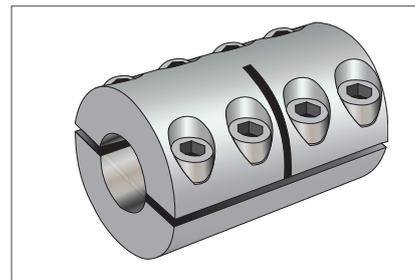


Bild 3.4.3

Die Wellenenden müssen genau fluchten und es darf kein Winkelversatz auftreten. Die beim Betrieb auftretenden Fliehkräfte wirken der Spannkraft der Schrauben entgegen. Daher sind die zu übertragenden Umdrehungsfrequenzen kleiner als z. B. bei Scheibenkupplungen.

Schalenkupplungen sind nach DIN 115 genormt.

#### Scheibenkupplung

(Bild 3.4.4) Die Scheibenkupplung ist neben der Schalenkupplung wohl die gebräuchlichste Kupplung unter den starren Kupplungen. Sie besteht, wie der Name schon sagt, aus zwei Scheiben, die durch Schrauben oder Kunststoffelemente miteinander verbunden sind.

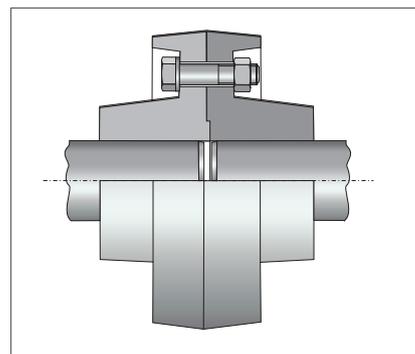


Bild 3.4.4

Allerdings darf die Scheibenkupplung nicht mit der Einscheibenkupplung verwechselt werden. Die Scheibenkupplung ist im Gegensatz zur Einscheibenkupplung nicht schaltbar. Um die Verbindung elastischer zu gestalten, werden die Verbindungskörper oft mit Elastomeren überzogen. Dadurch wird der Schlag beim Anlauf gedämpft.

Bei dieser Kupplungsform müssen, ebenso wie bei der Schalenkupplung, die Wellenenden exakt fluchten. Ein Winkelversatz kann nicht ausgeglichen werden.

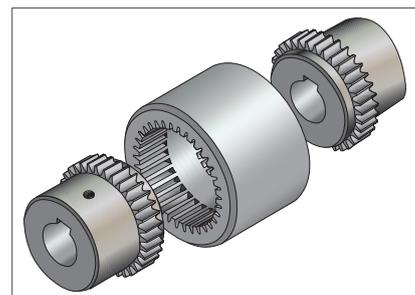


Bild 3.4.5



Ist die Schalenkupplung mit einer Passfedernut versehen, wird das Drehmoment formschlüssig übertragen.

Werden die Wellenenden nur durch die Schalenkupplung geklemmt, wird das Drehmoment kraftschlüssig übertragen.



Scheibenkupplung  
disc clutch

### Zweireihiges Schrägkugellager

(Bild 3.5.8) Diese Lager haben auf einer Seite eine Füllnut, die zur Herstellung des Lagers unerlässlich ist. Bei einseitiger Belastung sollte daher bei der Montage darauf geachtet werden, dass die Wälzkörper nicht gegen diese Füllnut gepresst werden.

Das zweireihige Schrägkugellager entspricht der O-Anordnung von zwei einreihigen Schrägkugellagern. Daher ist dieses Lager von beiden Seiten axial voll belastbar. Zweireihige Schrägkugellager werden dort eingesetzt, wo eine starre axiale Führung verlangt wird.

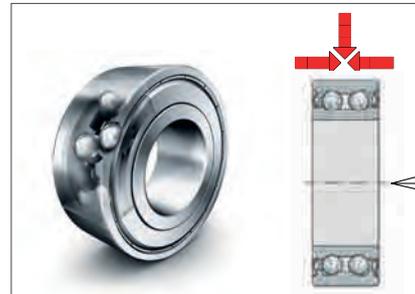


Bild 3.5.8

### Pendelkugellager

(Bild 3.5.9) Pendelkugellager haben zwei Kugelreihen mit einer gemeinsamen hohlkugeligen Laufbahn im Außenring. Dadurch können winkelige Wellenverlagerungen und Fluchtfehler ausgeglichen werden. Sie sind radial und auch axial in beiden Richtungen belastbar. Eingesetzt werden Pendelkugellager dort, wo durch Montageungenauigkeiten Fluchtfehler zu erwarten sind, oder bei Wellen, bei denen man mit Durchbiegung rechnen muss.

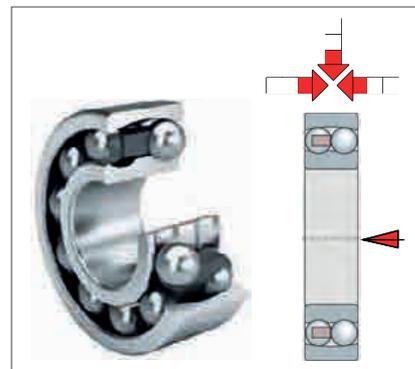


Bild 3.5.9

### Vierpunktlager

(Bild 3.5.10) Unter dem Begriff „Vierpunktlager“ versteht man ein Schrägkugellager mit geteiltem Innenring. Dadurch kann das Vierpunktlager axiale Kräfte in beiden Richtungen aufnehmen.

Der Name „Vierpunktlager“ ergibt sich aus der Tatsache, dass bei radialer Belastung des Lagers die Kugel die Lauffläche an vier Punkten berührt.

Durch den geteilten Innenring ist das Lager zerlegbar. Einsatzbereiche dieser Lager sind z. B. der Getriebebau und Lagerungen, bei denen die axiale Belastung in beiden Richtungen erfolgt und eine geringe Lagerbreite erforderlich ist.

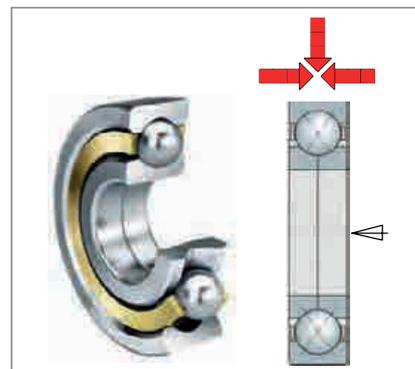


Bild 3.5.10

### Zylinderrollenlager

(Bild 3.5.11) Zylinderrollenlager sind radial höher belastbar als Kugellager. Ausschlaggebend hierfür ist die linienförmige Berührung zwischen Rollenbahn und Wälzkörper.

Zylinderrollenlager sind axial nicht belastbar. Es können auch keine Flucht- oder Winkelfehler aufgenommen werden. Man unterscheidet bei Zylinderrollenlagern verschiedene Bauformen. Die Unterschiede beziehen sich dabei auf die Art der Seitenborde.

Alle Zylinderrollenlager sind zerlegbare Lager. Das heißt, Innenring und Außenring werden separat montiert.

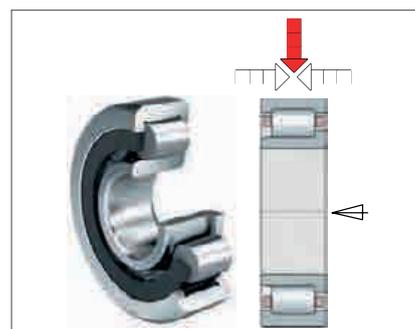


Bild 3.5.11

**Beispiel:**

**NU2340 P5 S0**

- NU = Zylinderrollenlager mit zwei Borden am Außenring
- 2 = Breitenreihe 2
- 3 = Durchmesserreihe 3
- 40 = Bohrungskennzahl =  $40 \cdot 5 = 200$  mm Bohrungsdurchmesser
- P5 = Lager mit besonders hoher Maß-, Form- und Lauf-Genauigkeit
- S0 = Lager für Betriebstemperaturen bis 150 °C

**3.5.4 Einbau von Wälzlagern**

Um Wälzlager fachgerecht montieren, aber auch demontieren zu können, sind einige Vorbereitungen und natürlich Kenntnisse erforderlich. Dabei ist nicht nur das richtige Werkzeug ausschlaggebend, sondern auch das Wissen über die Lageranordnung und die richtige Passung für die jeweilige Lageranordnung.

Befassen wir uns zunächst mit der Lageranordnung.

**Loslager/Festlager**

(Bild 3.5.31) Bei reinen Radiallagern wird im Allgemeinen eine Los-Festlagerkombination gewählt. Dabei wird ein Lager der Lagerpaarung fest eingebaut. Das heißt, sowohl der Innenring als auch der Außenring des Lagers ist in seiner axialen Richtung fixiert. Das zweite Lager wird entweder am Innenring oder am Außenring lose gepasst. Somit kann dieses Lager Maßveränderungen durch Temperatureinflüsse oder durch Bauteiltoleranzen ausgleichen. Welcher Lagering eine lose Passung erhält, ist von der Punktlast des jeweiligen Lagerings abhängig. Das Thema Punktlast oder Umfangslast wird uns später noch beschäftigen. Würden beide Lager fest eingebaut, das heißt, sie könnten keine axialen Längen ausgleichen, würden die verwendeten Lager extremen axialen Belastungen ausgesetzt, die die Lebensdauer der Lager wesentlich verkürzen würden.

**Angestellte Lager**

(Bild 3.5.32) Lager, die für axiale und radiale Belastungen ausgelegt sind, müssen gegeneinander verspannt werden. Diese Art der Lagerung wird als angestellte Lagerung bezeichnet.

In der Praxis sind dies Schrägkugellager

oder Kegelrollenlager.

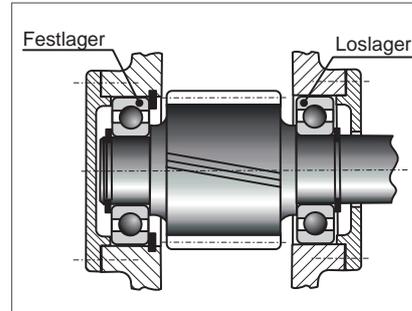


Bild 3.5.31

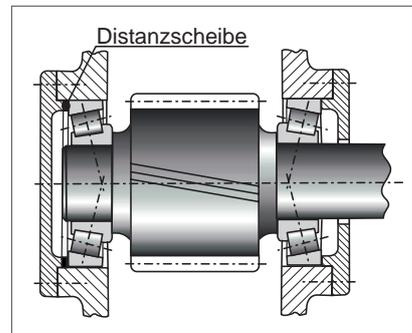


Bild 3.5.32

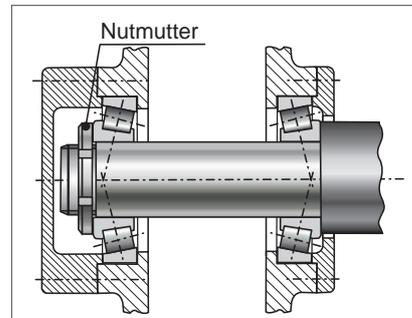


Bild 3.5.33

Die Verspannung bzw. Anstellung der Lager erfolgt entweder durch eine Mutter (Bild 3.5.33) oder durch Distanzscheiben (Bild 3.5.32), die zwischen Lagerdeckel und Lager gelegt werden. Dabei werden die Lagerluft bzw. das Lagerspiel eingestellt. Diese Einstellung bedarf einer gewissen Übung. Wird die Lagerluft zu klein eingestellt, also das Lager zu hoch vorgespannt, steigt durch die dabei entstehende Reibung die Temperatur in der Lagerung. Das heißt, alle Komponenten dehnen sich aus. Dabei wird je nach Lageranordnung, O oder X, die Lagerluft weiter oder enger.

Kommen wir nun zum Thema Lageranordnung. Bei angestellten Lagern hat man die



Die Lebensdauer eines Lagers ist zum großen Teil von der fachgerechten Montage abhängig. Wird das Lager beim Einbau beschädigt, ist ein vorzeitiger Ausfall vorausprogrammiert.



Durch das Loslager können Wärmeausdehnung und Längentoleranzunterschiede ausgeglichen werden und Verspannungen vermieden werden.

### Tauchschmierung

(Bild 3.7.9) Die Tauchschmierung ist für niedrig belastete Getriebe geeignet. Bei dieser Art der Schmierung wird der untere Bereich mit Schmierstoff gefüllt. Durch die Drehbewegung, wie in unserem Bild das Lager, oder ein Ring oder Zahnrad, wird der Schmierstoff nach oben geschleudert. Dadurch gelangt der Schmierstoff an alle Schmierstellen. Es ist möglich, durch günstige Konstruktion auch höher gelegene Schmierstellungen durch Abtropfen mit Schmierstoff zu versorgen. Planschverluste im Getriebe können bei dieser Schmierungsart gering gehalten werden.

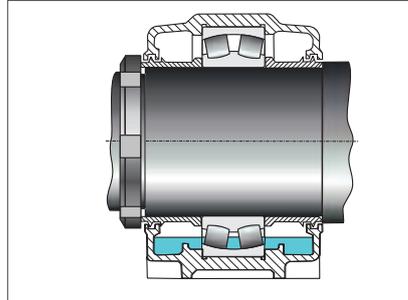


Bild 3.7.9

### Lebensdauerschmierung

Diese Schmierungsart findet man meistens bei Lagern oder auch bei Linearführungen. Dabei sind die Reibstellen bereits vom Hersteller mit Schmierstoff gefüllt. Diese Füllmenge reicht bis zum Ende der Nutzungsdauer des Bauteils. Ein Nachfüllen von Schmiermittel ist in den meisten Fällen nicht mehr möglich, da die Bauteile komplett abgedichtet sind.

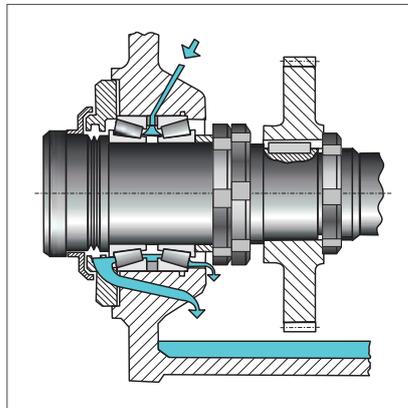


Bild 3.7.10

### Umlaufschmierung

(Bild 3.7.10) Bei der Umlaufschmierung wird das Schmiermittel mit einer Pumpe an die zu schmierenden Stellen befördert. Dabei schmiert das Öl die Bauteile und fließt anschließend wieder in den Ölbehälter zurück. Dabei handelt es sich um ein geschlossenes System. Bevor das Öl wieder von der Pumpe angesaugt wird, kann es durch einen Ölfilter gereinigt werden.



Umlaufschmierung  
circulation lubrication

Wird von der Schmierpumpe ein Druck zwischen 0,5 und 5 bar erreicht, spricht man von einer Druckumlaufschmierung.

Bei dieser Schmierungsart wird auch bei großen Getrieben verhältnismäßig wenig Schmierstoff verwendet. Bei hohen Drehzahlen besteht die Gefahr, dass nicht genügend Schmierstoff an die Lagerstellen gelangt. Um das zu verhindern, wird mithilfe der Einspritzschmierung das Öl mit Druck durch eine Düse direkt der Schmierstelle zugeführt.

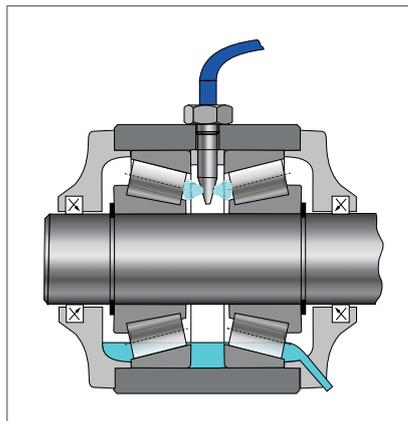


Bild 3.7.11



Ölnebschmierung  
oil fog lubrication

### Ölnebschmierung

(Bild 3.7.11) Bei diesem Schmierverfahren wird das Schmieröl mittels Druckluft an die zu schmierende Stelle geblasen. Dabei wird das Schmiermittel mit einer Düse vernebelt. Dieses Verfahren setzt man bei sehr hohen Drehzahlen ein. Somit wird gewährleistet, dass die ausreichende Ölmenge an die Schmierstelle gelangt. Ein weiterer Einsatzort sind Schmierstellen, die schwer erreichbar sind.



Stirnrad  
spur gear

Pfeilverzahnung  
herringbone gearing

### 3.11.3 Zahnradarten

#### Stirnräder (geradverzahnt)

Stirnräder sind die am häufigsten verwendeten Zahnräder im Maschinenbau. Sie sind verhältnismäßig einfach herzustellen. Stirnräder tragen ihre Zähne am Umfang des Rades. Beim Stirnrad liegen die Achsen parallel zum Gegenrad. Geradverzahnte Stirnräder werden in Schieberädergetrieben verwendet. Sie werden mit Außenverzahnung (Bild 3.11.4, a) und Innenverzahnung (Bild 3.11.4, b) hergestellt. Durch die Geradverzahnung treten bei dieser Zahnradart nur Radialkräfte auf. Der Nachteil bei dieser Verzahnungsart sind die Laufgeräusche: Sie laufen wesentlich geräuschvoller als schrägverzahnte Stirnräder.

#### Stirnräder (schrägverzahnt)

(Bild 3.11.5) Bei schrägverzahnten Stirnrädern sind im Gegensatz zu geradverzahnten immer mehrere Zähne im Eingriff. Das heißt, die Zähne gleiten kontinuierlich ineinander. Dadurch werden Laufgeräusche erheblich reduziert. Der Nachteil dieser Verzahnungsart sind die durch die Schrägung auftretenden axialen Kräfte. Die Axial- und Radialkräfte müssen durch eine geeignete Lagerung aufgenommen werden. Man braucht also Lager, die sowohl Axial- als auch Radialkräfte aufnehmen können. Das sind z. B. Schrägkugellager oder Kegelrollenlager. Um die Axialkräfte zu begrenzen, sollte der Schrägungswinkel  $\beta$  nicht größer als  $20^\circ$  sein.

#### Stirnräder (pfeilverzahnt)

(Bild 3.11.6) Durch eine Pfeilverzahnung oder Doppelschrägverzahnung lassen sich axiale Kräfte gegeneinander aufheben. Diese Verzahnungsart eignet sich zur Übertragung hoher Drehmomente. Sie wird auch eingesetzt, wenn schrägverzahnte Zahnräder zu breit, oder die auftretenden Axialkräfte zu groß würden.

#### Kegelräder

(Bild 3.11.7) Kegelräder dienen zur Übertragung von Drehmomenten, bei denen sich die Wellen in einem  $90^\circ$ -Winkel schneiden. Sie werden wie Stirnräder mit gerad- oder schrägverzahnten Zähnen verwendet. Geradverzahnte Kegelräder werden für niedrigere Umdrehungsfrequenzen und schrägverzahnte Kegelräder für höhere Umdrehungsfrequenzen einge-

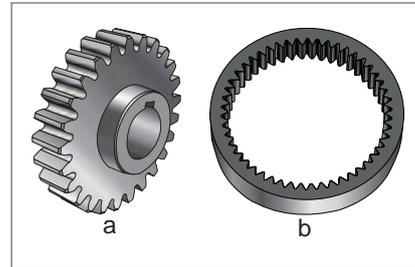


Bild 3.11.4



Bild 3.11.5

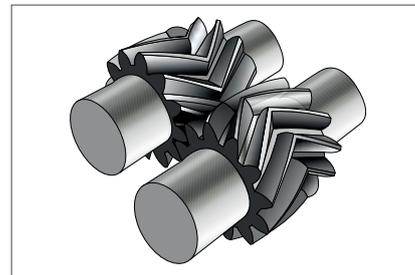


Bild 3.11.6

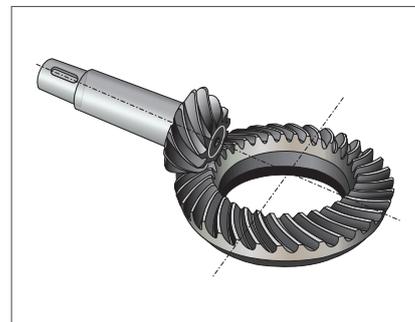


Bild 3.11.7

setzt. Außerdem ist bei schrägverzahnten Kegelrädern die Laufruhe höher als bei geradverzahnten. Das kleinere Kegelrad wird meist als Ritzel und das größere Kegelrad als Tellerrad bezeichnet.